

**LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL, LA NORMATIVA DE
CONSTRUCCIÓN COLOMBIANA VIGENTE Y LA CONSERVACIÓN
DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO DE LAS EDIFICACIONES
DEL PERÍODO COLONIAL EN CARTAGENA DE INDIAS**



WALBERTO RIVERA MARTÍNEZ M. Sc

**ASOCIACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA DE POSTGRADO
AUIP**

UNIVERSIDAD DE GRANADA

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

CARTAGENA DE INDIAS D, T y C.

2018

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Walberto Rivera Martínez
ISBN: 978-84-1306-269-3
URI: <http://hdl.handle.net/10481/56538>

**LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL, LA NORMATIVA DE
CONSTRUCCIÓN COLOMBIANA VIGENTE Y LA CONSERVACIÓN
DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO DE LAS EDIFICACIONES
DEL PERÍODO COLONIAL EN CARTAGENA DE INDIAS**

WALBERTO RIVERA MARTÍNEZ M. Sc

DIRECTOR:

CARLOS HERNÁNDEZ PEZZI PhD

**PRESENTADO AL PROGRAMA DE DOCTORADO DE EXPERTO EN
GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO COMO
REQUERIMIENTO PARA OBTENER EL TITULO DE:**

EXPERTO EN GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO

**ASOCIACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA DE POSTGRADO
AUIP**

UNIVERSIDAD DE GRANADA

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

CARTAGENA DE INDIAS D, T y C.

2018

Nota de aceptación

Firma del director

CARLOS HERNÁNDEZ PEZZI

Firma del evaluador

Firma del evaluador

Dedicatoria

Aportar a mi ciudad natal estos estudios me regocija e impulsa a seguir en la construcción de un currículo que contribuya con la conservación y preservación de lo que heredamos, con el compromiso de mantenerlo para las generaciones venideras.

Dedico esta tesis a Cartagena de Indias.

WALBERTO RIVERA MARTÍNEZ

AGRADECIMIENTOS

La gestión y conservación del patrimonio, es como responsabilidad social una de mis prioridades. Gracias a este estudio intento identificar, rescatar y poner en valor el legado arquitectónico que nos fue dejado. Este ejercicio hermenéutico me permitió comprender que la ingeniería se contextualiza desde lo histórico-arquitectónico, desde lo patológico y desde sus propias técnicas y tecnologías innovadoras, dando respuesta así la ciencia a las necesidades de la humanidad.

Agradezco la propedéutica implementada por el grupo de doctores, mis profesores quienes me sensibilizaron en los saberes históricos, arquitectónicos, sociales y legales, interrelacionándose todo ello con mi formación ingenieril.

Agradezco a la universidad de Cartagena, por la oportunidad brindada y los espacios permitidos para el desarrollo de estos estudios.

De manera especial doy gracias a los ingenieros Sainer M. Beltrán Pinto y Víctor A. Villareal Morales, al arquitecto restaurador Hernando Bolaños Escobar y al Filósofo y antropólogo Enrique Luis Muñoz Vélez, por haber dialogado, discernido y discutido conmigo los temas que correspondían.

WALBERTO RIVERA MARTÍNEZ

Epígrafe

“Dentro de la trama urbana la arquitectura doméstica se instituye en el elemento plural que otorga características de conjunto a las edificaciones con rasgos monumentales. Su no existencia y visibilidad limita la interpretación de los centros históricos reduciéndolos a hitos con valores individuales pero limitados para la comprensión global de una sociedad. En cambio, la sintaxis urbanística donde dialogan todos los elementos atendiendo a sus valores morfológicos permite el análisis más completo de espacio y paisajes culturales”.

Rafael López Guzmán

Arquitectura doméstica en la granada moderna, Granada 2009

RESUMEN

Esta investigación se fundamentó en la aplicación, desarrollo y ordenamiento de saberes interdisciplinarios, partiendo de: Una revisión histórico-arquitectónica desde los orígenes, antecedentes y tipologías de las casas coloniales; una evaluación y diagnóstico patológico de tipo cualitativo, mediante la aplicación de herramientas y ensayos no destructivos, para determinar el estado actual y la vulnerabilidad cualitativa de las edificaciones; una revisión estructural a partir de la modelación matemática, normativas vigente, aplicación de programas computacionales específicos y métodos de análisis basados en el desempeño sísmico, para determinar la vulnerabilidad cuantitativa.

Lo anterior con el propósito de determinar las intervenciones a las edificaciones, para conservar y preservar el patrimonio arquitectónico de Cartagena de Indias.

Como resultado se presentan propuestas desde lo académico, para gestionar y conservar el patrimonio arquitectónico; desde lo ingenieril, proponiendo modificaciones y recomendaciones al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistentes NSR-10, y desde lo intervencionista, proponiendo procedimientos, materiales y tecnologías innovadoras, para la restauración de la casa de tipología colonial en Cartagena de Indias.

ABSTRACT

This research was based on the application, development and ordering of interdisciplinary knowledge, starting from: A historical-architectural review from the origins, antecedents and typologies of the colonial houses; a pathological evaluation and diagnosis of a qualitative type, through the application of tools and non-destructive tests, to determine the current status and qualitative vulnerability of buildings; a structural review based on mathematical modeling, current regulations, software application and analysis methods based on seismic performance, to determine quantitative vulnerability.

The above with the purpose of determining the interventions to the building, to conserve and preserve the architectural heritage of Cartagena de Indias.

As a result, proposals are presented from the academic, to manage and preserve the architectural heritage; from the engineering, proposing modifications and recommendations to the Colombian Seismic Construction Regulations NSR-10, and from the interventionist, proposing procedures, materials and innovative technologies, for the restoration of the house of colonial typology in Cartagena de Indias.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION	41
2. JUSTIFICACION	49
3. OBJETIVOS	53
3.1 OBJETIVO GENERAL	53
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	53
CAPITULO I	57
I.1 ESTADO DEL ARTE	57
CAPITULO II.....	63
II.1 MARCO TEORICO	63
II.1.1 Cartagena de Indias en el periodo colonial.....	63
II.1.2 Arquitectura colonial	63
II.1.3 Contextualización artística, histórica y cultural del patrimonio arquitectónico del periodo colonial en Cartagena	64
II.1.4 La arquitectura doméstica en Cartagena de Indias.....	65
II.1.4.1 Tipología de las edificaciones	65
II.1.5 Materiales utilizados en la arquitectura cartagenera desde el Siglo XIX al XX.....	78
II.1.6 Técnicas constructivas	81
II.1.6.1 Cimentaciones.....	82
II.1.6.2 Muros	85
II.1.6.3 Portadas	86
II.1.6.4 Pisos	86
II.1.6.5 Balcones	87
II.1.6.6 Cubiertas.....	87
II.1.7 Reseña sismológica en Cartagena de Indias	89
II.1.7.1 El Reglamento NSR-10 y la casa de tipología colonial en Cartagena de Indias.....	90
II.1.7.1.1 Grupos de uso permitidos en la NSR-10 para la rehabilitación de estructuras patrimoniales	91

II.1.7.1.2 Grupos de uso no permitidos en la NSR-10 para la rehabilitación de estructuras patrimoniales.....	92
II.1.7.1.3 Métodos de análisis del sistema de resistencia sísmica que contempla la NSR-10.....	93
II.1.7.1.4 Métodos de diseño que contempla la NSR-10	93
II.1.7.1.5 Analisis de vulnerabilidad.....	93
II.1.7.1.6 Procedimiento de análisis para las edificaciones declaradas patrimonio o de interés cultural, de acuerdo con la NSR-10	94
II.1.8 Patología de la casa de tipología colonial.....	99
II.1.8.1 Lesiones.....	100
II.1.8.1.1 Lesiones físicas.....	100
II.1.8.1.2 Lesiones mecánicas	100
II.1.8.1.3 Lesiones químicas	100
II.1.9 Vulnerabilidad estática y sísmica de las edificaciones. Ingeniería de materiales, cálculo, análisis, diseño, revisión estructural de edificaciones.....	101
II.1.9.1 Vulnerabilidad estática y sísmica	101
II.1.9.2 Ingeniería de materiales	101
II.1.9.3 Cálculo estructural de vulnerabilidad de edificaciones.....	101
II.1.9.4 Análisis de vulnerabilidad estructural de edificaciones.....	102
II.1.9.5 Diseño de vulnerabilidad estructural de edificaciones.....	102
II.1.9.6 Revisión de vulnerabilidad estructural de edificaciones.....	102
II.1.10 Aplicación, adiciones y modificaciones al reglamento colombiano de construcción sismo-resistente vigente, NSR-10.....	102
II.1.11 Caracterización geotécnica del subsuelo del centro histórico de Cartagena de Indias.....	107
II.1.11.1 Parámetros geotécnicos	107
II.1.11.2 Evaluación del potencial de licuación.....	107
II.1.11.3 Aptitud y uso del suelo.....	108
II.1.11.4 Cobertura vegetal	109
II.1.11.5 Mapa de cuencas hidrográficas.....	110
II.1.11.6 Geomorfológico	111
II.1.11.7 Geotecnia.....	112
II.1.11.8 Litológico	113
II.1.11.9 Susceptibilidad a los fenómenos geológicos	114
II.1.11.10 Según la susceptibilidad a inundaciones la zona es moderado.....	114

II.1.11.11 Según a la susceptibilidad del potencial de licuación la zona es baja	114
II.1.11.12 Según investigaciones realizadas.....	115
II.1.11.12.1 Susceptibilidad moderada	115
II.1.11.12.2 Susceptibilidad baja	115
II.1.11.12.3 Evaluación de la recurrencia sísmica.....	115
II.1.11.12.4 Datos de búsqueda sísmológica en la ciudad de Cartagena	116
II.1.11.12.5 Ubicación de sondeos	121
II.1.11.12.6 Estudios de laboratorio	122
II.1.11.12.7 Análisis de resultados	122
II.1.11.12.8 Velocidad de corte	127
II.1.12 Variables climatológicas de Cartagena de Indias.....	128
II.1.12.1 Régimen de lluvia	128
II.1.12.2 Clima	129
II.1.12.3 Humedad relativa	129
II.1.12.4 Radiación solar	129
II.1.12.5 Velocidad y dirección del viento	129
II.1.13 Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento (NSR-10).....	130
II.1.13.1 Determinación de los coeficientes de reducción de resistencia ϕ_c y ϕ_e	130
II.1.13.1.1 Resistencia existente de los elementos	130
II.1.13.1.2 Determinación de la resistencia efectiva.....	130
II.1.13.1.3 Coeficiente de reducción de resistencia por calidad de diseño y construcción de la estructura ϕ_c	131
II.1.13.1.4 Coeficiente de reducción de resistencia por estado de la estructura ϕ_e	131
II.1.14 Mecanismos de fallas en edificaciones historicas	132
II.1.14.1 Técnicas de análisis de los mecanismos de fallas.....	132
II.1.14.1.1 Mecanismos simples de inclinación	134
II.1.14.1.2 Mecanismos de inclinación compuestos.....	136
II.1.14.1.3 Mecanismos de flexión vertical.....	138
II.1.14.1.4 Mecanismos de flexión horizontal.....	141
II.1.15 Métodos de análisis estructural	144
II.1.15.1 Análisis estático no lineal.....	144

II.1.15.2 Criterio de verificación del análisis	152
II.1.15.3 Diseño por desempeño	152
II.1.15.4.1 Diseño basado en el desempeño sísmico	152
II.1.15.4.1.1 Nivel de desempeño	153
II.1.15.4.1.1.1 Nivel de desempeño para la estructura	153
II.1.15.5.1.1.2 Nivel de desempeño para los componentes no estructurales.....	153
II.1.15.4.1.1.3 Nivel de desempeño de la edificación	154
CAPITULO III	159
III. 1 MARCO LEGAL.....	159
III.1.1 Marco legal distrital	159
III.1.2 Marco legal nacional	161
III.1.3 Marco legal internacional.....	161
CAPITULO IV.....	165
IV.1 METODOLOGÍA.....	165
IV.2 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA.....	168
IV.2.1 Historia y arquitectura de la casa de tipología colonial	168
IV.2.2 Patología de la casa de tipología colonial	171
IV.2.2.1 Degradación de la rigidez muraría por la patología.....	173
IV.2.3 Ingeniería de la casa de tipología colonial	185
IV.2.3.1 Análisis de la estructura.....	186
IV.2.3.1.1 Estructuración	186
IV.2.3.1.2 Tipos de análisis utilizados.....	186
IV.2.3.1.3 Mecanismos de falla.....	187
IV.2.3.2 Parámetros regionales.....	187
IV.2.3.2.1 Medio ambientales	187
IV.2.3.2.2 Geotécnicos	188
IV.2.3.2.3 Sísmicos.....	189
IV.2.3.3 Materiales de construcción	190
IV.2.3.4 Vulnerabilidad de la casa de tipología colonial	190
IV.2.3.4.1 Vulnerabilidad cualitativa	190
IV.2.3.4.2 Vulnerabilidad cuantitativa.....	194
IV.2.3.4.2.1 Aplicación de los coeficientes de integridad ϕ_i e índice de daños ϕ_d obtenidos.	194

IV.2.3.4.2.2 Análisis de vulnerabilidad sísmica de la casa de tipología colonial	196
IV.2.3.4.2.2.1 Modelo matemático del análisis de vulnerabilidad.....	197
IV.2.3.4.2.2.2 Resultado del análisis estructural.....	205
CAPITULO V.....	245
V.1 RESULTADOS	245
CAPITULO VI.....	251
VI.1 PROPUESTAS.....	251
VI.1.1 Propuesta al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.....	251
VI.1.2 Propuesta de intervención para la preservación y conservación.	254
VI.1.3 Otras Propuestas	259
CAPITULO VII.....	265
VII.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	265
CAPITULO VIII.....	271
VIII.1 APENDICES	271
VIII. 1.1 Fotografías casas del centro histórico de Cartagena	271
VIII.1.2 Planimetría del centro histórico de Cartagena	277
VIII.1.3 Estudio histórico y arquitectónico de una casa colonial en Cartagena de Indias.	278
VIII.1.3.1 Localización	278
VIII.1.3.1.1 Localización general.....	278
VIII.1.3.1.2 Descripción del sector.....	279
VIII.1.3.1.3 Perfil urbano.....	279
VIII.1.3.2 Descripción general de la edificación	280
VIII.1.3.2.1 Descripción urbana.....	280
VIII.1.3.2.2 Implantación urbana	280
VIII.1.3.2.3 Descripción arquitectónica.....	281
VIII.1.3.2.4 Clasificación tipológica	282
VIII.1.3.3 Análisis arquitectónico de la edificación	282
VIII.1.3.4 Descripción de la tipología a la que pertenece el inmueble	283
VIII.1.3.5 Categoría de intervención.....	283
VIII.1.3.5.1 Restauración tipológica.....	283

VIII.1.3.6 Análisis arquitectónico de la edificación	284
VIII.1.3.7 hipótesis de la evolución constructiva	284
VIII.1.3.8 Reseña e investigación histórica.....	288
VIII.1.3.8.1 Evolución manzana	288
VIII.1.3.8.2 Reseña histórica -evolución manzana.....	291
VIII.1.3.8.3 Calle de la Media Luna.....	291
VIII.1.3.8.4 Reseña histórica casa	292
VIII.1.3.8.5 Imágenes del estado actual.....	295
VIII.1.3.8.6 Informe planimétrico-levantamiento	298
VIII.1.3.8.7 Informe planimétrico-calificación.....	300
VIII.1.3.9 Informe planimétrico-propuesta	302
VIII.1.4 Estudio patológico de una casa colonial en Cartagena de Indias.....	305
VIII.1.4.1 Técnicas para la recolección de la información.....	305
VIII.1.4.2 Técnicas para el análisis de la información.....	306
VIII.1.4.3 Resultados del análisis patológico	307
VIII.1.5 Análisis de la vulnerabilidad cualitativa de las casas del centro histórico de Cartagena de Indias.....	318
VIII.1.5.1 Recopilación de información secundaria	319
VIII.1.5.2 Análisis de la información secundaria	319
VIII.1.5.3 Recopilación de información primaria.....	320
VIII.1.5.4 Análisis de información primaria	320
VIII.1.5.5 Parámetros del método.....	321
VIII.1.5.5.1 Organización del sistema resistente.....	321
VIII.1.5.5.1.1 Sistema resistente.....	321
VIII.1.5.5.1.2 Resistencia convencional.....	321
VIII.1.5.5.1.3 Posición del edificio y de la cimentación.....	322
VIII.1.5.5.1.4 Diafragmas horizontales.....	323
VIII.1.5.5.1.5 Configuración en planta	323
VIII.1.5.5.1.6 Configuración en elevación	324
VIII.1.5.5.1.7 Distancia máxima entre los muros	324
VIII.1.5.5.1.8 Tipo de cubierta	325
VIII.1.5.5.1.9 Elementos no estructurales	325
VIII.1.5.5.1.10 Estado de conservación	326
VIII.1.5.5.1.11 Análisis de los parámetros	326
VIII.1.5.4 Análisis e interpretación de datos obtenidos	326

VIII.1.5.5 Preparación y presentación del informe final.....	327
VIII.1.5.6 Análisis del índice de vulnerabilidad del sector centro.....	327
VIII.1.5.6.1 Análisis de la casa	333
VIII.1.5.6.2 Tabla de resultados de las casas del barrio centro.....	334
VIII.1.5.7 Análisis del índice de vulnerabilidad de una en el barrio San Diego	335
VIII.1.5.7.1 Análisis de la casa	339
VIII.1.5.7.2 Tabla de resultados de las casas del barrio San Diego	342
VIII.1.5.8 Análisis del índice de vulnerabilidad de una casa en el barrio Getsemaní	343
VIII.1.5.8.1 Análisis de la casa	347
VIII.1.5.8.2 Tabla de resultados de las casas del barrio Getsemaní.....	348
VIII.1.6 Análisis de la vulnerabilidad cuantitativa de las tipologías de casas del centro histórico de Cartagena de Indias.	349
VIII.1.6.1 Estudio de caso de la casa de tipología colonial cartagenera.....	349
VIII.1.6.1.1 Normas de cálculo	349
VIII.1.6.1.2 Métodos de análisis	349
VIII.1.6.1.3 Materiales de construcción.....	349
VIII.1.6.1.4 Análisis de cargas gravitacionales.....	350
VIII.1.6.1.5 Parámetros medio ambientales.....	350
VIII.1.6.1.6 Parámetros geotécnicos.....	351
VIII.1.6.1.7 Parámetros Sísmicos.....	351
VIII.1.6.2 Analisis estático lineal de la estructura	353
VIII.1.6.3 Análisis no lineal de la estructura	362
VIII.1.6.3.1 Secuencia del análisis no lineal plástico muro tipo A.....	371
VIII.1.6.3.1.1 Gráficas capacidad demanda del muro tipo A.....	374
VIII.1.6.3.2 Secuencia del análisis no lineal plástico muro tipo B	376
VIII.1.6.3.2.1 Gráficas capacidad demanda del muro tipo B	379
VIII.1.6.3.3 Secuencia del análisis no lineal plástico muro tipo C	381
VIII.1.6.3.3.1 Gráficas capacidad demanda del muro C	383
VIII.1.6.3.4 Secuencia del análisis no lineal plástico muro tipo D.....	385
VIII.1.6.3.4.1 Gráficas capacidad demanda del muro tipo D.....	388
VIII.1.6.4 Representación gráfica de los espectros de capacidad de los muros de la casa de tipología colonial.....	390

VIII.1.6.5 Representación gráfica de los espectros de demanda-capacidad de los muros de la casa de tipología colonial	391
VIII.1.7 Planos de propuesta de reforzamiento y fichas de calificación patológica.	392
BIBLIOGRAFÍAS	393

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. A) Muro de piedra y argamasa de cal, B) Muro de pedazos de ladrillo, piedra y coral triturado.....	80
Imagen 2. A) Muro de ladrillo, B) Ladrillo panela o tolete, C) Ladrillo tablón	80
Imagen 3. A: Falla de corte, B: Falla de flexo-compresión	147
Imagen 4. Señalamiento de daños	147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista isométrica A) casa colonial baja B) casa colonial alta.....	65
Figura 2: Vista en Planta de la Casa Colonial Baja.....	66
Figura 3: Vista en Planta de la Casa Colonial Alta	67
Figura 4: Vista en Planta de la Casa Colonial Alta con Entresuelo	67
Figura 5: Casa colonial alta con acceso central.....	69
Figura 6: Casa colonial alta con acceso lateral.....	70
Figura 7. Distribución de las tipologías arquitectónicas.....	78
Figura 8. Tablestacado en Cimentación Profunda Según Palladio.....	83
Figura 9. Enlosado del Fondo de la Cimentación Según Palladio	83
Figura 10. Cimentación Según Vitrubio	84
Figura 11. Cimentación Según Palladio.....	84
Figura 12. Cimentación Según Alberti	84
Figura 13. Cimentación según Bails.....	85
Figura 14. Cimentación según Capuchino	85
Figura 15. : Zonas de amenaza Sísmica y movimientos sísmicos de diseño	89
Figura 16. Representación esquemática ilustrativa del procedimiento de localización dentro del mapa de zonificación sísmica del Capítulo A.2	94
Figura 17. Representación esquemática ilustrativa del procedimiento de localización dentro del mapa de valores de Aa y Av del Capítulo A.2	95
Figura 18. Procedimiento para obtener los movimientos sísmicos de diseño.....	95
Figura 19. Sistemas estructurales de resistencia sísmica	96
Figura 20. Procedimiento para definir el grado de irregularidad de la estructura y el método de análisis sísmico	96
Figura 21. Procedimiento para obtener las fuerzas sísmicas de diseño.....	97
Figura 22. Representación esquemática ilustrativa del procedimiento de análisis de la estructura.....	97
Figura 23. Procedimiento de verificación de las derivas	98
Figura 24. Procedimiento de obtención del coeficiente de disipación de energía R..	98
Figura 25. Procedimiento de obtención de las fuerzas en la cimentación y los esfuerzos sobre el suelo	99
Figura 26. Procedimiento de diseño de los elementos no estructurales.....	99
Figura 27. Mapa aptitud y uso de suelo del centro amurallado.....	108
Figura 28. Zu - Zona urbana.....	109

Figura 29. Sector amurallado (D) topografía plana.....	110
Figura 30. Mapa geomorfológico del centro histórico	111
Figura 31. Mapa geotécnico del centro histórico	112
Figura 32. Mapa litológico del centro histórico	113
Figura 33. Mapa de susceptibilidad del centro histórico	114
Figura 34. Consulta en la red sismológica nacional	116
Figura 35. Sismos no asignados para Cartagena r=100km	117
Figura 36. Mapa tomado de AutoCAD. Getsemaní. Fuente “Evaluación del potencial de licuación y comportamiento sísmico de los depósitos de playa en el casco urbano de Cartagena”	121
Figura 37. Mecanismo de vuelco falla por toda la extensión.....	133
Figura 38. Mecanismo de vuelco falla parcial	133
Figura 39. Mecanismo de inclinación simple.....	134
Figura 40. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión.....	135
Figura 41. Mecanismo de inclinación simple falla parcial	136
Figura 42. Mecanismo de inclinación compuesto	136
Figura 43. Mecanismo de inclinación compuesto falla por entrepiso	138
Figura 44. Mecanismo de flexión vertical.....	139
Figura 45. Mecanismo de flexión vertical falla en la dirección del muro	140
Figura 46. Mecanismo de flexión vertical falla por rotación	140
Figura 47. Mecanismo de flexión vertical falla en cumbre.....	141
Figura 48. Mecanismo de flexión horizontal	143
Figura 49. Ciclos de histéresis.....	145
Figura 50: Localización general.	175
Figura 51. Macro-ficha de la evaluación de un espacio.....	182
Figura 52. Macro-ficha general de la evaluación de todos los espacios evaluados...183	
Figura 53. Macro-ficha general de la evaluación de todos los espacios evaluados casa colonial Alta en L.....	184
Figura 54. Plano planta de muros	195
Figura 55. Vista isométrica casa colonial baja en L	198
Figura 56. Vista frontal casa colonial baja en L.....	198
Figura 57. Vista en planta casa colonial baja en L	198
Figura 58. Vista isométrica casa colonial baja en C.....	199
Figura 59. Vista frontal casa colonial baja en C.....	199
Figura 60. Vista en planta casa colonial baja en C.....	199

Figura 61. Vista isométrica casa colonial baja en U.....	200
Figura 62. Vista frontal casa colonial baja en U	200
Figura 63. Vista en planta casa colonial baja en U.....	200
Figura 64. Vista isométrica casa colonial baja en O.....	201
Figura 65. Vista frontal casa colonial baja en O	201
Figura 66. Vista en planta casa colonial baja en O.....	201
Figura 67. Vista isométrica casa colonial baja con altillo.....	202
Figura 68. Vista frontal casa colonial baja con altillo	202
Figura 69. Vista en planta casa colonial baja con altillo.....	202
Figura 70. Vista isométrica casa colonial alta en L.....	203
Figura 71. Vista isométrica casa colonial alta en L.....	204
Figura 72. Vista en planta casa colonial alta en L.....	204
Figura 73. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en L	205
Figura 74. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en C	206
Figura 75. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en U	206
Figura 76. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en O	207
Figura 77. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja con altillo.....	207
Figura 78. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en L por sismo en X.....	208
Figura 79. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en L por sismo en Y	208
Figura 80. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en C por sismo en X.....	209
Figura 81. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en C por sismo en Y.....	209
Figura 82. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en U por sismo en X.....	210
Figura 83. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en U por sismo en Y.....	210

Figura 84. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en O por sismo en X.....	211
Figura 85. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en O por sismo en Y.....	211
Figura 86. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja con altillo sismo en X.....	212
Figura 87. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja con altillo sismo en Y.....	212
Figura 88. Vista Isométrica casa colonial alta en L.....	213
Figura 89. Desplazamiento en muro tipo A	214
Figura 90. Esfuerzos en muro tipo A.....	214
Figura 91. Desplazamiento en muro tipo B	215
Figura 92. Esfuerzos en muro tipo B.....	215
Figura 93. Desplazamiento en muro tipo B	216
Figura 94. Esfuerzos en muro tipo B.....	216
Figura 95. Desplazamiento en muro tipo D	217
Figura 96. Esfuerzos en muro tipo D.....	217
Figura 97. Desplazamiento en muro tipo B	218
Figura 98. Esfuerzos en muro tipo B.....	218
Figura 99. Desplazamiento en muro tipo D	219
Figura 100. Esfuerzos en muro tipo D.....	219
Figura 101. Desplazamiento en muro tipo D	220
Figura 102. Esfuerzos en muro tipo D.....	220
Figura 103. Desplazamiento en muro tipo A y C.....	221
Figura 104. Paso 1 Análisis no lineal plástico muro tipo A.....	222
Figura 105. Paso 2 Análisis no lineal plástico muro tipo A.....	223
Figura 106. Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo A.....	223

Figura 107. Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo A.....	224
Figura 108. Paso 5 Análisis no lineal plástico muro tipo A.....	224
Figura 109. Paso 1 Análisis no lineal plástico muro tipo B.....	227
Figura 110. Paso 2 Análisis no lineal plástico muro tipo B.....	228
Figura 111. Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo B.....	228
Figura 112. Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo B.....	229
Figura 113. Paso 5 Análisis no lineal plástico muro tipo B.....	229
Figura 114. Paso 1 Análisis no lineal plástico muro tipo C.....	233
Figura 115. Paso 2 Análisis no lineal plástico muro tipo C.....	232
Figura 116. Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo C.....	233
Figura 117. Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo C.....	234
Figura 118. Paso 5 Análisis no lineal plástico muro tipo C.....	234
Figura 119. Paso 1 Análisis no lineal plástico muro tipo D.....	237
Figura 120. Paso 2 Análisis no lineal plástico muro tipo D.....	237
Figura 121. Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo C.....	238
Figura 122. Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo D.....	238
Figura 123. Paso 5 Análisis no lineal plástico muro tipo D.....	239
Figura 124. Reforzamiento del muro en zonas críticas	257
Figura 125. Vista isométrica Reforzamiento en cubierta.....	258
Figura 126. Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo A.....	373
Figura 127. Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo A.....	373

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Distribución de casas en los barrios del centro histórico según su tipología	76
Tabla 2. Cantidades de casas coloniales en Cartagena de Indias.	76
Tabla 3. Red Sismológica Nacional de Colombia.....	89
Tabla 4. Sistema estructural de muros de carga	94
Tabla 5. Datos de sismos y ubicación.....	119
Tabla 6. Magnitudes de sismos y cantidades	120
Tabla 7. Magnitud total.....	120
Tabla 8. Formato guía de registro de perforaciones	124
Tabla 9. Formato guía para evaluar los esfuerzos mediante el número de golpes y la profundidad de los estratos.....	125
Tabla 10. Velocidad de Ondas de Corte	127
Tabla 11. Valores de los coeficientes de reducción de resistencia por calidad de diseño y construcción.....	131
Tabla 12. Valores de los coeficientes de reducción de resistencia por estado.....	131
Tabla 13. Niveles de desempeño de la edificación (ATC-40,1996).....	154
Tabla 14. Número de casas coloniales según su tipología.....	172
Tabla 15. Información descriptiva del área específica.....	175
Tabla 16. Área específica.....	176
Tabla 17: Calificación de daños y lesiones.....	177
Tabla 18. Análisis cualitativo según el tipo de lesión.....	178
Tabla 19. Cuantificación de daños.....	179
Tabla 20. Evaluación del riesgo generado en el espacio	179
Tabla 21. Índice de integridad e índice de daños por espacio evaluado.....	181
Tabla 22. Índices de Integridad e índices de daños	185
Tabla 23. Módulo de elasticidad de los muros de la casa colonial.....	190
Tabla 24. Índice de vulnerabilidad de las casa de tipología colonial del sector Centro en el Centro Histórico de la ciudad de Cartagena	192
Tabla 25. Índice de vulnerabilidad en el sector San Diego.....	193
Tabla 26. Índice de vulnerabilidad en el sector Getsemaní	194
Tabla 27. Índices de valoración muro A.....	195

Tabla 28. Índices de valoración muro B	195
Tabla 29. Índices de valoración muro C	196
Tabla 30. Índices de valoración muro D	196
Tabla 31. Degradación de la rigidez de los muros	196
Tabla 32. Índices de integridad y de daños	246
Tabla 33. Nivel de desempeño de espacio evaluado	248
Tabla 34. Valores de los índices de integridad y de daños	253
Tabla 35. Catedra en gestión y conservación del patrimonio arquitectónico de Cartagena de Indias.....	262

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Porcentaje de casas según su tipología en el barrio centro.....	76
Gráfica 2. Porcentaje de casas según su tipología en el barrio San Diego	77
Gráfica 3. Porcentaje de casas según su tipología en el barrio Getsemaní	77
Gráfica 4. Curva de magnitud sísmica con respecto a número de sismos presentados.....	121
Gráfica 5. Formato guía para descripción de sondeos.....	123
Gráfica 6. Guía de relación τ promedio/'v contra (N1)60	126
Gráfica 7. Guía de relación profundidad contra τ promedio sísmica	126
Gráfica 8. Profundidad Vs Velocidad de Corte (V_s) en S1n	127
Gráfica 9. Formato guía Profundidad vs Velocidad de corte (V_s) S2n.....	128
Gráfica 10. Frecuencia relativa Vs intensidad del viento en Cartagena año 2011	130
Gráfica 11. Comportamiento no linear	148
Gráfica 12. Espectro de capacidad.....	151
Gráfica 13. Espectro de demanda sísmica.....	152
Gráfica 14. Esquema metodológico del estudio.....	167
Gráfica 15. Representación porcentual según tipos de casas en los barrios A: Centro, B: San Diego y C: Getsemaní	173
Gráfica 16. Evaluación del riesgo generado en el espacio.....	179
Gráfica 17. Afectación por áreas	180
Gráfica 18. Cuantificación de daños.....	180
Gráfica 19. Espectro sísmico para un grupo de uso= I y coeficiente de importancia I=1	189
Gráfica 20. Espectro sísmico para un grupo de uso=II y coeficiente de importancia I=1.1	190
Gráfica 21. Comparativo del índice de vulnerabilidad de las casas del Centro	192
Gráfica 22. Muestra de las casas coloniales utilizadas en el estudio.....	193
Gráfica 23. Índice de vulnerabilidad de las casas de Getsemaní.....	194
Gráfica 24. Espectros de capacidad muro tipo A actual y muro tipo A intervenido .	225
Gráfica 25. Espectros de demanda-capacidad muro tipo A	226
Gráfica 26. Espectros de capacidad muro tipo B actual y muro tipo B intervenido .	230
Gráfica 27. Espectros de demanda-capacidad muro tipo B	231
Gráfica 28. Espectros de capacidad muro tipo C actual y muro tipo C intervenido .	235
Gráfica 29. Espectros de demanda-capacidad muro tipo C	235
Gráfica 30. Espectros de capacidad muro tipo D actual y muro tipo D intervenido .	240

Gráfica 31. Espectros de demanda-capacidad muro tipo D	240
Gráfica 32. Espectros de capacidad de los muros en su estado actual de la casa de tipología colonial	241
Gráfica 33. Espectros de capacidad de los muros intervenidos de la casa de tipología colonial	242
Gráfica 34. Espectros de demanda-capacidad de los muros en su estado actual de la casa de tipología colonial	242
Gráfica 35. Espectros de demanda-capacidad de los muros intervenidos de la casa de tipología colonial.....	243

GLOSARIO

CONSERVACIÓN INTEGRAL: Se aplica a inmuebles del grupo arquitectónico de excepcional valor los cuales, por ser irremplazables, deben ser preservados en su integralidad. En estos, cualquier intervención puede poner en riesgo sus valores e integridad, por lo que las obras deben ser legibles y dar fe del momento en el que se realizaron. Si el inmueble lo permite, se podrán realizar ampliaciones en función de promover su revitalización y sostenibilidad.

En relación con los inmuebles del grupo urbano, debe garantizarse la preservación del trazado, manzanas, paramentos, perfiles, alturas, índices de ocupación, vías, parques, plazas, pasajes, entre otros. Se permite la modificación de los espacios internos del inmueble siempre y cuando se mantenga la autenticidad de su estructura espacial: disposición de accesos, vestíbulos, circulaciones horizontales y verticales.

Tipos de obras permitidas en la conservación integral: restauración, reparaciones locativas, primeros auxilios, rehabilitación o adecuación funcional, reforzamiento estructural, reintegración, ampliación, consolidación y liberación.

CONSERVACIÓN DEL TIPO ARQUITECTÓNICO: Se aplica a inmuebles del grupo arquitectónico con características representativas en términos de implantación predial (rural o urbana), volumen edificado, organización espacial y elementos ornamentales, las cuales deben ser conservadas. Se permite la modificación de los espacios internos del inmueble, siempre y cuando se mantenga la autenticidad de su estructura espacial: disposición de accesos, vestíbulos, circulaciones horizontales y verticales.

Tipos de obras permitidas en la conservación de tipo arquitectónico: restauración, reparaciones locativas, primeros auxilios, rehabilitación o adecuación funcional, remodelación, reforzamiento estructural, reintegración, ampliación, consolidación y liberación.

CONSERVACIÓN CONTEXTUAL: Se aplica a inmuebles ubicados en un sector urbano, los cuales, aun cuando no tengan características arquitectónicas representativas por su implantación, volumen, perfil y materiales, sean compatibles con el contexto.

De igual manera se aplica para inmuebles que no son compatibles con el contexto, así como a predios sin construir que deben adecuarse a las características del sector urbano. Este nivel busca la recuperación del contexto urbano en términos del trazado, perfiles, paramentos, índices de ocupación y volumen edificado.

Tipos de obras permitidas en la conservación contextual: demolición, obra nueva, modificación, remodelación, reparaciones locativas, primeros auxilios, reconstrucción, reforzamiento estructural, consolidación y ampliación. (Decreto 763, 2009, Art. 20)

REPARACIONES LOCATIVAS: Obras para mantener el inmueble en las debidas condiciones de higiene y ornato sin afectar su materia original, su forma e integridad, su estructura portante, su distribución interior y sus características funcionales, ornamentales, estéticas, formales y/o volumétricas. Incluye obras de mantenimiento y reparación como limpieza, renovación de pintura, eliminación de goteras, reemplazo de piezas en mal estado, obras de drenaje, control de humedades, contención de tierras, mejoramiento de materiales de pisos, cielorrasos, enchapes y pintura en general. También incluye la sustitución, mejoramiento y/o ampliación de redes de instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, ventilación, contra incendio, de voz y datos, y de gas.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL: Es la consolidación de la estructura de uno o varios inmuebles, con el objeto de acondicionarlos a niveles adecuados de seguridad sismo - resistente de acuerdo con los requisitos de la Ley 400 de 1997 o la norma que la adicione, modifique o sustituya y su reglamento.

REHABILITACIÓN O ADECUACIÓN FUNCIONAL: Obras necesarias para adaptar un inmueble a un nuevo uso, garantizando la preservación de sus características. Permiten modernizar las instalaciones, optimizar y mejorar el uso de los espacios.

RESTAURACIÓN: Obras tendientes a recuperar y adaptar un inmueble o parte de éste, con el fin de conservar y revelar sus valores estéticos, históricos y simbólicos. Se fundamenta en el respeto por su integridad y autenticidad.

AMPLIACIÓN: Incremento del área construida de una edificación existente, entendiéndose por área construida la parte edificada que corresponde a la suma de las superficies de los pisos, excluyendo azoteas y áreas sin cubrir o techar.

CONSOLIDACIÓN: Fortalecimiento de una parte o de la totalidad del inmueble.

MODIFICACIÓN: Obras que varían el diseño arquitectónico o estructural de una edificación existente, sin incrementar su área construida.

RECONSTRUCCIÓN: Obras dirigidas a rehacer total o parcialmente la estructura espacial y formal del inmueble, con base en datos obtenidos a partir de la misma construcción o de documentos gráficos, fotográficos o de archivo.

REINTEGRACIÓN: Obras dirigidas a restituir elementos que el inmueble ha perdido o que se hace necesario reemplazar por su deterioro irreversible. En el caso de inmuebles, también son objeto de esta autorización las intervenciones en las áreas de influencia, bienes colindantes con dichos bienes y espacios públicos localizados en sectores urbanos declarados BIC e identificados en el PEMP.

Adecuación:

LIBERACIÓN: Obras dirigidas a retirar adiciones o agregados que van en detrimento del inmueble, ya que ocultan sus valores y características. El proceso de liberación de adiciones o agregados comprende las siguientes acciones:

i. Remoción de muros construidos en cualquier material, que subdividan espacios originales y que afecten sus características y proporciones.

ii. Demolición de cuerpos adosados a los volúmenes originales del inmueble, cuando se determine que estos afectan sus valores culturales.

iii. Reapertura de vanos originales de ventanas, puertas, óculos, nichos, hornacinas, aljibes, pozos y otros.

iv. Retiro de elementos estructurales y no estructurales que afecten la estabilidad del inmueble.

v. Supresión de elementos constructivos u ornamentales que distorsionen los valores culturales del inmueble. (Decreto 763, 2009, Art. 20)

ARGAMASA: Mortero o pegante de construcción constituido por cal, arena y agua que al secarse adquiere una consistencia dura. En Colombia fue particularmente usado durante el período colonial para unir piedras y ladrillos.

ARQUITECTURA COLONIAL: Manifestaciones arquitectónicas usadas en América desde 1492, fecha de llegada de los españoles, hasta inicios del siglo XIX, período en que se dieron los procesos de independencia en el continente. En el caso de Colombia se extiende hasta 1810. Dentro de la arquitectura colonial colombiana es posible encontrar múltiples influencias estilísticas que oscilan entre el mudéjar y la influencia renacentista (portada de la catedral de Tunja de 1598), barroca y rococó. (Albarracín, 2012, párr. 5)

En América se dieron múltiples variantes de estos estilos debido a la influencia del clima, los materiales y las necesidades locales.

LADRILLO MILITAR: Bloque de arcilla o cerámica cocida empleado en la construcción de muros y revestimientos decorativos. Los ladrillos pueden secarse al sol, pero acostumbran a secarse en hornos. Resisten a la humedad y el calor y pueden durar en algunos casos más que la piedra. Su color varía dependiendo de las arcillas empleadas y sus proporciones cambian de acuerdo a las tradiciones arquitectónicas. (Camargo & Gamarra, 2016, p. 42)

MAMPOSTERÍA. Se conoce con este nombre al sistema de construcción de muros en ladrillo, bloque de concreto o piedra. En algunos casos la mampostería se realizó a partir de piedras y ladrillos superpuestos, posiblemente, unidos con argamasa.

MURETE O PRISMA: “Ensamble de piezas de mampostería con mortero de pega inyectadas o no de morteros de relleno usado como espécimen de ensayo para determinar las propiedades de la mampostería” (Comisión Asesora Permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes , 1998, p. 12).

TOLETE: “Es la unidad de mampostería sólida. Puede ser de arcilla cocida, de concreto o sílico-calcárea” (Comisión Asesora Permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes , 1998, p. 12).

NSR-10: Reglamento de Colombiano de Construcción Sismo Resistente.

ATC-40: Consejo de Tecnología Aplicada (applied technology council).



CENTRO HISTORICO DE CARTAGENA DE INDIAS

(“Forum di discussione per le scoule-Cartagena de Indias (Colombia)”,
2009)

CARTAGENA DE INDIAS

“Si hay alguien a quien le guste de verdad la arquitectura y el urbanismo, no puede dejar de hacer un viaje hasta Cartagena de Indias, en la costa caribeña de Colombia. Ese es el enclave ideal donde la historia ha cuajado en forma de ciudad planificada, medida y realizada para un sólo fin: ser defendida, ser guardadora de riquezas, de culturas diversas, de canciones. Y en cada una de sus múltiples calles, de sus infinitas esquinas, han surgido los edificios que uno por uno, y todos juntos, mejor evocan una cultura y una época concretas. La España ultramarina de los siglos XVII y XVIII. Viajar a Cartagena de Indias es adentrarse, en un instante, en aquel tiempo maravilloso y soñado”. (Herrera, 1991)

1. INTRODUCCION

La arquitectura es una disciplina ligada a la vida humana, siendo esta el producto de una comunidad en un momento específico. Su permanencia en el tiempo eleva su rango como hecho histórico, convirtiéndose en parte del patrimonio cultural de un pueblo, de una ciudad o de un país entero, y de forma directa, en testimonio y documento vivo de su historia. Este producto histórico es lo que llamamos *Patrimonio Arquitectónico*, y cobra valor por su representatividad en la sociedad, en donde deja impronta imborrable de su ideología, de su forma de vida, de sus tecnologías estéticas y, sobre todo, la trama histórica, narrativas que dan razones y explican dichos acontecimientos expresando sentido y significado. De igual forma, se hace presente en todas las funciones sociales y científicas, así como también en sus manifestaciones estéticas y artísticas, factor que le lleva a ser considerado algunas veces monumento.

Esta especial valoración emplaza al hombre y al juicio colectivo a retomar viejas manifestaciones de carácter edilicio para ponerlas nuevamente en planos de preeminencia, sugiriendo en ellas nuevos usos y nuevas funciones con un sello de contemporaneidad que permite revitalizarlas y rescatarlas de la obsolescencia permaneciendo aún en el mismo ámbito en el cual han subsistido durante siglos.

Colombia cuenta con riquezas arquitectónicas de apreciable valor heredadas de la gesta colonizadora que se prolongó a lo largo de tres o cuatro siglos por parte de los españoles, quienes construyeron en una de sus ciudades, Cartagena de Indias, el sistema de fortificaciones de mayor extensión e imponencia del nuevo mundo, además de uno de los conglomerados arquitectónicos de más riqueza y relevancia que quedó materializado en edificaciones civiles, domésticas y religiosas de valores estéticos imponderables.

Cartagena fue fundada en 1533 por Don Pedro de Heredia y emplazada en una bahía de difícil acceso en la costa del Mar Caribe, en sus orígenes la constituyeron el Sector Centro (conocido anteriormente como Santa Catalina, sector de la Catedral, San Sebastián, Nuestra Señora de La Merced), el Sector San Diego (anteriormente, Santo Toribio de Mogrovejo) y el Sector de Getsemaní, los cuales en la actualidad conforman el Centro Histórico. Dado su simbolismo histórico la UNESCO ha enlistado desde noviembre de 1984 (Cod c-285) a la ciudad como Patrimonio Histórico de la Humanidad.

En el proceso de consolidación del estilo colonial que se dio en la ciudad de Cartagena encontramos aspectos muy particulares en el resultado de esta forma. Empezando con los primeros asentamientos

1. Introducción

de arquitectura doméstica, los cuales tienen sus raíces en los ancestros indígenas asentados en el territorio, en ese tiempo llamado Calamarí, quienes recurrían a las formas geométricas primigenias (rectángulo o cuadrado). Estas primeras viviendas contaban con muros de bahareque y techumbre de paja y caña, elementos que cumplían con sus funciones primarias de protección a los residentes, sin embargo, no se detenían en aspectos complementarios como el soporte estructural. Luego de la llegada de los españoles, según registra Dorta (1988) entre los años 1535 y 1537 el juez de residencia, Juan de Vadillo, realizó las siguientes modificaciones:

(...) dio comienzo a la construcción de un modesto templo de paja y cañas, que servía de catedral, y trazó las calles del poblado, acometiendo así el primer intento de ordenación urbana que conocemos documentalmente. No deja de ser curioso, y tal vez expresivo del espíritu medieval de los conquistadores del siglo XVI, el hecho de que en el juicio de residencia que se le instruyó a Vadillo, se le acusara de haber trazado una calle recta contrariando la costumbre. (p.11)

En el año 1552 la ciudad fue devastada por un incendio que se expandió con relativa rapidez, dada la combustión del bahareque y la palma con que estaban levantadas aquellas viviendas (Revista Semana, 2011). Solo después de este evento, se comenzaron a construir edificaciones con materiales nobles, lo que fue cambiando el aspecto de caserío que tenía este asentamiento urbano y devino así una ciudad con casas de cantería que sugerían mayor durabilidad pero que se hacían en el poco espacio disponible que dejaban a la ciudad sus accidentes hidrográficos, como ciénagas y ensenadas.

Para finales del siglo XVI la actividad de la construcción tomó un auge inusitado contándose entre la población un número considerable de canteros, albañiles, alarifes y otra variada gama de oficios derivados de la construcción civil. Fue para esa misma época en que Bautista Antonelli para expresar un proyecto de fortificación de la ciudad, representó con relativa exactitud las calles de Cartagena, como lo expresa Dorta (1988):

“(...) no se aplicó rigurosamente en Cartagena la disposición de perfecta cuadrícula y la existencia de ángulos no rectos en algunas calles, así como la forma irregular de las cuerdas, parecen indicar un trazado primitivo” (p.13).

Este proyecto de fortificación, que incluye hasta el barrio de los Jagüeyes, hoy barrio San Diego, sugiere por su desarrollo y su intención protectora un confinamiento de la traza urbana y de sus edificaciones, lo cual generó un conglomerado de casas, edificios institucionales y religiosos adosados compartiendo linderos laterales y posteriores a la usanza de las construcciones mediterráneas del sur de España. Tal y como registró Dorta (1988):

“(…) Desde entonces el primitivo núcleo de la ciudad, asentado sobre la isla de Calamarí, no ha sufrido variación notable en que se refiere a la traza y distribución de sus calles” (p.13).

Las edificaciones residenciales de aquella época colonial reflejaban el estatus económico de sus dueños o su jerarquía burocrática. Las casas fueron diseñadas y construidas bajo la influencia de las viviendas del sur de España, todas esas características que enfatizan su particularidad se ven reflejadas en la arquitectura doméstica colonial, tal como lo es esa disposición espacial volcada en interior de los inmuebles que sugería intimidad y cobijo. Sin embargo, el calor tropical imponía al constructor la necesidad imperiosa de recurrir a espacios exteriores con balcones, balconadas corridas y tribunas y que generaba una volumetría de especial aprecio. Este principio conceptual de elementales característicos fue el impuesto por los constructores indistintamente de la clase de vivienda ni de los alcances socioeconómicos de los propietarios.

Es innegable que el valor histórico de la ciudad le ha proporcionado gran importancia en el sector turístico, lo cual a su paso ha producido el auge mercantilista que se cierne en estos tiempos modernos, que aunado a la incontenible valoración inmobiliaria y la sobrepoblación permanente y flotante que en ella habitan, la hacen apetecible a las más voraces intenciones comerciales.

Factores de tal magnitud traen consigo el apresuramiento, la improvisación y, por ende, la exclusión del rigor investigativo, de los principios conceptuales, del estudio de la espacialidad arquitectónica, del uso de materiales y procedimientos constructivos adecuados y de los diferentes grados y tipos de intervención al momento de acometer los más elementales principios de la Restauración Arquitectónica, los cuales se han ido estableciendo a través del tiempo en diferentes manifiestos, documentos y acuerdos internacionales tales como la Carta de Atenas, La Carta de Venecia, El Coloquio de Quito, entre otros.

Los estudiosos de la restauración, quienes desde la perspectiva que marca su disciplina, arquitectos, ingenieros, antropólogos, sociólogos etc., han puesto de manifiesto los desatinos cometidos durante estos últimos años de intervenciones constructivas. Es así como los arquitectos han profundizado en el estudio espacial y conceptual de dichas edificaciones, los antropólogos, en la indagación de las características y el comportamiento del hombre y los ingenieros, que es el caso que nos ocupa y del que trata este estudio, estamos siendo convocados a velar por aspectos de singular importancia, tales como los materiales con que se construyeron las edificaciones, los comportamientos mecánicos de los mismos y la eficacia de sus estructuras en lo concerniente a su sismo resistencia, su vulnerabilidad sísmica y la clasificación de sus patologías, de forma tal que podamos abrir caminos

1. Introducción

conducentes a intervenciones con argumentos científicos y técnicos sin el riesgo de incurrir en alteraciones de la originalidad de estos inmuebles.

Cabe resaltar que, en la construcción de las casas coloniales, prevalecieron factores de carácter bélico, o de influencias ancestrales de tipo social y económico antes que cualquier mínima intención de proteger a la ciudad de cualquier evento telúrico u otro accidente natural de los cuales se tenía poco conocimiento para la época. La configuración formal de estas edificaciones domésticas, debido a su construcción meramente empírica, presentan cierta inestabilidad propiciada más que todo por la falta de unidad en su conformación constructiva, la cual se da como una secuencia de espacios expuestos a fuerzas en todas direcciones. Así, la edificación es una mole vulnerable a cualquier movimiento del suelo, y si a estas eventualidades le sumamos el hecho de no contemplar, por desconocimiento, principios básicos en la conformación de una edificación, tales como la escala, la altura, la proporción y la simetría, obtendremos como resultado un conjunto de edificaciones extremadamente sensibles a fenómenos naturales, bien sean telúricos o de cualquier otro orden.

La primera reglamentación Sismo Resistente Nacional, fue expedida por el gobierno colombiano por medio del decreto 1400 de 7 de junio de 1984, en la cual no se consideró criterios de evaluación de edificaciones construidas antes de dicho reglamento. La primera y la segunda actualización correspondiente al reglamento NSR-98 y NSR-10, consideran de manera insipiente en el capítulo A.10, la intervención de edificaciones declaradas como patrimonio histórico, de conservación arquitectónica o de interés cultural.

La norma para el tratamiento de las construcciones coloniales adopta un criterio de diseño por desempeño, diferente al enfoque propio de ella, cual es el enfoque de diseño por resistencia, y tal como se mencionó en el párrafo anterior lo trata de manera insipiente con poca fundamentación, dejando en manos del ingeniero diseñador y del propietario el nivel de seguridad que se adopte para la edificación, con lo cual se podrá incurrir en niveles de daño ante eventos sísmicos menores al nivel de seguridad limitada.

Las edificaciones coloniales de todo el país, las cuales, a pesar de estar enlistadas en el Sistema de Inventarios de Bienes Inmuebles del Ministerio de Cultura de Colombia, no poseen una ficha que reseñe o catalogue el sistema estructural de estas edificaciones. Conociendo la importancia que dio la arquitectura colonial a la estructura muraria, se hace de imperiosa necesidad estudiar y analizar técnica y mecánicamente el comportamiento de elementos como éstos, para darle su verdadera importancia en la conformación integral de la vivienda y que, además, se incluya en los Sistemas de Inventario de Bienes de Interés Cultural.

Actualmente las edificaciones coloniales subsisten sin el amparo de una norma procedente que determine su real nivel de daño o de su comportamiento sísmico que asegure la permanencia y garantice su salvaguarda; éstas se intervienen con criterios que dejan de lado los estudios previos de vulnerabilidad sísmica y de patología de sus elementos, lo que se convierte en indicativo de que sin estos estudios complementarios, no se está llevando a cabo una propuesta sistemática de conservación y rehabilitación del patrimonio arquitectónico de verdadera legitimación, tal como si ocurre con el tratamiento del patrimonio arquitectónico en otras partes del mundo.

Por las anteriores razones en esta investigación se propuso, entre otras, modificar y complementar el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, estableciendo criterios y procedimientos para evaluar la vulnerabilidad de las casas de tipología colonial en la ciudad de Cartagena, de tal manera que la intervención de estas edificaciones se haga teniendo en cuenta criterios que definan su desempeño.

También se planteó el diseño de una cátedra interdisciplinaria que relaciona la historia, la arquitectura, la evaluación patológica y la ingeniería, para atender la gestión conservación y preservación del patrimonio arquitectónico de la ciudad de Cartagena de indias.



CASA COLONIAL ALTA DEL SECTOR CENTRO

CARTAGENA, LA HEROICA

Fue fundada en 1533 por Don Pedro de Heredia y emplazada en una bahía de difícil acceso en la costa del Mar Caribe.

*Declarada en 1984 por la **UNESCO** patrimonio Cultural de la Humanidad, la principal riqueza arquitectónica colonial de Colombia.*

En Cartagena de indias la arquitectura doméstica representa el mayor volumen construido. Esta razón, además de su calidad, la convierte en la “esencia” de la ciudad, la que le da forma al espacio y constituye el lugar urbano por excelencia.

Es la que contiene los monumentos: templos, conventos y murallas. La que determina el trazado y la geometría de las calles, plazas y paseos.

Finalmente, la que crea el ritmo de la calles ante balcones y ventanas, puertas y portales, alares y tejados, dejando entrever los interiores a través de celosías, zaguanes y patios.

Y es precisamente este patrimonio de múltiples y variadas formas, el que se encuentra amenazado. (Téllez & Moure, 1982)

2. JUSTIFICACION

Desde sus comienzos Cartagena de Indias fue una de las ciudades más importante de la colonia española en América en virtud de su emplazamiento estratégico en la costa del Mar Caribe. Desde éste, se facilitó la defensa de los intereses de la corona española, se dinamizó la comunicación y se hizo expedito el transporte de bienes saqueados a las tierras colonizadas. Con dichas condiciones, se aceleró el crecimiento de la ciudad y se convirtió en la escogida por la clase pudiente proveniente de España para asentarse en ella, dando origen a los primeros brotes de urbanización del territorio y a la construcción de casas con las características formales que hoy aún se reflejan en las calles de la ciudad.

Con el paso de los años esta arquitectura doméstica, que en forma progresiva fue siendo abaluartada en su periferia para la defensa de invasores, ha despertado gran interés no solo en la esfera nacional sino mundial debido a su excepcional valor histórico que es, en definitiva, lo que sugiere su preservación. Esta buena intención, si bien desencadena un incremento en el número de las intervenciones acometidas en estas edificaciones coloniales, pone en riesgo la calidad de las mismas, ya que en ocasiones, los procedimientos llevados a cabo para su salvaguarda caen en desaciertos como consecuencia del desconocimiento y del rigor de la disciplina que requieren este tipo de obras. Así, se incurre en metodologías, técnicas y uso de materiales inadecuados que ponen en peligro el rótulo de Patrimonio Histórico y de la Humanidad otorgado por la UNESCO.

Con el propósito de realizar intervenciones a estos inmuebles que datan del periodo colonial en Colombia, es de vital importancia contar con una normativa que pautе y codifique los parámetros a seguir ante tales eventos, considerando de igual importancia los grados de intervención, y con el tacto que exige la disciplina para la aplicación de cualquier tipo de intervención.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), presenta de manera parcial y ambigua en el capítulo A.10, ítem A.10.9.2.5, requisitos para la Intervención de edificaciones declaradas como patrimonio histórico, de conservación arquitectónica o de interés cultural que dejan vacíos en su planteamiento, por la implementación de manera parcial de un enfoque de diseño basado en desempeño diferente a la que esta norma tiene como fundamento.



SECTOR CENTRO

(“Cartagena de Indias, la joya colonial de Colombia”, 2013)

BARRIOS DEL CENTRO HISTORICO

El centro histórico de Cartagena está conformado por todas las edificaciones Domesticas coloniales y republicanas, construidas en estos dos periodos de la historia de la ciudad, cuenta con tres barrios al interior del cordón amurallado: Centro, San Diego y Getsemaní.

Donde para el periodo colonial se distribuían los estratos sociales así:

En el Sector centro se concentraba la clase social de mayor emporio en la ciudad, en San Diego la clase media y en Getsemaní la clase obrera.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una estrategia integral para la conservación y preservación de la casa de tipología colonial, atendiendo a la historia, arquitectura, a su estado, patología; y técnicas ingenieriles actuales, con el objeto salvaguardar el patrimonio histórico y cultural en Cartagena de Indias.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la vulnerabilidad de las casas de tipología colonial en Cartagena de indias, en virtud de su estado, estructuración, aspectos medioambientales y normatividad
- Identificar aspectos arquitectónicos e ingenieriles de las casas de tipología colonial y documentar su historia.
- Plantear estrategias de intervención de las casas coloniales con el fin de asegurar su funcionalidad y estabilidad, preservando su valor histórico-arquitectónico.
- Establecer criterios y procedimientos para evaluar y minimizar la vulnerabilidad de las casas de tipología colonial en la ciudad de Cartagena a la luz del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.



CASA COLONIAL ALTA

(“CARTAGENA DE INDIAS, LA JOYA COLONIAL DE COLOMBIA”, 2013)

LA VIVIENDA

Para entender la arquitectura doméstica colonial en su momento inicial es necesario hacer una aproximación del lente histórico e intentar un traslado mental a esas décadas finales del siglo XVI donde todo estaba por inventarse y cada gesto creativo cargaba un alto voltaje simbólico. (Arango, 1990, p. 46)

CAPITULO I

I.1 ESTADO DEL ARTE

La importancia de muchas estructuras históricas en diversas partes del mundo ha llevado a expertos de la materia a analizar e intervenir en estos, con el objeto de preservar el patrimonio cultural y protegerlo de eventos sísmicos. A continuación se revisan las investigaciones realizadas en la ciudad de Lisboa (Portugal).

Laurenco y Ramos (2004) realizaron un análisis con elementos finitos a los edificios del centro de la ciudad de Lisboa (Portugal), en el cual confirmaron que, el sistema estructural implementado tras el terremoto de 1755, presentarían vuelco del perímetro de las paredes, indicando que la seguridad contra acciones sísmicas es claramente insuficiente, donde el propietario debe abordar la cuestión de la adaptación de estas estructuras. Como medidas preventivas, parece recomendable vincular a los edificios, varillas de acero o fortalecer la madera de las plantas, sobre todo teniendo en cuenta las conexiones con los muros de mampostería.

Desde el punto de vista de modelado y análisis, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos (a) la complejidad de edificios antiguos requiere que en los modelos simplificados consideren las estructuras. En el caso de estructuras en madera, la atención especial debe dedicarse al deterioro de la madera y las conexiones. Aquí, la madera de la estructura de los pisos se han descuidado y las modificaciones estructurales pueden ser el punto de vista de la conservación de las estructuras pero los códigos de seguridad modernos no son directamente aplicables a construcciones antiguas, (b) si la luz interna de las paredes presentan (espesores de 0.20 – 0.30 m), pueden ser descuidados para el análisis sísmico, debido a que su contribución es marginal, (c) los edificios antiguos del centro histórico de la ciudad suelen pertenecer a un bloque de edificios conectados mutuamente, con el propósito de análisis, es conservador considerar cada edificio de forma individual (hay que tener cuidado para que el análisis no sea excesivamente conservador). (Rivera, 2017, p.20)

Murta, Pinto, & Varum (2011) este trabajo de investigación se centró en el estudio de los sistemas estructurales de techo de madera de los edificios en el centro de la ciudad en Lisboa (Portugal).

Se concluyó que el sistema de techo de madera en forma de cerchas parece menos robusto que el sistema de vigas de madera. En general, las soluciones estructurales para el sistema de cubiertas tradicionales de Portugal son un sistema de madera formado por correas, vigas y cerchas del sistema formado por correas y vigas. La patología más común es el rompimiento de las tejas de cerámica y el deterioro de los elementos de la estructura de madera. Generalmente estos problemas están asociados a la falta de mantenimiento. (Rivera, 2017, p.18)

El patrimonio histórico de Cartagena está conformado en gran parte por la arquitectura colonial y la arquitectura del período republicano; muchos de los trabajos de investigación que se han realizado sobre la arquitectura colonial lo han realizado los arquitectos. Es por esto que varias investigaciones hechas por ingenieros civiles de la Universidad de Cartagena han centrado sus trabajos de grado con respecto a las casas coloniales de la ciudad (Gamarra & Domínguez, 2011) (Beltrán & Rojas, 2012) (Ayola & Matute, 2013) (Castillo & Pineda, 2013) (Bonfante & Bustos, 2013) (Cuevas & Herrera,

2013) (Barreras *et al.*, 2015) (Ospino & Torres, 2016) (Fortich & López, 2016). Gamarra & Domínguez (2011) como se citó en Rivera (2017):

Determinaron la resistencia a la compresión de la mampostería de tipología colonial “cascoteo” usada en las construcciones coloniales de la Ciudad de Cartagena de Indias, mediante una serie de ensayos destructivos a los materiales (argamasa, piedra coralina, piedra caliza, y ladrillo) a un modelo de escala que representa este tipo de muro. (p.18)

Elaboraron muretes (0.25 x 0.25 x 0.25 m) variando la combinación de argamasa mezcla – mezcla de agregados. Los autores se percataron de que a medida que se aumentó el porcentaje de argamasa y se disminuyó el porcentaje de mezcla de agregados en el ciclópeo, la resistencia de éste era mayor. Como resultado obtuvieron la resistencia a la compresión desde 7.61 kg/cm² hasta 56.11 kg/cm².

Beltrán & Rojas (2012) como se citó en Rivera (2017) concluyó que:

La orientación de las viviendas determina el comportamiento de las lesiones en las fachadas, lo que se relaciona con la disposición de las viviendas en el Centro Histórico y los vientos rasantes que actúan sobre el mar caribe, arrastrando cloruro de sodio, el cual actúa sobre la superficie de las fachadas; con mayor incidencia en dirección norte y noreste siendo los vientos predominantes, provocando que esta orientación sea la más afectada. De igual forma el tipo de Casa Colonial incide en la aparición de determinadas lesiones, así por ejemplo las eflorescencias y suciedades predominaron en las casas coloniales que poseen balcón. (pp. 11-12)

En el 2013 Castillo y colaboradores lograron determinar el estado actual de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.

A través de la exposición de imágenes y fotografías detalladas de los elementos constructivos que la constituyen, se identificaron cualidades propias de los materiales, así como también la patología que permitió describir patrones de afectación de los distintos materiales que conforman el área de estudio. (Rivera, 2017, p.14)

Los datos fueron acordes con los parámetros climáticos y las características de la zona de estudio, tales como suciedad.

(...) y la erosión en los muros debido a la acción de los vientos y de las lluvias fueron los datos más representativos y así fue; siendo las humedades el mayor porcentaje de patologías encontradas en la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar. (Rivera, 2017, p. 15)

Los autores destacan la importancia de continuar un estudio más profundo en lo que concierne a patología de maderas estructurales, ya que solo con la inspección visual no alcanza para dictaminar la posibilidad un reemplazo del elemento estructural, puesto que solo distingue agentes que intervienen las propiedades físicas del elemento y no en las propiedades mecánicas que en mayor grado habilitan o no su estabilidad estructural. Se resalta la necesidad de incluir datos por exploración directa mediante ensayos destructivos, calas, extracción de núcleos y toma de muestras

en general, además de integrar un análisis de vulnerabilidad sísmica estructural y la evaluación patológica a estas edificaciones.

Este trabajo de grado logró desarrollar una metodología de análisis a través de la modelación de la estructura de la casa en un software estructural. El análisis realizado se basó en una hipótesis de carga en la que intervienen las cargas verticales y el sismo, donde se mostraron en patrones gráficos las propiedades mecánicas ante dichas eventualidades en la estructura de la casa. (Rivera, 2017, p. 15)

En la investigación de Ayola & Matute (2013) como se citó en Rivera (2017) se determinaron varias de las propiedades físicas y mecánicas de las especies de madera que se utilizan en la actualidad como vigas de entrepiso en las casas coloniales.

Las clases de madera que mejor comportamiento tuvieron en los ensayos realizados fueron: la madera Puy, Guayacán y Campano, destacándose de estas tres la madera Puy con esfuerzos admisibles a flexión de 25.30 kg/cm², compresión 366.90 kg/cm², tensión 1405.64 kg/cm² y cortante 41.69 kg/cm². No obstante la madera Puy en el esfuerzo admisible a cortante fue la que menor valor tuvo comparada con el Guayacán y el Campano. (p.12)

Los módulos de elasticidad para estos tipos de madera no fueron los esperados, ya que las condiciones de humedad y edad de la madera utilizada, alteraron directamente esta propiedad, provocando una disminución en su magnitud. Estos datos no fueron comparables en su totalidad con las normas vigentes en Colombia, debido a las diferentes condiciones de humedad y diferentes edades de la madera; por lo cual se recomendó trabajar con madera en estado verde en futuras investigaciones.

Cuevas & Herrera (2013) como se citó en Rivera (2017) refutan completamente la concepción hasta el momento generalizada por el Código Colombiano Sismo Resistente (NSR-10).

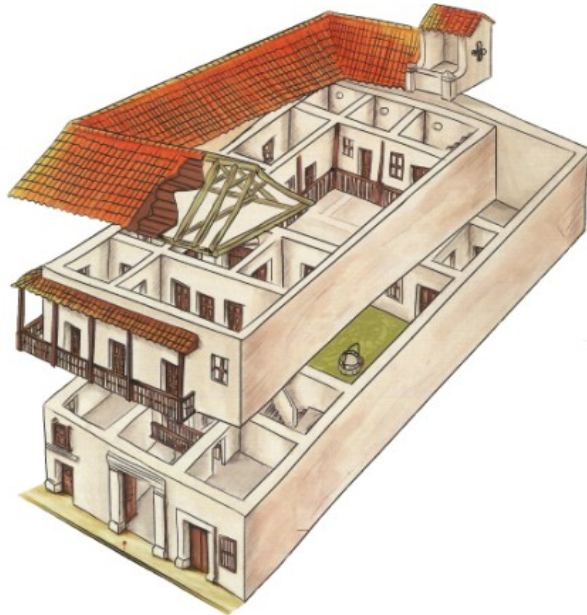
Donde se establecen unas relaciones que dependen de la resistencia a la compresión de la mampostería y con las cuales se calcula el módulo de elasticidad y el módulo de corte, esta investigación demostró que esas relaciones empíricas son demasiado liberales para la mampostería de tipo colonial establecida como tipo III (Tableta militar y argamasa). Fueron propuestos nuevos lineamientos que permitan hallar parámetros de las propiedades mecánicas de la mampostería colonial más cercanos a la realidad.

- La mampostería colonial tipo III está constituida por tableta militar de arcilla cocida con dimensiones de 15 cm de ancho, 30 cm de largo y 4 cm de alto, pegadas o aglutinadas con una mezcla de argamasa compuesta por cal y arena en proporción 1:3.
- La resistencia a la compresión de los elementos constitutivos de la mampostería colonial tipo III se calculó para la tableta militar con una resistencia de 95 kg/cm² y para la argamasa una resistencia de 1.5 kg/cm².
- La resistencia a la compresión de la mampostería colonial tipo III (Tableta militar y argamasa) de edificaciones de uso residencial en la ciudad de Cartagena de Indias esta alrededor de los 36 kg/cm².
- El módulo de elasticidad de la mampostería colonial tipo III tiene un promedio de 18.350 kg/cm² y se propone calcular este parámetro como 500 veces la resistencia a la compresión de la mampostería colonial ($E_m = 500 f m$).

- Al calcular las deformaciones axiales y laterales se determinó la relación de Poisson de la mampostería colonial tipo III, este cálculo arrojó un factor de 0.27 (Relación de Poisson 0.27).
- El módulo de Corte de la mampostería colonial tipo III se calculó de manera indirecta con la Ecuación que depende de los parámetros de módulo de elasticidad y Relación de Poisson el cual dio como resultado un módulo de corte promedio de 7215 kg/cm^2 y se propone calcular este parámetro como 200 veces la resistencia a la compresión de la mampostería ($G_m = 200 f_m$).
- El peso por unidad de volumen de la mampostería colonial tipo III tiene un promedio de 1685 kg/m^3 .
- La masa por unidad de volumen de la mampostería colonial tipo III tiene un promedio de 172 kg/m^3 . (pp. 17-16)

Barrera *et al* (2015), Ospino & Torres (2016) y Fortich & López (2016) emplearon el método de vulnerabilidad cualitativa para el análisis de las casas coloniales en los barrios San Diego, el Centro y Getsemaní, respectivamente. A través de los dos estudios se encontró que las casas de San Diego presenta un índice de vulnerabilidad de 40.33 %, por lo que se caracteriza con una vulnerabilidad mayor al 35 % que es el límite que expone el método. En el caso del Centro las casas altas indicaron un índice de 31.58 % (vulnerabilidad media) y para Getsemaní el valor es superior al límite (43.59 %). A partir de los resultados los autores concluyeron que es necesario emplear un análisis cuantitativo para determinar con más precisión qué tan susceptible son estas edificaciones (Barrera *et al.*, 2015; Fortich & López 2016) y tener en cuenta las enfermedades que atacan y deterioran la edificación, como lo son la humedad, la eflorescencia, corrosión, grietas, picaduras o goteras (Ospino & Torres, 2016). Varios fueron los factores identificados por los autores, que inciden en el resultado obtenido para las casas de San Diego y El Centro; entre otros: la ausencia de diafragmas horizontales, muros estructurales contruidos con pedazo de ladrillo, piedra y coral triturado están mal trabados y vinculados entre sí, elementos de las casas tales como la sala, habitaciones cocina, y demás se encuentran alrededor de grandes espacios vacíos en donde se ubica el patio, el uso de muros de gran tamaño y espesor dejando luces muy pronunciadas.

Fortich y López (2016) destacaron las siguientes causales de vulnerabilidad en las estructuras de las casas en Getsemaní: “muros estructurales contruidos con piedra mal cortada, ladrillos de baja calidad privados de ligamento y coral triturado con piezas no homogéneas” (p. 105), pendientes con alto grado de inclinación en las cubiertas de las casas, afectaciones en la estructura por la presencia de vectores ambientales, falta de mantenimiento y curado de la madera, un último causal que mencionan los autores es la presencia de elementos no estructurales de peso significativo vinculados a los muros.



CASA COLONIAL ALTA



CASA COLONIAL BAJA

Fuente: Cartagena Pregón de la Libertad – Bicentenario Cartagena de Indias 1811-2011 TOMO I, Paginas 48-49.

FUNDACIÓN DE CARTAGENA

En ese paradisiaco rincón de las costas del Caribe, donde todos los encantos de la geografía tropical se unieron a las ventajas de una situación privilegiada fundó Pedro de Heredia, en 1533 “aquella ciudad sobre mar puesta, aquel emporio cuyo nombre suena por la bondad del puerto Cartagena” (Dorta, 1988, p.5). El madrileño Pedro de Heredia, “hidalgo conocido, de noble parentela descendiente, hombre tan animoso y atrevido que jamás se halló volver la frente a peligrosos trances do se vido” (Dorta, 1988, p. 6).

Esta toma de posesión de la aldea indígena de Calamarí por los españoles debió tener lugar hacia el 17 de enero. Según testimonio de Juan de Castellano, el día 20 del mismo mes, festividad de San Sebastián, se llevó a cabo la fundación de Cartagena: “cumplidos eran ya los días veinte del mes nombrado del bifronte Jano, del año que dijimos ser presente y día del beato sebastiano, cunado para trazar pueblo potente cristiano morador tomó la mano, repartiendo por orden los solares en el istmo que goza de dos mares. Según comodidad se dio la traza por diestros y peritos medidores: lo que era monte se desembaraza talándolo los nuevos pobladores. Nombrándose justicias ordinarias, según disposición del justo fuero, con otras cosas muchas necesarias (Dorta, 1988, p. 7)”

CAPITULO II

II.1 MARCO TEORICO

II.1.1 Cartagena de Indias en el periodo colonial

Cuando los conquistadores españoles al mando de Rodrigo de Bastida llegaron a la bahía de Cartagena en la primera mitad del siglo XVI, encontraron que una isla llamada Calamarí estaba habitada por abundante población indígena de la tribu Mocanaes perteneciente a la familia Caribe. Treinta y dos años después, en 1533, Pedro de Heredia fundó sobre el caserío indígena la ciudad de Cartagena. La fundación, como todas las fundaciones hispanoamericanas, mezclaba los esquemas de la estética urbana europea con los requisitos legales para las ciudades indianas. Se trazaron calles, cuadras, plazas, y se repartieron solares debidamente distribuidos, para los primeros pobladores.

Durante el período colonial Cartagena se convirtió en el centro más importante de la trata de esclavos. Algunos se introducían para la explotación de las minas de Antioquia, Chocó y Cauca, otro porcentaje para las actividades agropecuarias y el servicio doméstico en las casas de los peninsulares españoles. Este hecho resultó fundamental en el siglo XVIII, cuando el mestizaje había penetrado con fuerza el paisaje humano, para que la Cartagena esclavista proyectase un cuadro etnográfico de mayoría de negros, pardos y mulatos, al lado de blancos criollos y peninsulares.

Por su situación estratégica, emplazada en una bahía de excelentes condiciones favorables para la navegación comercial y de pasajeros, Cartagena se convirtió en uno de los más importantes puertos de España en América durante todo el período colonial. A él llegaba toda suerte de mercaderías que se introducían al Nuevo Reino de Granada y constituyó la puerta de entrada al virreinato de migrantes europeos y del Caribe, así como de los funcionarios oficiales. Así mismo, en el camino de un contacto económico, político y cultural con Europa la aristocracia neogranadina pasaba necesariamente por Cartagena. De esta manera la ciudad unía las funciones de puerto y plaza fuerte, donde se congregaban el poder civil, el eclesiástico y el militar; una especie de sede alterna del gobierno virreinal que produjo una gran cantidad de hechos urbanos como arquitectura, reconocidos hoy día como patrimonio cultural de la humanidad. (Rivera, 2017, pp.68-69)

II.1.2 Arquitectura colonial

Se define arquitectura colonial a las edificaciones que se realizaron en los pueblos hispanos sobre las ruinas de los asentamientos indígenas. Se llama arquitectura colonial porque su construcción se desarrolló en las colonias que tenía España en América, y estaba basada en las modas y parámetros de la metrópoli. Por lo tanto las variantes serán las mismas que en Europa, pero con la diferencia que contaban con elementos locales que la distingue entre las mismas colonias americanas. (Rivera, 2017, p.68)

“Estas manifestaciones arquitectónicas surgieron en América Latina desde el descubrimiento del continente, en 1492, hasta mediados de 1930 cuando empiezan a parecer las construcciones republicanas” (Rivera, 2017, p.69).

El uso de la de la arquitectura colonial, establecen una marcada diferencia entre las diversas categorías arquitectónicas que de acuerdo a su uso tienen las edificaciones, por ejemplo: la arquitectura militar, la civil, la religiosa, y la doméstica, que en nuestro caso es la que nos interesa. (Rivera, 2017, p.67)

Las edificaciones levantadas por los españoles en tierras americanas seguían los principios constructivos y tipológicos de la metrópoli, adaptándolos más o menos a las condiciones del lugar y a su función en un medio natural, social y económico diferente. Las iglesias, con su lenguaje espacial

de naves, capillas, bóvedas, cúpulas y campanarios, continuaban la tradición establecida desde los principios de la cristiandad, aplicando en la composición de estos elementos los principios renacentistas y posteriormente barrocos vigentes en España.

En cuanto a la arquitectura doméstica las casas neogranadinas construidas como estancias alrededor de uno o varios patios, reflejaban no solamente la proveniencia andaluza o extremeña, en su mayor parte de los conquistadores, sino al mismo tiempo la herencia árabe y antes que ésta romana y griega de las casas de dichas regiones peninsulares. Vale la pena notar, como lo afirma el arquitecto e historiador Germán Téllez (1982), que los componentes de la arquitectura doméstica urbana del sur de España se encuentran tanto la arquitectura doméstica urbana como en la rural de la Nueva Granada; en vano –afirma Téllez–, se deben buscar los antecedentes de esta última en las casas rurales de Andalucía o Extremadura, puesto que los modelos de explotación agrícola de las haciendas en las cuales dichas casas se asentaban eran esencialmente diferentes.

Las características de la arquitectura colonial neogranadina están marcadas por su condición de colonia con una economía de subsistencia, donde la explotación de oro y plata no jugó el importante papel que tuvo en Nueva España (México) o Perú, conocidas joyas de la Corona Española. Esto se hace patente en la comparativa sobriedad de las fachadas de las catedrales colombianas de Santa Fe (Bogotá), Popayán o Cartagena, donde los recursos no daban para la grandiosidad de las fachadas barrocas de sus pares en Lima, México o Puebla. Entre los arquitectos de este período, es el alemán Simón Schenherr quien construyó iglesias de estilo barroco como la de los jesuitas en Cartagena de Indias y la iglesia de La Encarnación en Popayán. (Rivera, 2017, p. 64)

II.1.3 Contextualización artística, histórica y cultural del patrimonio arquitectónico del periodo colonial en Cartagena

La arquitectura cartagenera tiene una variada y larga historia a través de cinco siglos dejando su testimonio silencioso, pero contundente, que nos revela elocuentemente las costumbres y formas de vida de sus habitantes por medio de sus manifestaciones representadas en la arquitectura: precolombina, vernácula, colonial, decimonónica, republicana, de transición, moderna y contemporánea (Franco, 2011 como se citó en Rivera, 2017, p. 62).

- *Arquitectura precolombina anterior a 1533*: Los orígenes de la arquitectura cartagenera se remontan a la época nebulosa de la Pre-historia, cuando los Mocanaes, una tribu de la etnia Caribe, se asentaron en el sitio más prominente de la isla Karamairi, donde construyeron sus bohíos, de un solo espacio, multifuncional, con un sistema estructural y de cerramiento. Estaban conformado por un tejido de ramas y bejucos, como apoyado pilares de madera, llamado bahareque, con un solo vano o hueco, de acceso; un piso de tierra apisonada y una cubierta cónica, de palma marga el cual cercaron con árboles espinosos, para protegerse de los depredadores y de sus enemigos. Su gran sentido de la vida en comunidad los llevó a desconocer la propiedad privada, todo lo contrario a los valores culturales y ancestrales de los colonizadores españoles, quienes al conquistarlos, transformaron radicalmente su forma de vida. (Rivera, 2017, p. 62)
- *Arquitectura vernácula, de 1533 hasta nuestros días*: Esta modalidad constructiva de los aborígenes que aún perdura en muchas poblaciones de la región caribe colombiana, fue mejorada por los conquistadores españoles quienes pañetaron el entramado vegetal con una mezcla de arcilla y boñiga, la cual encalaron con el doble propósito de desinfectarla y de mejorar su apariencia conservando su techumbre de palma o de paja, la cual mucho años después en algunos lugares del interior del país fue reemplazada por la teja de arcilla o barro cocido, conocida también como teja árabe, teja de cañón, o teja colonial. El trazado circular de los indígenas fue reemplazado por el rectangular y el espacio interior fue compartimentado para adecuarlo a un uso especializado. Así mismo se multiplicaron las aperturas en los vanos para puertas y ventanas con rejas de protección, y el piso de tierra fue embaldosado o encementado, optimizando este sistema constructivo. (Rivera, 2017, p. 62)

- *Arquitectura colonial: De 1.533 a 1.811*: Sus características responden al trasplante de una cultura europea, mezcla de celtas, iberos, romanos y visigodos, con moros del norte de África y el aporte aborigen de los pueblos más cultos de esta parte del continente, al cual se agregó posteriormente, el sudor y la sangre de los esclavos negros traídos del continente africano. (Rivera, 2017, p. 65)

Los españoles se instalaron provisionalmente en el caserío abandonado por los indígenas, el cual fue transformado paulatinamente para adecuarlo a su forma de vida. Después de realizar el trazado de San Sebastián de Calamarí, se las ingeniaron para edificar sus viviendas empleando los materiales y técnicas de la arquitectura vernácula, antes de que se instalaran en la ciudad y su entorno las canteras de piedra y de cal, junto con las ladrilleras y tejares de arcilla cocida, que sirvieron para la construcción del mayor y mejor sistema de fortificaciones de América. Solo después del incendio, que la arrasó a las pocas décadas de fundada, la ciudad colonial comprendió la necesidad de construir con materiales menos inflamables y más perdurables hasta conformar el estilo colonial cartagenero, el cual para los expertos se diferencia claramente de la arquitectura colonial del resto del país. (Rivera, 2017, p. 63)

II.1.4 La arquitectura doméstica en Cartagena de Indias

II.1.4.1 Tipología de las edificaciones

“Las posibilidades de la técnica constructiva al igual que el *ambiente espacial*, fueron adoptadas de modelos españoles; La importancia de la vivienda dependía del estrato social de su propietario” (Rivera, 2017, p.70). Estas viviendas se clasifican en: casa colonial baja, casa colonial alta y casa colonial alta con entresuelo (ver figura 2). Además se dio la vivienda accesoria.

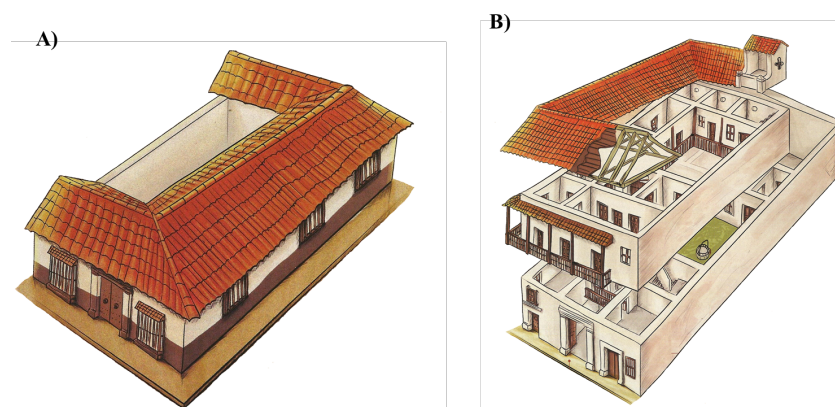


Figura 1: Vista isométrica A) casa colonial baja B) casa colonial alta
(Cartagena pregón de libertad, 2011)

El sistema de impluvio romano, que constituía un patio interior al igual que el de las casas españolas, se aplicó a casas bajas, casa altas y casas con entresuelo. Alrededor de este, se desarrollaban espacios sucesivos a los cuales se les daba uso de acuerdo con el tipo de vivienda.

En las viviendas bajas los espacios de la crujía básica eran destinados al zaguán, al salón y a un vestíbulo que daba al patio ubicado a uno de los lados de la casa. En su crujía lateral se desarrollaban espacios continuos, algunas veces intercomunicados, y al fondo se encontraba la cocina y comedor.

En la casa alta los espacios de la crujía básica en primer piso tenían la misma destinación, adicionándole la escalera. Los otros espacios alrededor del patio interior lo constituían depósitos y locales de comercio. En el segundo piso encontrábamos un gran salón y la sucesiva aparición de habitaciones conectadas con una balconada corrida.

En la casa alta con entresuelo, la de mayor jerarquía en el rango social, la diferencia radicaba en el tamaño de sus espacios y su altura, la cual daba para incluir en su solución un entresuelo con tribunas a la fachada principal. Además, poseía un mirador sobre la crujía posterior de la casa.

La volumetría de esta arquitectura doméstica estaba marcada por el carácter secuencial de su disposición urbanística. Esta serie de viviendas adosadas y compartiendo un mismo muro de alindramiento, daban origen a estructuras envolventes desarrolladas hacia su interior que conformaban un sólido único y compacto (ver figuras 3, 4 y 5), destacándose sus soluciones de cubierta, las cuales por la variedad en sus alturas, producen un movimiento volumétrico de inusitado interés, amén de sus ornatos mudéjares como lo son los óculos en los remates de mojinetes, las cornisas, las portadas, las arcadas y la rudimentaria estética de sus cubiertas a dos aguas.

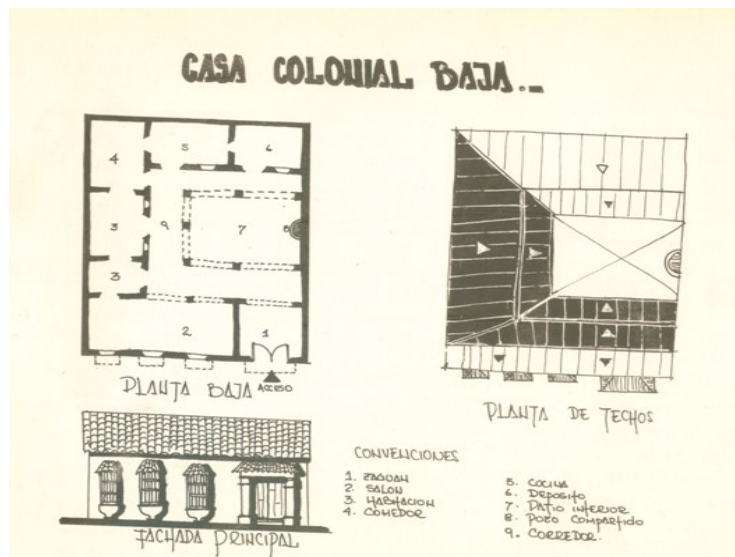


Figura 2: Vista en Planta de la Casa Colonial Baja
(El Clima, La Vivienda y el Espacio público en Cartagena de Indias- Colombia, 1995)

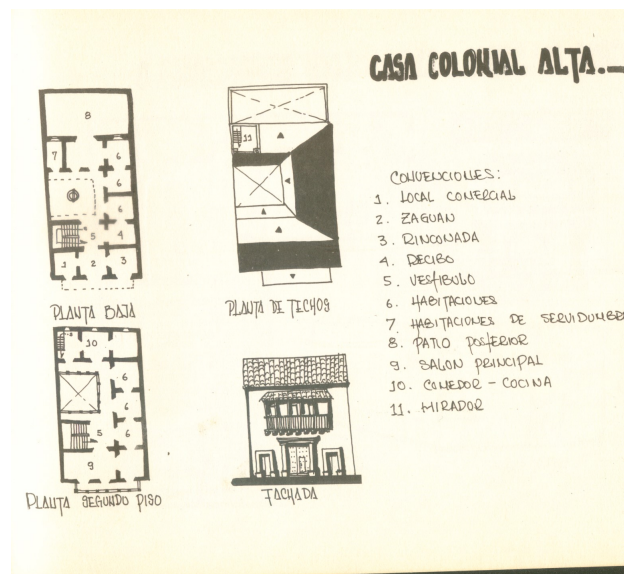


Figura 3: Vista en Planta de la Casa Colonial Alta
(El Clima, La Vivienda y el Espacio público en Cartagena de Indias- Colombia, 1995)

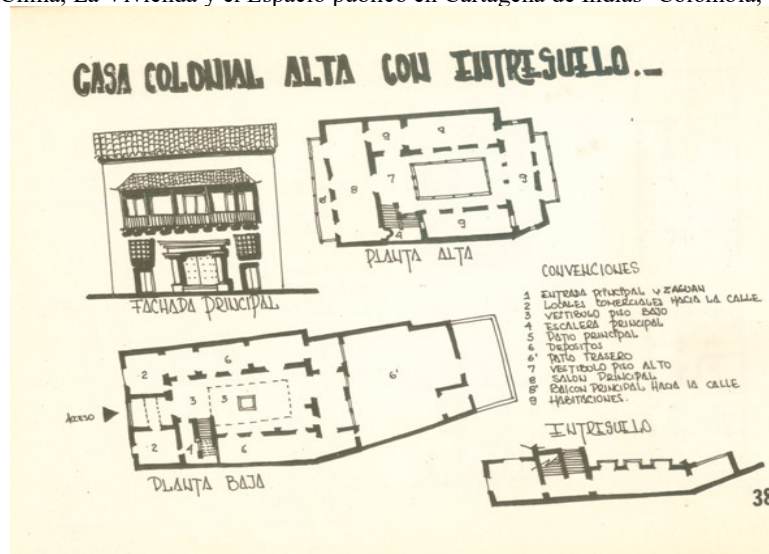


Figura 4: Vista en Planta de la Casa Colonial Alta con Entresuelo
(El Clima, La Vivienda y el Espacio público en Cartagena de Indias- Colombia, 1995)

Se dio una volumetría extremadamente sencilla y no se aventuraba en combinaciones formales. Utilizaban poliedros de conformaciones ortogonales, generando plantas con características rectangulares que al levantar sus muros producían sólidos cúbicos interrumpidos solo por la presencia de patios internos alrededor de los cuales se articulan los espacios de la vivienda.

Es de notar alguna relación entre el ancho, el alto y el largo en algunas construcciones de tipo religioso, pero en la arquitectura doméstica de la época esto no constituía un factor determinante en la concepción o diseño de la misma.

Las tipologías arquitectónicas presentan características que las relacionan con una región o ciudad, contribuyendo a reforzar la identidad cultural. En ello radica fundamentalmente la armonía de las ciudades históricas. Los criterios tipológicos comienzan a perder vigencia a partir de la revolución industrial, la gestación de la arquitectura y el urbanismo moderno.

La utilización de las tipologías arquitectónicas como instrumentos reglamentarios en los centros históricos representa un avance en relación a la norma que protegía preferentemente lo estilístico. Sin olvidar este aspecto, se trata ahora de conservar también la esencia arquitectónica, dada por la particular estructura espacial de un lugar y permitir la evolución arquitectónica dentro de los parámetros tipológicos.

En Cartagena se utilizaron estos conceptos tradicionales para construir la ciudad. Se trajeron de España, pero aquí adquieren un carácter propio en razón de la adaptación al medio físico y social.

Las tipologías arquitectónicas de Cartagena fueron estudiadas por primera vez por el historiador Enrique Marco Dorta en su libro “Cartagena de Indias, puerto y plaza fuerte”, y en el “Nomenclátor Cartagenero” del historiador Donaldo Bossa Herazo existen conceptos que complementan el conjunto (grupo por conjunto) de las tipologías arquitectónicas locales. Para el interés de este documento, importan especialmente las tipologías de arquitectura doméstica que, en el primer estudio citado, fueron clasificados como la casa baja y la casa alta como se describe en el siguiente texto.

Durante los últimos lustros del siglo XVI y el primer tercio del XVII debió construirse en Cartagena gran número de casas. El franciscano Fray Pedro Simón, que escribía en 1628, habla de ‘la mucha suma de ventanaje y balcones volados’ que ya entonces daban a las calles cartageneras el típico aspecto que hoy conservan (...).

(...)Podemos agrupar las casas cartageneras en dos tipos: de un solo piso y de dos plantas, incluyendo en este las de tres, que son excepcionales. Unas y otras están construidas con ladrillo y mampostería, con los paramentos enlucidos y se cubren con tejados. Las casas bajas abundan más en los barrios de Getsemaní y San Diego, un poco alejadas de las calles comerciales. La puerta siempre está a un lado de la fachada, y en esta se abren dos o más ventanas, cuyas amplias rejas de madera descansan en basamentos a modo de repisas y se cubren con tejadillos. En algún caso, las portadas de las casas se unen, formando una sola fachada simétrica, y la cornisa que remata los dinteles subraya la unión.

Las tipologías arquitectónicas para el Área Afectada y Zona de Influencia se estructuran con base en las categorías definidas en el *Manual para inventarios de Bienes Culturales Inmuebles* contenidas en los planos F-006, F-007, F-008, F-009 y F-022 (tipologías arquitectónicas), para tales efectos se han elaborado las fichas tipológicas de arquitectura doméstica y militar, atendiendo además la posibilidad de desarrollo de las mismas tanto en planta como en altura.

CASA ALTA CON ENTRESUELO CON ACCESO CENTRAL	NÚCLEO BÁSICO									
		SIN TRASPATIO				CON TRASPATIO				
		CORTE	PLANTA ALTA	ENTRE SUELO	PLANTA BAJA	PLANTA BAJA	ENTRE SUELO	PLANTA ALTA	CORTE	
	Drillo en L									
	Drillo en C									
	Drillo en U									
	Drillo en O									
	ALTILLO Y/O MIRADOR									

Figura 5: Casa colonial alta con acceso central
Fuente: Restauración Hoy 5



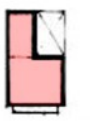

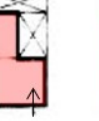



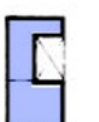



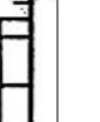
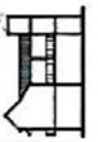
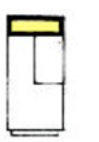




ALTERNATIVAS DE FACHADA		SIN TRASPATIO			CON TRASPATIO		
		CORTE	PLANTA ALTA	PLANTA BAJA	PLANTA BAJA	PLANTA ALTA	CORTE
	Drillo. en L						
	Drillo. en C						
	Drillo. en U						
	Drillo. en O						
ALTILLO Y/O MIRADOR							

Figura 6: Casa colonial alta con acceso lateral

Fuente: Restauración Hoy 5

- *Tipología casa baja (B)*: Edificación en un lote en forma de cuadrilátero, adosada a las edificaciones vecinas e integradas en paramento continuo sobre el espacio público. Presenta dos variantes dependiendo de la ubicación del zaguán de acceso: Casa Baja con Acceso Lateral, que es la más frecuente, y Casa Baja con Acceso Central. Sus dependencias internas giran alrededor de uno o más patios. En la parte anterior del lote tiene su núcleo básico. La conformación en planta del área construida puede ser en L, C, U, y O. (Decreto 0977/2001, Art.430)

Los elementos fundamentales de la fachada son el portón de acceso generalmente enmarcado en una portada, ventanas de reja de balaustres de madera, en voladizo o apoyadas en repisas, panzas o copas de mampostería y cubiertas con tejadillo o guardapolvos. La cubierta de la casa puede estar rematada en cornisa o ático. Puede tener accesos adicionales cuando la casa es de esquina o de acceso central.

El núcleo básico está compuesto por dos crujías paralelas a la calle; la primera puede tener un tejado a dos aguas o una cubierta plana y contiene el zaguán, el salón y eventualmente recámara y accesoria, entendida esta última como habitación que tiene entrada distinta y uso separado del resto del edificio. La segunda crujía se cubre con tejado a un agua o azotea apoyada en arcos o pies derechos y está relacionada con el patio.

El patio es un espacio abierto integrador de la edificación. En él puede encontrarse pozos y/o aljibes.

A un lado del patio se encuentra una crujía cubierta con tejado a un agua, con dependencias o habitaciones. Si la casa es de acceso central y su lote es lo suficientemente ancho, pueden existir crujías a ambos lados del patio. Corredores cubiertos con tejadillo sobre pies derechos de madera relacionan estas crujías con el resto de la casa.

Al fondo del patio puede existir una crujía o dos cuando hay traspatio. Generalmente estuvieron destinadas a comedor y servicios. Puede estar cubierta con azotea o tejado.

Por último se encuentra el traspatio cuando el fondo del lote lo permite. Era usado antiguamente como huerta o corral y en él también puede encontrarse pozo y/o aljibe. Una casa baja puede presentar transformación parcial del periodo republicano o del contemporáneo pero ello no invalida su clasificación tipológica.

En el Centro Histórico se encuentran un total de 413 inmuebles que corresponden a estas tipologías, distribuidos así: 72 en el barrio Centro, 157 en el barrio Getsemaní, y 184 en el barrio San Diego. (Decreto 0977/2001, Art.427)

- *Tipología casa alta (A1):* Edificación de un lote en forma de cuadrilátero, adosada lateralmente a las edificaciones vecinas e integradas en paramento continuo hacia el espacio público. La Casa Alta A1 es solamente de acceso central. En la parte anterior del lote tiene su núcleo básico y el desarrollo en planta del área construida puede ser en forma de L, C, U, y O; alrededor de uno o más patios con pozo y/o aljibe.

Los elementos típicos de la fachada son “el portón de acceso generalmente enmarcado en una portada, puertas y ventanas de las accesorias o locales en la primera planta; balcones y tribunas en planta alta, cornisa o ático de remate superior” (Decreto 0977/2001, Art.428). La planta baja está destinada originalmente a uso comercial y de servicio, y la planta alta a la vivienda.

El núcleo básico está compuesto generalmente por dos crujías paralelas a la calle, pero existen casos con tres crujías. En planta baja, la primera crujía contiene el zaguán y accesorias o locales, la segunda crujía contiene el vestíbulo o galería relacionada al patio a través de arcada o pies derechos y la escalera a un lado de la misma.

A un lado del patio puede encontrarse una crujía con dependencias que fueron destinadas a depósito y servidumbre. Si la casa tiene el lote con suficiente ancho, pueden existir crujías a ambos lados del patio. Al fondo del patio puede existir una crujía o dos cuando hay traspatio. Eventualmente la primera tiene arcada o pies derechos hacia el espacio abierto.

Por último, se encuentra el traspatio, cuando el fondo del lote lo permite. Era usado antiguamente como huerta o corral y en él también puede encontrarse el pozo y/o aljibe.

El núcleo básico en la planta alta, contiene el salón principal y una o dos habitaciones en la primera crujía, cubierta con tejado a dos aguas o azotea; en la segunda crujía se encuentran la escalera, la antesala frecuentemente con arcada hacia el patio y una habitación. Esta crujía se cubre con tejado a un agua.

Sobre las demás crujías de la planta alta continuaba el desarrollo de la vivienda. Las habitaciones ocupan las crujías laterales y cuando existe crujía de fondo, ésta estaba ocupada por el comedor con arcada hacia el patio en la mayoría de los casos. Estas crujías están cubiertas con tejados a un agua que vierten al patio o azotea. Los corredores o balcones interiores constituyen la circulación típica en esta planta. (Decreto 0977/2001, Art.421)

La cubierta puede ser en tejado o azotea. Puede tener mirador. Una casa alta puede presentar transformación parcial del período republicano o contemporáneo, pero ello no invalida su clasificación tipológica.

En el Centro Histórico se encuentran ubicados inmuebles de estas características así: 114 en el barrio Centro, 15 en el barrio Getsemaní, y 9 en el barrio San Diego.

- *Tipología casa de dos altos (A2)*: Se clasifican en esta tipología aquellas casas que presentan dos o más plantas altas, hecho que pueda corresponder a la sobre-elevación de una casa baja B o una casa alta A1 en el proceso histórico.

La casa de dos altos A2 es una edificación en un lote de forma cuadrangular, adosada lateralmente a las edificaciones vecinas e integradas en paramento continuo sobre el espacio público. Puede estar vinculada a un soportal urbano. Presenta dos variantes dependiendo de la ubicación del acceso, central y lateral. En la parte anterior del lote tiene su núcleo básico y el desarrollo en planta del área construida puede ser en forma de L, C, U, y O; alrededor de uno o más patios con pozo y/o aljibe.

Los elementos típicos de la fachada son el portón de acceso generalmente enmarcado en una portada y puertas de las accesorias o locales en la primera planta, balcones o tribunas en las plantas altas; remate superior con cornisa o ático.

La planta baja estaba destinada originalmente a uso comercial y las altas a vivienda.

El núcleo básico está compuesto por dos crujías paralelas a la calle pero existen casos con tres crujías. En planta baja, la primera crujía contiene el zaguán de acceso y accesorias o locales. Existen casos donde la escalera arranca desde el zaguán y en otros se encuentra a un lado del vestíbulo en la segunda crujía.

A un lado del patio se encuentra una crujía con dependencias destinadas a depósitos y servidumbre. Si el lote de la casa es lo suficientemente ancho, pueden existir crujías a ambos lados del patio. Al fondo del patio puede existir una crujía o dos cuando hay traspatios. Eventualmente la primera tiene arcada o pies derechos hacia el espacio abierto.

Por último se encuentra el traspatio cuando el fondo del lote lo permite. Era usado antiguamente como huerta o corral, y en él también puede encontrarse el pozo y/o aljibe.

Las plantas altas, similares en su distribución contienen los espacios destinados antiguamente a la residencia y poseen las siguientes características:

El núcleo básico en estas plantas contiene el salón principal y una o dos habitaciones en la primera crujía; en la segunda crujía se encuentra la escalera, la antesala, frecuentemente con arcada hacia el patio y una habitación cuando la casa es de acceso central.

Sobre las demás crujías de la planta alta continuaba el desarrollo de la vivienda. Las habitaciones ocupan las crujías laterales y cuando existía la crujía posterior, ésta era ocupada por el comedor con arcada hacia el patio en la mayoría de los casos. Los corredores o balcones interiores complementan la circulación típica en estas plantas.

Las cubiertas de esta tipología son: tejado de dos aguas sobre la primera crujía del núcleo básico y las restantes con tejado a un agua que vierten sobre el patio. También las hay con cubiertas de azotea.

Una casa de dos altos puede presentar transformación parcial del periodo republicano o del período contemporáneo, pero ello no invalida su clasificación tipológica. (Secretaría de Planeación de Cartagena de Indias, 2009, p.112)

Se hallan 20 inmuebles de estas características dentro del Área Afectada, encontrando 15 en el barrio Centro, 3 en el barrio Getsemaní, y 2 en el barrio San Diego.

- *Tipología casa alta por sobre-elevación (A3)*: Adquieren esta tipología las edificaciones que conservan rasgos característicos de casa baja después de ser construida su planta alta en el periodo colonial, republicano o contemporáneo.

La casa alta por sobre elevación es una edificación en un lote en forma de cuadrilátero, adosada lateralmente a las edificaciones vecinas e integrada en paramento continuo sobre el espacio público. Presenta dos variantes dependiendo de la ubicación del acceso de la casa baja preexistente: Casa alta por sobre elevación con acceso lateral, que es la más frecuente, y la casa alta por sobre-elevación con acceso central. En la parte anterior del lote tiene su núcleo básico y el desarrollo en planta del área construida puede ser en forma de L, C, U, y O; alrededor de uno o más patios con pozo y/o aljibe.

Los elementos fundamentalmente de la fachada son el portón de acceso generalmente enmarcado en una portada, puertas y ventanas de las accesorias o locales de la primera planta, balcones y/o tribunas en la segunda, una cornisa o un ático constituye el remate superior. (Secretaría de Planeación de Cartagena de Indias, 2009, p.112)

La Casa Alta por Sobre elevación puede estar destinada completamente al uso residencial o tener locales comerciales en planta baja.

El núcleo básico está compuesto por dos crujías paralelas a la calle. En su planta baja contiene el zaguán, el salón y eventualmente habitación y accesorias. La segunda crujía contiene habitaciones y la antesala relacionada con el patio a través de la arcada o pies derechos. La escalera puede estar ubicada en el zaguán o en la antesala generando en algunos casos dos unidades independientes: una en planta baja y otra en planta alta. La escalera evidencia en cierta forma un elemento extraño a la configuración original de la casa. (Secretaría de Planeación de Cartagena de Indias, 2009, p.112)

A un lado del patio se encuentra una crujía con dependencias que estuvieron destinadas a depósito y servidumbre. Si la casa es de acceso central y el lote es lo suficientemente ancho, pueden existir crujías a ambos lados del patio. Al fondo del patio puede existir una crujía o dos cuando hay traspatio. Generalmente se destinaban a comedor y servicios.

Por último se encuentra el traspatio cuando el fondo del lote lo permite. Antiguamente era usado como huerta o corral y en él también pueden encontrarse pozo y/o aljibe. (Secretaría de Planeación de Cartagena de Indias, 2009, p.146)

“La planta alta repite el esquema distributivo de la anterior, adicionando balcones interiores o corredores alrededor del patio” (Secretaría de Planeación de Cartagena de Indias, 2009, p.149). Las cubiertas de esta tipología son: tejado a dos aguas o azotea en la primera crujía y las restantes con tejado a un agua o azotea que vierte al patio.

Se encuentran en el Centro Histórico 173 inmuebles con esta tipología: 68 en el barrio Centro, 44 en el barrio Getsemaní, y 61 en el barrio San Diego.

- *Tipología casa alta con entresuelo (ES)*. Edificación en un lote de forma cuadrangular, adosadas lateralmente a las edificaciones vecinas e integradas en paramento continuo sobre el espacio público. Presenta dos variantes dependiendo de la ubicación del acceso: Casa Alta con Entresuelo con acceso lateral y Casa Alta con Entresuelo con acceso central, siendo esta última la más frecuente. En la parte anterior al lote tiene su núcleo básico y el desarrollo en planta del área construida puede ser en L, C, U y O; con pozo y/o aljibe.

Los elementos fundamentales de la fachada son el portón de acceso generalmente enmarcado por una portada, puertas y ventanas de las accesorias o locales en la primera planta; ventanas y/o tribunas del entresuelo, a uno o ambos lados de la portada. Balcones y/o tribunas en la planta alta; cornisa o ático de remate superior. ” (Secretaría de Planeación de Cartagena de Indias, 2009, pp.149-150)

La planta baja y el entresuelo se destinaban originalmente a uso comercial y de servicio y la planta alta a la vivienda.

El núcleo básico está compuesto por dos o tres crujías paralelas a la calle. La planta baja contiene el zaguán y accesorias o locales y rinconadas en las casas de esquinas. La segunda crujía contiene fundamentalmente el vestíbulo relacionado con el patio a través de arcadas o pies derechos y la escalera a un lado del vestíbulo.

A un lado del patio se encuentra una crujía con dependencias destinadas originalmente a depósitos y servidumbre. Si la casa es de acceso central y su lote es lo suficientemente ancho, pueden existir crujías a ambos lados del patio. Al fondo del patio puede existir una crujía o dos cuando hay traspatio. Eventualmente la primera tiene arcada o pies derechos hacia el patio. Por último se encuentra el traspatio cuando el fondo del lote lo permite. Era usado antiguamente como huerta o corral y en él también puede encontrarse pozo y/o aljibe.

El entresuelo, utilizado originalmente como depósito de mercancías, es la característica que define esta tipología. Se crea al dividir horizontalmente en dos los espacios de la planta baja en las crujías del núcleo básico y laterales con excepción del zaguán y del vestíbulo. Tiene acceso por el descanso de la escalera principal pero pueden existir escaleras adicionales. Eventualmente, cuando la casa es de acceso central, existe un puente sobre el zaguán para

comunicar entre sí los entresuelos. Cuando hay entresuelo en crujía lateral este puede presentar balcones aislados o uno corrido hacia el patio. (Secretaría de Planeación de Cartagena de Indias, 2009, p.150)

El núcleo básico en planta alta contiene el salón principal y una o dos habitaciones en la primera crujía, cubierta con tejado a dos aguas; en la segunda crujía se encuentran la escalera, la antesala frecuentemente con arcada o pies derechos hacia el patio y una habitación cuando la casa es de acceso central. Esta crujía se cubre con tejado a un agua o azotea.

Sobre las demás crujías de la planta alta continúa el inmueble. Las habitaciones ocupaban las crujías laterales y cuando existía una crujía posterior, ésta era ocupada por el comedor con arcada o pies derechos hacia el patio en la mayoría de los casos. Estas crujías están cubiertas por un tejado a un agua o azotea que vierten al patio. Los corredores o balcones interiores constituyen la circulación típica en esta planta. (Secretaría de Planeación de Cartagena de Indias, 2009, p.147)

El mirador es un elemento interesante pero eventual de esta tipología. Es una torrecilla de fábrica de ladrillo ubicada, con algunas excepciones, sobre la crujía del fondo.

Una Casa Alta con Entresuelo puede presentar transformaciones parciales del período republicano o del período contemporáneo pero ello no invalida su clasificación tipológica. (Secretaría de Planeación de Cartagena de Indias, 2009, p.150)

En esta tipología se encuentran 49 inmuebles en el Centro Histórico, distribuidos así: 43 en el barrio Centro, 3 en el barrio Getsemaní, y 3 en el barrio San Diego.

- *Tipología accesoria (AC)*. Conforman esta tipología los edificios que corresponden a una de las tres siguientes definiciones, que para efectos de este estudio se han denominado: Accesorias AC1, AC2 y AC3.

AC1: Cada una de las unidades comprendidas en una edificación continua de una planta, con una, dos o tres crujías al borde de la calle e integradas a un patio común; su fachada presenta puertas y ventanas alternadas, con remate superior en cornisa o ático. La cubierta puede ser en tejado a una o dos aguas o azotea.

AC2: Edificación de dos plantas con distribución muy sencilla, estaba destinada la primera a uso comercial y la segunda a uso residencial, se conoce como accesoria de “Taza y Plato”. La fachada comprende el portón de acceso y una tribuna en la planta superior. La cubierta puede ser en tejado a dos aguas o en azotea.

AC3: Edificio contiguo a otro principal y dependiente de éste. (Secretaría de Planeación de Cartagena de Indias, 2009, p.151)

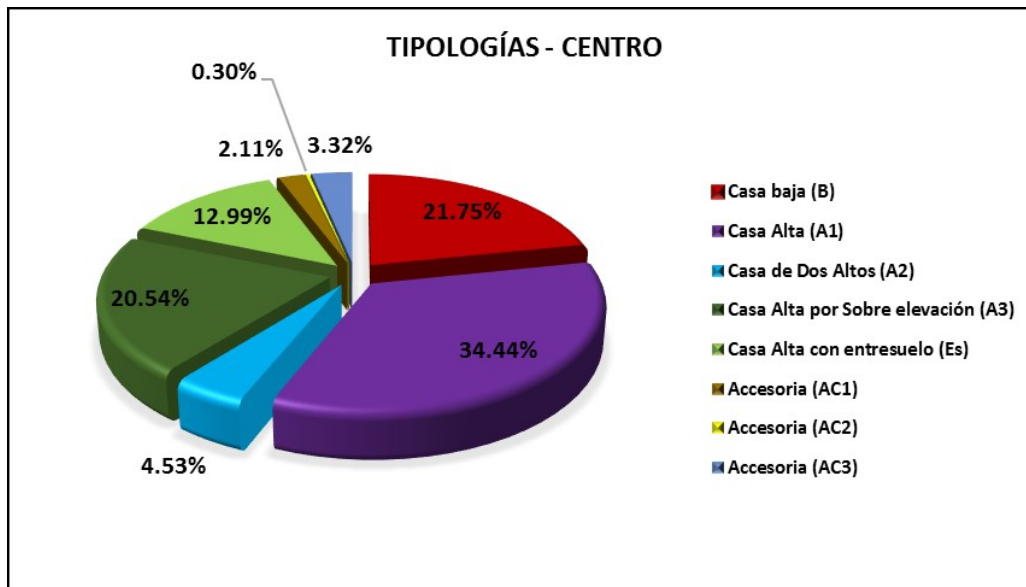
En el Área Afectada, los inmuebles correspondientes a esta tipología se encuentran distribuidos así:

TIPOLOGIA	BARRIO CENTRO	BARRIO GETSEMANI	BARRIO SAN DIEGO	TOTAL
AC1	7	168	45	220
AC2	1	4	4	9
AC3	11	1	4	16

Tabla 1. Distribución de casas en los barrios del centro histórico según su tipología

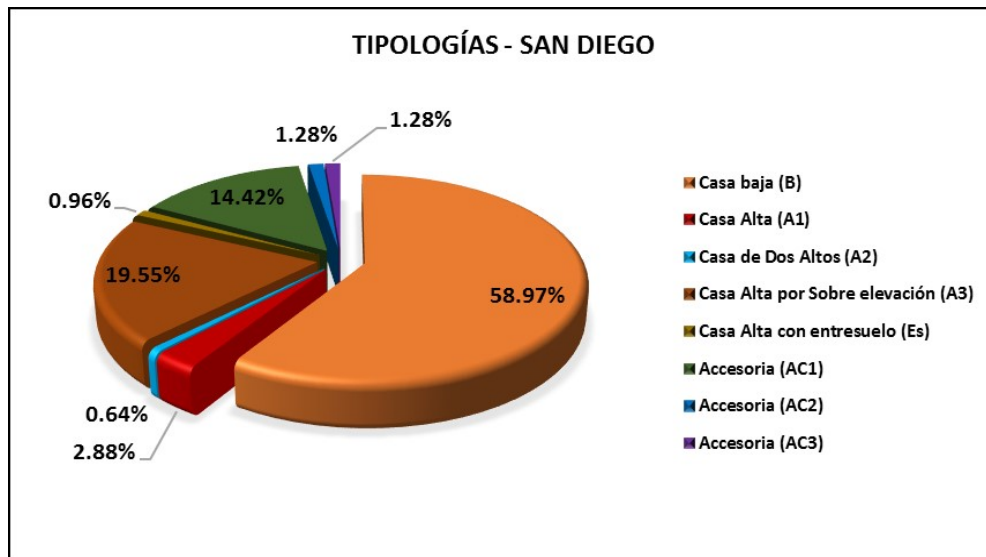
Arquitectura Habitacional Colonial	Arquitectura Civil Doméstica	Tipología de la Casa	Centro	San Diego	Getsemaní	Total de Casas
		Casa baja (B)	72	184	157	413
		Casa Alta (A1)	114	9	15	138
		Casa de Dos Altos (A2)	15	2	3	20
		Casa Alta por Sobre elevación (A3)	68	61	44	173
		Casa Alta con entresuelo (Es)	43	3	3	49
		Accesorias (AC1)	7	45	168	220
		Accesorias (AC2)	1	4	4	9
		Accesorias (AC3)	11	4	1	16

Tabla 2. Cantidades de casas coloniales en Cartagena de Indias.



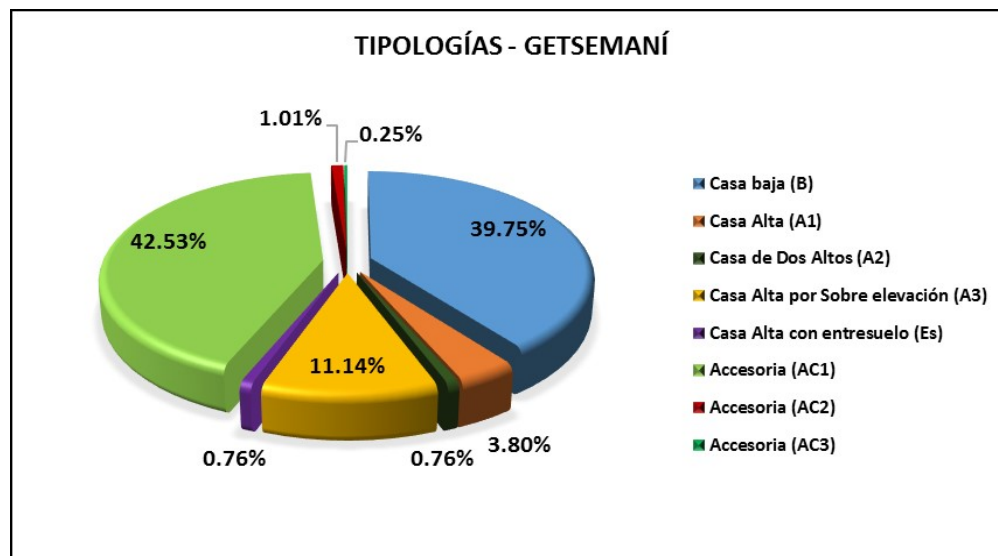
Gráfica 1. Porcentaje de casas según su tipología en el barrio centro

En el Centro predominan las casas altas (A1) que componen un 34.44% del total, seguido por las casas bajas (B) con un 21,75% del total, las casas por sobre elevación conforman el 20,54% del total, las casas altas con entresuelo representan un 12.99%, las casas de dos altos conforman el 4.53%, las accesorias (AC3) 3.32%, las accesorias (AC1) representan el 2.11% y las accesorias (AC2) conforman el 0.30% del total de las viviendas con esta tipología.



Gráfica 2. Porcentaje de casas según su tipología en el barrio San Diego

En el barrio de San Diego se encuentra la mayor proporción de casas bajas, con 58.97% del total. Las casas altas por sobre elevación (A3) representan el 19.55% del total. Las casas accesorias (AC1) representan el 14.42% del total. La casa alta (A1) representa el 2.88% del total. Las casas accesorias (AC2) y (AC3) representan el 1.28% del total. La casa alta con entresuelo (Es) representa el 0.96% del total y las casas de dos altos (A2) el 0.64% del total de las casas contabilizadas.



Gráfica 3. Porcentaje de casas según su tipología en el barrio Getsemaní

En el barrio Getsemaní la mayor parte de las viviendas son accesorias (AC1), con un 42,53% del total, seguidas con 39.75% de Casas bajas (B). Las casas de tipología alta por sobre elevación componen el 11,14% del total. Las casas altas (A1) componen el 3.80% del total. Las casas

accesorias (AC2) componen el 1.01% del total. Las casas altas con entresuelo (Es) y las casas de dos altos (A2) componen el 0.76% del total, mientras que las casas accesorias (AC3) componen el barrio en un 0.25%.

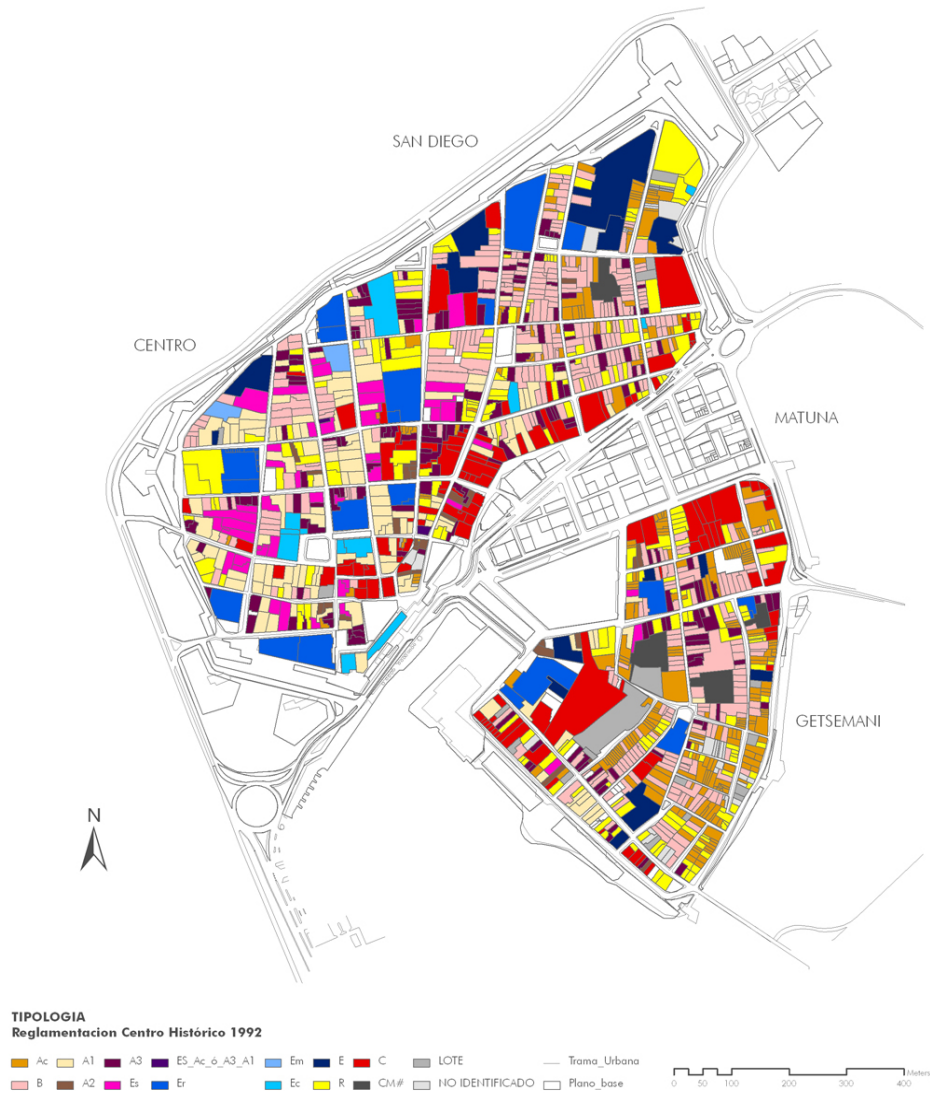


Figura 7. Distribución de las tipologías arquitectónicas
Fuente: Plan para la Revitalización del centro histórico de Cartagena

II.1.5 Materiales utilizados en la arquitectura cartagenera desde el Siglo XIX al XX

Torres (1988) En Cartagena se utilizó ampliamente la piedra de origen coralino, de poca dureza y alta porosidad. En las armaduras de cubiertas, de parhlera y par y nudillo, se emplearon gruesas, pesadas y resistentes maderas tropicales, caracterizadas por sus inusitadas dimensiones. En la cobertura final se utilizó teja de barro cocido en las edificaciones más prominentes, y paja en las de la periferia. El tipo de arcilla existente en la región impidió la elaboración de un buen ladrillo, que

resistiera la usura y la intemperie por tal motivo las construcciones que realizaron los colonos tienen muros formados varios materiales, tales como:

- **Ladrillo “panela” o “tolete”:** El ladrillo conocido como “tolete” (es decir, macizo), del cual se observan dimensiones que en la construcción cartagenera oscilan sensiblemente entre las siguientes:

$.07^2 \times .14^4 \times .28^8$ (dimensiones derivadas de la vara de Rey, puesto que $.288$ es equivalente a $1/3$ de ésta).

$.05^6 \times .11^3 \times .22^5$ (dimensiones derivadas de $1/4$ de vara Castellana)

- **Ladrillo “tablón”:** El ladrillo llamado hoy “tablón” o “tableta”, varía entre las siguientes dimensiones, aproximadamente.

$.04^5 \times .28^5 \times .28^5$ $.065^5 \times .33^5 \times .33^5$

Estas dimensiones corresponden, en general, a:

1 ½ pulgada x 1 pie ($1/3$ de vara) x 1 pie ($1/3$ de vara)

2 1/2 pulgadas x 1 codo x 1 codo

Ocasionalmente, se hallan también ladrillos planos de mayor dimensión, llegando a tener aproximadamente $1/2$ vara x $1/2$ vara. Suponiendo a la vara Castellana una longitud aproximada entre $.88$ y $.915$ y a la vara de Rey, de $.858$ Ambas nociones de medida lineal se usaron en Cartagena, así como en el resto de la Nueva Granada. La vara Castellana supone 3 pitipiés de $.305$ c/u. y la Vara de Rey se basa en 3 pies de $.286$

Abundan también ladrillos planos que corresponden a la mitad modular de los anteriores, así:

$.05^5 \times .13^8 \times .13^8$

Los anchos de muros más usuales, entonces son de $1/2$, $2/3$, $3/4$, 1 , 1 y $1/3$, 1 y $1/2$ varas (en casos excepcionales).

Los muros de las casas coloniales se podían construir con las siguientes especificaciones para la época:

- **Muro de piedra y argamasa de cal:** Cuyas subidas de precio de la piedra obligaron a sustituirla por ladrillo.

- *Muro de pedazos de ladrillo, piedra y coral triturado*: Formaba con la argamasa una mezcla muy compacta. Este fue el tipo de muro más utilizado en la construcción doméstica Cartagenera.
- *Muro de Ladrillo*: Muchas veces este muro se fabricaba mezclado con retal de coral y siempre se utilizaba una junta gruesa de argamasa.

A)



B)



Imagen 1. A) Muro de piedra y argamasa de cal, B) Muro de pedazos de ladrillo, piedra y coral triturado

Los anchos más usuales de los muros son: (1/2, 2/3, 3/4, 1, 1+1/3, 1+1/2) Varas ósea (0,428-0,57-0,642-0,856-1,14 y 1,28) mts. “Una vara del Rey es igual a 0,856”.

El ladrillo que se usó en Cartagena es igual a los dos tipos de ladrillos más usados en todo el reino de la nueva granada.

A)



B)



C)



Imagen 2. A) Muro de ladrillo, B) Ladrillo panela o tolete, C) Ladrillo tablón

En vista de la mala calidad del ladrillo, los españoles hicieron unos pañetes muy gruesos. Estos pañetes se hacían con una mezcla de Cal y arena lavada, a la que a veces le añadían alumbre, yeso, ceniza y fibras vegetales.

II.1.6 Técnicas constructivas

El voraz incendio de 1552 que arrasó prácticamente con todos los bohíos pajizos de Cartagena de Indias, casi veinte años después de su fundación, quizás haya sido el detonante principal para convencer a los habitantes de la necesidad de edificar sus casas en materiales duraderos. Una decisión no tan fácil si se consideran las condiciones en las cuales se erigió el poblado: una isla de arena coralina, tupida de manglares a y sin ríos o quebradas que la surtieran de agua consumible.

Los nativos que allí vivían al momento de la conquista habían sorteado estas dificultades con viviendas hechas en un entramado de cañas verticales y horizontales recubierto de barro y rematado con una techumbre de palma, un sistema constructivo fresco y de bajo costo.

Estas casas de bahareque y también las de madera o tablazón, basadas especialmente en el modelo básico del rectángulo usado en Europa, fueron del todo favorables para aquellos colonos que aún no se hacían a la idea de permanecer en suelo cartagenero o americano. Fue así como el poblado fue paulatinamente tomando forma de asentamiento urbano con el trabajo de los indígenas, quienes en sus canoas traían los materiales de caña, palma y madera de islas vecinas como Barú y, con su mano de obra, construyeron una a una las casas de sus conquistadores.

Estas edificaciones sencillas, de un piso y sin mayores divisiones en su interior, se erigían en medio de una ciudad de baja densidad, pero con problemas, como las de sus calles de arena donde los habitantes botaban la basura, las vacas transitaban sin control, y la maleza invadía todos sus rincones, o la falta de agua, que obligó a construir pozos y jagüeyes para surtir a la población de tan necesario líquido.

La labor de construir en materiales resistentes al fuego, la humedad, la lluvia o a los ataques de los piratas, dependía de encontrar depósitos naturales de piedras. Las casas se hicieron de diferentes materiales. Al estar el poblado en un entorno marítimo en el que abundaban las de formación coralina, un elemento no muy sólido, se requería el esfuerzo de ladrillos y maderas finas, de las que existían varias especies. Terminada la estructura, esta se coronaba con tejas.

Para fabricar ladrillos y tejas se necesitaba de buena arcilla, la que no era fácil de conseguir en las inmediaciones de Cartagena. Se traían de sitios lejanos como Mompox o incluso en las embarcaciones que navegaban por el mar, pues servían de lastres en las naves. Así mismo, los ladrillos y tejas junto con la cal, que mezclada con arena servía como pega de los materiales, requerían de hornos para cocerlos. Varios de ellos fueron levantados en las islas de Tierra Bomba y de Barú, operados por los africanos esclavizados.

El uso de estos materiales transformó la estructura y espacialidad de las casas y con ellas la imagen de la ciudad. El poblado pajizo dejó de ser un sitio de aspecto transitorio y deslucido, y condujo a aumentar la preocupación por mantener y proteger la emergente ciudad-puerto. Pero también se empezaron a hacer distintivas unas casas de otras, lo que diferenciaba así también una familia de la otra: las de los encomenderos descendientes de los conquistadores; de los escribanos, médicos, barberos, boticarios, plateros, herreros, sastres, zapateros, entre otros.

Con esos materiales resistentes se pudieron construir casas de dos y tres pisos, ampliar y modificar sus espacios según los gustos y necesidades de sus moradores, engalanar sus fachadas con ventanas y balcones volados a la manera que se lucían en España. De igual manera adornar sus interiores con azulejos y pinturas murales. Se construyeron aljibes propios para almacenar las aguas lluvias. Todo ello fue posible por la presencia de albañiles y canteros expertos en el trabajo en piedra, oficios que en su mayoría dominaban los emigrantes españoles. También se requirió de diestros carpinteros, tejeros y caleros, trabajos artesanales que fueron aprendidos o perfeccionados por los esclavos y horros traídos de África y, en menor número por los indígenas. (Semana Historia, 2018, párr.1)

II.1.6.1 Cimentaciones

La cimentación “es el elemento constructivo cuya misión es la de repartir/transmitir las cargas de una estructura al terreno, acomodándose sobre superficie de apoyo en correspondencia con la resistencia del terreno” (Aroca, 2008, p. 63)

No conocemos con exactitud la solución que se daban a las cimentaciones en el periodo colonial en Cartagena de Indias, pero de acuerdo a los sistemas constructivos utilizados en España para la época podemos deducir que fueron los mismos utilizados en las colonias (Aroca, 2008). El tipo de cimentaciones más utilizada en España en las construcciones históricas es la denominada *Cimentación corrida* o *Cimentación continua* y esto se debía a que la estructura portante del edificio estaba construida por muros de cargas como los utilizados en las casas coloniales.

La forma de los cimientos varía según épocas y criterios técnicos vigentes en las mismas, así vemos que la opinión de Vitrubio¹, que se mantendrá hasta el renacimiento pues la adopta también Alberti², es que los cimientos tengan las paredes verticales. Palladio³ ya nos dirá que las paredes de los cimientos deben ser utilizadas en el sentido de que la excavación se ensanche a medida que se profundiza. Bails⁴, ya en el siglo XVIII, recogiendo otras opiniones, aconsejará que el cimiento baje vertical por la parte exterior del edificio y ataluzada por el interior. Estas teorías tendrán una opinión aglutinadora cuando se indique que se harán paredes verticales, pero en el remate inferior se ensanchará perimetralmente. (Aroca, 2008, pp.64-65)

Respecto a la anchura de los cimientos, Vitrubio se limitará a decir que sean más anchos que el muro que soportan. Alberti ya cuantificará la anchura indicando que sea el doble que el muro que soportan y centrado los correspondientes ejes, pero dirá que el retallo del cimiento sea menor que $\frac{1}{4}$ del espesor del muro y mayor que $\frac{1}{6}$ del mismo. Fr. Lorenzo de San Nicolás⁵ (S. XVIII) establecerá el saliente del cimiento por ambas partes del muro en $\frac{1}{8}$ de su espesor, Ortiz y Sanz⁶ (S. XVIII) afirmará con toda rotundidad que en todas las ruinas romanas se ha comprobado que el saliente del retallo del cimiento es de $\frac{1}{4}$ del espesor del muro que soporta. (Aroca, 2008, p.65)

También en cuanto a la profundidad de la excavación encontraremos diversas opiniones y teorías. El primero en definirse será lógicamente Vitrubio; dirá que el cimiento se excava hasta hallar suelo firme y, si no se halla, recurrir a un tablestacado muy espeso. De la misma opinión será Alberti, sólo que aconsejará como medida previa consultar a los de la zona o hacer un previo reconocimiento del terreno excavando pozos. (Aroca, 2008, p.66)

¹ Vitrubio, Marco Polion: Arquitecto e ingeniero Romano contemporáneo de Augusto (s.I.d.C). Debe su fama al tratado didáctico *De arquitectura* en 10 libros, que ha conservado la técnica de la arquitectura y de ingeniería del helenismo.

² Alberti León Battista:(Génova 1401-Roma 1472). Arquitecto renacentista. Arquitecto y escritor italiano, fue el primer teórico del arte del renacimiento, y uno de los primeros en emplear las órdenes clásicas de la arquitectura romana.

³ Palladio, Andrea: (Papua, 1508-Maser, actual Italia 1580). Arquitecto italiano. Uno de los mejores arquitectos de la Italia del Renacimiento.

⁴ Bails, Benito: (Sant Adrián de Besos, 1730-Madrid, 1797) Matemático Español.

⁵ San Nicolás, Lorenzo de: (1595-1679). Arquitecto Español. Maestro mayor de la Alhambra y de la catedral de Granada y autor de varios proyectos para capillas e iglesias, destaca sobre todo por su obra arte y uso de arquitectura, considerada el mejor tratado de instrucción arquitectónica del barroco.

⁶ Ortiz y Sanz, Joseph: Presbítero, humanista y escritor Español. Tradujo la *Arquitectura de Vitrubio* donde se habla de las diferencias de estilo que corresponden a los templos según se dedique a un dios o a otro.

Palladio sólo dice que “sobre peñas no hay necesidad de excavar”; en otro caso establece la relación de que la profundidad del cimiento debe ser la sexta parte que la altura del muro que soporta; si hubiese que recurrir al tablestacado, los maderos tendrían una longitud igual a la octava parte de la altura del muro y un diámetro igual a la doceava de la longitud. (Aroca, 2008, p.66)

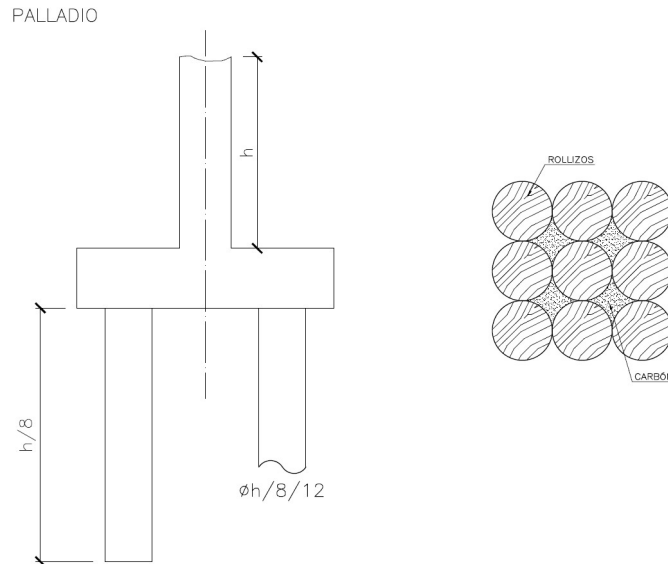


Figura 8. Tablestacado en Cimentación Profunda Según Palladio
(Análisis Patológico, Constructivo y Aplicación del Método Estratigráfico Murario en la Fachada Norte de la Iglesia Sto. Domingo en Murcia)

Según Palladio se debía compactar el terreno del fondo, igualar la superficie del fondo, escalonar el asiento en bancadas horizontales. Además enlozar el fondo del cimiento y “colocar una cama de carbón para evitar el ascenso de la humedad” (Aroca, 2008, p. 66).

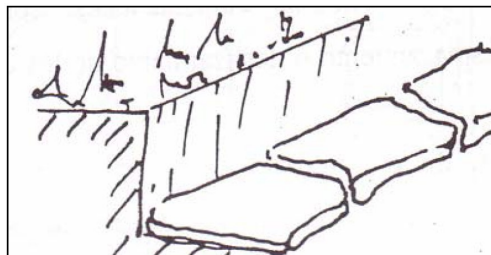


Figura 9. Enlosado del Fondo de la Cimentación Según Palladio
(Análisis Patológico, Constructivo y Aplicación del Método Estratigráfico Murario en la Fachada Norte de la Iglesia Sto. Domingo en Murcia)

Sin tener una certeza de la estructura de la cimentación de las casas coloniales, podemos imaginarnos lo resistente que deben estas por las mismas características de los muros de las casas, teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente podemos decir que la ingeniería utilizada en Europa para esa época fue la misma utilizada en las colonias para la construcción de las estructuras de ese entonces.

Podemos decir que siguiendo el criterio de Alberti, se trata de una cimentación con paredes verticales y que la anchura del mismo sea el doble que el muro que soportan, que se alcance el firme

con un tablestacado, y la coronación de 1 pie de altura. A continuación se muestran una serie de detalles correspondientes a las distintas formas de resolver la base de los cimientos. (Aroca, 2008, p. 67)

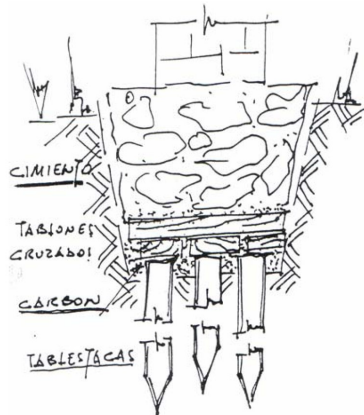


Figura 10. Cimentación Según Vitruvio
(Análisis Patológico, Constructivo y Aplicación del Método Estratigráfico Murario en la Fachada Norte de la Iglesia Sto. Domingo en Murcia)

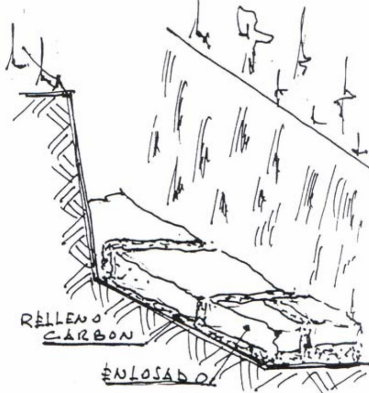


Figura 11. Cimentación Según Palladio
(Análisis Patológico, Constructivo y Aplicación del Método Estratigráfico Murario en la Fachada Norte de la Iglesia Sto. Domingo en Murcia)



Figura 12. Cimentación Según Alberti
(Análisis Patológico, Constructivo y Aplicación del Método Estratigráfico Murario en la Fachada Norte de la Iglesia Sto. Domingo en Murcia)

Se fundirá el muro de piedra firme y argamasa de cal, llevando el cimiento un pie por encima del nivel de terreno. El muro se puede levantar en ladrillo o en el tipo de muro que esté caracterizado en el área de la construcción cuando se trate de una rehabilitación de la estructura.

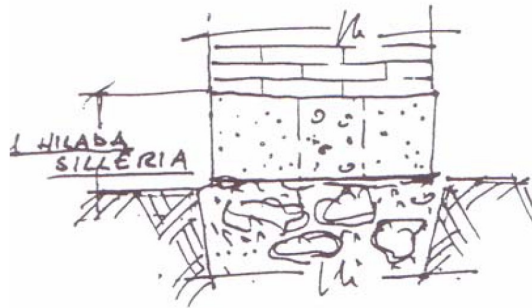


Figura 13. Cimentación según Bails

(Análisis Patológico, Constructivo y Aplicación del Método Estratigráfico Murario en la Fachada Norte de la Iglesia Sto. Domingo en Murcia)

Después de macizada la zanja se asentará una hilada de sillería con el objeto de resguardar la pared de la humedad y del ascenso capilar ya sea por aguas lluvias o por infiltraciones en el terreno.

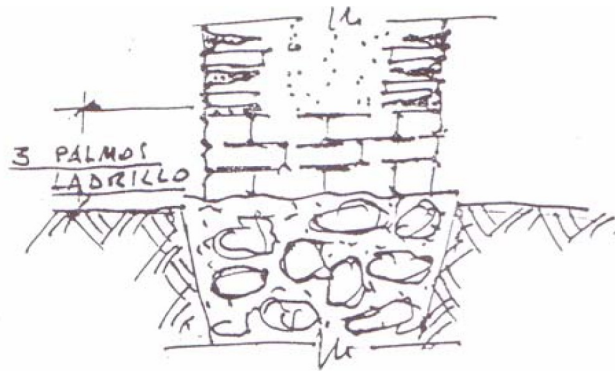


Figura 14. Cimentación según Capuchino

(Análisis Patológico, Constructivo y Aplicación del Método Estratigráfico Murario en la Fachada Norte de la Iglesia Sto. Domingo en Murcia)

Todos los muros tendrán tres palmos sobre los cimientos en ladrillo, después se construirá el muro de acuerdo a su tipología muraría (M. Aroca, 2008).

II.1.6.2 Muros

Las técnicas de construcción de muros y pisos llegadas a Cartagena son comunes a todas las culturas mediterráneas, y su texturación y colorido también lo son. Ni siquiera se pueden llamar españolas a secas.

- Muros de Piedra y Argamasa de Cal.

- Muros de Pedazos de Ladrillos, Piedra y Coral Triturado.
- Muros de Ladrillo.

II.1.6.3 Portadas

Las portadas en piedras o en ladrillo estucado de las casas cartageneras corresponden a un limitado repertorio que se podría asignar a la clasificación vitrubiana de los órdenes clásicos. Pero en ningún momento se va más allá del “dórico” o “dórico toscano” o ligeras variantes del mismo. Nadie en toda la historia de Cartagena, pudo o quiso abordar las complejidades del jónico, del corintio, o los barroquismos tan abundantes en los siglos XVII y XVIII en la arquitectura andaluza. Salvo la conocida excepción de la portada barroca de las Casas de la inquisición en la ciudad, lo restante es modesto trabajo de cantería en obediente respeto de los más sencillos patrones clásicos.

II.1.6.4 Pisos

Nivel de la calle o piso bajo: El uso del ladrillo fue quizás más frecuente, aunque en las casas grandes aún subsiste la piedra en las áreas de zaguán y el vestíbulo adyacente al patio.

Niveles de entresuelo y piso alto: La fórmula más usual fue la de colocar vigas portantes con intervalos entre ejes que varían entre apenas 2 veces la anchura de éstas, hasta aproximadamente 4 1/4 veces la anchura de las vigas, estimando éste entre los 0.135 y 0.185 cms., es decir, entre 5 1/2 y 7 pulgadas. Sobre estas vigas, y dependiendo de las distintas entre las mismas, se dispusieron dos sistemas de pisos.

- Ladrillo colocados directamente sobre las vigas, con su cara inferior a la vista. Sobre éstos, una capa de argamasa de 3 a 69 cms de espesor, y sobre ésta otros ladrillos del mismo tipo (planos o “tablones”) para formar el acabado de piso.
- Se usó también una alternativa a lo anterior, en el sentido de colocar tablones de manera directamente sobre las vigas portantes, más o menos pulidos por su cara superior para formar por sí mismo el acabado de piso. Esta fórmula sería, desde luego, la más barata y expedita.
- La solución más usual, especialmente en los entresuelos o en los pisos altos de las casas más modestas, parece haber sido la de colocar tablones de madera directamente sobre las vigas portantes, más o menos pulidos por su cara superior para formar por sí mismos el acabado de piso. Esta fórmula sería, desde luego, la más barata y expedita.

II.1.6.5 Balcones

Los celebrados balcones de Cartagena de indias tienen equivalentes aún hoy observables en España, algunos de los cuales son antecedentes y otros no, puesto que resulta coetáneos. Todos indican la existencia de una larga tradición en el uso de los mismos en la construcción popular. Desde Castilla la Vieja (Salamanca, Segovia, Valladolid) hasta el delta del Guadalquivir (la región de los puertos, Cádiz, Huelva), Existen balcones y ventanas de reja formuladas modularmente y construidas de modo similar a los ejemplos cartageneros, con las obvias variantes en el uso de los materiales propios de cada región. No sería sorprendente constatar, por ejemplo, la supervivencia, en Madrigal de las Altas Torres, al noreste de Madrid, de algunos balcones notablemente similares a los que aún subsisten en el barrio de San Diego, en Cartagena. En ambos casos se trata de rasgos pertenecientes a construcciones erigidas y ocupadas por gentes de escasos recursos económicos.

La simplificación arquitectónica presente en ambos casos, con respecto a los mejores y más refinados ejemplos del género revela que se trata del mismo fenómeno estético-sociológico. La similitud señalada por E. Marco Dorta entre los balcones aún existentes en las islas Canarias y los de Cartagena de Indias es apenas lógica, pues son prácticamente coetáneos. Esa similitud es de orden más técnico que estético, pues los balcones canarios, si bien están armados bajo los mismos principios estructurales, son más complejos y delicados en su tratamiento decorativo que los de Cartagena de Indias. Están más directamente emparentados con las balconadas peruanas, de Lima o Arequipa, que con las del Mar Caribe (Tellez & Moure, 1982).

II.1.6.6 Cubiertas

Las armaduras de las cubiertas de las casas coloniales de Cartagena son de estirpe islámica, también genéricamente aun hoy, en ambas orillas del mediterráneo, las armaduras en par e hilera, y en par y nudillo se emplean en la construcción vernácula. Los tipos estructurales usados en la construcción doméstica cartagenera son: cubierta plana, cubierta de tipo de *par e hilera* (atirantada) y cubierta de tipo de *par y nudillo* (atirantada).

Los dos últimos sistemas pertenecen genéricamente a la llamada “carpintería de lo blanco” de tradición andaluza popular, llevados en general a un nivel técnico comparable al de la construcción anónima observable hoy en las regiones circundantes de Sevilla, Córdoba y Granada.

Respecto de los materiales y técnicas empleadas, dice Fray Pedro Simón en sus “Noticias Historiales” (1989) como se citó en Meisel & Calvo (2017):

(...) las maderas por ser muy buenas las que se acomodan a los edificios y fábricas de navíos, son de ocho o diez especies las que sirven desto: una llaman morada porque tiene este color subidísimo; guayacanes de dos o tres especies, madera de carreta y amarilla, granadino que es muy mejor y más pesado que el nogal, cedros hermosísimos, madera de trébol, valentísimo y llamado así por ser una

hoja menuda y que huele como ésta yerba, palo del Brasil mucho y muy bueno y de bálsamo y otros muchos. (p.134)

El uso muy localizado de la cubierta plana se podría explicar por la aparición en la ciudad de los grupos de “carpinteros de lo blanco” especialistas en las cubiertas inclinadas, o en la inevitable concesión a un clima muy exigente respecto de las condiciones de las terrazas. Es así como las cubiertas planas, y aún las muy recientemente ejecutadas, como las del Cuartel de las Bóvedas, por ejemplo, fueron permanentemente víctimas de las filtraciones y daños por dilatación y roturas por causas varias.

En el caso del acabado para la intemperie, la única variante parece ser la de engrosar la capa de argamasa intermedia para formar declives que favorecieran el correr del agua lluvia y añadir yeso a la mezcla para impermeabilización.

Las dos soluciones clásicas para las cubiertas inclinadas se usaron simultáneamente, y con frecuencia en una misma edificación, sin que se pueda decir que una de ellas predomina, cuantitativamente, sobre la otra en el conjunto de la ciudad. Sobre los tipos de cubierta inclinada se colocó un entablado o tablazón y sobre éste, teja de arcilla cuyo tipo es asimilable al llamado popularmente *maruno* en Andalucía, es decir, de sección decreciente y curvatura más pronunciada que en la llamada teja “romana”. El montaje de las tejas se hizo, por lo general, emboquillándolas, es decir, sellando con argamasa los intervalos creados al traslaparlas. En el caso de la construcción de casas “bajas” en el barrio de San Diego, en Getsemaní el entablado para colocar la teja se reemplazó frecuentemente por una o dos capas de caña cortada en trozos alargados, los cuales se revestían en revoque de cal por su cara inferior (Tellez & Moure, 1982).

II.1.7 Reseña sismológica en Cartagena de Indias

Cartagena de Indias se encuentra ubicada en el mapa sísmico colombiano en la zona de amenaza baja, esto indica que los sismos que se presente en su mayoría serán de baja intensidad con coeficiente de aceleración y velocidad horizontal pico efectivo bajos. Aa y Av respectivamente con valores de 0.1.

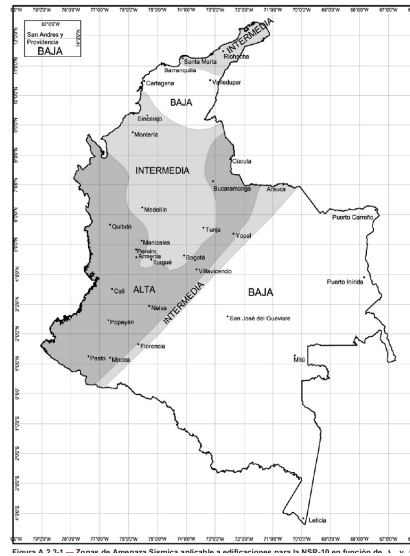


Figura 15. : Zonas de amenaza Sísmica y movimientos sísmicos de diseño (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-17)

Red Sismológica Nacional de Colombia									
Parámetros de Consulta									
Fecha Inicial		01/01/1973	DEPARTAMENTO			Bolivar	Total Registros		18
Fecha Final		14/06/2013	MUNICIPIO			Cartagena			
Fecha	Hora UTC	Magnitud	Longitud	Latitud	Departamento	Municipio	Profundidad	Estado	
dd/mm/aa	hh:mm:ss	MI	Grados	Grados			Km		
23/06/1998	01:36:29	5.7	-76.399	10.695	BOLIVAR	CARTAGENA	14	Revisado	
23/06/1998	02:35:24	3.3	-76.22	10.584	BOLIVAR	CARTAGENA	40.1	Revisado	
23/06/1998	03:45:45	3.5	-76.088	10.764	BOLIVAR	CARTAGENA	118.7	Revisado	
23/06/1998	07:32:41	2.8	-75.82	10.568	BOLIVAR	CARTAGENA	44.1	Revisado	
24/06/1998	08:34:48	4.6	-76.134	10.637	BOLIVAR	CARTAGENA	0	Revisado	
24/06/1998	09:33:40	3.1	-76.124	10.398	BOLIVAR	CARTAGENA	100.2	Revisado	
25/08/1998	21:39:21	4.3	-76.225	10.595	BOLIVAR	CARTAGENA	0	Revisado	
29/07/2001	02:13:35	3.7	-75.846	10.843	BOLIVAR	CARTAGENA	44	Revisado	
11/11/2001	18:25:17	3.2	-76.063	10.686	BOLIVAR	CARTAGENA	45.4	Revisado	
20/06/2004	21:58:02	4.0	-76	10.812	BOLIVAR	CARTAGENA	24	Revisado	
16/08/2005	06:10:40	3.5	-76.717	11.058	BOLIVAR	CARTAGENA	77.7	Revisado	
08/09/2009	06:19:09	2.9	-75.825	10.407	BOLIVAR	CARTAGENA	12.9	Revisado	
31/07/2010	08:26:23	2.7	-76.261	10.428	BOLIVAR	CARTAGENA	18	Revisado	
24/01/2011	19:58:13	3.6	-76.45	10.475	BOLIVAR	CARTAGENA	78	Revisado	
03/04/2011	12:20:19	3.2	-76.336	10.432	BOLIVAR	CARTAGENA	84	Revisado	
02/04/2012	05:07:04	2.0	-76.147	10.373	BOLIVAR	CARTAGENA	0	Revisado	
24/12/2012	07:25:00	2.3	-76.949	10.592	BOLIVAR	CARTAGENA	32.1	Revisado	
24/12/2012	07:29:03	2.3	-76.814	10.648	BOLIVAR	CARTAGENA	32.1	Revisado	

Tabla 3. Red Sismológica Nacional de Colombia (<http://bdrsnc.ingeminas.gov.co>)

El registro sismológico muestra que en Cartagena en los últimos 10 años los sismos que se presentaron han sido escasos, que el año en que se presentaron más movimientos sísmicos es el 1998, esto afirma lo expuesto en la Figura A.2.3.1 Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av. Donde se ubica a Cartagena en zona sísmica baja, resaltando que el único sismo superior a la media se presentó el 23/06/1998 con una magnitud de 5.7 Ml (Rivera, 2017, p.22)

II.1.7.1 El Reglamento NSR-10 y la casa de tipología colonial en Cartagena de Indias

El Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10 comenzó a regir en su segunda versión en todo el territorio nacional a partir de mes de Abril de 2012, documento que fue desarrollado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), siendo éste el tercer documento desde 1984 el que rigiera las construcciones en Colombia.

La NSR-10 contiene los requisitos mínimos que deben utilizarse en el diseño y construcción de edificaciones en todo el territorio Colombiano, con el fin de garantizar las vidas humanas ante la eventualidad de la ocurrencia de un sismo, sin desconocer que en el diseño de una estructura rigen los criterios del diseñador.

El título A.10 de la NSR-10 contiene la EVALUACIÓN E INTERVENCIÓN DE EDIFICACIONES CONSTRUIDAS ANTES DE LA VIGENCIA DE LA PRESENTE VERSIÓN DEL REGLAMENTO, y tiene como propósito:

Establecer los criterios y procedimientos que se deben seguir para evaluar la vulnerabilidad sísmica y adicionar, modificar o remodelar el sistema estructural de edificaciones existentes diseñadas y construidas con anterioridad a la vigencia de la presente versión del Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes. (NSR-10, A.10.1.1)

Además establece que:

Los requisitos dados en este capítulo deben ser utilizados para llevar a cabo la evaluación del comportamiento sísmico y el diseño de la intervención, reparación o refuerzo de la estructura de edificaciones existentes antes de la vigencia de la presente versión del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente que se modifiquen o rehabiliten en el territorio nacional. (NSR-10, A.10.1.3)

La NSR-10 establece en título A.10 los requisitos generales de diseño para edificaciones declaradas como patrimonio histórico, de conservación arquitectónica o de interés cultural y se pueden enunciar de la siguiente forma.

Edificaciones declaradas como patrimonio histórico, de conservación arquitectónica o de interés cultural.

- Uso permitido: A.10.9.2.5
- Métodos de Análisis Permitidos: A.10.9.4
- Títulos de Soporte: A.10.3.1, A.10.4.2.2, A.10.9.4 y A.10.9.2.5

II.1.7.1.1 Grupos de uso permitidos en la NSR-10 para la rehabilitación de estructuras patrimoniales
La NSR-10 permite los siguientes usos para edificaciones construidas antes de la vigencia del presente reglamento y declaradas como patrimonio histórico, de conservación arquitectónica o de interés cultural.

- “*Grupo de uso I: Estructuras de ocupación normal:* Todas las edificaciones cubiertas por el alcance de este Reglamento, pero que no se han incluido en los Grupos II, III y IV” (NSR-10, A.2.5.1.4).
- *Grupo de uso II: Estructuras de ocupación especial:* Cubre las siguientes estructuras:
 - a) Edificaciones en donde se puedan reunir más de 200 personas en un mismo salón,
 - b) Graderías al aire libre donde pueda haber más de 2000 personas a la vez,
 - c) Almacenes y centros comerciales con más de 500 m² por piso,
 - d) Edificaciones de hospitales, clínicas y centros de salud, no cubiertas en A.2.5.1.1.
 - e) Edificaciones donde trabajen o residan más de 3000 personas, y
 - f) Edificios gubernamentales. (NSR-10, A.2.5.1.3)
- *Grupo de uso III: Edificaciones de atención a la comunidad:* Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:
 - a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres.
 - b) Garajes de vehículos de emergencia.
 - c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencia. (NSR-10, A.2.5.1.2)

Nivel de seguridad limitada: Cuando se trate de intervenciones estructurales de edificaciones declaradas como patrimonio histórico, donde existan restricciones severas para lograr un nivel de seguridad equivalente al que el Reglamento exigiría a una edificación nueva o al prescrito en A.10.4.2.2, excepto que se trate de edificaciones pertenecientes a los grupos de uso III y IV, tal como lo define A.2.5, se permitirá un *nivel menor de seguridad sísmica* siempre y cuando este menor nivel se justifique por parte del ingeniero diseñador y se acepte por parte del propietario, incluyendo dentro de los documentos que se presentan para solicitar la respectiva licencia de construcción, un memorial firmado en conjunto en el cual se incluyan las razones que motivan la reducción, el nivel de seguridad sísmica propuesto, y las medidas que se adoptarán para restringir el acceso al público en general o los procedimientos colaterales que se adoptarán para proveer seguridad apropiada a los

ocupantes. Este memorial se debe protocolizar mediante escritura pública en Notaría. (NSR-10, A.10.9.2.5)

El A.10.4.2.2 de NSR-10 determina los movimientos sísmicos para un nivel de seguridad limitada en los cuales se deben utilizar los movimientos sísmicos de diseño que prescribe el A.10.3 para el lugar en que se encuentra la edificación, para el grupo de uso que va a tener una vez se lleve a cabo la modificación, cuando de acuerdo al A.10.9 este Reglamento explícitamente permita que el análisis de la estructura se realice para *un nivel de seguridad limitada*.

El A.10.3 de NSR-2010 describe lo que se conoce como movimientos sísmicos de diseño con seguridad limitada por lo cual el A.10.3.1 enuncia que para las situaciones cuando según A.10.9 este Reglamento lo permite para efectos de evaluación e intervención de edificaciones existentes, los movimientos sísmicos de diseño con seguridad limitada se definen para una probabilidad del veinte por ciento de ser excedidos en un lapso de cincuenta años, en función de la aceleración pico efectiva reducida, representada por el parámetro A_e . El valor de este coeficiente, para efectos del presente Reglamento, debe determinarse de acuerdo con A.10.3.2 y A.10.3.3. Los movimientos sísmicos de diseño de seguridad limitada no son aplicables a edificaciones nuevas y no se pueden utilizar en el diseño de edificaciones nuevas bajo ninguna circunstancia.

II.1.7.1.2 Grupos de uso no permitidos en la NSR-10 para la rehabilitación de estructuras patrimoniales

La NSR-10 no permite los siguientes usos para edificaciones construidas antes de la vigencia del presente reglamento y declaradas como patrimonio histórico, de conservación arquitectónica o de interés cultural.

- *Grupo de uso III: Edificaciones de atención a la comunidad:* Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:
 - a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres.
 - b) Garajes de vehículos de emergencia.
 - c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencia. (NSR-09, A.2.5.1.2)
- *Grupo de uso IV: Edificaciones indispensables:* Son Aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alterno. Este grupo debe incluir:
 - a) Todas las edificaciones que componen hospitales, clínicas y centros de salud que dispongan de servicios de cirugía, salas de neonatos y/o atención de urgencias,
 - b) Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias y de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión,
 - c) Edificaciones designadas como refugios para emergencias, centrales de aeronavegación, hangares de aeronaves de servicios de emergencia,
 - d) Edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas y productos,
 - e) Edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el público, y

- d) En el grupo IV deben incluirse las estructuras que alberguen plantas de generación eléctrica de emergencia, los tanques y estructuras que formen parte de sus sistemas contra incendio, y los accesos, peatonales y vehiculares de las edificaciones tipificadas en los literales a, b, c, d y e del presente numeral. (NSR-09, A.2.5.1.1)

II.1.7.1.3 Métodos de análisis del sistema de resistencia sísmica que contempla la NSR-10

La NSR-10 contempla para el análisis de la resistencia sísmica de las estructuras los siguientes métodos:

- Método de la fuerza horizontal equivalente A.4
- Método de análisis dinámico elástico A.5
- Método de análisis dinámico inelástico A.5
- Método de análisis alternos A.4 y A.5. (NSR-10, A.3.4.1)

II.1.7.1.4 Métodos de diseño que contempla la NSR-10

La NSR-10 contempla para el diseño de las estructuras los siguientes métodos:

- Método de esfuerzos admisibles de trabajo
- Método de resistencia última

II.1.7.1.5 Analisis de vulnerabilidad

La NSR-10 prescribe en el título A.10.5 que el análisis de vulnerabilidad sísmica de una edificación existente está basado en los siguientes aspectos:

- a) Determinación de los índices de sobreesfuerzo individual de todos los elementos estructurales de la edificación, considerando las relaciones entre la demanda sísmica de esfuerzo y la capacidad de resistirlos,
- b) Formulación de una hipótesis de secuencia de falla de la edificación con base en la línea de menor resistencia, identificando la incidencia de la falla progresiva de los elementos, iniciando con aquello con un mayor índice de sobreesfuerzo,
- c) Definición de un índice de sobreesfuerzo general de la edificación, definido con base en los resultados de b). El inverso del índice de sobreesfuerzo general expresa la vulnerabilidad de la edificación como una fracción de la resistencia que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos de la presente versión de Reglamento, y
- d) Obtención de un índice de flexibilidad general de la edificación, definido con base en el procedimiento definido en A.10.4.3.5. El inverso del índice de flexibilidad general expresa la vulnerabilidad sísmica de la edificación como una fracción de la rigidez que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos de la presente versión del reglamento.

A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Ω_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			alta		intermedia		Baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	Altura máx.
1. Paneles de cortante de madera	muros ligeros de madera laminada	3.0	2.5	si	6 m	si	9 m	si	12 m
2. Muros estructurales									
a. Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	5.0	2.5	si	50 m	si	sin límite	si	Sin límite
b. Muros de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	4.0	2.5	no se permite		si	50 m	si	Sin límite
c. Muros de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	el mismo	2.5	2.5	no se permite		no se permite		si	50 m
d. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DES) con todas las celdas rellenas	el mismo	3.5	2.5	si	50 m	si	sin límite	si	Sin límite
e. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO)	el mismo	2.5	2.5	si	30 m	si	50 m	si	Sin límite
f. Muros de mampostería parcialmente reforzada de bloque de perforación vertical	el mismo	2.0	2.5	Grupo I	2 pisos	si	12 m	si	18 m
g. Muros de mampostería confinada	el mismo	2.0	2.5	Grupo I	2 pisos	Grupo I	12 m	Grupo I	18 m
h. Muros de mampostería de cavidad reforzada	el mismo	4.0	2.5	si	45 m	si	60 m	si	Sin límite
i. Muros de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía)	el mismo	1.0	2.5	no se permite		no se permite		Grupo I (Nota 3)	2 pisos
3. Pórticos con diagonales (las diagonales llevan fuerza vertical)									
a. Pórticos de acero estructural con diagonales concéntricas (DES)	el mismo	5.0	2.5	si	24 m	si	30 m	si	Sin límite
b. Pórticos con diagonales de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	3.5	2.5	no se permite		si	30 m	si	30 m
c. Pórticos de madera con diagonales	el mismo	2.0	2.5	si	12 m	si	15 m	si	18 m

Tabla 4. Sistema estructural de muros de carga

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-54

II.1.7.1.6 Procedimiento de análisis para las edificaciones declaradas patrimonio o de interés cultural, de acuerdo con la NSR-10

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 presenta en el apéndice I el procedimiento a seguir en el de diseñar una estructura y éste se ajusta para aplicarlo a las estructuras patrimoniales o de interés cultural en el territorio nacional, los pasos son:

- Paso 1: Localización, nivel de amenaza sísmica.



Figura 16. Representación esquemática ilustrativa del procedimiento de localización dentro del mapa de zonificación sísmica del Capítulo A.2

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-xxvi

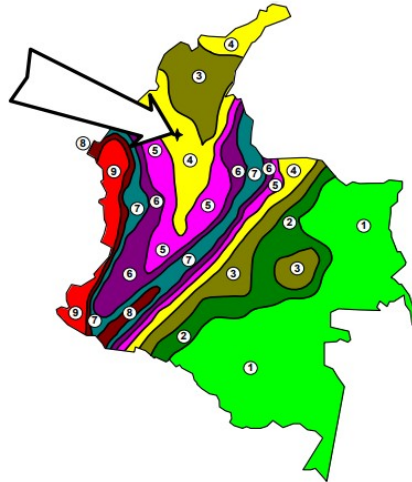


Figura 17. Representación esquemática ilustrativa del procedimiento de localización dentro del mapa de valores de A_a y A_v del Capítulo A.2

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-xxvi

- Paso 2: Definición de los movimientos sísmicos de diseño.

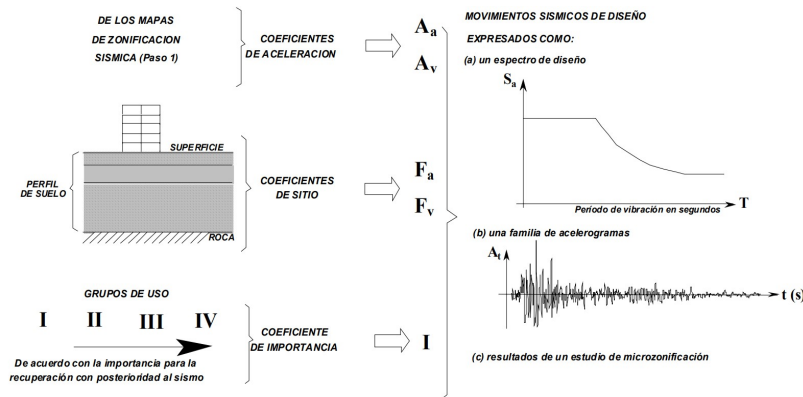


Figura 18. Procedimiento para obtener los movimientos sísmicos de diseño

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-xxvii

En la NSR-10 los grupos de uso para los bienes de interés cultural están restringidos en I, II y en el grupo de uso III en los ítems d, e y f.

- Paso 3: Definición de las características de la estructuración y del material estructural empleado

SISTEMA	SISTEMAS ESTRUCTURALES DE RESISTENCIA SISMICA	
	CARGAS VERTICALES	FUERZAS HORIZONTALES
MUROS DE CARGA		
COMBINADO		
PÓRTICO		
DUAL		

Figura 19. Sistemas estructurales de resistencia sísmica

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-xxviii

En las casas de tipología colonial el sistema estructural utilizado es el de muro de carga, por ser una mampostería no reforzada ya sea en muro de cascoteo, muro en piedra coralina o muro en tableta militar, sin capacidad de disipación de energía.

Por lo cual la NSR-10 solo permite la mampostería no reforzada en zonas de amenaza sísmica baja, para lo cual las casas de tipología cumplen este requisito ya que Cartagena se encuentra ubicada en esta zona de amenaza sísmica, y el uso de las mismas es I.

- Paso 4: Grado de irregularidad de la estructura y procedimiento de análisis

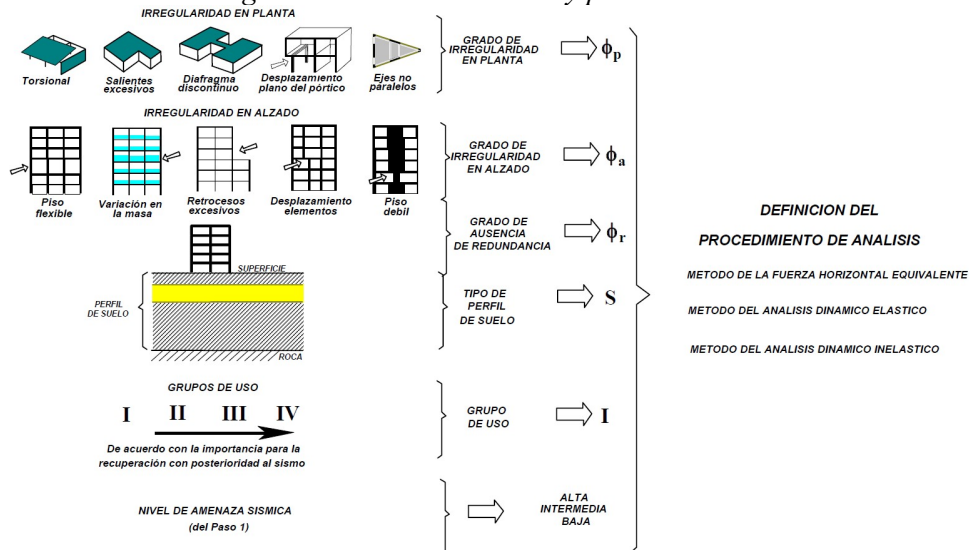


Figura 20. Procedimiento para definir el grado de irregularidad de la estructura y el método de análisis sísmico

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-xxxii

En el marco teórico se realizó una descripción de los materiales y del tipo de vivienda colonial, la caracterización de éstas hace que este paso pueda aplicarse en su análisis por la misma irregularidad en planta y en altura para algunas de las casas de tipología colonial, factor a tener en cuenta en el análisis de vulnerabilidad de la misma.

Por las características de este tipo de edificaciones el análisis de la fuerza horizontal equivalente es válido realizarlo, pues nos muestra un panorama de lo que puede suceder a la hora de un sismo.

• *Paso 5: Obtención de las fuerzas sísmicas de diseño*

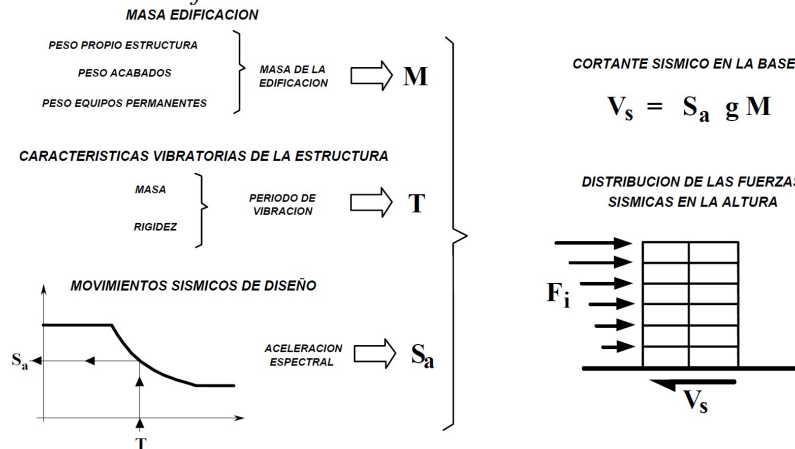


Figura 21. Procedimiento para obtener las fuerzas sísmicas de diseño
Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-xxxii

El procedimiento para la obtención de la fuerza sísmica que plantea la NSR-10 es válido utilizarlo en el análisis de las casas de tipología colonial.

• *Paso 6: Análisis de la estructura*

Paso 7: Desplazamientos horizontales

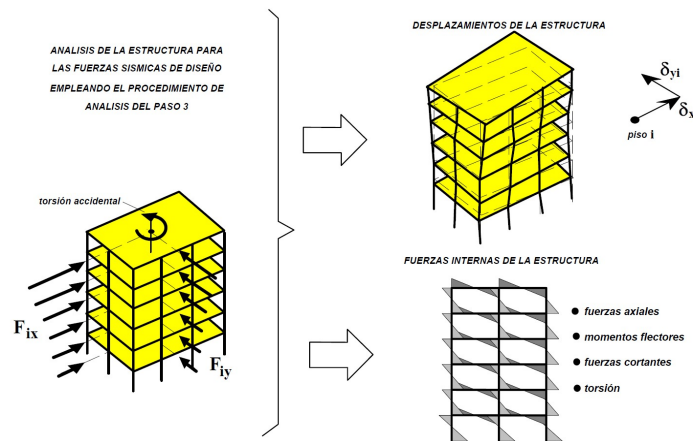


Figura 22. Representación esquemática ilustrativa del procedimiento de análisis de la estructura
Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-xxxiv

Los procedimientos de análisis de los pasos 6 y 7 que propone la NSR-10 son válidos dentro del análisis del rango elástico, pues es útil para conocer el comportamiento estructural de la casa.

• Paso 8: Verificación de derivas

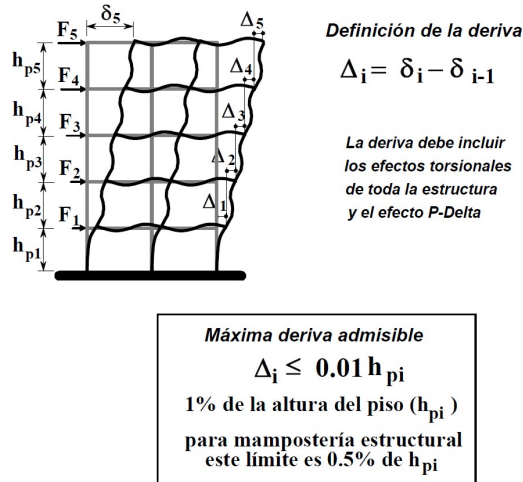


Figura 23. Procedimiento de verificación de las derivas

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-xxxv

El procedimiento de análisis para el cálculo de los desplazamiento de la estructura de la casa de tipología colonial según lo que describe la NSR-10, es válido para el rango elástico de la misma, ya que podemos conocer las deformaciones de la estructura.

• Paso 9: Diseño de los elementos estructurales

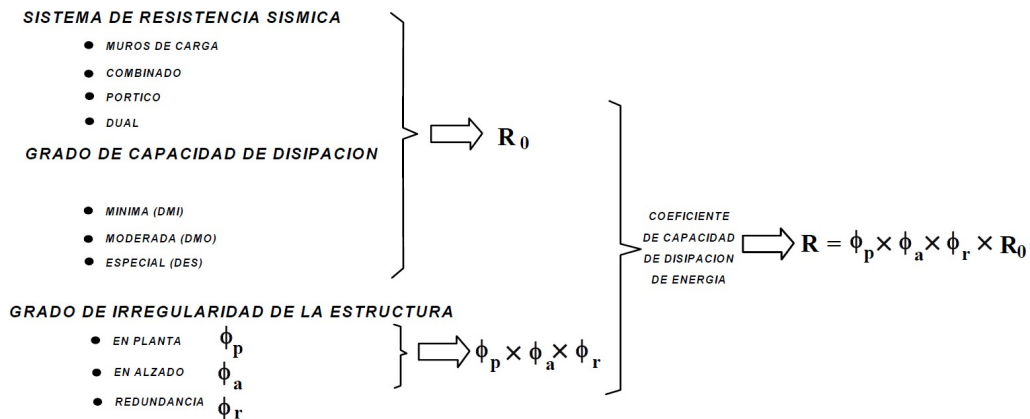


Figura 24. Procedimiento de obtención del coeficiente de disipación de energía R

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-xxxvi

En las casas de tipología colonial el sistema estructural utilizado es el de muro de carga, y el coeficiente R de disipación de energía es 1 considerándolo como el menor de todos los sistemas por no tener disipación de energía. Por lo cual la estructura nunca entraría al rango inelástico.

- Paso 10: Cimentación

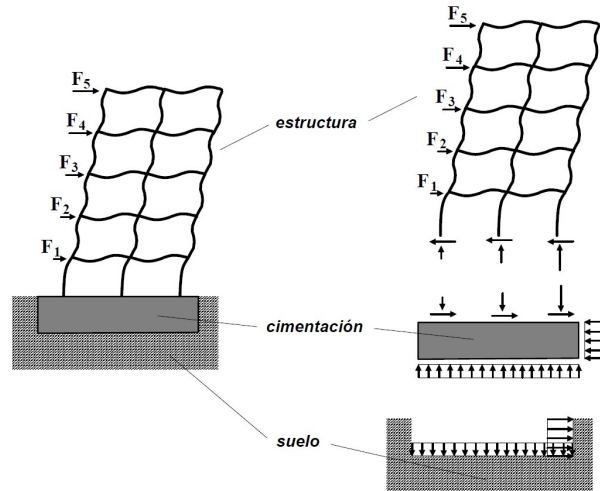


Figura 25. Procedimiento de obtención de las fuerzas en la cimentación y los esfuerzos sobre el suelo
Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10-TOMO I A-xxxviii

Los métodos de análisis que plantea la NSR-10 para hallar las fuerzas en la cimentación de la estructura y los esfuerzos sobre el suelo son válidos aplicarlos al análisis de las cimentaciones de la estructura de la casa de tipología colonial.

- Paso 11: Diseño de elementos no estructurales

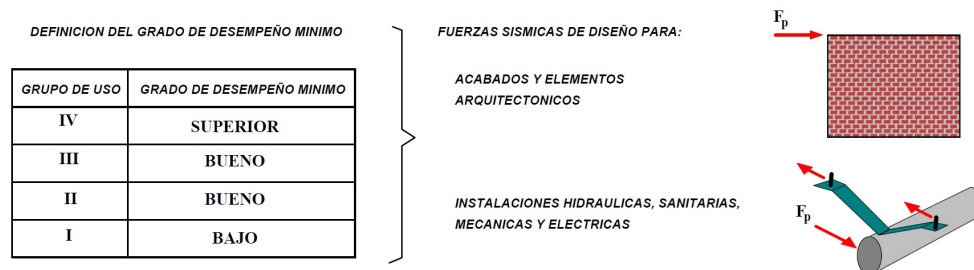


Figura 26. Procedimiento de diseño de los elementos no estructurales
Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10-TOMO I A-xxxix

El reforzamiento de los elementos no estructurales de las casas de tipología colonial exigen un conocimiento sobre los materiales que los componen, por éstas patrimonios de la nación y con conocimiento de los materiales poder realizar las intervenciones más amigables con la estructuración de la casa.

II.1.8 Patología de la casa de tipología colonial

La palabra patología, etimológicamente hablando, procede de las raíces griegas pathos y logos, y se podría definir, en términos generales, como el estudio de las enfermedades. Por extensión la patología constructiva de la edificación es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en algunas de las unidades con posterioridad a su ejecución.

Usaremos exclusivamente la palabra “patología” para designar la ciencia que estudia los problemas constructivos, su proceso o sus soluciones, y no en plural, como suele hacerse, para referirnos a esos

problemas concretos, ya que en realidad son estos el objeto de estudio de la patología de la construcción. (Broto, 2018, párr.3)

II.1.8.1 Lesiones

Son cada una de las manifestaciones de un problema constructivo, es decir, el síntoma final del proceso patológico. Es de primordial importancia conocer la tipología de las lesiones porque es el punto de partida de todo estudio patológico, y de su identificación depende la elección correcta del tratamiento.

En muchas ocasiones las lesiones pueden ser de origen de otras y no suelen aparecer aisladas sino confundidas entre sí. Por ello conviene hacer una distinción y aislar en primer lugar las diferentes lesiones. La *lesión primaria* es la que surge en primer lugar y la lesión o lesiones que aparecen como consecuencia de ésta se denominan *lesiones secundarias*.

El conjunto de lesiones que pueden aparecer en un edificio es muy extenso debido a la diversidad de materiales y unidades constructivas que se suelen utilizar. Pero, en líneas generales, se pueden dividir en tres grandes familias en función del carácter y la tipología del proceso patológico: físicas, mecánicas y químicas. (Leon, 2015, pp.22-23)

II.1.8.1.1 Lesiones físicas

Son todas aquellas en que la problemática patológica se produce a causa de fenómenos como heladas, condensaciones, etc. Y normalmente su evolución dependerá también de estos procesos físicos. Las causas físicas más comunes son:

- a) **Humedad**
- b) **Erosión**
- c) **Suciedad.** (León, 2015, p. 23)

II.1.8.1.2 Lesiones mecánicas

Aunque las lesiones mecánicas se podrían englobar entre las lesiones físicas puesto que son consecuencias de acciones físicas, suelen considerarse un grupo aparte debido a su importancia. Definimos como lesión mecánica aquella en la predomina un factor mecánico que provoca movimientos, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos. Podemos dividir este tipo de lesiones en cinco apartados diferenciados. (León, 2015, p. 24)

II.1.8.1.3 Lesiones químicas

“Son las lesiones que se producen a partir de un proceso patológico de carácter químico, y aunque éste no tiene relación alguna con los restantes procesos patológicos y sus lesiones correspondientes, su sintomatología en muchas ocasiones se confunde” (León, 2015, p.24).

“El origen de las lesiones químicas suele ser la presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan provocando descomposiciones que afectan a la integridad del material y reducen su durabilidad” (León, 2015, p.24).

II.1.9 Vulnerabilidad estática y sísmica de las edificaciones. Ingeniería de materiales, cálculo, análisis, diseño, revisión estructural de edificaciones

II.1.9.1 Vulnerabilidad estática y sísmica

El Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en el Capítulo A.10 ítems A.10.5 Presenta la metodología a utilizar para realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica.

II.1.9.2 Ingeniería de materiales

El Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en el Capítulo C.3 Presenta la metodología a utilizar para realizar el análisis de los materiales a utilizar en las construcciones.

C.3.1- Ensayos de materiales

“C.3.1.1- Para asegurarse que los materiales utilizados en la obra sean de la calidad especificada, deben realizarse los ensayos correspondientes sobre muestras respectivas de los materiales de la construcción”.

C.3.1.2- Los ensayos de materiales y del concreto deben hacerse de acuerdo con las normas técnicas colombianas, NTC, promulgadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC indicadas en C.3.8. A falta de ellas deben seguirse las normas de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM).

8.2.1 División de los materiales

Los materiales de construcción en la ingeniería civil se dividen en:

- a) Materiales pétreos
- b) Materiales cerámicos
- c) Maderas
- d) Elementos metálicos
- e) Hormigón
- f) Aglomerantes y conglomerantes

II.1.9.3 Cálculo estructural de vulnerabilidad de edificaciones

El cálculo estructural de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones busca determinar el nivel de daño que causa el sismo en la estructura de una edificación.

II.1.9.4 Análisis de vulnerabilidad estructural de edificaciones

El análisis de vulnerabilidad sísmica de una edificación existente bajo la NSR-10 consiste en los siguientes aspectos:

- a) Determinación de los índices de sobreesfuerzo individual de todos los elementos estructurales de la edificación, considerando las relaciones entre la demanda sísmica de esfuerzos y la capacidad de resistirlos,
- b) Formulación de una hipótesis de secuencia de falla de la edificación con base en la línea de menor resistencia, identificando la incidencia de la falla progresiva de los elementos, iniciando con aquellos con un mayor índice de sobreesfuerzo,
- c) Definición de un índice de sobreesfuerzo general de la edificación, definido con base en los resultados de:
 - (b). El inverso del índice de sobreesfuerzo general expresa la vulnerabilidad de la edificación como una fracción de la resistencia que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos de la presente versión del Reglamento, y
- d) Obtención de un índice de flexibilidad general de la edificación, definido con base en el procedimiento definido en A.10.4.3.5. El inverso del índice de flexibilidad general expresa la vulnerabilidad sísmica de la edificación como una fracción de la rigidez que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos de la presente versión del Reglamento. (NSR-98, 2003, p.98)

II.1.9.5 Diseño de vulnerabilidad estructural de edificaciones

El diseño de la vulnerabilidad sísmica de una edificación se base en la modelación de la estructura que es conservadora donde se incluyen las secciones de los elementos estructurales con prediseño, donde los materiales están afectados por un factor de reducción.

II.1.9.6 Revisión de vulnerabilidad estructural de edificaciones

El reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en el Capítulo A.10 contempla la evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento, con el objeto de exponer los parámetros que se necesitan para realizar una intervención.

II.1.10 Aplicación, adiciones y modificaciones al reglamento colombiano de construcción sismo-resistente vigente, NSR-10

El 7 de junio de 1984 se expidió por medio del Decreto 1400 de 1984 la primera normativa colombiana de construcciones sismo resistente.

Este documento fue una respuesta a la tragedia en víctimas y daños materiales que constituyó el sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983. Dado que se trataba de un decreto de facultades extraordinarias autorizado por la Ley 11 de 1983, su actualización tecnológica no era posible sin una nueva ley que la autorizara. (Chala & Urrego, 2013, p.2)

A mediados de la década de 1990 se emprendieron las gestiones ante el Legislativo para crear una Ley marco que regulara los temas afines con las construcciones sismo resistente y permitiera realizar

actualizaciones periódicas sin tener que recurrir al Congreso cada vez que hubiese necesidad de actualizar la reglamentación. En el año 1997 se expidió por parte del Congreso de la República la Ley 400(31) por medio de la cual se reguló el tema de sismo resistencia de las edificaciones colombianas.

La Ley 400 de 1997 reglamentó los siguientes aspectos fundamentales para que el país disponga de una reglamentación de construcción sismo resistente moderno y actualizado en todo momento:

- Fija el objeto, alcance, excepciones, definiciones, responsabilidades profesionales y otros temas afines. (Título I a V – Artículos 1 a 22).
- Define los profesionales que pueden realizar las labores de diseño, revisión de los diseños, construcción y supervisión técnica, sus cualidades y calidades. (Título VI – Artículos 23 a 38).
- Crea la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, define su conformación y funciones. (Título VII – Artículos 39 a 44).
- Define en detalle el temario técnico y científico del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y autoriza al Presidente a expedir por medio de decretos actualizaciones periódicas previo visto favorable de la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. (Título VIII – Artículos 45 a 49).
- Define las responsabilidades y sanciones, fija unos plazos para realizar los análisis de vulnerabilidad sísmica y la actualización de edificaciones indispensables y de atención a la comunidad. (Títulos IX y X – Artículos 50 a 56).

Con base en la potestad reglamentaria que da la Ley 400 de 1997, se expidió el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-98 por medio de Decreto 33 del 9 de enero de 1998 (44). Posteriormente se expidieron tres decretos adicionales comprendidos dentro del Reglamento NSR-98, a saber: Decreto 34 de 1999, Decreto 2809 de 2000 y Decreto 52 de 2002; los cuales trataron de aspectos importantes para la correcta aplicación del Reglamento NSR-98 y que afectaron solo algunas partes de él.

A continuación se relacionan las principales modificaciones técnicas y científicas que se realizaron para producir la actualización del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Título A — Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente

Desarrollado y mantenido por el Subcomité A del Comité AIS 100 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica establecido en 1981.

- *Documentos base (Reglamento 1984)* — SEAOC 1974, ATC-3 y Normas AIS 100-81 y AIS 100-83.
- *Documentos base (Reglamento NSR-98)* — SEAOC 1996, UBC-97, NEHRP 1994, y Norma AIS 100-97.
- *Documentos base (Reglamento NSR-10)* — SEAOC 1999, NEHRP 2006, IBC-2009, Eurocódigo-8 y Norma AIS 100-09.

Para la actualización fueron consultadas las últimas versiones de las mismas normas base que fueron utilizadas en la redacción del Reglamento de 1984 y en la actualización del Reglamento NSR-98. En especial se consultaron los requisitos de 2006 del NEHRP (FEMA 450–2006) el cual corresponde en línea directa al documento base que se ha empleado para diseño sismo resistente en Colombia desde 1984. Además se tuvieron en cuenta los requisitos del International Building Code (IBC-2009). (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, p. 2)

Título B — Cargas

Capítulo II. Marco Teórico

Desarrollado y mantenido por el Subcomité B del Comité AIS 100 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica establecido en 1981.

- *Documentos base (Reglamento 1984)* — ANSI A.58-82 y Norma AIS 100-83.
- *Documentos base (Reglamento NSR-98)* — ANSI/ASCE 7-95 y Norma AIS 100-97.
- *Documentos base (Reglamento NSR-10)* — ASCE/SEI 7-05, IBC-2009, ACI-IPS- 1 y Norma AIS 100-09.

Se han hecho los requisitos más acordes con el documento ASCE 7-05, sobre cuya versión de 1995 estaba basado este Título en el Reglamento NSR-98, lo cual ha incluido los siguientes aspectos. Para el Reglamento NSR-10 se tuvo en cuenta además del documento ASCE 7-05, el documento ACI IPS-1, el cual fue desarrollado en Colombia a través de un convenio suscrito por el American Concrete Institute — ACI con Icontec y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica — AIS. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, p. 12)

Título D — Mampostería estructural

Desarrollado y mantenido por el Subcomité D del Comité AIS 100 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica establecido en 1983.

- *Documentos base (Reglamento 1984)* — Yamín, et al, UBC-79, y Norma AIS 100-83.
- *Documentos base (Reglamento NSR-98)* — ACI 530-95/ASCE 5-95/TMS 402-95 y Norma AIS 100-97.
- *Documentos base (Reglamento NSR-10)* — ACI 530-08/ASCE 5-08/TMS 402-08 y Norma AIS 100-09.

El diseño y construcción de estructuras de mampostería reforzada era nuevo en el país cuando se expidió el Reglamento de 1984. En el momento existían algunos documentos de cómo utilizar el ladrillo de arcilla producido en el país con fines estructurales. El Reglamento de 1984 incluyó un Título de diseño y construcción de mampostería de bloque de perforación vertical de inspiración norteamericana y requisitos para el diseño y construcción de mampostería confinada, inspirados por la experiencia nacional en este tipo de mampostería y con base en los resultados de ensayos experimentales nacionales y extranjeros, principalmente mexicanos. Para la producción del Reglamento NSR-98 y la actualización al NSR-10, se cuenta con una amplia bibliografía nacional sobre este sistema estructural y numerosos ensayos experimentales realizados en varias universidades del país.

Para el tema de diseño sismo resistente de estructuras de mampostería reforzada, este se reafirma con el tratado de Englekirk y Hart. Estos principios son llevados al documento ACI 530. Lo contenido actualmente en el ACI 530-08 corresponde a los requisitos más modernos y efectivos en el tema a nivel mundial. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, p. 12)

Título E — Casas de uno y dos pisos

Desarrollado y mantenido por el Subcomité E del Comité AIS 100 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica establecido en 1983.

- *Documentos base (Reglamento 1984)* — Norma AIS 100-83.
- *Documentos base (Reglamento NSR-98)* — Norma AIS 100-97.

- *Documentos base (Reglamento NSR-10) — Norma AIS 100-09.*

Este Título único a nivel mundial que permite la construcción de casas de uno y dos pisos sin la participación obligatoria de un ingeniero estructural, a través de requisitos empíricos se ha mantenido, revisando y actualizando para el Reglamento NSR-10. Sus requisitos son una simplificación del uso de la mampostería confinada del Capítulo D.10. Por medio del Decreto 52 de 2002 se le adicionó, dentro del Reglamento NSR-98, un Capítulo de bahareque encementado que se mantiene en el Reglamento NSR-10. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, p. 23)

Título G — Estructuras de madera y estructuras de guadua

Desarrollado y mantenido por el Subcomité G del Comité AIS 100 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica establecido en 1997.

- *Documentos base (Reglamento 1984) — No existía en el Reglamento de 1984.*
- *Documentos base (Reglamento NSR-98) — PADT-REFORT y Norma AIS 100-97.*
- *Documentos base (Reglamento NSR-10) — AITC-2004 y Norma AIS 100-09.*

Este Título se introdujo por primera vez en el Reglamento NSR-98 pues no existía en el Reglamento de 1984. La Junta del Acuerdo de Cartagena del Pacto Andino, trabajó en el desarrollo de una base tecnológica adecuada que permita la explotación y utilización de los productos de los bosques tropicales andinos. Como resultado de este esfuerzo se publicó el "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino". Los requisitos que se presentan en el Título G del Reglamento NSR-98 fueron basados en este documento. Para el Reglamento NSR-10 se ha actualizado esta información utilizando numerosas investigaciones nacionales recientes y los requisitos de la última versión del manual del American Institute of Timber Construction. Por otro lado el Icontec ha desarrollado un amplio grupo de normas técnicas colombianas NTC sobre madera, las cuales se han incorporado como referencias normativas en el Reglamento NSR-10.

Para los requisitos para estructuras de guadua en el Reglamento NSR-10 se ha utilizado el borrador de norma ISO sobre este material y numerosas investigaciones nacionales, incluyendo un juego de normas NTC desarrolladas por el Icontec, las cuales se han incluido como referencias normativas en el Reglamento NSR-10. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, pp.27-28)

Título H — Estudios geotécnicos

Desarrollado y mantenido por el Subcomité H del Comité AIS 100 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica establecido en 1997.

- *Documentos base (Reglamento 1984) — No existía en el Reglamento de 1984*
- *Documentos base (Reglamento NSR-98) — ACDB y Norma AIS 100-97.*
- *Documentos base (Reglamento NSR-10) — IBC-2009 y Norma AIS 100-09.*

Este Título se introdujo por primera vez en el Reglamento NSR-98 pues no existía en el Reglamento de 1984. Para su primera versión se utilizó, en parte, el anteproyecto de Código de Bogotá desarrollado por la Universidad de los Andes para el Departamento Administrativo de Planeación del Distrito Especial de Bogotá y además se consultaron otros documentos nacionales y extranjeros.

Para la versión del Reglamento NSR-10 el contenido de este Título se ha reorganizado, modificado y modernizado con base en la experiencia del uso del Reglamento NSR-98 y nuevos avances en la geotecnia y ciencias afines. Como base parcial se consultaron los requisitos homólogos del International Building Code en su versión de 2009. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, p. 30)

Título I — Supervisión técnica

Desarrollado y mantenido por el Subcomité I del Comité AIS 100 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica establecido en 1997.

- *Documentos base (Reglamento 1984)* — No existía en el Reglamento de 1984.
- *Documentos base (Reglamento NSR-98)* — Reglamento 1984 y Norma AIS 100-97.
- *Documentos base (Reglamento NSR-10)* — Norma AIS 100-09.

Este Título se introdujo por primera vez en el Reglamento NSR-98 pues no existía este Título en el Reglamento de 1984. No obstante, en el Reglamento de 1984 se introdujo el término de Supervisión Técnica para la vigilancia de que la construcción se lleve a cabo de acuerdo con lo consignado en los diseños y planos y con las calidades adecuadas de los materiales de construcción. Se evitó el término “Interventoría” dada la connotación de fiscalización de dineros que tiene dentro del medio nacional. La Supervisión Técnica puede ser parte de la Interventoría, pero únicamente es obligatoria de acuerdo a la Ley 400 de 1997 la parte de Supervisión Técnica.

Para la versión del Reglamento NSR-10 el contenido de este Título se ha actualizado de acuerdo con la experiencia de la supervisión técnica realizada en el país bajo el uso del Reglamento NSR-98. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, p. 33)

Título J — Requisitos de protección contra incendios en edificaciones

Desarrollado y mantenido por el Subcomité J del Comité AIS 100 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica establecido en 1997.

- *Documentos base (Reglamento 1984)* — No existía en el Reglamento de 1984.
- *Documentos base (Reglamento NSR-98)* — ACDB y Norma AIS 100-97.
- *Documentos base (Reglamento NSR-10)* — NFPA, IBC-2009 y Norma AIS 100-09.

Este Título se introdujo por primera vez en el Reglamento NSR-98 pues no existía este Título en el Reglamento de 1984. Para su primera versión se utilizó, en parte, el anteproyecto de Código de Bogotá desarrollado por la Universidad de los Andes para el Departamento Administrativo de Planeación del Distrito Especial de Bogotá y además se consultaron otros documentos nacionales y extranjeros.

Para la versión del Reglamento NSR-10 el contenido de este Título se ha actualizado de acuerdo con la experiencia de su aplicación en el país bajo el uso del Reglamento NSR-98 además de las reglamentaciones de la NFPA y el International Building Code IBC-2009. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, p. 34)

Título K — Requisitos complementarios

Desarrollado y mantenido por el Subcomité K del Comité AIS 100 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica establecido en 1997.

- *Documentos base (Reglamento 1984)* — No existía en el Reglamento de 1984.
- *Documentos base (Reglamento NSR-98)* — ACDB y Norma AIS 100-97.
- *Documentos base (Reglamento NSR-10)* —IBC-2009 y Norma AIS 100-09.

Este Título se introdujo por primera vez en el Reglamento NSR-98 pues no existía este Título en el Reglamento de 1984. Para su primera versión se utilizó, en parte, el anteproyecto de Código de Bogotá desarrollado por la Universidad de los Andes para el Departamento Administrativo de Planeación del Distrito Especial de Bogotá y además se consultaron otros documentos nacionales y extranjeros.

Para la versión del Reglamento NSR-10 el contenido de este Título se ha actualizado de acuerdo con la experiencia de su aplicación en el país bajo el uso del Reglamento NSR-98 además de las reglamentaciones sobre vidrios en edificaciones de diferentes países y el International Building Code IBC-2009. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, p. 35)

II.1.11 Caracterización geotécnica del subsuelo del centro histórico de Cartagena de Indias

II.1.11.1 Parámetros geotécnicos

Caracterizada geotécnicamente el casco urbano de Cartagena en cinco áreas, se observa que las propiedades geomecánicas y características granulométricas de los suelos que constituyen a Zona I y Zona III presentan evidencias de ser susceptible a los fenómenos de licuación y expansión, respectivamente. Razón por la cual se realizó una evaluación preliminar del potencial de licuación y expansión.

II.1.11.2 Evaluación del potencial de licuación

Según Fernández (1992), para evaluar el potencial de licuación de los suelos se pueden usar dos parámetros: el primer criterio es la granulometría de los materiales; en general, los suelos propensos a licuación tienen un contenido de finos (materiales que pasan el tamiz No.200) menor del 10%, un coeficiente de uniformidad (C_u) entre dos y cinco, y un tamaño promedio indicado por el D_{60} (tamaño del 60% de los granos más finos del depósito) que varía entre 0,2 a 1,0 mm.

El segundo parámetro es la densidad del depósito. Materiales granulares con densidades relativas mayores del 80% son poco susceptibles a licuación puesto que tienden a generar presiones negativas de poros si son sometidas a esfuerzos de corte en condiciones no drenadas; de otra parte, los depósitos granulares con densidades relativas menores al 70%, usualmente generan presiones de poros positivas cuando se someten a corte no drenado, los cuales pueden llegar a tener una magnitud suficiente para iniciar la licuación del depósito.

Además de estos criterios, la posición del nivel freático es fundamental. (Fundación Socya, 2017, p.36)

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, y con base en los análisis de licuación realizados en el capítulo anterior para diferentes tipos de magnitudes de sismo en función σ_{prom}/σ'_v (relación del

esfuerzo cíclico cortante) y del número de golpe por pie (ensayo de penetración estándar), se han normalizado los depósitos susceptibles a licuación de suelos en el casco urbano de la ciudad de Cartagena, especialmente aquellos correspondientes a la Zona I. Los rangos establecidos se describen a continuación y se delimitan en los mapas de parámetros geomécnicos y de susceptibilidad. A continuación se observará los mapas de susceptibilidad, de cobertura vegetal, mapa geotécnico, etc., del sector Getsemaní:

II.1.11.3 Aptitud y uso del suelo

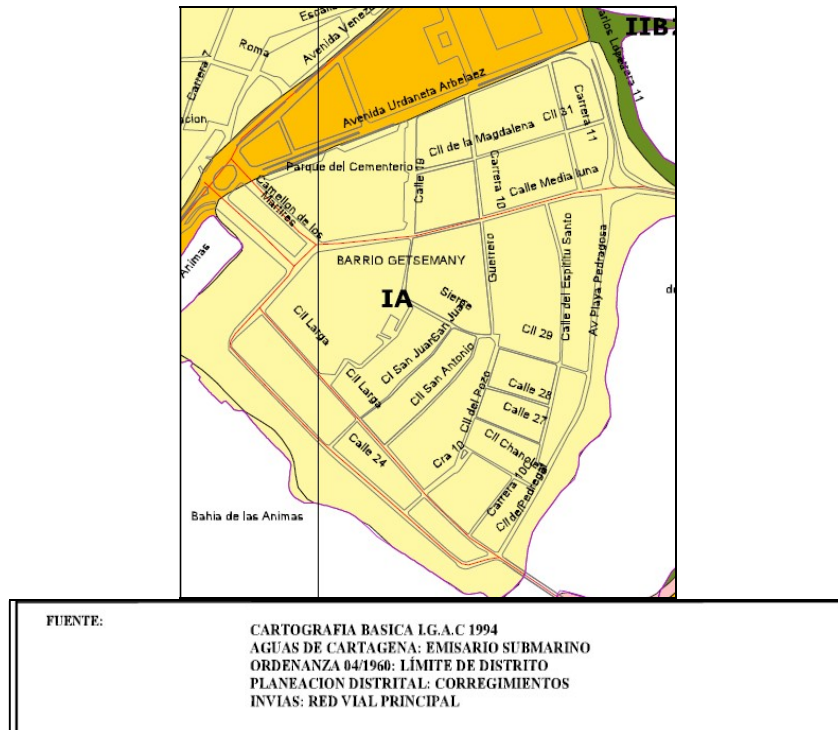


Figura 27. Mapa aptitud y uso de suelo del centro amurallado

IA

Sin problemas aparentes: los terrenos sin susceptibilidad aparente a fenómenos de remoción en masas (caídas, volcamientos, deslizamientos) o inundaciones. Localmente los suelos presentan potenciales bajos de licuación (suelos arenosos); y expansibilidad (suelos arcillosos). Afortunadamente no se presenta el efecto de volcanismo de lodo.

II.1.11.4 Cobertura vegetal

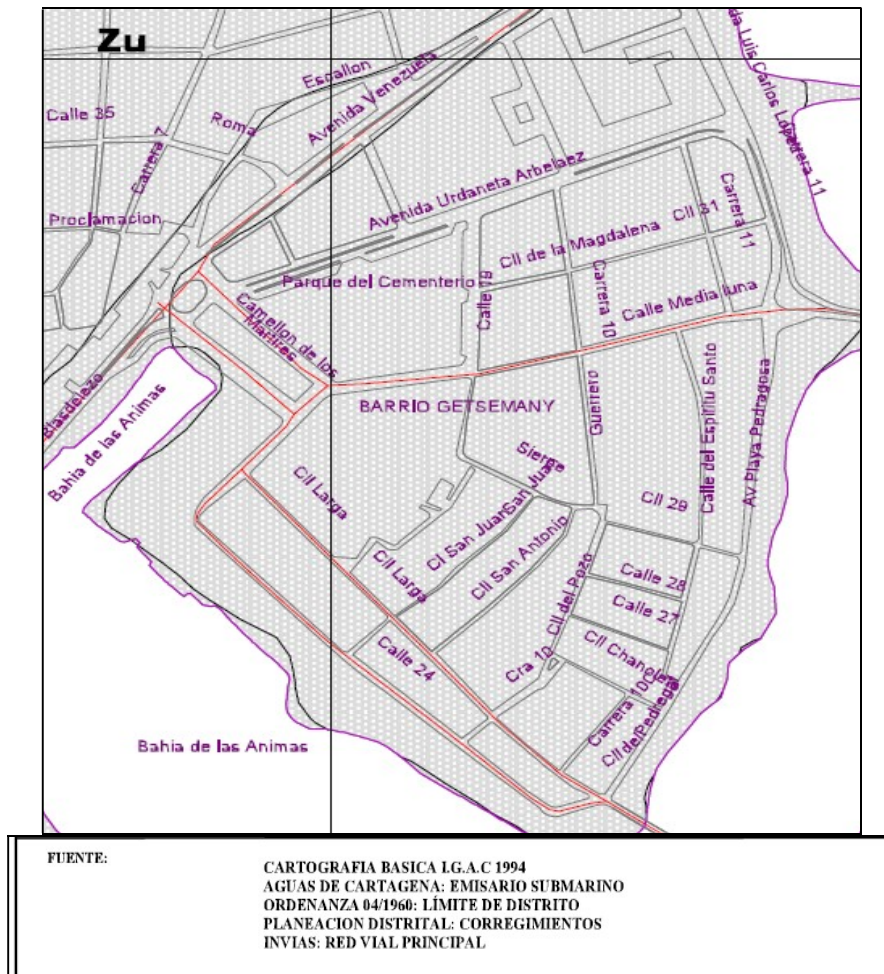


Figura 28. Zu - Zona urbana

La categorización del casco urbano de Cartagena, de acuerdo a su cobertura vegetal, se realizó mediante el análisis de su dosel, con base en fotografías aéreas y estudios previos. El barrio de Getsemaní se caracteriza por ser una zona urbana y este predomina en todo el centro amurallado.

II.1.11.5 Mapa de cuencas hidrográficas

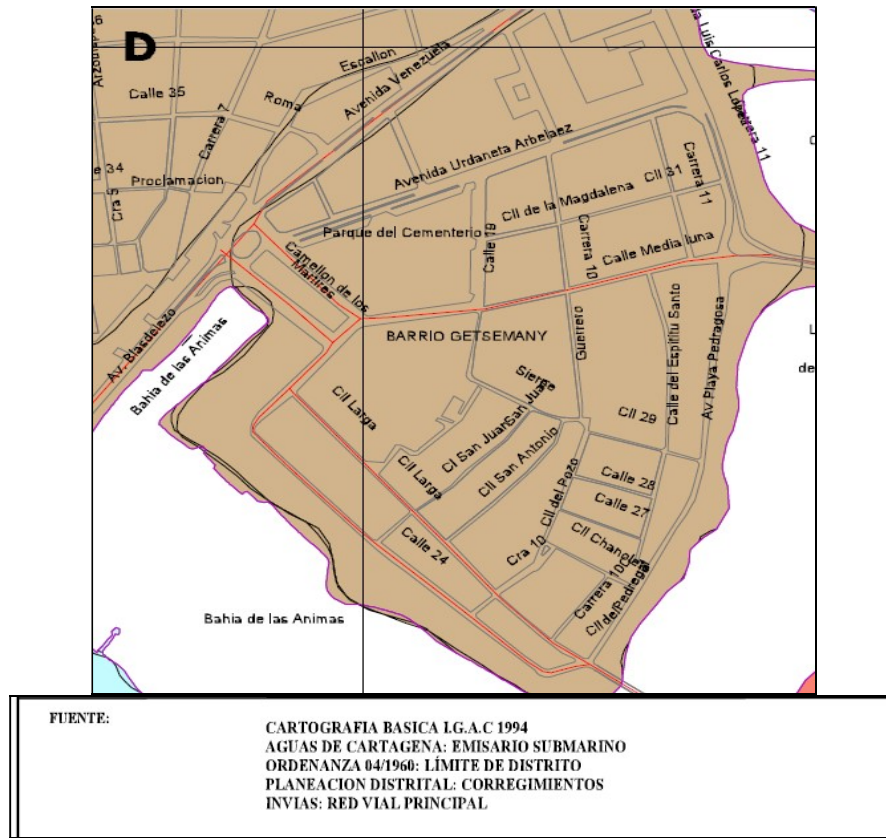


Figura 29. Sector amurallado (D) topografía plana

En el sector amurallado se encuentran los canales San Anastasio, Recinto Amurallado, Plaza de La Aduana, Getsemaní y Tablón de Badillo que conducen sus aguas hacia la bahía de Las Animas y la laguna de Chambacú.

Basado en que el modelo de disección (drenaje) depende de las características litológicas, climáticas y topológicas, se evaluaron dos elementos fundamentales: la densidad del drenaje y la pendiente promedio del cauce. Por tal motivo el área marrón denominada con una (D), el cual presenta una topografía plana, hace parte de un drenaje con microcuencas bajas, su área urbana no posee problemas.

Los rangos de valores para las condiciones de densidad del drenaje se definieron así: 0 a 25m/Ha, baja; de 25 a 45 m /Ha, densidad media; y mayores de 45 m/Ha, alta. La pendiente del cauce, entendida como el promedio ponderado para cada microcuencas se agrupa en tres rangos a saber 0o a 5 o baja, de 5 o a 15 o media, y mayores de 15 o alta, para luego ser evaluada con respecto a las zonas de densidad de drenaje.

II.1.11.6 Geomorfológico

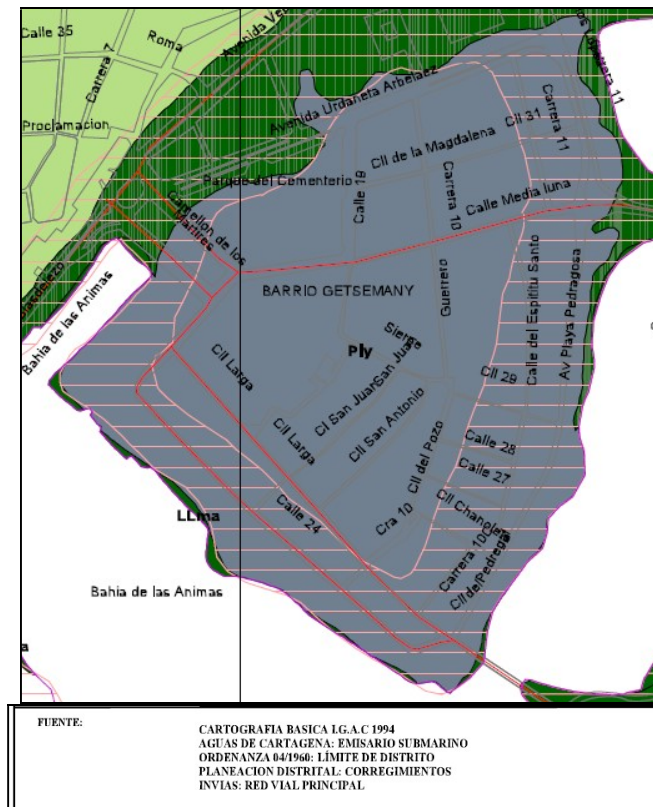


Figura 30. Mapa geomorfológico del centro histórico

“**Playones:** prismas o lóbulos arenosos, localmente con abundancia de fragmentos de concha, cuya génesis está relacionada con playas antiguas de gran extensión. Elevación: 1,8 – 3 m.s.n.m” (GEU, 2010, p.25).

“**Llanuras de manglar:** superficies cenagosas constituidas por lodos y arenas finas con abundancia en materia orgánica vegetal en descomposición, donde crece actualmente el manglar (Llmr) o sectores donde este se coloniza y en el momento se presentan rellenadas (Llma)” (GEU, 2010, p.25).

II.1.11.8 Litológico

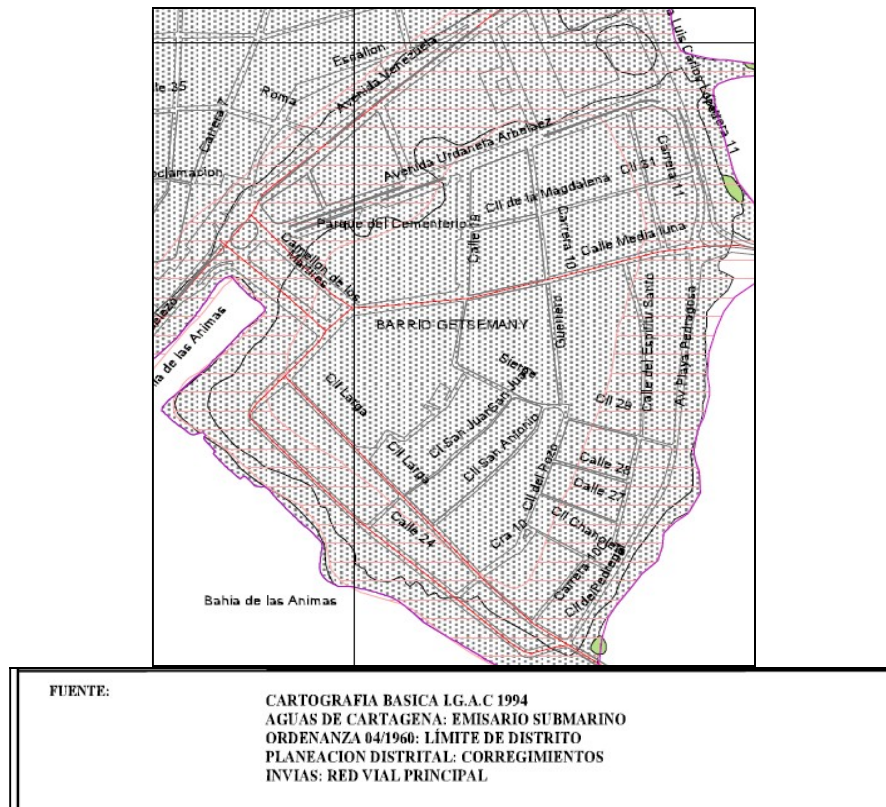


Figura 32. Mapa litológico del centro histórico

Depósitos de playón: Los depósitos de playón son acumulaciones arenosas con locales concentraciones de grava de origen lítico (chinas) y biodetrítico (fragmentos de concha y localmente coral). Representan antiguos niveles de playa, y conforman geformas de origen marino, tales como espigas, barras y playones propiamente dicho. (...)La composición y textura varía de un lugar a otro; sin embargo, en general, son arenas de grano fino-medio de colores pardo grisáceos con concentraciones locales de fragmentos de concha (0,5 - 3 cm) y gravas de 0,5 - 2 cm, además de materia orgánica acumulada por la acción marina en playas antiguas. Los espesores varían de un lugar a otro de 1 - 45 m, aproximadamente. En el centro de la ciudad es aproximadamente de 25 m. (Díaz, 2010, p.10)

II.1.11.9 Susceptibilidad a los fenómenos geológicos

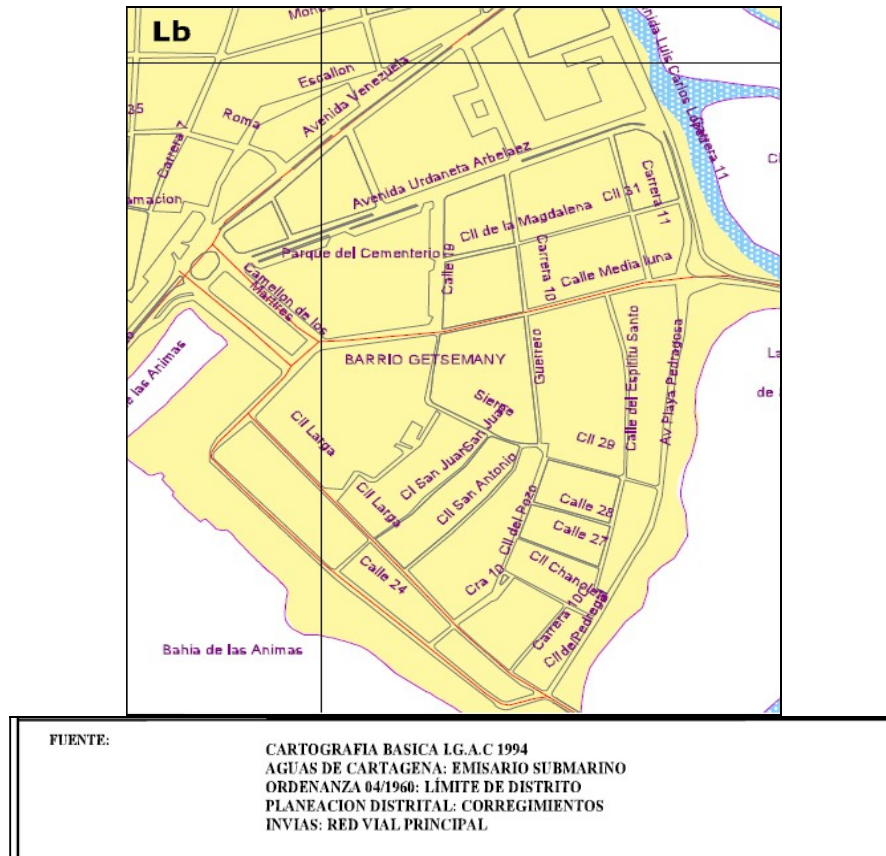


Figura 33. Mapa de susceptibilidad del centro histórico

II.1.11.10 Según la susceptibilidad a inundaciones la zona es moderado (Im)

Zonas altas de las llanuras intermareales y de manglar antiguos que bordean los cuerpos de agua de la ciudad. Se adoptan como límites de inundabilidad moderada la cota de 1 - 1,5 m. Sobre el nivel del mar calculado para eventos con periodo de retorno de 150 años. (CARINSA 1993, EDURBE Y Otros 1992, HIDROTEC 1981). Corresponde igualmente a las zonas aledañas a los cauces naturales donde las corrientes son de tipo torrencial con velocidades altas aun con lluvias de alta frecuencia.

II.1.11.11 Según a la susceptibilidad del potencial de licuación la zona es baja

Zonas constituidas por material arenoso saturado de compacidad media a compacta (Nº de golpes de ensayo de SPT, mayores de 15), con porcentajes finos mayores del 10% y densidad relativa (Dr) mayor del 18%.

Al realizar una evaluación del potencial de licuación, utilizando la metodología propuesta por la Comisión Asesora de Riesgo Sísmico y Volcánico del N.P.A.D, los esfuerzos cíclicos necesarios

para producir licuación son mayores que los esfuerzos cíclicos originados por el sismo de diseño en toda la profundidad del perfil típico de la zona.

II.1.11.12 Según investigaciones realizadas

II.1.11.12.1 Susceptibilidad moderada

La susceptibilidad moderada corresponde al rango de material arenoso con porcentaje de finos (% para tamiz No.200) entre el 5 - 10%, número de golpes por pie de penetración del ensayo de penetración estándar (SPT), entre 20 y 30 m, y el nivel freático aflora entre 1,5 y 2,0 m. Terrenos con estas características se presentan en los sectores de El Laguito, Bocagrande, Marbella, El Cabrero, parte nororiental del barrio Manga y El Cabrero.

II.1.11.12.2 Susceptibilidad baja

Al rango de susceptibilidad baja corresponden los suelos granulares-uniformes con porcentaje de finos (% para tamiz No.200) mayor del 10%, densidades relativas mayores del 80%, número de golpes por pie de penetración (SPT) mayor de 30, y donde el nivel freático aflora a profundidades mayores de dos m. Los sectores donde el subsuelo presenta algunas de las características mencionadas, corresponden a los barrios Crespo, sector Amurallado, isla Manzanillo y parte sur de la isla de Manga.

II.1.11.12.3 Evaluación de la recurrencia sísmica

Para cuantificar la relación de recurrencia de la actividad sísmica de la zona en estudio se utilizó la expresión propuesta originalmente por Ishimoto-Ida en 1939 y posteriormente adecuada por Richter (1958).

$$\text{Log } N = a - bM$$

Dónde:

N = número de sismos de magnitud M o mayor por unidad de tiempo.

a, b = parámetros que dependen de la región y son constantes determinadas de una regresión no-lineal del catálogo de sismicidad local.

Para la determinación de a y b se usó el método de mínimos cuadrados

Para la obtención de los parámetros a y b es necesario que la base de datos disponible esté completa y lo más actualizada posible, por tal motivo se utilizó datos sísmológicos desde el año 1963 al año 2003. La información sísmológica fue obtenida del catálogo sísmico del Proyecto SISRA (1985) hasta el año 1992 con los datos verificados publicados por el ISC (Internacional Seismological Centre) y actualizados hasta el año 2003 por el IGP (2003). Pero se encuentra generalmente en el rango $0.8 < b < 1.2$. (Frohlichy Davis, 1993 como se citó en Alva & Escalaya, 2011, p.10)

“El valor a, por otro lado, es una medida del nivel de sismicidad regional (Kossobokov y Keilis-Borok, 2000), es decir, el total de eventos esperados en la región” (Gómez, 2015. P. 19). Y Davis (1993). Este valor se discute a detalle en una sección subsecuente. El valor a, por otro lado, es una medida del nivel de sismicidad regional (Kossobokov y Keilis-Borok, 2000), es decir, el total de eventos esperados en la región.

Matemáticamente representa la extrapolación de la relación lineal hasta las magnitudes más pequeñas (cabe aclarar que los sismos pueden llegar a magnitudes menores que cero). Para la magnitud hay varias escalas, por ejemplo la magnitud local (ML), la magnitud de ondas de cuerpo (mb), la magnitud de ondas superficiales (MS) y la magnitud de momento (MW).

II.1.11.12.4 Datos de búsqueda sísmológica en la ciudad de Cartagena

“Se recopiló información sobre los eventos sísmicos desde 1.993 hasta 2.015, en un área circular con radio de 100 km, teniendo como centro el casco urbano de Cartagena” (Escorcía & Herrera, 2017, p.90).

Seleccione el tipo de Consulta			
<input checked="" type="radio"/> Consulta Circular		<input type="radio"/> Consulta Cuadrante	
Coordenadas límite en el espacio, coordenadas geográficas			
Longitud Mínima	-90	Longitud Máxima	-66
Latitud Mínima	-07	Latitud Máxima	15
Centro y radio del círculo			
Latitud Central	10.4	Longitud Central	-75.5
Radio (Km)		100	
Rango de Magnitud local (MI)			
Magnitud Mínima	0	Magnitud Máxima	9
Rango de Magnitud de momento (Mw)			
Magnitud Mínima	0	Magnitud Máxima	9
Rango de Profundidad, Km			
Profundidad Mínima	0	Profundidad Máxima	700
Errores, Seg.			
RMS Mínima	0	RMS Máxima	10
Gap, Grados			
Gap Mínimo	0	Gap Máximo	360
Error en Profundidad, Longitud, Latitud (Km)			
Error Profundidad Mínima	0	Error Profundidad Máxima	999
Error Longitud Mínima	0	Error Longitud Máxima	999
Error Latitud Mínima	0	Error Latitud Máxima	999

Figura 34. Consulta en la red sísmológica nacional

Luego de recopilar la información de los sismos, en la página de la red sísmológica nacional de Colombia, realizamos una consulta de forma experta el cual nos arrojó un mapa de los puntos de los sismos ocurridos en cada etapa de los eventos sísmicos desde 1993 hasta el 2015. (Escorcía & Herrera, 2017, p.90).

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO
Red Sismologica Nacional de Colombia
Mapa de Sismicidad

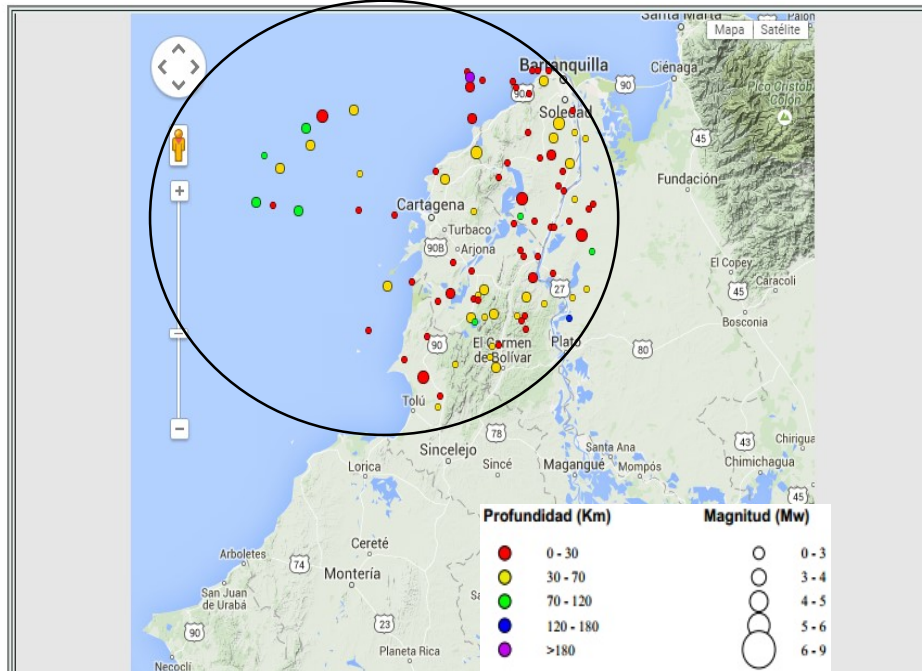


Figura 35. Sismos no asignados para Cartagena $r=100\text{km}$

“Con esta información se hizo un análisis de recurrencia sísmica para determinar la frecuencia de sismos de magnitudes y la máxima magnitud que se puede esperar en esta zona de influencia” (Escorcía & Herrera, 2017, p. 91), con el fin de utilizarlo en la evaluación del potencial de licuación.

Datos de la red sísmológica (ubicación y magnitudes)

Red Sísmológica Nacional de Colombia																
Fecha aaaa/mm/dd	Hora UTC hh:mm:ss	Latitud Grados	Longitud Grados	Profundidad Km	Magnitud MI	Magnitud Mw	Departamento	Municipio	#Estaciones	Rms Seg	Gap Grados	Error Latitud (Km)	Error Longitud (Km)	Error Profundidad (Km)		
15/10/1993	20:04:09	10.442	-74.985	22.7	4.2		ATLANTICO	MANATI	6	1	327	69	50.5	80.3		
24/02/1997	23:24:24	10.402	-74.872	0	4.6		ATLANTICO	CAMPO DE LA CRUZ	6	0.8	331	48.7	51.5	99.9		
01/05/1997	18:49:13	10.975	-74.882	32	3.6		ATLANTICO	GALAPA	5	0.3	322	86.3	43	8.3		
28/03/1998	0:40:03	10.281	-74.686	6	4.3		MAGDALENA	EL PINON	5	0.8	314	23.3	19.8	99.9		
23/06/1998	2:35:24	10.584	-76.22	40.1	3.3		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	5	0.9	265	23.2	49.3	99.9		
23/06/1998	3:45:45	10.764	-76.088	118.7	3.5		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	5	0.1	267	8.2	15.7	54.4		
23/06/1998	7:32:41	10.568	-75.82	44.1	2.8		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	5	0.3	256	14.5	37.1	99.9		
24/06/1998	8:34:48	10.637	-76.134	0	4.6		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	14	1.1	240	18.9	33.7	28.7		
24/06/1998	9:33:40	10.398	-76.124	100.2	3.1		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	5	0.5	285	10.6	22	60.6		
24/06/1998	10:04:09	10.988	-75.258	232.8	3.4		ATLANTICO	PIOJO	4	0	287	38	41.4	87		
30/07/1998	5:14:50	10.644	-74.842	21.2	3.7		ATLANTICO	SABANALARGA	5	0.9	236	21.4	41.4	43.8		
25/08/1998	21:39:21	10.595	-76.225	0	4.3		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	6	1.5	318	44	37.5	63.1		
23/05/1999	10:40:16	10.808	-75.244	3.9	3.2		ATLANTICO	PIOJO	5	3	323	45	73.6	30.2		
29/07/2001	2:13:35	10.843	-75.846	44	3.7		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	7	0.4	265	21.5	17.8	16.3		
11/11/2001	18:25:17	10.686	-76.063	45.4	3.2		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	5	1.1	264	27.4	39.4	99.9		
28/08/2002	2:11:23	9.648	-75.489	11.6	4.2		SUCRE	SAN ONOFRE	9	1.3	272	37.2	25.9	30.5		
12/11/2002	20:57:24	10.06	-75.676	45.1	3.6		BOLIVAR	TURBANA	5	0.4	326	99.9	74	99.9		
25/04/2004	2:02:07	9.929	-75.193	46.8	2.7		BOLIVAR	SAN JUAN NEPOMUCENO	4	0.7	307	42.4	56.3	37.1		
20/06/2004	21:58:02	10.812	-76	24	4		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	8	0.5	267	11.7	18.2	33.5		
03/07/2005	17:56:49	10.223	-74.646	119.4	2.9		MAGDALENA	CHIVOLO	4	0.1	201	11.4	35.5	39.2		
17/08/2005	8:00:33	9.938	-75.133	55.1	3		BOLIVAR	SAN JUAN NEPOMUCENO	4	0.4	216	6.6	14.5	71.7		
02/05/2006	18:16:46	10.779	-74.799	32.1	4.6		ATLANTICO	SABANAGRANDE	7	0.6	320	73.8	35.9	90.3		
06/06/2006	14:23:04	10.652	-75.219	38.4	4.5		ATLANTICO	LURUACO	7	0.4	318	17.2	42.1	66.6		
05/11/2006	22:38:20	10.722	-74.836	41	3.7		ATLANTICO	POLOLUEVO	6	0.7	320	29.5	33.4	99.9		
04/01/2009	1:11:00	10.139	-75.258	19.1	2.7		BOLIVAR	MAHATES	5	0.2	271	6.9	20.6	23.1		
08/09/2009	6:19:09	10.407	-75.825	12.9	2.9		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	4	0.1	238	13.3	5.9	17.1		
09/11/2009	6:13:09	10.231	-75.011	21.9	2.8		MAGDALENA	PEDRAZA	10	0.5	236	9.2	18.9	28.1		
02/05/2010	8:42:02	10.515	-74.817	25.5	2.5		MAGDALENA	SALAMINA	5	0.2	237	13.2	5.3	23.7		
08/06/2010	21:50:42	10.726	-74.68	41	2.5		MAGDALENA	REMOLINO	8	0.5	242	16.1	4.6	20.9		
31/07/2010	8:26:23	10.428	-76.261	18	2.7		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	9	0.3	235	14.2	8	24.7		
10/09/2010	8:10:24	11.03	-74.924	10.2	2.5		ATLANTICO	PUERTO COLOMBIA	8	0.3	211	6.7	5.7	15.8		
18/09/2010	15:34:10	9.925	-74.764	120.3	2.5		MAGDALENA	TENERIFE	5	0.3	199	7	7	21.5		
03/04/2011	12:20:19	10.432	-76.336	84	3.2		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	9	0.3	235	10.8	3.7	28		
15/06/2011	21:23:14	11.029	-74.948	4	2.7		ATLANTICO	PUERTO COLOMBIA	6	0.2	239	7.7	8.3	5.9		
22/06/2011	13:56:16	10.331	-74.84	22.2	2.6		MAGDALENA	CERRO DE SAN ANTONIO	5	0.3	282	12.3	16.2	18.3		
08/07/2011	11:55:17	10.755	-74.969	15.8	2.6		ATLANTICO	USIACURI	5	0.3	274	5.6	6.4	5.2		
20/07/2011	16:13:14	9.921	-75.251	34	3.1		BOLIVAR	MARIA LA BAJA	9	0.3	246	4.7	6.7	3.8		
19/08/2011	10:24:32	9.529	-75.425	56	2		SUCRE	COLOSO	5	0.3	249	9.1	8.3	13.6		
25/11/2011	21:51:37	10.538	-75.38	67.9	3.3		BOLIVAR	SANTA ROSA	7	0.6	241	8.7	5.4	11.2		
28/11/2011	9:43:08	10.357	-74.939	28.9	2.4		ATLANTICO	SANTA LUCIA	5	0.2	217	5	4.2	4.3		
22/12/2011	3:02:36	10.851	-74.744	10.3	2.1		ATLANTICO	MALAMBO	4	0.3	281	6.6	5.4	6.9		
04/01/2012	10:22:48	10.551	-75.118	28.9	1.8		ATLANTICO	REPELON	5	0.2	232	6.1	7.7	17.1		
21/01/2012	17:56:00	9.698	-75.125	32.1	3.6		BOLIVAR	EL CARMEN DE BOLIVAR	11	0.4	207	5.2	4.9	13.9		
27/01/2012	1:08:42	9.754	-75.161	32	2.6		BOLIVAR	EL CARMEN DE BOLIVAR	7	0.4	237	8.2	6.3	18.9		
05/03/2012	20:58:40	10.01	-74.968	32.1	3.5		BOLIVAR	EL GUAMO	10	0.3	210	5.8	4.5	14.5		
26/03/2012	11:58:30	9.743	-75.597	21.8	2.2		SUCRE	SAN ONOFRE	8	0.3	193	3.3	3.3	3.9		
02/04/2012	5:07:04	10.373	-76.147	0	2		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	4	0.4	244	10.9	5.4	9.8		
06/04/2012	15:15:51	10.028	-75.221	32.1	2.6		BOLIVAR	MARIA LA BAJA	7	0.6	236	19.3	17.6	34.4		
10/04/2012	6:38:31	10.402	-75.243	32.1	2.9		BOLIVAR	VILLANUEVA	9	0.5	191	6.6	4.8	15.5		
22/04/2012	18:07:32	10.755	-74.733	31	2.6		ATLANTICO	PALMAR DE VARELA	7	0.5	199	7.7	6.1	19.1		
30/04/2012	4:40:14	9.847	-75.483	19.5	2.6		SUCRE	SAN ONOFRE	13	0.3	196	3.5	2.6	4.1		
08/05/2012	11:31:47	10.175	-75.351	22.3	2.2		BOLIVAR	ARJONA	7	0.3	232	10	9.6	14.6		
18/05/2012	3:56:36	10.089	-75.561	24.8	1.7		BOLIVAR	TURBANA	4	0.3	270	8.5	5.8	4.3		
08/06/2012	8:03:29	10.456	-74.733	50.9	2.7		MAGDALENA	SALAMINA	7	0.2	229	3.7	2.5	9.8		
31/08/2012	3:00:41	10.019	-74.748	32.1	2.4		MAGDALENA	CHIVOLO	6	0.4	202	7.5	6.3	24		
07/10/2012	1:59:49	9.799	-75.153	32.1	2		BOLIVAR	SAN JACINTO	4	0.3	187	5	8.4	15.6		

10/01/2013	11:08:40	10.028	-75.356	27.3	3.1	3.3	BOLIVAR	MARIA LA BAJA	9	0.6	145	3.1	4.9	3.2
09/02/2013	17:01:35	10.38	-74.8	0	1.5		MAGDALENA	EL PINON	4	0.5	178	5.6	4.7	10.9
13/04/2013	4:01:43	10.329	-74.853	22.6	2.3		MAGDALENA	CERRO DE SAN ANTONIO	5	0.5	180	3.9	13	16.3
10/06/2013	6:54:29	9.914	-75.004	20.4	2.4		BOLIVAR	SAN JUAN NEPOMUCENO	9	0.5	221	2.9	5.8	4.8
23/06/2013	4:37:28	10.382	-75.009	87.1	1.8		ATLANTICO	SANTA LUCIA	4	0.3	233	3.8	9.1	20.3
21/08/2013	23:00:42	10.638	-74.91	14.8	2.1		ATLANTICO	SABANALARGA	5	0.3	255	3.9	2.8	4.1
22/09/2013	21:03:23	10.58	-74.796	18	2.1		ATLANTICO	PONEDERA	4	0.4	294	5.7	6.1	4.3
23/09/2013	12:15:05	9.721	-75.339	68	2.8	2.9	SUCRE	CHALAN	6	0.7	271	6.3	15.1	50.2
27/09/2013	1:22:28	10.199	-74.921	21.4	2.1		MAGDALENA	PEDRAZA	4	0.3	281	5.2	4.8	3.4
15/10/2013	5:22:54	11.028	-74.865	14	1.4		ATLANTICO	BARRANQUILLA	5	0.5	241	12.4	7.9	21.5
15/10/2013	16:11:12	9.879	-74.984	22.8	1.8		BOLIVAR	SAN JUAN NEPOMUCENO	4	0.4	173	8.3	3.7	5.4
04/11/2013	22:15:07	10.648	-76.306	88.8	2.8	3.1	BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	12	0.5	280	6.2	7.3	13
04/12/2013	14:53:10	9.871	-75.778	16.4	2.4		SUCRE	SAN ONOFRE	5	0.2	289	6.1	4.2	2.8
26/12/2013	5:11:51	10.414	-74.662	19.9	1.8		MAGDALENA	PIVUJAY	5	0.4	165	2.9	4.2	4.7
26/12/2013	7:34:32	11.005	-75.26	7	2		ATLANTICO	JUAN DE ACOSTA	4	0.4	265	4.5	5.4	5.5
07/01/2014	8:29:43	10.004	-75.424	27.7	1.6		BOLIVAR	MARIA LA BAJA	6	0.3	285	4.8	5.8	2.7
05/02/2014	16:28:22	9.939	-74.989	21.5	1.9		BOLIVAR	SAN JUAN NEPOMUCENO	4	0.4	192	7.8	3.5	4.7
21/04/2014	1:12:20	10.985	-75.203	4.4	2.1		ATLANTICO	TUBARA	4	0.4	261	5.8	7.2	9.7
06/05/2014	9:39:59	10.961	-75.262	12.5	2.3		ATLANTICO	PIOJO	8	0.5	263	5.7	7	5.3
06/05/2014	12:13:22	10.948	-75.255	10.3	3.2	3.3	ATLANTICO	PIOJO	13	0.5	189	3.8	4.3	4.3
12/05/2014	7:56:52	10.98	-75.048	16	1.7		ATLANTICO	PUERTO COLOMBIA	5	0.5	249	7.4	8.8	6.8
16/05/2014	13:56:34	10.012	-75.244	12	2.5		BOLIVAR	MARIA LA BAJA	7	0.4	287	5.5	4.9	2.8
17/05/2014	8:00:18	10.954	-75.03	16	1.4		ATLANTICO	PUERTO COLOMBIA	4	0.3	247	5.7	6.4	5.1
17/05/2014	8:06:39	10.923	-74.963	9.6	1.9		ATLANTICO	TUBARA	6	0.3	240	2.9	3.8	4.2
17/05/2014	20:16:26	10.005	-75.224	12.4	2.1		BOLIVAR	MARIA LA BAJA	6	0.3	291	4.8	4	2.2
21/05/2014	12:46:11	10.908	-74.916	0	1.5		ATLANTICO	GALAPA	4	0.3	235	5.4	6.5	8.9
24/06/2014	4:07:18	10.961	-74.873	0	2.3		ATLANTICO	GALAPA	9	0.4	236	5.3	6	7
12/07/2014	8:47:58	9.908	-75.241	90	2.2		BOLIVAR	MARIA LA BAJA	4	0.2	320	6.2	7.5	19.7
23/08/2014	7:17:42	10.578	-75.436	4	2.2		BOLIVAR	CLEMENCIA	4	0.2	264	2.5	5.7	6.1
29/08/2014	10:41:26	10.204	-74.993	29.8	1.8		BOLIVAR	ARROYOHONDO	4	0.2	187	2.1	9	10
04/10/2014	10:13:58	10.495	-74.79	17.5	2.7		MAGDALENA	SALAMINA	15	0.6	187	3.3	4.1	5.1
15/10/2014	15:30:23	9.988	-74.888	55.5	1.5		MAGDALENA	TENERIFE	4	0.4	137	3.3	5.1	8.4
21/10/2014	6:10:00	9.804	-75.117	29.7	2.8		BOLIVAR	SAN JACINTO	17	0.4	118	2.4	3.4	3.2
19/01/2015	11:01:39	10.055	-74.673	36.1	2.3		MAGDALENA	CHIVOLO	8	0.5	169	4	3.2	9.4
20/01/2015	17:34:41	9.938	-75.023	36.7	2.1		BOLIVAR	SAN JUAN NEPOMUCENO	6	0.3	168	3.5	4.6	6.5
08/02/2015	8:25:04	9.577	-75.417	16.4	1.9		SUCRE	COLOSO	6	0.6	239	10.8	10.4	9.4
24/02/2015	10:04:18	10.359	-74.764	22.5	2.4		MAGDALENA	EL PINON	9	0.5	184	2.9	4.2	4.9
25/02/2015	8:50:35	10.349	-75.043	15.2	2.1		BOLIVAR	SAN CRISTOBAL	8	0.4	203	7.8	12.5	13.4
02/03/2015	4:35:43	10.435	-74.64	19	1.8		MAGDALENA	PIVUJAY	4	0.3	228	2.3	6.3	3.7
06/03/2015	1:02:03	10.127	-74.842	23.2	2.4		MAGDALENA	PEDRAZA	10	0.4	179	2.3	2.9	3.2
04/04/2015	15:16:35	10.609	-74.751	40	3.4	3.6	ATLANTICO	PONEDERA	26	0.5	170	2.7	2.9	19.1
07/05/2015	12:33:08	11.023	-75.277	18.3	2		ATLANTICO	JUAN DE ACOSTA	4	0.1	252	5.9	3.7	6.3
21/05/2015	12:59:18	10.099	-74.936	23.2	3		BOLIVAR	EL GUAMO	17	0.6	154	3.3	3.1	3.9
16/06/2015	11:28:07	10.045	-75.186	30.5	3.2	3.4	BOLIVAR	MARIA LA BAJA	19	0.6	176	3.3	3.1	3.3
09/08/2015	13:06:24	10.616	-75.075	18	2.2		ATLANTICO	LURUACO	6	0.4	229	3.7	5.6	5.9
10/08/2015	2:42:38	10.384	-75.648	20.8	2		BOLIVAR	CARTAGENA DE INDIAS	4	0.3	328	7.5	7.1	3.5

Tabla 5. Datos de sismos y ubicación

Se tabuló la magnitud local de los sismos ocurridos según la red y el número de veces que ocurrió dentro de los 100km de radio.

MAGNITUD ($\geq M_l$)	Nº
1.4	2
1.5	3
1.6	1
1.7	2
1.8	5
1.9	3
2	6
2.1	8
2.2	5
2.3	4
2.4	6
2.5	6
2.6	5
2.7	3
2.8	2
2.9	3
3	2
3.1	3
3.2	5
3.3	2
3.4	2
3.5	2
3.6	3
3.7	3
3.8	
3.9	
4	1
4.1	
4.2	2
4.3	2
4.4	
4.5	1
4.6	3

Tabla 6. Magnitudes de sismos y cantidades

La tabla 5 contiene las magnitudes y la cantidad de eventos ocurridos por dicha magnitud y como se muestra, la mayor cantidad de sismos

se presentan entre los 1.8 y 2.5 grados de Richter.

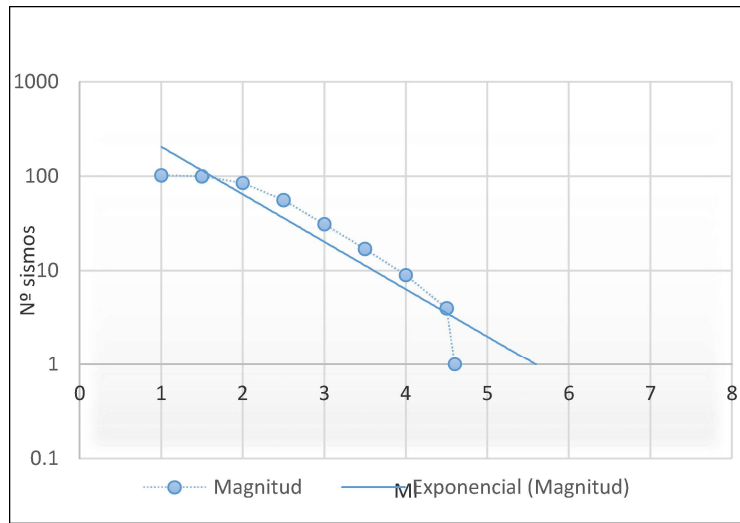
Para hacer la curva, se tabulo la magnitud local con los números totales de sismos en la zona centro.

Ml	Nº
1	102
1.5	100
2	85
2.5	56
3	31
3.5	17
4	9
4.5	4
4.6	1

Tabla 7. Magnitud total

Se presentó una curva la cual es decreciente, pero el dato de magnitud de 4.6 no influye mucho en dicha curva pero como se ve en la tabla 1.2. La mayoría de los sismos se encuentran entre 1 y 2.5 grados en la escala de Gutenberg-Richter. De tal forma, los sismos futuros que pueden ocurrir, serán bajos y lo máximo que se encontrara es de 5.5 grados aproximadamente.

Curva de magnitud vs número de sismos



Gráfica 4. Curva de magnitud sísmica con respecto a número de sismos presentados

II.1.11.12.5 Ubicación de sondeos

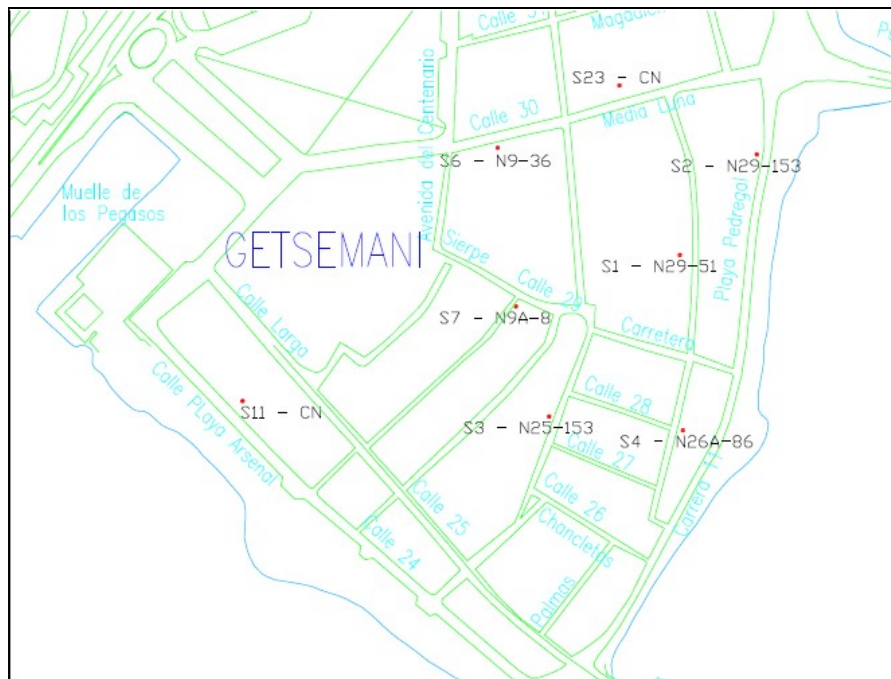


Figura 36. Mapa tomado de AutoCAD. Getsemaní. Fuente “Evaluación del potencial de licuación y comportamiento sísmico de los depósitos de playa en el casco urbano de Cartagena”

Fuente: Sujey María Bermúdez Pérez; Martín Rafael Bohórquez Marrugo

Este mapa se tomó como base para realizar, en parte, el mapa geológico-geotécnico, teniendo en cuenta la ubicación de los sondeos proporcionados por los distintos ingenieros civiles. Todo esto para realizar los perfiles del subsuelo y evaluar el comportamiento dinámico de este.

II.1.11.12.6 Estudios de laboratorio

Sobre las muestras obtenidas, se deben realizar ensayos de clasificación: granulometría, límites de plasticidad, peso unitario, peso específico de sólidos, humedad, etc. Esta información se requiere para establecer la composición y variabilidad en las zonas identificadas en el estudio preliminar y para los análisis del potencial de licuación en cada sitio.

Usualmente los problemas de licuación se presentan en suelos granulares relativamente sueltos, en los cuales es muy difícil obtener muestras inalteradas que permitan determinar directamente el peso unitario total (G_t), indispensable para calcular los esfuerzos totales y efectivos. Una forma de estimar este parámetro en materiales saturados consiste en determinar la humedad natural (w) y el peso específico de sólidos (G_s), los cuales se relacionan con el peso unitario mediante la siguiente expresión:

$$G_t = \frac{G_w(1+w)}{\frac{1}{G_s} + w} \quad \text{Ecuación 1. Gravedad específica}$$

En la ecuación (5) G_w corresponde al peso unitario del agua, cuyo valor se puede adoptar como 1 ton/m³.

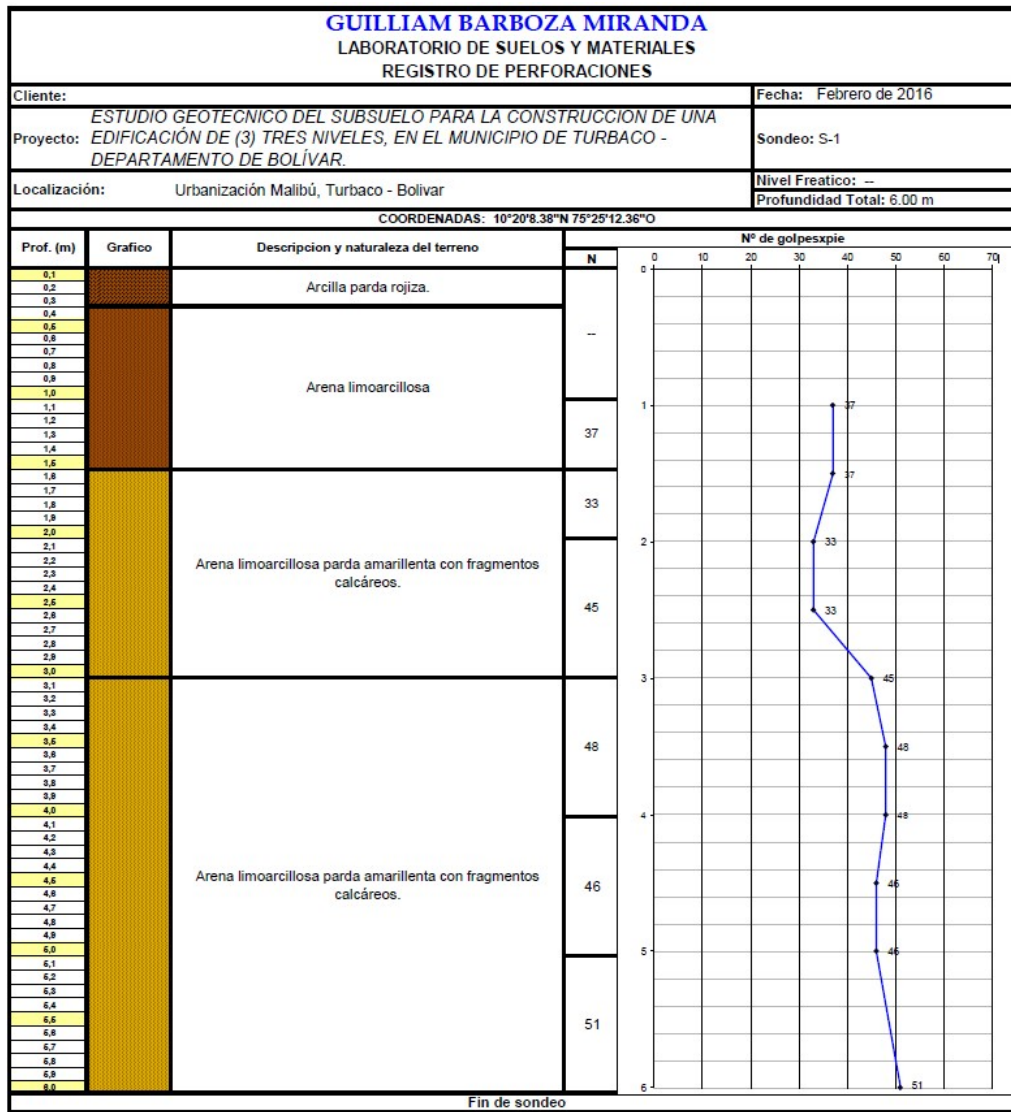
II.1.11.12.7 Análisis de resultados

Utilizando las correlaciones disponibles y la información sobre el evento sísmico esperado, se podrá evaluar el potencial de licuación de los depósitos encontrados y estimar la magnitud de los daños que se pueden presentar en un área dada.

En el Código se define el sismo de diseño como un evento que produce una aceleración horizontal pico tal que la probabilidad de que sea excedida en un lapso de 50 años sea del 10%.⁷

Los distintos sondeos que se recopilieron deberán estar formalmente presentados teniendo en cuenta el formato siguiente, ya que este describe básicamente la altura de los estratos y el número de golpes por pie de esta.

⁷ EVALUACIÓN DE POTENCIAL DE LICUACIÓN. Sistema Nacional para la Atención y Prevención de Desastres de Colombia (S.N.A.P).



Gráfica 5. Formato guía para descripción de sondeos
(Ing. Guilliam Barbosa Miranda)

Los estudios de laboratorio brindados por los ingenieros que realizaron sondeos en esta área de la ciudad, se organizaron de la siguiente forma:

GUILIAM BARBOZA MIRANDA MSc GEOTECNIA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
REGISTRO DE PERFORACIONES

Perforación N°	Muestra N°	Profundidad d (m)	Wn (%)	Análisis de Consistencia				Pasa No. 4 (%)	Pasa No. 200 (%)	G _s	Módulo de Elasticidad (T/m ²)	C _u (T/m ²)	Φ (grados)	No. De Golpes/pié	S.U.C.S	Descripción del Suelo	γ _t (Ton/m ³)	γ _d (Ton/m ³)
				LL (%)	LP (%)	IP (%)												
Sondeo-1	2	0,50	17,20	39	23	16	100,00	79,30	--	2700	3,96	--	9	CL	Arcilla limoarenosa parda oscura.	--	--	
	4	2,50	29,30	51	25	26	98,10	88,80	2,75	3600	5,28	--	12	CH	Arcilla parda amarillenta con velas grises, óxido y calizas.	2,00	1,55	
	7	8,00	10,00	26,10	49	23	26	100,00	90,20	2,738	7200	10,56	--	24	CL	Arcilla limosa parda amarillenta con velas grises.	2,10	1,67
Sondeo-2	7	8,00	8,50	28,3	38	22	16	100,00	79,60	--	2700	3,96	--	9	CL	Arcilla limoarenosa parda amarillenta.	--	--
	8	9,00	9,50	19,00	34	21	13	100,00	38,30	--	13768	--	35	SC	Arena arcillosa parda amarillenta con velas grises y óxido.	1,84	1,55	
Sondeo-3	2	2,50	3,00	30,30	47	25	100,00	90,10	2,73	3600	5,28	--	12	CL	Arcilla limosa parda oscura con velas grises y calizas.	2,10	1,61	
	6	9,00	9,50	23,60	33	21	12	100,00	38,30	--	3217,2	--	35	SC	Arena arcillosa parda clara con velas grises y óxido.	2,04	1,65	
	9	14,50	15,00	24,60	49	24	25	100,00	91,20	--	14400	21,12	--	48	CL	Arcilla limoarenosa parda amarillenta con velas grises y óxido.	--	--
Sondeo-4	2	1,50	2,00	27,90	32	20	12	84,40	35,20	--	6600	9,68	--	22	SC	Arena limoarcillosa parda oscura con graves.	--	--
	4	3,50	4,00	28,30	48	23	25	94,20	86,90	--	4500	6,60	--	15	CL	Arcilla limosa amarillenta con velas grises, óxido y calizas.	--	--
	9	16,50	17,00	25,60	49	23	26	100,00	91,20	--	12600	18,48	--	42	CL	Arcilla limoarenosa parda amarillenta con velas grises.	--	--

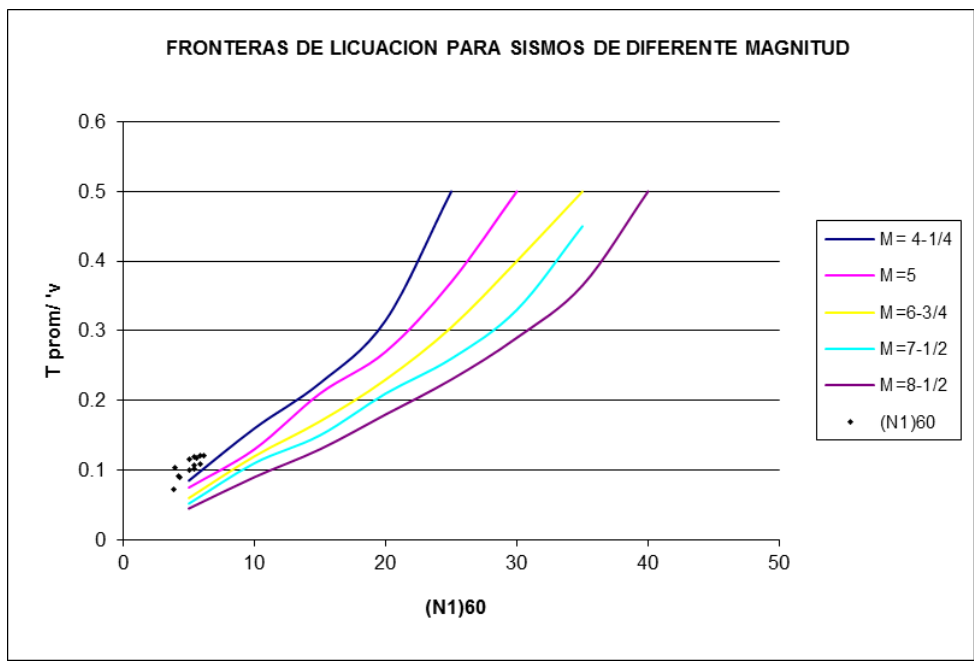
Tabla 8. Formato guía de registro de perforaciones
(Ing. Guilliam Barboza Miranda)

Al momento de ingresar la información, la tabla nos arrojó varios datos que servirán para calcular los esfuerzos y por consiguiente el potencial de licuación y así poder evaluarlos para desarrollar este trabajo de grado.

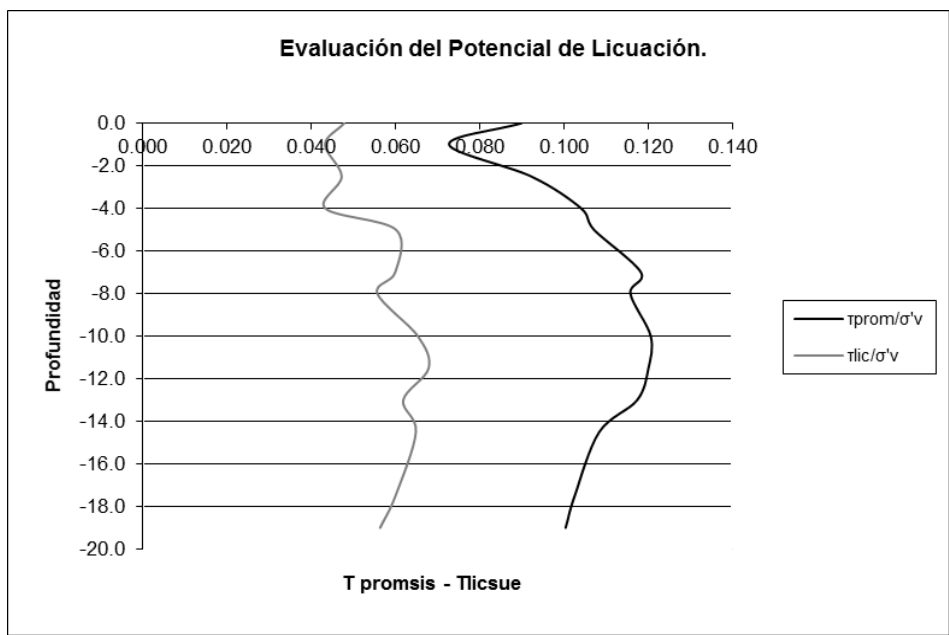
Tabla y gráficas de evaluación del potencial de licuación

Prof. m	N medido golpes/pie	F %	IP %	NP m	Gt ton/m3	u ton/m2	σv ton/m2	σ'v ton/m2	rd	τprom/σ'v	Cn	CF	(N)/60	Tic/σ'v	CP	(τprom/σ'v)/CP	Condicion de licuación	Observaciones
1,0	3	7,2	5	0,6	1,44	0,4	1,440	1,0	1,00	0,090	0,403	4,287	4	0,048	1	0,090	-0,042	Licuable
2,5	2	6,0	5	0,6	1,41	0,4	3,555	3,2	0,99	0,073	0,205	3,891	4	0,043	1	0,073	-0,029	Licuable
4,0	11	7,0	5	0,6	1,75	1,9	6,180	4,3	0,98	0,092	0,151	4,225	4	0,047	1	0,092	-0,045	Licuable
5,0	8	6,0	5	0,6	1,67	3,4	8,685	5,3	0,97	0,104	0,114	3,891	4	0,043	1	0,104	-0,061	Licuable
7,0	12	12,0	5	0,6	1,76	4,4	10,445	6,0	0,95	0,107	0,090	5,396	5	0,060	1	0,107	-0,047	Licuable
8,0	2	12,0	5	0,6	1,41	6,4	13,265	6,9	0,94	0,118	0,067	5,396	5	0,060	1	0,118	-0,058	Licuable
10,0	23	10,0	5	0,6	1,93	7,4	15,195	7,8	0,91	0,116	0,044	5,000	5	0,056	1	0,116	-0,060	Licuable
11,5	3	15,0	5	0,6	1,44	9,4	18,075	8,7	0,89	0,121	0,025	5,880	6	0,065	1	0,121	-0,055	Licuable
13,0	6	16,7	5	0,6	1,62	10,9	20,505	9,6	0,86	0,120	0,007	6,114	6	0,068	1	0,120	-0,052	Licuable
14,5	12	13,0	5	0,6	1,76	12,4	23,145	10,7	0,84	0,117	0,002	5,570	6	0,062	1	0,117	-0,056	Licuable
17,5	31	14,7	5	0,6	2,00	13,9	26,145	12,2	0,78	0,108	0,007	5,837	6	0,065	1	0,108	-0,044	Licuable
19,0	34	12,0	5	0,6	2,03	16,9	32,235	15,3	0,75	0,103	0,015	5,396	5	0,060	1	0,103	-0,043	Licuable
19,5	39	10,3	5	0,6	2,07	18,4	35,340	16,9	0,74	0,100	0,018	5,064	5	0,056	1	0,100	-0,044	Licuable

Tabla 9. Formato guía para evaluar los esfuerzos mediante el número de golpes y la profundidad de los estratos (Ing. Guilliam Barbosa Miranda)



Gráfica 6. Guía de relación τ promedio/ σ_v contra $(N1)_{60}$
(Ing. Guilliam Barbosa Miranda)



Gráfica 7. Guía de relación profundidad contra τ promedio sísmica
(Ing. Guilliam Barbosa Miranda)

II.1.11.12.8 Velocidad de corte

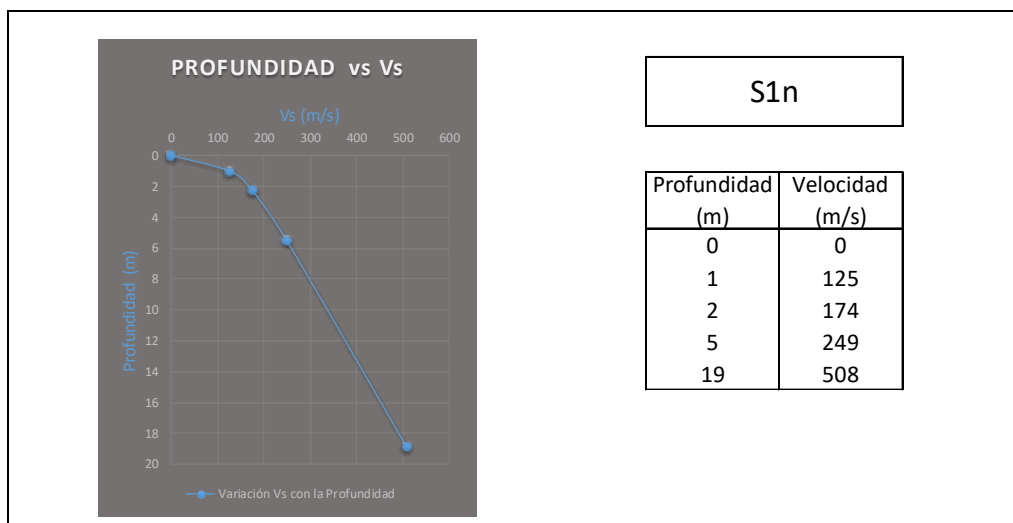
Para hallar la variación de la velocidad de onda con respecto a la profundidad, se evaluarán diferentes correlaciones entre el número de golpes, obtenido en los estudios de suelo que proporcionaron los ingenieros previamente, y dicha velocidad. En la siguiente tabla se enuncian las correlaciones evaluadas (Escorcía & Herrera, 2017, p.94):

Investigadores	Ecuación	Observaciones
Imai y Yoshimura (1970)	$V_s = 76N^{0.33}$	
Ohba y Toriumi (1970)	$V_s = 84N^{0.31}$	
Imai (1977)	$V_s = aN^b$	a=102, b=0.29 Arcilla Holoceno a= 81, b=0.33 Arena Holoceno a=114, b=0.29 Arcilla Pleistoceno a= 97, b=0.32 Arena Pleistoceno
Ohta y Goto (1978)	$V_s = 85.34N^{0.348}$	Para todo tipo de suelo
Okamoto <i>et al.</i> (1989)	$V_s = 125N^{0.3}$	Arena del Pleistoceno
Japan Road Association (2002)	$V_s = 80N^{1/3}$ $V_s = 100N^{1/3}$	Arenas Arcilla

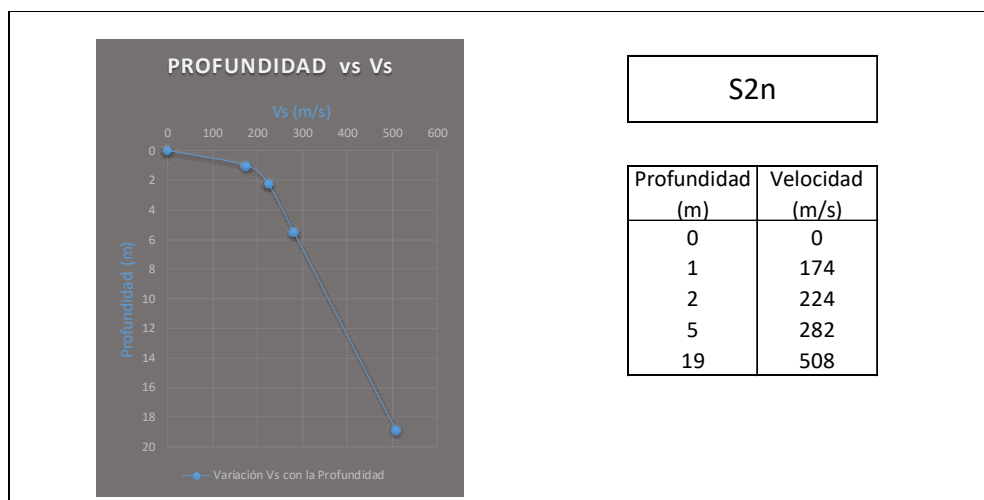
Vs=velocidad de ondas de corte en m/s; N=numero de golpes del SPT

Tabla 10. Velocidad de Ondas de Corte

“La ecuación que mejor se ajusta con nuestra información es la de Okamoto, por consiguiente decidimos utilizarla para determinar la velocidad de corte (Vs), a diferentes profundidades en los sondeos” (Escorcía & Herrera, 2017, p. 94)



Gráfica 8. Profundidad Vs Velocidad de Corte (Vs) en S1n



Gráfica 9. Formato guía Profundidad vs Velocidad de corte (Vs) S2n

II.1.12 Variables climatológicas de Cartagena de Indias

II.1.12.1 Régimen de lluvia

Cartagena, por su situación geográfica, se encuentra bajo la influencia de los desplazamientos nortesur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI). Esta zona es un cinturón semicontinuo de bajas presiones localizado entre las regiones subtropicales de los hemisferios norte y sur, con un clima que se caracteriza como tropical semiárido⁸.

La zona presenta tres períodos climáticos marcados por los diferentes porcentajes de precipitación. Un periodo desde diciembre a abril (época seca o verano), con predominio de vientos fuertes del sector norte-noreste con lluvias débiles y escasas; un período de transición (de seco a lluvioso) que va desde mayo hasta agosto y un período lluvioso (época húmeda o invierno) que cubre los meses de septiembre a noviembre y se caracteriza por presentar vientos débiles, de orientación variable y por un régimen de lluvias abundante.

Algunos estudios señalan que durante el período de transición se presenta una época entre los meses de mayo a junio que se caracteriza por la variación de la intensidad y la dirección de los vientos, así como de relativa poca lluvia que se conoce como veranillo de San Juan.

Durante el período de transición se presenta el comienzo de la temporada de huracanes en el área del océano Atlántico norte, golfo de México y mar Caribe, que se extiende desde el mes de Junio hasta el mes de noviembre⁹.

⁸ CIOH 2007

⁹ Plan Distrital de Gestión del Riesgo Cartagena de Indias

II.1.12.2 Clima

El clima en Cartagena, durante el periodo comprendido entre 1943 y 2006, registró una tendencia en la temperatura media multianual que osciló entre los 26.8°C hacia finales del año. De los resultados de este análisis se pudo concluir que no hay cambios significativos en el clima de la ciudad, mostrando una tendencia estable.

II.1.12.3 Humedad relativa

La humedad relativa de la región presenta un promedio de 82%, con máximas del 92% y mínimas del 70% (CIOH-Cardique, 1998), las amplitudes diarias son considerables durante los meses secos (50% de día y 98% de noche) y menos magnitud en los meses de lluvia (70 y 79%).

La evaporación media anual es de 1.889 mm. Los valores máximos se alcanzan en el primer semestre del año (Marzo, con 192 mm); en el segundo semestre se producen bajos valores de evaporación. El valor mínimo llega a 131 mm, en el mes de noviembre. (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2013, p.23)

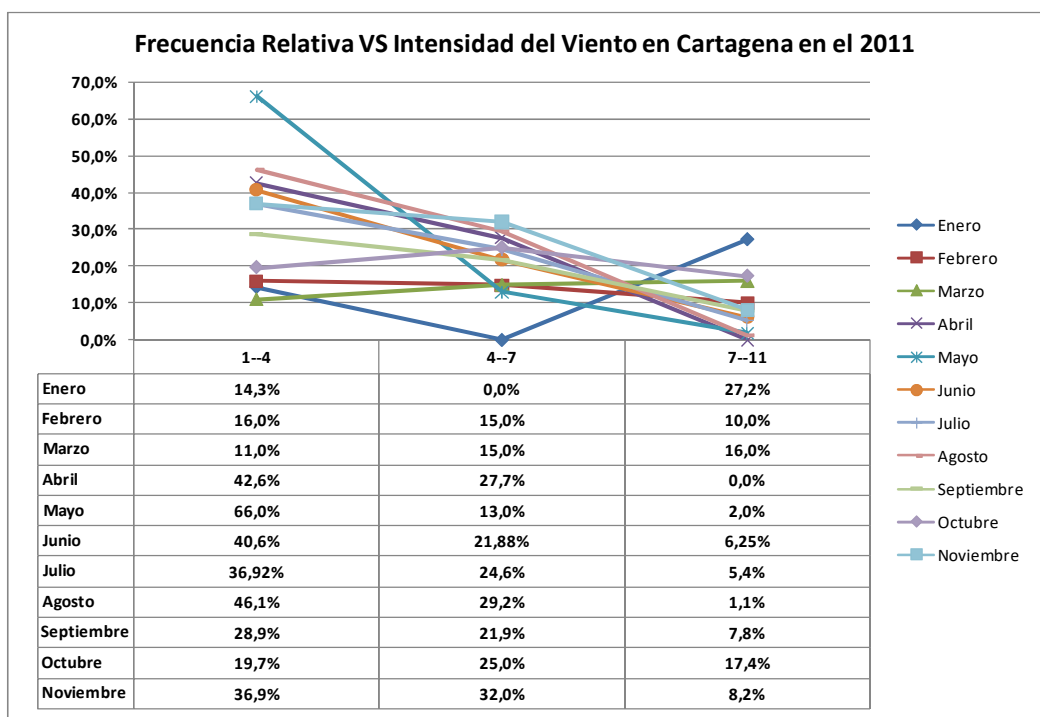
II.1.12.4 Radiación solar

El brillo solar y la radiación promedio es de 2.575 horas al año, lo que representa una media mensual de 215 horas y una media diaria de 7,15 horas, la distribución dentro del año de la situación promedio mensual sigue una tendencia inversa a la precipitación, alcanzando los valores máximos en el primer semestre del año (281 horas en Enero) y los más bajos a mediados del segundo semestre (Septiembre con 175 horas), en plena época lluviosa. (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2013, p.23)

II.1.12.5 Velocidad y dirección del viento

El régimen de vientos se caracteriza por el predominio de los vientos alisios del norte y noreste en la época seca y de los vientos del sur suroeste en la época húmeda; por su origen inciden principalmente brisas marinas de rumbo sur de comportamiento diurno y terral con rumbo norte de comportamiento nocturno. La velocidad máxima del viento ha sido de 28.2 m/seg, en las calles estrechas de la ciudad los vientos circulan en las horas de la tarde con mayor fuerza que en las horas de la mañana.

El medio es salino debido al viento rasante que actúa sobre el mar arrastra cloruro de sodio, el cual incide sobre las fachadas de las casa coloniales y principalmente las casas altas del sector Centro produciendo costras que provocan el desprendimiento y la erosión de los revoques de los muros; el cloruro de sodio también actúa sobre el hierro y produce la oxidación de la herrería de las edificaciones (específicamente para las viviendas coloniales). (Echeverría & Malambo, 2016, p.72)



Gráfica 10. Frecuencia relativa Vs intensidad del viento en Cartagena año 2011
(Diseño del autor con base en la información suministrada por CIOH, 2011)

II.1.13 Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento (NSR-10).

II.1.13.1 Determinación de los coeficientes de reducción de resistencia ϕ_c y ϕ_e

II.1.13.1.1 Resistencia existente de los elementos

La resistencia existente de los elementos de la estructura, N_{ex} , debe ser determinada por el ingeniero que hace la evaluación con base en la información disponible y utilizando su mejor criterio y experiencia. (A.10.4.3.3 de la NSR-10).

II.1.13.1.2 Determinación de la resistencia efectiva

La resistencia efectiva N_{ef} de los elementos, o de la estructura en general, debe evaluarse como el producto de la resistencia existente N_{ex} , multiplicada por los coeficientes de reducción de resistencia ϕ_c y ϕ_e , así:

$$N_{ef} = \phi_c \phi_e N_{ex} \text{ Ecuación 3}$$

II.1.13.1.3 Coeficiente de reducción de resistencia por calidad de diseño y construcción de la estructura ϕ_c

El coeficiente de reducción de resistencia por calidad de diseño y construcción de la estructura está establecido en la Tabla A.10.4-1 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
ϕ_c o ϕ_e	1.0	0.8	0.6

Tabla 11. Valores de los coeficientes de reducción de resistencia por calidad de diseño y construcción

Fuente. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, Tabla A.10.4-1

II.1.13.1.4 Coeficiente de reducción de resistencia por estado de la estructura ϕ_e

El coeficiente de reducción de resistencia por estado de la estructura está establecido en la Tabla A.10.4-1 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
ϕ_c o ϕ_e	1.0	0.8	0.6

Tabla 12. Valores de los coeficientes de reducción de resistencia por estado

Fuente. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, Tabla A.10.4-1

II.1.14 Mecanismos de fallas en edificaciones históricas

Los mecanismos de fallas son procesos o secuencias que ocurren en el elemento estructural cuando falla, esta falla puede darse por un mecanismo de falla o varios que se han acoplado.

II.1.14.1 Técnicas de análisis de los mecanismos de fallas

Es preciso tener en cuenta que ciertas técnicas convencionalmente utilizadas para el cálculo de estructuras de paredes de carga pueden no resultar adecuadas en edificios de carácter histórico o tradicional. En particular, el método de planos de rigidez, bien conocido y hasta el presente muy empleado para el análisis de estructuras de obra de fábrica (o de hormigón armado) parte de la hipótesis de que los forjados constituyen planos muy rígidos y perfectamente enlazados a los planos verticales (paredes de carga o pantallas de hormigón). En las construcciones de obra de fábrica, esta hipótesis sólo es realista cuando el forjado está formado por una losa de hormigón o bien cuando, siendo a base de viguetas de madera o de acero, dispone de una capa superior de hormigón de espesor suficiente y adecuadamente armada y ligada a los elementos verticales. En general, ello no es aplicable a los edificios tradicionales o históricos de obra de fábrica, cuyos forjados son de carácter poco monolítico y deformable en el plano, además de hallarse apoyados de forma simple sobre las paredes.

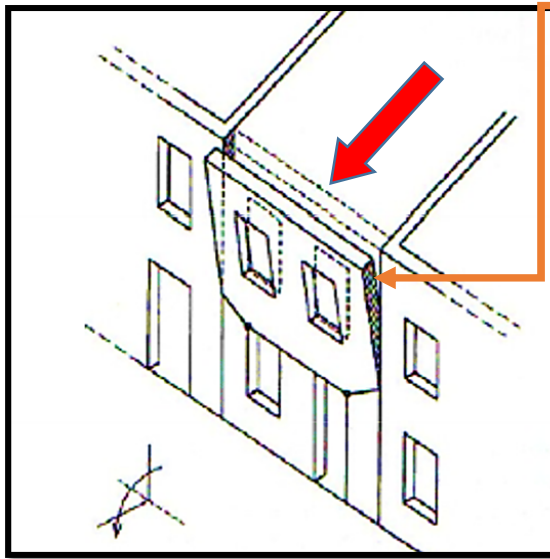
Una actitud común, en un pasado, ha consistido en modificar la estructura del edificio (introduciendo cadenas de atado y capas superiores de hormigón armado) con el fin de adaptar la construcción a las hipótesis del modelo de cálculo. Ello supone una fuerte transformación del edificio así como la inclusión de elementos de rigidez muy superior a la de las paredes y puede ocasionar efectos contraproducentes ante el sismo. De nuevo, la observación de los efectos de sismos ocurridos en Italia en tiempos recientes ha permitido constatar que este tipo de intervención puede incluso aumentar la vulnerabilidad sísmica del edificio debido al peligro de que los forjados empujen a las paredes y precipiten su inestabilización. (Canosa, s.f., p.219)

La visualización de los modos de fallo realmente observados sugiere una aproximación distinta y más coherente con la naturaleza constructiva y resistente de estos edificios. El edificio puede analizarse en base a la consideración y a la formulación matemática de los posibles mecanismos de daño mediante la técnica del análisis límite y la aplicación de los teoremas plásticos.

Dada la experiencia disponible (al menos en Italia), estos métodos pueden calibrarse utilizando un análisis cualitativo basado en la observación del comportamiento de un número importante de edificios de características similares (Binda *et al.*, 1999, Binda *et al.* 2003). Este método ha sido recientemente incorporado en la normativa sísmica italiana O.C.P.M (2005).

El estudio de bloques formados por edificios o de tramas urbanas exige un planteamiento más general debido a la mayor complejidad del problema. La observación de las alteraciones o irregularidades (como vacíos o cambios de altura) es en este caso esencial. Se suele actuar, en este contexto, estudiando posibles escenarios de daño para terremotos de una magnitud dada y considerando las características de los edificios tipo así como las posibles variaciones o alteraciones de la trama. El análisis puede realizarse a partir de una aproximación cualitativa o bien a partir de un cálculo detallado basado, por ejemplo, en modernas técnicas de cálculo computacional. (Canosa, s.f., p.220)

Inclinación del plano hacia el exterior – mecanismo de Vuelco



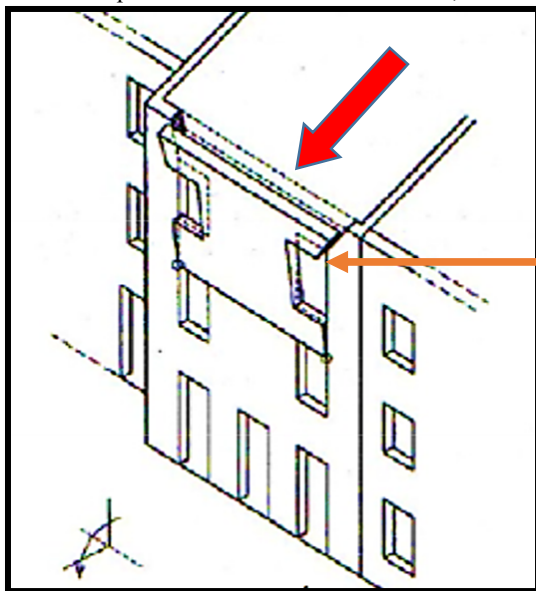
FALLA POR TODA LA EXTENSIÓN.

Problema de sujeción de las paredes

Este mecanismo está fuertemente relacionado por las condiciones de sujeción en los extremos de los muros. Puede deberse a condiciones en los métodos constructivos, por ejemplo, si el muro se hubiera realizado en un momento diferente a los muros de los edificios vecinos, sin contar con ningún tipo de amarre entre ellos o una pobre continuidad en los amarres con los muros ortogonales a este, estas condiciones generaran un mecanismo de vuelco global, es decir que afectara a toda la extensión del muro. Este mecanismo se ve influenciado por la presencia de una cubierta de tipo empuje.

Figura 37. Mecanismo de vuelco falla por toda la extensión

Fuente: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura



FALLA PARCIAL.

Buena sujeción de las paredes

Este mecanismo es una variante del mecanismo global de vuelco, en este mecanismo la presencia de una buena sujeción a las paredes y aberturas ortogonales cerca de los extremos. Puede afectar uno o más pisos en relación con la calidad de la conexión de la pared a los pisos intermedios.

El mecanismo se ve favorecido por una cubierta tipo empuje.

Figura 38. Mecanismo de vuelco falla parcial

Fuente: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura

II.1.14.1.1 Mecanismos simples de inclinación

El simple vuelco de muros externos de edificios debido a la acción del terremoto representa una situación de daño entre los más frecuentes y peligrosos. Esto se esquematiza como una rotación rígida de porciones de pared alrededor de una bisagra cilíndrica horizontal colocada en la base; la rotación se activa por tensiones fuera del plano (Imagen anterior).

Esta situación ocurre cuando la pared golpeada por la acción sísmica es libre en la parte superior y no está unida a las paredes ortogonales. Incluso si este último tiene una calidad insatisfactoria, el colapso se manifiesta primero en el muro normal a la acción sísmica. Las condiciones de restricción que hacen posible este mecanismo son, por lo tanto, la ausencia de conexión en el martillo de mampostería y la ausencia de dispositivos de conexión, como bordillos o cadenas, en la parte superior del ala.

Si el edificio ha sufrido un terremoto, este tipo de mecanismo es fácilmente identificable por las lesiones verticales presentes en la intersección entre el techo basculante y las paredes que son ortogonales, sin plomada y por el desenredado de las losas de la losa pared.

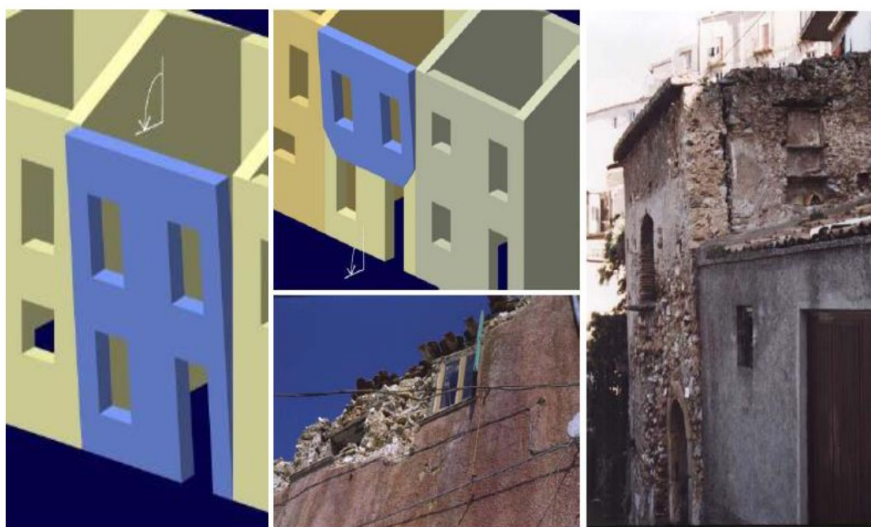


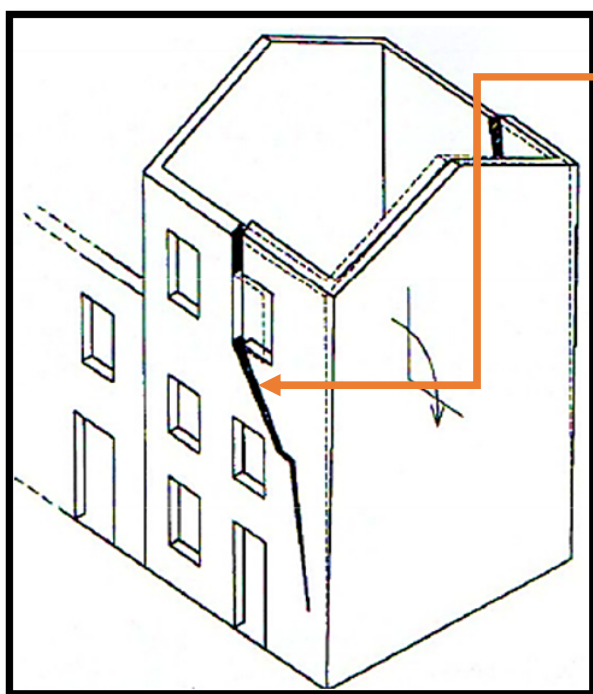
Figura 39. Mecanismo de inclinación simple
(Foto: MEDEA – Papa e Zuccaro, 2001)

Fuente: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura

La simple inclinación de las porciones de ladrillo puede relacionarse con diferentes geometrías de la pared en cuestión, en relación con un patrón grieta detectada o la presencia de aberturas en la pared (puertas y ventanas) que afectan a su progresión. Puede afectar uno o más pisos del edificio, en relación con la forma de conexión entre los pisos y las paredes en los diversos niveles de la

estructura. En estos casos, es necesario considerar la posibilidad de que el vuelco pueda involucrar diferentes niveles del muro; por lo tanto, el multiplicador de colapso debe evaluarse para diferentes posiciones de la bisagra cilíndrica.

También se observa que a veces los edificios de la construcción antigua tienen estructuras de mampostería que consisten en dos muros cortina separados (el caso límite está representado por las paredes del saco); en estos casos, el mecanismo de vuelco solo puede afectar la cortina externa con una presumible reducción del multiplicador de colapso, que por lo tanto debe evaluarse adecuadamente.

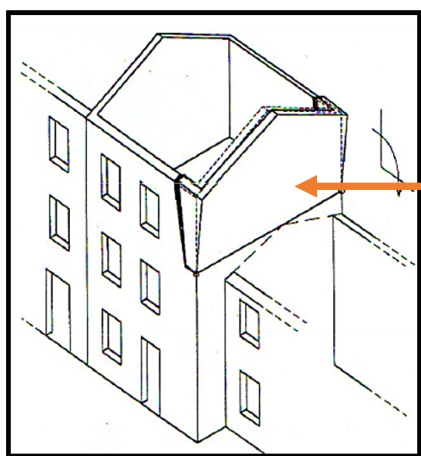


FALLA POR TODA LA EXTENSIÓN.

Este mecanismo de vuelco puede involucrar edificios colocados al final de una secuencia de construcciones en contacto entre sí. Los mecanismos para formar la falla están vinculados a las condiciones de sujeción entre el muro y el muro ortogonal. En presencia de una mala conexión la lesión de desprendimiento principal será casi vertical y estará muy cerca del área de conexión. Con una buena conexión la lesión se inclinará e involucrará una gran parte de la pared lateral. La proximidad de las aberturas a ángulos hará que la lesión los afecte como puntos de debilidad intrínseca.

Figura 40. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión

Fuente: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura



FALLA PARCIAL.

Este mecanismo es similar al de la rotación global y es una variante en el caso en el que hay un cuerpo de menor altura que limita su desarrollo completo.

Figura 41. Mecanismo de inclinación simple falla parcial

Fuente: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura

II.1.14.1.2 Mecanismos de inclinación compuestos

Para volcar el compuesto, queremos indicar un conjunto de situaciones en las que el vuelco del muro ortogonal a la acción sísmica va acompañado del arrastre de una parte de una estructura de pared que pertenece a un ángulo libre o para tapar las paredes (figura).



Figura 42. Mecanismo de inclinación compuesto
(Foto: MEDEA – Papa e Zuccaro, 2001)

Fuente: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura

En muchos casos, de hecho, los muros de mampostería y los angulados tienen conexiones adecuadas entre las paredes que convergen en un nodo, como para determinar la participación de partes de ellos en el vuelco. Así que podemos proporcionar un mecanismo de inclinación consiste en un edificio intacto, debe haber condiciones caracterizadas por la ausencia de limitaciones en la parte superior de la pared de inclinación y por la presencia de una conexión efectiva entre la pared golpeada por el terremoto y que perpendicular a la misma. Generalmente se trata de mamposterías

construidas al mismo tiempo (celdas originales) o que se han sometido a operaciones de consolidación que prevén la conexión de los paneles de pared ortogonales, pero en ausencia de una conexión efectiva en la parte superior de la pared de volteo.

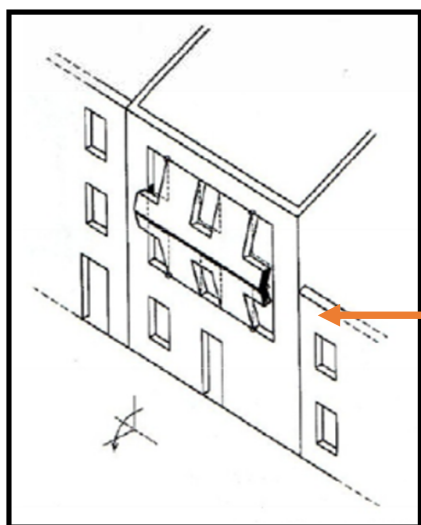
Además, en relación con la presencia de losas rígidas, se puede definir una configuración diferente de la cuña de desprendimiento en la pared involucrada en el vuelco. En el caso en el que solo hay auriculares, sin una losa armada, el mecanismo de volteo de la fachada generalmente va acompañado por el desprendimiento de una cuña diagonal de la pared ortogonal. Por otro lado, si los pisos están equipados con una losa rígida, el mecanismo de inclinación compuesto causa el arrastre de una cuña diagonal doble en la pared de la abrazadera.

Cuando el edificio en cuestión ya ha sido objeto de la acción de un terremoto, es posible determinar inclinar el mecanismo compuesto a través de la lectura de la inestabilidad detectada, descrito por grietas diagonales o doble diagonal en las paredes de enchufe con diferente ángulo de desprendimiento en función del tipo y de la calidad de la pared que caracteriza el edificio en sí.

De hecho, este mecanismo, que representa una variante del volteo simple, está fuertemente influenciado también por el tipo de mampostería y por la presencia de aberturas en los muros de arriostamiento, de las cuales dependen en particular las dimensiones y la configuración de la cuña de desprendimiento.

Para muros de refuerzo sin aberturas, se puede observar que, en general, el ángulo formado por la diagonal de la cuña que gira con la vertical aumenta con el aumento de la calidad de la pared (en particular, el sistema de pared y cuánto mejor es cuanto mayor sea el tamaño promedio de los ortostatos). Sin embargo, en presencia de aberturas cerca de la intersección entre paredes, la forma y el tamaño de la cuña de separación están determinadas por estos. Luego se observa que, en este tipo de mecanismo cinemático, cuanto menor es la parte de la mampostería que se arrastra en el movimiento de vuelco más pequeño da como resultado el valor del multiplicador de colapso determinado, hasta alcanzar el límite en el caso del vuelco simple.

El mecanismo de inclinación compuesto puede implicar diferentes geometrías del macroelemento involucrado en la cinemática y diferentes pisos del edificio, en relación con la presencia de dispositivos de conexión en los diversos niveles, pero generalmente se refiere a paredes monolíticas porque solo se puede activar en paredes de buena calidad. Y equipo.



FALLA POR EL ENTREPISO.

Este mecanismo es una variante del vuelco global en presencia de una restricción en la parte superior como por ejemplo un bordillo grande. Esta falla se ve influenciada por la ausencia de una conexión efectiva de la pared a los pisos intermedios y por la mala calidad de la mampostería que la hace inestable.

Figura 43. Mecanismo de inclinación compuesto falla por entrepiso

Fuente: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura

II.1.14.1.3 Mecanismos de flexión vertical

Una situación bastante común en los edificios de mampostería está representada por un muro tenso unido a los extremos y libre en el área central. Este es el caso, por ejemplo, de un edificio con un bordillo en la planta superior e intermedia sin conexión; una situación de este tipo también ocurre cuando se considera la porción de pared entre dos pisos bien conectados a ella. En estas condiciones, la presencia en la parte superior de un dispositivo de conexión evita que la pared se vuelque hacia el exterior. Sin embargo, esto, bajo el efecto de sacudidas horizontales, puede colapsar debido a la inestabilidad vertical.

De hecho, la estructura de pared, construido por la superposición de elementos de piedra y ladrillos unidos por simple contacto o mediante un mortero con pobre resistencia a la tracción, lleva los esfuerzos de flexión inducidas por acciones ortogonal a su plano, sólo si la tensión normal mantiene el interior resultante para sección transversal de lo contrario, se forma una bisagra cilíndrica horizontal en ese punto alrededor del cual los dos bloques formados en la pared giran recíprocamente y se permite el mecanismo cinemático para la flexión vertical de la pared.



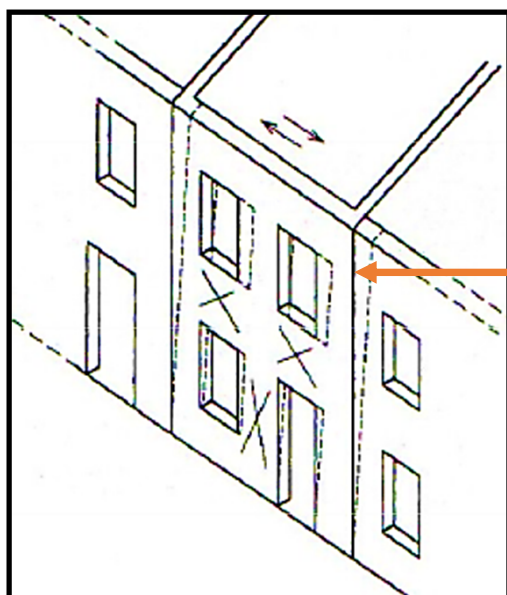
Figura 44. Mecanismo de flexión vertical
(Foto: MEDEA – Papa e Zuccaro, 2001)

Fuente: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura

Por tanto, este mecanismo puede ocurrir en la presencia de una cabeza de retención en las paredes de ala, debido por ejemplo a las barras de metal, tales anclajes a las cabezas de las vigas de madera o bordillos y losas en concreto armado así se sujeta a la pared, y se ve favorecida por una mala calidad de la misma, sobre todo si se lleva a cabo en lotes, que hace que sea inestable, así como empujes horizontales localizadas determinado por ejemplo por la presencia de arcos, bóvedas o pisos intermedios no retenidos. Los mecanismos de flexión vertical se caracterizan por valores del coeficiente de colapso α que, en algunos casos, son más altos que los del simple vuelco.

En un edificio ya dañado por el terremoto, el mecanismo está señalado por protuberancias y fuera de la pared de plomo, a veces acompañado por la extracción de las vigas del piso que insiste en ello. En cualquier caso, el establecimiento del arco vertical que precede a la activación del mecanismo requiere la presencia de restricciones horizontales efectivas por encima y por debajo de la sección afectada de la pared.

El mecanismo de desviación vertical de una pared puede por lo tanto ser de interés para una o más pisos del edificio, en relación con la presencia de restricciones a elementos horizontales, diferentes geometrías de macroelementos, determinados por la presencia de aberturas o presiones localizadas, y una o ambas de las prendas, en caso de doble muros cortina. En particular en el caso de una gran cantidad de las paredes de material de rellenos internos debido a la sobrepresión puede causar la inestabilidad de la cara externa, especialmente cuando el único revestimiento interno está conectado a las plantas.

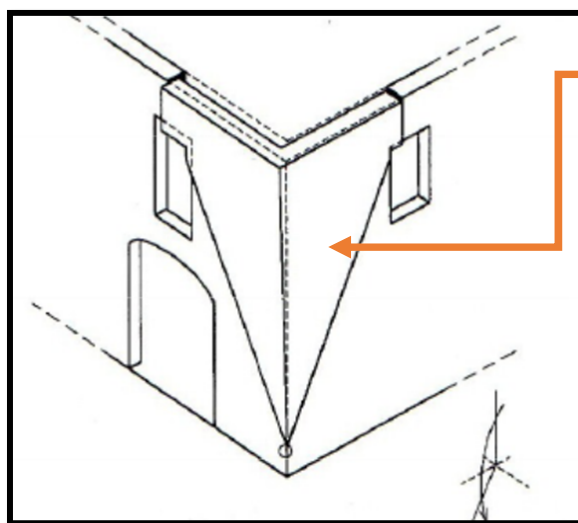


FALLA EN LA DIRECCION DEL MURO

El mecanismo de falla se debe a la acción en el plano de la pared que produce la ruptura de corte. Las lesiones pueden afectar los paneles de pared entre las aberturas del mismo piso o las porciones de pared entre las aberturas de diferentes pisos. Las lesiones son más claras en presencia de mampostería de buena calidad.

Figura 45. Mecanismo de flexión vertical falla en la dirección del muro

Fuente: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura



FALLA POR ROTACION

Es un mecanismo causado por la combinación de las fuerzas que actúan sobre los muros ortogonales que forman el ángulo en la esquina de la estructura. El bloque gira hacia afuera con la formación de una bisagra en la parte inferior. El mecanismo de falla se verá favorecido por la presencia de un puntal de empuje que se apoya en el ángulo.

Figura 46. Mecanismo de flexión vertical falla por rotación

Fuente: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura

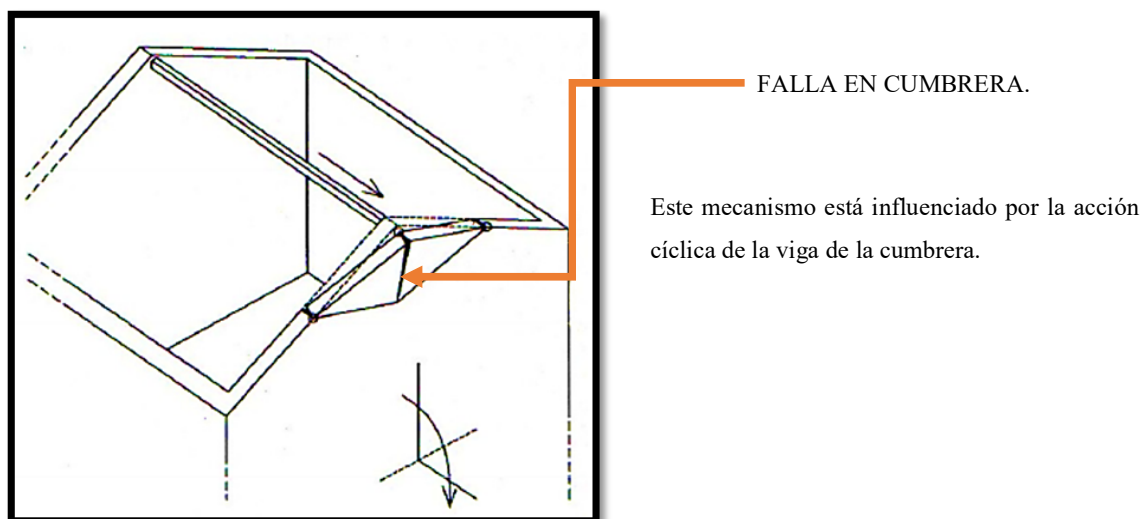


Figura 47. Mecanismo de flexión vertical falla en cumbrera

Fuente: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura

II.1.14.1.4 Mecanismos de flexión horizontal

En presencia de paneles de pared efectivamente unidos a las paredes ortogonales con el lado superior no sostenido por ningún dispositivo, a menudo hay un tipo de crisis debido al comportamiento de flexión en el plano horizontal de la pared sólida. La respuesta estructural del panel se manifiesta en estos casos como un efecto de arco horizontal dentro de la pared y es cuestionada por la acción sísmica ortogonal a la misma. En particular, el empuje transmitido por el piso o el techo en la parte superior de la estructura de la pared se descarga en la pared de la fachada hasta que alcanza las paredes ortogonales (arco horizontal). Esta acción, en las intersecciones de la pared, se divide entonces en un componente T ortogonal a la pared golpeada por el terremoto, absorbida por las varillas de unión, si están presentes, y un componente H paralelo a ella.

La activación del mecanismo está precedida por la formación de un arco horizontal en el espesor de la pared; en la condición de límite de equilibrio se forman tres bisagras, una en el medio, las otras cerca de la intersección entre la pared bajo examen y las paredes ortogonales a ella, en correspondencia con los elementos que deben llevar el T throw.

Del esquema de cálculo se observa que el colapso ocurre cuando la pared no encuentra elementos estructurales capaces de proporcionar las reacciones H. En el caso en que la pared se inserta dentro de una matriz y las porciones de pared adyacentes son de suficiente resistencia, el colapso de la cinemática no ocurre y la rotura puede ocurrir solo aplastando la parte interna de la pared.

En otras palabras, la evolución del mecanismo depende de la capacidad de las paredes laterales para soportar los empujes H de los arcos. Si la pared no encuentra elementos de contraste capaces de

proporcionar una reacción igual y opuesta al empuje H, entonces el patrón de arco isostático de tres bisagras se vuelve lábil cuando estos se alinean y se produce el consiguiente

La situación descrita es típico de las paredes mantenidas en su sitio por los tirantes y se ve favorecida por la cabeza en los empujes de pared, generalmente debido a la presencia de una cubierta o acción de empuje de martilleo de grandes elementos de deformación de la cubierta, y una resistencia a la tracción reducida de la mampostería que implica riesgos de expulsión del material que constituye la cara externa de la pared debido a las tensiones de tracción que surgen en el área central debido al movimiento cinemático mismo. También la presencia de conductos obtenidos en el espesor de la pared o aberturas para el alojamiento de los sistemas tecnológicos, reduciendo la sección resistente de la estructura de la pared, constituyen situaciones preferenciales para la formación de bisagras verticales y el inicio del mecanismo cinemático y por lo tanto representan elementos de interés particular

En el análisis del mecanismo de flexión horizontal, debemos distinguir entre el caso de una pared monolítica, para la cual el arco de descarga puede afectar todo el espesor de la pared, y el caso de una pared de doble cortina para la cual puede ocurrir la expulsión de material sin la participación de la cortina interna. Colapso cinemático. Si, en cambio, la mampostería en cuestión pertenece a una célula sin mar de una matriz, a continuación, el empuje H es generalmente absorbida por las paredes contiguas, por lo que se convierte en necesario análisis de tipo tensional que verifica la condición de trituración de la parte interna de la pared sujeta a fuertes tensiones de compresión.

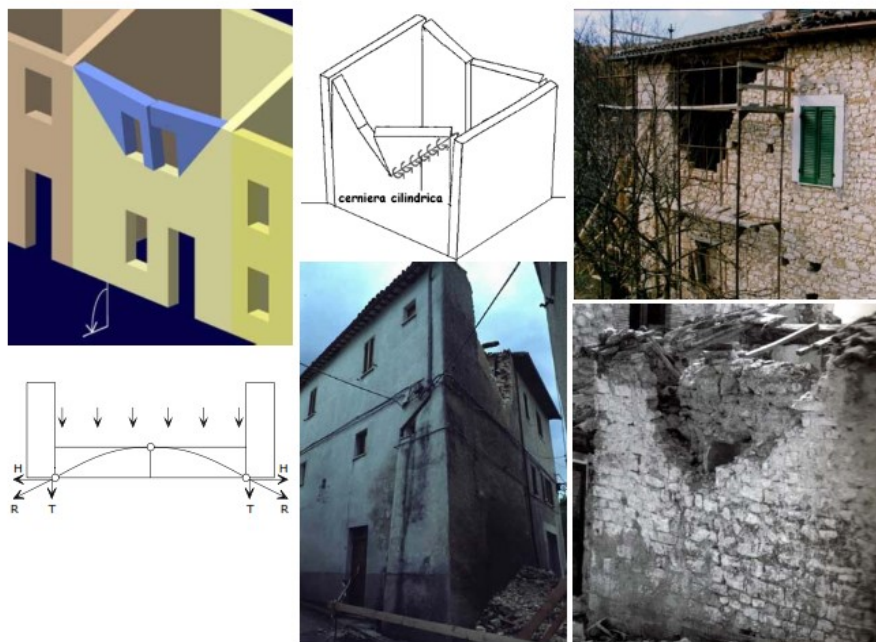


Figura 48. Mecanismo de flexión horizontal
(Foto: MEDEA – Papa e Zuccaro, 2001)

Fuente: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura

El mecanismo de flexión horizontal también puede afectar geometrías diferentes: macroelementos involucrados en el cinematismo, cuya definición está condicionada principalmente por la presencia de aberturas alineadas en la tira de la buhardilla y por la calidad de la mampostería que influye en la altura de la cuña de desprendimiento.

En el caso de estructuras que también están ligeramente dañadas, la identificación de los mecanismos de flexión horizontales se ve facilitada por la lectura del patrón de craqueo que proporciona importantes indicaciones sobre los macroelementos que se han formado. Mientras que, en general, en el caso de estructuras de edificios con intacta Cantonal ejecutado correctamente los posibles mecanismos de colapso fuera del plano puede ser desarrollado con la participación de las porciones más o menos extensa de la mampostería, no es fácil de predecir que es el mecanismo más probable. En estos casos, para estimar las condiciones más favorables para el colapso, es apropiado evaluar diferentes multiplicadores α asumiendo diferentes geometrías de las porciones de mampostería afectadas por el mecanismo cinemático.

Las condiciones que determinan el establecimiento de un mecanismo de flexión horizontal se analizan y se especifican mejor, y se proponen las formulaciones que permiten calcular los valores del coeficiente de colapso asociado a ellas.

- Condiciones de restricción de la pared afectada por el mecanismo (las restricciones de la pared, o parte de la pared, involucradas en el sistema cinemático están indicadas, y más particularmente las restricciones cuya ausencia predispone a la activación del mecanismo y para las cuales un control en el construir para la evaluación de la existencia y la efectividad).
- Debilidades y vulnerabilidades asociadas al mecanismo (se señalan las principales deficiencias constructivas y tecnológicas, a partir de las cuales las condiciones de restricción hipotetizables para los cuerpos involucrados en la cinemática son estrictamente dependientes, y las vulnerabilidades específicas cuya existencia en el edificio es indicativa del posibilidad de activación del mecanismo tratado).
- Los síntomas que manifiestan la correcta activación del mecanismo (identificadas son las condiciones de daños y alteraciones que acompañan con mayor frecuencia la correcta activación del mecanismo y que permiten, si se detectan, para asumir el modo de colapso de edificios ya afectados por un terremoto).
- Diferentes variantes del mecanismo (en relación con diferentes características estructurales de los edificios, se especifican en las diversas formas en que el mecanismo considerado puede ocurrir dando lugar a diferentes configuraciones de los organismos que participan en el mecanismo de colapso).

II.1.15 Métodos de análisis estructural

El análisis global de la estructura de la casa de tipología colonial se aborda por medio de los siguientes métodos:

- Análisis estático no lineal.
- Análisis dinámico no lineal.

II.1.15.1 Análisis estático no lineal

Numerosas medidas de cálculo y control, adoptadas en varios países con legislación moderna sobre proyectos antisísmicos, proponen una descripción de la respuesta estructural en términos de desplazamiento, en lugar de fuerzas, teniendo en cuenta la mayor sensibilidad al daño en función del desplazamiento impuesto. El código italiano también proporciona un método que utiliza análisis estáticos no lineales.

En este contexto, los procedimientos estáticos no lineales desempeñan un papel central, incluido el Método del Espectro de Capacidad, originalmente propuesto por Freeman, Choi, & Jenden, 1975) y

el 'Método N2 (Fajifar 1999, 2000). Estas metodologías son procedimientos simplificados en los cuales el problema de evaluar la respuesta máxima esperada, como consecuencia de la ocurrencia de un evento sísmico determinado, regresa al estudio de un sistema no lineal con un grado único de libertad equivalente a un modelo con n grados. De libertad, que representa la estructura real (Shibata y Sozen, 1976).

La característica que estos procedimientos tienen en común es la de basarse en el uso de análisis estático no lineal (pushover) para caracterizar el sistema resistente a sismos a través de curvas de capacidad: análisis "estático" en el que la fuerza externa se aplica a la estructura estática y "no lineal" debido al modelo de comportamiento utilizado para los elementos de resistencia estructural.

Estas curvas están destinadas a representar la envolvente de los ciclos de histéresis producidos durante el evento sísmico y pueden considerarse como un indicador del comportamiento post-elástico de la estructura.

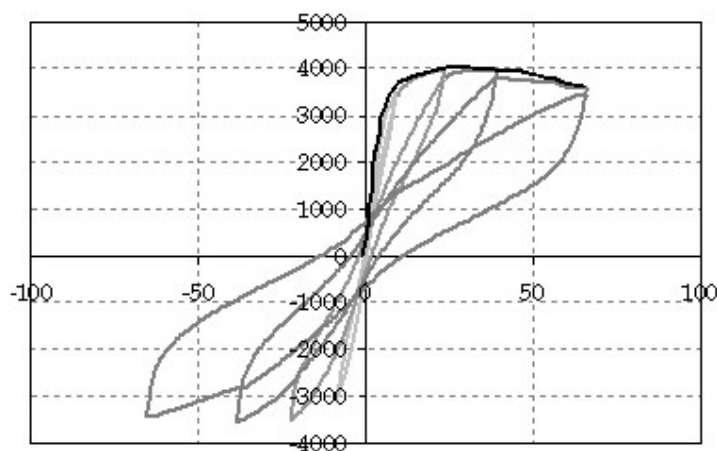


Figura 49. Ciclos de histéresis

Fuente: 3muri user manual Version 11.4.0 página 32

De esta forma, en los métodos de análisis elástico, el comportamiento no lineal se tiene en cuenta al introducir el factor estructural, 'el análisis estático no lineal no permite' que evolucione la respuesta estructural a medida que cada elemento individual evoluciona en el no lineal campo, que proporciona información sobre la distribución de la demanda de inelasticidad.

La curva obtenida por el análisis pushover (que luego se transformará en una curva de capacidad, teniendo en cuenta las características del sistema equivalentes a grados de libertad) proporciona convencionalmente información sobre la tendencia de la cortante resultante en la base, con respecto al desplazamiento horizontal de un punto de control en la estructura. En cada punto de la curva, se

puede vincular un estado de daño específico para todo el sistema, y así es posible vincular los niveles de desplazamiento determinados al nivel de rendimiento esperado y el daño correspondiente.

La curva se obtiene mediante el uso del análisis de pushover, que predice la "asignación de una distribución preestablecida de fuerzas que aumenta de manera estática y monótona. La distribución se mantiene inalterada incluso después de alcanzar el límite de falla. El análisis también se puede llevar a cabo controlando las fuerzas o el desplazamiento forzado mixto.

La distribución de carga aplicada pretende representar la distribución de las fuerzas de inercia inducidas por el evento sísmico. Los perfiles propuestos son aquellos en armonía con la primera forma modal, para estructuras de mampostería, más o menos equivalentes a las adoptadas para el análisis estático lineal, y que son proporcionales a la masa. En particular, en el caso de estructuras regulares, la primera distribución se elige con la intención de determinar mejor la respuesta estructural en el campo elástico y, en segundo lugar, en el campo no lineal.

La "capacidad" que ofrece la estructura debe determinarse, a través de la lente de un control sísmico, con la "demanda" solicitada por la fuerza externa, es decir, mediante un evento sísmico determinado.

Los efectos de disipación de energía, que ofrecen un margen de resistencia ulterior, que no puede explicarse utilizando únicamente la teoría elástica lineal, son relevantes en particular en el campo de la respuesta estructural no lineal: para tenerlos en cuenta, la demanda se reduce.

La respuesta esperada para el 'edificio, como una función de una acción determinada, se obtiene, por lo tanto, a través de la identificación del punto de rendimiento (cuyas coordenadas en términos de desplazamiento del espectro corresponde a $d * \max$).

El valor máximo de desplazamiento que puede ofrecer el edificio en un evento sísmico se obtiene en correspondencia con el valor de la cizalladura que experimentó una disminución del 20% del valor límite de cizallamiento. En función de la curva de capacidad del sistema real definido de esta manera, pasa al bilateral asociado con el sistema equivalente; una vez encontrado, se identifica el período del sistema con un grado de libertad, cuyo comportamiento permite la individuación de la demanda de desplazamiento del evento sísmico.

A partir de la observación de edificios de mampostería dañados por eventos sísmicos, surgen dos mecanismos de daños diferentes:

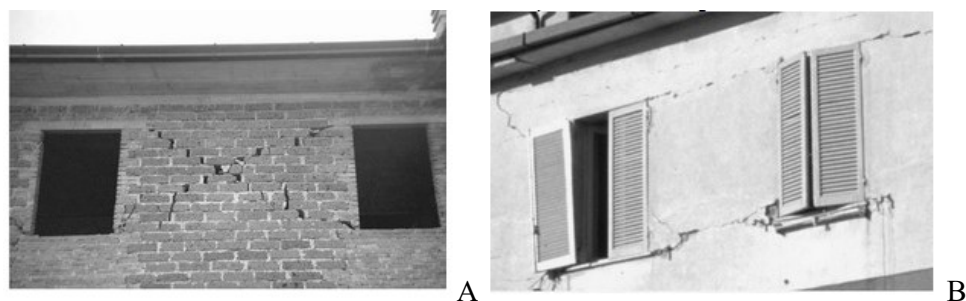


Imagen 3. A: Falla de corte, B: Falla de flexo-compresión
Fuente: 3muri user manual Version 11.4.0 página 33

La observación práctica de los daños a las estructuras existentes, ha llevado a la formulación de microelementos de mampostería, elementos que en su parte central recogen el comportamiento de cizalladura y en sus partes periféricas reúnen el comportamiento combinado de tensión de compresión y flexión.

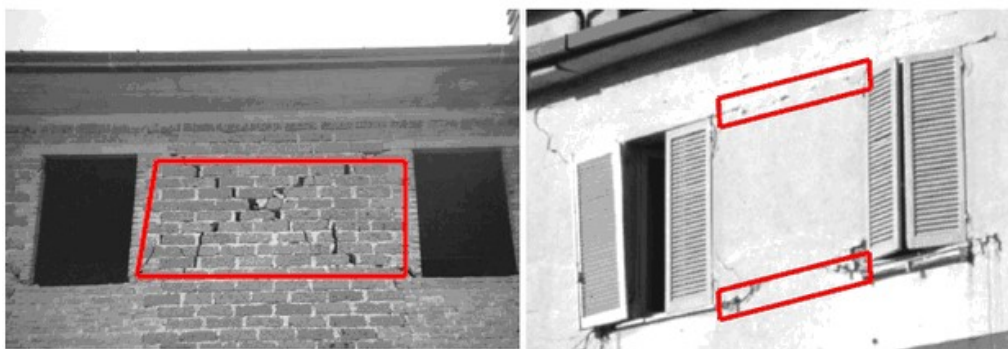


Imagen 4. Señalamiento de daños
Fuente: 3muri user manual Version 11.4.0 página 33

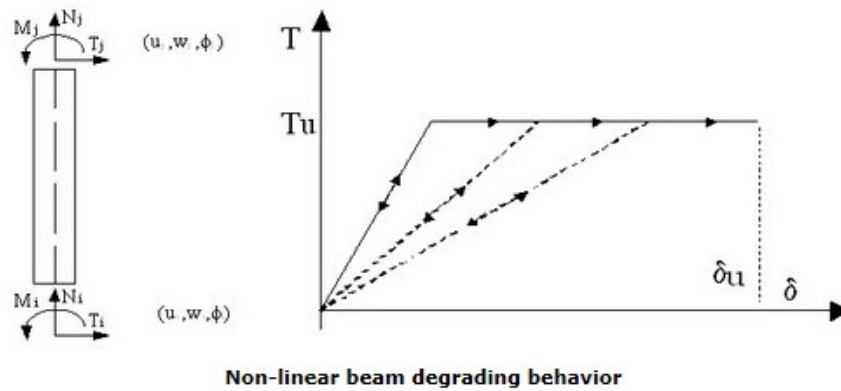
De lo observado anteriormente, surge la formulación teórica de dichos macroelementos. En Macroelementos de mampostería se ha implementado un modelo de elemento de viga no lineal en 3muri para modelar muelles de mampostería y enjutas. Sus principales características son:

- 1) rigidez inicial dada por propiedades elásticas (agrietadas);
- 2) comportamiento bilineal con valores máximos de cizalladura y momento de flexión calculados en estados límite últimos;
- 3) redistribución de las fuerzas internas según el equilibrio del elemento;

- 4) detección de estados límite de daños considerando parámetros de daños locales y globales;
- 5) degradación de la rigidez en el rango de plástico;
- 6) control de ductilidad por definición de deriva máxima (δu) basada en el mecanismo de falla, de acuerdo con el código sísmico italiano y el Eurocódigo.
- 7)

$$\delta_m^{DL} = \frac{\Delta_m}{h_m} = \delta_x \begin{cases} 0.004 \text{ Shear} \\ 0.006 \text{ Compression-bending} \end{cases}$$

- 8) expiración del elemento a la deriva final sin interrupción del análisis global.



Gráfica 11. Comportamiento no lineal

Fuente: 3muri user manual Version 11.4.0 página 34

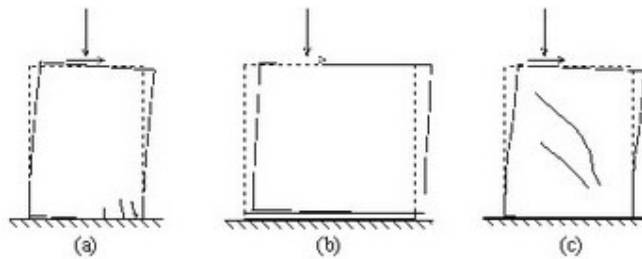
El comportamiento elástico de este elemento está dado por:

$$\begin{Bmatrix} T_i \\ N_i \\ M_i \\ T_j \\ N_j \\ M_j \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{12EJ}{h^3(1+\psi)} & 0 & -\frac{6EJ}{h^2(1+\psi)} & -\frac{12EJ}{h^3(1+\psi)} & 0 & -\frac{6EJ}{h^2(1+\psi)} \\ 0 & \frac{EA}{h} & 0 & 0 & -\frac{EA}{h} & 0 \\ -\frac{6EJ}{h^2(1+\psi)} & 0 & \frac{EJ(4+\psi)}{h(1+\psi)} & \frac{6EJ}{h^2(1+\psi)} & 0 & \frac{EJ(2-\psi)}{h(1+\psi)} \\ -\frac{12EJ}{h^3(1+\psi)} & 0 & \frac{6EJ}{h^2(1+\psi)} & \frac{12EJ}{h^3(1+\psi)} & 0 & \frac{6EJ}{h^2(1+\psi)} \\ 0 & -\frac{EA}{h} & 0 & 0 & \frac{EA}{h} & 0 \\ -\frac{6EJ}{h^2(1+\psi)} & 0 & \frac{EJ(2-\psi)}{h(1+\psi)} & \frac{6EJ}{h^2(1+\psi)} & 0 & \frac{EJ(4+\psi)}{h(1+\psi)} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ w_i \\ \phi_i \\ u_j \\ w_j \\ \phi_j \end{Bmatrix}$$

Dónde:

$$\psi = 24(1+\nu)\chi\left(\frac{r_1}{h}\right)^2 = 24\left(1+\frac{E-2G}{2G}\right)1.2\frac{b^2}{12h^2} = 1.2\frac{E}{G}\frac{b^2}{h^2}.$$

El comportamiento no lineal se activa cuando una de las fuerzas nodales generalizadas alcanza su valor máximo estimado de acuerdo con un mínimo de los siguientes criterios de resistencia: flexión-balanceo, deslizamiento-cortante o craqueo diagonal-cortante.



Modos de falla en el plano de mampostería: flexión-balanceo (a), deslizamiento-deslizamiento (b) e cizalladura-cizalladura diagonal (c) (Magenes *et al.*, 2000).

El método se fundamenta en una representación aproximada de las características globales no lineales de la estructura, obtenida mediante el reemplazo del sistema no lineal por un sistema lineal equivalente usando como base procedimientos del análisis modal (ATC-40,1996; FEMA, 1996). Si bien, estos procedimientos son válidos solamente para estructuras de comportamiento lineal, su uso en estructuras de comportamiento no lineal representa una aproximación que permite la representación del sistema a través de sus propiedades lineales efectivas. De manera que este método se diferencia de los métodos convencionales de análisis lineal, en que estos últimos utilizan directamente las propiedades elásticas de la estructura, mientras que los anteriores, usan propiedades efectivas o secantes de la misma, para calcular los desplazamientos. El uso de este método involucra varias aproximaciones, de manera que su implementación requiere además de conocimiento del comportamiento y dinámica de estructuras, aplicación de un sensato juicio ingenieril.

En términos generales, el método consiste en comparar el espectro de capacidad de la estructura con el espectro de la demanda sísmica para identificar el desplazamiento máximo o punto de desempeño, donde la capacidad y la demanda se igualan, permitiendo estimar la respuesta máxima de la edificación, la cual servirá de base para compararla con el nivel de desempeño esperado.

Es importante destacar que la capacidad de una edificación particular y la demanda impuesta por sismo dado no son independientes. De hecho, cuando se incrementa la demanda, la estructura eventualmente entra en cedencia, la rigidez disminuye y los períodos de vibración se alargan, lo cual se evidencia en el mismo espectro de capacidad. Adicionalmente, aumenta la energía disipada por ciclo, debido a la degradación de la resistencia y rigidez, sobre todo cuando la edificación está en capacidad de experimentar ciclos histéricos grandes y estables, incidiendo directamente en el amortiguamiento efectivo. De manera que, la determinación del desplazamiento donde la capacidad y la demanda se igualan, exige un proceso iterativo en el cual, inicialmente se compara el espectro de capacidad con el espectro de demanda, descrito a través del espectro de respuesta elástico usando 5% de amortiguamiento, que será sucesivamente ajustado por un factor de reducción, que tome en cuenta de manera compatible, la disipación histerética de energía o amortiguamiento efectivo asociado al

punto de desplazamiento obtenido en cada fase. Una vez identificado el punto de desempeño asociado a la respuesta sísmica máxima que experimentará la edificación durante el movimiento sísmico especificado, se podrá decidir en función del nivel de desempeño esperado, la aceptabilidad o necesidad de intervención en una edificación existente. (Universidad Politécnica de Cataluña, s.f., p.77)

Espectro de capacidad

A través de un análisis estático no lineal incremental de un modelo representativo de la estructura se obtiene una curva de capacidad (gráfica 12), la cual generalmente se representa como el cortante basal (V_0), obtenido para varios incrementos del estado de carga lateral, respecto al desplazamiento lateral del último nivel de la edificación (Δn). Esta curva consiste en una serie de segmentos de rectas de pendientes decrecientes, asociados a la **progresiva degradación de la rigidez**, la cedencia en elementos y en general, al daño. A este tipo de evaluación se conoce como un análisis “*Pushover*” y su resultado está fuertemente influenciado por el esquema de distribución de carga lateral supuesto; sin embargo, existen recomendaciones sobre cómo establecerlos de manera racional, por ejemplo, que la misma sea consistente con la distribución de fuerzas inerciales o con la forma de vibración del modo considerado. Además, la pendiente de la línea trazada desde el origen de coordenadas hasta un punto de la curva definido por un desplazamiento (d) representa la rigidez efectiva o secante de la estructura asociada a dicho desplazamiento.

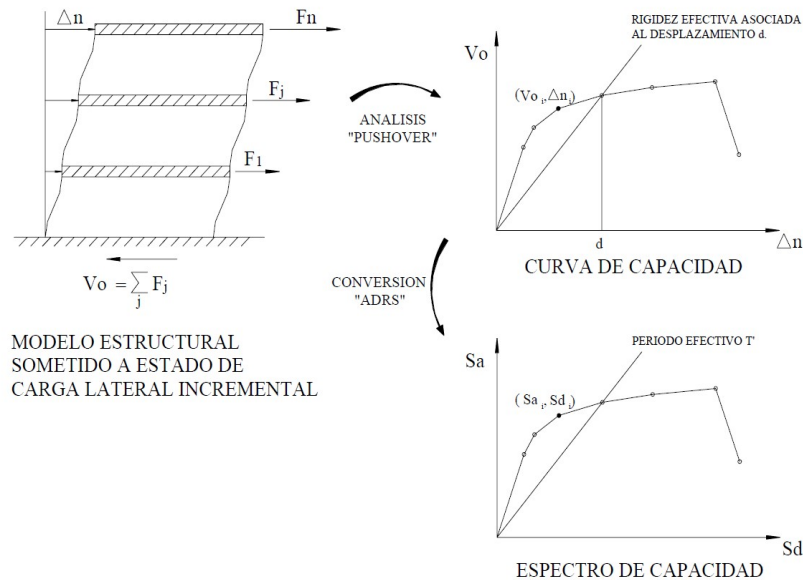
Usando propiedades modales asociadas al modo fundamental de vibración, es posible transformar la curva de capacidad a un nuevo formato ADRS (“*Acceleration-Displacement Response Spectra*”) donde se representa la aceleración espectral (S_a), respecto al desplazamiento espectral (S_d). Denominado *espectro de capacidad*. Para esta conversión, cada punto (V_{0i} , Δn_i) de la curva de capacidad, corresponde a un punto (S_{a_i} , S_{d_i}) del espectro de capacidad, según: (Universidad Politécnica de Cataluña, s.f., p.78)

$$S_{d_i} = \frac{\Delta n_i}{(\beta_1 \times \phi_{1,n})} \qquad S_{a_i} = \frac{V_{0i}}{\alpha_1}$$

α_1 ...masa modal asociada al modo fundamental o primer modo de vibración.

β_1 ...factor de participación asociado al modo fundamental.

$\phi_{1,n}$...amplitud en el nivel n , de la forma de vibración del modo fundamental. (Universidad Politécnica de Cataluña, s.f., p.78)



Gráfica 12. Espectro de capacidad
Fuente: ATC-40

En esta representación, cada línea trazada desde el punto origen hasta la curva, tiene una pendiente $(\omega')^2$, donde es la frecuencia circular asociada a la respuesta efectiva de la estructura cuando la misma es deformada hasta dicho desplazamiento espectral. De manera que el periodo efectivo de la estructura (T') asociado a dicho desplazamiento espectral puede determinarse como $T' = 2\pi / \omega'$.

Espectro de demanda.

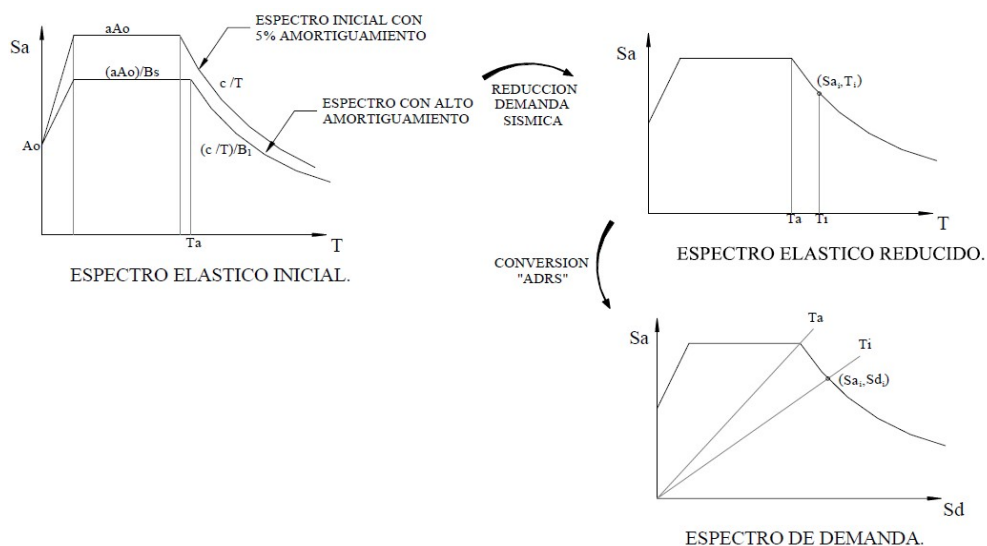
La demanda sísmica inicialmente se caracteriza usando el espectro de respuesta elástico de aceleración típicamente definido para un amortiguamiento del 5% (gráfica 13), el cual debe ser transformado a un formato ADRS, es decir, de aceleración espectral (S_a como una fracción de la aceleración de gravedad g) respecto el desplazamiento espectral (s_d). Para dicha conversión cada punto (S_{a_i}, T_i) del espectro de respuesta donde T_i es el periodo en segundos, corresponde a un punto (S_{a_i}, S_{d_i}) del espectro de demanda, según:

$$S_{d_i} = \frac{T_i^2}{4\pi^2} S_{a_i} \times g$$

De manera que el espectro de demanda es una representación gráfica de la aceleración máxima de respuesta respecto el correspondiente desplazamiento máximo, para un período y nivel de amortiguamiento dado. Estos valores máximos se corresponden con los valores pseudoespectrales siempre que se trate de pequeños valores del amortiguamiento.

Este espectro de respuesta elástico debe ser sucesivamente ajustado para un factor de amortiguamiento compatible con el nivel de deformaciones esperado. De hecho, para altos niveles de

deformación se esperan importantes incrementos en la capacidad de disipar energía, más aún, si la estructura cuenta con dispositivos de disipación, en cuyo caso, la demanda sísmica inicial debe ser reducida en proporción al incremento del amortiguamiento característico para diferentes sistemas estructurales y factores de modificación de la respuesta elástica dependientes del amortiguamiento, los cuales deben aplicarse de manera consistente para cada nivel de movimiento del terreno especificado. (Universidad Politécnica de Cataluña, s.f., p.79)



Gráfica 13. Espectro de demanda sísmica
Fuente: ATC-40

II.1.15.2 Criterio de verificación del análisis

En el análisis de los estados límites o último de resistencia, el desplazamiento máximo para los muros no reforzado no debe exceder $\Delta_{\text{limite}} = 0.004h$ y la flexión por cortante no debe exceder $0.006h$.

II.1.15.3 Diseño por desempeño

La experiencia de sismos ha puesto en evidencia una importante limitación del enfoque implícito en los códigos de diseño sísmico hasta ahora empleados; el desempeño de una edificación durante un sismo no está dado de manera explícita en estos códigos. (Universidad Politécnica de Cataluña, s.f., p.65)

II.1.15.4.1 Diseño basado en el desempeño sísmico

De manera general, el diseño basado en el desempeño sísmico consiste en la selección de apropiados esquemas de evaluación que permitan el dimensionado y detallado de los componentes estructurales, no estructurales y del contenido, de manera que para un nivel de movimiento especificado y con diferentes niveles de confiabilidad, la estructura no debería ser dañada más allá de ciertos límites (Bertero, en SEAOC, 1995 como se citó en Universidad Politécnica de Cataluña, s.f., p.65).

II.1.15.4.1.1 Nivel de desempeño

La norma ATC-40 (1996) especifica separadamente el nivel de desempeño para la estructura y el nivel de desempeño para los componentes no estructurales de manera que su combinación conduce a la definición del nivel de desempeño de la edificación. (Paredes, 2016, p.38)

II.1.15.4.1.1.1 Nivel de desempeño para la estructura

Describen los posibles estados de daño sobre la estructura. Para tal fin, se definen tres estados de daño discretos o límites: inmediata ocupación, seguridad y estabilidad estructural, y dos rangos intermedios: daño controlado y seguridad limitada, los cuales se designan con la abreviación SP-n, (“Structural Performance”, donde n es un número). (Paredes, 2016, p.38)

SP-1. Inmediata ocupación: El sistema resistente a cargas verticales y laterales permanece prácticamente inalterado, puede haber ocurrido daño estructural muy limitado, el peligro a la vida es despreciable y la edificación se mantiene funcionando en su totalidad.

SP-2. Daño controlado: Corresponde a un estado de daño que varía entre las condiciones límite de inmediata ocupación y seguridad. La vida de los ocupantes no está en peligro aunque es posible que sean afectados.

SP-3. Seguridad: Pueden haber ocurrido daño significativo en la estructura, sin embargo, la mayoría de los elementos estructurales se mantienen. Amenaza a la vida de los ocupantes interiores e incluso, puede haber afectado. Costos elevados asociados a las reparaciones estructurales.

SP-4. Seguridad limitada: Corresponde a un estado de daño que varía entre las condiciones límite de seguridad y estabilidad estructural, con alto peligro para los ocupantes.

SP-5. Estabilidad estructural: Corresponde a un estado de daño en la cual el sistema estructural está en el límite de experimentar un colapso parcial o total. Han sucedido daños sustanciales, con una significativa degradación de rapidez y resistencia del sistema resistente a cargas laterales, aun cuando los componentes del sistema resistente a cargas verticales mantengan la capacidad suficiente para evitar el colapso. Existe un elevado peligro para ocupantes y transeúntes, así como un peligro elevado en caso de réplicas. Estas edificaciones requieren reparaciones estructurales significativas.

SP-6. No considerado: no corresponde con un nivel de desempeño de la estructura, sino con una condición en la cual sólo se incluye una evaluación sísmica de los componentes no estructurales. Se limita a considerar el desempeño de los elementos no estructurales. (Paredes, 2016, pp.38-39)

II.1.15.5.1.1.2 Nivel de desempeño para los componentes no estructurales.

Se describen los posibles estados de daño de los componentes no estructurales. Para tal fin, se definen cuatro estados de daño: operacional, inmediata ocupación, seguridad y amenaza, los cuales se designan con la abreviación NP-n (“Nonstructural Performance”, donde n designa una letra).

NP-A. Operacional: después del sismo, los sistemas, componentes y elementos no estructurales permanecen sin daño y funcionando. Todos los equipos y maquinarias deben permanecer operativos aunque algunos servicios externos no estén del todo disponibles.

NP-B. Inmediata ocupación: Los sistemas, componentes y elementos no estructurales permanecen en su sitio, con pequeñas interrupciones que no comprometen o limitan su funcionamiento. Se mantiene un estado de seguridad para los ocupantes.

NP-C. Seguridad: Contempla considerable daño en sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin colapso o interrupción de los mismos que pueda atentar seriamente contra los ocupantes. No debería haber fallo en los componentes peligrosos, sin embargo, el equipamiento y las

maquinarias pueden quedar fuera de servicio. Puede haber algunos afectados, el peligro a la vida por los daños en componentes no estructurales es bajo.

NP-D. Amenaza: incluye importante daño en los sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin colapso de los grandes y pesados elementos que pongan en peligro a grupos de personas. El peligro a la vida por los daños en componentes no estructurales es alto.

NP-E. No considerado: No corresponde con un nivel de desempeño de los componentes no estructurales, sino con una condición en la cual sólo se incluye una evaluación sísmica de los componentes estructurales. Se limita a considerar el desempeño de los elementos estructurales. (Paredes, 2016, p.39-40)

II.1.15.4.1.1.3 Nivel de desempeño de la edificación

Describen los posibles estados de daño para la edificación. Estos niveles de desempeño se obtienen de la apropiada combinación de los niveles de desempeño de la estructura y de los componentes no estructurales. La Tabla siguiente, muestra las posibles combinaciones donde se han destacado e identificado los cuatro niveles de desempeño de edificaciones más comúnmente referenciados; operacionales (1-A), inmediata ocupación (1-B), seguridad (3-C), y estabilidad estructural (5-E), así como otros niveles de desempeño posibles (2-A, 2-B, etc.). La designación NR corresponde a niveles de desempeño No Recomendables en el sentido que no deben ser considerados en la evaluación. (Universidad Politécnica de Cataluña, s.f., p. 69)

	<i>SP-1 Inmediata Ocupación</i>	<i>SP-2 Daño Controlado (rango)</i>	<i>SP-3 Seguridad</i>	<i>SP-4 Seguridad limitada (rango)</i>	<i>SP-5 Estabilidad Estructural</i>	<i>SP-6 No considerado</i>
<i>NP-A Operacional</i>	1-A Operacional	2-A	NR	NR	NR	NR
<i>NP-B Inmediata Ocupación</i>	1-B Inmediata Ocupación	2-B	3-B	NR	NR	NR
<i>NP-C Seguridad</i>	1-C	2-C	3-C Seguridad	4-C	5-C	6-C
<i>NP-D Amenaza</i>	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
<i>NP-E No Considerado</i>	NR	NR	3-E	4-E	5-E Estabilidad Estructural	No Aplicable

Tabla 13. Niveles de desempeño de la edificación (ATC-40,1996)

Estos niveles de desempeño están asociados a la siguiente descripción:

1-A. Operacional: se relaciona básicamente con la funcionalidad. Los daños en componentes estructurales son limitados. Los sistemas y elementos no estructurales permanecen funcionando. Cualquier reparación requerida no perturba ninguna función. Se mantiene la seguridad de los componentes. Se mantienen las funciones de los servicios de la edificación, incluso cuando los externos a la misma no estén disponibles.

1-B. Inmediata ocupación: corresponde al criterio más usado para edificaciones esenciales. Los espacios de la edificación, los sistemas y los equipamientos permanecen utilizables. Se mantienen en funcionamiento los servicios primarios. Quizás algunos servicios secundarios presenten pequeñas interrupciones de fácil e inmediata reparación. Se mantiene la seguridad de los ocupantes.

3-C. Seguridad vital: corresponde a un estado de daños que presenta una baja probabilidad de atentar contra la vida. Constituye el nivel de desempeño de la edificación que se espera alcanzar con la aplicación de los actuales códigos sísmicos; es decir, que se corresponde a un desempeño equivalente al que se obtendría con la aplicación sistemática de los códigos actuales de diseño sísmico. Se caracteriza por presentar daños limitados en los componentes estructurales y el eventual fallo o volcamiento de los componentes no estructurales, con posibilidad inclusive de fallo en algún

elemento peligroso y en alguno de los elementos primarios (servicio de agua, electricidad, etc.) y secundarios (acabados, fachadas, etc.), siempre que no atente contra la vida de los usuarios.

5-E. Estabilidad estructural: para este estado de daño prácticamente no queda reserva alguna del sistema resistente a carga lateral que permita soportar una réplica, solo se mantiene cierta capacidad de sistema resistente a cargas verticales para mantener la estabilidad de la estructura, de manera que el peligro para la vida es muy alto. El nivel de daño estructural implica que no se requiere la revisión de los componentes no estructurales. El peligro de los ocupantes y transeúntes por el colapso o falla de componente no estructurales exige el desalojo de la edificación. (Universidad Politécnica de Cataluña, s.f., p. 70)



PEMP CARTAGENA DE INDIAS

PLAN ESPECIAL DE MANEJO Y PROTECCIÓN (PEMP)

“El Centro Histórico de Cartagena de Indias fue declarado Monumento Nacional por la Ley 163 de 1959. Este conjunto urbanístico tiene 478 años de fundado. Las primeras leyes que amparan su protección datan de 1959. A partir de entonces, se ha elaborado un conjunto de disposiciones que definen las políticas y reglas de desarrollo para orientar su crecimiento en función de su preservación y sostenibilidad, sin dejar de lado su dinamismo urbano.

En 1984, a raíz de la inclusión del “Puerto, Fortaleza y Grupo de Monumentos de Cartagena de Indias” en la Lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO, se redoblan los esfuerzos encaminados a planear, coordinar y ejecutar acciones para la conservación, protección y sostenibilidad de su Centro Histórico.

La Ley 1185, modificatoria de la Ley General de Cultura y reglamentada por el Decreto 763 de 2009, obliga a presentar un PLAN ESPECIAL DE MANEJO Y PROTECCIÓN (PEMP), que sirva como instrumento de gestión del patrimonio cultural de la Nación, estableciendo las herramientas necesarias para este propósito.

CAPITULO III

III. 1 MARCO LEGAL

Por la relevancia e importancia del patrimonio materializado en la arquitectura colonial de las edificaciones que se tratan, en reglamentaciones internacionales, nacionales y distritales, todas ellas con el fin común de alguna de conservar preservar el patrimonio arquitectónico que ellos engendran.

III.1.1 Marco legal distrital

En la ciudad de Cartagena los entes encargados de vigilar el desarrollo urbano es el POT (Plan de Ordenamiento Territorial), PEMP (Planes Especiales de Manejo y Protección), el IPCC (Instituto de Patrimonio y Cultura de Cartagena), Control Urbano y el Comité de Patrimonio del Distrito.

El **POT** en el ámbito del urbanismo colombiano, es una herramienta técnica que poseen los municipios del país para planificar y ordenar su territorio. Tiene como objetivo integrar la planificación física y socioeconómica, así como el respeto al medio ambiente: estos documentos pueden incluir estudios sobre temas como la población, las etnias, el nivel educativo, así como los lugares donde se presentan fenómenos meteorológicos y tectónicos como lluvias, sequías y derrumbes. Estableciéndose como un instrumento que debe formar parte de las políticas de estado, con el fin de propiciar desarrollos sostenibles, contribuyendo a que los gobiernos orienten la regulación y promoción de ubicación y desarrollo de los asentamientos humanos. (Wikipedia, s.f., párr.1)

Este instrumento fue creado por el Decreto No. 0977 de 20 de noviembre de 2001 con una vigencia de mínima equivalente a tres períodos constitucionales de las administraciones municipales y distritales.

El **PEMP** es el instrumento de planeación y gestión para la protección y conservación de los BIC (Bien de Interés Cultural) declarados o que se pretendan declarar como tales, por medio del cual se establecen las acciones necesarias para garantizar su protección y sostenibilidad en el tiempo. Los PEMP deben determinar:

1. Las condiciones para la articulación del BIC en su contexto físico y entorno socio-cultural, partiendo del principio de que hay que conservar sus valores, mitigar sus riesgos y aprovechar sus potencialidades.
2. Las acciones de carácter preventivo y/o correctivo para su conservación.
3. Las condiciones para su mantenimiento y conservación.
4. Los mecanismos para su recuperación y sostenibilidad.
5. Las estrategias para propiciar el conocimiento y la apropiación social del BIC por la comunidad. (Ministerio de Cultura, 2011, p. 20)

No todos los BIC, requieren un PEMP. Esta decisión la establece la entidad que declara el BIC como tal y debe contar con el concepto de favorabilidad del Consejo de Patrimonio Cultural del ente territorial al que éste corresponda.

La Ley de Patrimonio establece que, para los BIC del grupo arquitectónico se recomienda formular siempre un PEMP en caso de que presenten las siguientes condiciones:

- ❖ Riesgo de transformación o demolición parcial o total debido a los distintos tipos de desarrollo previstos en su entorno
- ❖ Cuando el uso del BIC represente un riesgo o limitación para su conservación
- ❖ Cuando se requiera definir o redefinir la normativa del BIC y/o la de su entorno para garantizar su conservación.

Los BIC del grupo arquitectónico que se encuentren en un sector urbano declarado BIC no necesitan un PEMP específico, por cuanto las acciones para garantizar su recuperación y conservación están incluidas en el PEMP del sector urbano. (Ministerio de Cultura, 2011, p. 21)

Es de especial importancia anotar que en razón a la naturaleza diferencial de los BIC, el Ministerio de Cultura reglamentará, por vía general, los plazos para la formulación y aprobación de los PEMP. Para los BIC declarados antes de la Ley de Patrimonio, el decreto reglamentario de dicha ley (Decreto 763 de 2009) fija un plazo de cinco años para la formulación y aprobación; por ello, bajo ninguna circunstancia se debe superar el 10 de marzo de 2014.

El **IPCC** es el organismo rector de la política cultural en el Distrito y Turístico de Cartagena de Indias, creado con el objeto de defender y desarrollar las tradiciones artísticas y culturales, populares, modernas de la ciudad. De igual modo, Instituto vela por la preservación, la promoción y la difusión del patrimonio, contribuyendo a la construcción de una cultura que integre y promueva la diversidad de la nación colombiana. (Instituto de Patrimonio y Cultura de Cartagena de Indias, s.f., párr. 1)

“**Control Urbano** es ente encargado de dirigir las estrategias, planes y programas encaminados a mantener la vigilancia, control y cumplimiento de las leyes urbanísticas en el Distrito de Cartagena” (Decreto 1701, 2015, p. 12).

Comité de Patrimonio del Distrito: Es un comité de carácter técnico que cumple con la labor de asesorar a la Administración Distrital en las actividades concernientes con el patrimonio arquitectónico. Está conformado por siete integrantes, los cuales representan los siguientes estamentos del Distrito: Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias (Presidente), Sociedad Colombiana de Arquitectos, Residentes del Centro Histórico, Museos de Cartagena, Ministerio de Cultura, Facultades de Arquitectura, Academia de Historia de Cartagena (IPCC, s.f.).

En forma específica cumple con las siguientes funciones:

- ❖ Emitir concepto previo de todo tipo de intervenciones en los bienes inmuebles y espacios públicos del centro histórico y en los inmuebles catalogados de la periferia histórica.

- ❖
- ❖ Asesorar a la Administración distrital en las declaratorias de bienes de interés cultural de carácter distrital.
- ❖ Recomendar a la Administración distrital el control de las intervenciones y la imposición de sanciones a las personas que vulneren el deber constitucional de proteger el patrimonio cultural.
- ❖ Propender por la correcta aplicación de los reglamentos para la intervención y uso de los bienes del patrimonio histórico y cultural del Distrito. (IPCC, s.f., párr. 3)

III.1.2 Marco legal nacional

En Colombia, el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, expedido mediante el Decreto 0926 del 19 de Marzo de 2010, a través del congreso de la república, establece los “requisitos mínimos que, en alguna medida, garantizan que se cumpla el fin primordial de salvaguarda las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte”, convirtiéndose estos requisitos indirectamente en la defensa de la propiedad.

El reglamento, presenta los requisitos generales y los parámetros específicos de diseño que deben cumplir las edificaciones en el territorio de la República de Colombia, incluidas las edificaciones construidas antes de la vigencia del reglamento. Es por ello que la NSR-10 se convierte en un documento de estricto cumplimiento.

III.1.3 Marco legal internacional

ICOMOS “International Scientific Committee for Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage” “Recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del Patrimonio arquitectónico”, documento en el que se exponen los principios y las directrices que los restauradores deberían optar para la conservación, la consolidación y restauración del patrimonio arquitectónico.

Este documento de reconocimiento internacional dispone criterios generales que tienen que ver con el valor y la autenticidad del patrimonio, el valor histórico, la seguridad, el cambio de uso, la intervención en el contexto de restaurar y conservar las edificaciones.

El documento advierte que “todo proyecto de restauración y conservación requiere una total comprensión del comportamiento estructural y las características de los materiales. Es esencial tener información actualizada” (ICOMOS, 2003, p. 71).

El documento dispone de directrices que sirvieron de base para el desarrollo del estudio.



SECTOR CENTRO

(“Cartagena de Indias, la joya colonial de Colombia”, 2013)

RECOMENDACIONES PARA EL ANÁLISIS, CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN ESTRUCTURAL DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Las estructuras del patrimonio arquitectónico, por su propia naturaleza e historia (material y constructiva), plantean desafíos específicos en la diagnosis y la restauración que limitan la aplicación de las normas y reglamentos actuales sobre edificación. Formular recomendaciones es deseable y necesario tanto para asegurar la aplicación de métodos de análisis racionales como para recuperar métodos adecuados al contexto cultural.

CAPITULO IV

IV.1 METODOLOGÍA

Se realizó una investigación mixta de tipo cualitativa y cuantitativa, mediante un método inductivo. El enfoque adoptado para el desarrollo de este estudio, parte de la casa de tipología colonial en su contexto histórico, urbanístico y arquitectónico; de su conservación patológica y estructuración, dentro de un marco legal establecido. Lo anterior se desarrolló basado en tres vectores: **Histórico – Arquitectónico; Conservación y patología; e ingenieril**, evaluados en principio independientemente, pero correlacionados integralmente para proponer alternativas de intervención teniendo como parámetros el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y las recomendaciones, cartas y convenios que se han generado en torno a la conservación del patrimonio arquitectónico.

El enfoque **Histórico – Arquitectónico** de las casas coloniales, se basó en una revisión bibliográfica de la historia y evolución o manejo de éstas como patrimonio arquitectónico, las intervenciones y las políticas de conservación que se han tratado y adoptado a través de los tiempos.

En esta etapa se investigó toda la información concerniente al origen, antecedentes formales, aspectos socioeconómicos de la época, influencias de la arquitectura europea y el aporte o incorporación de las técnicas indígenas.

Desde la **Conservación y patología**, se realizaron estudios así: Uno para determinar la vulnerabilidad cualitativa a cada uno de los tres sectores del centro histórico, aplicando el método del índice de vulnerabilidad, y el otro de manera particular, evaluando el estado de la conservación, búsqueda y evolución de intervenciones anteriores, usos y la patología de las casas coloniales, para lo cual se diseñó una herramienta consistente en una ficha digital que permite mediante una inspección del inmueble, evaluar su estado de conservación, lesiones patológicas, intervenciones anteriores y modificaciones. Esta herramienta apoyada en ensayos no destructivos permite la determinación de índices de integridad y de daños, como también determinar el nivel de desempeño de la edificación, con el objetivo de determinar factores que influyen en la estructuración, para abordar la revisión ingenieril con la mayor argumentación posible. Ofrece también esta herramienta información de la magnitud, tipo, origen y cantidad de cada lesión, lo cual se convierte en una información valiosa para intervenciones.

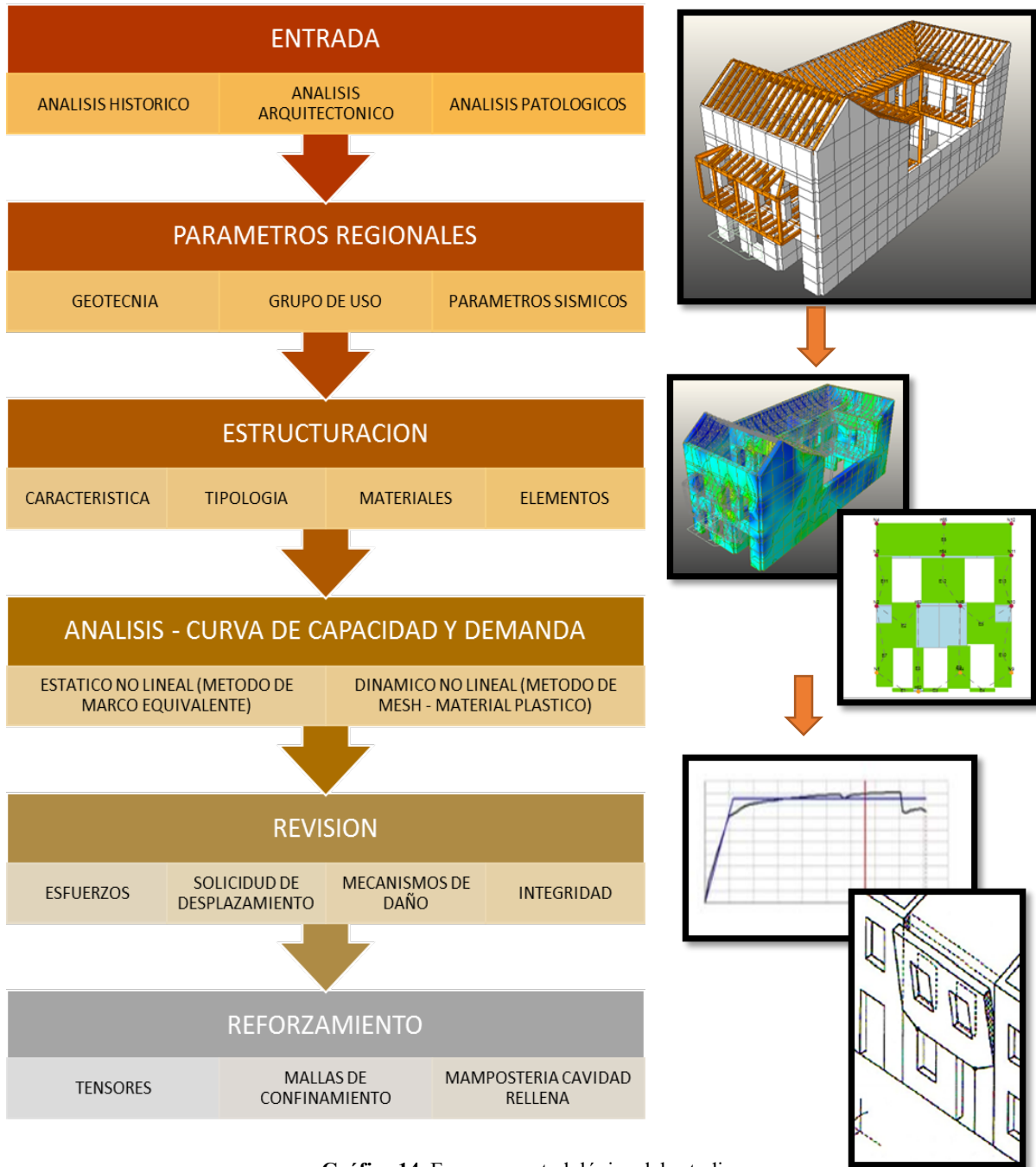
La aplicación del método para evaluar la vulnerabilidad cualitativa por el índice de vulnerabilidad y la herramienta o ficha digital se presenta en el **Apéndice VIII.1.5**

Desde la **Ingeniería de la casa de tipología colonial** se evaluó su estructuración, las partes constitutivas, los materiales y sus resistencias, los factores que inciden en el comportamiento estructural, las normas locales, nacionales e internacionales que rigen la intervención de edificaciones de esta tipología. Se plantearon modelos matemáticos que considerando parámetros sísmicos, medioambientales y de cargas esperadas, mediante las teorías del análisis y diseño estructural apropiadas, permitieron evaluar la vulnerabilidad y los posibles mecanismos de fallas esperados en las edificaciones.

En el **Apéndice VIII.1.6**, se presenta

Integrando los tópicos anteriores, cumpliendo los preceptos de conservación del patrimonio y con las normativas vigentes, se hacen propuestas de intervención, con el fin de conservar y preservar el patrimonio sin la pérdida del valor histórico de éste.

Esquema metodológico del estudio



Gráfica 14. Esquema metodológico del estudio

IV.2 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA

IV.2.1 Historia y arquitectura de la casa de tipología colonial

Reseña histórica del desarrollo urbano del Centro Histórico de Cartagena de Indias.

El núcleo inicial de la vivienda en Cartagena de Indias lo constituyeron los mismos bohíos que habitaban los indígenas. Entre los años 1535 y 1537 el juez de residencia Juan de Badillo trazó las calles dando así el primer intento de ordenación urbana. Esta ordenación sufrió modificaciones sustanciales a raíz de los incendios y ataques de los piratas que se dieron entre 1544 y 1586, siendo el incendio más voraz el de 1552.

Fue en 1586 de con la llegada de Bautista Antonelli quien planifica la ciudad definiendo una verdadera trama urbana, enmarcada por un sistema de murallas y fuertes cuyo objetivo era proteger la ciudad de los ataques piratas. La trama urbana se desarrolla a partir de la plaza de La Mar, hoy plaza de la Aduana, contigua al embarcadero principal, desde esa época comenzó el uso de materiales pétreos y compuestos para la casa colonial. Materiales que fueron en muchos casos con retales de la ingeniería militar que se constituyó en la prioridad de esa época.

Fue en el siglo XVII donde se desarrolló la arquitectura domestica influida por el desarrollo comercial por la vocación de puerto que obtuvo Cartagena. Con el esplendor de Cartagena entre los siglos XVII y XVIII, emergen los barrios de San Diego y Getsemaní con casas en su mayoría de un piso construidas con materiales y mano de obra de acuerdo al nivel socioeconómico de los expansionistas. (Cartagena de Indias Puerto y Plaza fuerte, 1951)

Estudio histórico – arquitectónico de la casa de tipología colonial Cartagenera

El estudio histórico – arquitectónico de las edificaciones se basó en un procedimiento de revisión e investigación en los archivos existentes en la ciudad para entender la concepción y la importancia de la casa, las habilidades y técnicas utilizadas en su construcción, los cambios que se han producido tanto en la edificación, como en su entorno y finalmente los sucesos que puedan haber causado algún cambio a través del tiempo.

En el desarrollo de la construcción de la historia e identificación arquitectónica de las casas coloniales del centro histórico de Cartagena de Indias se siguieron en forma ordenada los siguientes pasos.

Se valoraron las fuentes en cuanto a su fiabilidad como medio para reconstruir la historia de la construcción, prestando atención a las reconstrucciones, adiciones, cambios, trabajos de

restauración, modificaciones estructurales y cambios de uso que han llevado la casa a su situación actual.

Un procedimiento para el estudio histórico-arquitectónico de las casas se propuso y aplicó.

Localización.

- ❖ *Localización general del inmueble:* Localización de la casa con su respectiva nomenclatura urbana actual, referenciada según el plano del reglamento del patrimonio inmueble de Cartagena de Indias en la manzana, y número de predio correspondiente.
- ❖ *Localización sectorial:* Localización del barrio donde se encuentra ubicado el inmueble y su respectiva manzana, y número de predio correspondiente.
- ❖ *Localización del predio:* Determinación de los paramentos del predio con sus respectivas medidas y linderos ubicando la manzana, el número del predio e identificando el predio en la cantidad de lotes de la manzana, registro de la referencia catastral, la matrícula inmobiliaria.
- ❖ *Descripción del sector:* Descripción de la cantidad de manzanas del sector o barrio, e identificación de la manzana donde se encuentra ubicado el lote.
- ❖ *Perfil urbano:* Descripción del desarrollo del sector, tipos de estructuras adyacentes, desarrollo socioeconómico y referencias arquitectónicas del sector.

Descripción urbana.

- ❖ *Descripción general de la edificación:* Descripción de la ubicación y distribución de las casa en la manzana donde se encuentra ubicada delimitando su colindancia con otras construcciones.
- ❖ *Implantación urbana:* Descripción del predio en que está erigida la casa con su respectiva manzana y sus medidas y linderos.
- ❖ *Descripción arquitectónica:* Descripción completa del inmueble, donde se describe la tipología de la casa con sus respectivas distribuciones de los espacios en planta.
- ❖ *Uso actual:* Descripción de la edificación, su tipo de uso, si está siendo ocupada o no con los rasgos más sobre salientes de la descripción.

- ❖ *Clasificación estilística*: Definición del tipo de arquitectura y la estructuración de la casa en sí, los tipos de muros y su clasificación tipológica.
- ❖ *Clasificación tipológica*: Calificación de la casa según el plano del Reglamento Del Patrimonio Inmueble De Cartagena De Indias, y definición de la categoría del tipo de intervención que se puede realizar.
- ❖ *Análisis arquitectónico de la edificación*: Determinación de la tipología de la casa, descripción tipológica a la que pertenece el inmueble y determinación la categoría de intervención.
- ❖ *Hipótesis de la evolución constructiva*: Definición del proceso constructivo que ha tenido la casa en toda su historia hasta la actualidad.
- ❖ *Criterios de intervención*: Definición del criterio de intervención a utilizar y presentación una propuesta de recuperación de los espacios si es necesario.

Reseña e investigación histórica.

- ❖ *Reseña histórica y evolución de la manzana*: Descripción secuencial en el tiempo de la evolución de la manzana donde se encuentra ubicado el inmueble.
- ❖ *Reseña histórica del sector*: Realización de una reseña histórica del sector con el objeto de evidenciar se éste ha sufrido grandes cambios a través del tiempo.
- ❖ *Reseña histórica de la casa*: Descripción histórica de la casa con su respectiva sucesión a través de los años.
- ❖ *Proceso de escrituración*: Historial del proceso de escrituración de la casa hasta la actualidad.

Informe planimétrico.

En el informe planimétrico se presentan todos los planos necesarios a utilizar en la intervención del inmueble, con la propuesta de intervención a realizar en la misma.

Levantamiento arquitectónico estado actual.

Levantamiento arquitectónico de la casa, el cual servirá como base para implantar la propuesta de intervención a realizar en el inmueble.

Informe fotográfico actual.

Registro fotográfico del inmueble con el objetivo de dejar las evidencias del estado de la estructura de la casa.

Bibliografía.

Listado de todos los registros históricos consultado, de los libros u otras fuentes.

Una secuencia y resultados de la evaluación histórica- arquitectónica realizada a una casa en particular, se presenta en el **Apéndice VIII.1.3.**

IV.2.2 Patología de la casa de tipología colonial

Este estudio se realizó con el objetivo de caracterizar la patología recurrente en las estructuras de la casa de tipología colonial en el centro histórico de la ciudad, a través de un estudio de campo, con el propósito de suplir la falta de información científica con respecto a las casas coloniales y de esta forma tener datos reales que sirvan para aplicarlos en las intervenciones de las viviendas que lo requieran.

Esta investigación se desarrolló a partir de la toma de datos en campo, específicamente el uso de fotografías, e inspección visual para identificar el tipo, estado, intervenciones en las edificaciones, sin la utilización de ensayos de laboratorio.

En cuanto a las lesiones más recurrentes se encontró que la suciedad que es una lesión de orden física es la que más se presenta tanto en la casas bajas como en las altas pero más representativamente en sus muros con porcentajes de 95.24% y 93.10% respectivamente. En los muros también se presentó en gran medida la lesión por erosión, mayoritariamente en las casas altas con un porcentaje de 82.76%. Siguiendo con los muros otra de las lesiones más recurrentes esta vez del orden mecánico fue la lesión por fisuras con porcentajes altos tanto en las casas bajas como en las altas, los cuales fueron de 85.71% y 84.48% respectivamente. En la madera que es un material representativo de las casas de tipología colonial especialmente usado en sus balcones las patologías

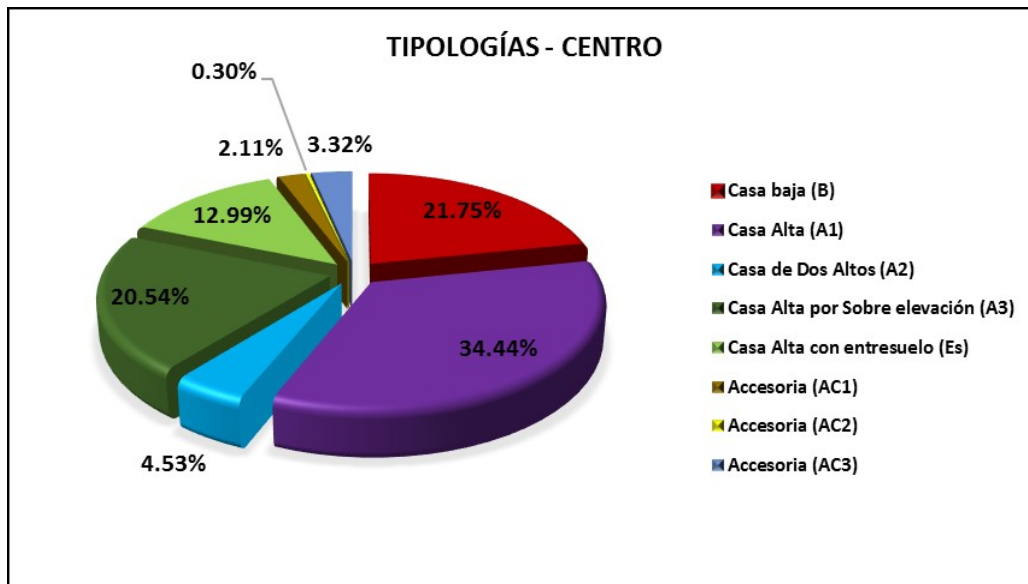
más recurrentes fueron la presencia de organismos animales (comején) con un porcentaje de 46.55% y los desprendimientos en sus elementos con un porcentaje del 51.72 % del total de las casas con balcones.

Además se pudo concluir que la orientación de las viviendas determina el comportamiento de las lesiones en las fachadas, lo que se relaciona con la disposición de las viviendas en el centro histórico y los vientos rasantes que actúan sobre el mar, arrastrando cloruro de sodio, el cual actúa sobre la superficie de las fachadas; con mayor incidencia en dirección al norte y noreste siendo los vientos predominantes, y provocando que esta orientación sea la más afectada, los resultados del estudio patológico se pueden consultar en el **Apéndice VIII.1.4.**

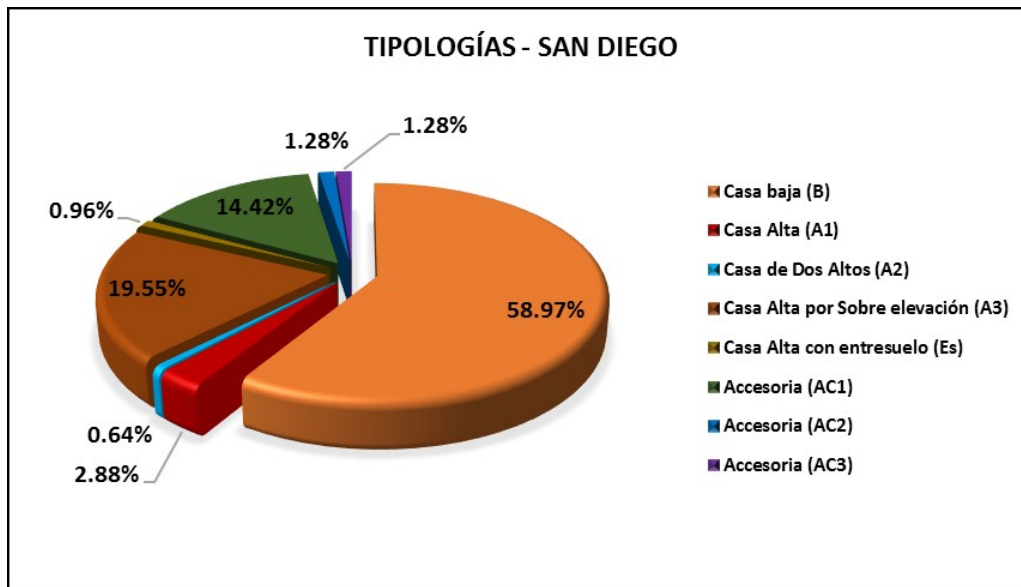
Del estudio realizado se obtuvo la siguiente información.

Arquitectura Habitacional Colonial	Arquitectura Civil Doméstica	Tipología de la Casa	Centro	San Diego	Getsemaní	Total de Casas
		Casa baja (B)	72	184	157	413
Casa Alta (A1)	114	9	15	138		
Casa de Dos Altos (A2)	15	2	3	20		
Casa Alta por Sobre elevación (A3)	68	61	44	173		
Casa Alta con entresuelo (Es)	43	3	3	49		
Accesoria (AC1)	7	45	168	220		
Accesoria (AC2)	1	4	4	9		
Accesoria (AC3)	11	4	1	16		

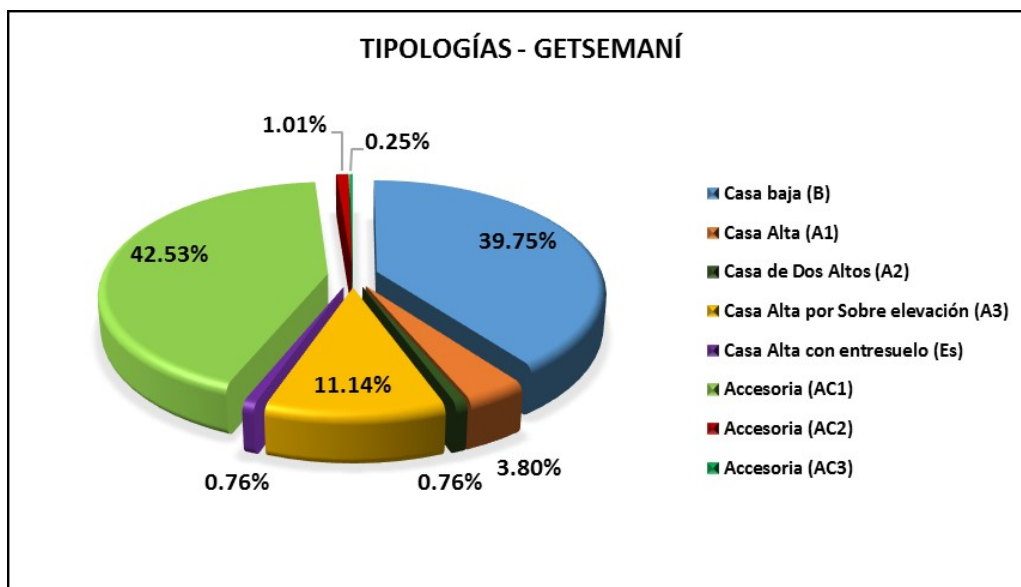
Tabla 14. Número de casas coloniales según su tipología



A



B



C

Gráfica 15. Representación porcentual según tipos de casas en los barrios A: Centro, B: San Diego y C: Getsemaní

IV.2.2.1 Degradación de la rigidez muraria por la patología.

Las casas coloniales por sus orígenes, antecedentes e intervenciones presentan en su estructuración frecuentemente problemas de integridad y lesiones que deben ser consideradas a criterio del evaluador para determinar las propiedades físicas y mecánicas de sus materiales. Es por ello que se proponen incluir coeficientes de degradación de rigidez al efectuar la revisión estructural de la edificación.

Determinación de la degradación de la rigidez: La degradación de la rigidez E_R se determina a partir de la reducción del módulo de elasticidad E de la mampostería colonial mediante la afectación de los índices ϕ_i y ϕ_d así: $E_R = \phi_i \phi_d E$

Donde ϕ_i y ϕ_d se les asigna el valor determinado por medio de evaluación realizada a la casa con la ficha de calificación de cuantificación de daños.

Obtención de los coeficientes de degradación de la estructura ϕ_i ϕ_d

❖ *Determinación del coeficiente de integridad de la estructura ϕ_i :* Este coeficiente se determinó evaluando cualitativamente las siguientes variables:

- a) Estabilidad
- b) Seguridad
- c) Funcionalidad
- d) Aspecto

Las cuales se determinaron por medio de la ficha de historia clínica-auscultamiento y calificación de las casas de tipología colonial, dependiendo del valor dado por el ingeniero en el momento de la evaluación en cada espacio evaluado de la casa colonial.

❖ *Determinación del coeficiente de daño ϕ_d :* Este coeficiente se determinó evaluando cualitativamente las siguientes variables, la cual dependió del grado de la lesión encontrada en el momento de la inspección visual detallada realizada al espacio.

- a) Lesión Leve (L.L)
- b) Lesión Moderada (L.M)
- c) Lesión Avanzada (L.A)
- d) Lesión Severa (L.S)

Las cuales se determinaron en la ficha de historia clínica-auscultamiento y calificación de las casas de tipología colonial, dependiendo del valor dado por el ingeniero en el momento de la evaluación en cada espacio evaluado de la casa colonial.

Descripción general de la herramienta utilizada para la determinación de los coeficientes de degradación de la rigidez de la estructura ϕ_c ϕ_e : La herramienta utilizada para la evaluación del índice de integridad y cuantificación de daños de la casa de tipología colonial contó con siete fichas y cada ficha pudo evaluar siete puntos de un espacio o área en estudio, donde la información se reflejó de forma general en una octava ficha, y la cual presenta los resultados generales de la evaluación total de los espacios en estudiados y los índices generales de la casa evaluada.

Descripción del contenido de cada macro-ficha

- ❖ Información descriptiva del área específica

INFORMACION DESCRIPTIVA DEL AREA ESPECIFICA					
Sector_Centro		Arquitectura_Doméstica	Espacios Evaluados		
Manzana_78			FACHADA	FACH	1
Nomenclatura Plano		Casa_Colonial_Alta_en_L_Con_Entresuelo_Con_Traspatio	FACHADA	FACH	2
Nomenclatura Actual			FACHADA	FACH	3
15	Calle Santo Domingo # 33-81		FACHADA	FACH	4
			FACHADA	FACH	5
			FACHADA	FACH	6
			SALÓN	SAL	7

Tabla 15. Información descriptiva del área específica.

Cada macro-ficha cuenta con área para la descripción específica del área estudiada.

Ubicación: Dependiendo de la ubicación geográfica se escogió el sector de ubicación de la casa (Sector Centro, Centro San Diego o Sector Getsemaní) y la manzana donde ésta se encuentra y su nomenclatura.

Arquitectura: Dependiendo del tipo de arquitectura que encontramos en Cartagena así clasificamos la casa en estudio.

Tipología de la Casa: Se tipificó la casa (Casa baja o Alta) dependiendo de la geometría de la misma.

Espacios Evaluados: Se escogió el espacio de la casa que se evaluaría, y automáticamente la herramienta le asigna una nomenclatura, para la fachada FACH y para cualquier espacio interior de la casa INT, seguido de un numero de 1 a 7, siendo 7 el máximo número de puntos evaluados en ese espacio.

Localización general

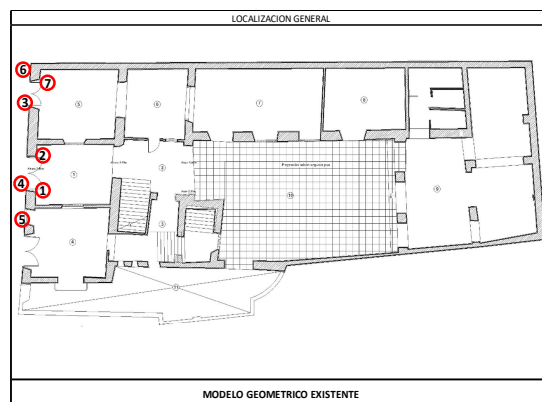


Figura 50: Localización general.

Capítulo IV. Metodología

Se realizó un modelo geométrico general del piso o área en estudio donde se ubicó la cantidad de puntos a evaluar por cada espacio.

Área específica



AREA ESPECIFICA																																																															
REGISTRO FOTOGRAFICO																																																															
																																																															
<table border="1"> <tr> <td>Espacio</td> <td>FACHADA</td> </tr> <tr> <td>Area de Estudio</td> <td>ESTRUCTURA</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>Codificación</td> </tr> <tr> <td>25/10/2017</td> <td>FACHADA 01</td> </tr> </table>	Espacio	FACHADA	Area de Estudio	ESTRUCTURA	Fecha	Codificación	25/10/2017	FACHADA 01	<table border="1"> <tr> <td>Elemento</td> <td>Portones Portones Grandes Portones Grandes Evaluación 1</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td>Piedra caliza</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Características del Material</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> ASPECTO_EXTERNO_ESTRUCTURA Pérdida de Material AGRESIVIDAD_MEDIO Tipo Ambiente CONSTANTES_FISICO_QUIMICAS Alteraciones superficiales COMPORTAMIENTO_ESTATICO Variaciones dimensionales VINCULOS Condiciones de Apoyos </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Valoración Visual <table border="1"> <thead> <tr> <th>Afectación</th> <th>Nivel de Recuperación</th> <th>Grado de Lesión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estabilidad</td> <td>Imprescindible</td> <td>No hay Daños</td> </tr> <tr> <td>Funcionalidad</td> <td>Necesario</td> <td>Leve</td> </tr> <tr> <td>Aspecto</td> <td>Conveniente</td> <td>Moderada</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Comercio</td> <td>Avanzada</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Severa</td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="2">EVALUACION DEL RIESGO</td> </tr> <tr> <td>NOMBRE DE LESION</td> <td colspan="2">Clasificación</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tipología</td> <td>Orden</td> </tr> <tr> <td>Suciedad</td> <td>F.3</td> <td>Primaria</td> </tr> <tr> <td>Erosión Física</td> <td>F.4</td> <td>Primaria</td> </tr> <tr> <td>Mancha</td> <td>F.5</td> <td>Primaria</td> </tr> <tr> <td>Carencia de Mantenimiento</td> <td>AN.2</td> <td>Primaria</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>---</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Elemento	Portones Portones Grandes Portones Grandes Evaluación 1	Material	Piedra caliza	Características del Material		ASPECTO_EXTERNO_ESTRUCTURA Pérdida de Material AGRESIVIDAD_MEDIO Tipo Ambiente CONSTANTES_FISICO_QUIMICAS Alteraciones superficiales COMPORTAMIENTO_ESTATICO Variaciones dimensionales VINCULOS Condiciones de Apoyos		Valoración Visual <table border="1"> <thead> <tr> <th>Afectación</th> <th>Nivel de Recuperación</th> <th>Grado de Lesión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estabilidad</td> <td>Imprescindible</td> <td>No hay Daños</td> </tr> <tr> <td>Funcionalidad</td> <td>Necesario</td> <td>Leve</td> </tr> <tr> <td>Aspecto</td> <td>Conveniente</td> <td>Moderada</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Comercio</td> <td>Avanzada</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Severa</td> </tr> </tbody> </table>		Afectación	Nivel de Recuperación	Grado de Lesión	Estabilidad	Imprescindible	No hay Daños	Funcionalidad	Necesario	Leve	Aspecto	Conveniente	Moderada		Comercio	Avanzada			Severa	EVALUACION DEL RIESGO		NOMBRE DE LESION	Clasificación			Tipología	Orden	Suciedad	F.3	Primaria	Erosión Física	F.4	Primaria	Mancha	F.5	Primaria	Carencia de Mantenimiento	AN.2	Primaria	---			---		
Espacio	FACHADA																																																														
Area de Estudio	ESTRUCTURA																																																														
Fecha	Codificación																																																														
25/10/2017	FACHADA 01																																																														
Elemento	Portones Portones Grandes Portones Grandes Evaluación 1																																																														
Material	Piedra caliza																																																														
Características del Material																																																															
ASPECTO_EXTERNO_ESTRUCTURA Pérdida de Material AGRESIVIDAD_MEDIO Tipo Ambiente CONSTANTES_FISICO_QUIMICAS Alteraciones superficiales COMPORTAMIENTO_ESTATICO Variaciones dimensionales VINCULOS Condiciones de Apoyos																																																															
Valoración Visual <table border="1"> <thead> <tr> <th>Afectación</th> <th>Nivel de Recuperación</th> <th>Grado de Lesión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estabilidad</td> <td>Imprescindible</td> <td>No hay Daños</td> </tr> <tr> <td>Funcionalidad</td> <td>Necesario</td> <td>Leve</td> </tr> <tr> <td>Aspecto</td> <td>Conveniente</td> <td>Moderada</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Comercio</td> <td>Avanzada</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Severa</td> </tr> </tbody> </table>		Afectación	Nivel de Recuperación	Grado de Lesión	Estabilidad	Imprescindible	No hay Daños	Funcionalidad	Necesario	Leve	Aspecto	Conveniente	Moderada		Comercio	Avanzada			Severa																																												
Afectación	Nivel de Recuperación	Grado de Lesión																																																													
Estabilidad	Imprescindible	No hay Daños																																																													
Funcionalidad	Necesario	Leve																																																													
Aspecto	Conveniente	Moderada																																																													
	Comercio	Avanzada																																																													
		Severa																																																													
EVALUACION DEL RIESGO																																																															
NOMBRE DE LESION	Clasificación																																																														
	Tipología	Orden																																																													
Suciedad	F.3	Primaria																																																													
Erosión Física	F.4	Primaria																																																													
Mancha	F.5	Primaria																																																													
Carencia de Mantenimiento	AN.2	Primaria																																																													

Tabla 16. Área específica.

Registro Fotográfico: Se realizó un registro fotográfico del área a evaluada con el objeto obtener las lesiones del área.

Registro Fotográfico detallado: Con el registro fotográfico detalle se buscó representar de forma más precisa la lesión que se encontró en el área evaluada.

Elemento: Se especificó el elemento de la estructura a evaluar, seleccionándolo de la lista desplegable que posee la herramienta.

Material: De la lista desplegable se seleccionó el tipo de material a evaluar, el cual dependió del elemento anteriormente seleccionado.

Características del material: Una vez seleccionado el material del elemento en estudio automáticamente se reflejaron las características a resaltar del material del elemento en estudio.

Evaluación del Riesgo: La evaluación del riesgo dependió de las lesiones que posee el área en estudio y su clasificación dependió del tipo de lesión que se registró (Física, química, Mecánica o Antropológica) y su orden (primaria o secundaria) dependió de la experticia del ingeniero que realizó la evaluación del área.

Valoración Visual: La valoración visual del espacio o área en estudio dependió de la experticia del ingeniero que realizó la evaluación y se clasificaron de la siguiente manera.






Calificación		
1		No hay daños N.D
2		Lesión Leve L.L
3		Lesión Moderada L.M
4		Lesión Avanzada L.A
5		Lesión Severa L.S

Tabla 17: Calificación de daños y lesiones.

El valor de esta calificación estará de 1 a 5 de acuerdo a la misma y a los colores asignado acorde a su valoración.

Análisis cualitativo según tipo de lesión

ÁRBOL	ELEMENTOS	ANÁLISIS CUALITATIVO DE LAS LESIONES																											
		RISGO					MECANIZMOS					CONUSAS					OCASIONES					ANOMALIAS							
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	Ala superior y primaria																												
	Ala inferior y secundaria																												
	Ala terciaria																												
	Ala cuaternaria																												
	Ala quinquaria																												
	Ala sextaria																												
	Ala séptima																												
	Ala octava																												
	Ala novena																												
	Ala décima																												
	Ala undécima																												
	Ala duodécima																												
	Ala treceava																												
	Ala catorceava																												
	Ala quinceava																												
	Ala dieciséisava																												
	Ala dieciséptima																												
	Ala dieciochoava																												
	Ala diecinueveava																												
	Ala veinteava																												
	Ala veintinueveava																												
	Ala treintaava																												
	Ala treinta y una																												
	Ala treinta y dos																												
	Ala treinta y tres																												
	Ala treinta y cuatro																												
	Ala treinta y cinco																												
	Ala treinta y seis																												
	Ala treinta y siete																												
	Ala treinta y ocho																												
	Ala treinta y nueve																												
	Ala cuarenta																												
	Ala cuarenta y una																												
	Ala cuarenta y dos																												
	Ala cuarenta y tres																												
	Ala cuarenta y cuatro																												
	Ala cuarenta y cinco																												
	Ala cuarenta y seis																												
	Ala cuarenta y siete																												
	Ala cuarenta y ocho																												
	Ala cuarenta y nueve																												
	Ala cincuenta																												

Tabla 18. Análisis cualitativo según el tipo de lesión

Después de haber realizado la valoración visual de todas los elemento y áreas en estudio, esa valoración se reflejó automáticamente en el la tabla del análisis cualitativo. De esta manera se obtuvo el resultado genera de la valoración del espacio evaluado.

Cuantificación de daños

		CUANTIFICACION																																												
		FACHADA 0 1					FACHADA 0 2					FACHADA 0 3					FACHADA 0 4					FACHADA 0 5					FACHADA 0 6					SALÓN 0 7														
		Suciedad	Erosion Fisica	Manchas	Carencia de Mamparas	0	Suciedad	Erosion Fisica	Manchas	Carencia de Mamparas	0	Humedad	Suciedad	Erosion Fisica	Manchas	Carencia de Mamparas	0	Humedad	Suciedad	Erosion Fisica	Manchas	Carencia de Mamparas	0	Humedad	Suciedad	Erosion Fisica	Manchas	Carencia de Mamparas	0	Suciedad	Fisuras	Despedimiento	0													
F.3	F.4	F.5	AN.2	-	-	F.3	F.4	F.5	AN.2	-	-	F.1	F.3	F.4	F.5	AN.2	-	-	F.1	F.3	F.4	F.5	AN.2	-	-	F.1	F.3	F.4	F.5	AN.2	-	-	F.1	F.3	F.4	F.5	AN.2	-	-	F.3	M.6	M.2	-	-	-	
Unidad	m2	m2	m2	gl	-	-	m2	m2	m2	gl	-	-	m2	m2	m2	m2	gl	-	-	m2	m2	m2	m2	gl	-	-	m2	m2	m2	m2	gl	-	-	m2	m2	m2	m2	gl	-	-	m2	ml	m2	-	-	-
Largo(m)	0.6	2	1				7	8	9				13	2	15	1.5			1	1.5	1	0.6			0.9	0.3	0.4	0.1			0.6	0.5	0.2	0.2			0.1	0.5	0.1							
Ancho(m)	0.9	1.5	1.2				5	2	6				7	3	8	0.2			0.3	2	0.1	0.2			0.2	0.6	0.2	0.3			0.1	0.7	0.5	0.4			0.2		0.2							

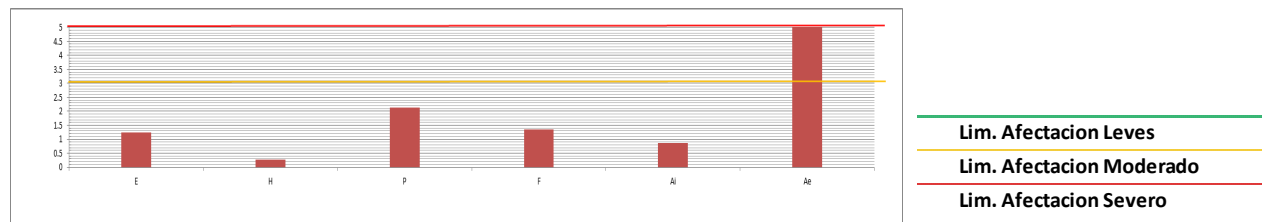
Tabla 19. Cuantificación de daños

Los valores de la cuantificación dependen de la lesión que presentó el espacio evaluado y dependió de la lesión, ésta se midió en campo en ml o m² de acuerdo a su naturaleza y a la lesión que se registró en la evaluación de riesgo.

Evaluación integral del riesgo generado en el espacio

EVALUACION INTEGRAL DEL RIESGO GENERADO EN EL ESPACIO		
Estabilidad del Edificio	E	1.23
Integridad de los habitantes	H	0.29
Integridad de peatones	P	2.14
Funcionalidad del Edificio	F	1.36
Apariencia Interna	Ai	0.86
Apariencia Externa	Ae	9.71

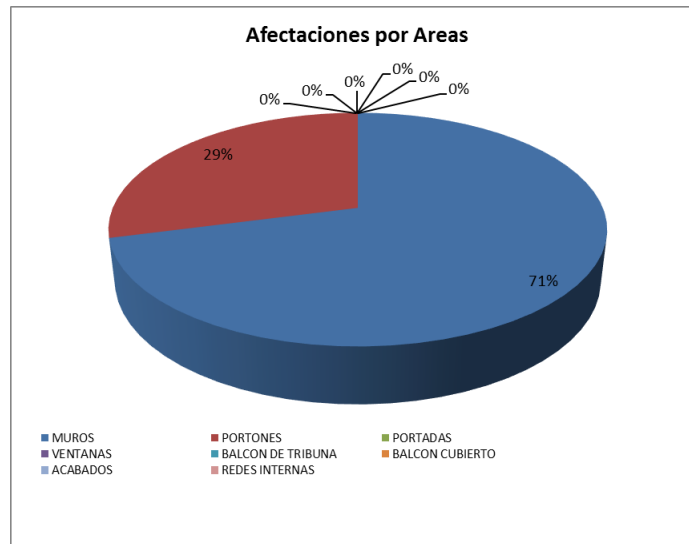
Tabla 20. Evaluación del riesgo generado en el espacio



Gráfica 16. Evaluación del riesgo generado en el espacio

El resultado de la evaluación del riesgo generado en el espacio evaluado dependió de la evaluación realizada en la valoración visual.

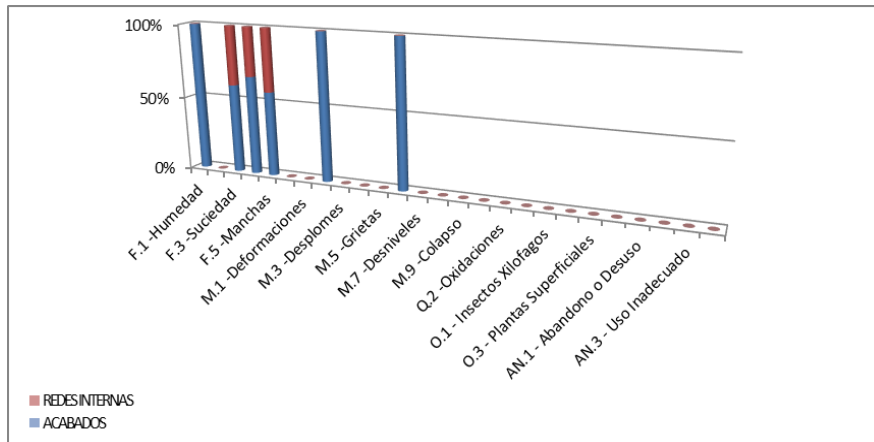
Grafica de afectación por áreas



Gráfica 17. Afectación por áreas

Afectaciones por área a los elementos evaluados: La grafica de afectación por área dependió de las lesiones que presentó cada uno de los elementos evaluados en el espacio de cada macho-ficha.

Grafica de cuantificación de daños



Gráfica 18. Cuantificación de daños

Se representan todas las lesiones que fueron evaluadas en cada área para un espacio evaluado de una macro-ficha.

Índice de integridad y cuantificación de daños por espacio evaluado

INDICES DE VALORACION		
INDICE DE INTEGRIDAD DE LA EDIFICION ϕ_i	INDICE DE RECUPERACION	0.79
	NIVEL DE INTERVECCIÓN	Necesaria
	INDICE DE DAÑO ϕ_d	0.80
0.74	NIVEL DE DAÑO	Moderado
NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA		5 - C
		5 - D

Tabla 21. Índice de integridad e índice de daños por espacio evaluado.

Índice de Integridad del Espacio ϕ_i : El valor del índice de integridad del espacio evaluado dependió de la *valoración visual* por afectación (Estabilidad, Seguridad, Funcionalidad y Aspecto) del elemento estudiado, el valor obtenido es el promedio de cada área evaluada en cada macro-ficha.

Índice de Recuperación: El índice de recuperación dependió del valor obtenido del nivel de recuperación (Imprescindible, necesaria, Conveniente o Conservada) en la *valoración visual*, el valor obtenido es el promedio de cada área evaluada en cada macro-ficha.

Índice de Daños ϕ_d : El valor del índice de daño dependió de la valoración obtenida del grado de lesión (Leve, Modera, Avanzada y Severa) en la *valoración visual* de cada elemento evaluado, el valor obtenido es el promedio de cada área evaluada en cada macro-ficha.

Macro-ficha de la evaluación de un espacio

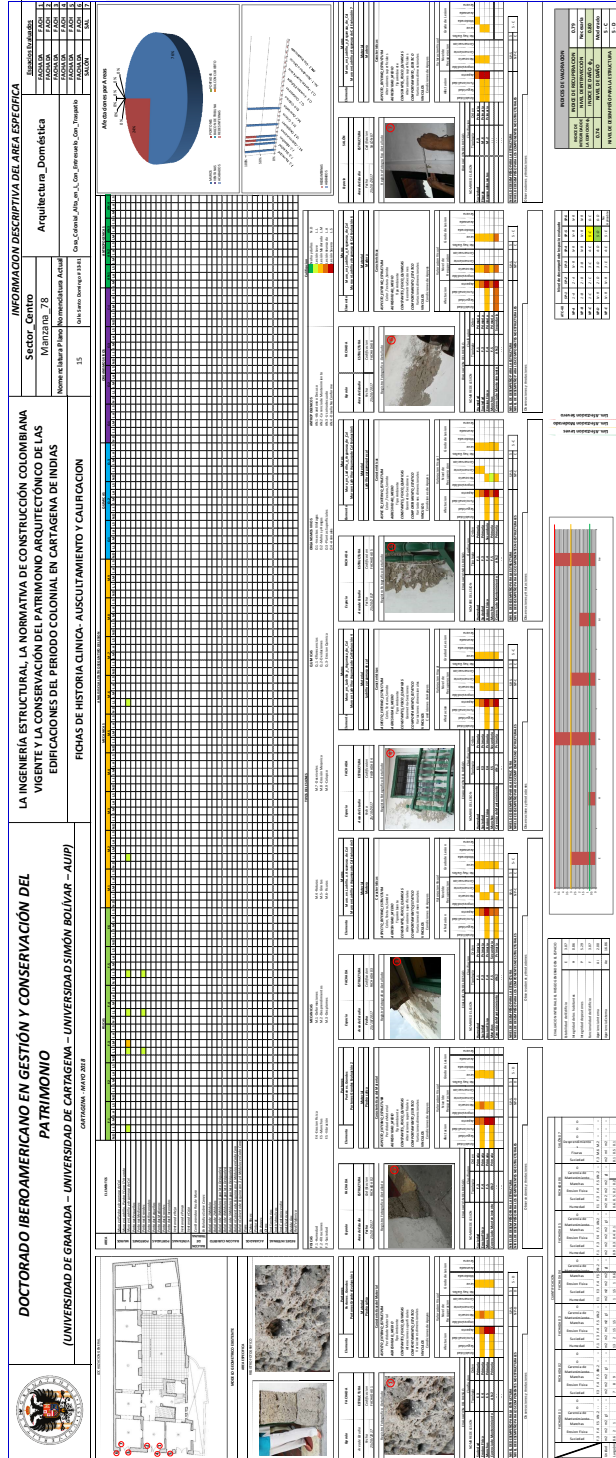


Figura 51. Macro-ficha de la evaluación de un espacio

Después de haber evaluado cada una de las áreas o puntos de un espacio específico de la casa de tipología colonial, se obtuvo la macro-ficha para un espacio evaluado, esta información se obtiene de la evaluación de cada área como se indicó anteriormente, de esta manera se pudieron obtener los índices de valoración para un espacio evaluado.

Macro-ficha general de la evaluación de todos los espacios evaluados

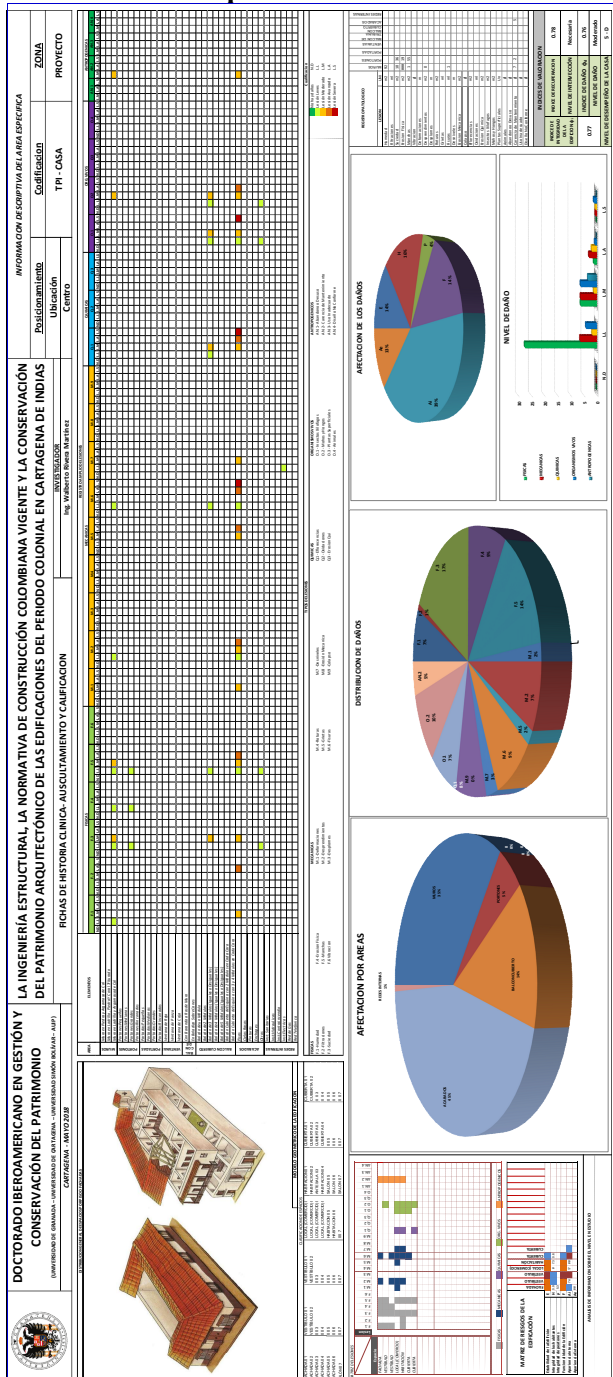


Figura 52. Macro-ficha general de la evaluación de todos los espacios evaluados

La macro-ficha general se obtiene de la evaluación de cada espacio en cada una de las siete macro-fichas, el resultado obtenido en la macro-ficha general es la ponderación de los resultados obtenidos en cada una de las macro-ficha que evalúa un por espacio. Los resultados de los índices de valoración de la calidad de los elementos y diseño de los mismos en la macro-ficha general son los índices de valoración de la casa evaluada, y son los resultados a tener en cuenta en el momento de determinar la degradación de la rigidez de toda la casa.

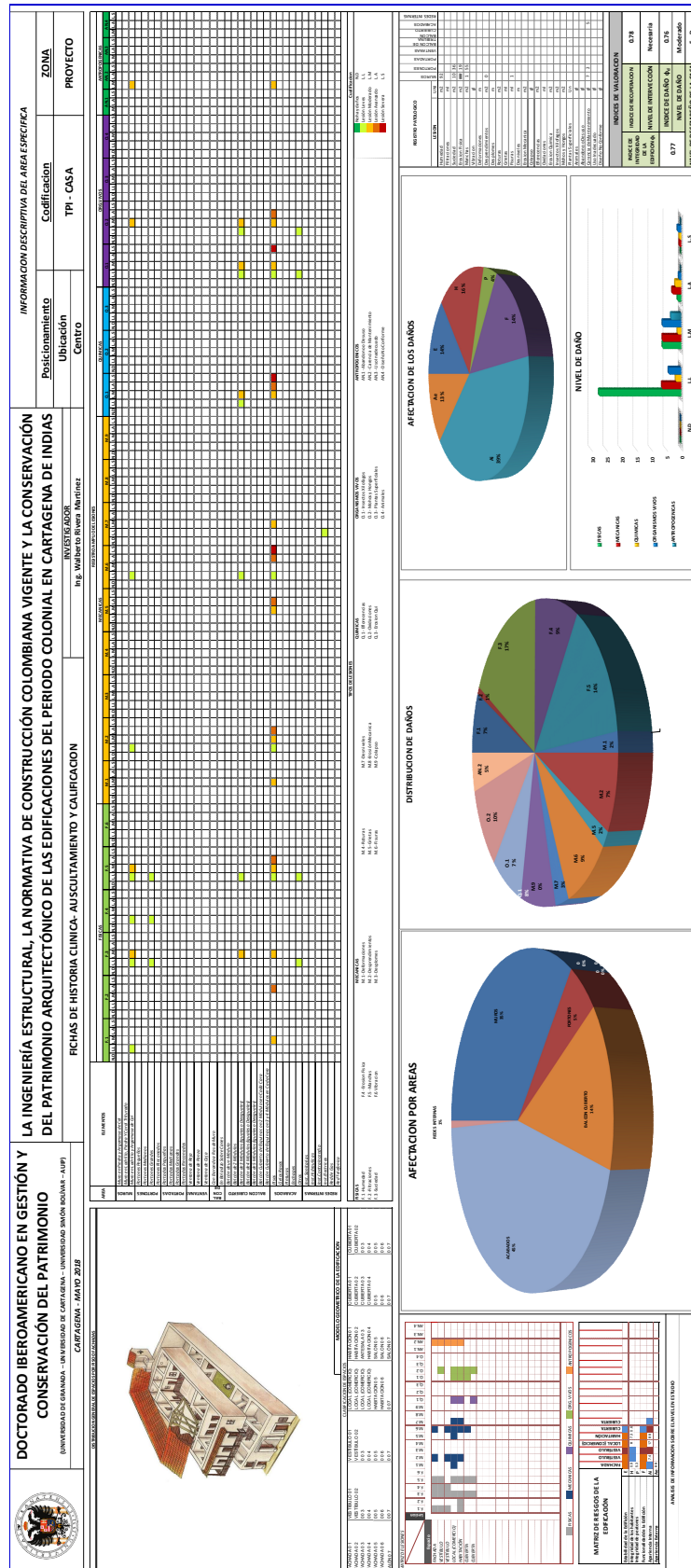


Figura 53. Macro-ficha general de la evaluación de todos los espacios evaluados casa colonial Alta en L

Después de haber realizado la evolución de la integridad de la estructura a las casas de tipología colonial y su estado de daño se presenta la tabla de los valores para la afectación de la rigidez de la estructura debido a su integridad y estado.

Valores de ϕ_i y ϕ_d			
ϕ_i y ϕ_d	Bueno	Regular	Mala
	1.00 – 0.80	0.79 – 0.60	0.59 – 0.40
	Nada	2% al 5%	6% al 10%

Tabla 22. Índices de Integridad e índices de daños

IV.2.3 Ingeniería de la casa de tipología colonial

Abordar el tema de la ingeniería de la casa colonial requiere del conocimiento de aspectos históricos-arquitectónicos, medioambientales, evolutivos, legales y del conocimiento de las modificaciones, usos, cambios e intervenciones que la edificación ha tenido en su vida. Es necesario tener una clara información sobre las propiedades físico-química de los materiales que constituyeron cada elemento de la casa, como también el conocimiento de los técnicas, procedimientos y materiales que puedan ser utilizados en cada tipo de intervención.

La casa de tipología colonial en la ciudad de Cartagena de indias, presenta características especiales en su constitucion estructural, su construcción meramente empírica presentan cierta inestabilidad propiciada por la calidad de los materiales, la falta de unidad en su conformación constructiva, la mano de obra poco calificada de los constructores quienes aplicaron técnicas constructivas basadas en la experiencia. Por la deducción anterior, las casas miradas desde la ingeniería contemporánea y porque no decirlo desde la ingeniería militar de la época colonial, presenta un pobre repertorio arquitectónico y estructural, la casas adquirieron un valor histórico, patrimonial y cultural por el conjunto que representan. Es por ello que el estudio estructural de la arquitectura doméstica colonial requiere de un planteamiento especial, el cual se planteó y desarrolló basados en la teoría del analisis y diseño estructural actual, con la similitud del tratamiento que se hace a estructuras patrimonial en otros países.

Atendiendo al cumplimiento del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, el cual establece los criterios y requisitos mínimos que deben cumplir las construcciones en el territorio nacional, con el objetivo de reducir al mínimo el riesgo de pérdida de vidas humanas y defender en lo posible el patrimonio del estado y de los ciudadanos, se hace la evaluación estructural de las casas, mediante métodos de análisis adecuados y coherentes con los estudios que se realizan a edificaciones de interés histórico – patrimonial en otros países del mundo.

IV.2.3.1 Análisis de la estructura

El análisis se realizó a partir de la creación de modelos matemáticos discretos para idealizar la estructura real, teniendo en cuenta la geométrica, las propiedades geométricas, las condiciones de contorno y las cargas o posibles cargas que puedan ocurrir por eventos gravitacionales o dinámicos sobre la edificación. Se obtuvo el comportamiento estructural, la vulnerabilidad sísmica a partir de métodos basados en el desempeño, se determinaron los posibles mecanismos de falla. Con los resultados del análisis se propusieron intervenciones para rehabilitar, preservar o reforzar estructuralmente la edificación.

Las casas objeto de este estudio para efectos de su análisis estructural se clasifican en dos grandes grupos a saber: casa bajas o de un nivel y casas altas de dos o más niveles. Ambas conformadas por elementos estructurales primordialmente muros de gran espesor, cuyo objetivo es crear los diferentes los espacios constitutivos de la casa, soportar las cargas gravitacionales provenientes de los entresijos y/o las cubiertas y servir de sistema de resistencia ante la eventualidad de fuerzas producidas por efectos dinámicos, como sismos o vientos.

IV.2.3.1.1 Estructuración

La estructuración de la casa de tipología colonial en Cartagena de Indias consiste fundamentalmente en un sistema de muros para dividir espacios y a la vez soportar cargas gravitacionales, constituidas por su peso propio y entresijos y cubiertas.

Los muros presentan características constructivas dependiendo de la importancia dentro de la edificación, son catalogados de tres tipos: Muros en tableta militar, frecuentemente utilizado para encerrar los salones principales, el zaguán. Muros mixtos para encerrar zonas de habitaciones y cocinas, y muros de cascoteo para división de paramentos en patios entre las casas.

Cada uno de los tipos de muros presenta propiedades y características estructurales diferentes que fueron tenidos en cuenta en los modelos matemáticos analizados, determinados a partir de las pruebas de laboratorio y de la evaluación patológica realizada.

IV.2.3.1.2 Tipos de análisis utilizados

La norma sismo resistente en el capítulo A ítem A.3.4 presenta como requisito mínimo los siguientes métodos de análisis:

- Método de la fuerza equivalente.
- Método del análisis dinámico elástico
- Método del análisis dinámico inelástico

- Método de análisis no lineal estático de plastificación progresiva.

Debido a la complejidad del comportamiento del sistema murario de las casas de tipología colonial ante un evento sísmico por la no homogeneidad y no linealidad de los materiales que lo componen, los muros presentan particularidad en su comportamiento estructural por tal motivo se desarrollaron métodos acordes con dicho comportamiento, los cuales permiten analizar el comportamiento no lineal del sistema murario, estos tipos de análisis utilizados para la revisión estructural de las casas de tipología colonial son:

- Análisis estático no lineal de plastificación progresiva.
- Análisis dinámico no lineal plástico.

La aplicación de estos métodos de análisis se encuentra en el **Apéndice VIII.1.6**

IV.2.3.1.3 Mecanismos de falla

Los mecanismos de fallas que se presentan en las casas de tipología colonial en Cartagena de indias de acuerdo a su estructuración son:

- Mecanismos de inclinación simples.
- Mecanismos de inclinación compuestos.
- Mecanismos de flexión vertical.
- Mecanismos de flexión horizontal.

Estos mecanismos se consideraron en el análisis de cada modelo, utilizando los métodos y las características de los materiales. Los resultados se evidencian en el **Apéndice VIII.1.6**

IV.2.3.2 Parámetros regionales

Los parámetros que afectan directa o indirectamente a las casas de tipología colonial en Cartagena de Indias son:

- ❖ Medio ambientales.
- ❖ Geotécnicos.
- ❖ Sísmicos.

IV.2.3.2.1 Medio ambientales

- **El régimen** de lluvia afecta directamente el ascenso del nivel freático especialmente en el centro histórico de la ciudad.

- **El clima** que oscila entre unos 26.8°C a 34.5°C.
- **La humedad relativa** de la ciudad presenta un promedio de 82%, con máximas del 92% y mínimas del 70%, las amplitudes diarias son considerables durante los meses secos (50% de día y 98% de noche) y menos magnitud en los meses de lluvia (70 y 79%). La evaporación media anual es de 1.889 mm. Los valores máximos se alcanzan en el primer semestre del año (Marzo, con 192 mm); en el segundo semestre se producen bajos valores de evaporación. El valor mínimo llega a 131 mm, en el mes de noviembre.
- **El brillo solar** y la radiación promedio es de 2.575 horas al año, lo que representa una media mensual de 215 horas y una media diaria de 7,15 horas, la distribución dentro del año de la situación promedio mensual sigue una tendencia inversa a la precipitación, alcanzando los valores máximos en el primer semestre del año (281 horas en Enero) y los más bajos a mediados del segundo semestre (Septiembre con 175 horas), en plena época lluviosa.
- **El régimen de vientos** se caracteriza por el predominio de los vientos alisios del norte y noreste en la época seca y de los vientos del sur suroeste en la época húmeda; por su origen inciden principalmente brisas marinas de rumbo sur de comportamiento diurno y terral con rumbo norte de comportamiento nocturno. La velocidad máxima del viento ha sido de 28.2 m/seg, en las calles estrechas de la ciudad los vientos circulan en las horas de la tarde con mayor fuerza que en las horas de la mañana.

IV.2.3.2.2 Geotécnicos

De acuerdo a estudios realizados el sud-suelo del centro histórico de Cartagena de Indias se puede caracterizar de acuerdo a lo que establece la NSR-10 en el título G como:

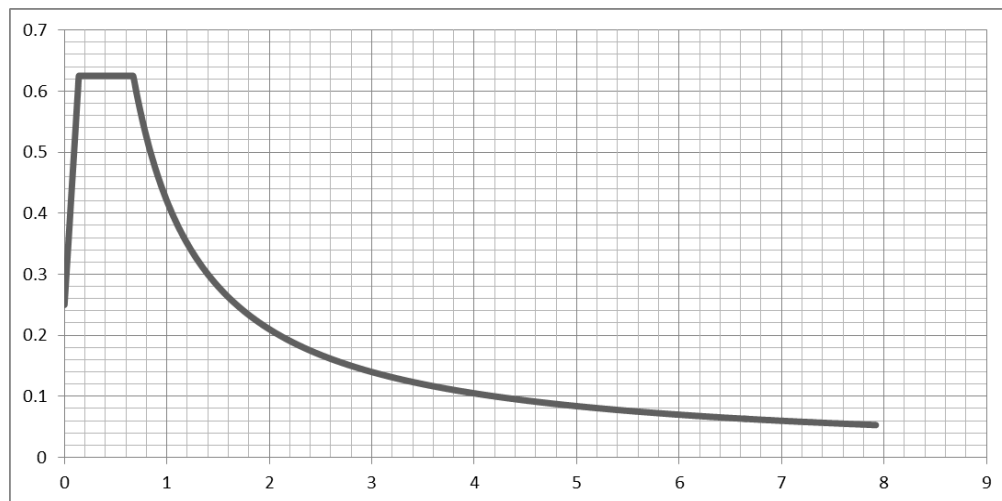
- Perfil de Suelo: E
- Capacidad admisible: 7 Ton/m²
- Nivel Freático: entre 0.5 a 1.0 m

IV.2.3.2.3 Sísmicos

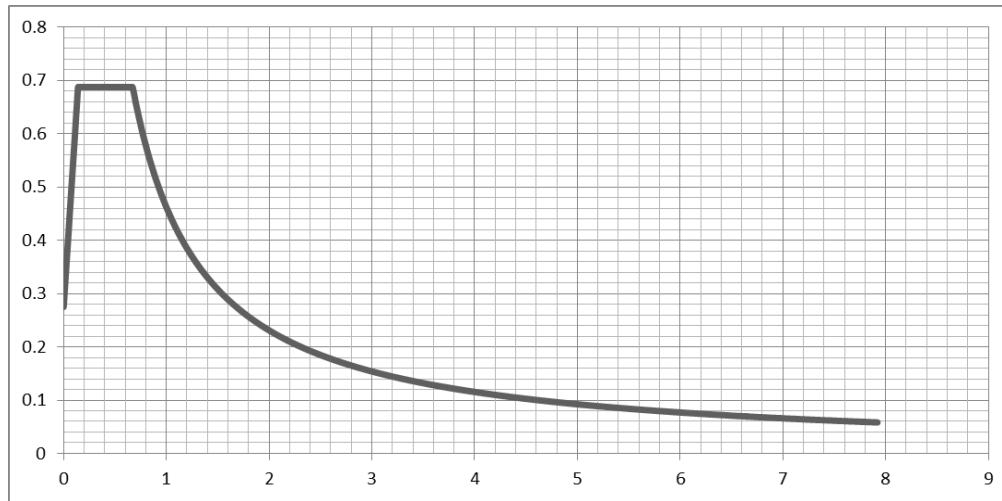
Cartagena de Indias se encuentra ubicada en el mapa sísmico de Colombia en una zona amenazas sisma baja o de baja intensidad sísmica, los parámetros sísmicos utilizados para el análisis de la estructura de las casas de tipología colonial están determinados por los valores descritos en la norma sismo resistente NSR-10 correspondientes a la caracterización del suelo del centro histórico que es un perfil de suelo E y son los siguientes:

- ❖ Coeficiente de importancia (I): Puede ser 1.0, 1.15, 0 1.25 dependiendo del grupo de uso que tenga la casa.
- ❖ Aceleración pico efectiva (Aa): 0.1
- ❖ Velocidad pico efectiva (Av): 0.1
- ❖ Coeficiente de amplificación (Fa): 2.5
- ❖ Coeficiente de amplificación (Fv): 3.5

En el centro histórico de Cartagena de Indias se pueden utilizar cualquiera de los siguientes espectros sísmicos dependiendo del grupo de uso de la estructura de la casa de tipología colonial.



Gráfica 19. Espectro sísmico para un grupo de uso= I y coeficiente de importancia I=1



Gráfica 20. Espectro sísmico para un grupo de uso=II y coeficiente de importancia I=1.1

IV.2.3.3 Materiales de construcción

Las casas del centro histórico de Cartagena de Indias poseen en su estructura algunos de los tres tipos de muros de muros que se listan a continuación:

- *Muro de piedra, ladrillo y argamasa de cal.*
- *Muro de pedazos de ladrillo, piedra y coral triturado.*
- *Muro de Ladrillo.*

Muros de la casa de tipología Colonial		
Muros		E
Muro de Ladrillo	A	36.00 kg/cm ²
Muro de Ladrillo	B	36.00 kg/cm ²
Muro de pedazos de ladrillo, piedra y coral triturado	C	20.16 kg/cm ²
Muro de piedra, ladrillo y argamasa de cal	D	28.80 kg/cm ²

Tabla 23. Módulo de elasticidad de los muros de la casa colonial

IV.2.3.4 Vulnerabilidad de la casa de tipología colonial

IV.2.3.4.1 Vulnerabilidad cualitativa

Para realizar el estudio de vulnerabilidad de un conjunto de edificios, se han desarrollado múltiples métodos cualitativos que permiten hacer la evaluación de forma rápida y sencilla. Estos métodos son usados para obtener un estimativo de la vulnerabilidad de las edificaciones, lo que permite conocer el comportamiento de una zona urbana ante la ocurrencia de algunos fenómenos naturales, proporcionando con esto una herramienta muy importante para los planes de prevención y mitigación de desastres. (Llanos, 2003 como se citó en Barrera & Nieves, 2015, p. 38).

Dentro de los métodos cualitativos que han sido desarrollados se encuentran:

- Las técnicas de screening.
- El método ATC-21.
- El método NAVFAC.
- Los métodos japoneses.
- El método venezolano.
- El método ISTC.
- El método del índice de vulnerabilidad.
- El método de la AIS.

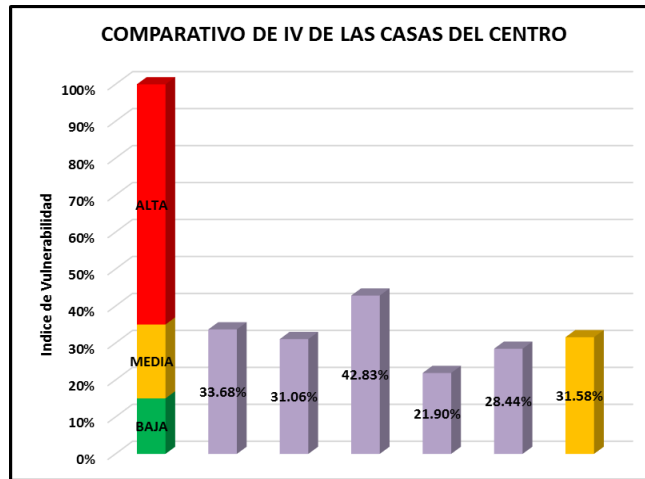
En el desarrollo de esta investigación se utilizó el método del índice de vulnerabilidad para determinar la vulnerabilidad cualitativa de las casas del centro histórico de Cartagena de indias, para lo cual se obtuvo que en su totalidad las casas del centro histórico son vulnerables. El método se aplicó para los tres sectores o barrios del centro histórico los resultados obtenidos se pueden consultar en el **Apéndice VIII.1.5**.

Índice de vulnerabilidad en el sector centro.

El método del índice vulnerabilidad cualitativo aplicado a las casas altas de tipo colonial del centro histórico de la ciudad permitió conocer que estas edificaciones tienen un índice de vulnerabilidad ponderado de 31.58%, que las clasifica con un índice de vulnerabilidad medio.

PARAMETROS	INDICE DE VULNERABILIDAD DE LAS CASAS DE TIPOLOGÍA COLONIAL DEL SECTOR CENTRO EN EL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA				
	CASA N°1	CASA N°2	CASA N°3	CASA N°4	CASA N°5
P1	C	C	C	C	C
P2	D	D	D	D	D
P3	A	A	A	A	A
P4	A	A	A	A	A
P5	C	C	C	C	C
P6	D	D	D	C	D
P7	A	A	C	A	C
P8	A	A	A	A	A
P9	B	C	C	C	B
P10	A	A	A	A	A
P11	C	C	D	A	A
IV%	33,68%	31,06%	42,83%	21,90%	28,44%
IV% PROMEDIO	31,58% INDICE DE VULNERABILIDAD MEDIO				

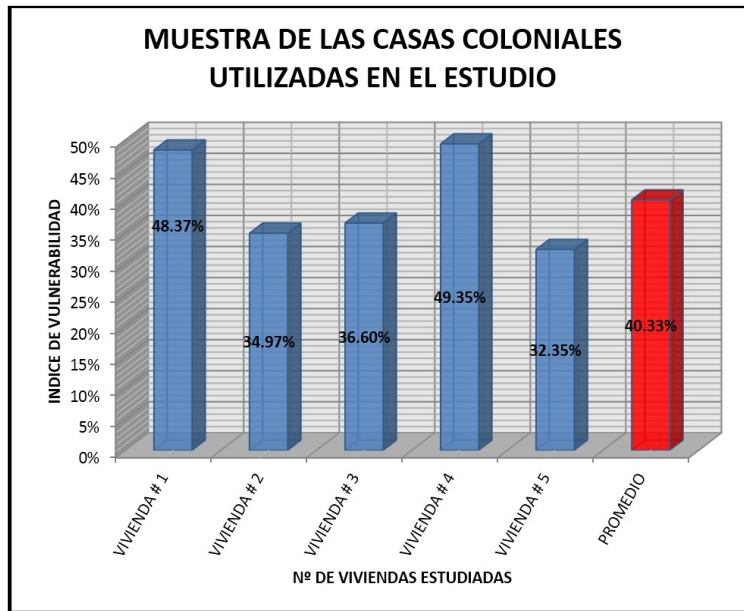
Tabla 24. Índice de vulnerabilidad de las casa de tipología colonial del sector Centro en el Centro Histórico de la ciudad de Cartagena



Gráfica 21. Comparativo del índice de vulnerabilidad de las casas del Centro

PARAMETROS	INDICE DE VULNERABILIDAD DE CASAS COLONIALES DEL BARRIO SAN DIEGO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA				
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
	CALLE SAN PEDRO MARTIR	CALLE DE LA BOMBA	CALLE EL JARDIN	CALLE DEL QUERO	CALLE NUESTRA SEÑORA DEL PILAR
P1	C	C	C	C	C
P2	D	D	D	D	D
P3	A	A	A	A	A
P4	A	A	A	A	A
P5	D	A	D	D	D
P6	C	A	C	D	B
P7	A	A	A	A	A
P8	C	C	C	A	A
P9	D	D	D	D	D
P10	B	C	B	B	B
P11	D	D	A	D	A
IV%	48.37%	34.97%	36.6%	49.35%	32.35%
IV% PROMEDIO	40.33% INDICE DE VULNERABILIDAD ALTO				

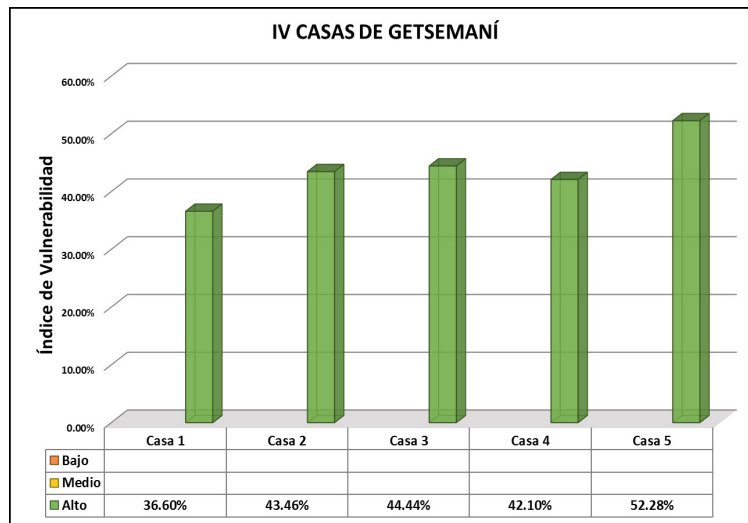
Tabla 25. Índice de vulnerabilidad en el sector San Diego



Gráfica 22. Muestra de las casas coloniales utilizadas en el estudio

PARÁMETROS	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE CASAS COLONIALES DEL BARRIO GETSEMANÍ DE LA CIUDAD DE CARTAGENA				
	CASA N°1	CASA N°2	CASA N°3	CASA N°4	CASA N°5
P1	C	C	C	C	C
P2	C	D	C	C	D
P3	A	A	A	A	A
P4	A	A	A	A	A
P5	D	D	D	D	D
P6	A	D	D	A	A
P7	A	A	A	A	A
P8	A	B	A	A	A
P9	B	C	B	B	D
P10	B	B	D	B	B
P11	B	A	D	B	D
IV%	36,6%	43,46%	44,44%	41,2%	52,28%
IV% PROMEDIO	43,59% ÍNDICE DE VULNERABILIDAD ALTO				

Tabla 26. Índice de vulnerabilidad en el sector Getsemaní



Gráfica 23. Índice de vulnerabilidad de las casas de Getsemaní

IV.2.3.4.2 Vulnerabilidad cuantitativa

IV.2.3.4.2.1 Aplicación de los coeficientes de integridad ϕ_i e índice de daños ϕ_d obtenidos.

Para el desarrollo del análisis de vulnerabilidad cuantitativa y con el objeto de aplicar el valor de los coeficientes obtenidos para calcular la degradación de la rigidez de la estructura de la casa de tipología colonial para cada muro se muestra en la siguiente figura:

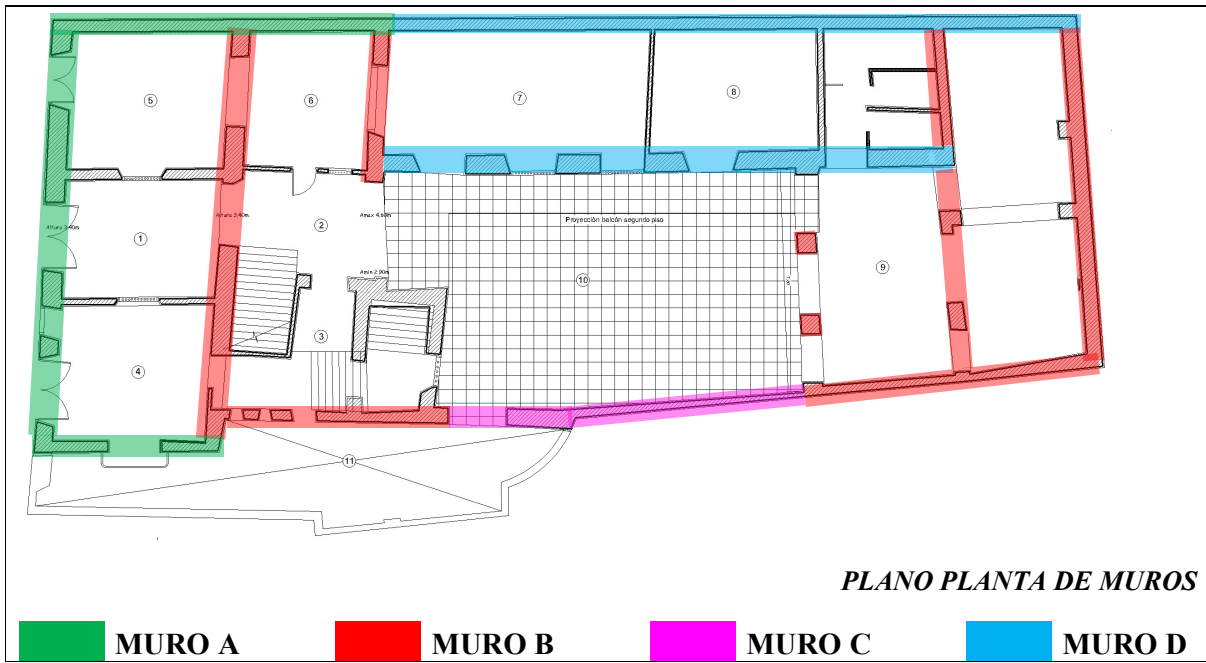


Figura 54. Plano planta de muros

INDICES DE VALORACION		
INDICE DE INTEGRIDAD DE LA EDIFICION ϕ_i	INDICE DE RECUPERACION	0.79
	NIVEL DE INTERVECCIÓN	Necesaria
	INDICE DE DAÑO ϕ_d	0.80
0.74	NIVEL DE DAÑO	Moderado
NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA		5 - C
		5 - D

Tabla 27. Índices de valoración muro A

INDICES DE VALORACION		
INDICE DE INTEGRIDAD DE LA EDIFICION ϕ_i	INDICE DE RECUPERACION	0.75
	NIVEL DE INTERVECCIÓN	Necesaria
	INDICE DE DAÑO ϕ_d	0.72
0.73	NIVEL DE DAÑO	Moderado
NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA		5 - C

Tabla 28. Índices de valoración muro B

INDICES DE VALORACION		
INDICE DE INTEGRIDAD DE LA EDIFICION ϕ_i	INDICE DE RECUPERACION	0.79
	NIVEL DE INTERVECCIÓN	Necesaria
	INDICE DE DAÑO ϕ_d	0.67
0.69	NIVEL DE DAÑO	Moderado
NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA		5 - C

Tabla 29. Índices de valoración muro C

INDICES DE VALORACION		
INDICE DE INTEGRIDAD DE LA EDIFICION ϕ_i	INDICE DE RECUPERACION	0.75
	NIVEL DE INTERVECCIÓN	Necesaria
	INDICE DE DAÑO ϕ_d	0.72
0.73	NIVEL DE DAÑO	Moderado
NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA		5 - C

Tabla 30. Índices de valoración muro D

Muros de la casa de tipología Colonial				
Muros	ϕ_i	ϕ_d	E	E_R
A	0.74	0.80	36.00 kg/cm ²	21.31 kg/cm ²
B	0.73	0.72	36.00 kg/cm ²	18.92 kg/cm ²
C	0.69	0.67	20.16 kg/cm ²	9.320 kg/cm ²
D	0.73	0.72	28.80 kg/cm ²	15.14 kg/cm ²

Tabla 31. Degradación de la rigidez de los muros

IV.2.3.4.2.2 Análisis de vulnerabilidad sísmica de la casa de tipología colonial

El análisis de vulnerabilidad sísmica de la casa de tipología colonial, se basó en la aplicación de los requisitos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, capítulo A.10 y los referentes, con las acepciones o modificaciones que a nuestro juicio se requieren para un análisis más ajustado al comportamiento de este tipo de estructura. El análisis se planteó en función del desempeño, utilizando el método de capacidad-demanda (ATC-40,1996), el cual es un procedimiento de análisis estático no lineal que compara el espectro de capacidad de la estructura con el espectro de demanda sísmica, identificando el punto de desempeño en el cual la capacidad y la demanda se igualan, lo cual nos permitió identificar el nivel de desempeño sísmico donde se

encuentra la casa y ubicarla mediante intervenciones en el nivel de desempeño que la NSR-10 específica para este tipo de edificaciones.

IV.2.3.4.2.2.1 Modelo matemático del análisis de vulnerabilidad

La modelación matemática de la casa de colonial se realizó teniendo en cuenta las tipologías más representativas de casas de uno y dos pisos, considerando la estructura muraria, los entrepisos y las cubiertas. A estos modelos se les modificaron las condiciones de contorno, reducciones en la rigidez, hipótesis de cargas, para evaluar todos los posibles mecanismos de fallas generados que puedan ocurrir en el desempeño bajo solicitaciones de cargas de servicio o sísmicas.

Los modelos fueron la discretización numérica de los miembros estructurales componentes de la casa, mediante una representación tridimensional de elementos generados por nodos, elementos tipo membrana y elementos tipo viga, utilizando el programa computacional MIDAS GEN. Aplicando el método de elementos finitos (FEM). Los grados de libertad de traslación y rotación en la base fueron restringidos para modelar los empotramientos, con respecto a las conexiones entre elementos se asumieron las condiciones que brindan los mismos grados de libertad entre muros y elementos horizontales.

CASA BAJA DESARROLLO EN L

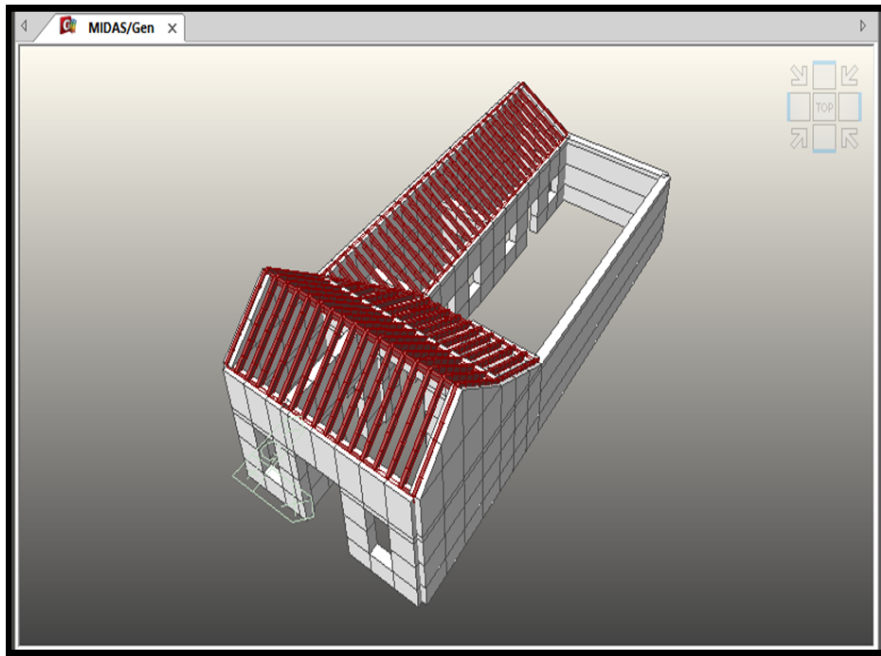


Figura 55. Vista isométrica casa colonial baja en L

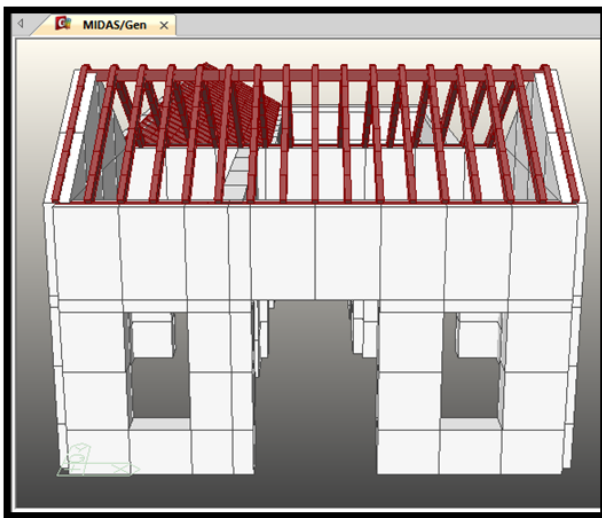


Figura 56. Vista frontal casa colonial baja en L

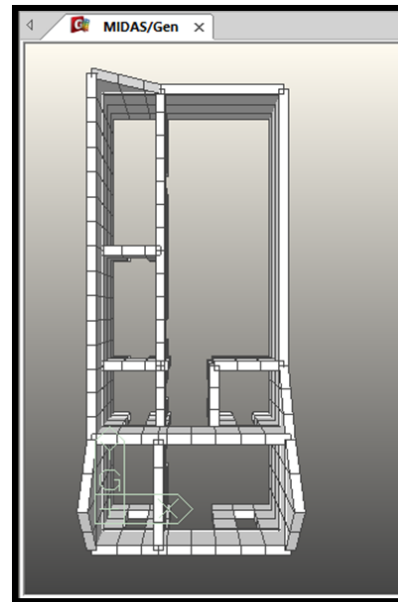


Figura 57. Vista en planta casa colonial baja en L

CASA BAJA DESARROLLO EN C

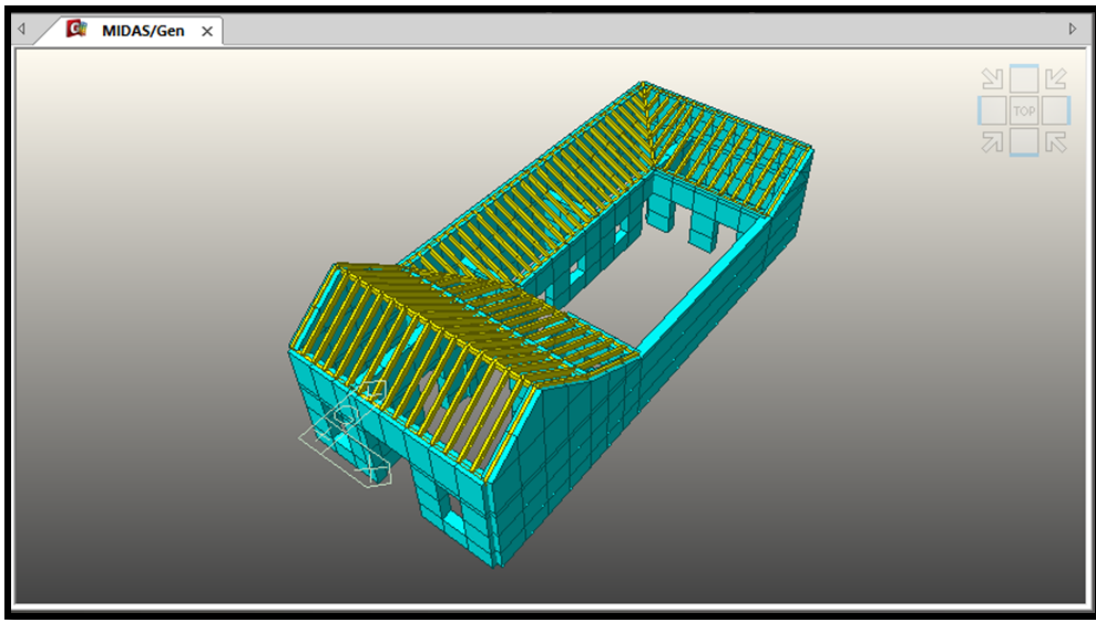


Figura 58. Vista isométrica casa colonial baja en C

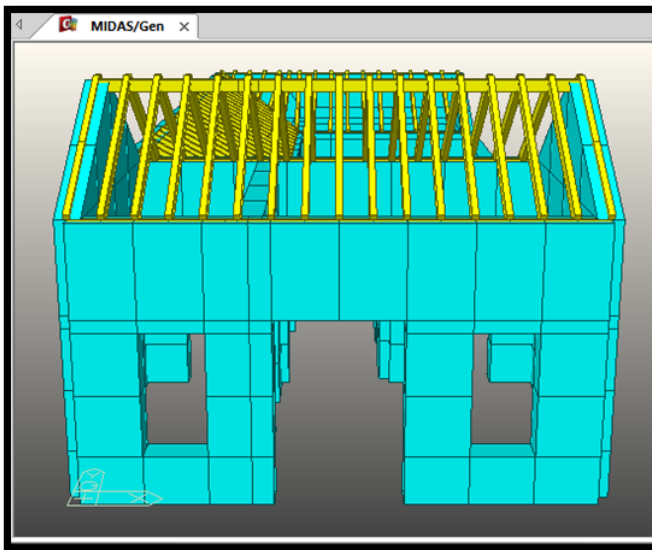


Figura 59. Vista frontal casa colonial baja en C

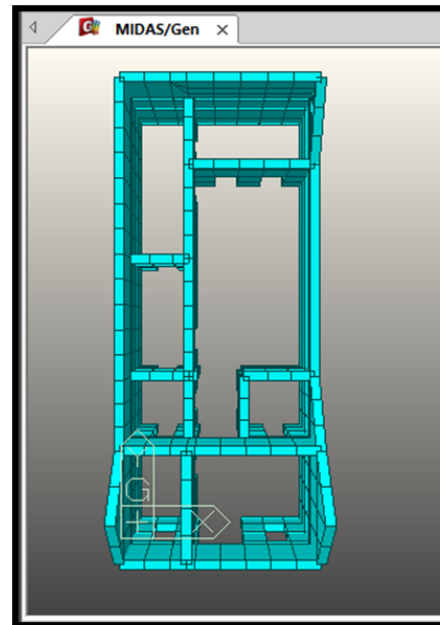


Figura 60. Vista en planta casa colonial baja en C

CASA BAJA DESARROLLO EN U

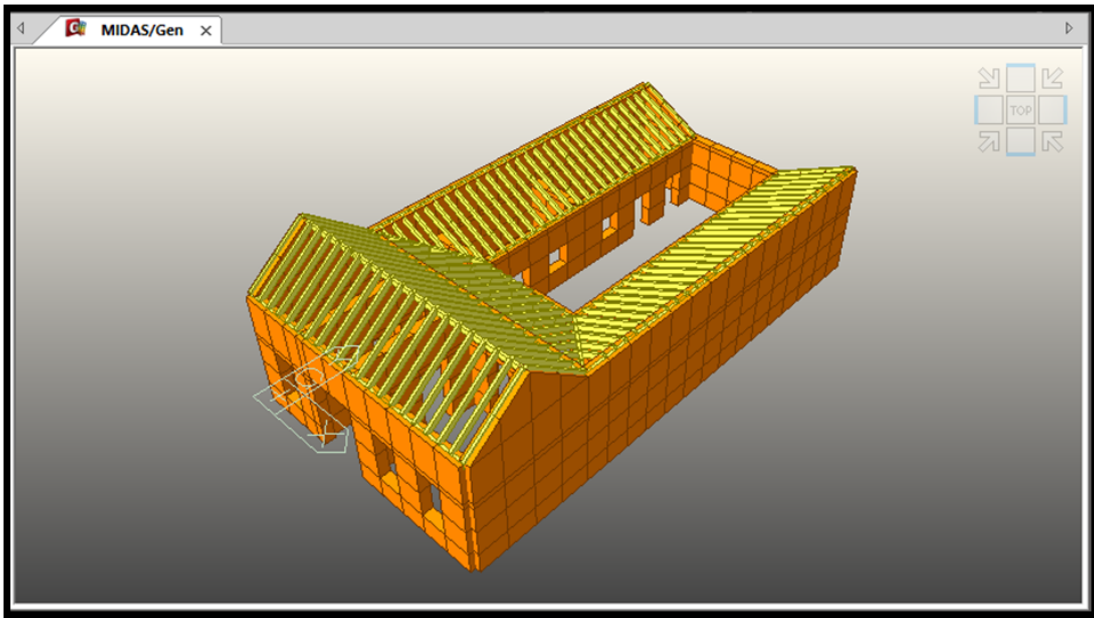


Figura 61. Vista isométrica casa colonial baja en U

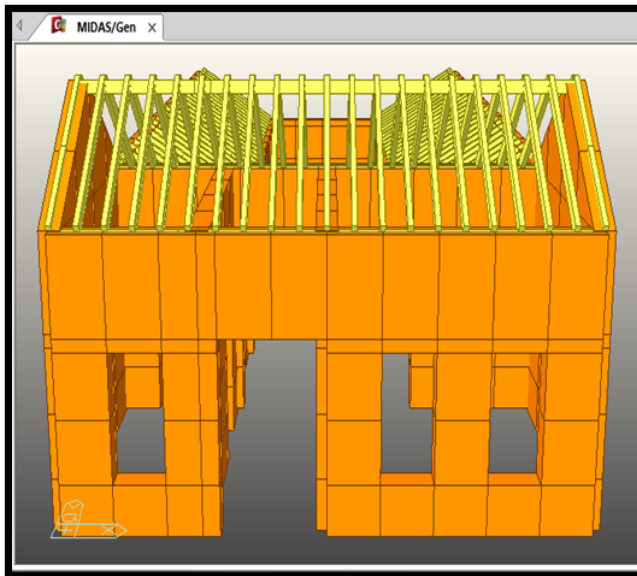


Figura 62. Vista frontal casa colonial baja en U

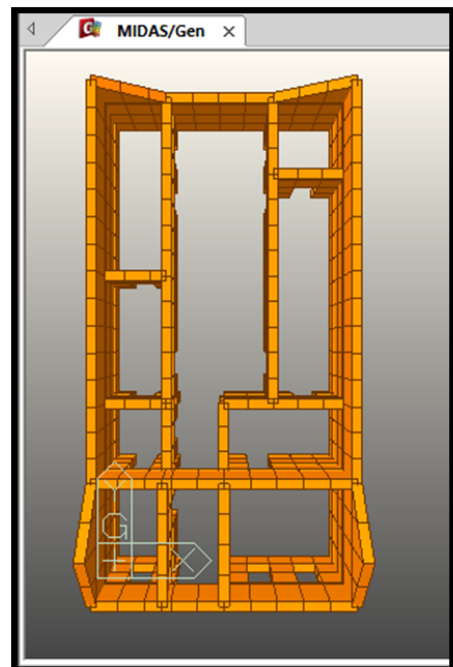


Figura 63. Vista en planta casa colonial baja en U

CASA BAJA DESARROLLO EN O

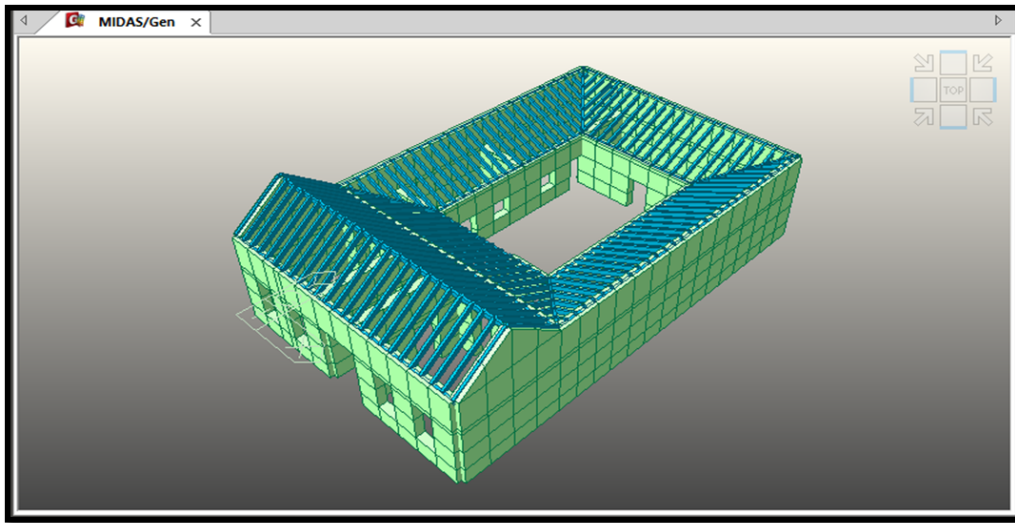


Figura 64. Vista isométrica casa colonial baja en O

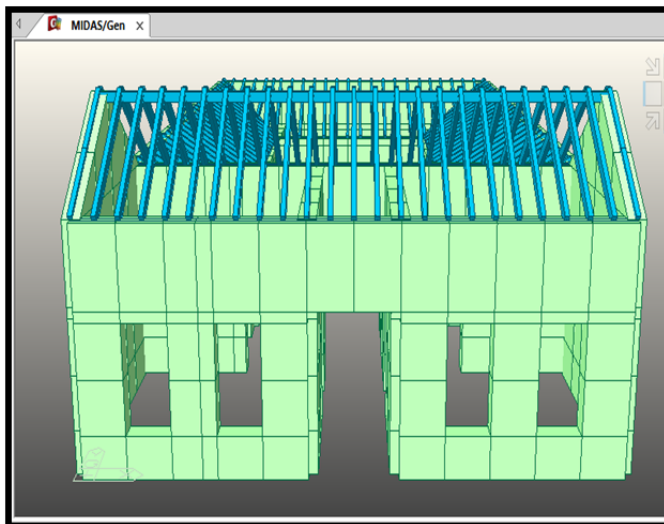


Figura 65. Vista frontal casa colonial baja en O

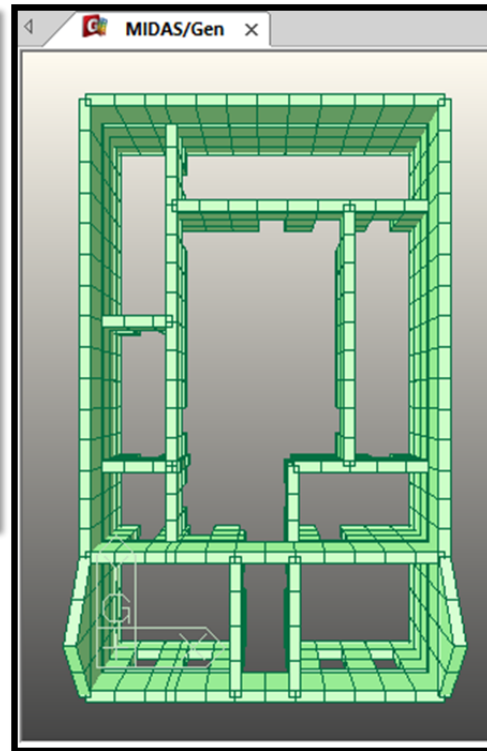


Figura 66. Vista en planta casa colonial baja en O

CASA BAJA DESARROLLO CON ALTILLO

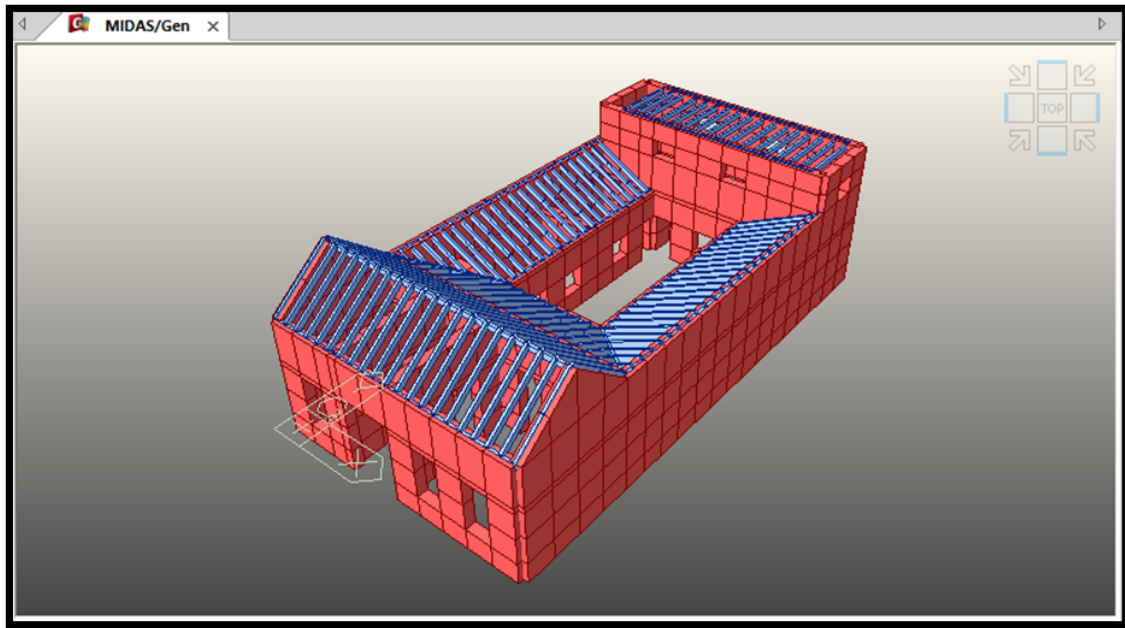


Figura 67. Vista isométrica casa colonial baja con altillo

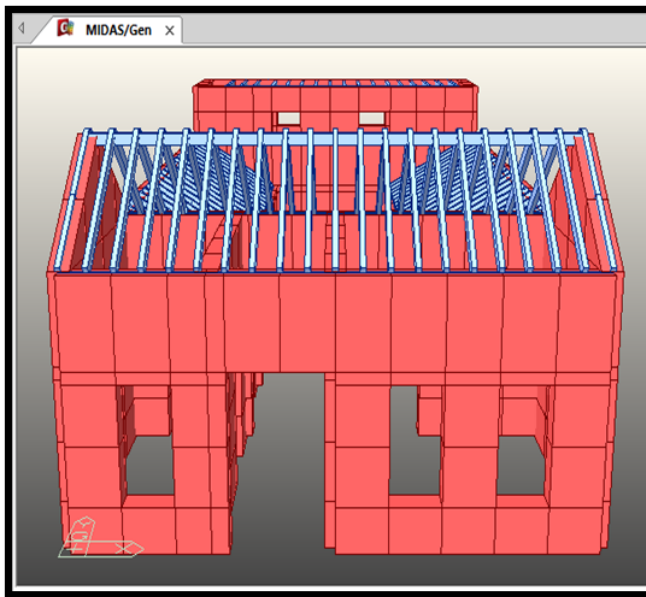


Figura 68. Vista frontal casa colonial baja con altillo

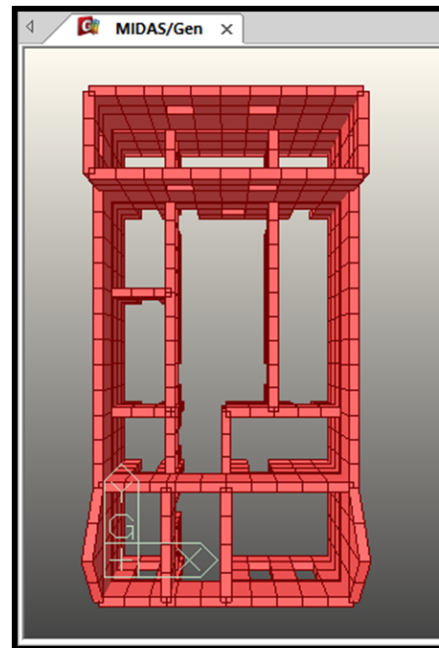


Figura 69. Vista en planta casa colonial baja con altillo

CASA ALTA DESARROLLO EN L

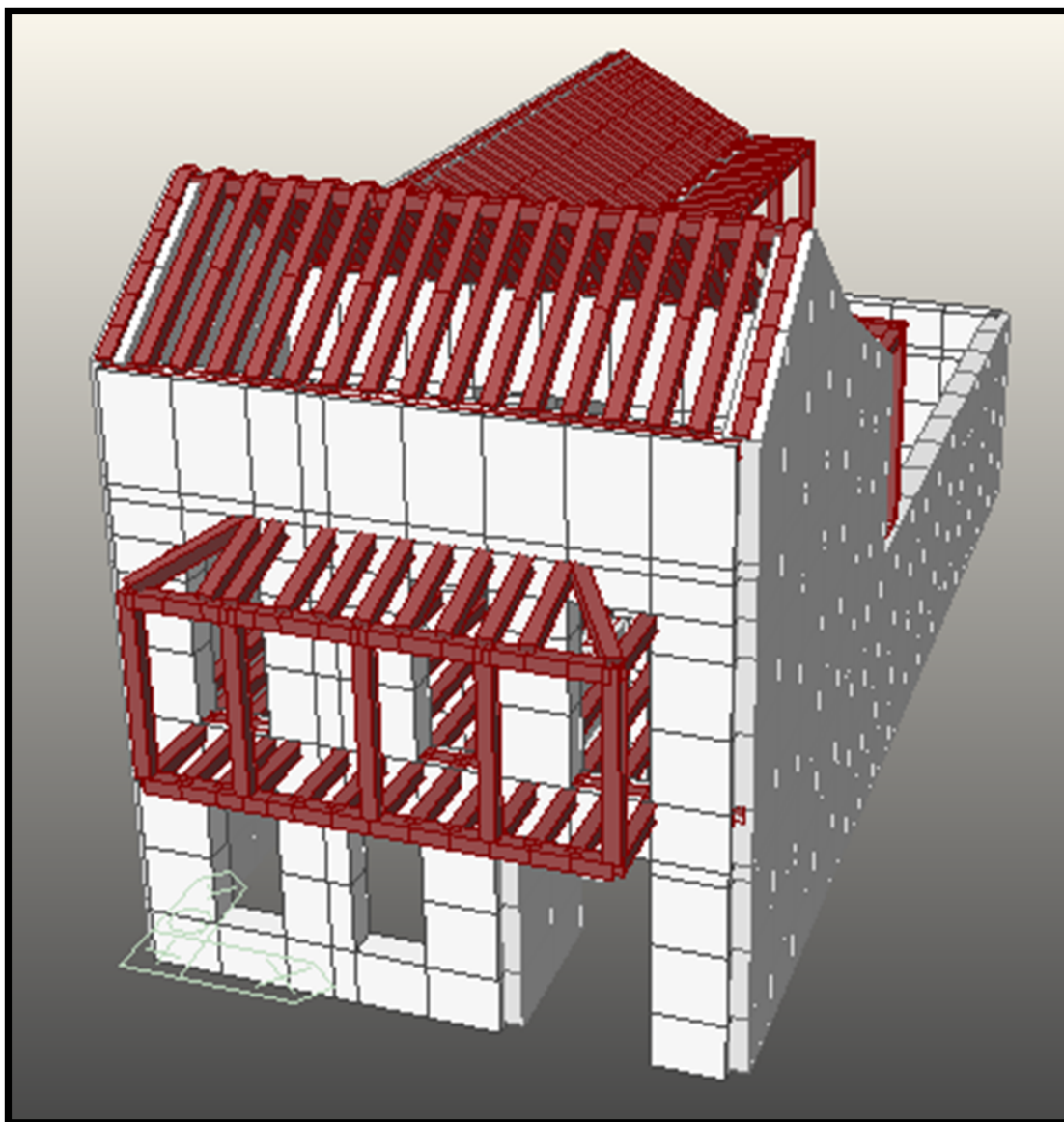


Figura 70. Vista isométrica casa colonial alta en L

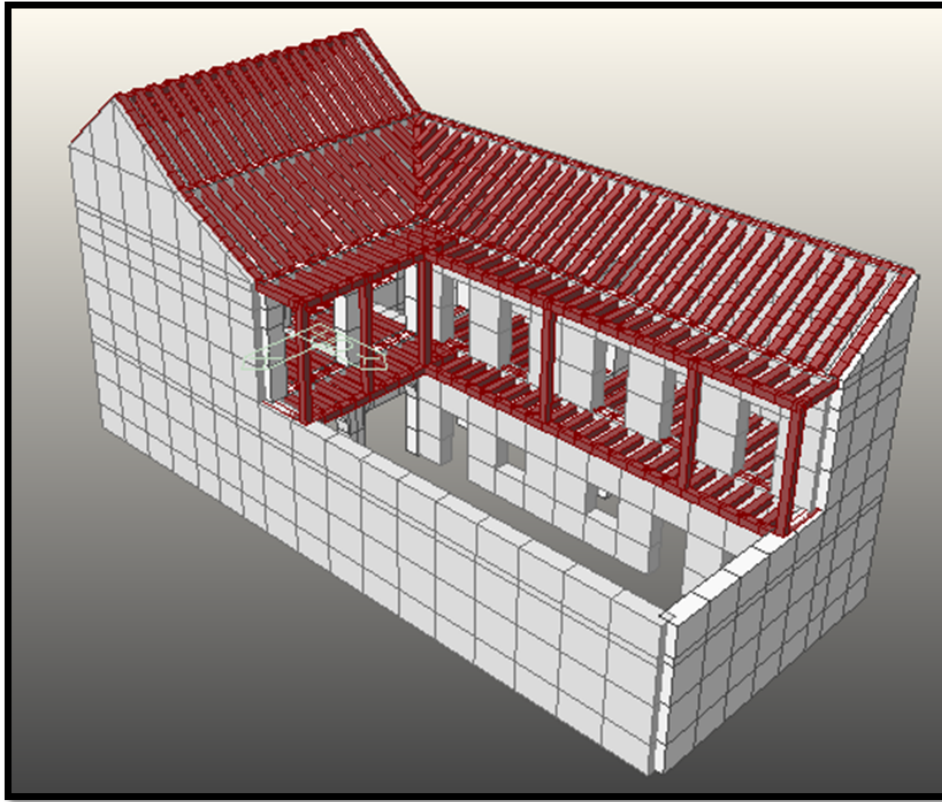


Figura 71. Vista isométrica casa colonial alta en L

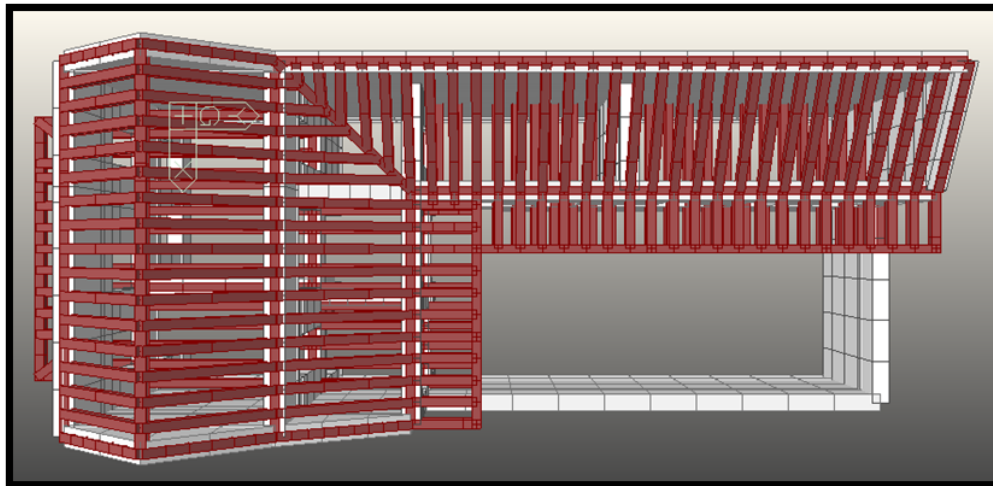


Figura 72. Vista en planta casa colonial alta en L

IV.2.3.4.2.2 Resultado del análisis estructural

Los datos obtenidos arrojarán el grado de desempeño del muro de tipología colonial, determinando éste, el paso a seguir en el orden de la intervención estructural que la casa requiera, reparación, restauración, rehabilitación, prevención o construcción.

Mecanismos de falla de las casas de tipología colonial debido a cargas de servicio

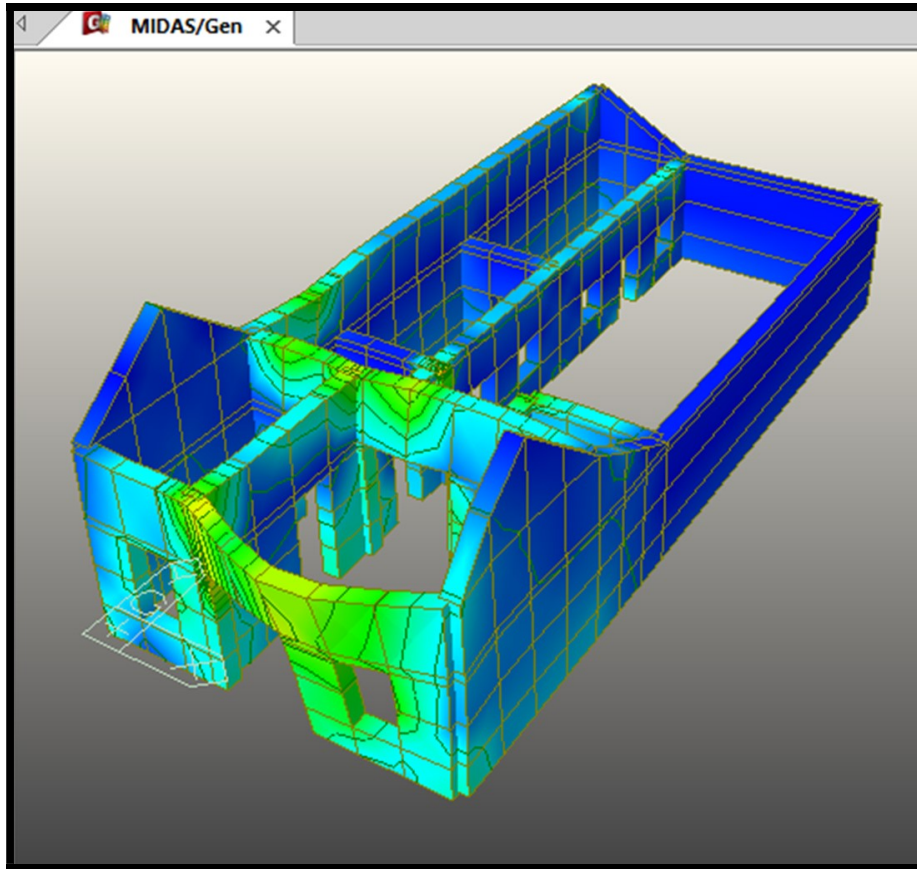


Figura 73. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en L

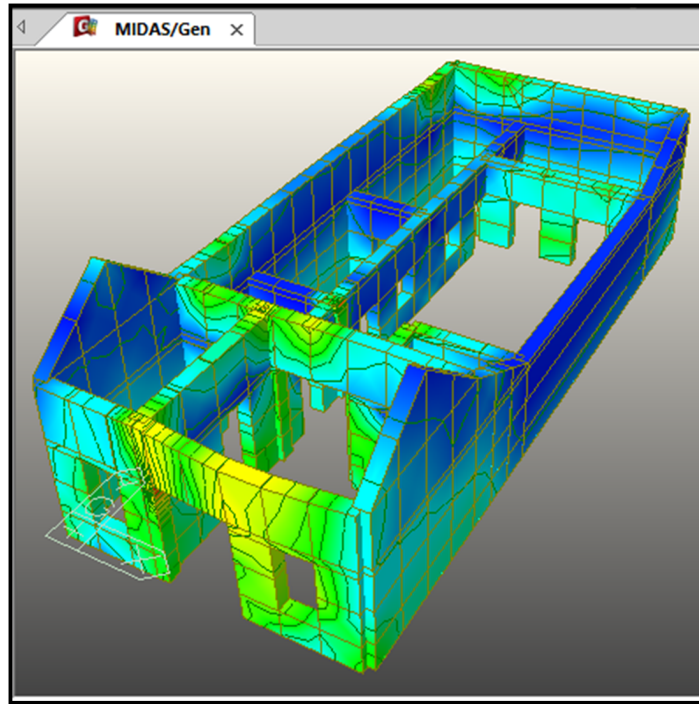


Figura 74. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en C

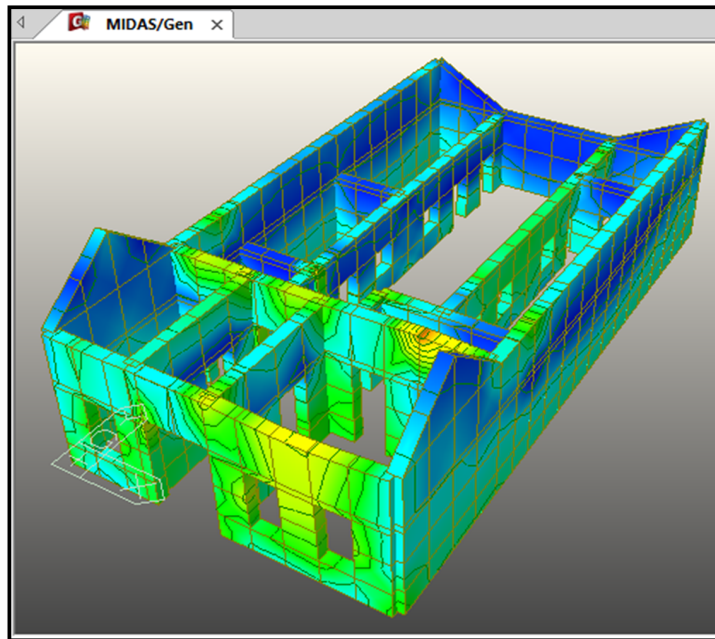


Figura 75. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en U

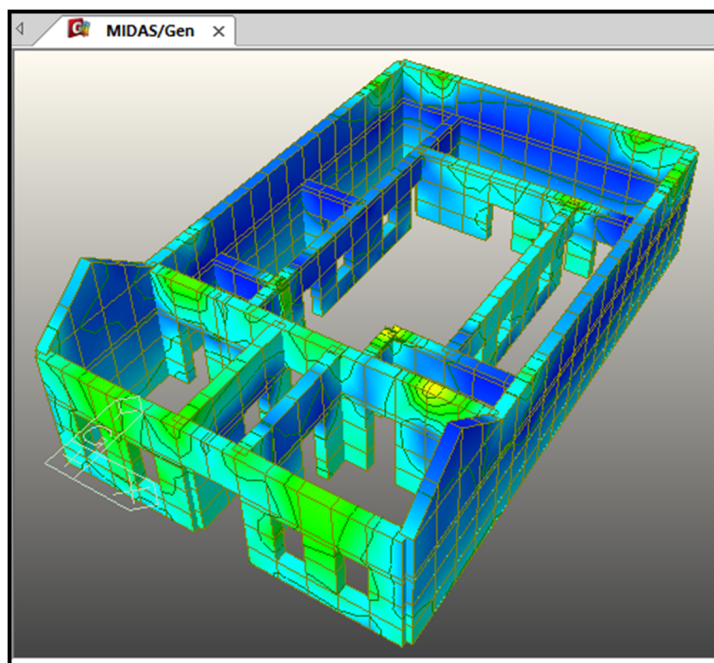


Figura 76. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en O

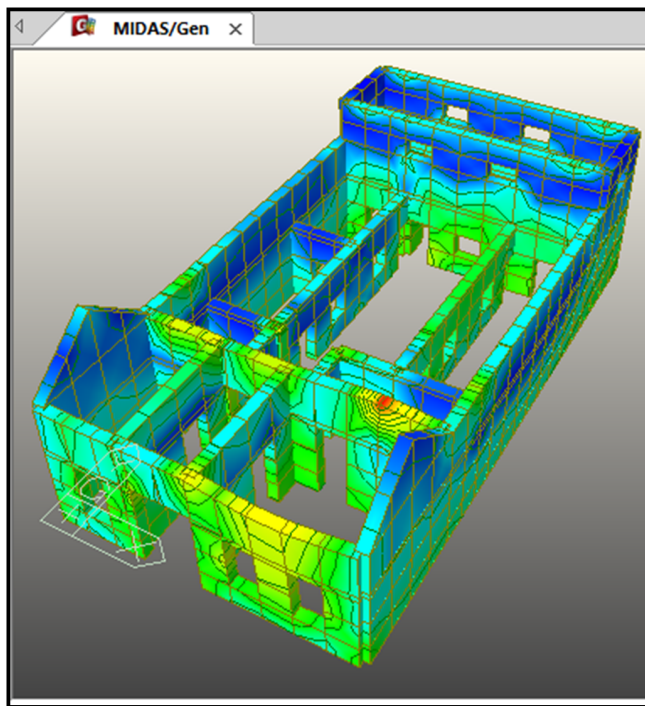


Figura 77. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja con altillo

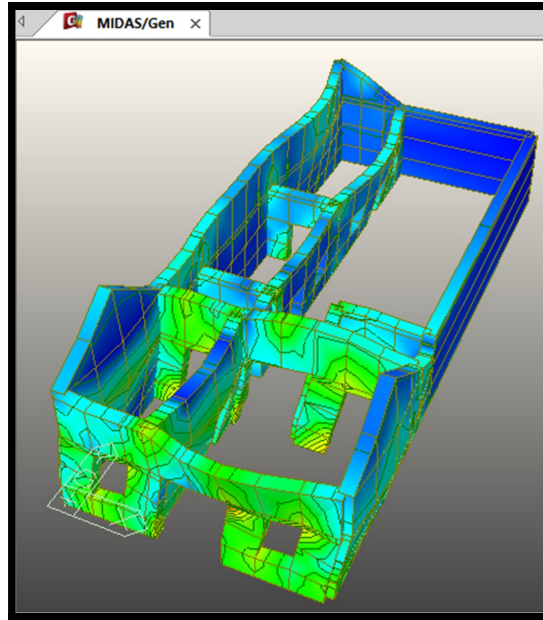


Figura 78. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en L por sismo en X

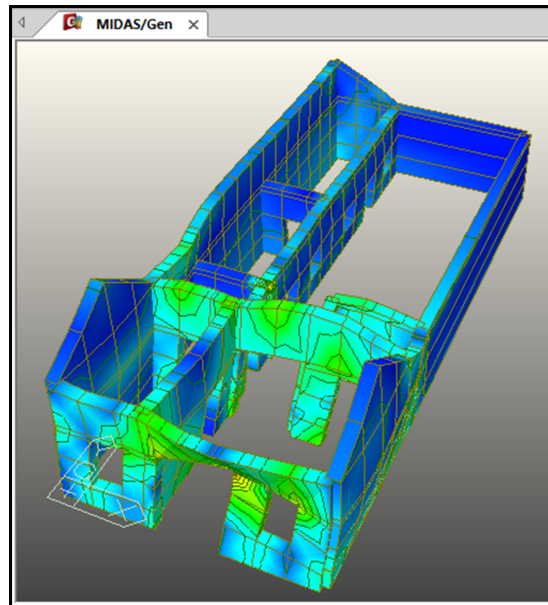


Figura 79. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en L por sismo en Y

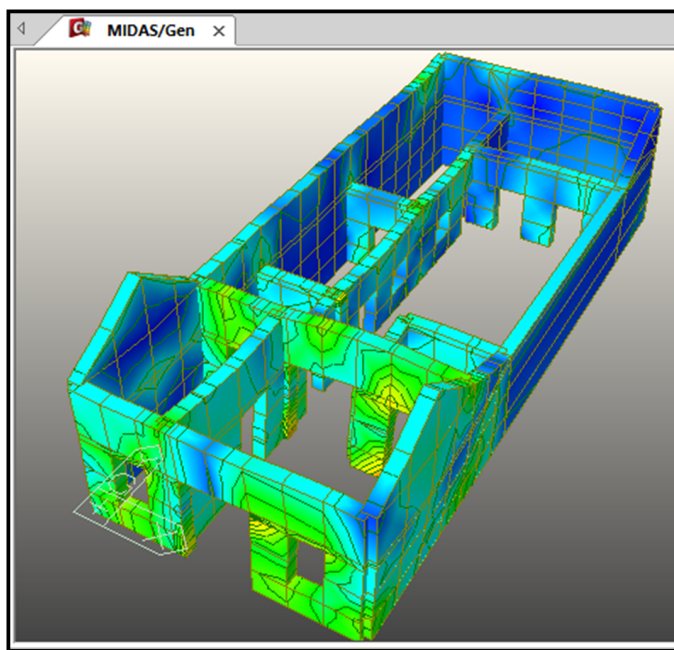


Figura 80. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en C por sismo en X

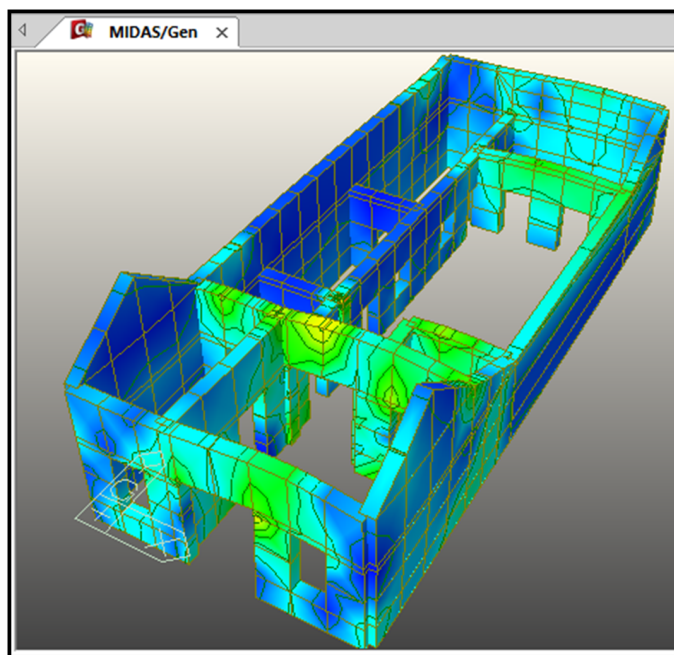


Figura 81. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en C por sismo en Y

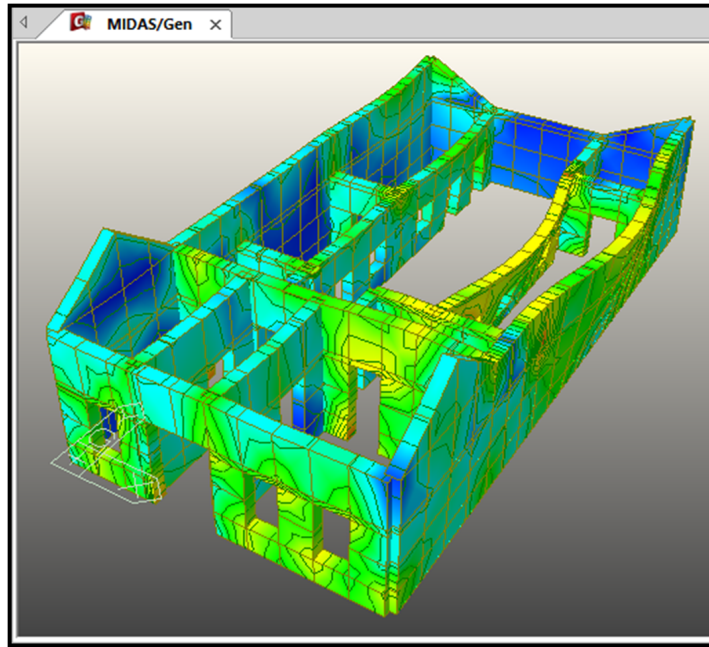


Figura 82. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en U por sismo en X

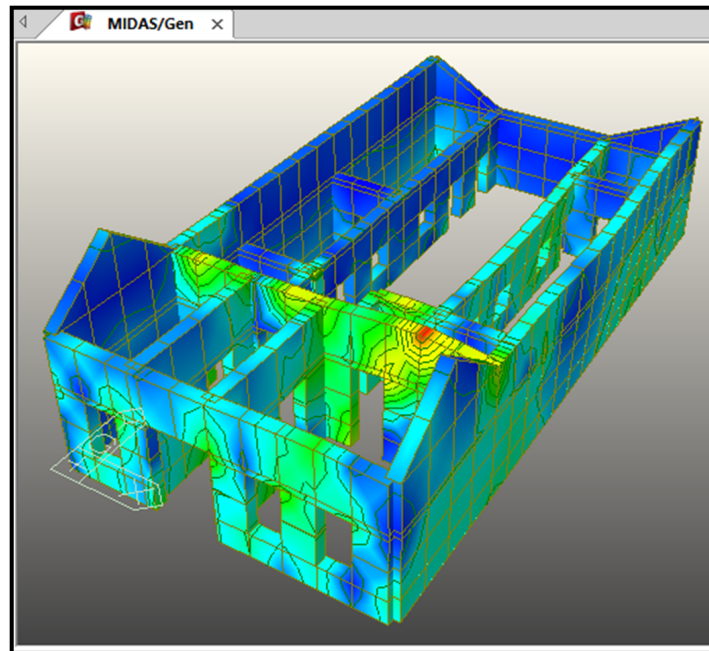


Figura 83. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en U por sismo en Y

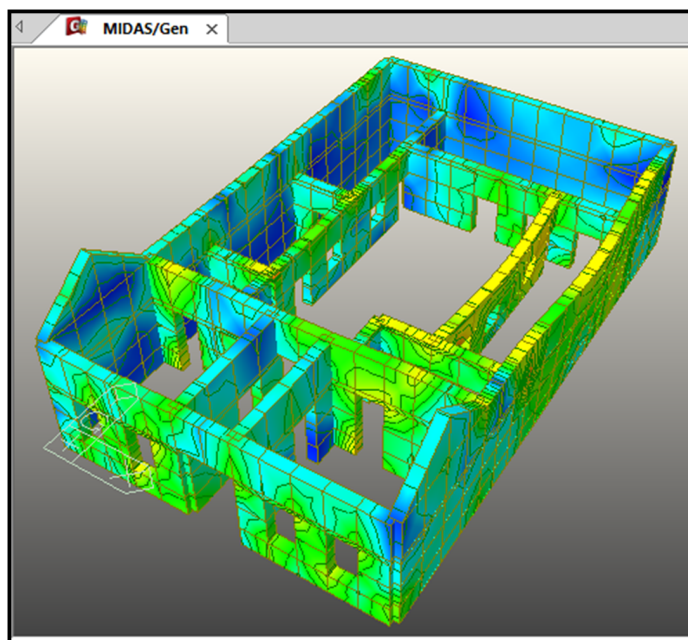


Figura 84. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en O por sismo en X

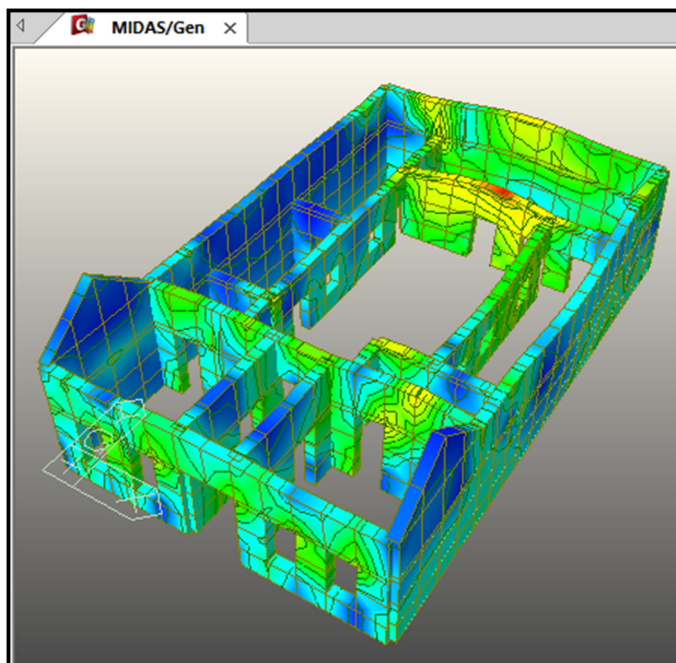


Figura 85. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja en O por sismo en Y

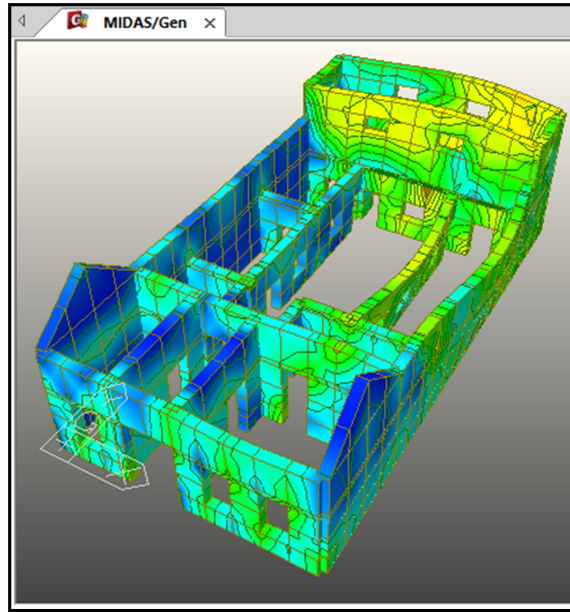


Figura 86. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja con altillo sismo en X

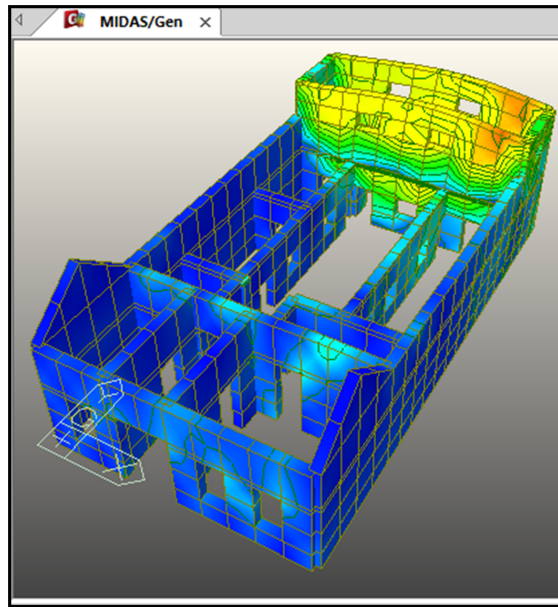


Figura 87. Mecanismo de inclinación simple falla por toda la extensión casa colonial baja con altillo sismo en Y

Análisis estático lineal de la estructura

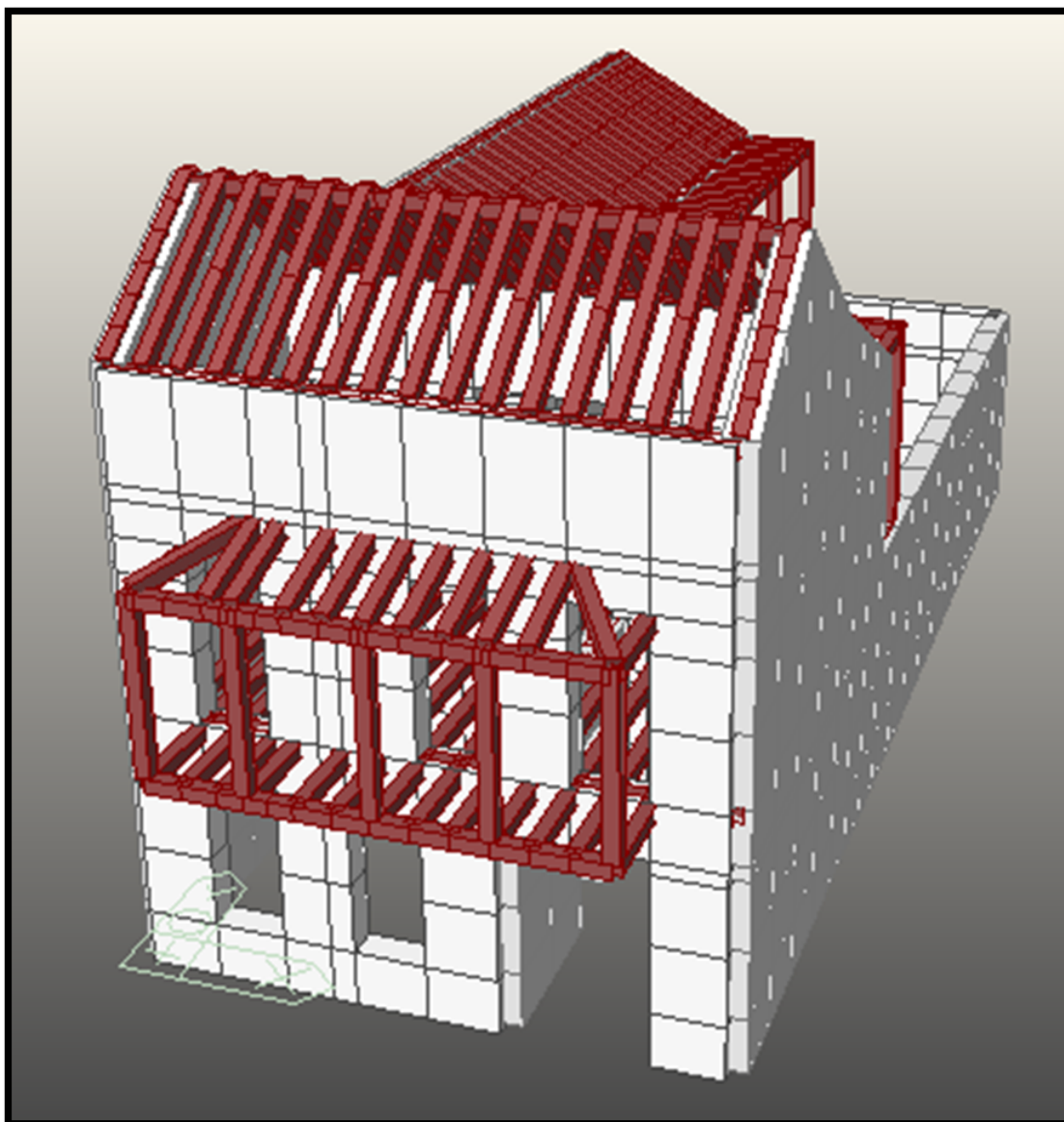


Figura 88. Vista Isométrica casa colonial alta en L

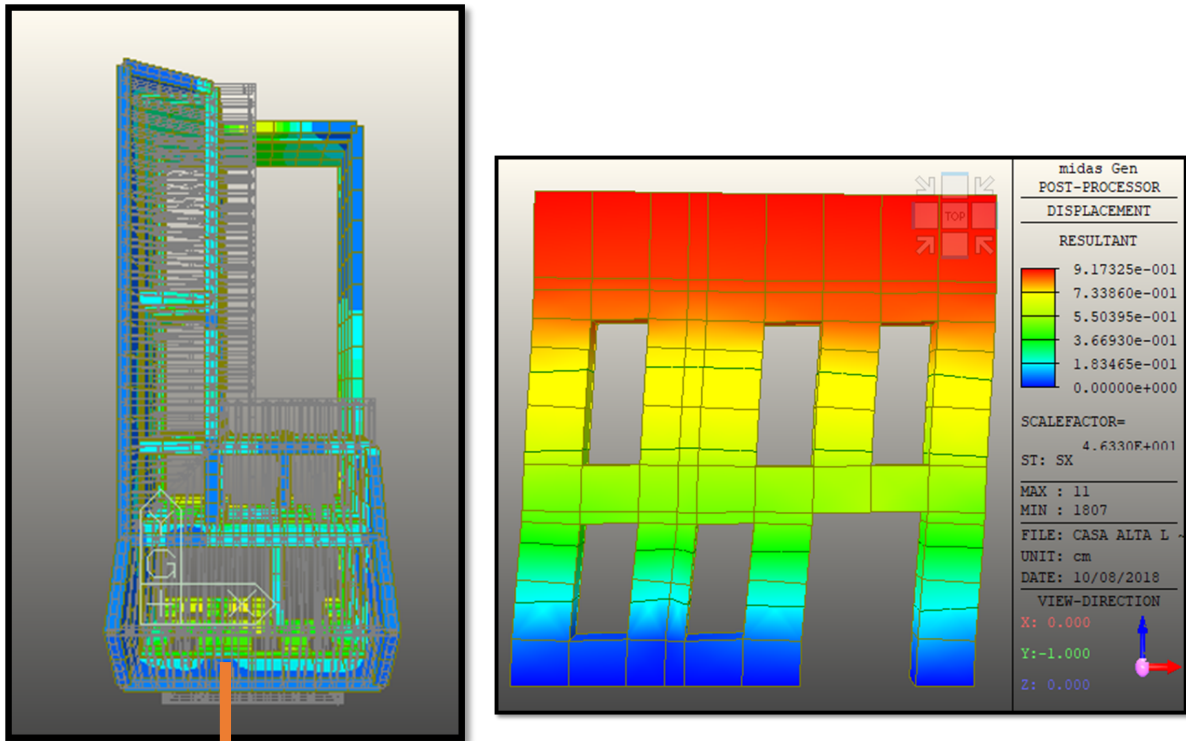


Figura 89. Desplazamiento en muro tipo A

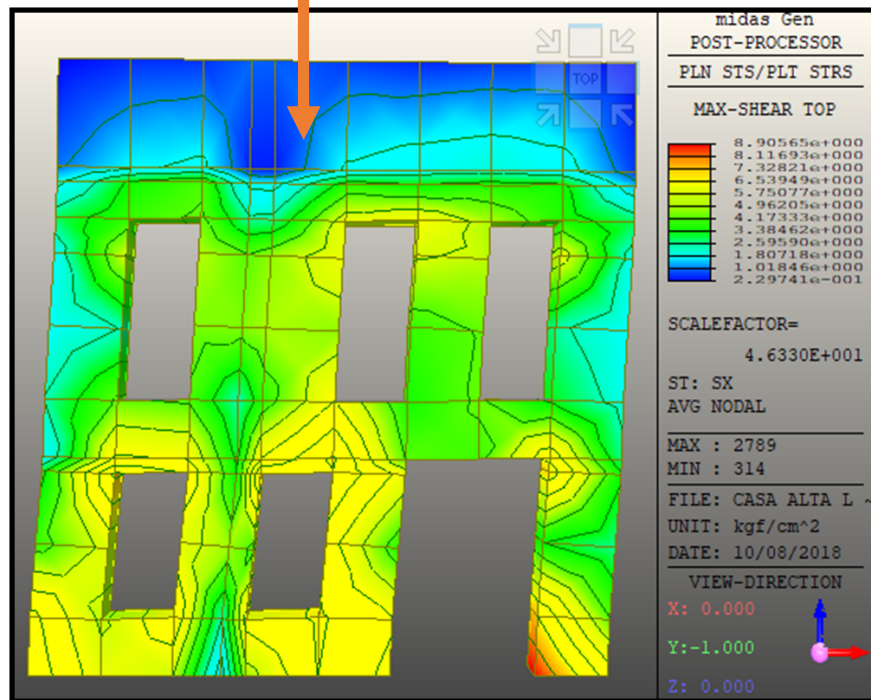


Figura 90. Esfuerzos en muro tipo A

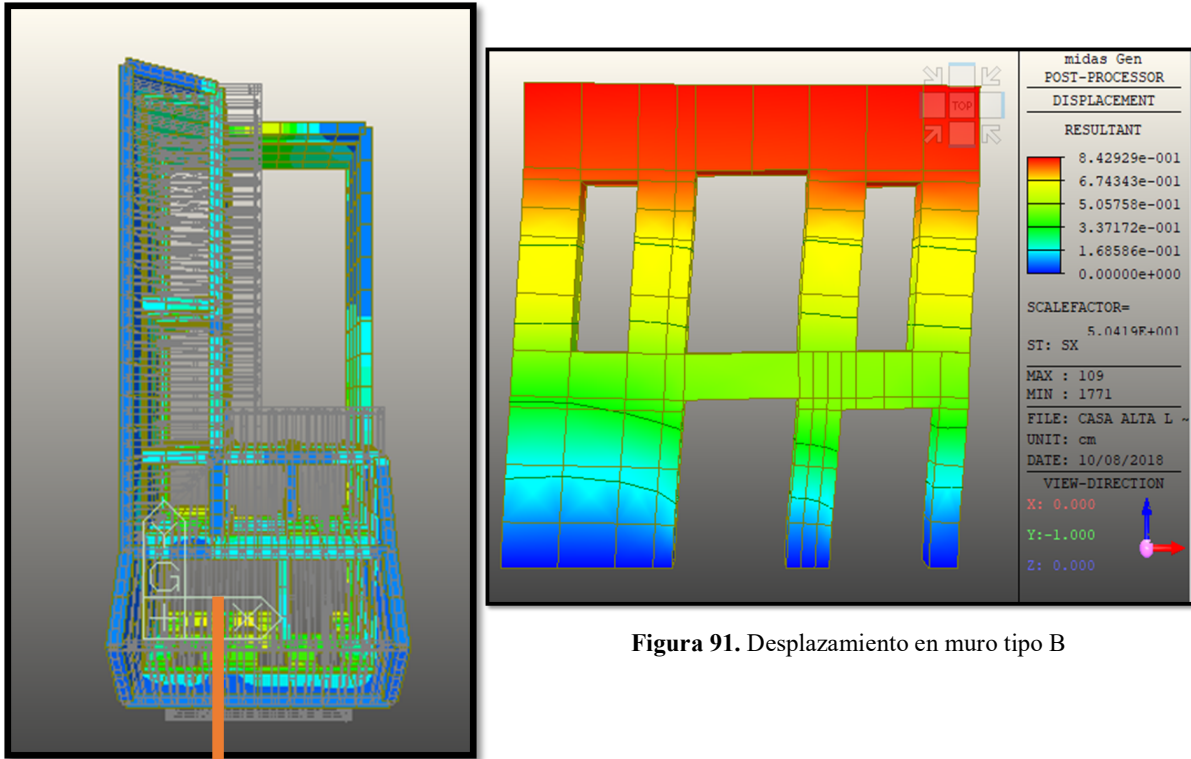


Figura 91. Desplazamiento en muro tipo B

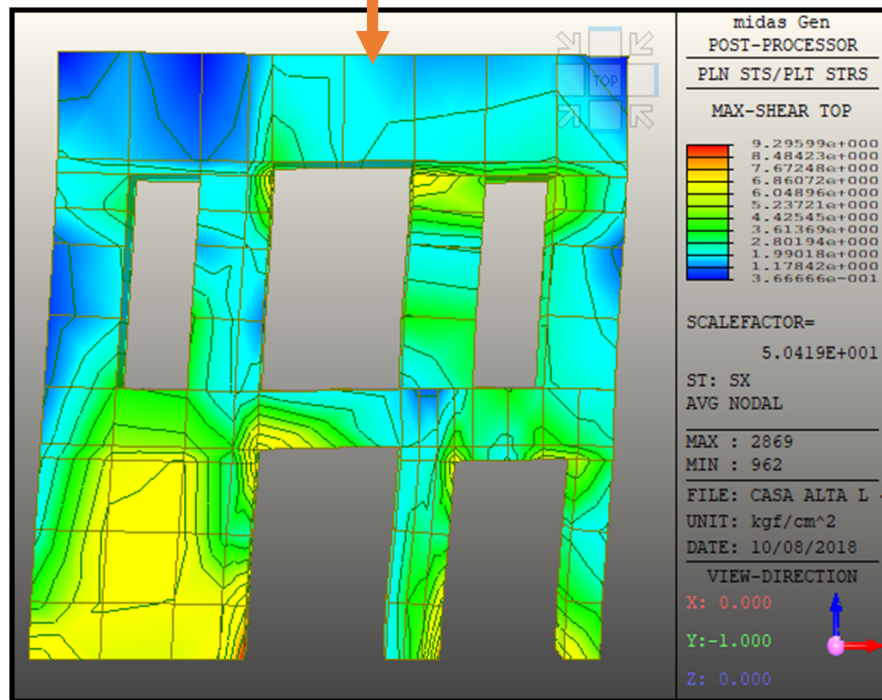


Figura 92. Esfuerzos en muro tipo B

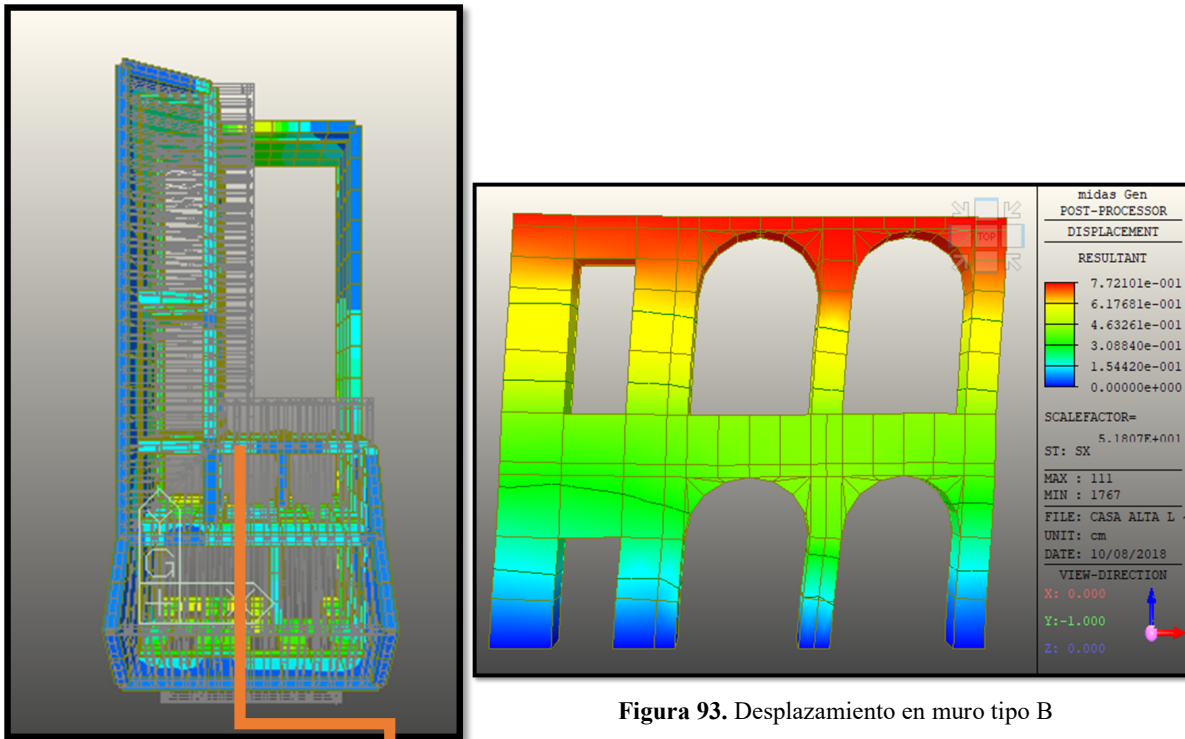


Figura 93. Desplazamiento en muro tipo B

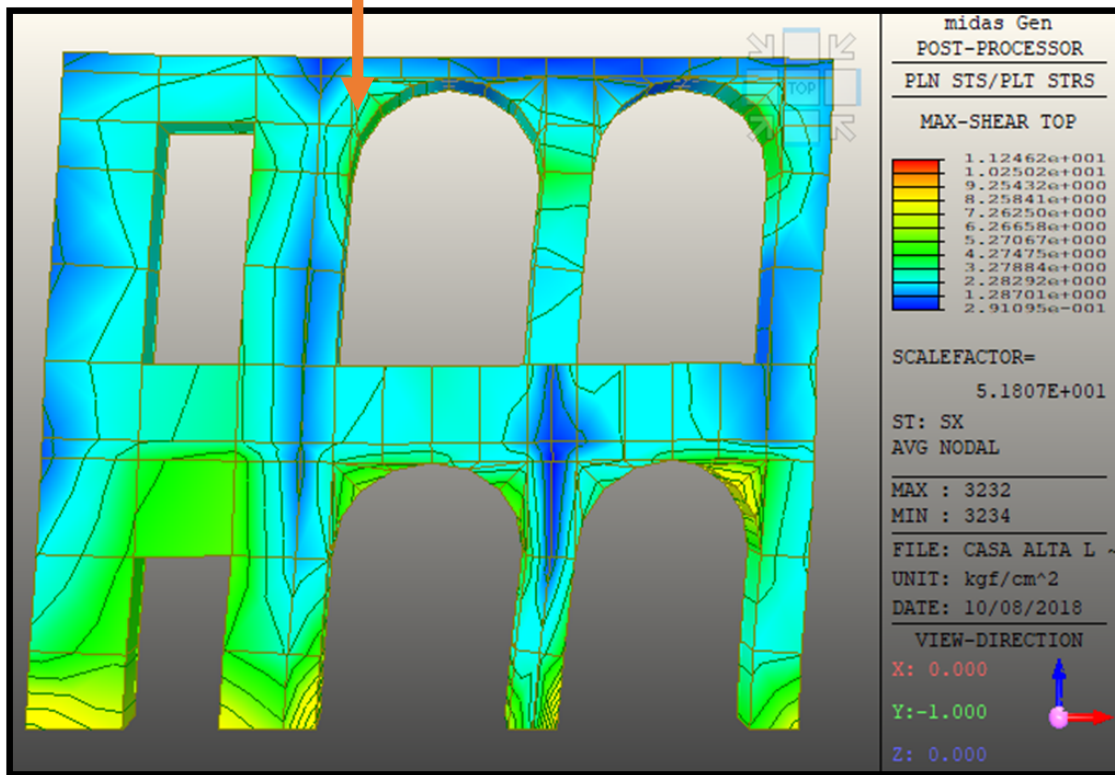


Figura 94. Esfuerzos en muro tipo B

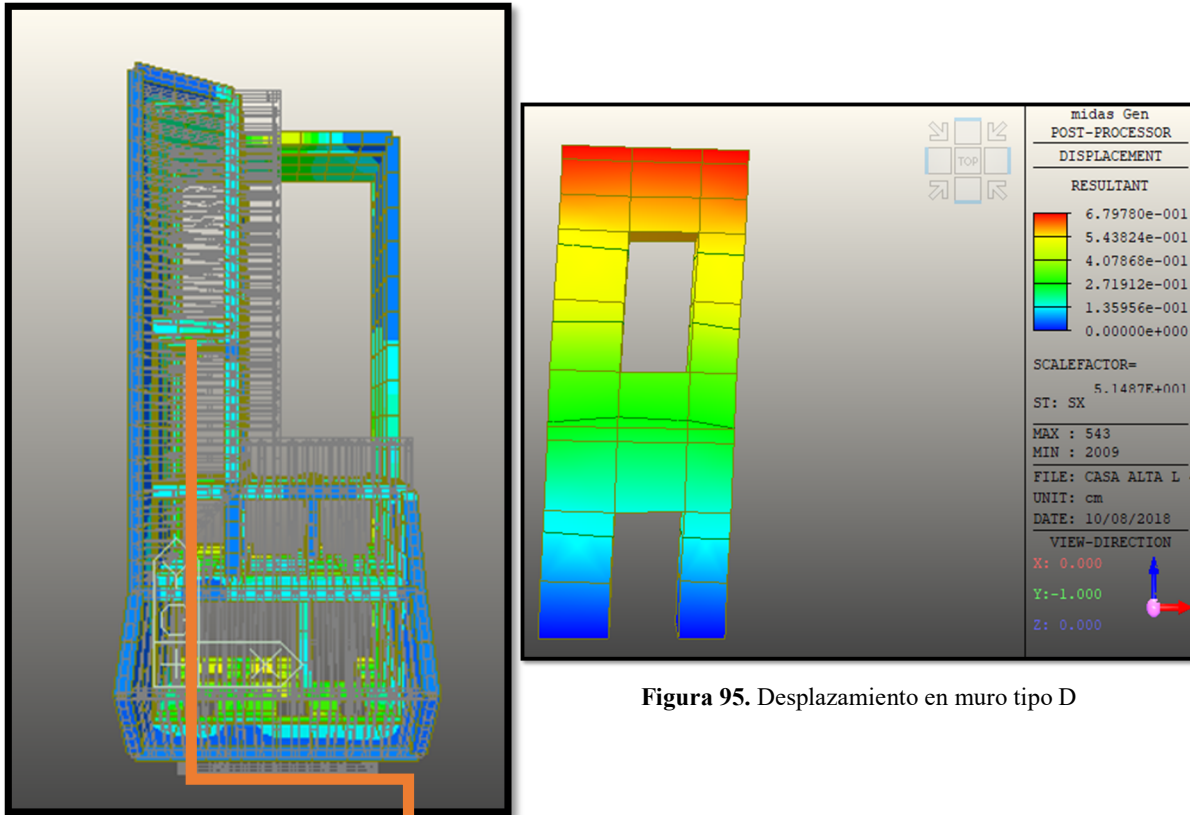


Figura 95. Desplazamiento en muro tipo D

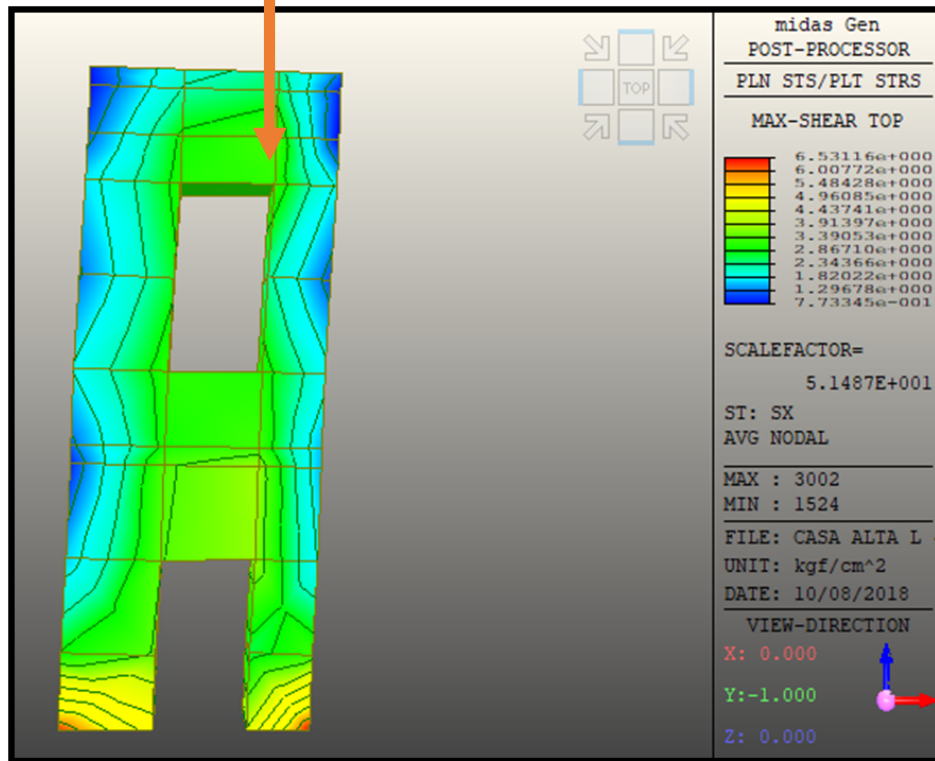


Figura 96. Esfuerzos en muro tipo D

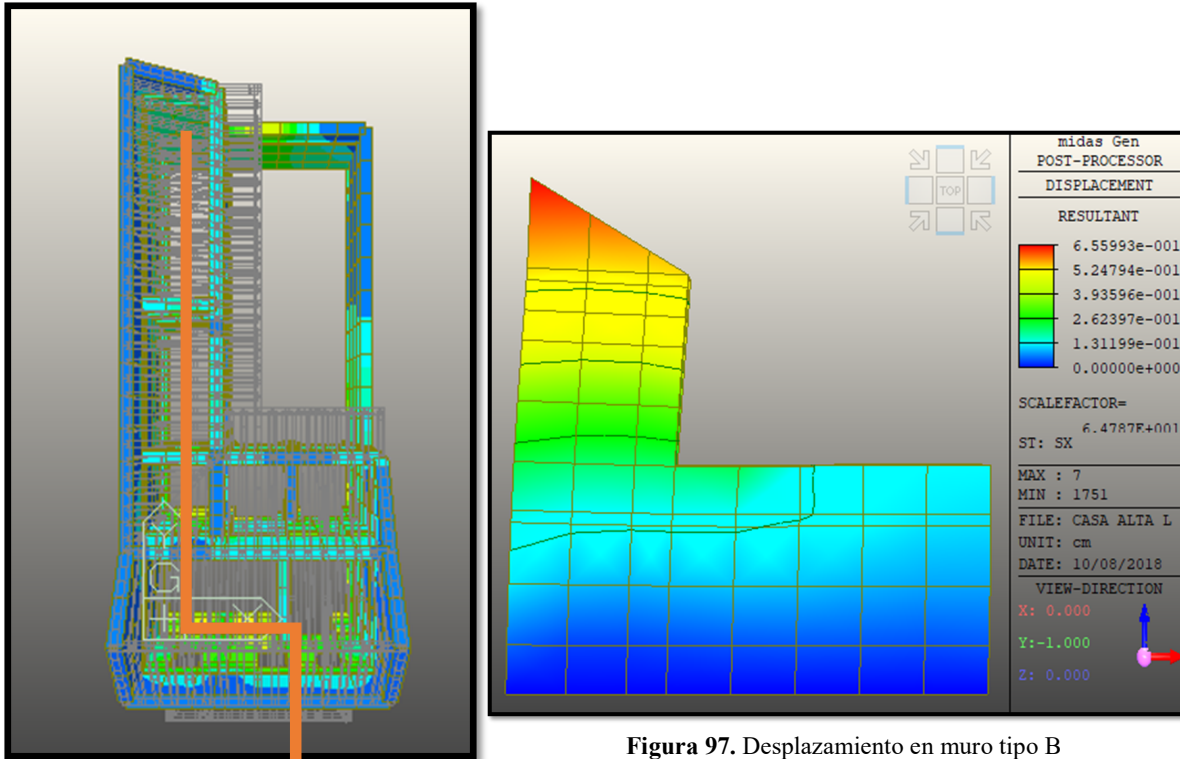


Figura 97. Desplazamiento en muro tipo B

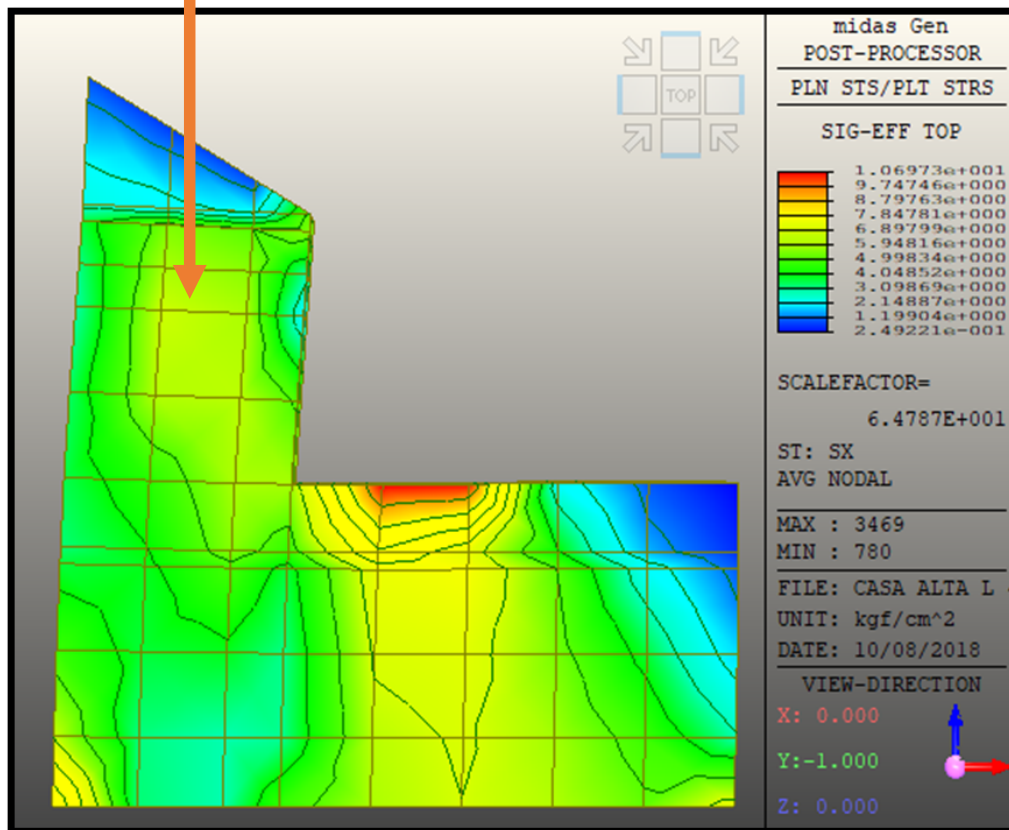


Figura 98. Esfuerzos en muro tipo B

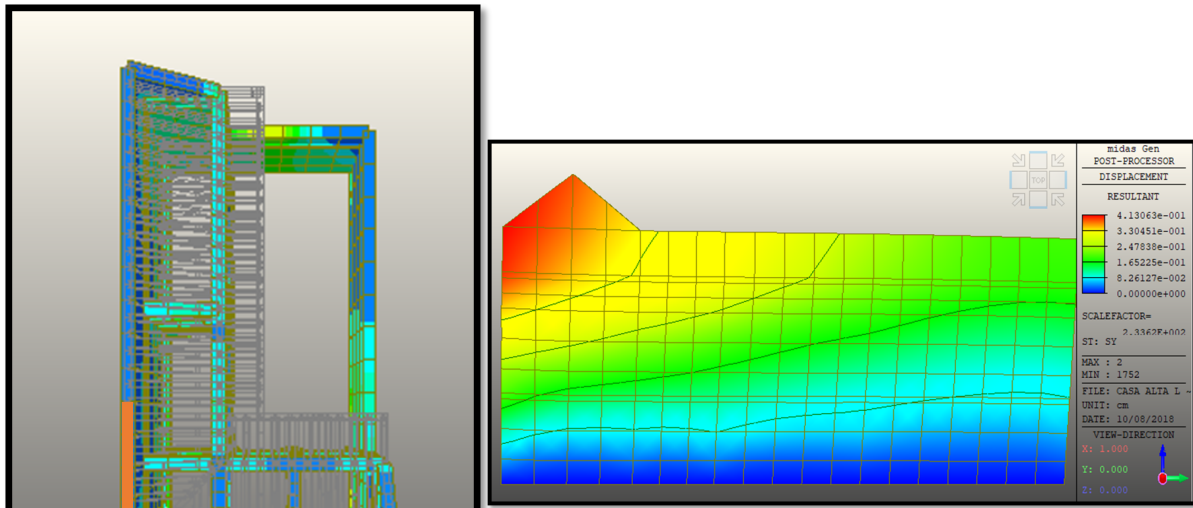


Figura 99. Desplazamiento en muro tipo D

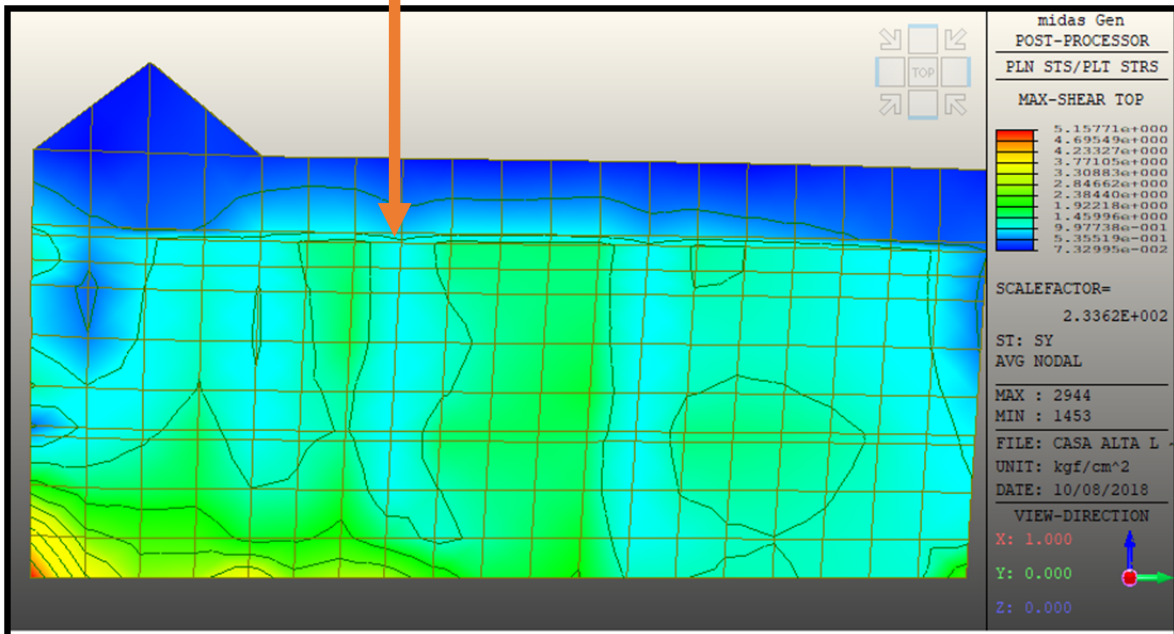


Figura 100. Esfuerzos en muro tipo D

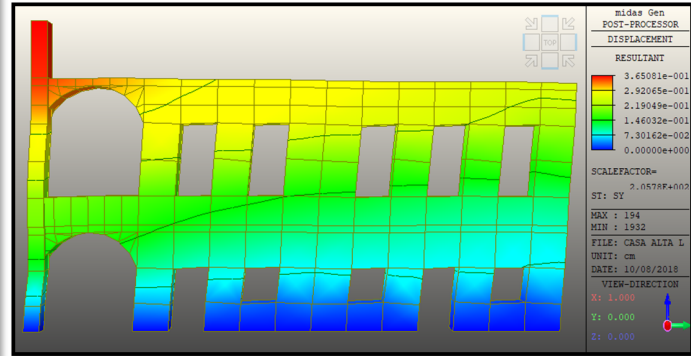
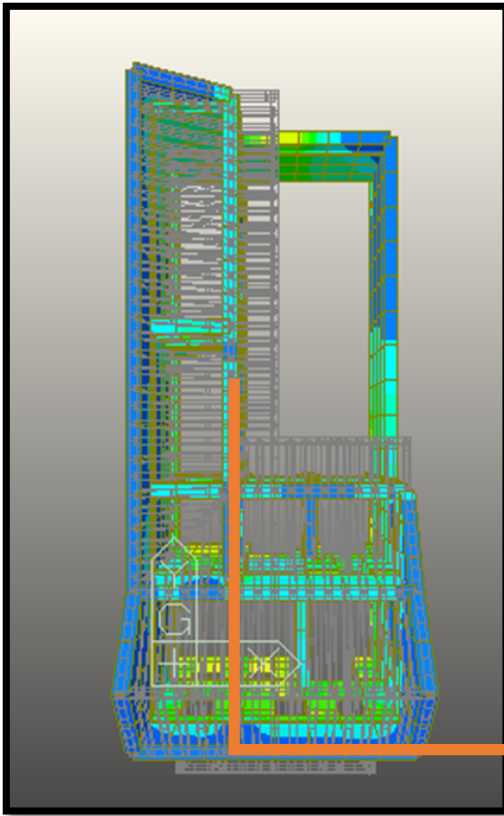


Figura 101. Desplazamiento en muro tipo D

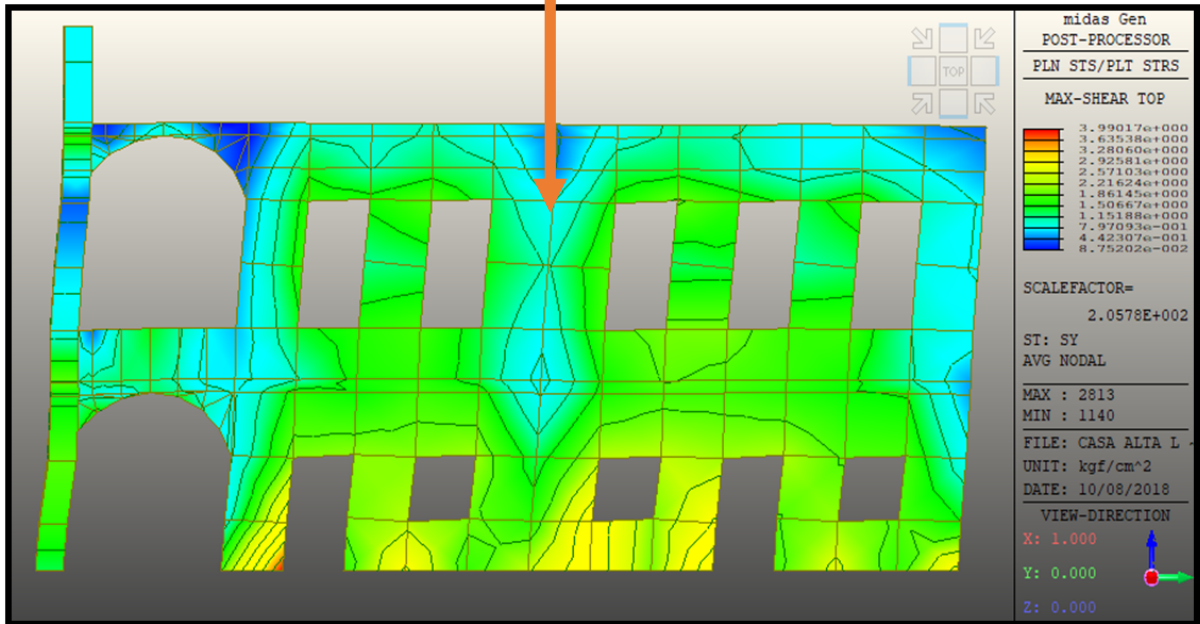


Figura 102. Esfuerzos en muro tipo D

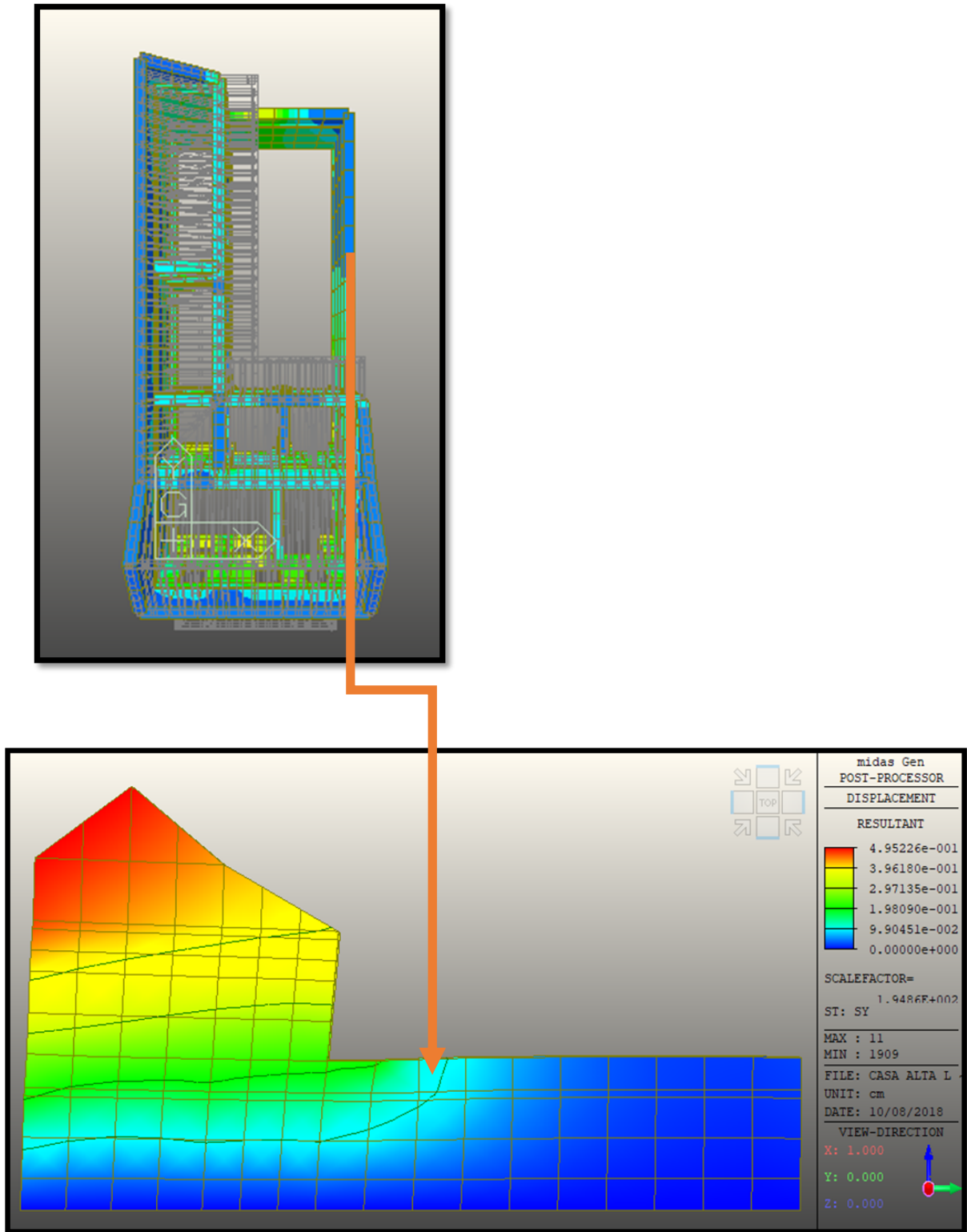


Figura 103. Desplazamiento en muro tipo A y C

SECUENCIA DEL ANÁLISIS NO LINEAL PLÁSTICO MURO TIPO A

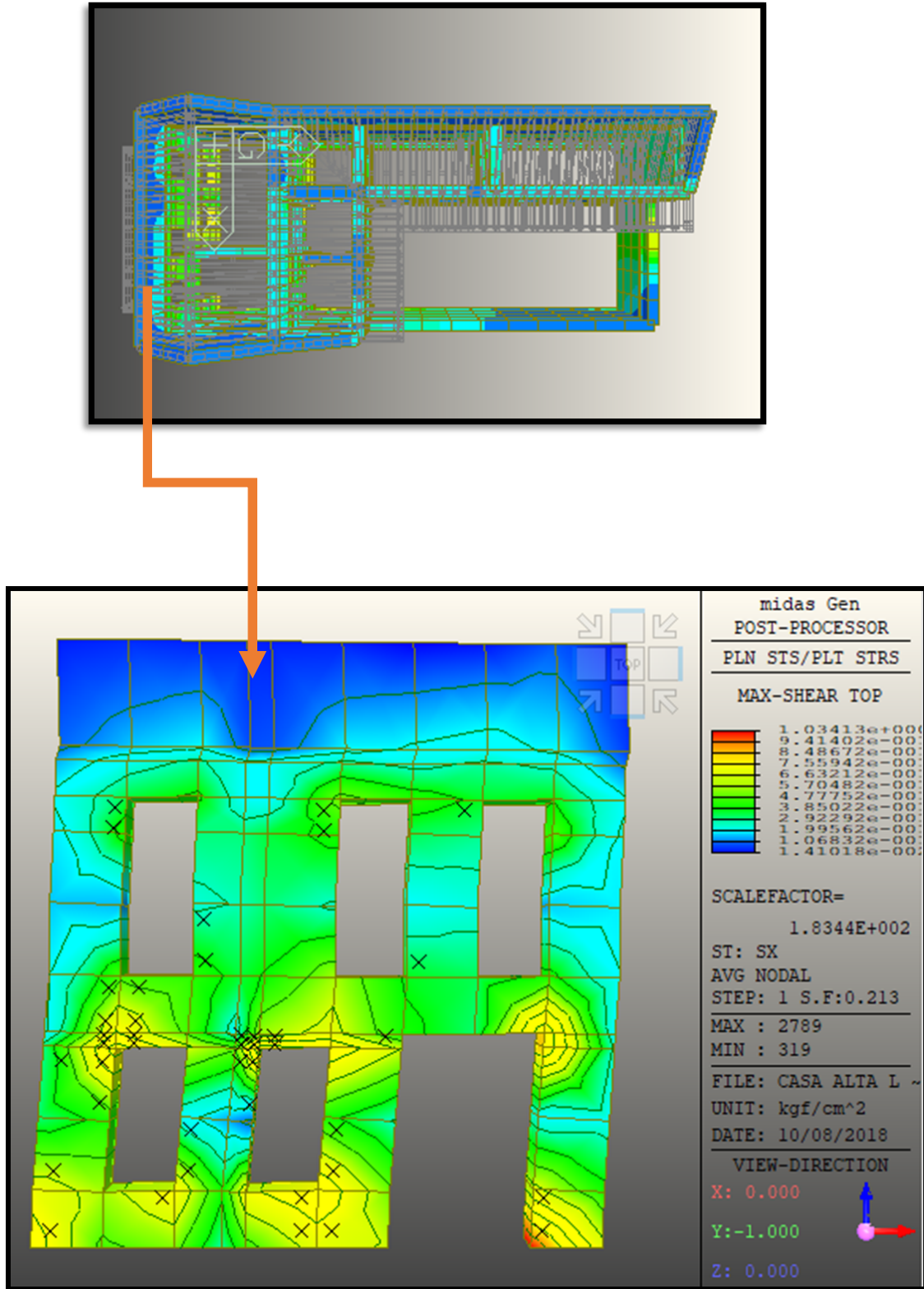


Figura 104. Paso 1 Análisis no lineal plástico muro tipo A

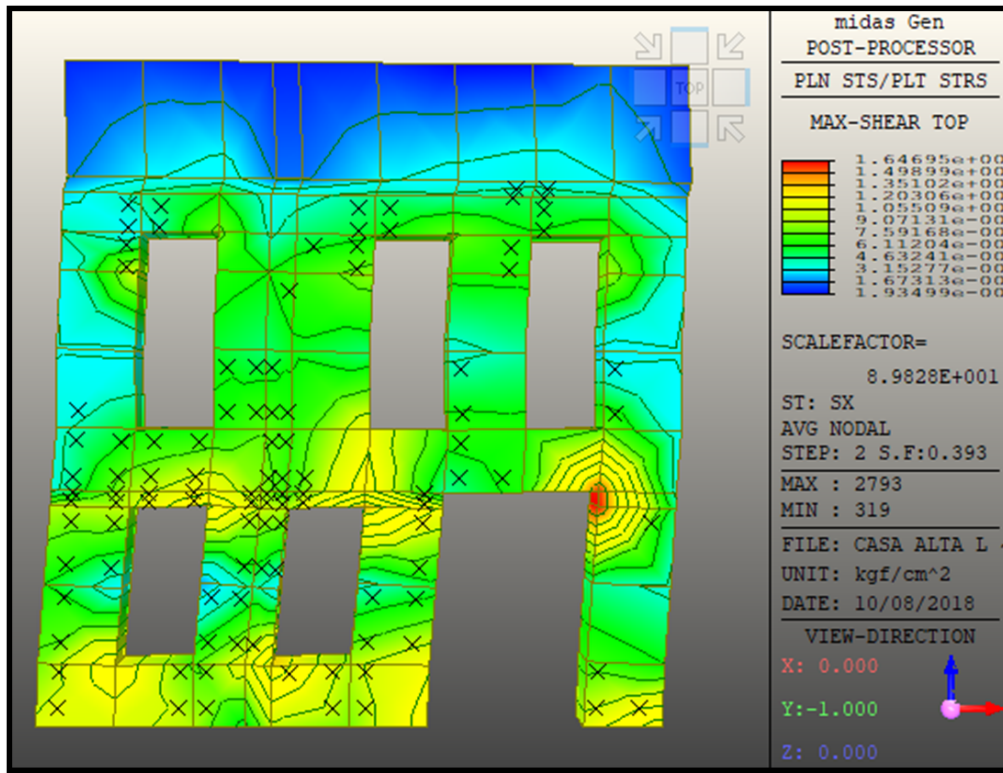


Figura 105. Paso 2 Análisis no lineal plástico muro tipo A

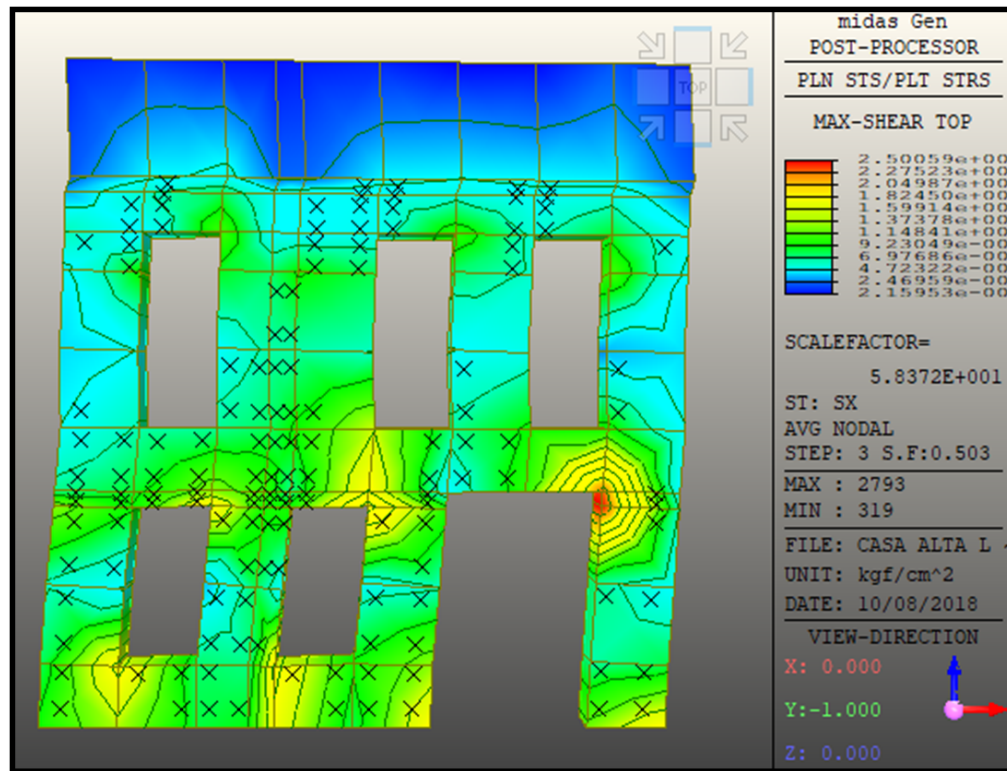


Figura 106. Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo A

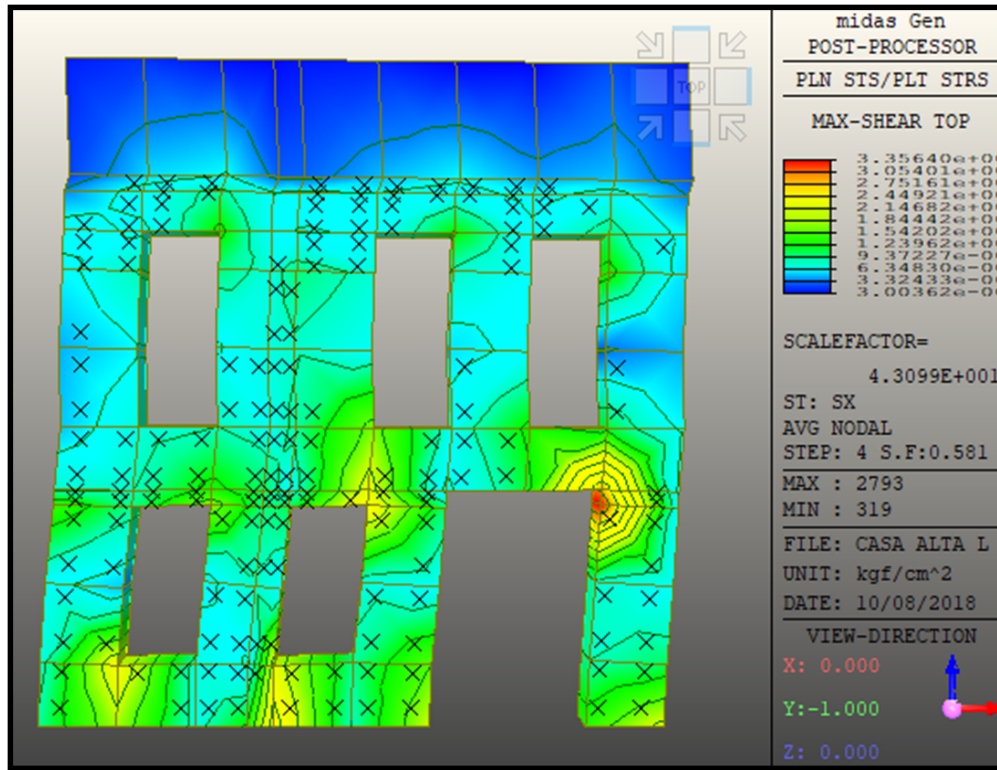


Figura 107. Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo A

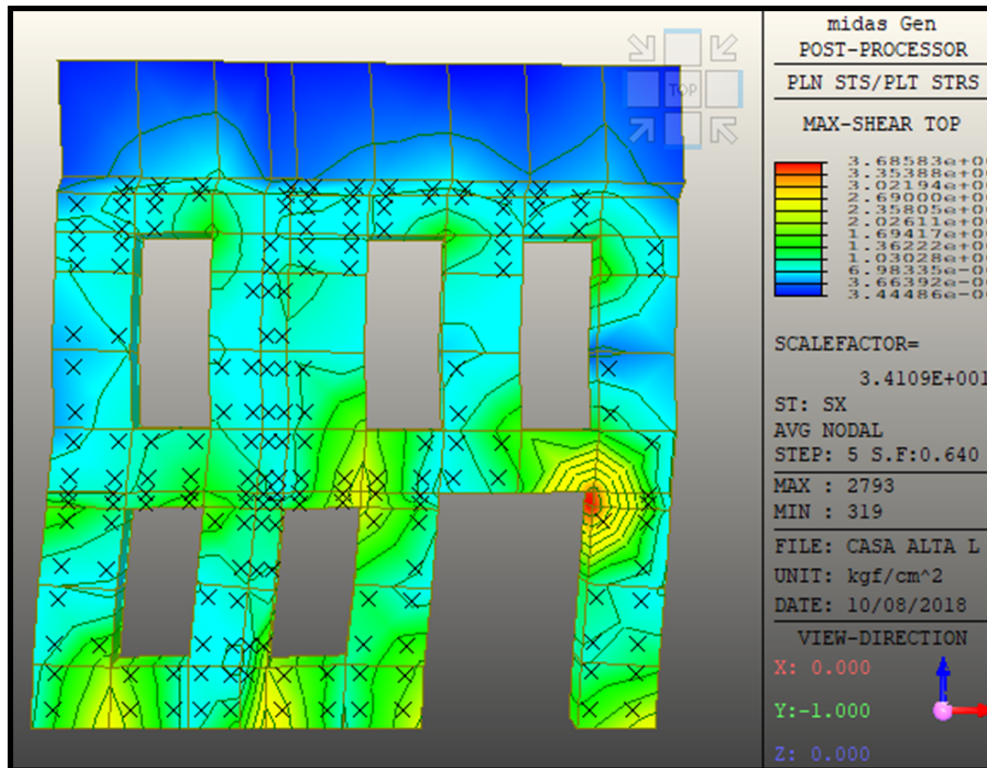
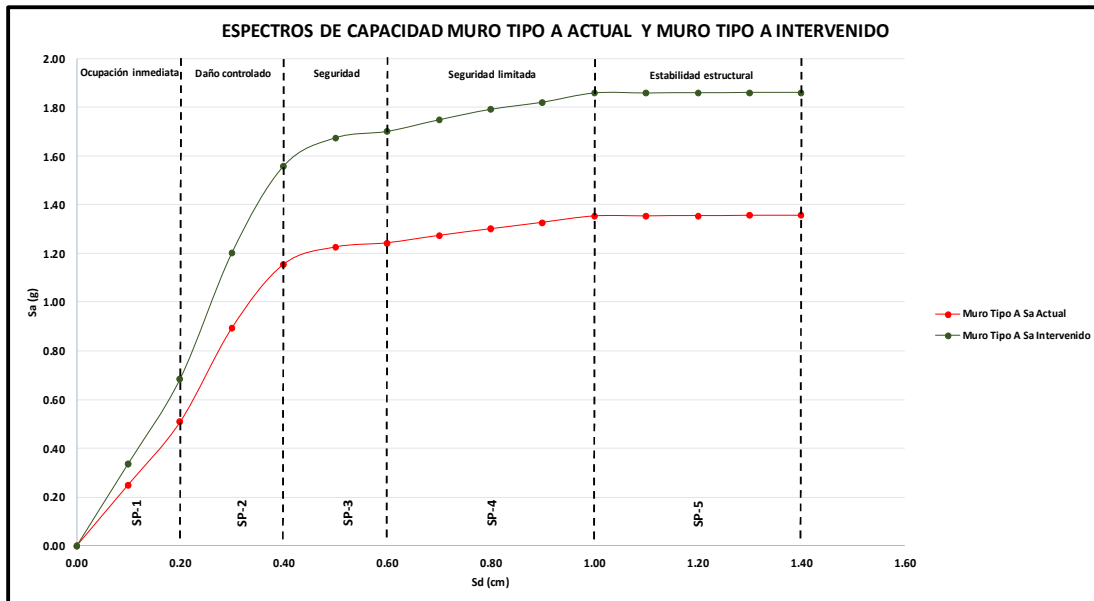
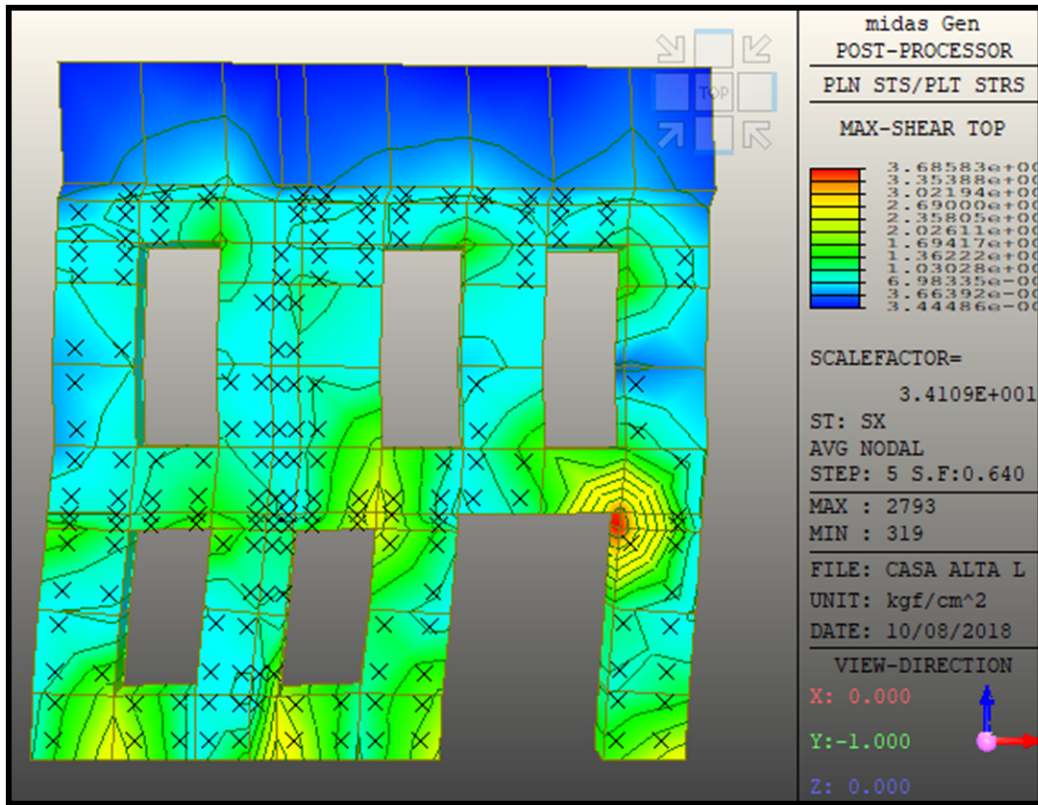
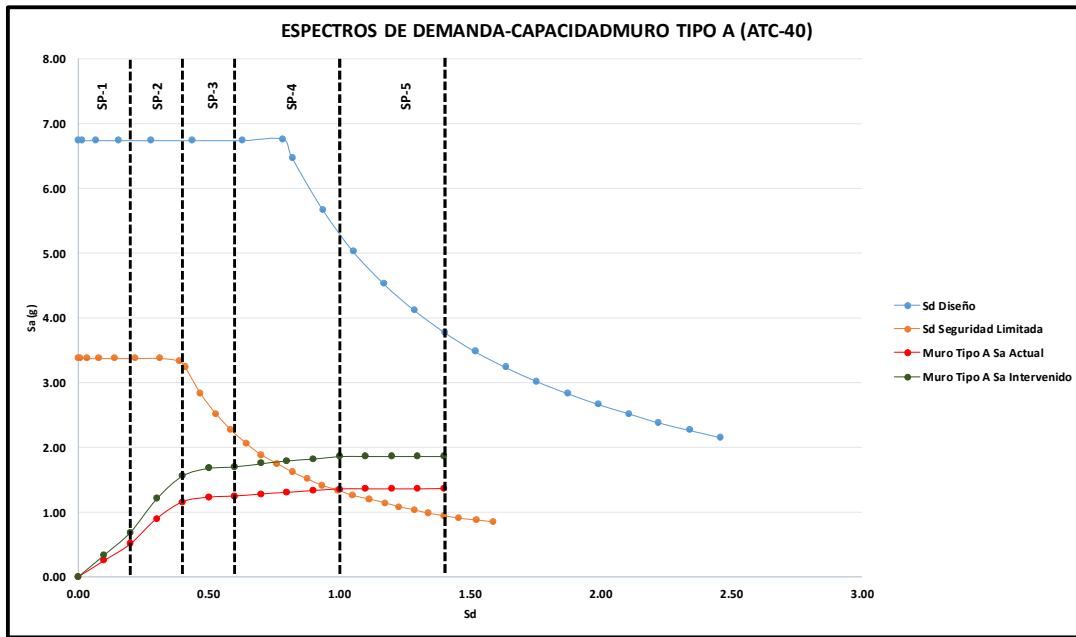


Figura 108. Paso 5 Análisis no lineal plástico muro tipo A

GRAFICAS CAPACIDAD DEMANDA DEL MURO A



Gráfica 24. Espectros de capacidad muro tipo A actual y muro tipo A intervenido



Gráfica 25. Espectros de demanda-capacidad muro tipo A

La gráfica muestra la demanda debido a un sismo equivalente, o sismo de diseño (S_d Diseño) y la demanda debido a un sismo reducido (S_d seguridad limitada) según la establece la NSR-10 en el capítulo A.10, el nivel de desempeño inicial del muro tipo A, de acuerdo al ATC-40 se encuentra en la frontera entre la estabilidad estructural SP-5 y la seguridad limitada SP-4, lo cual permite intuir que por las condiciones propias del muro utilizado, se requerirá de un reforzamiento mínimo en las zonas más esforzadas.

Dependerá del diseño y del juicio del ingeniero estructural la magnitud de la intervención a realizar.

Es propio de cada tipología de casas las características de esta tipología de muro, por lo cual cada intervención será particular en cada caso, en ningunas circunstancias se tomaran datos de un muro para intervenir otro.

SECUENCIA DEL ANÁLISIS NO LINEAL PLÁSTICO MURO TIPO B

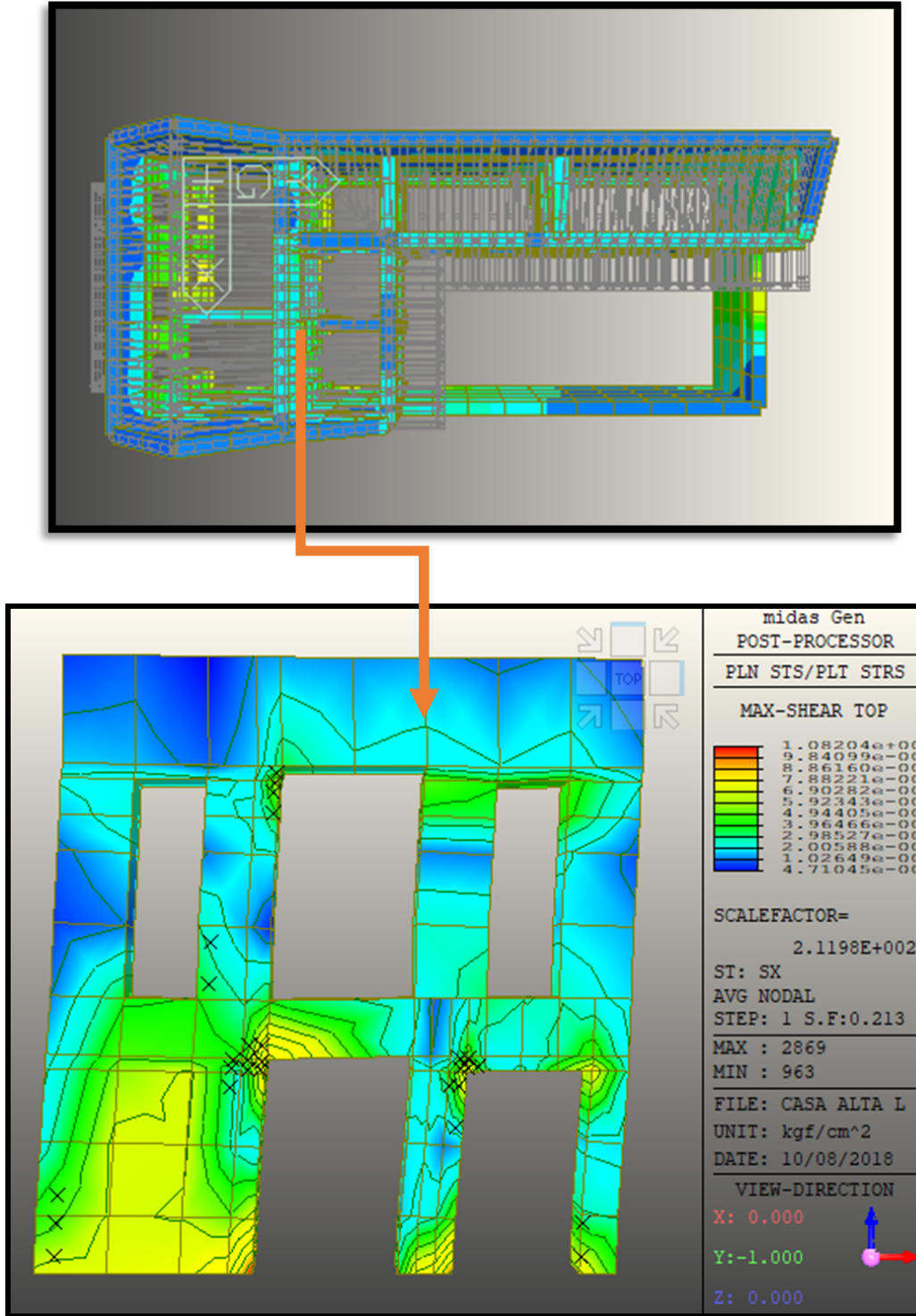


Figura 109. Paso 1 Análisis no lineal plástico muro tipo B

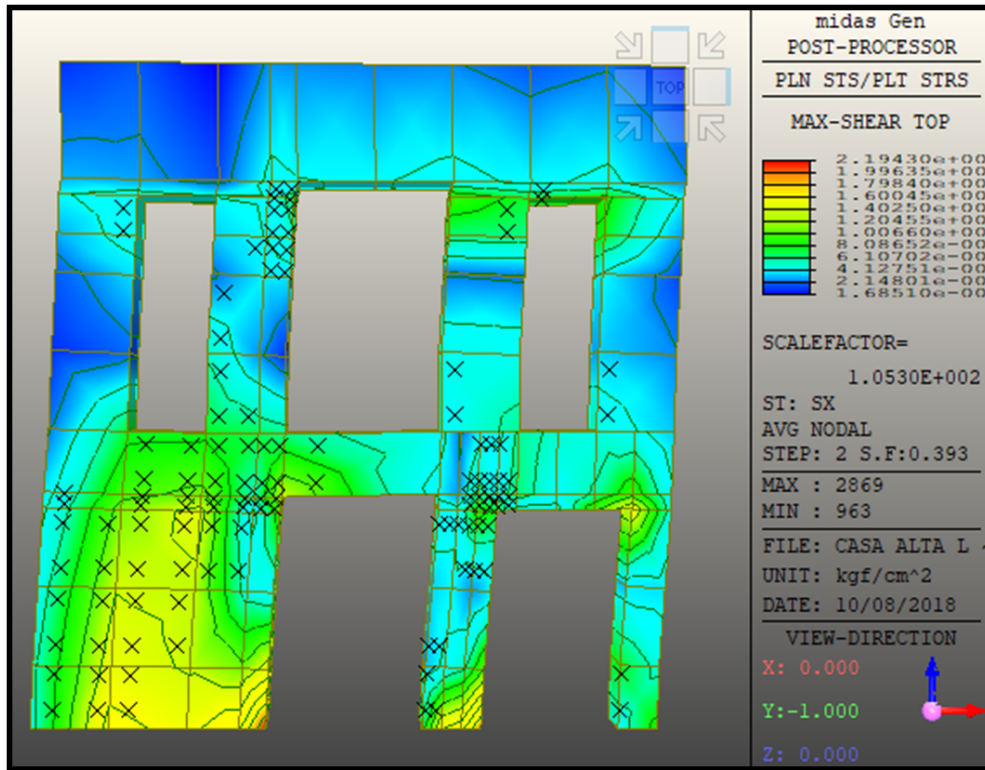


Figura 110. Paso 2 Análisis no lineal plástico muro tipo B

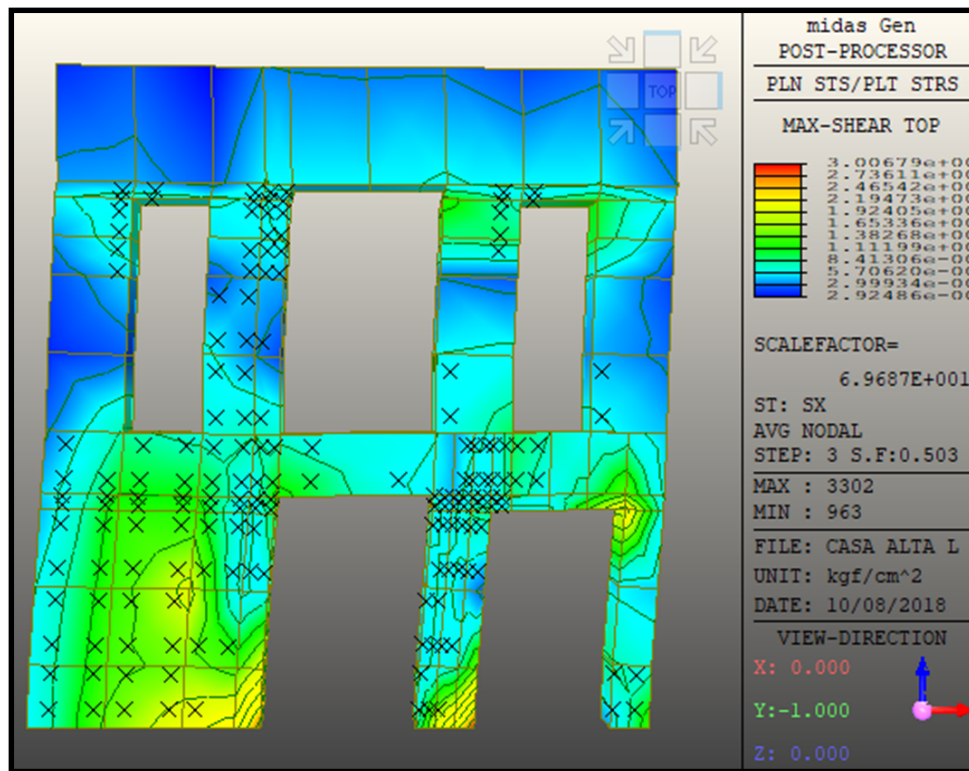


Figura 111. Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo B

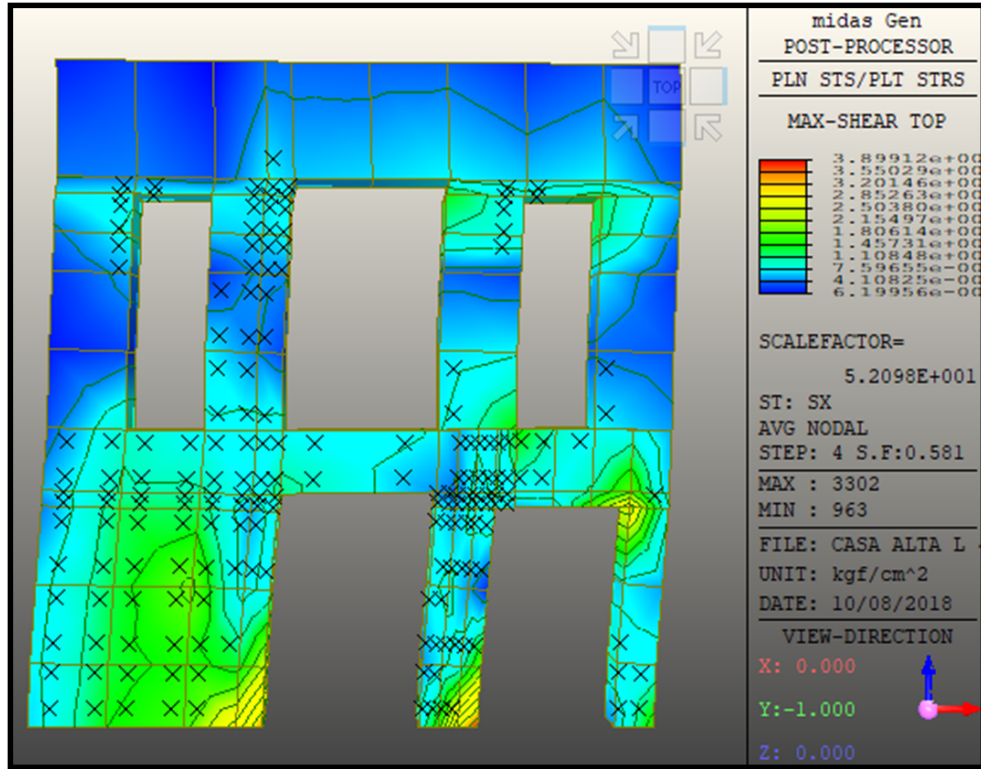


Figura 112. Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo B

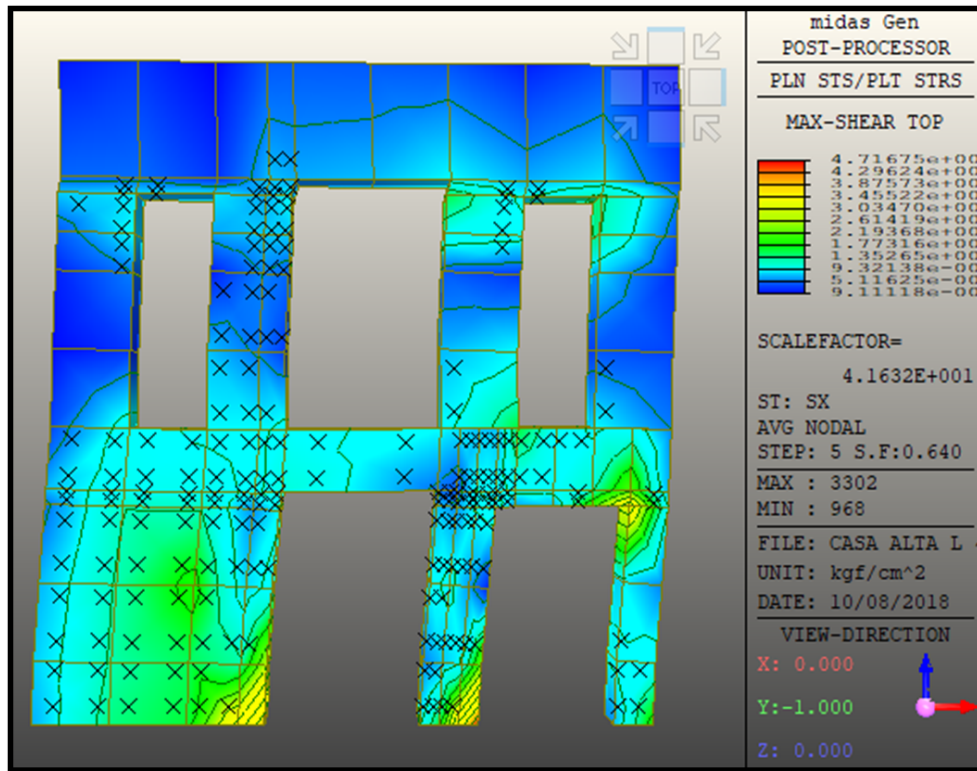
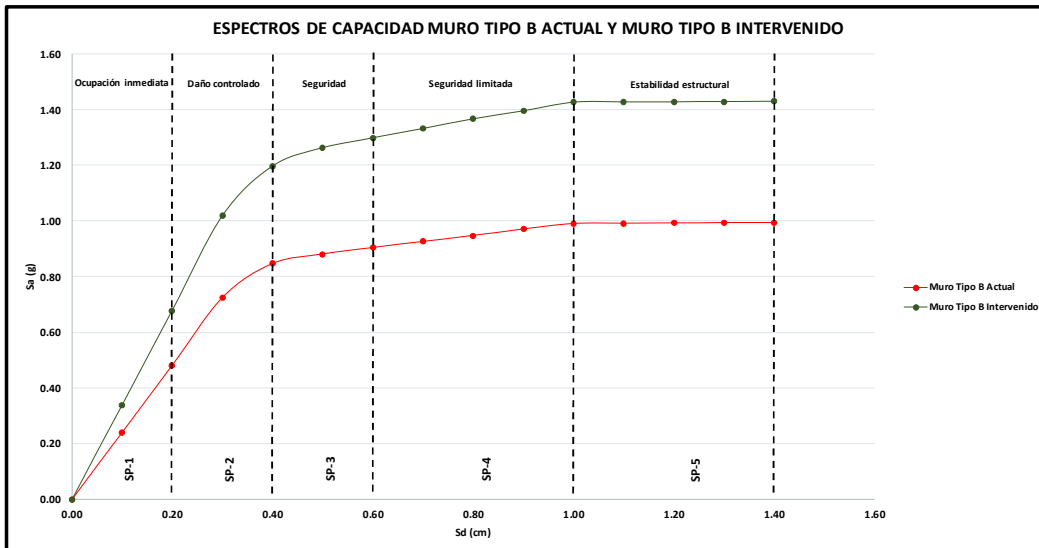
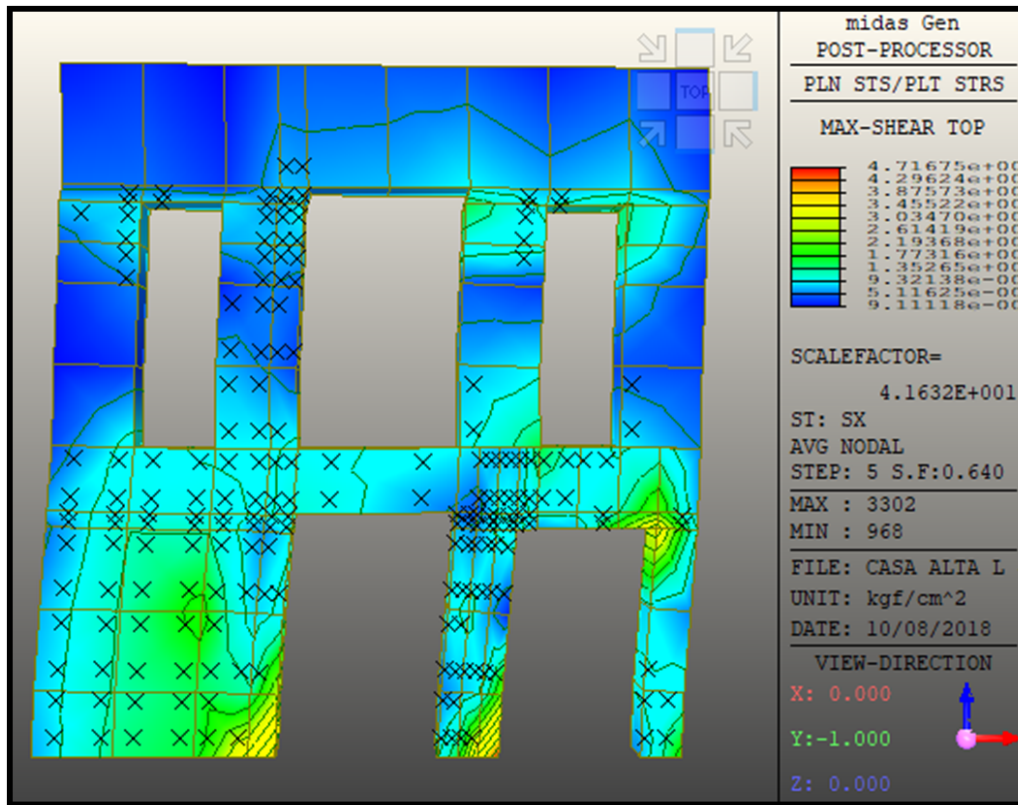
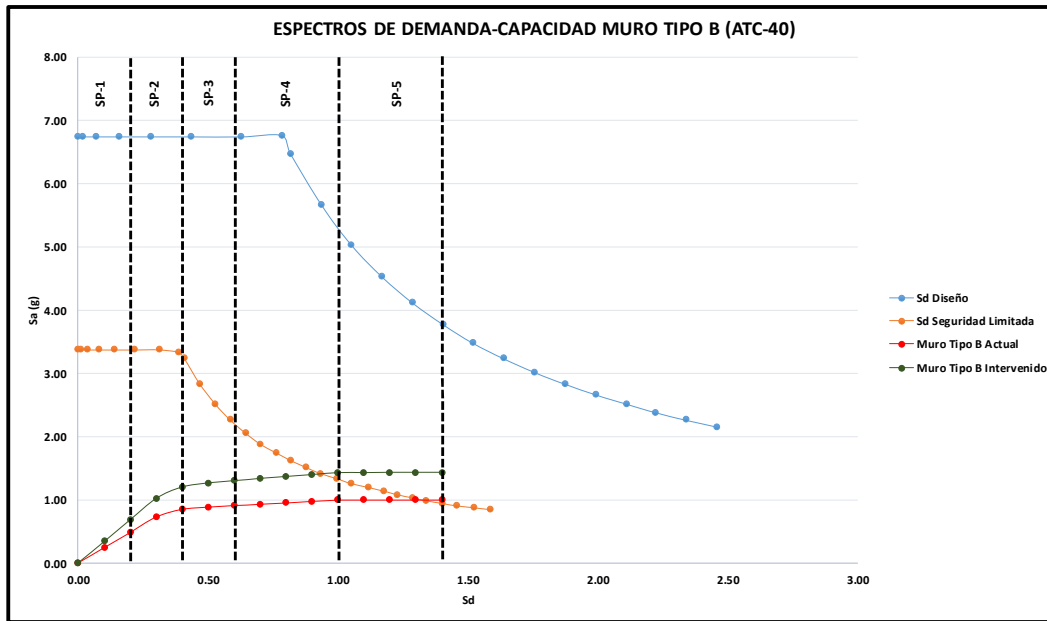


Figura 113. Paso 5 Análisis no lineal plástico muro tipo B

GRAFICAS CAPACIDAD DEMANDA DEL MURO B



Gráfica 26. Espectros de capacidad muro tipo B actual y muro tipo B intervenido



Gráfica 27. Espectros de demanda-capacidad muro tipo B

La gráfica muestra la demanda debido a un sismo equivalente, o sismo de diseño (S_d Diseño) y la demanda debido a un sismo reducido (S_d seguridad limitada) según la establece la NSR-10 en el capítulo A.10, el nivel de desempeño inicial del muro tipo B, de acuerdo al ATC-40 es de estabilidad estructural SP-5, lo cual no cumple con el requisito mínimo de seguridad limitada que exige la norma NSR-10, se requiere entonces intervenir el muro de tal manera que su capacidad aumente hasta lograr que su desempeño sea de seguridad limitada SP-4.

Dependerá del diseño y del juicio del ingeniero estructural la magnitud de la intervención a realizar.

Es propio de cada tipología de casas las características de esta tipología de muro, por lo cual cada intervención será particular en cada caso, en ningunas circunstancias se tomaran datos de un muro para intervenir otro.

SECUENCIA DEL ANÁLISIS NO LINEAL PLÁSTICO MURO TIPO C

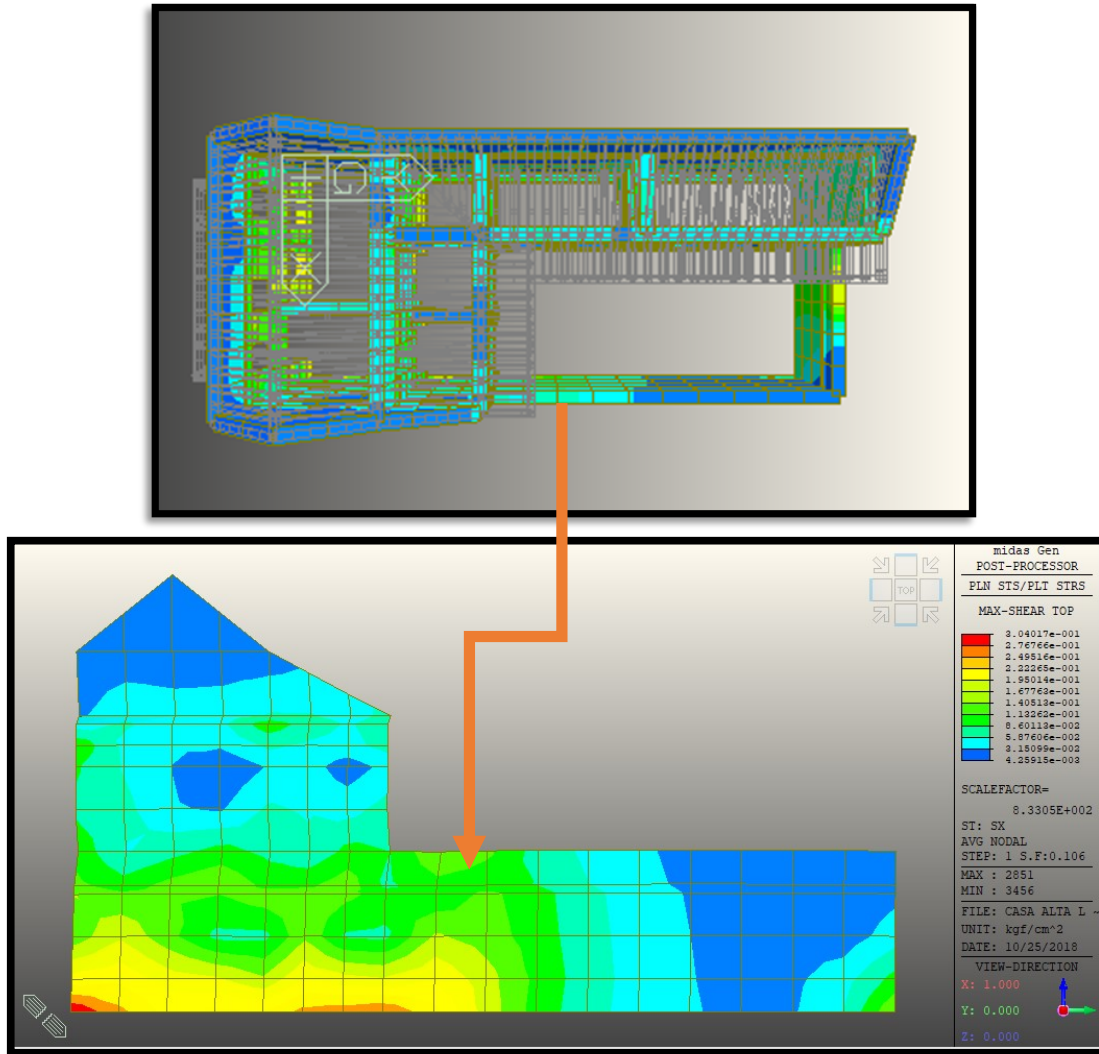


Figura 114. Paso 2 Análisis no lineal plástico muro tipo C



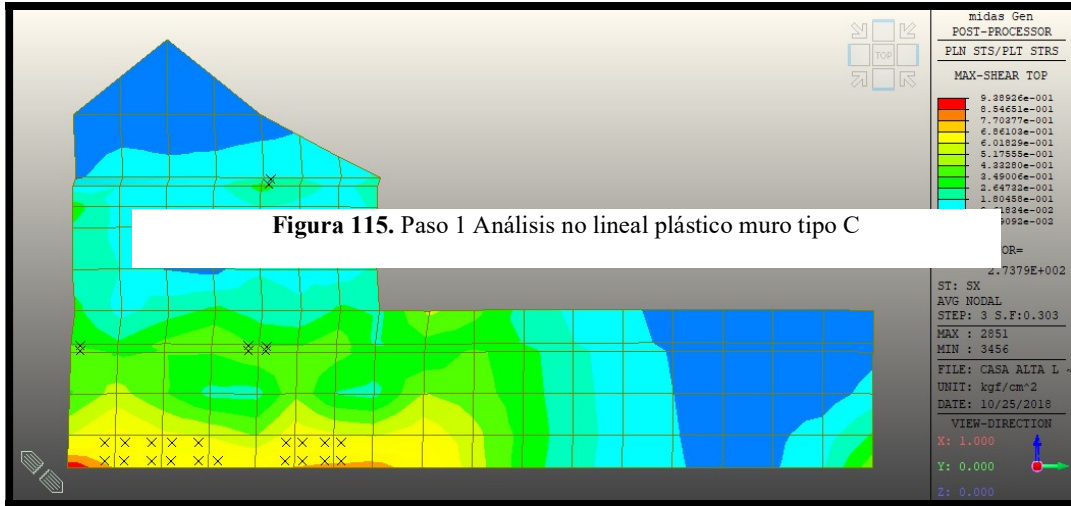


Figura 116. Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo C

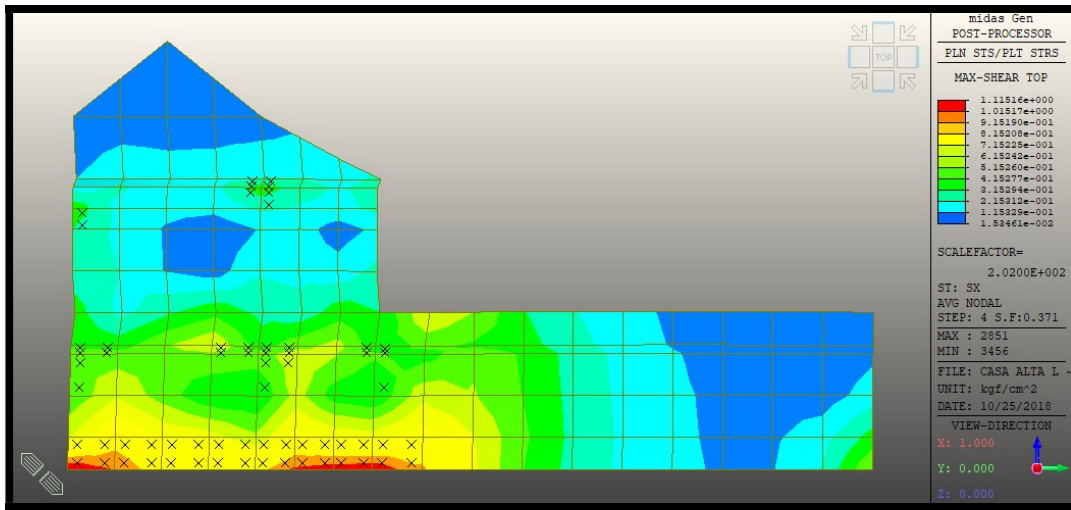


Figura 117. Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo

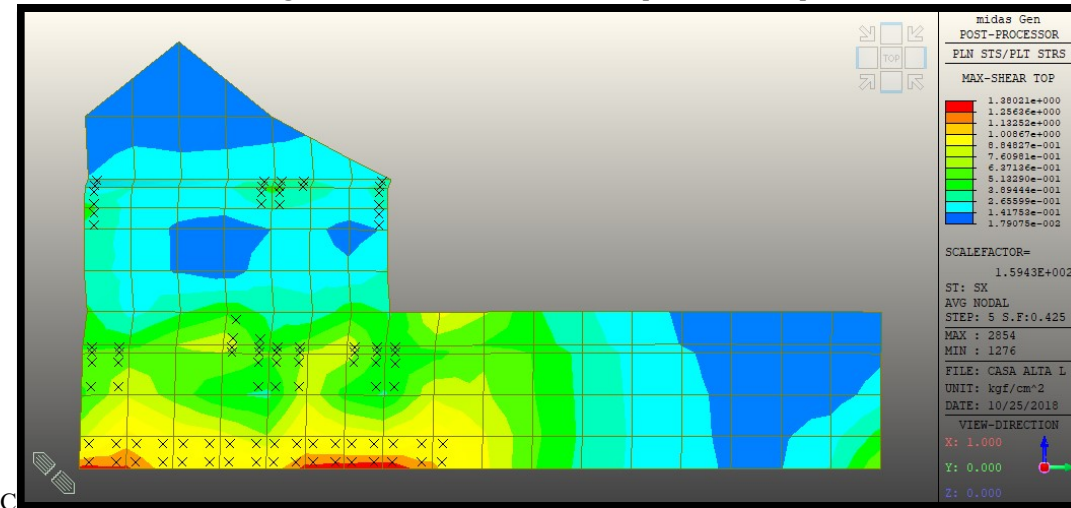
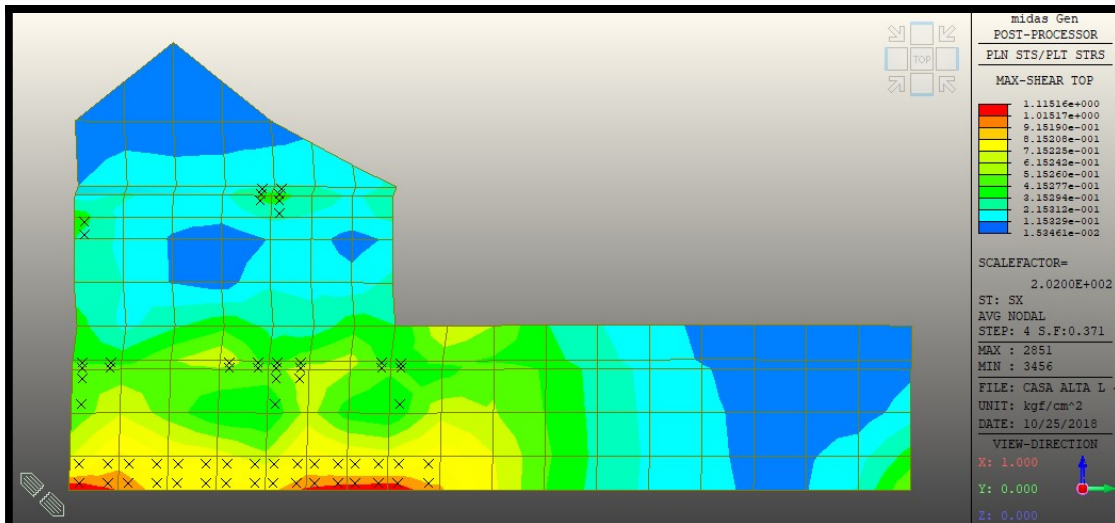
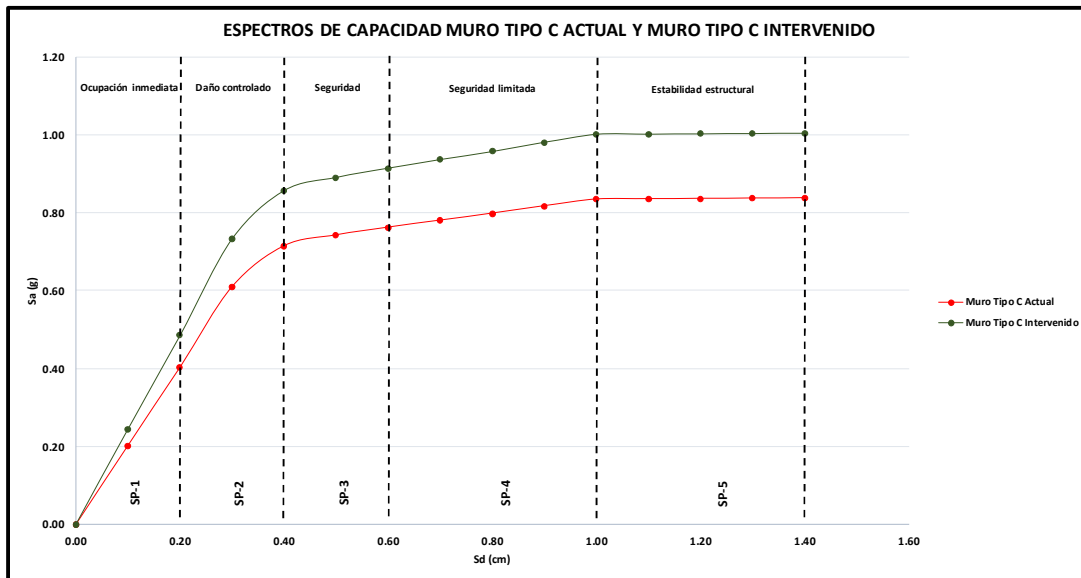


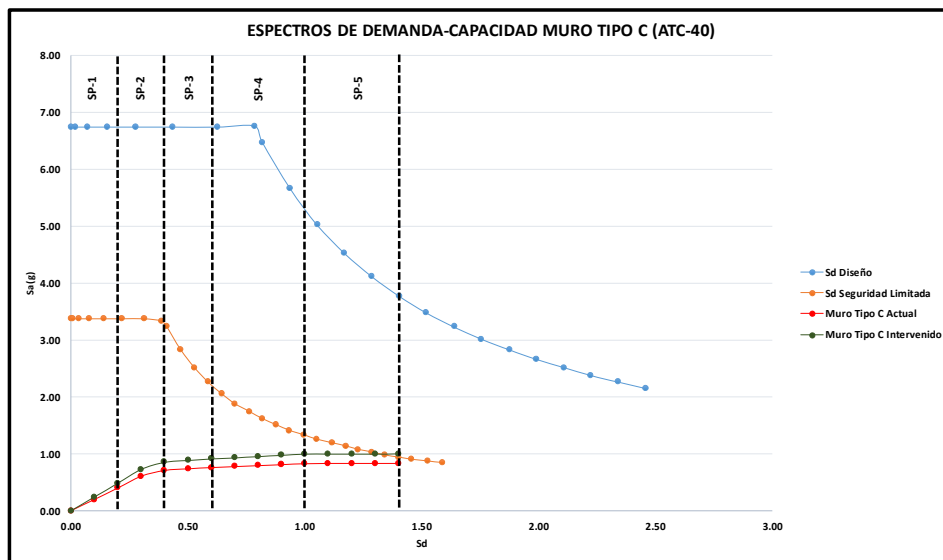
Figura 118. Paso 5 Análisis no lineal plástico muro tipo C

GRAFICAS CAPACIDAD DEMANDA DEL MURO C





Gráfica 28. Espectros de capacidad muro tipo C actual y muro tipo C intervenido



Gráfica 29. Espectros de demanda-capacidad muro tipo C

La gráfica muestra la demanda debido a un sismo equivalente, o sismo de diseño (S_d Diseño) y la demanda debido a un sismo reducido (S_d seguridad limitada) según la establece la NSR-10 en el capítulo A.10, el nivel de desempeño inicial del muro tipo C, de acuerdo al ATC-40 es de estabilidad estructural SP-5, lo cual no cumple con el requisito mínimo de seguridad limitada que exige la norma NSR-10, se requiere entonces intervenir el muro de tal manera que su capacidad aumente hasta lograr que su desempeño sea de seguridad limitada SP-4.

El muro tipo C por sus las características constructivas y los materiales que lo componen, presentan un capacidad rigidez pobre en relación a las otras tipologías de muros que componen la casa de tipología colonial.

Aun realizándole una intervención no se lograría llevarlo a seguridad limitada SP-4, por lo cual se hace necesario de acuerdo a las obras propias de intervención que están especificadas para esta tipología de casas realizar un reconstrucción de dicho muro.

SECUENCIA DEL ANÁLISIS NO LINEAL PLÁSTICO MURO TIPO D

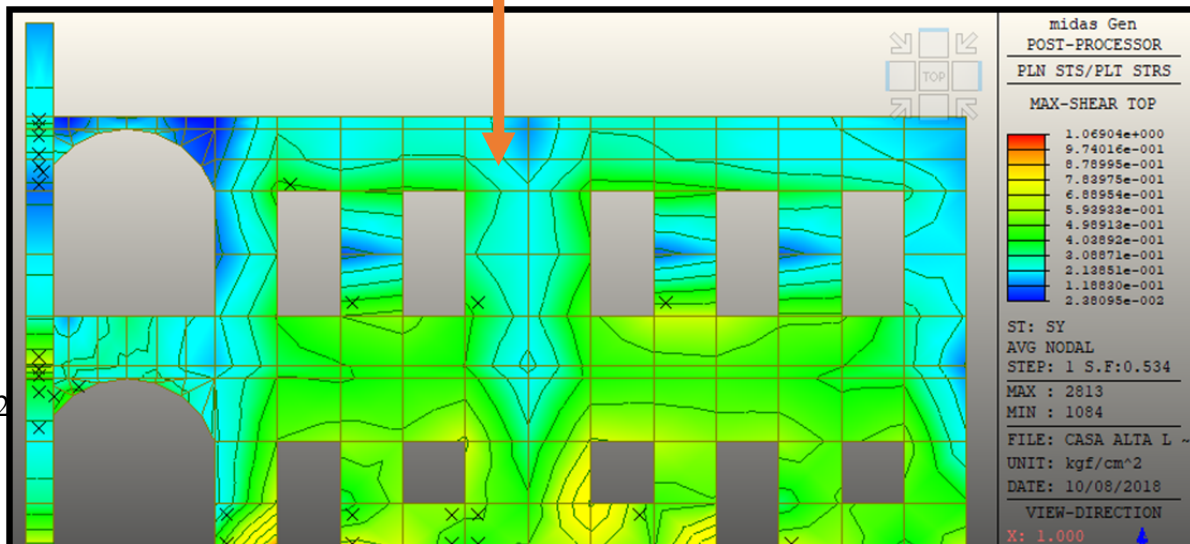
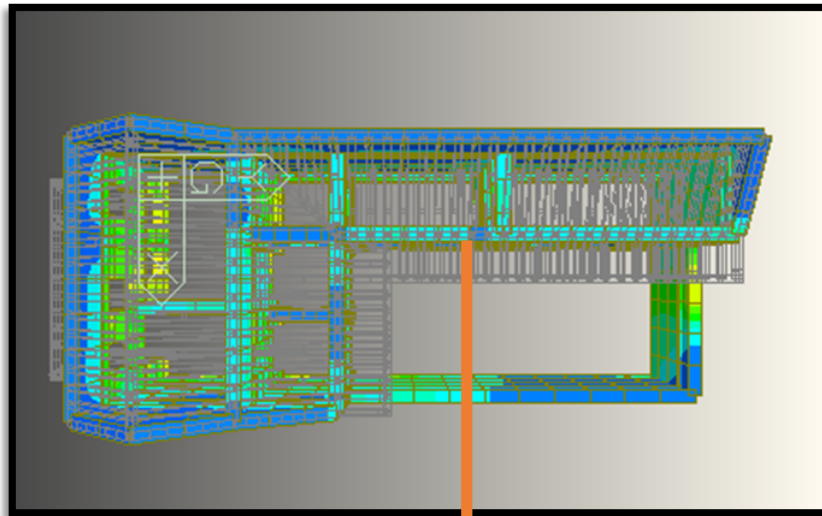


Figura 119. Paso 1 Análisis no lineal plástico muro tipo D

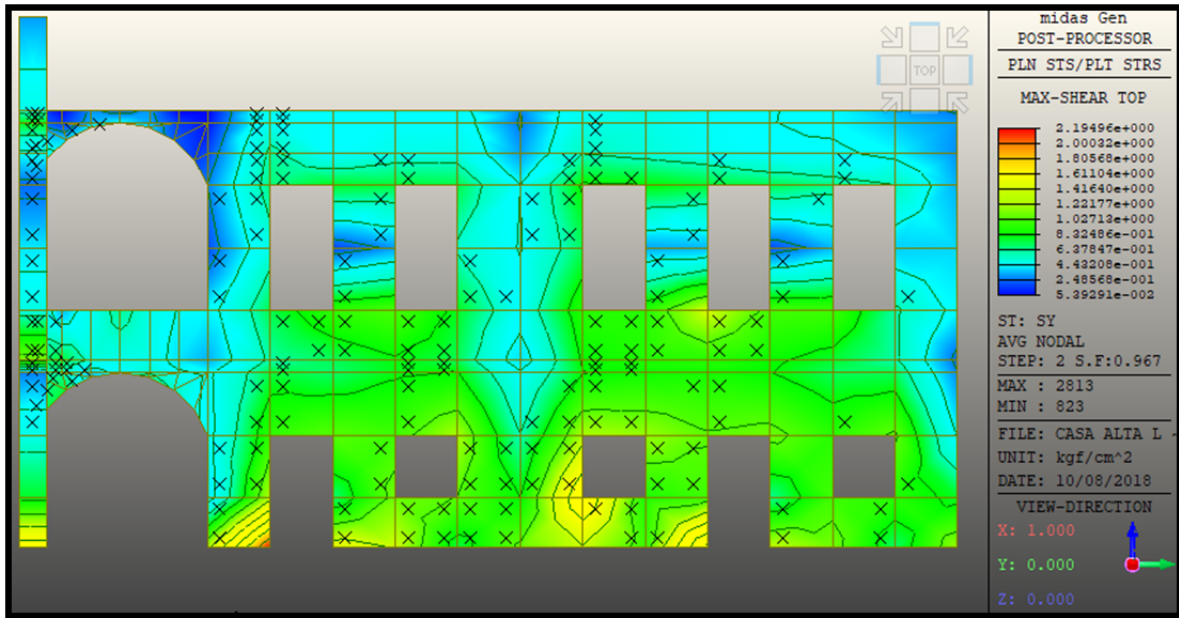


Figura 120. Paso 2 Análisis no lineal plástico muro tipo D

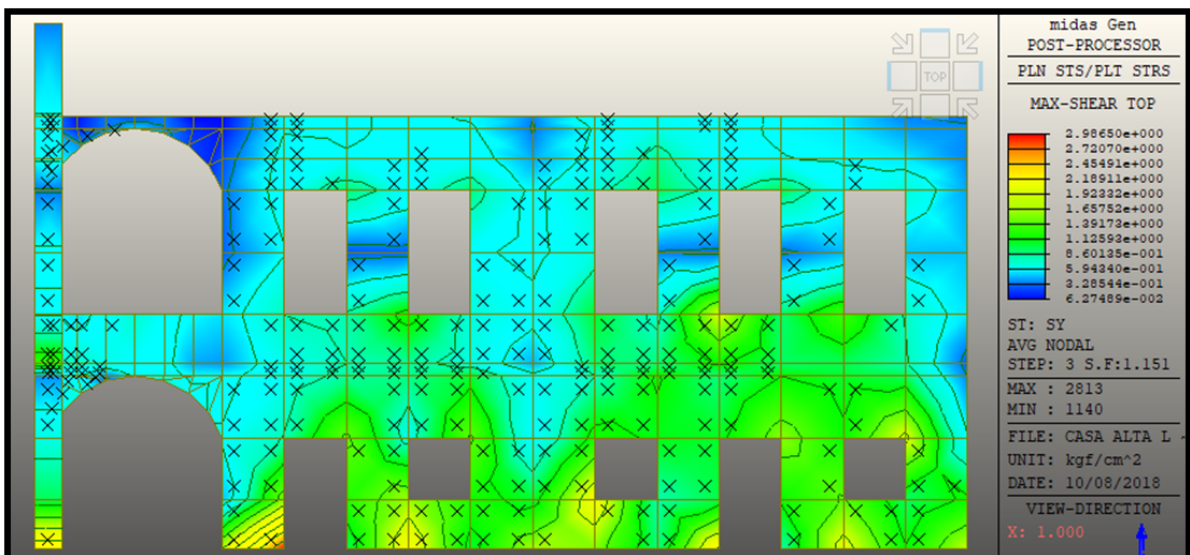


Figura 121. Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo C

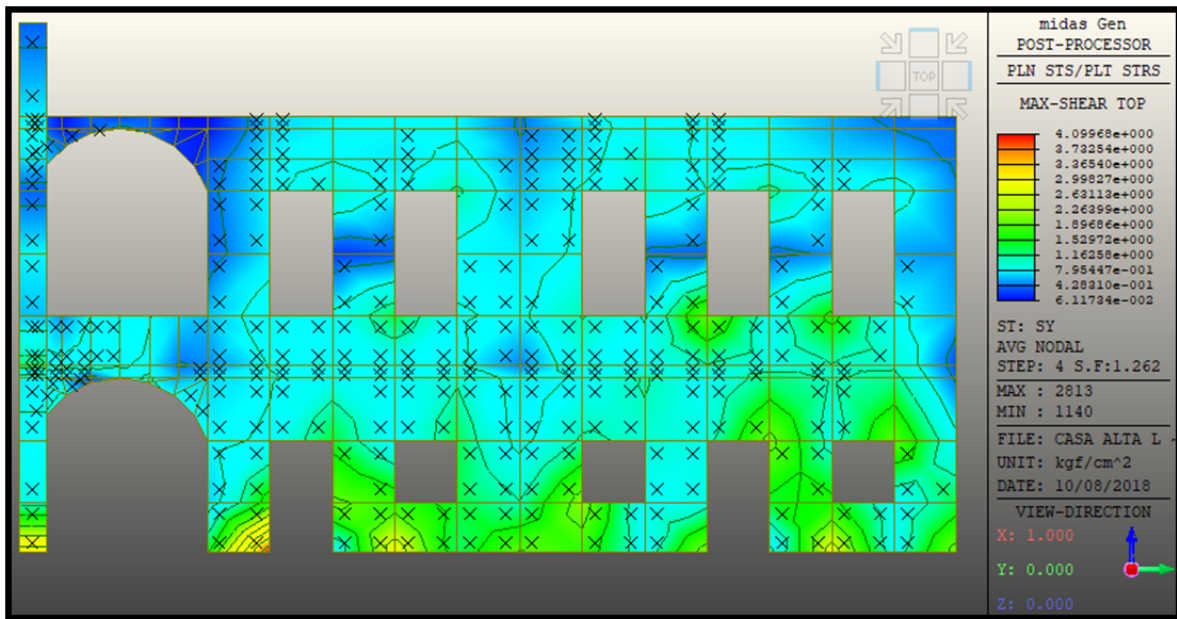


Figura 122. Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo D

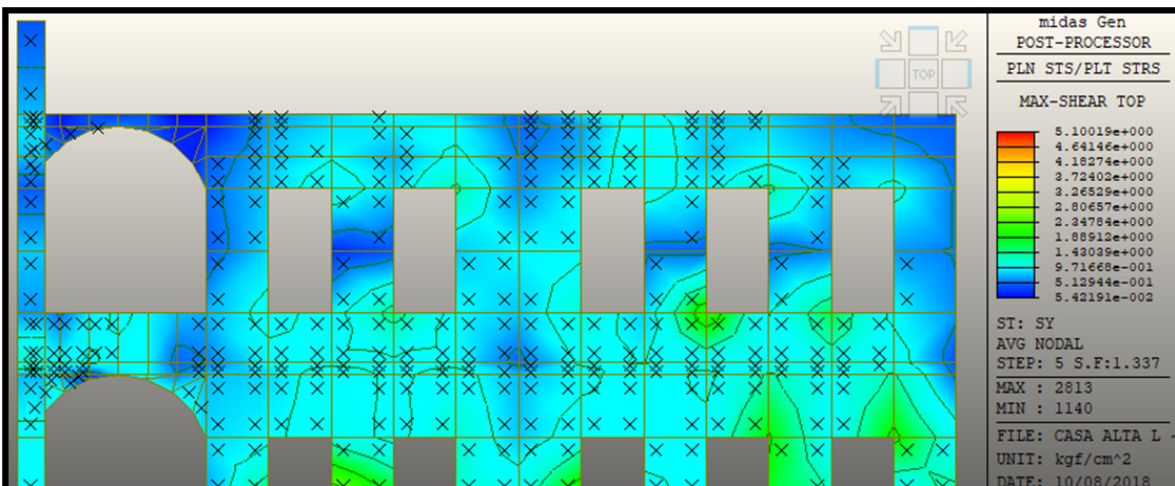
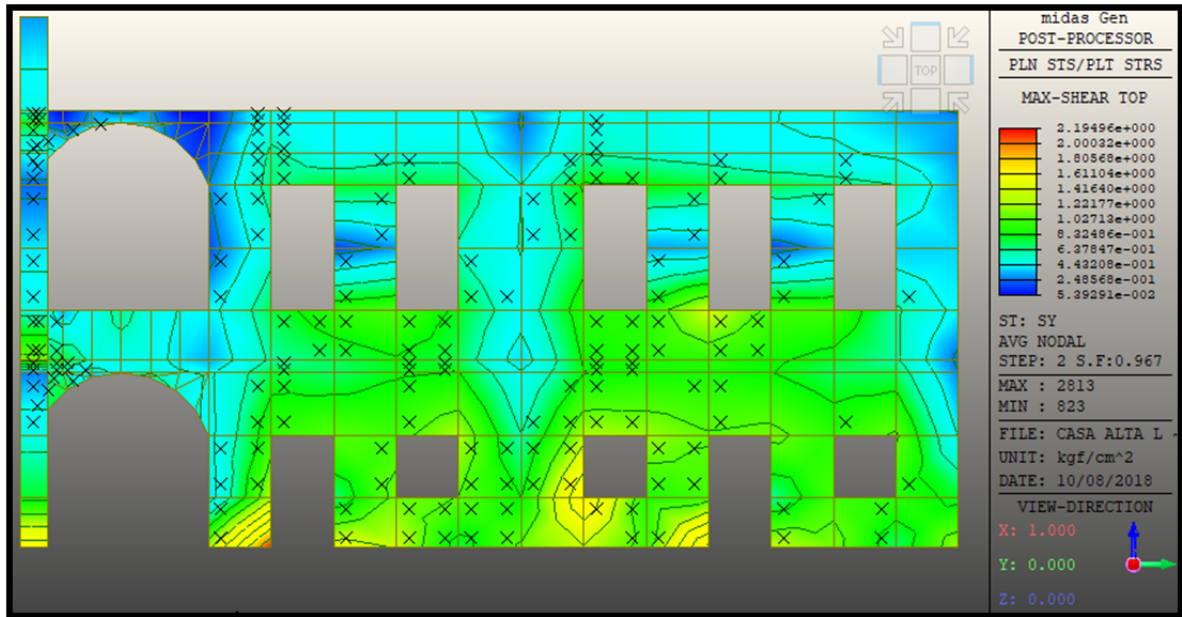
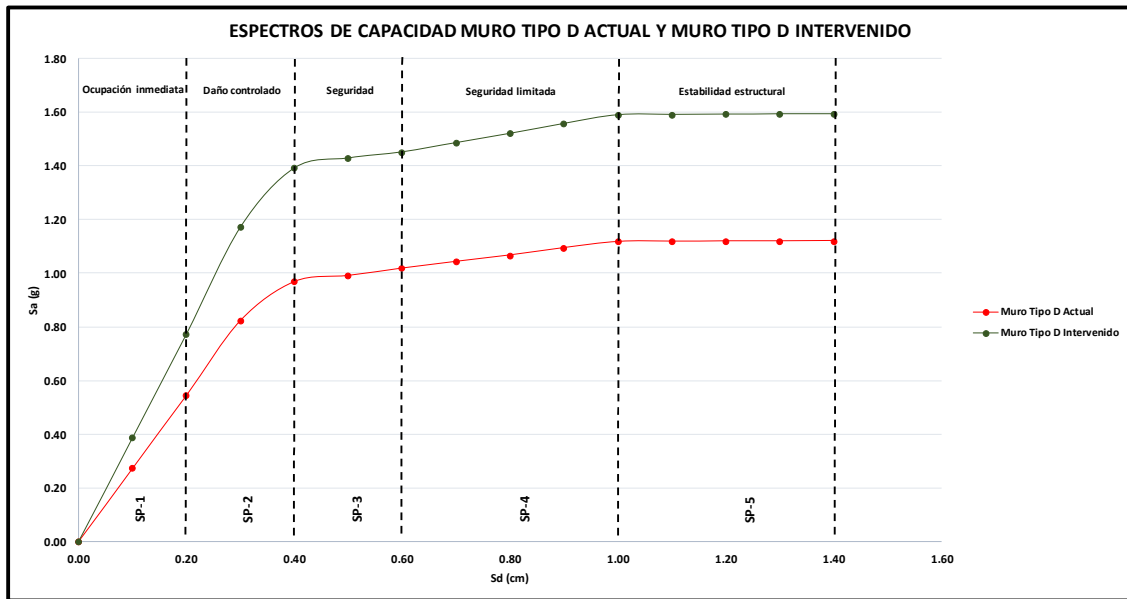


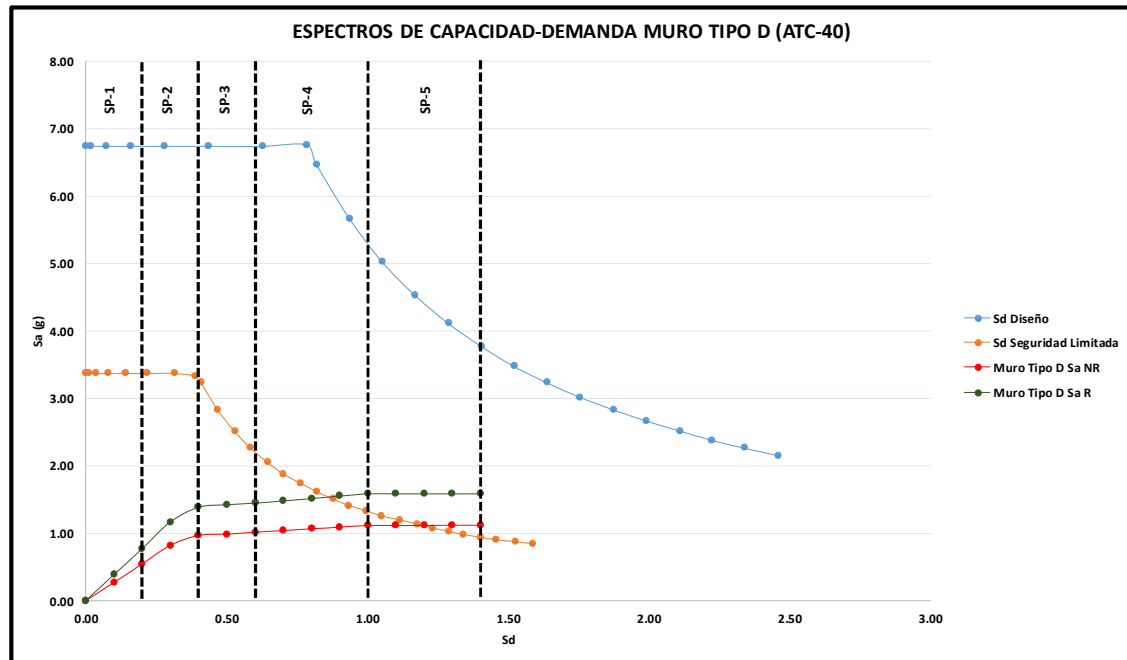
Figura 123. Paso 5 Análisis no lineal plástico muro tipo D

GRAFICAS CAPACIDAD DEMANDA DEL MURO D





Gráfica 30. Espectros de capacidad muro tipo D actual y muro tipo D intervenido

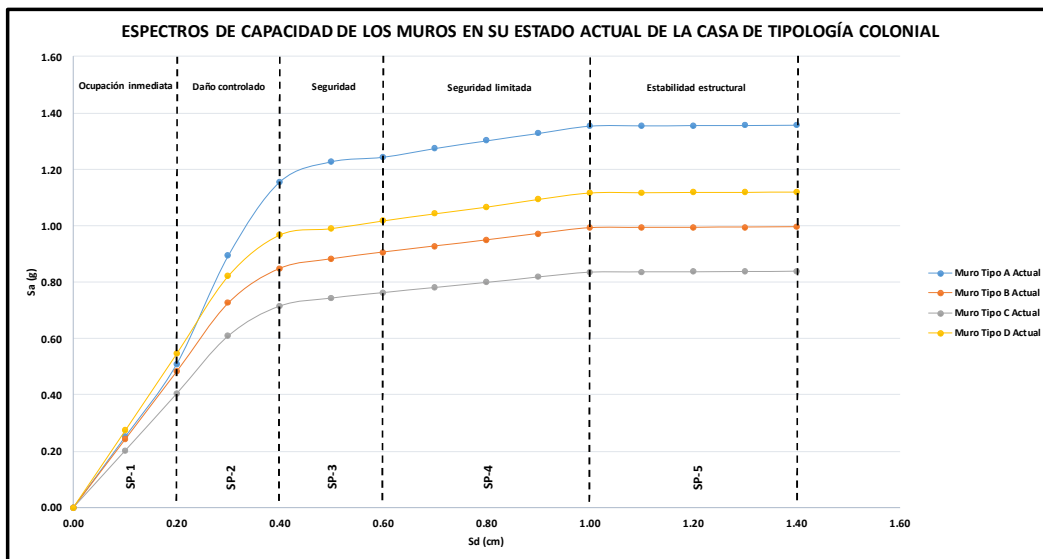


Gráfica 31. Espectros de demanda-capacidad muro tipo D

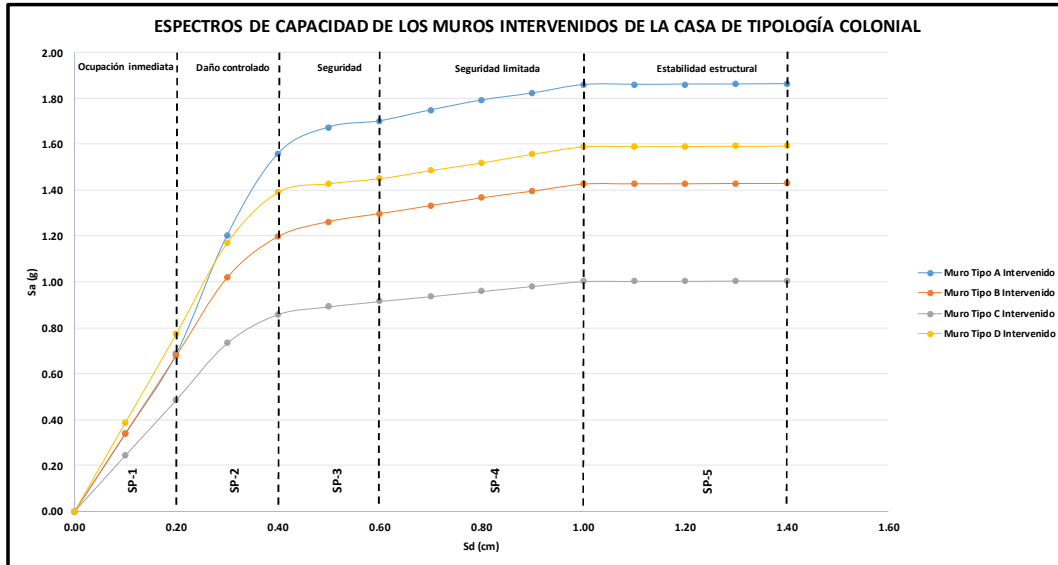
La gráfica muestra la demanda debido a un sismo equivalente, o sismo de diseño (Sd Diseño) y la demanda debido a un sismo reducido (Sd seguridad limitada) según la establece la NSR-10 en el capítulo A.10, el nivel de desempeño inicial del muro tipo B, de acuerdo al ATC-40 es de estabilidad estructural SP-5, lo cual no cumple con el requisito mínimo de seguridad limitada que 240

exige la norma NSR-10, se requiere entonces intervenir el muro de tal manera que su capacidad aumente hasta lograr que su desempeño sea de seguridad limitada SP-4.

REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LOS ESPECTROS DE CAPACIDAD DE LOS MUROS DE LA CASA DE TIPOLOGIA COLONIAL

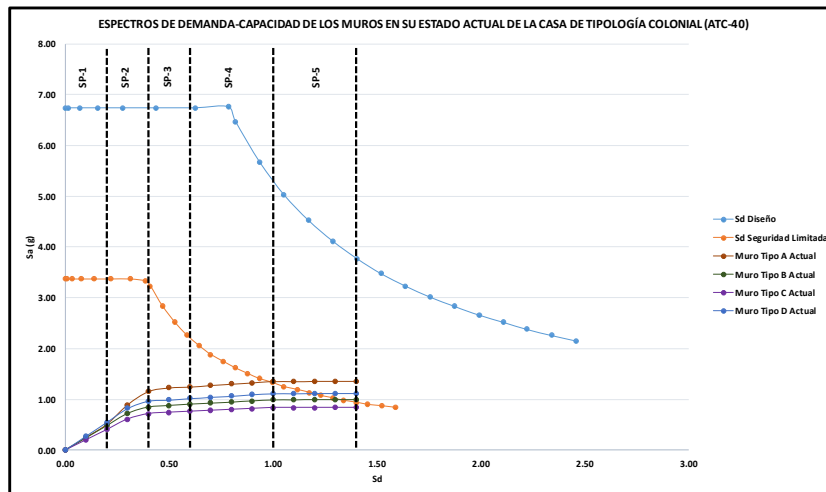


Gráfica 32. Espectros de capacidad de los muros en su estado actual de la casa de tipología colonial

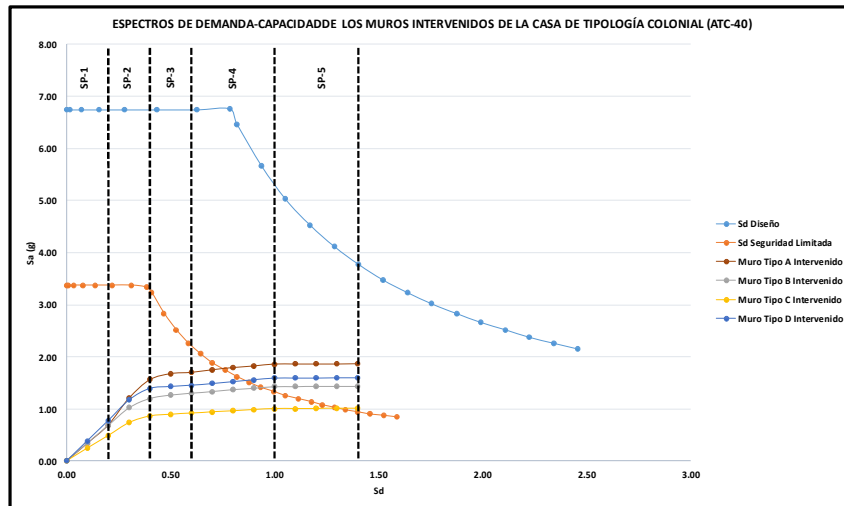


Gráfica 33. Espectros de capacidad de los muros intervenidos de la casa de tipología colonial

REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LOS ESPECTROS DE DEMANDA-CAPACIDAD DE LOS MUROS DE LA CASA DE TIPOLOGIA COLONIAL



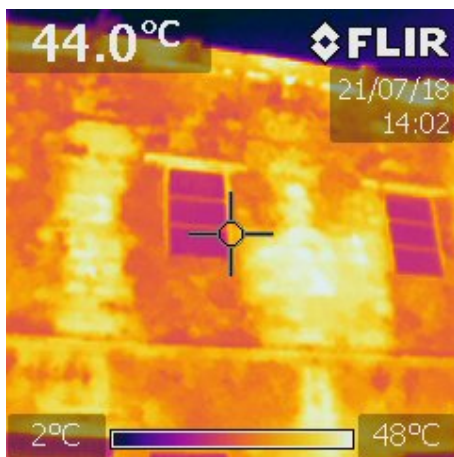
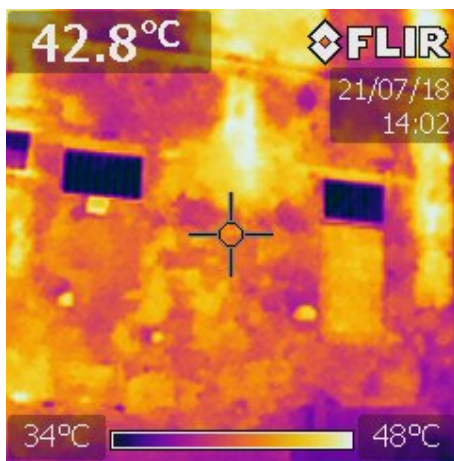
Gráfica 34. Espectros de demanda-capacidad de los muros en su estado actual de la casa de tipología colonial



Gráfica 35. Espectros de demanda-capacidad de los muros intervenidos de la casa de tipología colonial

El muro tipo C por sus las características constructivas y los materiales que lo componen, presentan un capacidad rigidez pobre en relación a las otras tipologías de muros que componen la casa de tipología colonial.

Aun realizándole una intervención no se lograría llevarlo a seguridad limitada SP-4, por lo cual se hace necesario de acuerdo a las obras propias de intervención que están especificadas para esta tipología de casas realizar un reconstrucción de dicho muro. Los demás muros pueden ser intervenidos de acuerdo al diseño y buen juicio del ingeniero estructural previo análisis a cada muro.



CASA COLONIAL

Fuente: Autor

LA TECNOLOGIA UNA VISTA AL PASADO

Las nuevas tecnologías nos permiten mediante ensayos no destructivos, en este caso equipos termógrafos identificar modificaciones arquitectónicas y estructurales realizadas en los elementos constitutivos de la casa, lo cual permite evidenciar lo acontecido en el tiempo y nos ayuda a reconstruir la historia.

Walberto Rivera Martínez, 2018

CAPITULO V

V.1 RESULTADOS

Los resultados de este trabajo investigativo provienen de un análisis historico-arquitectonico realizado a las casas de tipología colonial en Cartagena de Indias, de una evaluación patológica con el objeto de obtener los índices de integridad y de daños, así como la determinación de su nivel de desempeño, para aplicarlos a modelos matemáticos discretos por medios de métodos de análisis alternos a los que prescribe la NRS-10 para intervenir la edificación en busca de mejorar su nivel de seguridad.

- ❖ La evaluación de la vulnerabilidad cualitativa de las casas de tipología colonial en Cartagena de Indias, en virtud de su estado, estructuración, aspectos medioambientales y normatividad, partiendo de la evaluación de cada uno de sus espacios, determinando lesiones patológicas, intervenciones realizadas a través de los años, mecanismos de fallas y cambios de uso, arrojó como resultado que las casas presenta según la norma ATC-40 un nivel de desempeño esperado ante un evento sísmico definido así: Nivel de desempeño para la estructura de SP-5 Estabilidad Estructural, el cual corresponde a un estado de daño en el cual el sistema estructural estaría en el límite de experimentar un colapso parcial o total. Nivel de desempeño de los componentes no estructurales de NP-D Amenaza, el cual considera daños en los sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin colapso de los elementos grandes o pesados tal que pongan en peligro a grupos de personas.

Del estudio de vulnerabilidad cualitativa (**Ver Apéndice VIII.1.5**) de los diferentes sectores o barrios del centro histórico de Cartagena de Indias se obtuvieron los siguientes resultados:

Sector centro: Índice de vulnerabilidad medio de 31.58%.

Sector San Diego: Índice de vulnerabilidad alto de 40.33%.

Sector Getsemaní: Índice de vulnerabilidad alto de 43.59%.

Del estudio del Índice de vulnerabilidad cuantitativa (**ver Apéndice VIII.1.6**), los coeficientes de degradación de la rigidez por integridad de la estructura ϕ_i y por daños en la estructura ϕ_d fueron los siguientes:

Muros	ϕ_i	ϕ_d
A	0.74	0.8
B	0.73	0.72
C	0.69	0.67
D	0.73	0.72

Tabla 32. Índices de integridad y de daños

- ❖ Los aspectos arquitectónicos e ingenieriles de las casas de tipología colonial están íntimamente ligado a aspectos socioeconómicos de la época en que se desarrolló urbanísticamente la ciudad, la determinación de que materiales se utilizaron. La organización de los accesos a las casas y la distribución interior de las mismas, muestra una forma original el modo de convivencia de las personas que la habitaban con el entorno social de la época, anunciando en sus fachadas, no solo la posición socioeconómica sino la calidad de los materiales empleados para la construcción de la vivienda.

El diseño y construcción de la casa de tipología colonial Cartagenera fue prácticamente artesanal, comparando con el profesionalismo de la ingeniería y arquitectura que hoy en día se practica, pues la concesión era de acuerdo a las necesidades de sus dueños y su construcción era labor de carpinteros y alarifes, que trabajaban de acuerdo a la experiencia que les brindaba su arte.

- Como estrategias de intervención de las casas coloniales con el fin de asegurar su funcionalidad y estabilidad, preservando su valor historico-arquitectonico y evitando que la intervención en lo posible altere la arquitectura de la misma, se plantea utilizar materiales amigables, poco degradables y que brinden la seguridad estructural requerida:

Los muros en las zonas críticas con el propósito de aumentar su capacidad portante, rigidez y tracción en las caras externas con una malla estructural constituida en fibra de vidrio (FRCM), la cual en colaboración con moteros estructurales de alta resistencia permitirán mejorar la capacidad de rigidez y confinamiento de la mampostería, este reforzamiento deberá cumplir con las especificadores técnicas, características físicas y métodos de aplicación tal como se muestran en los planos de reforzamiento **Apéndice VIII.1.7**

Los entresijos mediante barras en fibra de vidrios (GFRP) con el objetivo de controlar esfuerzo y deformaciones debido a alas excitaciones sísmicas que puedan darse a lo largo de la vida útil de la estructura.

Las cubiertas mediante tensores en barras en fibras de vidrios (GFRP), los cuales se colocarán con el objetivo de controlar las deformaciones y esfuerzos en los muros causados por las fuerzas horisonantes que les transmiten éstas, y de esta manera controlar la falla por inclinación del plano de los muros que sustentan la cubierta, estos tensores se colocaran de acuerdo a los establecido en los planos anexos a este documento.

- Para minimizar la vulnerabilidad de las casas de tipología colonial en la ciudad de Cartagena a la luz del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 se establecen criterios de cambios y adiciones en el reglamento, para atender específicamente la problemática del patrimonio arquitectónico en estudio.

Los métodos de análisis que la NSR-10 prescribe en Capítulo A.3 ítem A.3.4 no son favorables aplicarlos para el analisis de la vulnerabilidad de las casas de tipología colonial, pues estos métodos fueron diseñados para ser aplicados por medio de la teoría de elasticidad a las estructuras de acero, concreto reforzado o mampostería estructural, condición que no cumplen las casas de tipología colonial y los resultados obtenidos no serían coherentes con el comportamiento sísmico de los materiales de su estructura, por ser muros frágiles que no poseen ductilidad.

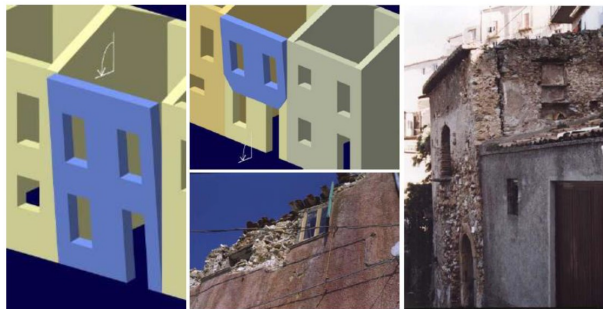
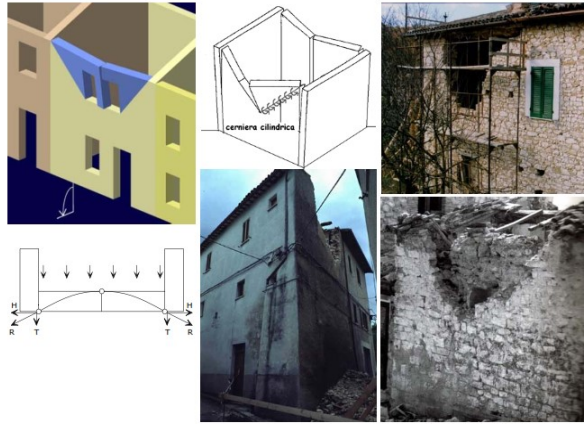
De los métodos que la NSR-10 prescribe en el Capítulo A.3, el método de análisis no lineal estático de plastificación progresiva del ítem A.3.4.2.4 debe ser combinado con métodos alternos como lo prescribe el ítem A.10.9.4 para la rehabilitación sísmica de estructuras, estos métodos nos permiten evaluar la estructura teniendo en cuenta criterios de desempeño, consistente con lo propuesto en el A.10.9.2.5 donde se permite que las edificaciones declaradas como patrimonio histórico, de conservación arquitectónica o de interés cultural puedan ser evaluadas para movimiento sísmicos de seguridad limitada, concordante éste con lo obtenido en la evaluación de la vulnerabilidad mediante la metodología del ATC-40.

- ❖ Basado en la puesta en valor del patrimonio arquitectónico se desarrolló una estrategia que integra la arquitectura de la casa con sus posibles problemas patológicos que a su vez se manifiestan en su comportamiento sísmico; para aplicar las técnicas de ingeniería actuales que permitan intervenir de manera amigable y llevar estructuralmente la estructuración de la casa de un nivel de desempeño SP-5 el cual corresponde a un estado de daño en el sistema estructural donde se podría experimentar un colapso parcial o total, con NP-D Amenaza nivel de desempeño de los componentes no estructurales el cual considera daños en los sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin colapso de los elementos

grandes o pesados tal que pongan en peligro a grupos de personas que en la combinación corresponde a un nivel de desempeño 5-D, a un nivel de desempeño de seguridad limitada SP-4, NP-C que en su combinación es 4-C.

ATC-40	Nivel de desempeño del espacio evaluado					
	SP-1	SP-2	SP-3	SP-4	SP-5	SP-6
NP-A	1 - A	2 - A	N - R	N - R	N - R	N - R
NP-B	1 - B	2 - B	3 - B	N - R	N - R	N - R
NP-C	1 - C	2 - C	3 - C	4 - C	5 - C	6 - C
NP-D	N - R	2 - D	3 - D	4 - D	5 - D	6 - D
NP-E	N - R	N - R	3 - E	4 - E	5 - E	No Aplicable

Tabla 33. Nivel de desempeño de espacio evaluado



MECANISMOS DE FALLA

Fuente: (Zuccaro & Papa, 2001)

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

EL reforzamiento estructural de la casa de tipología colonial está enfocado en reducir la vulnerabilidad de ésta, y la habilita para que sea capaz de soportar las cargas ya sea de la naturaleza o las debidas a su uso, de acuerdo a lo establecido en las reglamentaciones de Colombia.

Walberto Rivera Martínez, 2018

CAPITULO VI

VI.1 PROPUESTAS

A partir de los resultados de la investigación realizada, se hacen propuestas de intervención tendientes todas ellas a salvaguardar integralmente los inmuebles. Estas propuestas se complementan, y conjuntamente apuntan a la puesta en valor del patrimonio tangible e intangible de nuestra sociedad.

Se presentan propuestas desde las normativas y reglamentaciones vigentes; desde la academia para promover el fortalecimiento de los saberes y la puesta en valor del patrimonio y desde lo tecnológico proponiendo métodos de evaluación, técnicas y materiales para la intervención de la casa de tipología colonial.

Se proponen modificaciones y adiciones al reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, en lo referente a la calificación tipológica y evaluación del nivel de seguridad, teniendo en cuenta “evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento – capítulo A-10”.

Desde lo académico, se propone una cátedra que permita la divulgación de saberes interdisciplinarios, dirigida a historiadores, arquitectos e ingenieros, que de manera integral amplíen, afiancen y de respuesta a la conservación y preservación del patrimonio, y lo tecnológico.

VI.1.1 Propuesta al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, es la reglamentación que rige los diseños y revisión estructural de las edificaciones en todo el territorio nacional, dicha reglamentación con sus modificaciones no excede los 50 años a diferencia de las casas de tipología colonial que fueron construidas en el periodo de la colonial y en su momento no existía una reglamentación sino la necesidad de refugiarse de las inclemencias del clima de Cartagena, eso indica que aunque su concepción fue netamente residencial en la actualidad se le han dado otro tipo de uso, por lo cual se proponen las siguientes modificaciones al Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10 con respecto a su:

- Uso.
- Análisis estructural.
- Control de derivas.

➤ Procedimiento de evaluación.

Para lo cual se expone que:

En el capítulo A en el ítem A.2.5 numeral A.2.5.1.3 se modifique de la siguiente forma: A.2.5.1.3- Grupo II-Estructuras de ocupación especial se agregue un literal (g) que liste edificaciones declaradas como patrimonio histórico, de conservación arquitectónica.

En el ítem A.3.4 correspondiente a los métodos de análisis se incluya un numeral A.3.4.2.5 donde se especifique que la revisión estructural para las edificaciones declaradas como patrimonio histórico, de conservación arquitectónica se base en métodos basados en desempeño, tal como se describe en el ítem A.10.9.4.

En el ítem A.6.4 se modifique la tabla A.6.4-1 y se incluya las mampostería de las edificaciones de tipología colonial y se le coloque como control de derivas máximas un 0.4% ($\Delta_{\max}^i \leq 0.004 h_{pi}$) de acuerdo a estudios realizados a mamposterías de tipología histórica, que considera métodos basado en desempeño.

Modificar el ítem A.10.9.2.5 donde se enmarcan las edificaciones declaradas como patrimonio histórico, de conservación arquitectónica o de interés cultural, proponiendo que el nivel mínimo después de intervenida la edificación sea el de seguridad limitada.

Por la peculiaridad de las edificaciones coloniales se plantea el siguiente procedimiento de la evaluación de la intervención.

A.10.9.2.5.1 - PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA INTERVENCIÓN – En la aplicación del ítem debe seguirse las siguientes etapas:

INFORMACIÓN PRELIMINAR

Etapas 1: Debe verificarse que la intervención esté cubierta por el alcance dado en A.10.1.3

Etapas 2: Debe realizarse un estudio *histórico arquitectónico* donde se registre y estudie el origen, antecedentes, modificaciones, intervenciones importancia y característica tipológica de la edificación.

Etapas 3: Debe identificarse aspectos medio ambientales, geotécnicos y sísmicos para la evaluación de la estructura en estudio.

EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

Etapa 4: Debe evaluarse el estado del sistema estructural de la edificación mediante a: **(a)** Índice de Integridad del espacio ϕ_i **(b)** Índice de daños ϕ_d **(c)** nivel de desempeño de la edificación y **(d)** el estado de mantenimiento y conservación por medio de un *estudio patológico*, para determinar su vulnerabilidad cualitativa.

Etapa 5: Determinación de los coeficientes de reducción de la rigidez y del nivel de desempeño.

- La reducción de la rigidez de cada elemento o todos los elementos de la estructura, debe evaluarse como el producto del módulo de elasticidad E de la mampostería colonial, multiplicada por los coeficientes de reducción ϕ_i índice de integridad, ϕ_d índice de daños determinados mediante la metodología propuesta en el **Apéndice VIII 1.7**.

Índice de Integridad de la estructura ϕ_i : El valor del índice de integridad de la estructura dependerá de la *valoración visual* por afectación (Estabilidad, Seguridad, Funcionalidad y Aspecto) de la estructura en estudio, el valor obtenido es el promedio de cada área evaluada en una ficha de calificación y cuantificación de daños para evaluar la calidad de la estructura.

Índice de daños ϕ_d : El valor del índice de daño dependerá de la valoración obtenida del grado de lesión (leve, modera, avanzada y severa) en la *valoración visual* de cada elemento evaluado, el valor obtenido es el promedio de cada área evaluada en una ficha de calificación y cuantificación de daños para evaluar el estado de la estructura.

A los valores de ϕ_i y ϕ_d , se les asignará un valor dado en la tabla, el cual afectará el espesor de los muros para sí modificar su rigidez.

Valores de ϕ_i y ϕ_d			
	Bueno	Regular	Mala
ϕ_i y ϕ_d	1.00 – 0.80	0.79 – 0.60	0.59 – 0.40
	Nada	2% al 5%	6% al 10%

Tabla 34. Valores de los índices de integridad y de daños

- El Nivel de desempeño se determinará mediante la evaluación cualitativa de los posibles mecanismos de falla e integridad estructural de la edificación y de sus componentes.

Etapa 6: Deben determinarse unas sollicitaciones equivalentes de acuerdo con los requisitos de A.10.4.2.2.

Etapa 7: Debe llevarse a cabo un análisis no lineal con material plástico de la estructura basado en métodos de desempeño para las solicitaciones equivalentes definidas en la Etapa 4.

Etapa 8: El nivel de seguridad de la estructura debe determinarse mediante los espectros de demanda-capacidad.

Etapa 9: El nivel de seguridad de la estructura deberá ser como mínimo el de seguridad limitada, para lo cual sino se cumple deberá ser intervenida.

VI.1.2 Propuesta de intervención para la preservación y conservación.

Con el objeto de salvaguardar la arquitectura de tipología colonial y el patrimonio que éste representa para la humanidad se propone en este documento realizar las intervenciones idóneas basadas en los niveles de intervención, tipos de obras permitidas en los niveles de intervención y en la propuesta de preservación que establece el PEMP en Cartagena de Indias.

El PEMP establece los siguientes niveles de intervención para las casas de tipología colonial en Cartagena.

- Nivel 1. Conservación integral
- Nivel 2. Conservación del tipo arquitectónico
- Nivel 3. Conservación contextual

Y los tipos de obras permitidas en los niveles de intervención son:

- Reparaciones locativas.
- Reforzamiento estructural.
- Rehabilitación o adecuación funcional.
- Restauración.
- Ampliación.
- Consolidación.
- Modificación.
- Reconstrucción.
- Reintegración.

- Adecuación.
- Liberación.
- Mantenimiento.
- Recuperación.

La propuesta de intervención que se está presenta va encaminada a que las casas de tipología colonial sean preservadas aplicando los niveles de intención y las obras permitidas en estos niveles de intervención que el PEMP exige para la casas del centro histórico de Cartagena de Indias.

Propuesta de intervención

Teniendo en cuenta los tipos de obras permitidas en los niveles de intervención, se presenta para cada una de ellas la propuesta de intervención según lo establecido en el PEMP:

- ❖ Reparaciones locativas: Mantenimiento al inmueble en las debidas condiciones de higiene y ornato sin afectar su materia original, su forma e integridad, su estructura portante, su distribución interior y sus características funcionales, ornamentales, estéticas, formales y/o volumétricas. Incluye obras de mantenimiento y reparación como limpieza, renovación de pintura, eliminación de goteras, remplazo de piezas en mal estado, obras de drenaje, control de humedades, contención de tierras, mejoramiento de materiales de pisos, cielorrasos, enchapes, y pintura en general. También incluye la sustitución, mejoramiento y/o ampliación de redes de instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, ventilación, contra incendio, de voz y datos y de gas.
- Rehabilitación o adecuación funcional: Se podrá o no adaptar un inmueble a un nuevo uso, garantizando la preservación de sus características. Permiten modernizar las instalaciones y optimizar y mejorar el uso de los espacios.
- Restauración: Recuperación y adaptación de un inmueble o parte de éste, con el fin de conservar y revelar sus valores estéticos, históricos y simbólicos. Respetando su integridad y autenticidad.
- Ampliación: Incremento del área construida de una edificación existente. Teniendo la claridad de cuáles son las áreas construidas existentes de la edificación que corresponde a la suma de las superficies de los pisos, excluyendo azoteas y áreas sin cubrir o techar.
- Consolidación: Fortalecimiento de una parte o de la totalidad del inmueble.
- Modificación: Varía el diseño arquitectónico o estructural de la edificación existente, sin incrementar su área construida.
- Reconstrucción: Varía el diseño arquitectónico o estructural de la edificación existente, sin incrementar su área construida, se podrá utilizar mampostería de cavidad rellena para la intervención de los muros.
- Reintegración: Se podrán restituir elementos que el inmueble haya perdido o que sean necesario reemplazar por su deterioro irreversible.
- Adecuación: Acondicionamiento de las áreas que conforman el inmueble, sin la alteración de su sistema estructural.

- Liberación: Retiro de adiciones o agregados que van en detrimento del inmueble ya que ocultan sus valores y características. El proceso de liberación de adiciones o agregados comprende las siguientes acciones:
1. Remoción de muros construidos en cualquier material, que subdividan espacios originales y que afecten sus características y proporciones.
 2. Demolición de cuerpos adosados a los volúmenes originales del inmueble, cuando se determine que éstos afectan sus valores culturales.
 3. Reapertura de vanos originales de ventanas, puertas, óculos, nichos, hornacinas, aljibes, pozos y otros.
 4. Retiro de elementos estructurales y no estructurales que afecten la estabilidad del inmueble.
 5. Supresión de elementos constructivos u ornamentales que distorsionen los valores culturales del inmueble. (Ministerio de Cultura, 2011, p. 36)

Reforzamiento estructural: Las intervenciones a la estructura de la casa de tipología colonial pueden ser de tipo local o global, dependiendo de la necesidad de la misma, para lo cual de acuerdo al análisis y cálculos realizados se proponen intervenir como puntos vulnerables los siguientes:

- ❖ Reforzamiento de muros en zonas críticas.
- ❖ Reforzamiento de entrepisos.
- ❖ Reforzamientos de cubiertas con tensores.

Reforzamiento de muros en zonas críticas: Se propone intervenir los muros en las zonas críticas con el propósito de aumentar su capacidad portante, rigidez y tracción en las caras externas con una malla estructural constituida en fibra de vidrio (FRCM), la cual en colaboración con moteros estructurales de alta resistencia nos permiten mejorar la capacidad de rigidez y confinamiento de la mampostería, este reforzamiento deberá cumplir con las especificaciones técnicas, características físicas y métodos de aplicación tal como se muestran en los planos de reforzamiento (**Ver Apéndice 1.7**).

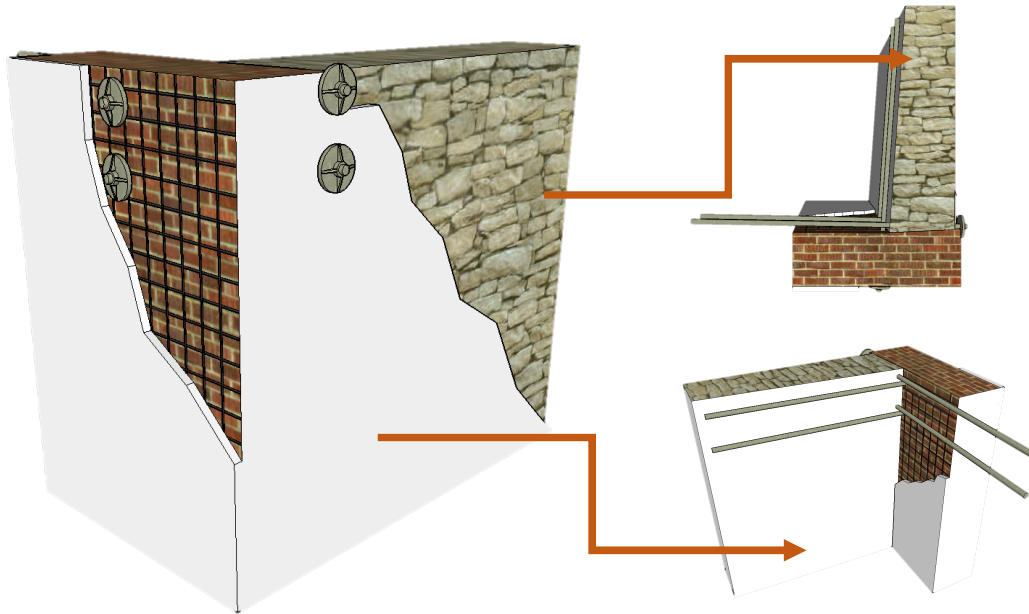


Figura 124. Reforzamiento del muro en zonas críticas

Reforzamiento de entrepisos: Se propone intervenir los entrepisos mediante barras en fibra de vidrios (GFRP) con el objetivo de controlar esfuerzo y deformaciones debido a las excitaciones sísmicas que puedan darse a lo largo de la vida útil de la estructura, (**Ver Apéndice 1.7**).

Reforzamiento de cubiertas en puntos críticos: Se propone intervenir las cubiertas mediante tensores en barras en fibras de vidrios (GFRP), los cuales se colocarán con el objetivo de controlar las deformaciones y esfuerzos en los muros causados por las fuerzas horizontales que les transmiten éstas, y de esta manera controlar la falla por inclinación del plano de los muros que sustentan la cubierta, estos tensores se colocaran de acuerdo a los establecido en los planos anexos a este documento, (**ver Apéndice 1.7**).

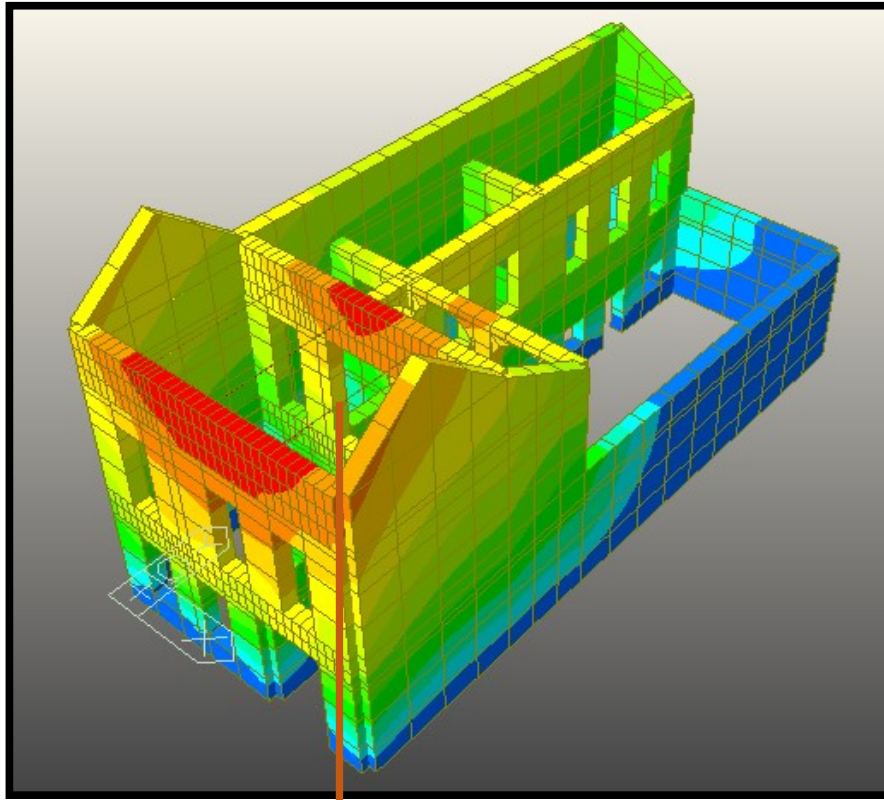
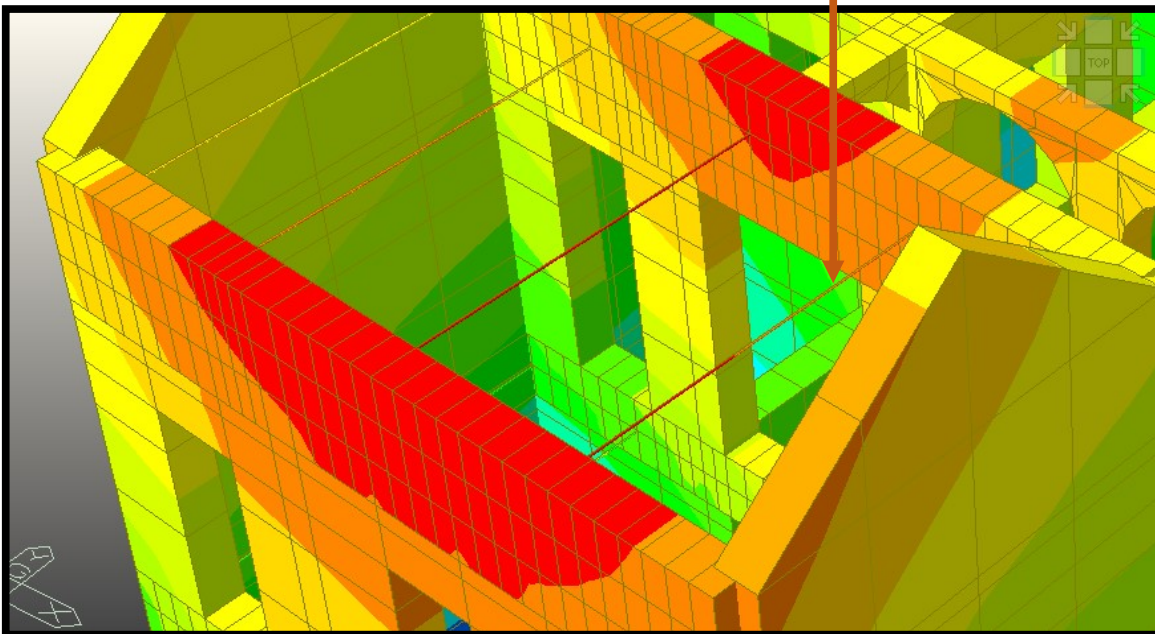


Figura 125. Vista isométrica Reforzamiento en cubierta



VI.1.3 Otras Propuestas

1. TÍTULO DE LA CATEDRA
Gestión y Conservación del Patrimonio Arquitectónico de Cartagena de Indias
2. PRESENTACIÓN DE LA CATEDRA
<p>La gestión y conservación del patrimonio, es una responsabilidad social que involucra distintos saberes. Con esta cátedra se busca identificar, rescatar y poner en valor el legado arquitectónico de Cartagena de Indias. Permite comprender como la ingeniería aporta mediante sus técnicas y tecnologías innovadoras herramientas para intervenir el patrimonio, teniendo en cuenta aspectos histórico-arquitectónicos, incluyendo la conservación y patología de las construcciones coloniales. Lo anterior contextualizado en un marco legal internacional y nacional, poniéndose así de este modo la ciencia al servicio de la humanidad.</p>
3. OBJETIVO
<p>Desarrollar en los estudiantes una visión integral con criterios de identificación, valoración, protección y gestión del patrimonio arquitectónico de la ciudad de Cartagena, que permita generar sostenibilidad a través del conocimiento teórico- legal y de herramientas necesarias para conservar y preservar las construcciones de tipología colonial, al mismo tiempo que identifique las técnicas innovadoras de intervención y restauración propuestas para este tipo de edificaciones.</p>
4. COMPETENCIAS
<p>4.1 Competencia del conocer:</p> <p>Identifica e interpreta los conceptos básicos sobre el origen historiográfico, la tipología, las intervenciones ocurridas, el estado y conservación, aspectos legales, parámetros medioambientales, estructuración y propiedades de los materiales, análisis y revisión de la edificación, intervención y propuesta para conservación y preservación de la construcción de tipología colonial en Cartagena de Indias.</p> <p>4.2 Competencias del hacer:</p> <p>Gestiona la conservación del Patrimonio Arquitectónico de la ciudad de Cartagena mediante el desarrollo de una visión integral y de estrategias innovadoras que permita preservar las construcciones de tipología colonial en la ciudad de Cartagena.</p> <p>4.3 Competencias del Ser:</p> <p>Valora y protege el patrimonio arquitectónico de la ciudad de Cartagena, que permita a través del conocimiento de bases teórico- legales y de herramientas necesarias para conservar y preservar las construcciones de tipología colonial.</p>

5.EJES TEMÁTICOS	
5.1 MÓDULO INTRODUCTORIO: CONCEPTOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Concepto de Patrimonio categorías. ✓ Patrimonio edificado, sitios, paisajes culturales ✓ Patrimonio inmaterial. ✓ Patrimonio mundial /Unesco, Iconos, y patrimonio nacional. ✓ Concepto de Conservación. ✓ Conservación Integral. ✓ Conservación de tipo Arquitectónico. ✓ Conservación Contextual.
5.2 MÓDULO 1. HISTORIA Y ARQUITECTURA DE LA CASA DE TIPOLOGÍA COLONIAL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Arquitectura colonial. ✓ Contextualización artística, histórica y cultural del patrimonio arquitectónico del periodo colonial ✓ Historia y orígenes de la casa Colonial en Cartagena de Indias. ✓ La arquitectura doméstica en Cartagena de Indias. ✓ Tipología de las edificaciones. ✓ Materiales utilizados en la arquitectura cartagenera desde el Siglo XIX al XX. ✓ Técnicas constructivas.
5.3 MÓDULO 2. ASPECTOS LEGALES SOBRE LA GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Legislación y Normas / Legislación Colombiana sobre conservación del patrimonio / Alcance de las cartas, declaratorias y convenciones. ✓ Plan de Ordenamiento Territorial para Cartagena, POT. ✓ Planes Especiales de Manejo y Protección de Cartagena, PEMP. ✓ Instituto de Patrimonio y Cultura de Cartagena, Control Urbano y el Comité de Patrimonio del Distrito, IPCC. ✓ Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. ✓ Marco legal internacional, Cartas, declaratorias y convenciones, UNESCO, ICOMOS.
5.4 MÓDULO 3. CONSERVACIÓN Y PATOLOGÍA DE LA CASA DE TIPOLOGÍA COLONIAL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Parámetros geomorfológicos y ambientales. ✓ Caracterización geotécnica del subsuelo del centro histórico de Cartagena de Indias. ✓ Variables climatológicas de Cartagena de Indias. ✓ Patología de la casa de tipología colonial. ✓ Mecanismos de fallas en edificaciones coloniales.
5.5 MÓDULO 4. INGENIERÍA DE LA CASA DE TIPOLOGÍA COLONIAL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reseña sismológica en Cartagena de Indias. ✓ Vulnerabilidad estática y sísmica de las edificaciones. Ingeniería de materiales, cálculo, análisis, diseño, revisión estructural de edificaciones. ✓ El Reglamento NSR-10 y la casa de tipología colonial en Cartagena de Indias. ✓ Propuesta de procedimiento de análisis y revisión para las edificaciones declaradas patrimonio o de interés cultural, de acuerdo con la NSR-10.

<p>5.6 MÓDULO 5.</p> <p>PROPUESTA DE INTERVENCIÓN PARA LA CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA CASA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Propuesta al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. ✓ Propuesta de intervención de la edificación para su preservación estructural ✓ Propuesta de técnicas y materiales amigables con el medio ambiente para el reforzamiento
<p>5.7 MÓDULO 6</p> <p>GESTIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO DE CARTAGENA DE INDIAS.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conceptualización sobre Gestión del Patrimonio Arquitectónico. ✓ Estrategias de preservación, conservación, valoración y recuperación del patrimonio arquitectónico. ✓ El Patrimonio arquitectónico como proceso sustentable en el desarrollo local y nacional. ✓ Modelos de gestión para la conservación del patrimonio arquitectónico.

6. METODOLOGÍA.

Esta catedra se estructura en 6 módulos temáticos y se propone desarrollar en un formato de educación presencial, promoviendo la interacción de los estudiantes y profesores.

Las clases se dividen principalmente en dos tipos:

Clases Teóricas: A través de exposiciones orales de contenidos por parte de cada relator, apoyados con la presentación de power point. Estas clases se realizarán en base a estudios por métodos de estudios de casos y proyectos.

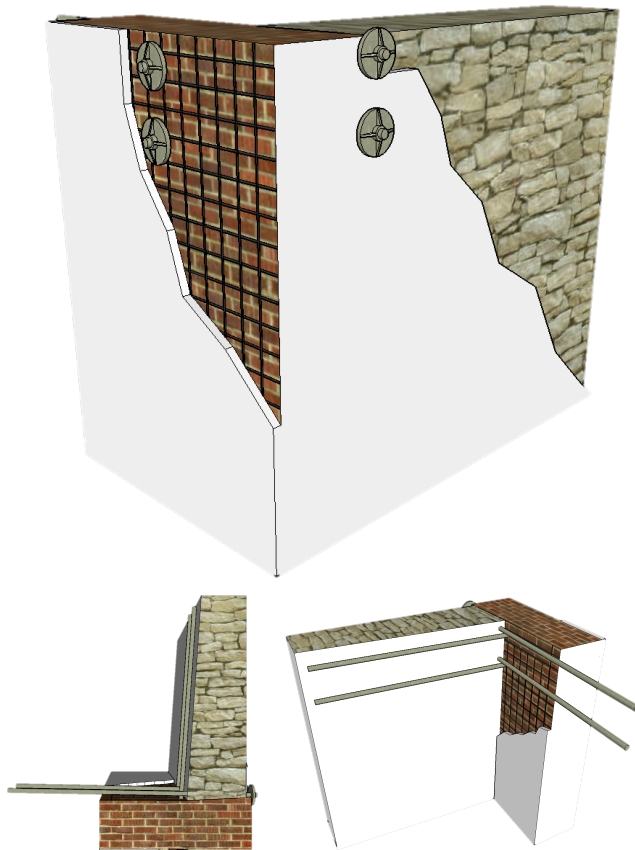
Clases Prácticas: A través de ejercicios prácticos sobre los temas expuestos, en los cuales se incentiva la participación de los alumnos con casos concretos para aplicar los conocimientos adquiridos en clase.

Además, para complementar los conocimientos adquiridos durante cada encuentro, se propone realizar mesas de debate al final de cada módulo, a cargo de los docentes y en los cuales el estudiante participa activamente; allí se presentarán estudio de caso, se realizará una mesa de preguntas y cuando el modulo lo requiera se usarán bases de datos y software especializado para desarrollar ejercicios prácticos.

De igual forma, se realizará un trabajo grupal final, que integre los conocimientos adquiridos para el manejo y gestión para la Conservación del Patrimonio Arquitectónico de Cartagena de Indias, Este trabajo será desarrollado por los estudiantes con base en los aspectos teóricos (análisis de

<p>casos) y prácticos que reciban en los encuentros. La presentación de dicho trabajo se llevará a cabo a través de la exposición de cada grupo ante la totalidad de los alumnos.</p>
<p>7. EVALUACIÓN</p>
<p>La evaluación es un componente del proceso formativo que implica el recojo de información sobre los rendimientos y desempeños del estudiante, permitiendo el análisis para mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje.</p> <p>Se evalúa durante el desarrollo de los módulos:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Intervención en clase b) Asistencia c) Trabajo en equipo d) Exposiciones o socializaciones e) Control de lectura <p>Al finalizar el desarrollo de los módulos, se evaluará las competencias adquiridas por el estudiante mediante la puesta en escena del trabajo grupal final.</p>
<p>8. BIBLIOGRAFÍA</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Colombiana, A. (s.f.). Arquitectura Colombiana. Obtenido de http://es.scribd.com/doc/137857257/Arquitectura-Colombiana-pdf. 2. Enciclopedia Broto, D. L. Patologías de la Construcción. 3. Franco, R. L. (18 de Diciembre de 2011). Cartagena 5 siglos de historia. EL UNIVERSAL. 4. Maria, A. (1995). El Clima, la Vivienda y el Espacio Público en Cartagena de Indias. Cartagena de indias: UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO, EDURBE. 5. Banco de la República. (s.f.). Modos y comstumbres de las colonias españolas http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/modosycostumbres/mvica/mvica04.htm. 6. Moreno, J. M. (2000). Arquitectura Doméstica en el Nuevo reino de Granada. Sevilla, España: Universidad Pablo de Olavide. 7. Moure, G. T. (1982). Repertorio Formal de Arquitectura Doméstica Cartagena de Indias - Época Colonial. Bogotá-Colombia: Corporación Nacional de Turismo. 8. Plá, M. D. Urbanismo y Poder en la Cartagena Indiana de Felipe II. 9. Revista Semana (2011). Cartagena Pregón de la Libertad Tomo I. Cartagena de Indias: Revista Semana. 10. Tempo, R. (1999). Familia y Vida Cotidiana en Cartagena de Indias Siglo XVIII. Rio de Janeiro: Revista Tempo. 11. Torres, J. C. (1988). La casa Colonial Cartagenera. Bogotá: El Ancora Editores.

Tabla 35. Catedra en gestión y conservación del patrimonio arquitectónico de Cartagena de Indias



INTERVENCIÓN DE LA CASA COLONIAL

Fuente: Autor

INTERVENCIÓN DE LA CASA DE TIPOLOGÍA COLONIAL

La conservación, consolidación y restauración del patrimonio arquitectónico de la época colonial en la ciudad de Cartagena encajado dentro del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, requiere de algo más que de un conjunto de requisitos técnicos legales, requiere de un enfoque multidisciplinario, ya que el valor y la autenticidad del patrimonio arquitectónico comprende y depende de aspectos legales y culturales.

Walberto Rivera Martínez, 2018

CAPITULO VII

VII.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Este estudio se fundamentó en desarrollar la propuesta integradora de saberes histórico – arquitectónicos, patológicas e ingenieriles en busca de la conservación y preservación de la casa de tipología colonial con el propósito de salvaguardar el patrimonio histórico y cultural en Cartagena de Indias.

Así pues, el aporte que se hizo abarcó la identificación de aspectos históricos, arquitectónicos e ingenieriles; la evaluación de la vulnerabilidad de la edificación en virtud de su estado, estructuración, aspectos medioambientales y normatividad; el planteamiento de criterios y procedimientos para evaluar y minimizar la vulnerabilidad de las casas a la luz del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Y la propuesta de estrategias de intervenciones con el fin de asegurar la funcionalidad y estabilidad de las casas preservando su valor histórico-arquitectónico.

Las conclusiones que resultan de esta investigación se conjugan en varias disciplinas dando como resultado las siguientes:

- ❖ Las casas de tipología colonial estudiadas cualitativamente presentan vulnerabilidad tal como se evidencia en el resultado de la evaluación mediante el método Índice de Vulnerabilidad, aplicado a cada uno de los sectores que conforman el centro histórico de Cartagena, coincidente con los resultados de la evaluación patológica individual propuesta en este estudio mediante la aplicación de la ficha para la obtención de los coeficientes de degradación de la estructura en la cual los resultados del índice de integridad, y el índice de daños, las ubican según el ATC-40 como una edificación de estabilidad estructural con un nivel de desempeño SP-5, el cual corresponde a un estado de daño en el sistema estructural donde se podría experimentar un colapso parcial o total, con NP-D Amenaza nivel de desempeño de los componentes no estructurales el cual considera daños en los sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin colapso de los elementos grandes o pesados tal que pondrían en peligro a grupos de personas que en la combinación corresponde a un nivel de desempeño 5-D.

Los resultados anteriores coinciden con los determinados mediante la aplicación de métodos enfocados en criterios de desempeño, en los cuales se determinó con las curvas de demanda-

capacidad que el nivel de daño en el que estaría la casa colonial ante un sismo de seguridad limitada está por fuera de lo estipulado en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

- ❖ La casa de tipología colonial mirada desde el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, requiere de un tratamiento especial y particular. El reglamento prescribe en el capítulo A.10 una metodología que se basa en criterios de resistencia, y dado a las características de los materiales y del comportamiento estructural que la conforman, el análisis de las casas requiere realizarse con métodos basados en criterios de desempeño, para lo cual se requiere de métodos de análisis en los cuales se tenga en cuenta la no linealidad de los materiales. propuesta que se hace en esta tesis modificando el reglamento en lo que respecta a la evaluación de las edificaciones declaradas como patrimonio histórico, de conservación arquitectónica o de interés cultural, ítem A.10.9.2.5

En este mismo aparte la NSR-10 considera pertinente el uso de un nivel de daño menor que el requerido para movimientos sísmicos de seguridad limitada, cuando el diseñador estructural y el propietario así lo estipulen. Este acuerdo desprotege la salvaguarda del patrimonio arquitectónico de acuerdo a las reglamentaciones internacionales patrimoniales.

- ❖ Así mismo en busca de la puesta en valor del patrimonio histórico arquitectónico y cultural se hace necesario la implementación de una cátedra como la aquí propuesta para abordar integralmente la gestión y conservación del patrimonio arquitectónico de Cartagena de Indias.
- ❖ Finalmente, manifiesto que la conservación, consolidación y restauración del patrimonio arquitectónico de la época colonial en la ciudad de Cartagena encajado dentro del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, requiere de algo más que de un conjunto de requisitos técnicos legales, requiere de un enfoque multidisciplinario que integre la historia, la arquitectura, la patología, y la ingeniería para proponer intervenciones coherentes que no discrepen con el valor y la autenticidad del patrimonio arquitectónico.

RECOMENDACIONES

- ❖ El adecuado mantenimiento de las cubiertas y los entrepisos, como la conservación de la estructura muraria de la casa de tipología colonial minimiza el riesgo de afectaciones por mecanismos de fallas debido a las cargas gravitacionales. Referidos a las cargas dinámicas se recomienda el uso de tensores y reforzamiento en los puntos críticos para preservar el comportamiento estructural de la edificación, dentro de un nivel de daño estipulado por la NSR-10.
- ❖ El patrimonio histórico, de conservación arquitectónica o de interés cultural, merecen de un aparte o título en la norma sismo resistente NSR-10 donde se consideren especificaciones y parámetros que permitan evaluar cualitativa y cuantitativamente la estructura, a partir de métodos de diseños basados en desempeño, en los cuales se evalué la capacidad y la demanda para determinar el estado o nivel de daño.



FACHADA CASA COLONIAL

Fuente: Autor

LA DESINTERIORIZACIÓN DE LA ARQUITECTURA

La vivienda urbana parte de un patrón de absoluta interiorización, a finales del siglo XVI hacia distintas fases de desinteriorización, estableciendo relaciones cada vez más claras con el espacio exterior. Aunque las casas seguirán teniendo un volcamiento sobre el patio, o los patios interiores, la decoración de las portadas es cada vez más profusa y las ventanas, originalmente muy cerrada, se convirtieron en ventanales con bancas adosadas, en balcones sueltos o en balcones corridos (corredores exteriores), a la manera de palcos, de puestos de observación del espectáculo. (Arango, 1993)

CAPITULO VIII

VIII.1 APENDICES

VIII. 1.1 Fotografías casas del centro histórico de Cartagena



Apéndice i: Casa Colonial Baja con ventanas de reja y portada mediana.



Apéndice ii: Casa Colonial Baja con ventanas de panza y portada mediana.



Apéndice iii: Casa Colonial Baja con ventanas de reja y portada grande.



Apéndice iv: Casa Colonial Alta con balcón de tribuna, balcón cubierto de dos módulos y ventanas de reja.



Apéndice v: Casa Colonial Alta con balcón cubierto de tres y dos módulos con ventanas de reja y portada grande.



Apéndice vi: Casa Colonial Alta con balcón cubierto de cuatro módulos, balcón de tribuna y portadas grandes.



Apéndice vii: Casa Colonial Alta con balcón cubierto de seis módulos, balcón de tribuna, portadas grandes y portadas medianas.



Apéndice viii: Casa Colonial Alta con balcón cubierto de esquina de dos módulos en cada cara, portadas rinconadas pequeñas, ventanas de reja y ventanas de caja.



Apéndice ix: Casa Colonial Alta con balcón cubierto de esquina de tres módulos en cada cara, portadas rinconadas pequeñas, ventanas de reja y portada mediana.

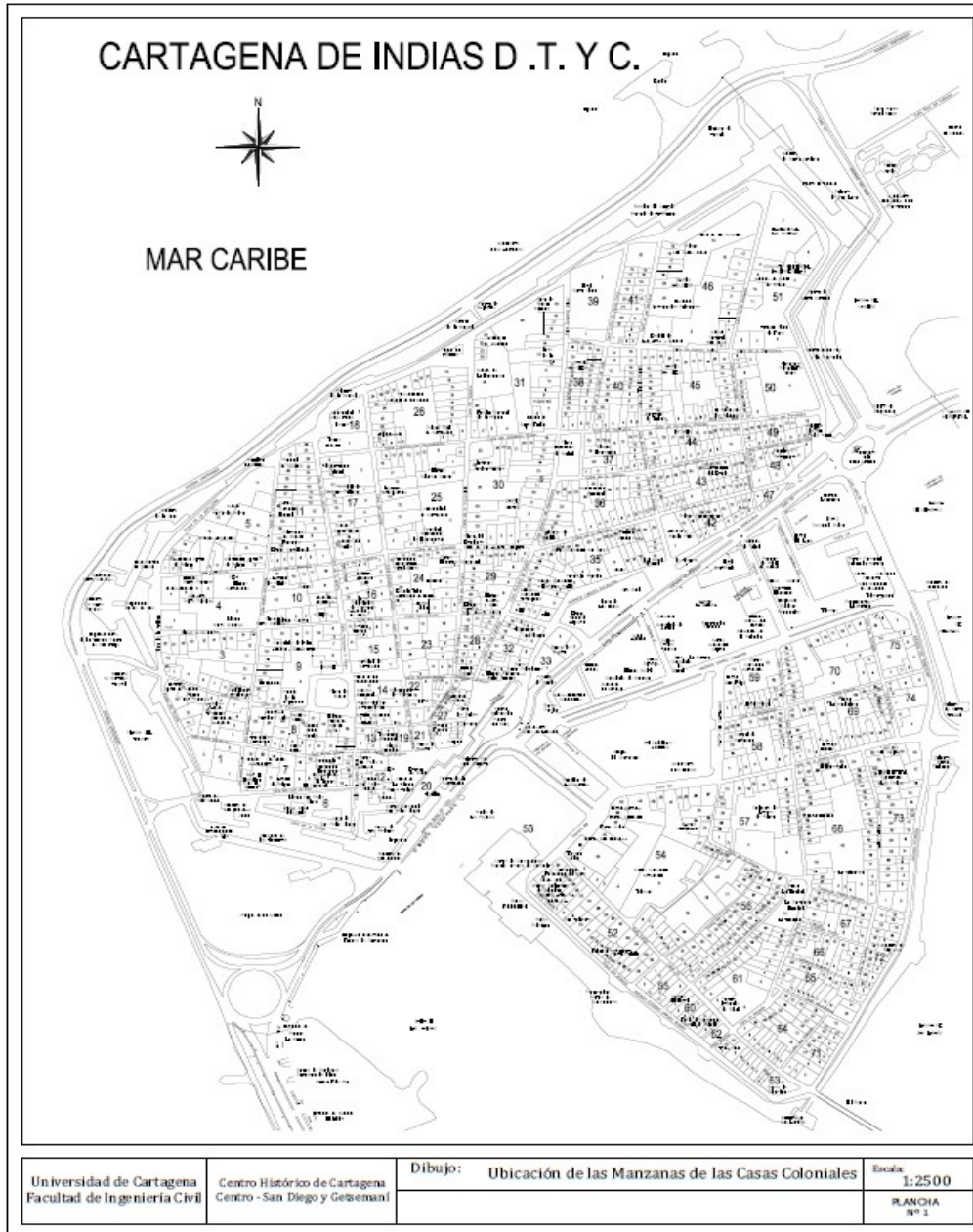


Apéndice x: Casa Colonial Alta con balcón cubierto de esquina de cuatro módulos en cada cara, balcón de tribuna, portadas rinconadas pequeñas y ventanas de reja.



Apéndice xi: Casa Colonial Alta con balcón cubierto de esquina de cinco módulos en cada cara, portadas rinconadas grandes, ventanas de reja.

VIII.1.2 Planimetría del centro histórico de Cartagena



Apéndice xii: Plano Centro Histórico de Cartagena de Indias.
 (Caracterización de las Patologías Recurrentes en las Fachas de las Viviendas de Tipología Colonial en el Centro Histórico de Cartagena de Indias)

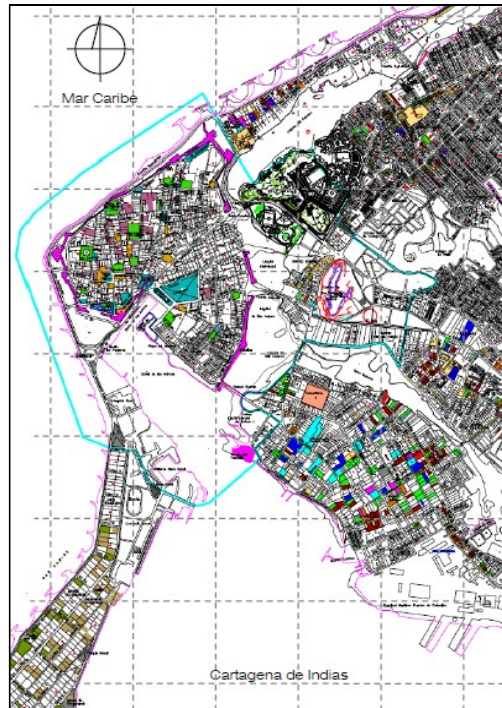
VIII.1.3 Estudio histórico y arquitectónico de una casa colonial en Cartagena de Indias.

El estudio histórico-arquitectónico nos permite entender la concepción y la importancia de la casa, las habilidades y técnicas utilizadas en su construcción, los cambios que se hayan producido tanto en la estructura como en su entorno y finalmente los sucesos que puedan haber causado algún cambio a través del tiempo y evaluación se podrá realizar de la siguiente manera:

VIII.1.3.1 Localización

VIII.1.3.1.1 Localización general

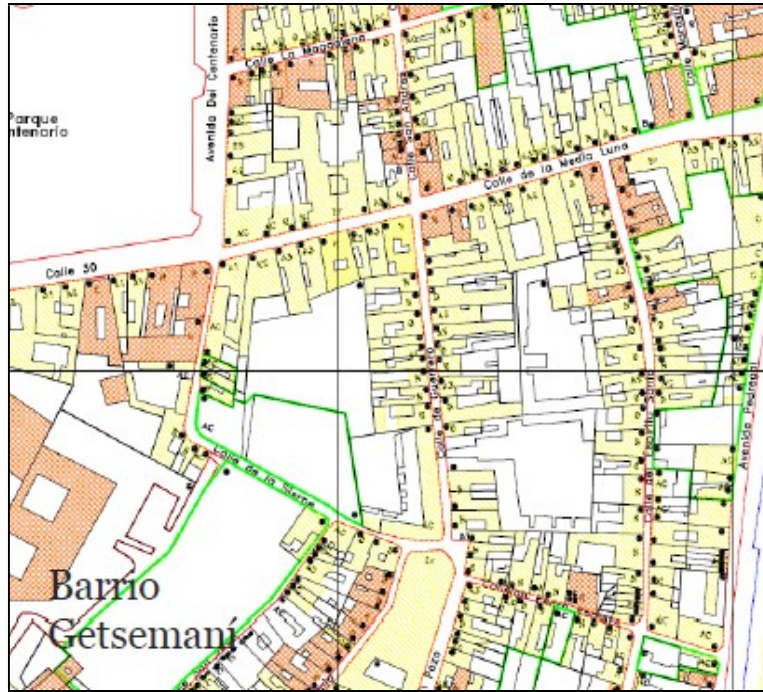
El inmueble objeto de este estudio está localizado en el Centro Histórico de la Ciudad de Cartagena de Indias, en el Barrio Getsemaní, Calle 30 # 9-36, 9 – 38 y 9-40, según nomenclatura urbana actual. Y referenciado según Plano del Reglamento del Patrimonio Inmueble de Cartagena de Indias en la Manzana 134, Predio N°08.



Apéndice xiii: Localización general

VIII.1.3.1.2 Descripción del sector

El conjunto urbano la Isla de San Francisco Barrio Getsemaní la conforman 22 manzanas irregulares y se completa con la presencia de plazas igualmente regulares y calles de proporciones estrechas propias de la concepción urbana de la época. Es un sector donde el uso predominante es el residencial y comercial destacando la existencia de hospedajes, viviendas y comercio variado, los cuales dan a la zona un permanente movimiento vehicular y peatonal.



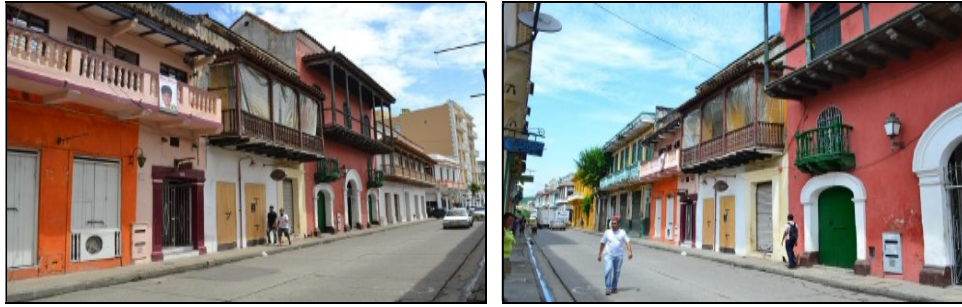
Apéndice i: Uso del suelo del sector



VIII.1.3.1.3 Perfil urbano

El perfil urbano de la zona es homogéneo dado al uso al que se destinaron desde sus inicios. Las variaciones representativas en este perfil lo constituyen los emplazamientos de construcciones de carácter religioso, las cuales, siendo predios puntuales, destacan por su forma, textura y ubicación con sus preámbulos de pequeñas plazas.

Brotan en el sector construcciones modernas, que datando de las primeras décadas del siglo XX, no rompen la uniformidad y se encuentran debidamente integradas al paisaje urbano sin producir mayor impacto.



Apéndice xv: Edificaciones del Centro Histórico

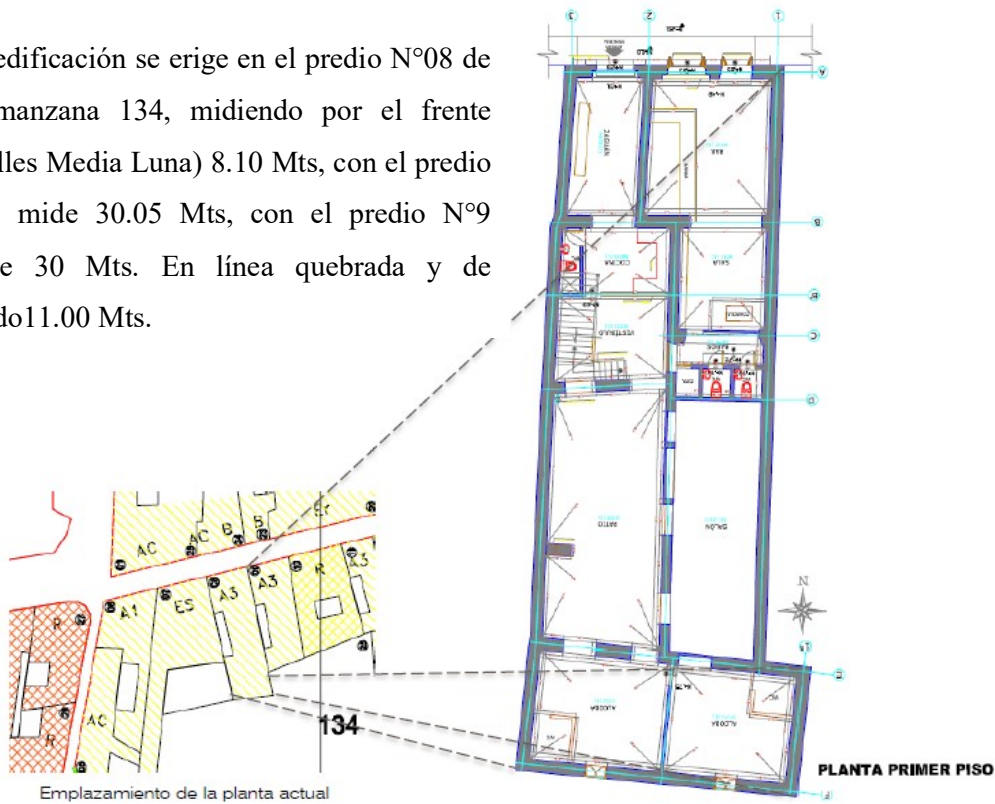
VIII.1.3.2 Descripción general de la edificación

VIII.1.3.2.1 Descripción urbana

La edificación es una construcción medianera, emplazada en un lote de proporciones irregulares. Se adosa a las construcciones aledañas, las cuales mantienen su altura original de dos pisos.

VIII.1.3.2.2 Implantación urbana

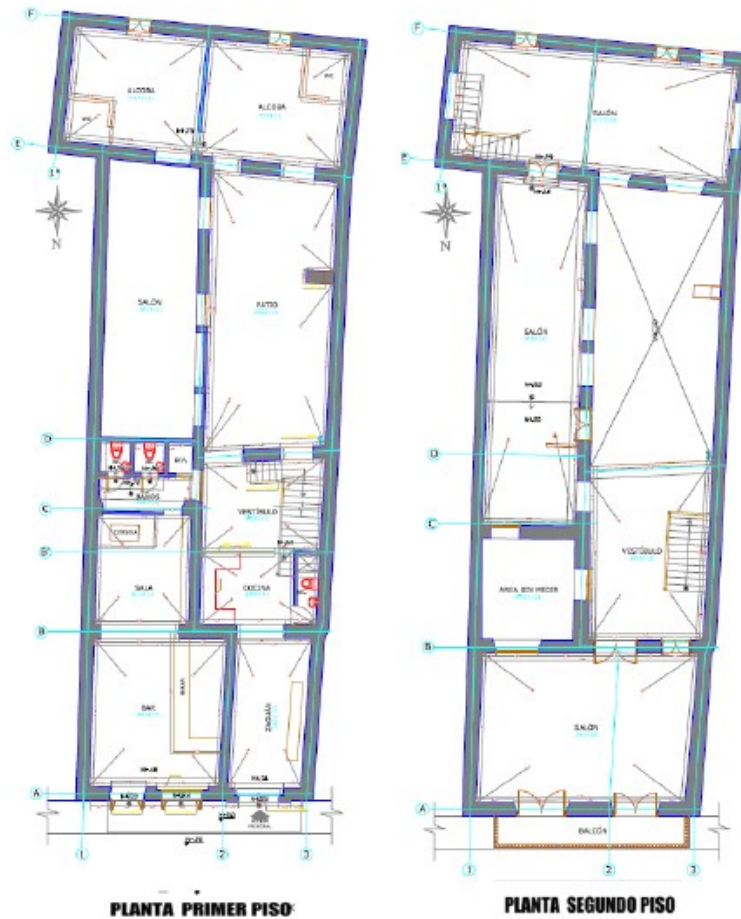
La edificación se erige en el predio N°08 de la manzana 134, midiendo por el frente (Calles Media Luna) 8.10 Mts, con el predio N°7 mide 30.05 Mts, con el predio N°9 mide 30 Mts. En línea quebrada y de fondo 11.00 Mts.



Apéndice ii: Planta primer piso

VIII.1.3.2.3 Descripción arquitectónica

Como la mayoría de las edificaciones surgidas en las primeras décadas del siglo XX en la zona de Getsemaní, está es una edificación que se cataloga como colonial con un segundo piso agregado en la época republicana, construida inicialmente como vivienda familiar y utilizada hoy en día parcialmente como local comercial.



Apéndice iii: Plano de plantas primer y segundo piso

Este inmueble es de dos plantas con accesos lateral desde la Calle de la Media Luna. Su disposición espacial en el primer piso es típica, encontrando así, el zaguán a lado derecho, al izquierdo, un almacén o local y seguidamente el vestíbulo en donde se desarrolla la escalera. Estos espacios constituyen el núcleo básico.

Adosado a éste núcleo encontramos una crujía lateral, la cual se halla desocupada junto con el torreón que hace de crujía de fondo actualmente. Es notable la proporción desmesurada que presenta esta crujía-torre, ya que su altura sobrepasa cualquier límite, presentándose como un elemento adicional de la casa. Presenta tres niveles y una cubierta en forma de terraza mirador.

En el segundo piso encontramos el salón principal queda a la calle y, complementando la crujía lateral, un espacio que perdió sus subdivisiones el cual, remata también en la crujía-torre del fondo. El patio interior ubicado a la derecha, se encuentra cubierto en su totalidad.

VIII.1.3.2.4 Clasificación tipológica

Tipológicamente la edificación está clasificada según el plano del REGLAMENTO DEL PATRIMONIO INMUEBLE DE CARTAGENA DE INDIAS, como casa alta por sobre elevación, Tipo A3, Categoría de intervención: RT–Restauración tipológica, Uso: Mixto.

Barrio y manzana	Predio	Unidad de Intervención	Tipología	Categoría de intervención	Usos
Getsemaní					
Manzana 134	01		AC	RF. EN:1P	Viv
	02		B	RT	Viv
	03	4	AC	RF. EN:1P	Viv
	04	3	AC	RT	Viv
	05	6	AC	RT	Mixto
	06	5	AL	RT	Mixto
	07	25	ES	RT	Mixto/Tur
	08		A3	RT	Mixto
	09		A3	A	Mixto
	10		R	RFA	Mixto
	11		A3	RFA	Mixto
	12		A3	RFA	Mixto
	13		R	RFA	Mixto
	14		B	RT	Viv
	15		B	RT	Viv
	16		B	RT	Viv
	17	18,19,26	AC	RT	Viv
	18	17,19,26	AC	RFA	Viv
	19	17,18,26	AC	RT	Viv
	20		B	RT	Viv
	21		B	RT	Viv
	22		B	RT	Viv
	23		AC	RFA	Viv
	24		Lote	RF. EN:2P	Viv
	25		CM	EN:1P	Inst

Apéndice iv: Cuadro de Clasificación tipológica. Decreto N 0977 de 2001 P.O.T. Cartagena.

VIII.1.3.3 Análisis arquitectónico de la edificación

El Centro Histórico está clasificada Tipológicamente en los planos: 3.1 (Centro), 3.2 (San Diego), 3.3 (Getsemaní). Las intervenciones que se propongan deberán respetarlos componentes arquitectónicos de la tipología a que pertenezcan. (Art.426) Estas tipologías se encuentran descritas en los Artículos Nos. 24 a 129 y en las fichas tipológicas respectivas. Los edificios del Centro Histórico de Cartagena se clasifican de acuerdo a los siguientes tipos: Tipos Históricas Residenciales: Casa Baja, Casa Alta, Casa de Dos Altos, Casa Alta por sobre –elevación, Casa Alta con entresuelo Accesorio.

VIII.1.3.4 Descripción de la tipología a la que pertenece el inmueble

Adquieren esta tipología las edificaciones que conservan rasgos característicos de casa baja después de ser construida su planta alta en el periodo colonial, republicano o contemporáneo.

La casa alta por sobre elevación es una edificación en un lote de proporciones rectangulares, adosada lateralmente a las edificaciones vecinas e integrada en paramento continuo sobre el espacio público.

Presenta dos variantes dependiendo de la ubicación del acceso de la casa baja preexistentes: Casa alta por sobre-elevación con acceso lateral (que es la más frecuente) y la casa alta por sobre-elevación con acceso central.

Sus dependencias internas giran alrededor de uno o más patios. En la parte anterior del lote tiene su núcleo básico. La conformación en planta del área construida puede ser en L, C, U y O.

Los elementos fundamentalmente de la fachada son el portón de acceso generalmente enmarcado en una portada, puertas y ventanas de las accesorias o locales de la primera planta, balcones y/o tribunas en la segunda, una cornisa o un ático constituye el remate superior. La planta baja puede mantener el uso residencial original o cambiar a una destinación comercial.

VIII.1.3.5 Categoría de intervención

VIII.1.3.5.1 Restauración tipológica

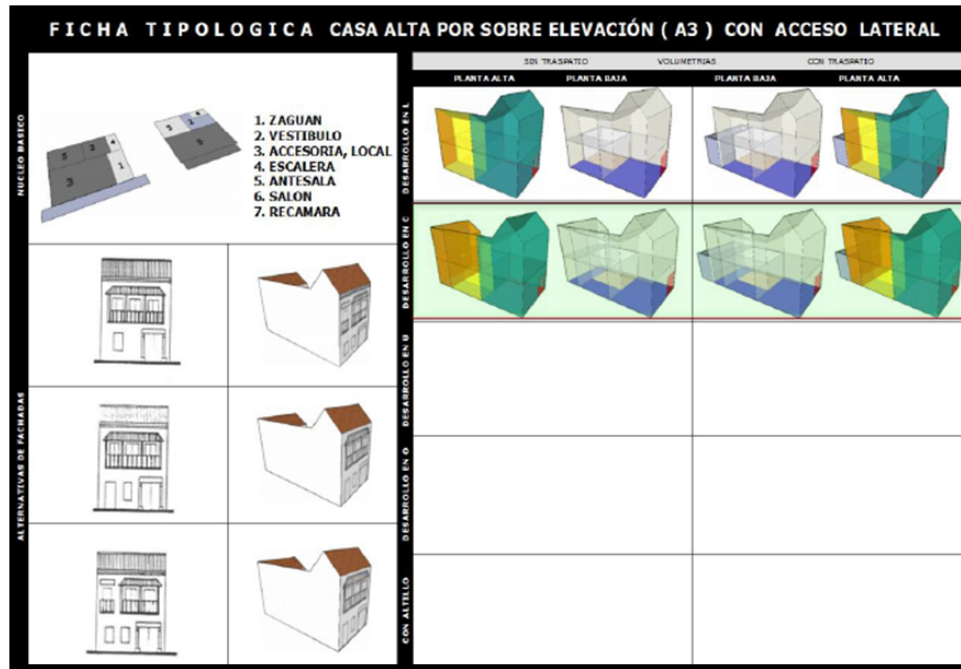
Están sujetos a esta categoría de intervención los edificios que poseen las características tipológicas de casa baja, casa alta, casas de dos altos, casa alta por sobre-elevación, casa alta con entresuelo, y accesorias descritas en los Artículos Nos. 24 al 29 y que están señalados en los planos Nos.4.1, 4.2, y 4.3.

La restauración tipológica está orientada a conservar el “organismo arquitectónico” a asegurar su funcionalidad ya mejorar sus condiciones de habitabilidad mediante obras que procuren la destinación a usos compatibles y que respeten los elementos tipológicos, estructural es y formales.

En los edificios incluidos en esta categoría se permiten obras de mantenimiento, consolidación, recuperación, acondicionamiento, ampliación y subdivisión.

VIII.1.3.6 Análisis arquitectónico de la edificación

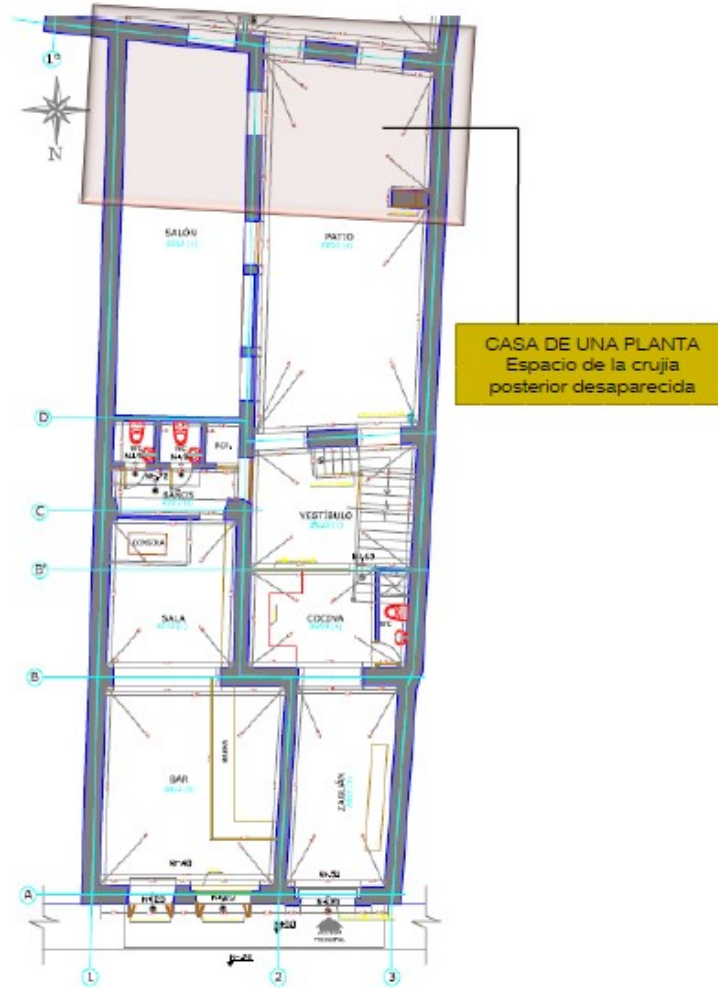
Casa alta por Sobre elevación A3, con acceso lateral



Apéndice v: ficha tipológica casa alta por sobre elevación con acceso lateral

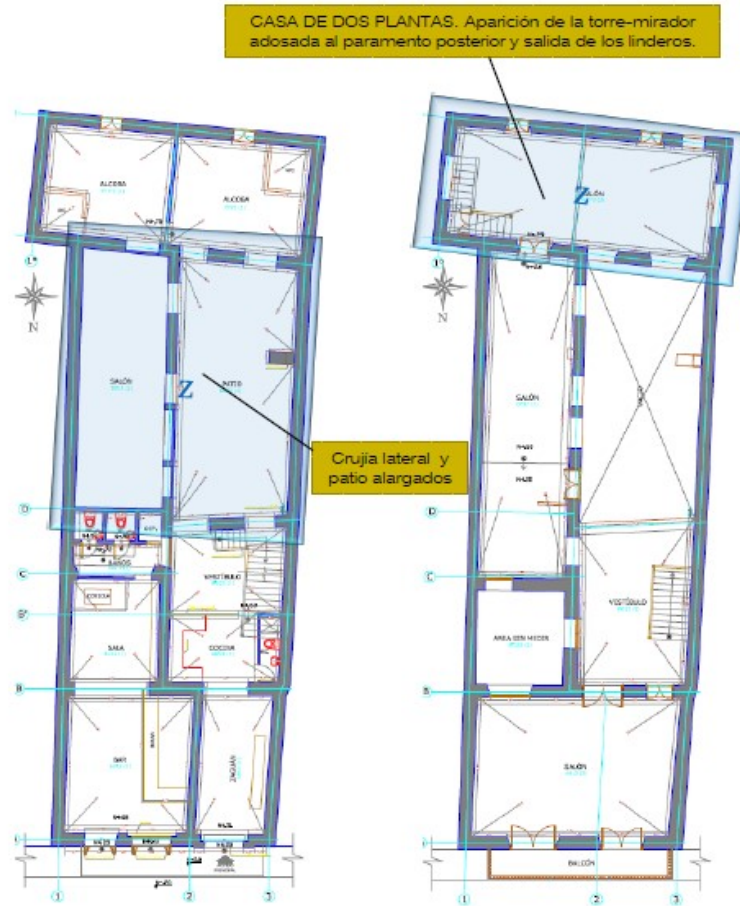
VIII.1.3.7 hipótesis de la evolución constructiva

El proceso constructivo de la edificación se pudo haber presentado en diferentes etapas. Primero, en el siglo XVIII la casa se construye de un solo piso, con las características coloniales tradicionales. Luego, también durante la colonia, la casa presenta intervenciones que acusan la construcción de una segunda planta. De este mismo momento data la alteración de la crujía posterior, ya que existen vestigios de elementos que pudieron haber marcado el lugar donde arrancaba la antigua crujía posterior: el contra fuerte y el machón del muro lateral queda al patio.



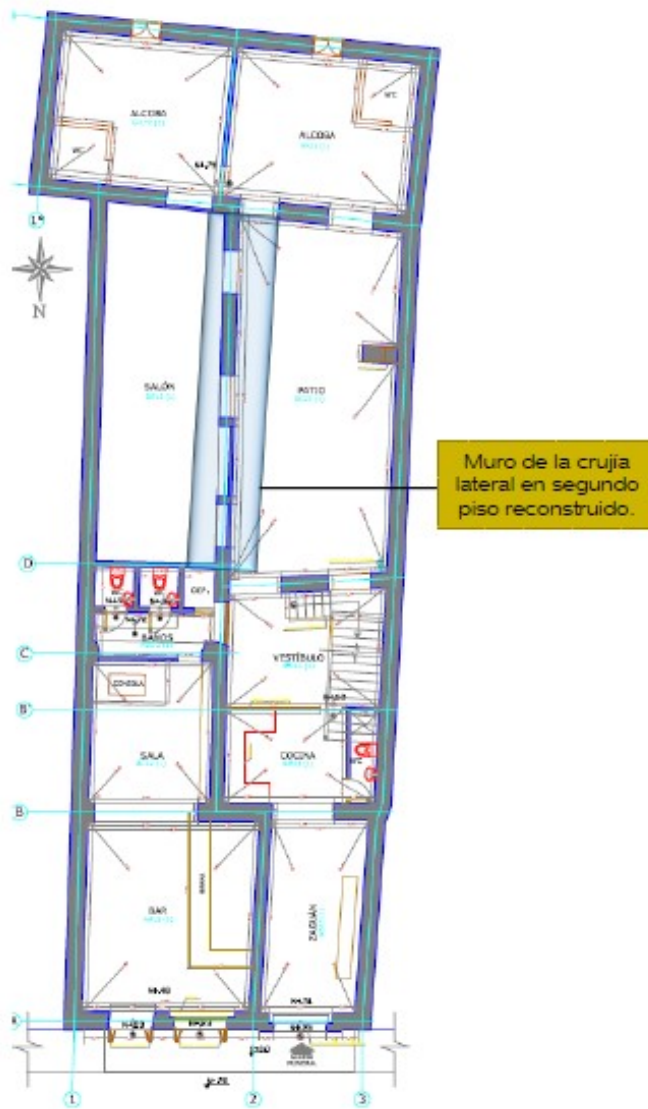
Apéndice vi: Casa de una planta.

La eliminación de esta parte de la casa produce el alargamiento de la crujía lateral. Esta crujía (la posterior) es reemplazada, a su vez, por una torre, la cual se construye tras la adquisición que hiciera un propietario, de parte de un espacio adicional al lote original. Esto se deduce por la forma abrupta en que este elemento aparece rompiendo el paramento lineal y regular que se mantenía con los otros predios. La parte posterior que se le construye a la casa, se presume, fue obra de algún propietario adinerado, quien dio a esta parte una altura fuera de los cánones normales de las casas del momento. Su estilo de tres pisos, su manufactura de cal y canto y la conformación de sus entresuelos manifiestan su datación en los últimos años de la Colonia e iniciando la Época Republicana.



Apéndice vii: Plantas casa de dos pisos

El inmueble presenta la reconstrucción del muro interno de la crujía lateral. Por su espesor y material se advierte que fue reemplazado en la época republicana, a lo mejor por deterioro del anterior colonial. A parecen aquí también algunos ornamentos de esta época histórica, tal es el caso del cielo raso existente en el núcleo básico, algunas molduras en cemento y la fabricación y la posición de la escalera.



Apéndice viii: Segundo piso reconstruido

VIII.1.3.8 Reseña e investigación histórica

VIII.1.3.8.1 Evolución manzana

El primer plano conocido data de 1570. Es un ingenio dibujo a mano alzada que al primer golpe de vista impacta por las preciosas naos surtas en la bahía. En este plano se reúnen también los elementos topográficos que caracterizarán por largo tiempo a Cartagena de Indias, cuyas cuatrocientas casas ocupan la mitad de la isla de Calamarí. Allí están los cañones—luego emplazados en castillos y murallas—y el fuerte del Boquerón, para proteger las flotas desarbolada se inermes; allí está la omnipresente Popa de la Galera, que será su punto de referencia por mar y tierra; allí está la calzada que la comunica con el arrabal de Getsemaní, donde no existen todavía sino el convento de San Francisco—el primero en construirse en la ciudad--, y el matadero; y allí está ese cinturón de ciénagas, que será siempre su mejor protección contra el enemigo al acecho. En la lontananza se observa la aldea de Turba codón de los vecinos se habían refugiado con sus haberes en oro y plata, lejos de los depredadores, durante los asaltos piráticos de 1544 y 1560. Y en el centro del caserío se observa la iglesia de La Catedral, que, como todas las demás construcciones cartageneras, carece de materiales nobles.

En este plano se plasma una población de escasas proporciones y de un tejido urbano que ya comenzaba a mostrar cierta organización.

Se desarrollaba la población alrededor de su plaza principal o Plaza Mayor (Plaza Bolívar), evidenciando la aglomeración de numerosas edificaciones, calles entrama reticulada y una gran manzana central. La isla de San Francisco para la época a un se encontraba sin intervenciones y se muestra como un gran espacio baldío.

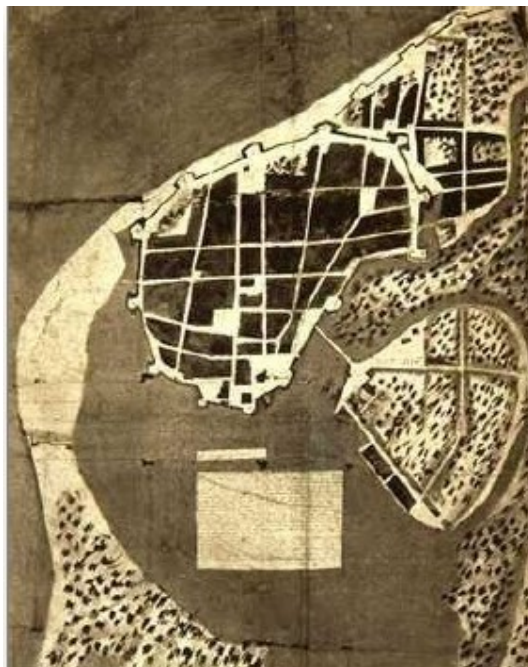


Primer plano de la ciudad de Cartagena de Indias. 1570

Apéndice ix: Primer plano de la ciudad de Cartagena de Indias 1570

Para enfrentar las crecientes amenazas contra los puertos de Indias, Felipe II ordena la ejecución de un plan de Estado que los ponga al abrigo de insultos. De él lo resulta la visita a Cartagena del gran ingeniero militar Bautista Antonelli, quien en 1595 deja plasmada su propuesta de fortificación en la primera planta a escala de la ciudad. La traza de sus calles se ha consolidado completamente. Ocupados tercera parte de la isla—a lo que Antonelli ajusta el perímetro de las murallas—y posee una nueva plaza frente al convento de Santo Domingo, que se comienza a construir hacia 1560. Más allá del recinto amurallado propuesto por el ingeniero, no hay en Calamarí sino huertas y jagüeyes. El barrio de San Diego todavía no existe. Se sabe, sin embargo, que ya funciona el portal de los escribanos en la plaza Mayor, y que la morada del gobernador y las casas del Cabildo campean en una de sus esquinas. La sede definitiva para el mandatario, el ayuntamiento y la cárcel tarda hasta fines del siglo XVII. A ese edificio, en la plaza de la Proclamación, se le añadió un tercer piso a mediados del siglo pasado. Mientras tanto, se ha erigido al sur de la plaza del Mar—vecino a la carnicería—un Almacén de Galeras para su abastecimiento. Son naves que, construidas localmente, patrullan las costas. El almacén contra la muralla separa la plaza de la Aduana de lo que a fines del siglo XIX se comenzará a conocer como plaza de San Pedro.

La calzada de San Francisco comunica a Calamarí con el creciente convento en Getsemaní, una isla todavía vacía.



Apéndice x: Mapa antiguo de la ciudad

Lo que queda insoluto es el suministro de agua potable. Desde 1566 se había iniciado la monumental construcción de un acueducto para traer la desde las puras manas de Turbaco. En dos ocasiones, urgida la ciudad por los apremios de la defensa, el impuesto se reorienta hacia obras de

fortificación, hasta cuando finalmente, en 1589, el acueducto se abandona. Prima el criterio estratégico de no sujetar a la ciudad a un suministro de agua aleatorio en caso de sitio prolongado. Durante los próximos trescientos años Cartagena de Indias se suplirá de agua del cielo, recogida en los aljibes públicos de fuertes y murallas, y en los privados de cada casa habitación.

Al terminar el siglo XVI, Cartagena se Apresta a continuar una rutilante transformación. A tras va quedando la aldea de palmas para que surja una urbe de cal y canto, con calles empedradas. Se trata de una ciudad, para los estándares de la época, organizada y limpia; nada de vacas en Calamarí; las que llegan deben permanecer en los corrales de Getsemaní (Segovia, 2001, p. 71)



Apéndice xi: 1735. Plano de Juan y Antonio Ulloa

Se presumen construcciones de bahareque en la zona ya que las construcciones de cal y canto habrían de darse años después.

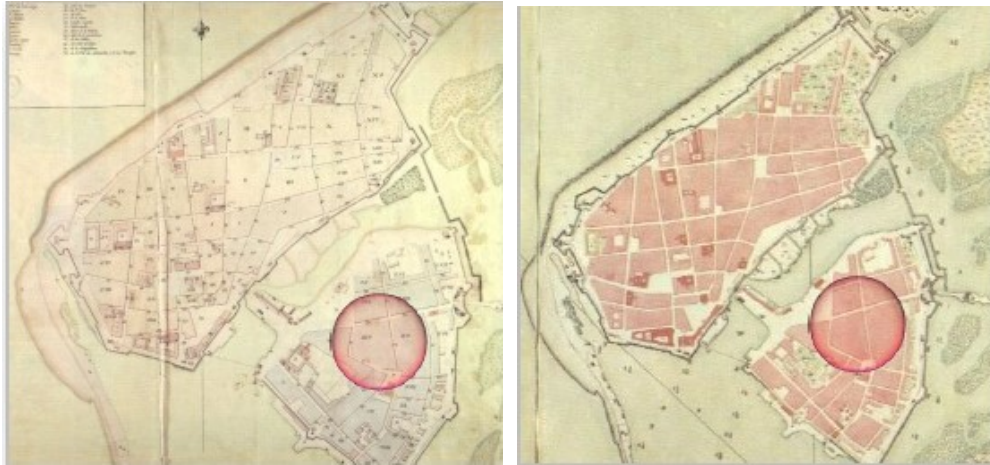
Las documentaciones cartográficas ponen en evidencia el surgimiento de las primeras intenciones urbanizadoras después del año 1688 (Plano de F. Ficardo), y manzanas consolidadas ya el año de 1735, en la expresión cartográfica de Juan y Antonio Ulloa y en la de Antonio de Arévalo 1769. En la Cartagena de 1777 residían 13.700 habitantes, en cuatro barrios de Calamarí y uno del arrabal de Getsemaní. Santa Catalina o de la Catedral y Nuestra Señora de la Merced agrupaban las principales dependencias oficiales y las casas de dos pisos, a veces con entresuelo y mirador, de la burocracia, los letrados y los comerciantes ricos.



Apéndice xii: 1597. Plano de Pedro de Acuña 1769. Plano de Antonio de Arévalo

VIII.1.3.8.2 Reseña histórica -evolución manzana

Las ilustraciones planimétricas muestran la consolidación de las manzanas en la Isla de San Francisco (Getsemaní) y su configuración morfológica poco variables. El de Manuel de Anguiano (1804–1805) son unas de las mejores representaciones de Cartagena con sus barrios, calles y plazas, siguiendo los del siglo XX de la firma Pearson and Sons, y una fotografía satelital de la ciudad actual.



Apéndice xiii: 1804 y 1805. Plano de Manuel de Anguiano



Apéndice xiv: 1915. Plano de Pearson and Sons. Foto Satelital

VIII.1.3.8.3 Calle de la Media Luna

Al finalizar el siglo XVI la ciudad comenzó a extenderse fuera de los límites del recinto cerrado hacia un sitio cercano, la Isla de Getsemaní, que ya se había comenzado a poblar como resultado de la existencia de la casa de los Frailes de San Francisco. En 1597 ya existían algunas casas y se delimitaban algunos solares y luego terminó de poblarse más, haciéndose necesario su

amurallamiento. Sería el Maestre de Campo Francisco de Murga quien dio comienzo a las murallas, al reducto de Getsemaní y al baluarte de La Media Luna que defendía la entrada al recinto, el cual se incorporaría seguidamente al núcleo urbano del Cartagena. Se hace evidente que ya existían muchos predios e inmuebles con propietarios y aparecen las primeras relaciones cartográficas que desde la salida de La Puerta del Puente” hasta la Puerta de la Media Luna, había una calle principal que cruzaba el sector (La Calle de la Media Luna) y en ellas reemplazaban las casas de mampostería, las demás a dentro, eran viviendas modestas de tabla y bahareque de humildes habitantes.



Apéndice xv: Casa de la Media Luna

VIII.1.3.8.4 Reseña histórica casa

En 1777 ya existían cuatro barrios en la ciudad y uno en el arrabal llamado La Santísima Trinidad de Getsemaní y en él y en Santo Toribio (San Diego), vivían los libres: Mulatos y mestizos en mezclanza; sastres zapateros, curtidores, herreros, canteros, albañiles, y obreros del arsenal. En el siglo XVIII desaparece la esclavitud y nacen asentamientos como Chambacú y lomas de la Popa (Lo amador y Nariño), habitados por esclavos liberados, los cuales construyen viviendas humildes. De esta época datan las primeras construcciones domesticas en Getsemaní que, aun siendo de población deprimida son “De un solo piso la mayoría bien tejadas y de material”.

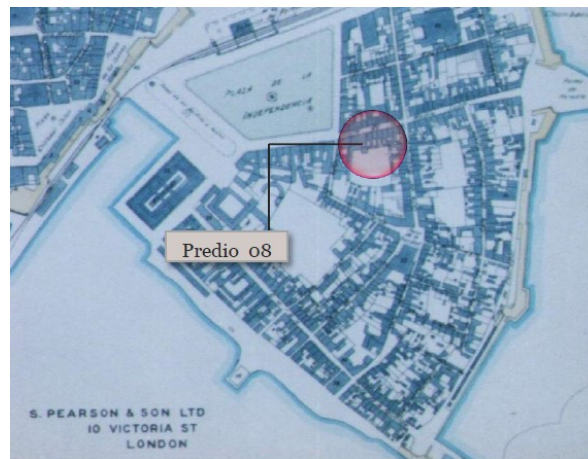
Según el plano de Anguiano de 1804 ya aparecen consolidadas las calles principales del barrio y los almacenes para el arsenal. De esto se deriva la consecuencia del origen de nuestra casa como casa baja, la cual permaneció con estas características hasta el resurgimiento económico de la ciudad después del sitio de Morillo, finales de la primera mitad del siglo XIX. En esta, la ciudad adquiere una relativa actividad comercial como puerto principal de entrada de mercancía para la nueva república.



Apéndice xvi: 1804 y 1805 Plano de Manuel Anguiano

En la segunda mitad del siglo XIX la casa sufre la supresión de su crujía posterior y se le incorpora un área adicional en la que se construye la torre de considerable altura que hasta hoy subsiste. Estas modificaciones se llevan a cabo con materiales propios de la época colonial.

Con esta intervención el inmueble logra la especial característica de presentarse como un predio salido del paramento posterior y alargado en sus proporciones originales.



Apéndice xvii: Ubicación en planta del predio 08

En el año 1927 se registra el primer conocimiento legal de un propietario, el cual se refiere a la Sociedad Negocios Prediales, quien adquiere "...la mitad en virtud de un remate publico verificado ante el Sr Juez Primero del Circuito... y la otra mitad por aporte que a dicha sociedad hizo el Dr. Manuel del C Pareja en pago de sus acciones..."



Apéndice xviii: Ubicación de la casa

Es él, quien en 1933, como gerente de la sociedad... “...quien en tal carácter, transfiere a nombre de la sociedad mencionada y a título de venta al Sr. Pedro A. Navarro, para él y los suyos, el derecho de dominio sobre una casa alta y el solar en que ella está construida ubicada en esta ciudad, en la Calle de la Media Luna y alinderada así:...”



Apéndice xix: ubicación de la casa

Este documento confirma que para esta fecha ya la casa había sido modificada y convertida en lo que es hoy.

En adelante la casa pasa a manos del Sr. Sergio Foschini Cerrai en 1946, y luego a la persona jurídica Inmobiliaria Foschini LTDA en 1975, conservando las mismas características.

En el año de 1978, el inmueble es vendido a Jesús María Villalobos Luna, quien bajo su tenencia la hipoteca y libera hasta venderla en el año 2007 a la señora Gloria Patricia Sánchez García, actual propietaria.



Apéndice xx: Ubicación de la casa

VIII.1.3.8.5 Imágenes del estado actual

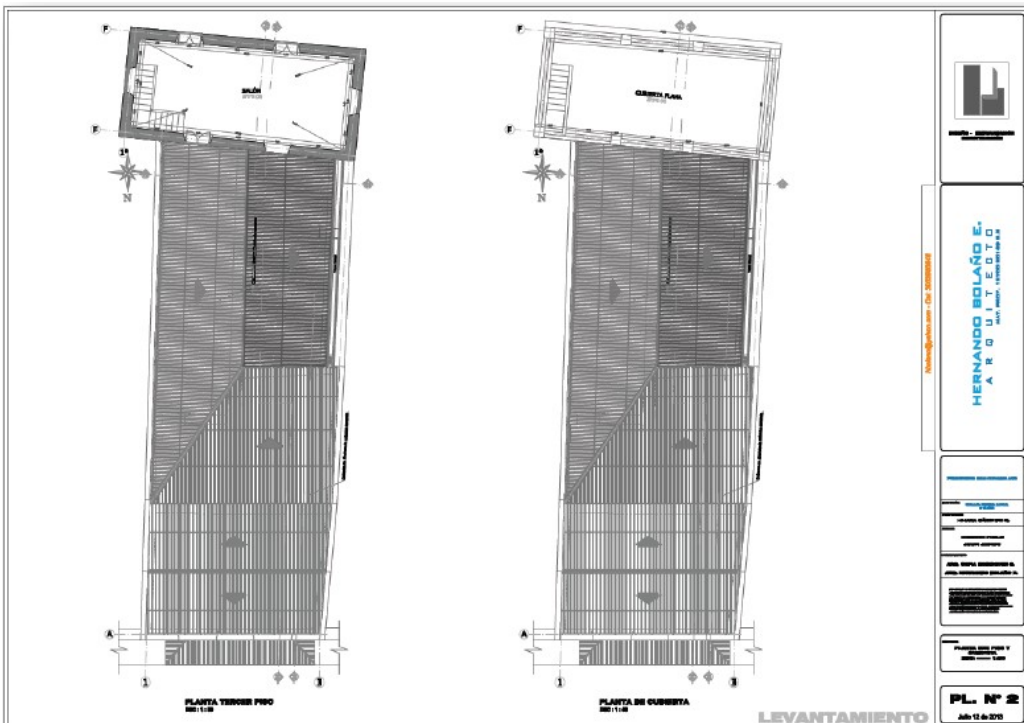
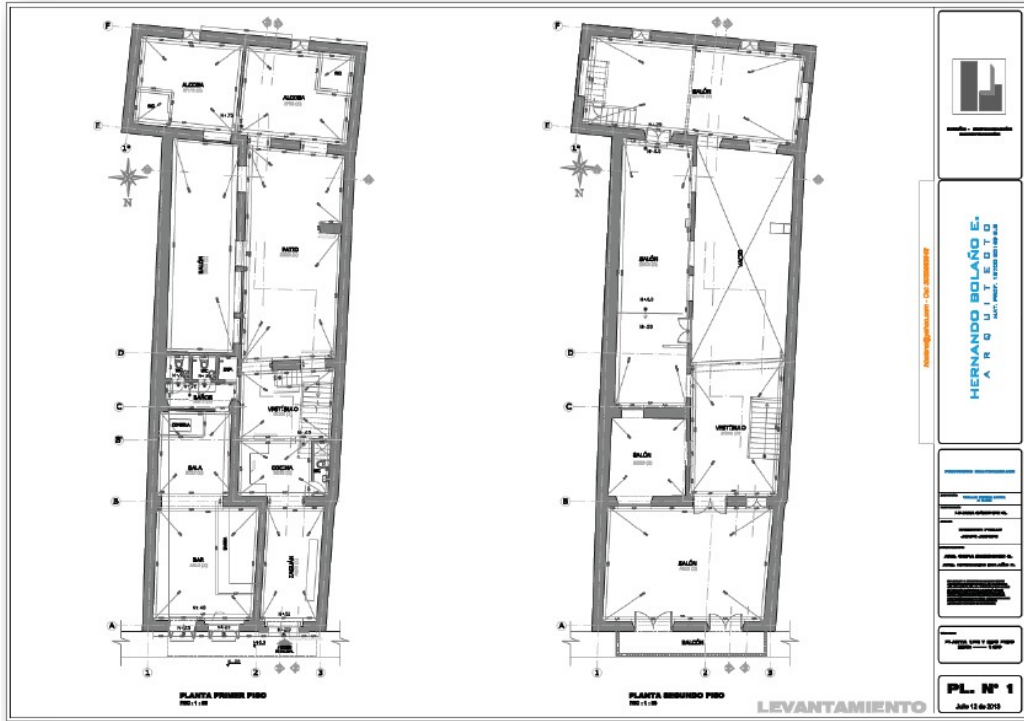


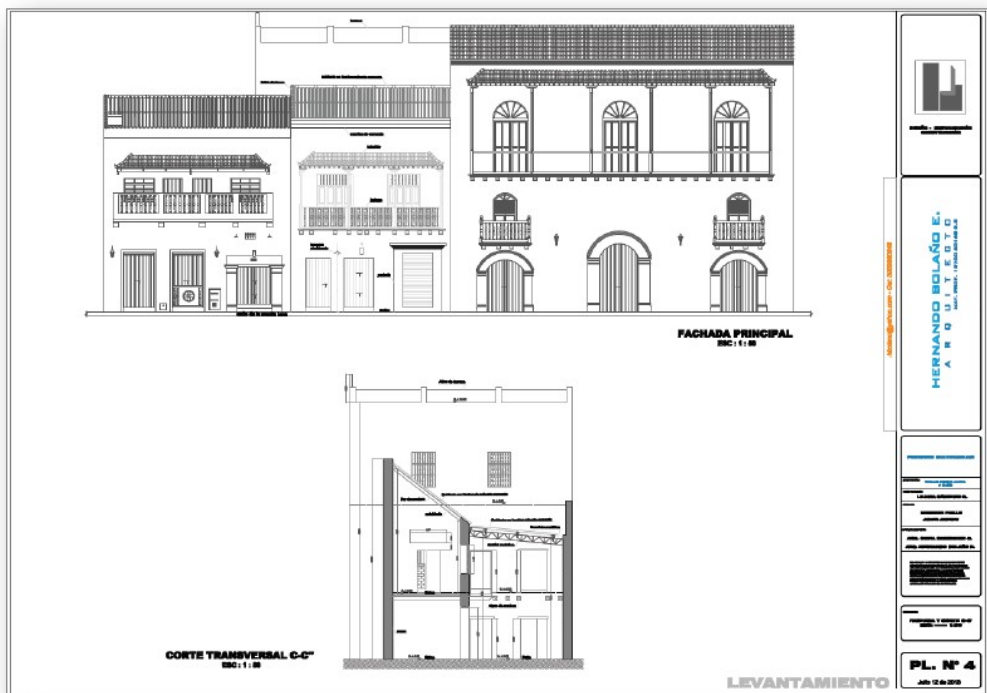
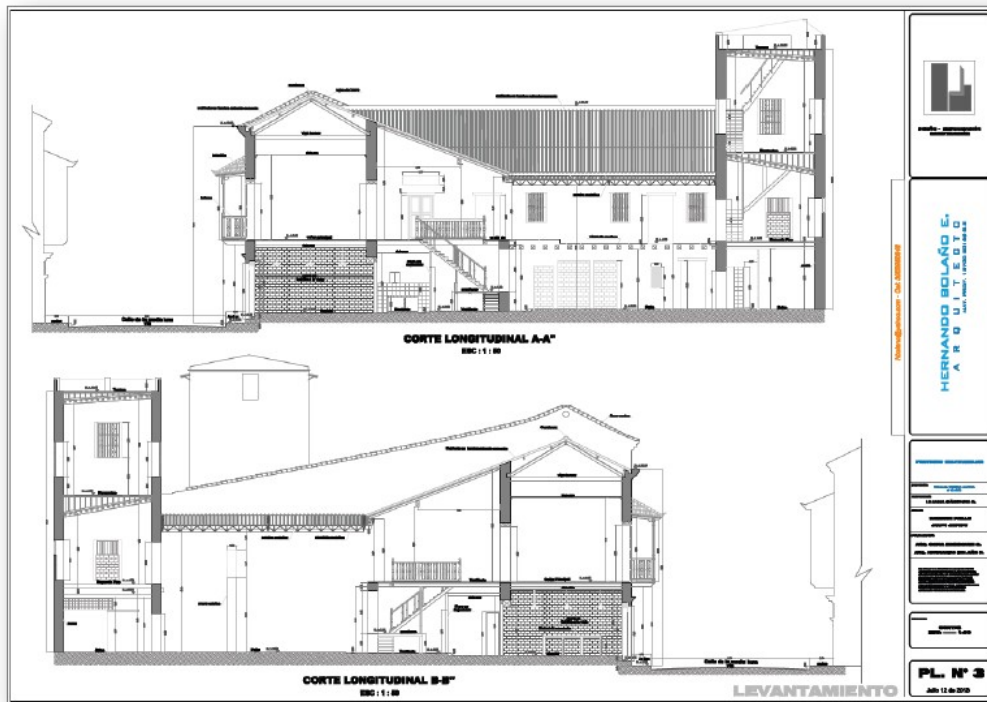




Apéndice xxi: Imágenes del estado actual de la casa

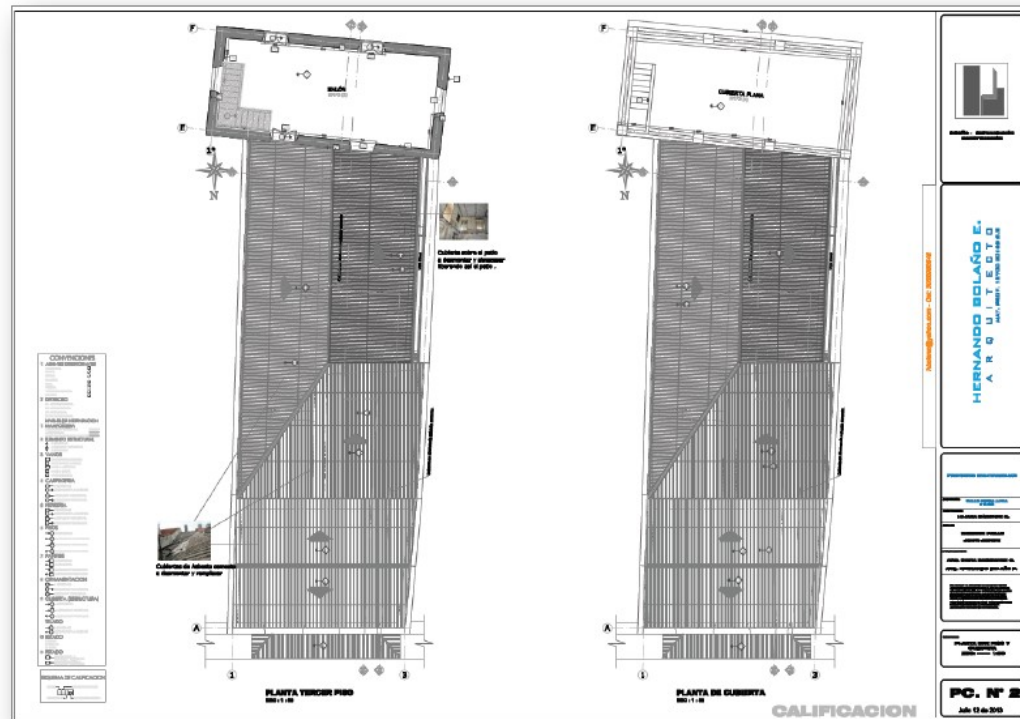
VIII.1.3.8.6 Informe planimétrico-levantamiento

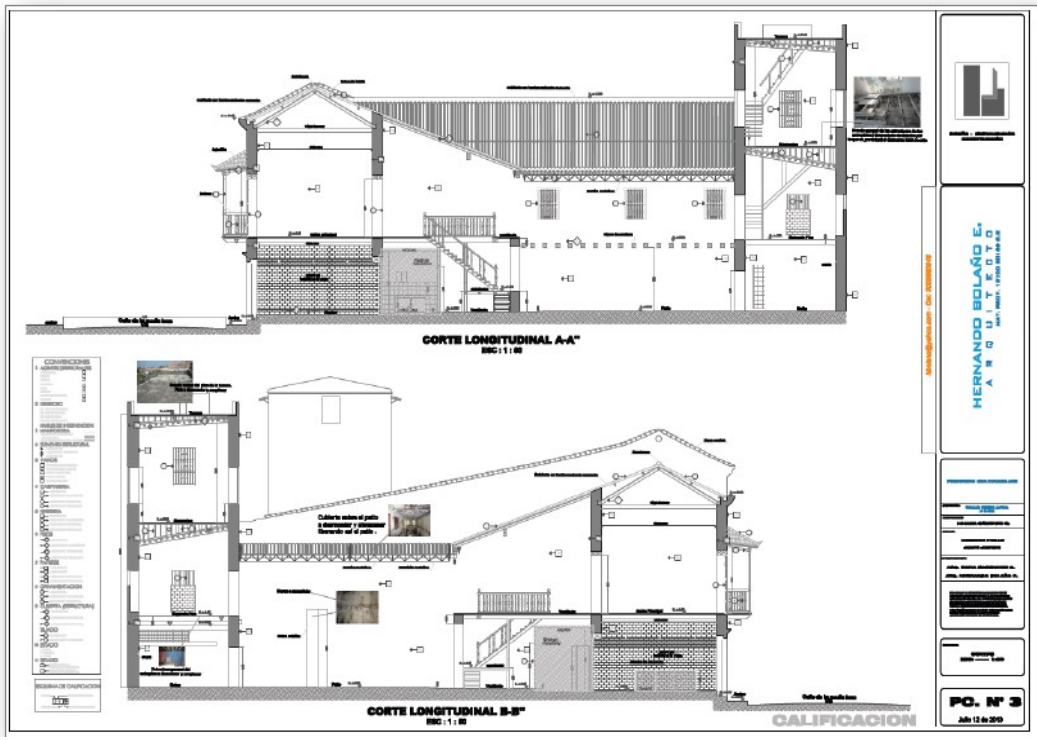




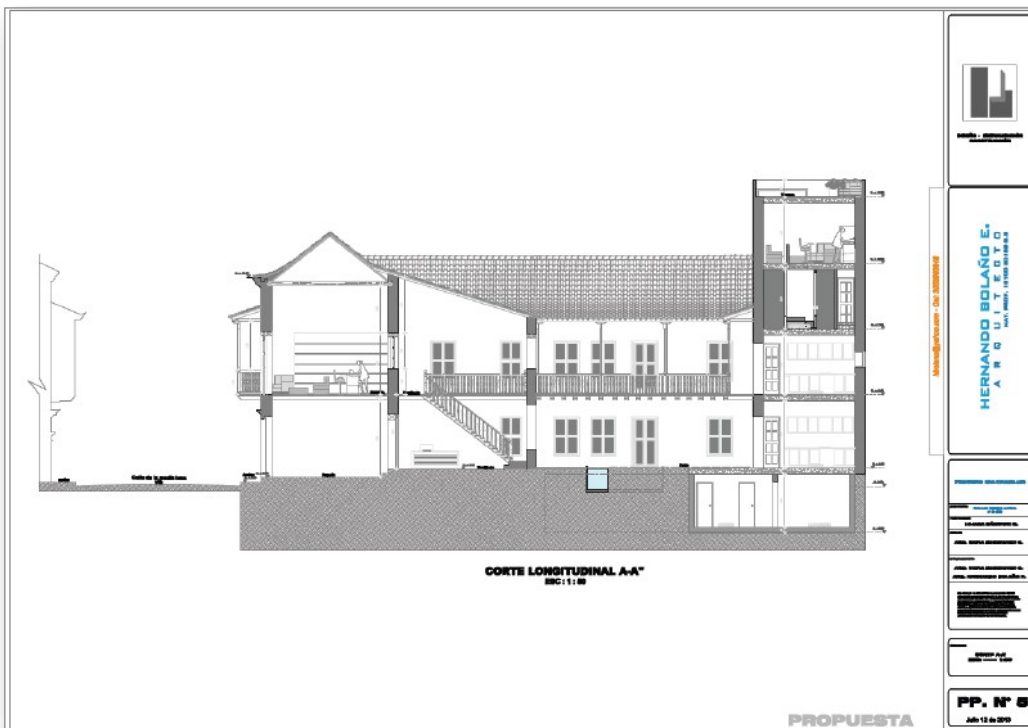
Apéndice xxii: Informe planimetrico-levantamiento

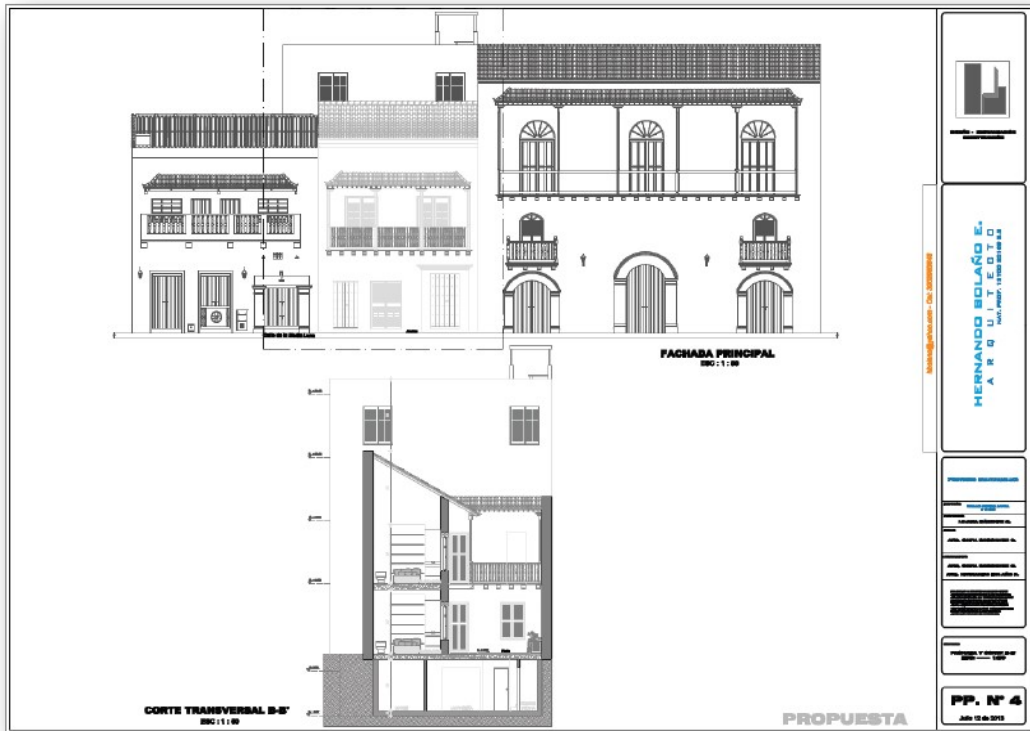
VIII.1.3.8.7 Informe planimétrico-calificación





Apéndice xxiii: informe planimétrico -calificación





Apéndice xxiv: informe planimétrico-propuesta

VIII.1.4 Estudio patológico de una casa colonial en Cartagena de Indias.

Para el análisis patológico de las casas de tipología colonial en Cartagena de Indias se utilizó la inspección visual detallada, la cual consiste en cubrir un conjunto de acciones que deben seguirse de forma secuencial y programada, cubriendo las siguientes labores:

Investigación documental

Inspección visual detallada

Levantamiento de daños

Recuento fotográfico

Diagnóstico de patologías

Informe de la inspección

VIII.1.4.1 Técnicas para la recolección de la información

Según las labores mencionadas anteriormente que hacen parte de la inspección a realizada en este proyecto de investigación, se utilizaron para las técnicas de recolección de la información las siguientes:

Investigación Documental: Esta investigación consistió en hacer una recopilación de toda la información escrita, dibujada o esquematizada relativa al proyecto de estudio que en este caso son los elementos pertenecientes a fachadas de viviendas de tipología colonial en la ciudad de Cartagena.

Inspección visual detallada: se realizó una inspección visual detallada con el objetivo de identificar el número de casas coloniales para posteriormente realizar un inventario de los daños mediante un levantamiento.

Levantamiento de daños: Se realizó un levantamiento de las patologías existentes en los elementos pertenecientes a fachadas de las viviendas en estudio.

Para este proceso no se hizo necesario definir la causa del daño. Sino solamente identificar la patología como tal que presentaba la fachada.

Recuento fotográfico: Se realizó un recuento fotográfico detallado y concordante con el levantamiento de daños mediante fotografías que sustenten cada patología con una breve descripción de ella señalando como referencia el lugar que le corresponde dentro del área en consideración.

VIII.1.4.2 Técnicas para el análisis de la información

Según las labores mencionadas anteriormente que hacen parte de la inspección a realizada en este proyecto de investigación, se encuentran para las técnicas de análisis de la información las siguientes:

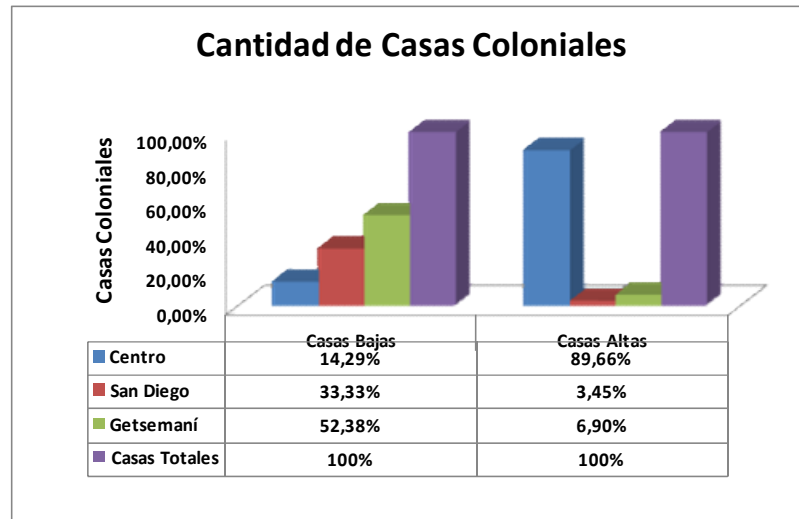
Clasificación de la Patología: Se clasificaron y se calificaron los daños con el fin de tipificarlos. Basados en los esquemas del levantamiento de daños y en las fotografías tomadas, se hizo una caracterización adecuada que permite identificar las lesiones, para que estos datos puedan ser utilizados por los entes interesados en intervenir las casas coloniales para formular las técnicas de intervención convenientes que la edificación requiera.

Informe de la Inspección: Por la trascendencia que tiene un Informe de Patología a la hora de intervenir una estructura, fue transcrito de manera parcial los apartes o la información que se haya recopilado y analizado.

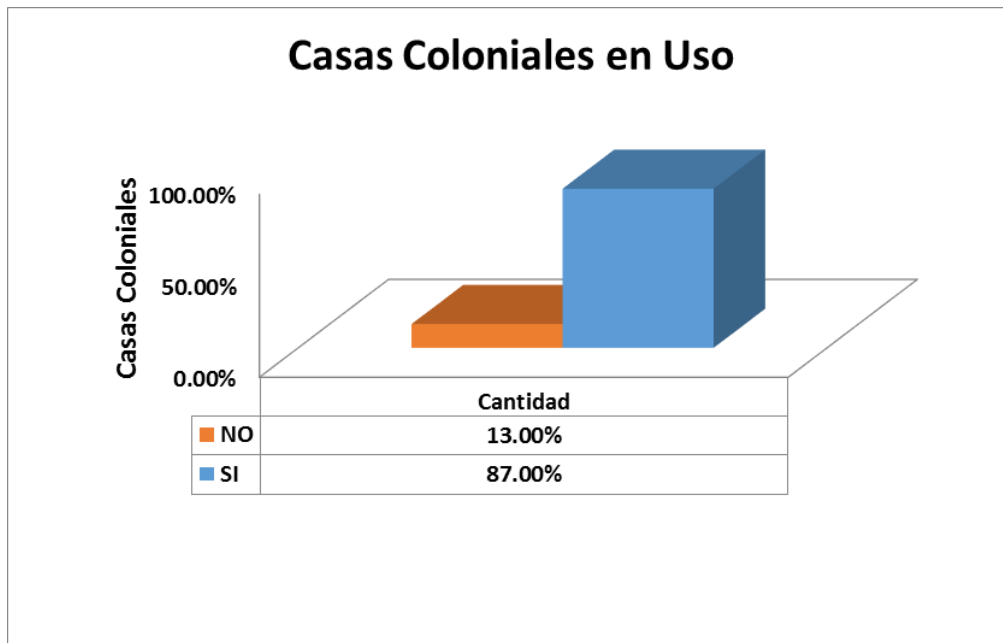
Se recolectaron 1884 por medio una de cámara fotográfica **CANON PowerShot SX 150 IS** de alta resolución la cual permitía un acercamiento ideal a la lesiones inclusive si estas se encontraban en distancias de difícil acceso visual, por tal motivo la información recolectada es una fuente de gran valides y confiabilidad, en promedio a cada casa le correspondieron 18 fotografías para el análisis realizado.

VIII.1.4.3 Resultados del análisis patológico

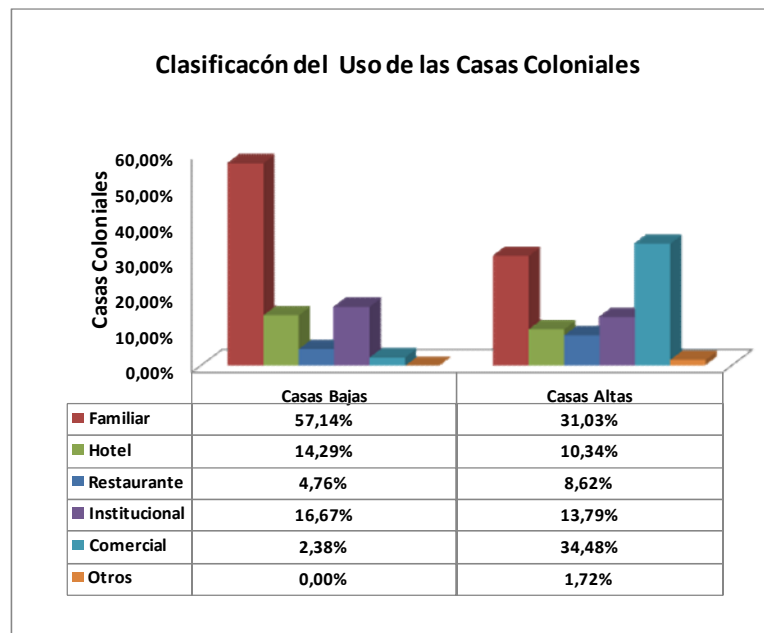
Datos generales de las casas del centro histórico de Cartagena de indias



Apéndice xxv: cantidad total de casas coloniales

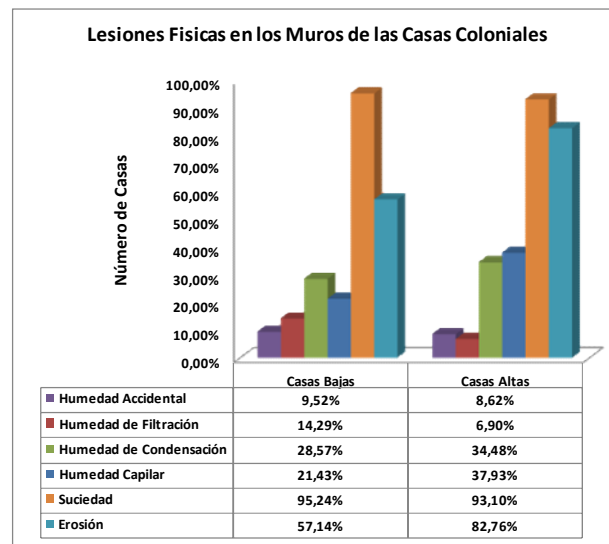


Apéndice xxvi: cantidad de casas coloniales en uso



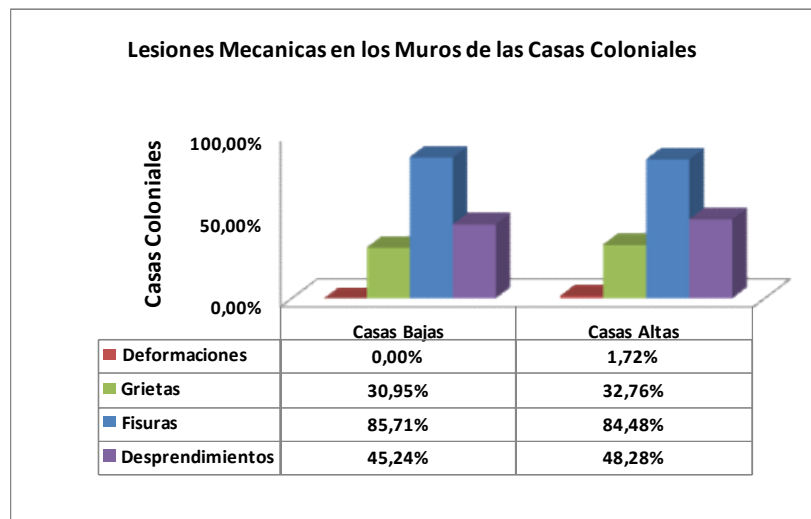
Apéndice xxvii: clasificación del uso de las casas coloniales

Datos generales de las patologías recurrentes las casas coloniales del centro histórico de Cartagena de indias



Apéndice xxviii: lesiones físicas en los muros de las casas coloniales

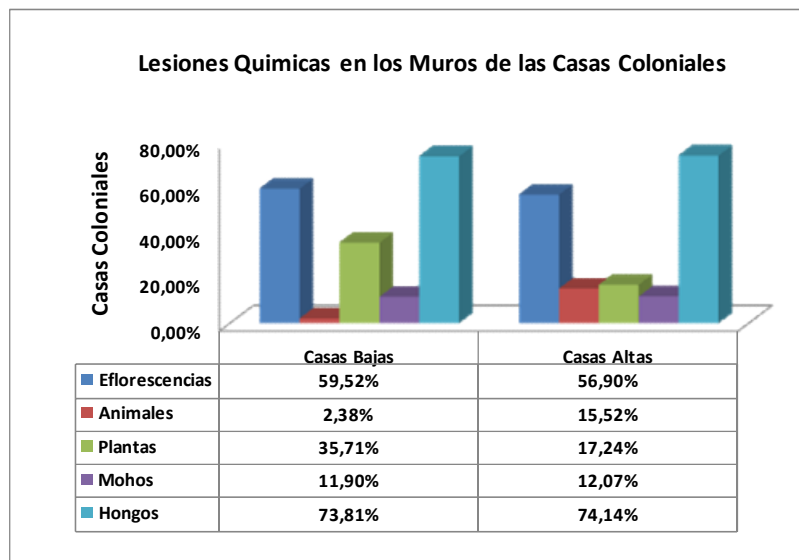
Se pueden distinguir dos tipos de ensuciamiento en las fachadas de las casas coloniales, por depósito y por lavado diferencial, el primero se da porque las casas se encuentran ubicadas en la dirección de los vientos (Norte y Noreste) que soplan sobre Cartagena y el segundo por las aguas lluvias, pero en una misma fachada, el resultado final del proceso de ensuciamiento es siempre una mezcla de ambos



Apéndice xxix: lesiones mecánicas en los muros de las casas coloniales

La aplicación de una carga directa sobre un elemento constructivo implica una deformación. Si la carga provoca un esfuerzo mecánico demasiado intenso la deformación tendrá como consecuencia la aparición de fisuras y grietas. De hecho este tipo de fenómeno es el que origina la mayor parte de estas lesiones en los elementos estructurales y en los materiales adheridos a ellos.

Por lo general, estas cargas las provocan los pesos que gravitan sobre un muro u otras estructuras portantes verticales y pueden dividirse en (peso propio más cargas permanentes) y sobre cargas.

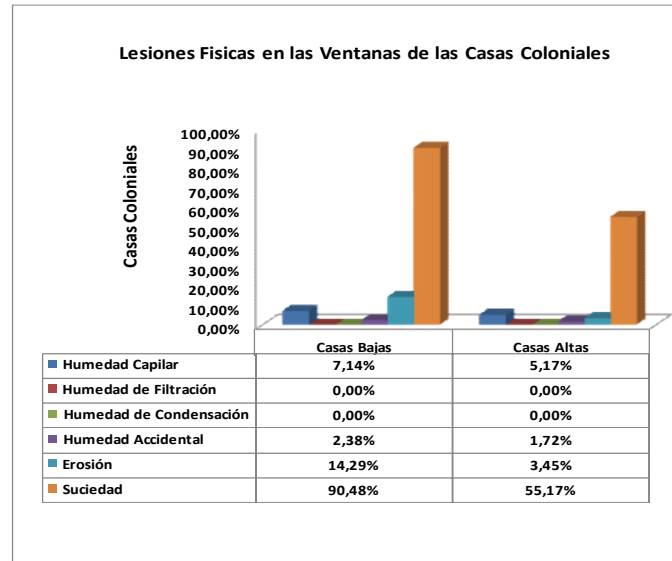


Apéndice xxx: lesiones químicas en los muros de las casas coloniales

Como consecuencia de la bioreceptividad que ofrecen las superficies de los muros (sobre todo si estos tienen textura rugosa), a la proliferación de microorganismos, se afecta el aspecto de las fachadas no solo por las manchas y cambios de color; sino también, porque su principal efecto

desfavorable es que mantienen húmeda su superficie, lo cual promueve los mecanismos de deterioro y los mecanismos de daños.

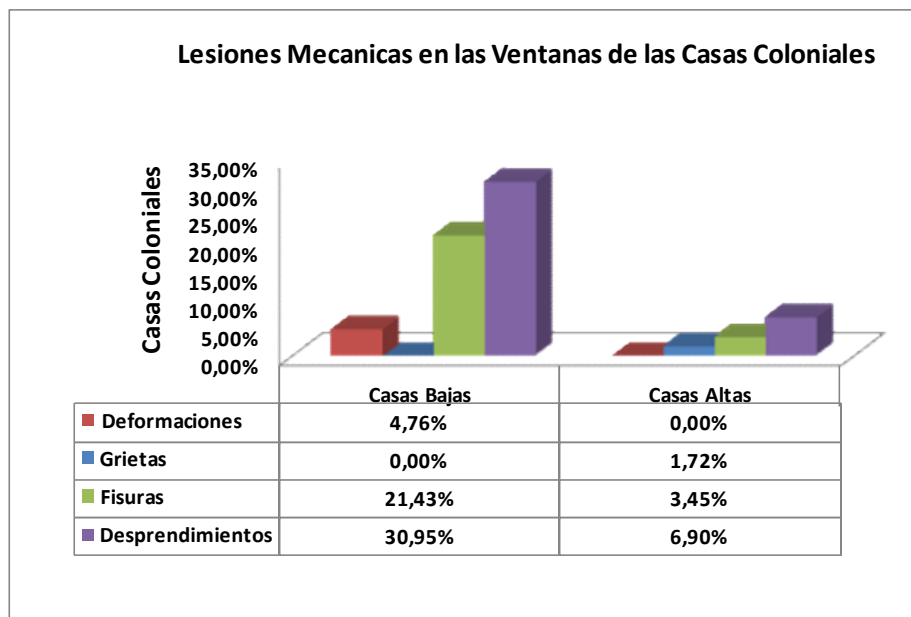
La humedad relativa de la Ciudad de Cartagena posee un promedio anual de 83% e influye directamente en el origen de las lesiones químicas.



Apéndice xxxi: lesiones físicas en las ventanas de las casas coloniales

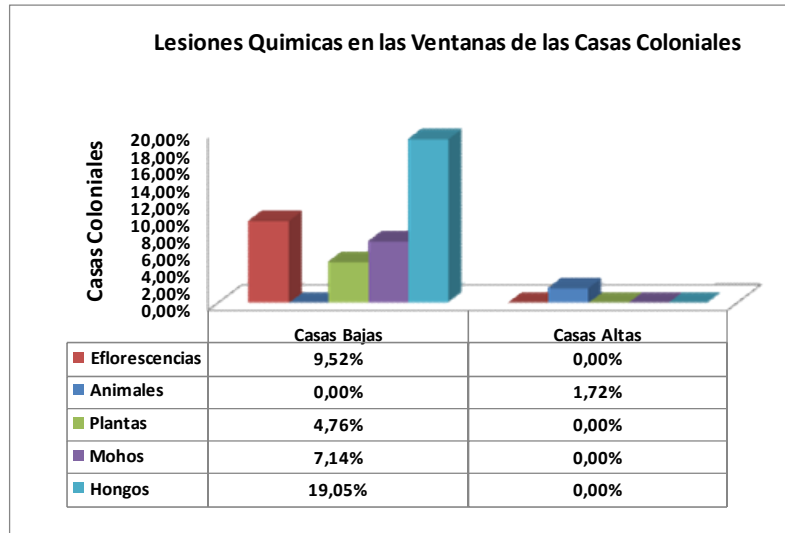
La acumulación de Suciedad sobre los elementos de las fachadas de las casas coloniales es un hecho general e inevitable, puesto que cualquier vivienda está rodeada de aire atmosférico y, por tanto, es susceptible de recibir partículas orgánicas e inorgánicas que se hayan suspendidas en el aire.

La suciedad de las ventanas es mayor en los meses de verano o sequía en Cartagena, pues las partículas de polvo que arrastran los vientos se adhieren sobre las fachadas de las casas.



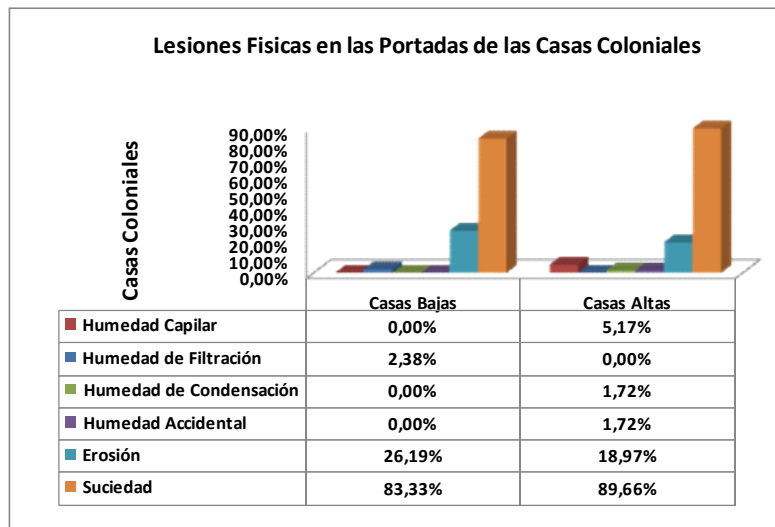
Apéndice xxxii: lesiones mecánicas en las ventanas de las casas coloniales

Los desprendimientos de los materiales que componen a la fachada se producen con bastante frecuencia. Normalmente esta lesión se produce de lesiones previas, entre ellas las deformaciones, las fisuraciones o las grietas, que están muy relacionadas con los errores constructivos de los elementos y la mala calidad del material.



Apéndice xxxiii: lesiones químicas en las ventanas de las casas coloniales

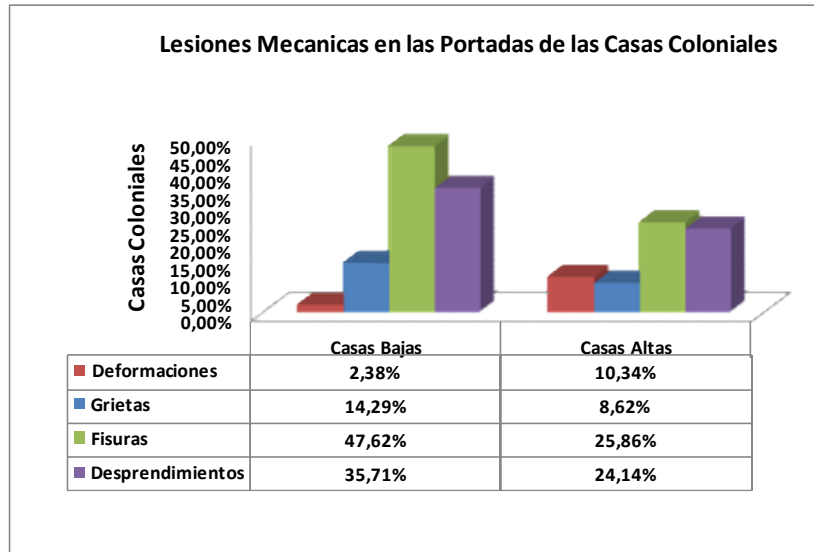
Los hongos atacan a las maderas produciendo pudriciones que no sólo varían su aspecto, sino que pueden acabar destruyendo los elementos leñosos. En general, su efecto suele ser leve, pero en ocasiones puede llegar a provocar la destrucción total del material. El ataque de los hongos a la madera es una consecuencia de la presencia de humedad, ya que son organismos vegetales sin clorofila que se producen por esporas, que son trasportadas por el viento y consiguen desarrollarse en la madera.



Apéndice xxxiv: lesiones físicas en las portadas de las casas coloniales

Cuanto mayor sea la cantidad de partículas ensuciantes en la atmósfera, y cuanto más porosa sean las portadas, mayor será la posibilidad de que estas se ensucien.

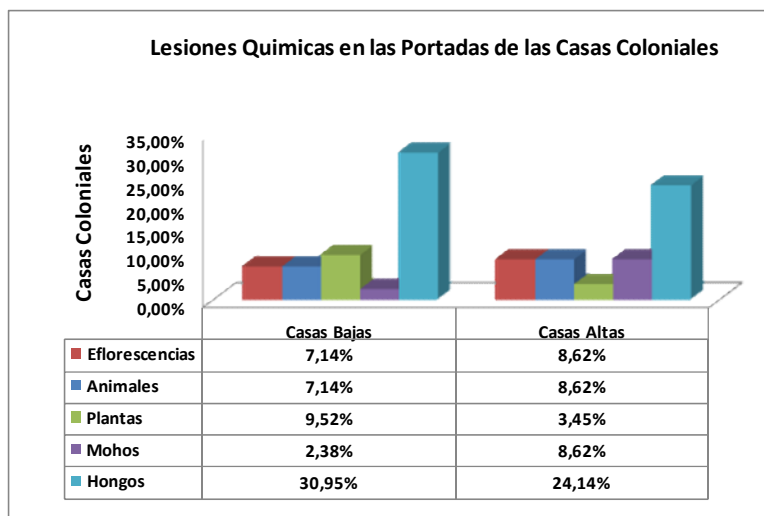
En general, los factores que intervienen en la formación y desarrollo de las suciedades se dividen en tres grupos: los relacionados con el clima, los que se refieren a la naturaleza de los materiales de las fachadas y los que tienen que ver con las características arquitectónicas de la misma.



Apéndice xxxv: lesiones mecánicas en las portadas de las casas coloniales

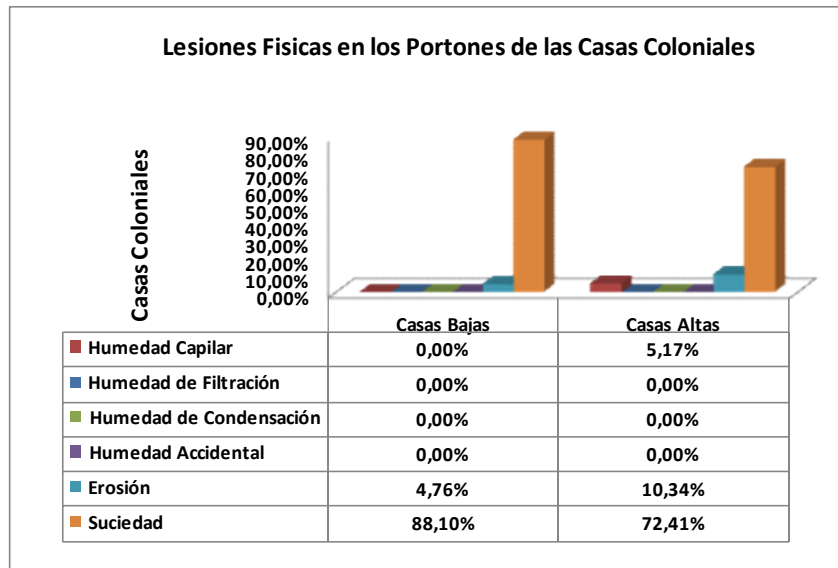
Las piedras con las cuales están construidas las portadas de las casas coloniales son muy heterogéneas, de manera que existe siempre la posibilidad de variaciones importantes en la textura y porosidad del material empleado.

Por tal motivo se hace necesario un control técnico permanente de las labores de intervención que se efectúan. Además, estas labores deben ser llevadas a cabo por personal especializado e idóneo para la tarea.



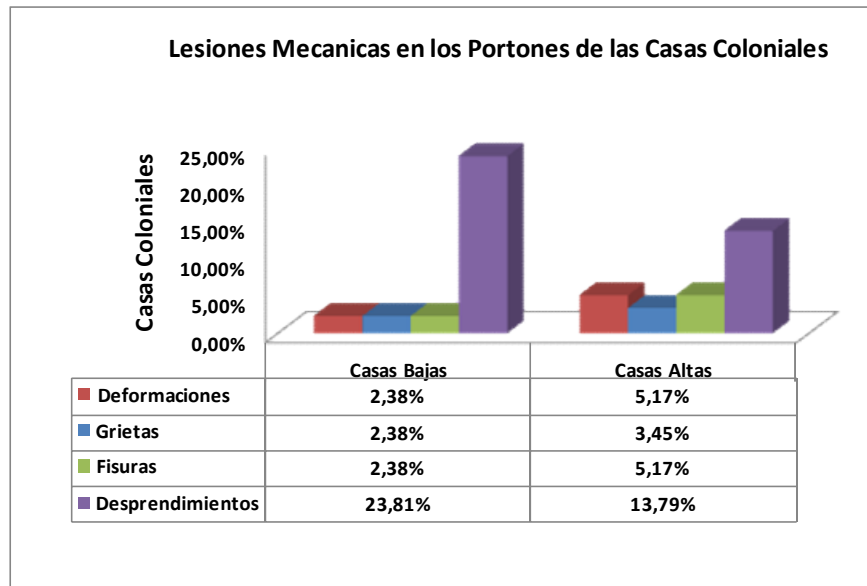
Apéndice xxxvi: lesiones químicas en las portadas de las casas coloniales

Para que se establezcan los asentamientos de microorganismos sobre la superficie de las portadas, deben establecerse unos mecanismos de fijación, ellos se dan en virtud de la textura que ofrece la superficie de anclaje. Usualmente, las texturas rugosas y porosas ofrecen mejores condiciones para el asentamiento porque favorecen la retención de agua y el crecimiento del microorganismo invasor; aunque, algunas superficies lisas y densas también pueden servir como superficie de invasión.



Apéndice xxxvii: lesiones físicas en los portones de las casas coloniales

El ensuciamiento de los portones se da por la ausencia de limpiezas periódicas o la aparición de corrosiones en elementos metálicos del mismo por falta de limpieza y pintura, donde el porcentaje es mayor en los meses de verano o sequía en Cartagena, pues las partículas de polvo que arrastran los vientos se adhieren sobre las fachadas de las casas.

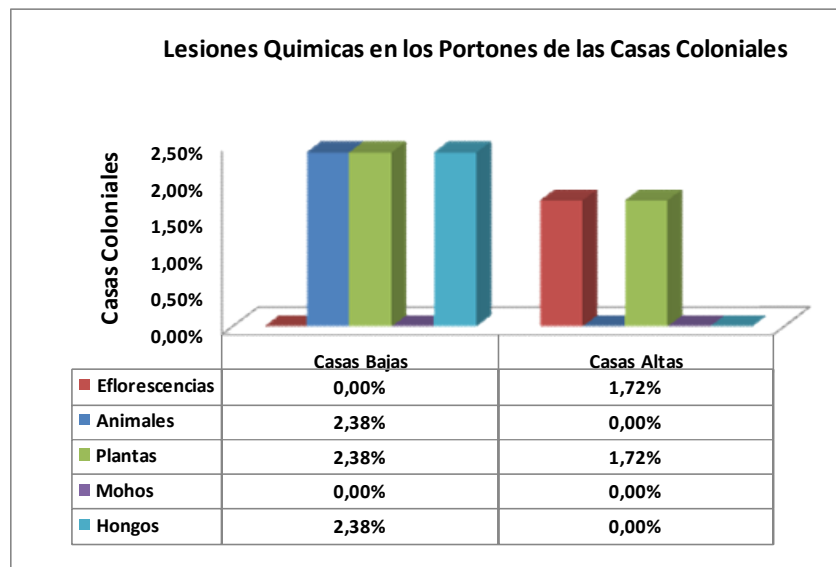


Apéndice xxxviii: lesiones mecánicas en los portones de las casas coloniales

Los desprendimientos de los portones están siempre en función del sistema de agarre utilizado y de la libertad de movimiento individual de las piezas.

Los desprendimientos pueden deberse a dos causas fundamentales.

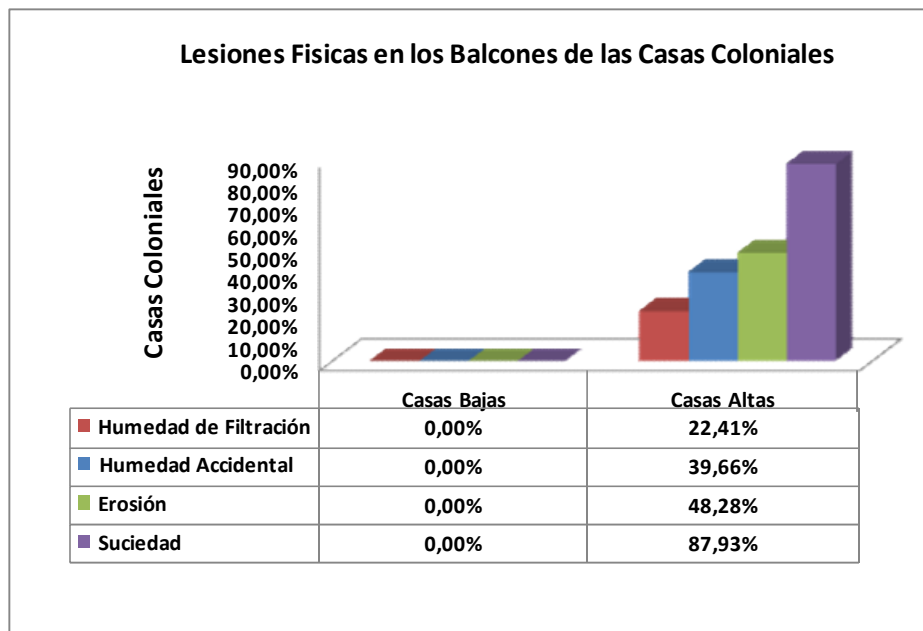
- ❖ El uso de anclajes inadecuados.
- ❖ defectos de la base de los portones.



Apéndice xxxix: lesiones químicas en los portones de las casas coloniales

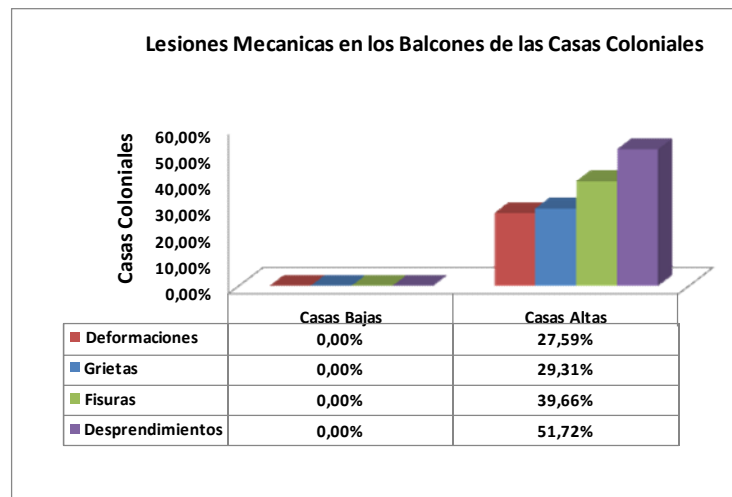
Los hongos de la madera desde un punto de vista organoléptico se clasifican en: cromógenos y de pudrición.

Independientemente de la presencia de hongo, pueden aparecer manchas por el contacto de la madera con otros materiales como clavos, cales y algunas colas de madera.



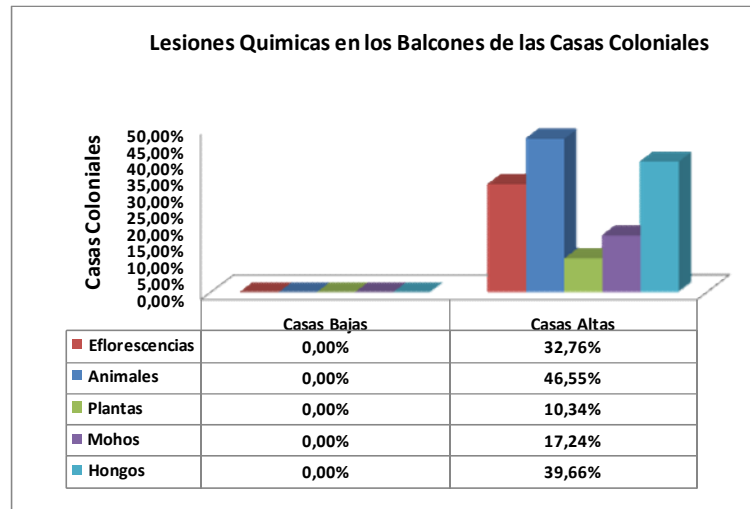
Apéndice xl: lesiones físicas en los balcones cubiertos de las casas coloniales

El tamaño de las partículas ensuciantes es muy importante, ya que determina el tiempo de permanencia en suspensión atmosférica de la misma, así como la manera en que se produce su adhesión sobre los balcones: por vía seca (Viento) o por vía humedad (lluvia).



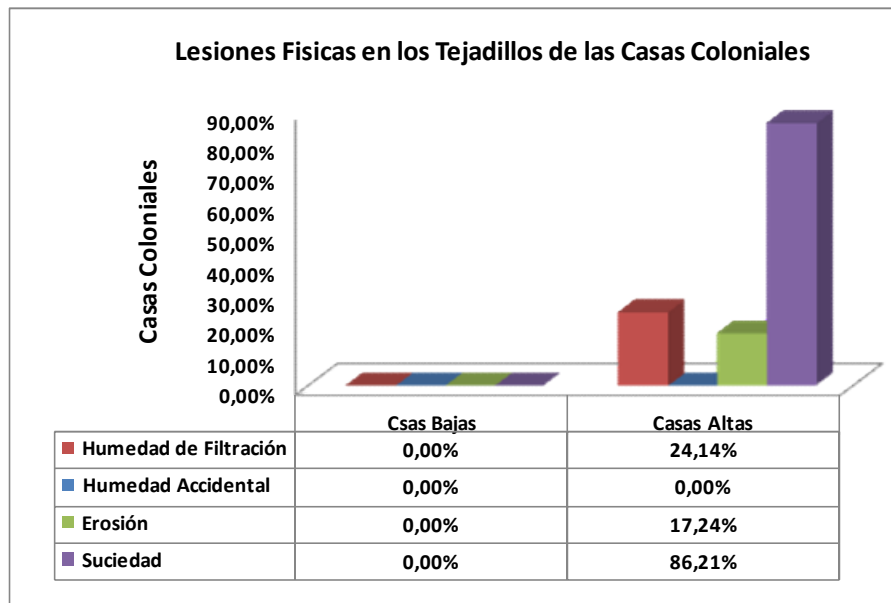
Apéndice xli: lesiones mecánicas en los balcones cubiertos de las casas coloniales

Las estructuras antiguas son, en general, de excelente madera y la degradación suele ser solo puntual. Muchas utilizan duramen, solo atacables por las termitas, y avisan siempre antes del colapso, puesto que las haces de las fibras no se rompen todas a la vez, no produciendo derrumbes repentinos.



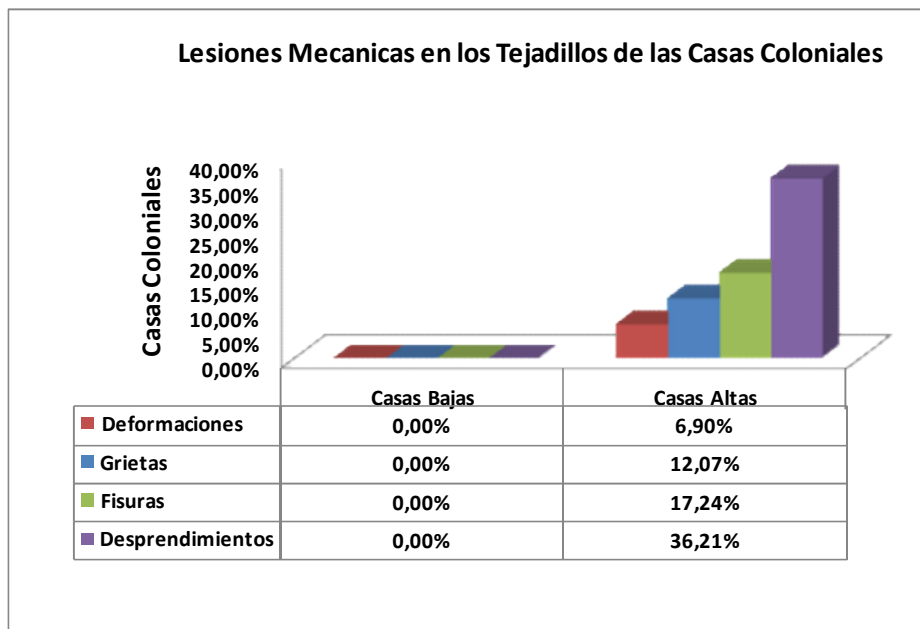
Apéndice xliiii: lesiones químicas en los balcones cubiertos de las casas coloniales

La radiación solar produce oscurecimiento de la madera hacia un tono marrón y, posteriormente, grisáceo. Dicha radiación actúa principalmente a través de los rayos ultravioletas y los rayos infrarrojos. La radiación ultravioleta produce la foto degradación superficial, comenzando por la lignina. Además, los productos degradados son eliminados por la erosión de la lluvia, adquiriendo la superficie una coloración blanquecina. La superficie se puede cubrir de mohos, que viven de la humedad de la madera y de los productos de la foto degradación. (Wikilibros, s.f., párr. 5)



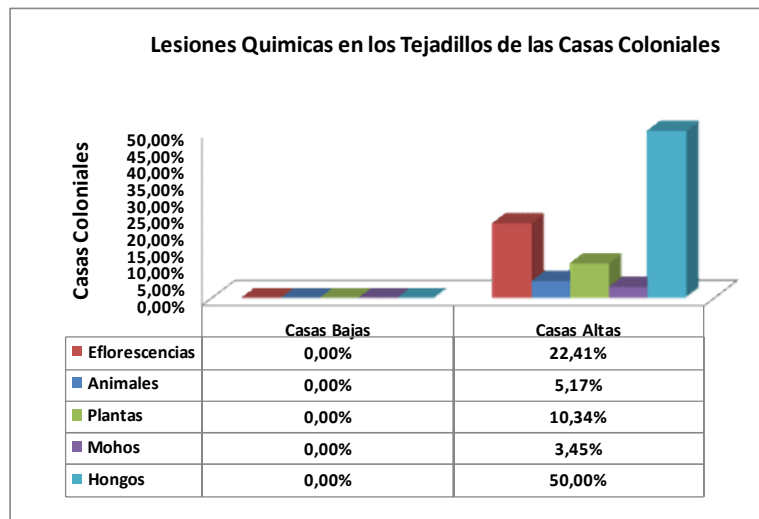
Apéndice xliiii: Lesiones físicas en los tejadillos de las casas coloniales

El fenómeno de ensuciamiento de los tejadillos está estrechamente relacionado con otras lesiones de origen químico, ya que, por ejemplo, las partículas ensuciantes que se adhieren a los tejadillos pueden llegar a reaccionar químicamente con ciertos componentes de los materiales del mismo y provocar peligrosas patologías.



Apéndice xlviii: Lesiones mecánicas en los tejadillos de las casas coloniales

Muchas de las lesiones mecánicas que presentan las tejas de los Tejadillos son originadas por las micro-fisuras que se producen en el momento de su construcción, dando origen posteriormente a las fisuras, grietas o desprendimientos.

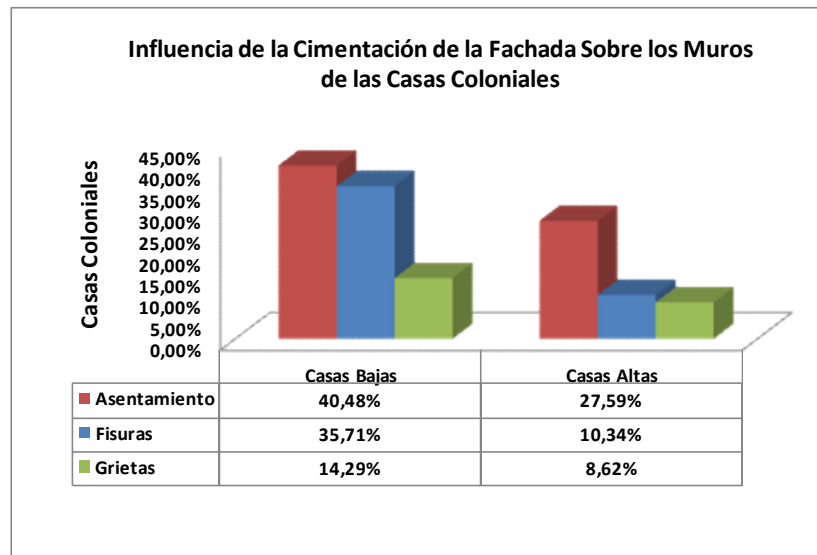


Apéndice lix: Lesiones químicas en los tejadillos de las casas coloniales

Un aspecto importante de los hongos de superficie, es que durante su crecimiento pueden causar daños mecánicos por la acción de las hifas que penetran la microestructura de los materiales cerámicos, y alteraciones químicas debidas al desprendimiento de ácidos orgánicos e inorgánicos y otras sustancias químicas que se producen. Las características más evidentes y notorias de su presencia en una superficie son:

- ❖ La formación de manchas de coloración macromorfológica diferentes (Verdes rosáceos y ceniza oscura).

- ❖ El desagradable olor a moho que impregna el medio ambiente.



Apéndice xlv: Influencia de la cimentación de la fachada sobre los muros de las casas coloniales

Las fisuras debidas a asentamientos diferenciales no aparecen de manera inmediata, sino de forma paulatina, mostrándose los síntomas en los muros antes que en la propia estructura, salvo en los casos de asentamientos bruscos.

No se deben confundir las grietas y fisuras producidas por los asentamientos con las producidas por los desplazamientos. Los asentamientos son deformaciones verticales, mientras que los desplazamientos son deformaciones horizontales.

VIII.1.5 Análisis de la vulnerabilidad cualitativa de las casas del centro histórico de Cartagena de Indias.

Este trabajo de investigación se planteó como una investigación de tipo descriptivo, debido a que se necesitó de la realización de una inspección visual de las edificaciones utilizadas como muestra, para así obtener datos cualitativos que permitieron, mediante los procedimientos y análisis respectivos, caracterizar y determinar el grado de vulnerabilidad de las edificaciones escogidas entre los tres barrios que componen el centro histórico de Cartagena de Indias (Sector Centro, Sector Dan Diego y Getsemaní).



Apéndice xlv: Mapa del Centro Histórico de Cartagena de Indias
(cartagenacaribe.com)

El sector centro está comprendido por casas de altas, el sector San Diego por casas bajas y casas altas pero predominan las casas bajas al igual que en el sector Getsemaní, para el desarrollo de esta investigación se tomaron 5 casas tipos por cada sector o barrio, las cuales fueron evaluadas con el índice de vulnerabilidad de Benedetti.

Para el desarrollo del proyecto se planteó su realización en 6 etapas, que permitieron una ejecución adecuada y eficiente. Estas etapas fueron identificadas como a continuación se especifica: recopilación de información secundaria, análisis de información secundaria, recopilación de información primaria, análisis de información primaria, análisis e interpretación de datos obtenidos y preparación y presentación del informe final.

VIII.1.5.1 Recopilación de información secundaria

En la etapa inicial del proyecto de investigación se realizó la búsqueda y recopilación de la información secundaria relativa al tema de estudio; Recolección de información en trabajos de investigación relacionados con la vulnerabilidad en las edificaciones a nivel nacional e internacional lo cual ayudaría a tener una visión más clara del proyecto que se estaba realizando.

VIII.1.5.2 Análisis de la información secundaria

Se realizó con el fin de obtener conclusiones respecto de los diferentes proyectos de investigación expuestos en la etapa anterior. Además del análisis de información secundaria, esta fase estuvo

soportada con la identificación de las edificaciones que fueron objeto de estudio y los daños sufridos por dichas construcciones, previos a la realización de este proyecto.

VIII.1.5.3 Recopilación de información primaria

Esta etapa se desarrolló a través del método seleccionado para la ejecución de este proyecto. El método utilizado es conocido como índice de vulnerabilidad, es de tipo cualitativo y se basa en la realización de una serie de estudios a partir de inspecciones visuales a las casas de tipología colonial, mediante de una serie de formatos propios del método, se buscaron los posibles riesgos y el grado de vulnerabilidad de las edificaciones.

A continuación se muestra la tabla característica del método que permitió ubicarlas según el grado de vulnerabilidad que presente, es decir, si es alto, medio alto, medio bajo o bajo.

#	Parámetro	KiA	KiB	KiC	KiD	Peso Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.00
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia Convencional	0	5	25	45	1.50
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.00
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.50
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8	Separación Máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.00
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	1.00

Apéndice xviii: Escala numérica de índice de vulnerabilidad de Benedetti
(Caballero, 2007)

A partir de esta tabla, se analizaron los 11 aspectos que allí se mencionan, detallándose los factores de gran importancia como los enmarcados en ella.

VIII.1.5.4 Análisis de información primaria

Luego de la recolección de datos en la etapa anterior se procedió a analizar la información obtenida mediante una suma ponderada de los valores numéricos que expresan la "calidad estructural" de cada uno de los parámetros estructurales y no estructurales.

VIII.1.5.5 Parámetros del método

VIII.1.5.5.1 Organización del sistema resistente

Con este parámetro se evalúa el grado de organización de los elementos verticales prescindiendo del tipo de material. El elemento significativo es la presencia y la eficiencia de la conexión entre las paredes ortogonales con tal de asegurar el comportamiento en "cajón" de la estructura. Se reporta una de las clases:

- A) Edificio construido de acuerdo con las recomendaciones de la norma NSR-98.
- B) Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre, capaces de transmitir acciones cortantes verticales.
- C) Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien unidas.
- D) Edificio con paredes ortogonales no ligadas entre sí.

VIII.1.5.5.1.1 Sistema resistente

Con este parámetro se determina el tipo de mampostería más frecuentemente utilizada, diferenciando, de modo cualitativo, su característica de resistencia con el fin de asegurar la eficiencia del comportamiento en "cajón" de la estructura. La atribución de un edificio a una de las cuatro clases se efectúa en función de dos factores: por un lado, del tipo de material y de la forma de los elementos que constituyen la mampostería. Por otro lado, de la homogeneidad del material y de las piezas, por toda la extensión del muro. A continuación cada una de las clasificaciones del parámetro:

- A) Mampostería en ladrillo o bloques prefabricados de buena calidad. Mampostería en piedra bien cortada, con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro. Presencia de ligamento entre las piezas.
- B) Mampostería en ladrillo, bloques o piedra bien cortada, con piezas bien ligadas más no muy homogéneas en toda la extensión del muro.
- C) Mampostería en piedra mal cortada y con piezas no homogéneas, pero bien trabadas, en toda la extensión del muro. Ladrillos de baja calidad y privados de ligamento.
- D) Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con la inclusión de guijarros y con piezas no homogéneas o privadas de ligamento.

VIII.1.5.5.1.2 Resistencia convencional

Con la hipótesis de un perfecto comportamiento en "cajón" de la estructura, la evaluación de la resistencia de un edificio de mampostería puede ser calculada con razonable confiabilidad. El procedimiento utilizado requiere del levantamiento de los datos:

N: número de pisos.

At: área total cubierta en (m²).

$A_{x,y}$: área total de los muros resistentes en el sentido X e Y respectivamente en (m^2).

El área resistente de los muros inclinados un ángulo α diferente de cero, respecto a la dirección considerada, se debe multiplicar por $(\cos \alpha)^2$.

τ_K : resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en (Ton/m^2). En el caso de que la mampostería se componga de diferentes materiales, el valor de τ_K se determina como un promedio ponderado de los valores de resistencia a cortante para cada uno de los materiales τ_i , utilizando como factor de peso el porcentaje relativo en área A_i de cada uno de ellos.

$$\tau_K = \frac{\sum \tau_i A_i}{\sum A_i} \quad \text{Ecuación 1.0}$$

El coeficiente sísmico C, se define como el factor entre la fuerza horizontal resistente al pie del edificio dividido entre el peso del mismo y está dado por la expresión:

$$C = \frac{a_0 \tau_N}{qN} \sqrt{1 + \frac{qN}{1.5 a_0 \tau_K (1 + \gamma)}} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Donde,

$$A = \min\{A_x; A_y\} \quad \text{Ecuación 1.3}$$

$$B = \max\{A_x; A_y\} \quad \text{Ecuación 1.4}$$

$$a_0 = A/A_y \quad \text{Ecuación 1.5}$$

$$y = B/A \quad \text{Ecuación 1.6}$$

$$q = \frac{(A + B)}{A_x} P_m + P_y \quad \text{Ecuación 1.6}$$

h: altura media de los pisos en (m).

P_m : peso específico de la mampostería en (Ton/m^3).

P_s : peso por unidad de área del diafragma en (Ton/m^2).

- A) Edificio con $\alpha \geq 1$.
- B) Edificio con $0.6 \leq \alpha < 1$.
- C) Edificio con $0.4 \leq \alpha < 0.6$.
- D) Edificio con $\alpha < 0.4$.

VIII.1.5.5.1.3 Posición del edificio y de la cimentación

Con este parámetro se evalúa, hasta donde es posible por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio. Para ello se tiene en cuenta algunos aspectos, tales como: la consistencia y la pendiente del terreno, la eventual ubicación de la cimentación a diferente cota y la presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén. A continuación cada una de las clasificaciones del parámetro:

- A) Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- B) Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- C) Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- D) Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es superior a 1 metro. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.

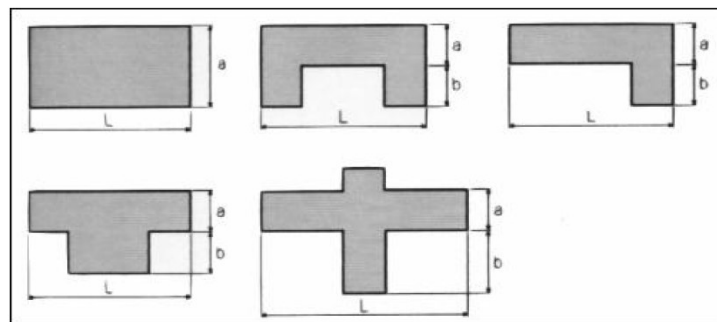
VIII.1.5.5.1.4 Diafragmas horizontales

La calidad de los diafragmas tiene una notable importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos resistentes verticales. A continuación cada una de las clasificaciones del parámetro:

- A) Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza, que satisfacen las condiciones:
 1. Ausencia de planos a desnivel.
 2. La deformabilidad del diafragma es despreciable.
 3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.
- B) Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con la condición 1.
- C) Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las condiciones 1 y 2.
- D) Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

VIII.1.5.5.1.5 Configuración en planta

El comportamiento sísmico de un edificio depende de la forma en planta del mismo. En el caso de edificios rectangulares es significativo la relación $\beta_1 = a / L$ entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor. También es necesario tener en cuenta las protuberancias del cuerpo principal mediante la relación $\beta_2 = b / L$. En la Figura 4.0 se explica el significado de los dos valores que se deben reportar, para lo cual se evalúa siempre el caso más desfavorable.



Apéndice xviii: Configuración en planta de la estructura (Navia, 2007)

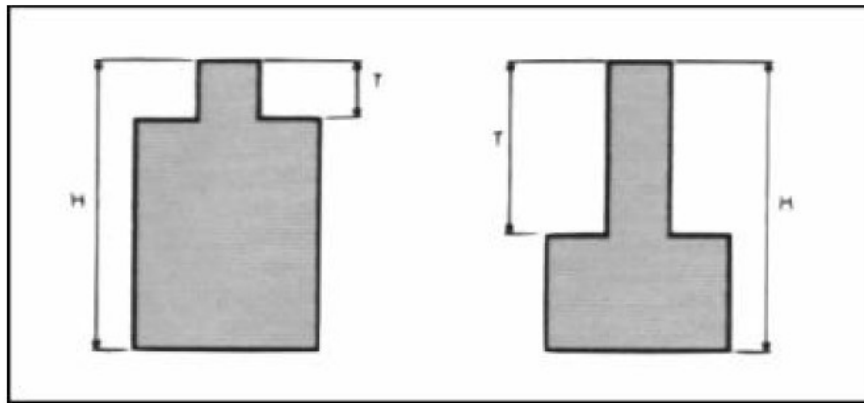
Capítulo VIII. Apéndices

- A) Edificio con $\alpha \geq 1$.
- B) Edificio con $0.6 \leq \alpha < 1$.
- C) Edificio con $0.4 \leq \alpha < 0.6$.
- D) Edificio con $\alpha < 0.4$.

VIII.1.5.5.1.6 Configuración en elevación

En el caso de edificios de mampostería, sobre todo para los más antiguos, la principal causa de irregularidad está constituida por la presencia de porches y torretas. La presencia de porches se reporta como la relación porcentual entre el área en planta del mismo y la superficie total del piso. La presencia de torretas de altura y masa significativa respecto a la parte restante del edificio se reporta mediante la relación T/H. No se deben tener en cuenta las torretas de modesta dimensión tales como chimeneas, escapes de ventilación, etc.

También se reporta la variación de masa en porcentaje $\pm \Delta M/M$ entre dos pisos sucesivos, siendo M la masa del piso más bajo y utilizando el signo (+) si se trata de aumento o el (-) si se trata de disminución de masa hacia lo alto del edificio. La anterior relación puede ser sustituida por la variación de áreas respectivas $\pm \Delta A/A$, evaluando en cualquiera de los dos casos el más desfavorable.

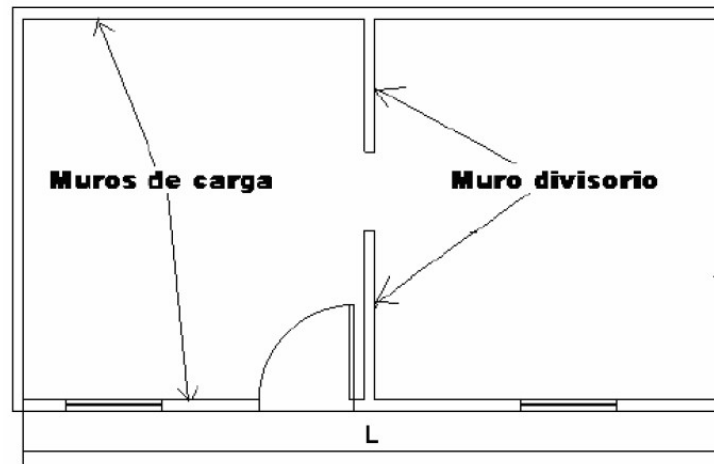


Apéndice xlixv: Configuración en elevación de la estructura
(Navia, 2007)

- A) Edificio con $-\Delta M/M < 10\%$.
- B) Superficie porche $< 10\%$ ó $10\% \leq -\Delta M/M < 20\%$.
- C) Superficie porche $= 10\% \approx 20\%$ ó $-\Delta M/M > 20\%$ ó $T/H < 2/3$.
- D) Superficie porche $> 20\%$ ó $\Delta M/M > 0$ ó $T/H > 2/3$.

VIII.1.5.5.1.7 Distancia máxima entre los muros

Con este parámetro se tiene en cuenta la presencia de muros maestros (de carga) interceptados por muros transversales, ubicados a distancia excesiva entre ellos. Se reporta el factor L/S, donde L es el espaciamiento entre los muros transversales y S el espesor del muro maestro, evaluando siempre el caso más desfavorable.



Apéndice Ixv: Configuración de los muros en planta y su respectiva separación (Navia, 2007)

Edificio con $L/S < 15$.

Edificio con $15 \leq L/S < 18$.

Edificio con $18 \leq L/S < 25$.

Edificio con $L/S \geq 25$.

VIII.1.5.5.1.8 Tipo de cubierta

Se tiene en cuenta con este parámetro, la capacidad del techo para resistir fuerzas sísmicas. A continuación cada una de las clasificaciones del parámetro:

- A) Edificio con cubierta estable y provisto de viga cumbre. Edificio con cubierta plana.
- B) Edificio con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre. Edificio con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.
- C) Edificio con cubierta inestable, provista de viga cumbre.
- D) Edificio con cubierta inestable, sin viga cumbre.

VIII.1.5.5.1.9 Elementos no estructurales

Se tiene en cuenta con este parámetro la presencia de cornisas, parapetos o cualquier elemento no estructural que pueda causar daño a personas o cosas. Se trata de un parámetro secundario, para fines de la evaluación de la vulnerabilidad, por lo cual no se hace ninguna distinción entre las dos primeras clases. A continuación cada una de las clasificaciones del parámetro:

- A) Edificio sin cornisas y sin parapetos. Edificio con cornisas bien conectadas a la pared, con chimeneas de pequeña dimensión y de peso modesto. Edificio cuyo balcón forma parte integrante de la estructura de los diafragmas.
- B) Edificio sin cornisas y sin parapetos. Edificio con cornisas bien conectadas a la pared, con chimeneas de pequeña dimensión y de peso modesto. Edificio cuyo balcón forma parte integrante de la estructura de los diafragmas.
- C) Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared.

- D) Edificio que presenta chimeneas o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal vinculado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de terremoto. Edificio con balcones contruidos posteriormente a la estructura principal y conectada a ésta de modo deficiente.

VIII.1.5.5.1.10 Estado de conservación

A continuación cada una de las clasificaciones del parámetro:

- A) Muros en buena condición, sin lesiones visibles.
- B) Muros que presentan lesiones capilares no extendidas, con excepción de los casos en los cuales dichas lesiones han sido producidas por terremotos.
- C) Muros con lesiones de tamaño medio entre 2 a 3 milímetros de ancho o con lesiones capilares producidas por sismos. Edificio que no presenta lesiones pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la mampostería.
- D) Muros que presentan, un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o, lesiones muy graves de más de 3 milímetros de ancho. (Webserver, s.f., párr.1)

VIII.1.5.5.1.11 Análisis de los parámetros

Esta información, que es analizada por el método de índice de vulnerabilidad VI, se define por la siguiente expresión:

$$VI = \sum_{i=1}^{11} K_i W_i ; \text{ Ecuación 2}$$

Donde los factores K_i , son valores que se obtienen de analizar cada uno de los aspectos en la etapa anterior y los coeficientes W_i , son valores que propone el método para darle importancia a cada uno de los parámetros que determinan la vulnerabilidad en las edificaciones.

Al analizar la ecuación se puede deducir que el índice de vulnerabilidad define una escala continua de valores desde 0 hasta 382.5 que es el máximo valor posible. Este se divide por 3.825 para obtener un valor de índice de vulnerabilidad normalizado a un rango de $0 < I_v < 100$. Para interpretar mejor los resultados que se tienen en el presente estudio se definen los siguientes rangos de vulnerabilidad:

VULNERABILIDAD < 15%: BAJA

$15\% \leq$ VULNERABILIDAD < 35%: MEDIA

VULNERABILIDAD \geq 35%: ALTA

A partir de los resultados que arroje el método de Índice de Vulnerabilidad a través de los anteriores valores mencionados se pudo caracterizar estructuralmente el barrio San Diego del centro histórico de la ciudad de Cartagena.

VIII.1.5.4 Análisis e interpretación de datos obtenidos

Teniendo como base los datos obtenidos anteriormente, se procedió a efectuar el estudio de los mismos utilizando herramientas importantes de Microsoft Office como Excel y Word para facilitar el desarrollo de todo el proyecto. En esta etapa se analizaron los datos obtenidos de cada una de las casas coloniales de la muestra y con base en este análisis se determinaron las posibles fallas en cuanto a la vulnerabilidad estructural del barrio San Diego.

Se analizaron los resultados a través del método de Índice de Vulnerabilidad y con esto se propusieron acciones generales que contribuyan a mejorar el comportamiento estructural y de cierta forma preservar el patrimonio histórico y cultural de la ciudad de Cartagena. Esto estuvo soportado o se desarrolló con la ayuda de expertos en conservación de edificaciones antiguas y en el tema de vulnerabilidad de estructuras. A partir de su conocimiento y experiencia se pudieron plantear recomendaciones de una manera más confiable y segura.

VIII.1.5.5 Preparación y presentación del informe final

Después de haber realizado cada una de las etapas anteriores, se desarrollaron los objetivos propuestos y se llegó a una conclusión sobre la solución al interrogante planteado para el desarrollo de esta investigación, se procedió a preparar un informe final, donde se exponen todos los resultados obtenidos al final del proceso investigativo, además de todos los detalles importantes que conciernen al mismo. (Websserver, s.f., párr.1)

VIII.1.5.6 Análisis del índice de vulnerabilidad del sector centro

Organización del sistema resistente (1.00)

Para proceder en la evaluación del parámetro se debe considerar la antigüedad del edificio, y si en la construcción del mismo se tuvo en cuenta una normatividad que la regulase u otro tipo de guía constructiva. Teniendo esto como referencia el parámetro se delimito de la siguiente manera:



Apéndice Ixvi: Fachada de vivienda modelo

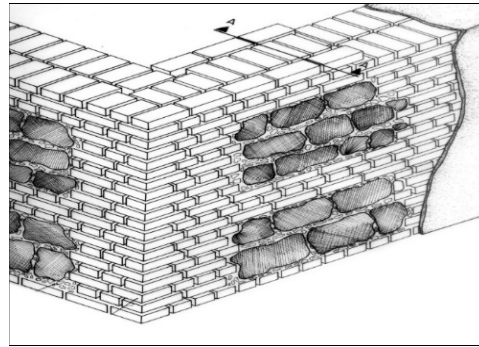
En primer lugar se debe considerar el año de construcción de las edificaciones, cuyo periodo de tiempo se encuentra alrededor del siglo XVII y XVIII, aunque posteriormente con la intención de preservarlas han sido objeto de diferentes procesos de restauración y conservación, por lo tanto estas construcciones no califican para la primera clasificación del parámetro (A), debido a que no fue construida bajo la norma NSR-10.

Igualmente tratándose de edificaciones de tal antigüedad, no se contempló en su construcción conexiones mediante vigas de amarre en ninguna de sus plantas, por lo tanto no califica para la segunda clasificación del parámetro (B)

De la clasificación (C) podemos decir que el edificio no presenta vigas de amarre apropiadas en todas sus plantas, en cambio sí se presentan paredes ortogonales bien unidas, por tanto es en esta clasificación en la cual califica el edificio.

Calidad del sistema resistente (0.25)

Para la evaluación de este parámetro se tuvo en cuenta los materiales y la manera en que se compone la mampostería. También se consideró la uniformidad de los materiales en toda la extensión de los muros. Para hacer el análisis de este parámetro se tuvo en cuenta que en la construcción colonial cartagenera, casi siempre la mampostería es a base de piedra sillar, ladrillo y piedra marina de canto irregular. Con estos materiales se construyeron la mayoría de muros con el sistema de “mampostería mixta”, que consiste en el predominio del ladrillo sobre la piedra y de la piedra sobre el ladrillo, con una, dos, tres o más hiladas de ladrillo concepto de construcción mudéjar muy usual en península ibérica se aplicó en Cartagena de indias en muchas edificaciones, civiles religiosas o militares. (Cabrera Cruz, 1991)



Apéndice Ixvii: Muro Mixto
(Cabrera Cruz, Alfonso)

Se observa que debido a los materiales usados y los métodos constructivos empleados en la mampostería como piedra irregular mal trabada o ladrillo con piezas no homogéneas, tenemos que la clasificación apropiada para el parámetro en la opción (D).

Resistencia convencional (1.5)

Realizadas las inspecciones visuales y toma de datos necesarios para el análisis de este parámetro, tales como el área total de la cubierta, el número de pisos, la altura media de piso, el área resistente en cada sentido, el peso específico de la mampostería y el peso por unidad de área de diafragma. Según ensayos de laboratorio para muros de mampostería (Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes en 1990) $n = 15,0 \text{ T/m}^2$ para mampostería confinada y $n = 7,5 \text{ T/m}^2$ para mampostería no confinada. (Navia, 2007)

RESISTENCIA CONVENCIONAL	VALOR
N: número de pisos	2
At: área total cubierta m ²	284,315
Tk: resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en Ton/m ²	7,5
H: altura media del piso en m	4,10
Pm: peso específico de la mampostería Ton/m ³	2.2
Ps: peso por unidad de área del diafragma Ton/m ²	0.72

Apéndice Ixviii: Descripción de la Vivienda

PRIMERA PLANTA	
Ax	Ay
244,596	395,800

Apéndice Ixix: Área de los muros en X y Y.

SEGUNDA PLANTA	
Ax	Ay
244,596	395,800

Apéndice lxxi: Área de los muros en X y Y.

B	Y	a0	Q	C	C	α
395,800	1,618181	0,860299	21,03682	0.1	1,0005359	10,00535

Apéndice lxxii: Resultado del Cálculo del Parámetro.

Analizando los resultados obtenidos, podemos observar que el valor de α es mayor que 1, por lo tanto califica en la clasificación (A) del parámetro.

Posición del edificio y de la cimentación (0.75)

Para el análisis de este parámetro se tuvo en cuenta aspectos importantes tales como la consistencia y la pendiente del terreno, la eventual ubicación de la cimentación a diferente cota y la presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén, con el fin de saber cómo repercute el terreno y la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio.

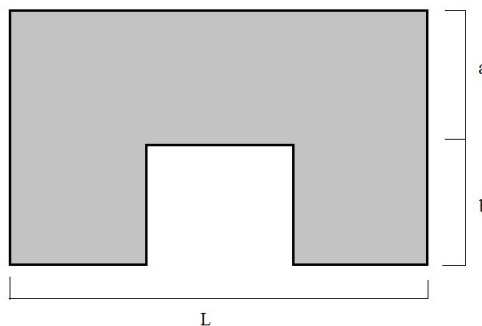
A través de este trabajo investigativo se pudo determinar que en todo el sector del centro histórico de la ciudad de Cartagena, se encuentra mayormente un suelo de arena limosa gris fina, con china, caracuchas menudas y piedra coralina. Además se tomó como referencia un estudio proporcionado por el ingeniero Guilliam Barboza realizado por Sujey María Bermúdez Pérez y Martin Rafael Bohórquez Marrugo titulado “EVALUACION DEL POTENCIAL DE LICUACION Y COMPORTAMIENTO SISMICO DE LOS DEPOSITOS DE PLAYA EN EL CASCO URBANO DE CARTAGENA”, el cual establece que la licuación del suelo en este sector es relativamente baja. Por tanto se toma como un terreno estable, no obstante no se considera un buen suelo.

De igual manera a través de visitas al sector, se constató que las pendientes existentes en el terreno son mínimas y la fundación se encuentra ubicada en una misma cota, por lo cual en la evaluación el parámetro la edificación se califica en la opción (A).

Diafragmas Horizontales (1.00)

Debido a la presencia de diafragma no rígido se procede a clasificarlo de acuerdo con las características del parámetro. Estos diafragmas no poseen conexiones eficaces con los muros estructurales, además de que la deformabilidad del diafragma a su vez no es despreciable. De acuerdo a lo anterior se puede decir que este parámetro está en clasificación (C).

Configuración en Planta (0.50)



Apéndice lxxiii: Forma de la Edificación

Conforme a la forma de la edificación se tienen los siguientes valores:

CONFIGURACION EN PLANTA	VALOR(m)
A	6,34
L	31,25
B	4,42

Apéndice Ixxiv: Distancia en Planta de la Edificación

$\beta 1$	0,2028800
$\beta 2$	0,1414400

Apéndice Ixxv: Calculo del Parámetro

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación del parámetro tenemos que $\beta 1$ es menor que 0,4, por lo tanto la edificación se clasifica con la opción (D).

Configuración en elevación (1.00)

En la evaluación realizada en esta edificación no se encontraron porches o torretas, por tanto solo se tendrá en cuenta para el análisis del parámetro la diferencia de área entre las plantas.

CONFIGURACION EN ELEVACION	
T: distancia de la irregularidad	0
H: altura total del edificio	8,50
A: área del piso de abajo	284,315
ΔA : cambio de área	0
Área de porche	0

Apéndice Ixxvi: Características en Elevación de la Edificación

T/H	$\Delta A/A$ (%)	Δ porche
0	0	0

Apéndice Ixxvii: Resultados del Parámetro

De los resultados anteriormente expuestos esta edificación se califica en la opción (A), dado que no se encuentra una diferencia de área entre las dos plantas, y no presenta protuberancias en altura.

Distancia máxima entre muros (0.25)

Para analizar este parámetro se consideró la distancia entre muros transversales y el espesor del muro maestro. Obteniendo la relación L/S para la circunstancia más desfavorable.

DISTANCIA ENTRE MUROS	Distancia(m)
L: Espaciamiento de los muros transversales	5,90
S: Espesor del muro maestro	0.60

Apéndice lxxviii: Distancia y espesores de muros transversales

L/S
9,833

Apéndice lxxix: Relación entre la distancia y espesor de muros transversales
Fuente: Autores

Con el valor obtenido anteriormente la calificación para este parámetro es la opción (A).

Tipo de cubierta (1.00)

Para este parámetro se distinguieron 4 aspectos muy importantes, los cuales son: la estabilidad de la cubierta, si se encuentra bien sujeta a las paredes ortogonales, su pendiente y si posee viga cumbreira. Además de esto se tuvo como referencia diferentes trabajos investigativos suministrados por el arquitecto Alfonso Cabrera Cruz, docente de la universidad de Cartagena, como el artículo realizado por Alfonso Cabrera Cruz y Rosa Martínez Vásquez, titulado “LA HERENCIA HISPANO MUSULMANA EN LA ARQUITECTURA DE CARTAGENA DE INDIAS” donde se determina la predominancia de la carpintería hispano-musulmana en todo el casco antiguo de la ciudad, con la construcción de cubiertas con armaduras “a par y nudillo” y “a par e hilera”. De las aproximadamente 1700 construcciones coloniales que se encuentran en la ciudad de Cartagena, un tercio de éstas contaron con el sistema de “par y nudillo” en sus cubiertas, mientras que las casas restantes contaron con el sistema de “par e hilera”



Apéndice lxxx: Cubierta



Apéndice lxxxi: Cubierta

En esta primera edificación encontramos una cubierta tipo “par y nudillo”, la cual brinda una mayor estabilidad, además de que cuenta con viga cumbre, por lo que la clasificación más adecuada es la (B).

Elementos no estructurales (0.25)

Para calificar adecuadamente este parámetro se tienen en cuenta los diferentes elementos no estructurales que podrían comprometer la integridad de los usuarios en el caso de que fallen. Para esto se debe verificar si en la edificación se encuentran algunos de los siguientes elementos:

- Parapetos
- Cornisas
- Balcones
- Chimeneas

Es por esto que la clasificación apropiada para esta edificación es la opción (B) por que presenta elementos como cornisas bien conectadas a la pared y balcones vinculados al diafragma.



Apéndice lxxii: Cornisas y Balcones

Estado de conservación (1.00)

Para la evaluación del parámetro se observaron las distintas lesiones capilares evidentes en algunos muros. Se encontró que esta edificación posee lesiones de tamaño mayor a 3 milímetros de ancho, además se encontraron paredes con signos de humedad superficial, por lo cual la edificación se calificó en clasificación (D).



Apéndice Ixxxiii: Lesiones Capilares



Apéndice Ixxxiv: Lesiones capilares.

VIII.1.5.6.1 Análisis de la casa

PARAMETROS	A	B	C	D	Wi
1. Organización del sistema resistente.			20		1,00
2. Calidad del sistema resistente.				45	0,25
3. Resistencia convencional.	0				1,50
4. Posición del edificio y cimentación.	0				0,75
5. Diagramas horizontales.	0				1,00
6. Configuración en planta.				45	0,50
7. Configuración en elevación.	0				1,00
8. Distancia máxima entre muros.	0				0,25
9. Tipo de cubierta.		15			1,00
10. Elementos no estructurales.	0				0,25
11. Estado de conservación.			25		1,00

Apéndice Ixxxv: Resultado de los parámetros de la casa del Barrio Centro

Posteriormente se realizó el cálculo del IV con la sumatoria del producto de la clasificación tomada en cada parámetro por el factor de importancia del mismo.

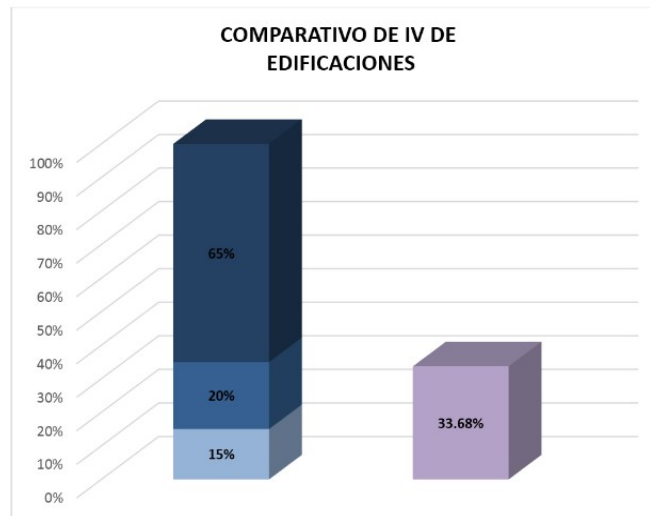
$$IV = 128,75$$

Para conocer el índice de vulnerabilidad en una escala normalizada se divide el puntaje de IV obtenido entre el máximo puntaje de IV posible, y se multiplica por 100 para obtener el porcentaje.

$$IV = (128,75 / 382,25) * 100$$

$$IV = 33,68\%$$

Como el IV está comprendido entre el 15% y el 35%, esta edificación cuenta con un índice de vulnerabilidad medio.

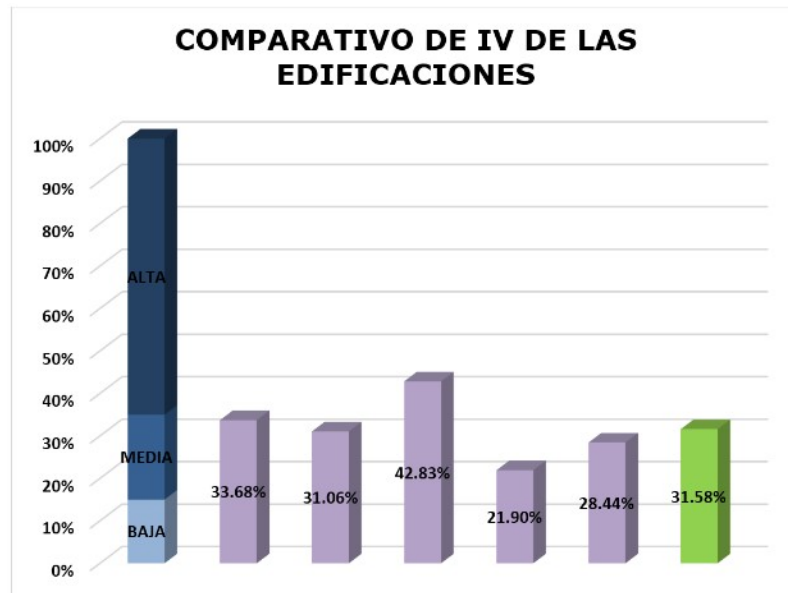


Apéndice lxxxvi: Resultado de la Casa del Barrio Centro

VIII.1.5.6.2 Tabla de resultados de las casas del barrio centro

PARAMETROS	INDICE DE VULNERABILIDAD DE CASAS ALTAS DE TIPO COLONIALES DEL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA				
	CASA N°1	CASA N°2	CASA N°3	CASA N°4	CASA N°5
	P1	C	C	C	C
P2	D	D	D	D	D
P3	A	A	A	A	A
P4	A	A	A	A	A
P5	C	C	C	C	C
P6	D	D	D	C	D
P7	A	A	C	A	C
P8	A	A	A	A	A
P9	B	C	C	C	B
P10	A	A	A	A	A
P11	C	C	D	A	A
IV%	33,68%	31,06%	42,83%	21,90%	28,44%
IV% PROMEDIO	31,58% INDICE DE VULNERABILIDAD MEDIO				

Apéndice lxxxvii: Resultado promedio de todas las viviendas estudiadas



Apéndice lxxxviii: Resultado promedio de todas las viviendas estudiadas en el Barrio Centro

VIII.1.5.7 Análisis del índice de vulnerabilidad de una en el barrio San Diego
Organización del Sistema Resistente (1.00)



Apéndice lxxxix: Fachada de vivienda modelo

Análogamente a la primera edificación, esta vivienda también es una construcción bastante antigua por lo que no está hecha de acuerdo con la norma sismo resistente actual. Pero como cuenta con paredes ortogonales bien unidas, pero no con viga de amarres, entonces para la vivienda la clasificación más adecuada para este parámetro es la (C).

Calidad del sistema resistente (0.25)

Estas viviendas antiguas son realizadas en mampostería de piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad y con piezas no homogéneas, por lo que la mejor clasificación para este parámetro sería la opción (D).

Resistencia convencional (1.5)

Con los datos obtenidos en campo tales como el número de pisos, el área total de la cubierta, las áreas resistentes en cada sentido, la altura media del piso, se procedió a averiguar la resistencia cortante de mampostería, el peso específico de la mampostería y el y el peso por unidad de área de diafragma. Según ensayos de laboratorio para muros de mampostería (Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes en 1990) $n = 15,0 \text{ T/m}^2$ para mampostería confinada y $n = 7,5 \text{ T/m}^2$ para mampostería no confinada. (Navia, 2007).

RESISTENCIA CONVENCIONAL	VALOR
N: número de pisos	2
At: área total cubierta m ²	120.1
Ax,y: área total resistente del muro en x y y.	92.47
Tk: resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en Ton/m ²	7,5
H: altura media del piso en m	3.13
Pm: peso específico de la mampostería Ton/m ³	2.2
Ps: peso por unidad de área del diafragma Ton/m ²	0.72

Apéndice xc: Características de la edificación

PISO 1	
Ax	Ay
92.47	108.43

Apéndice xci: Área de los muros en x y en y del piso 1

PISO 2	
Ax	Ay
92.47	102.26

Apéndice xcii: Área de los muros en x y en y del piso 2

B	Υ	a0	Q	Ɔ	C	$\dot{\alpha}$
108.43	1.172596518	0.9056807052	14.26943585	0.1	0.3601174812	3.601174812

Apéndice xciii: Resultado del índice de resistencia convencional

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el software Excel, se tiene que la estructura clasificaría en este parámetro como (A), debido a que el valor de $\dot{\alpha}$ es mayor a 1.

Posición del edificio y de la cimentación (0.75)

De manera similar a la primera vivienda, esta edificación presenta una consistencia estable del suelo y pendientes muy bajas, mucho menores al 10%, además las construcciones están ubicadas a una misma cota y no hay presencia de empuje no equilibrado, por tal razón la opción más adecuada para el parámetro, teniendo en cuenta lo anterior, sería la (A).

Diafragmas horizontales (1.00)

Para esta casa se evidencia una modificación en la tipología de casa colonial ya que se utiliza una losa en concreto. A este tipo de casa colonial se le llama casa colonial sobre republicana. Por lo cual,

debido a la presencia de diafragma horizontal se procede a clasificarlo de acuerdo con las características del parámetro. Estos diafragmas poseen conexiones eficaces con los muros estructurales, además de que no hay desniveles en estos. De acuerdo a lo anterior se puede decir que este parámetro está en clasificación (A).

Configuración en planta (0.50)



Apéndice xciv: Forma de la vivienda

De acuerdo con las condicionales de forma se tiene que:

CONFIGURACION EN PLANTA	VALOR(m)
A	10,48
L	11.46
B	1.1

Apéndice xcvi: Distancias en planta de la edificación

$\beta 1$	0.9144851658
$\beta 2$	0.09598603839

Apéndice xcvi: Resultado del parámetro “configuración en planta”

A partir del criterio que destaca el método trabajado, donde B1 es mayor a 0.8 y B2 es menor a 0.1, la estructura se clasifica como (A).

Configuración en elevación (1.00)

En esta edificación no se presentan ningún tipo de porches y torretas por lo cual los dos últimos aspectos no serán analizados en este parámetro, pero como es una casa de dos pisos por lo que se compararan el área de las dos plantas.

CONFIGURACION EN ELEVACION	
T: distancia de la irregularidad	0
H: altura total del edificio	7,26
A: área del piso de abajo	120.1
ΔA : cambio de área	0
Área de porche	0

Apéndice xviii: Características en elevación de la edificación

T/H	$\Delta A/A$ (%)	Δ porche
0	0	0

Apéndice xcix: Resultados del parámetro “configuración en elevación”

De acuerdo a lo anterior en este aspecto la edificación se cataloga como clasificación (A), puesto que no presenta aumento de área entre los pisos y no cuenta con salidas o protuberancias en altura.

Distancia máxima entre muros (0.25)

Para este parámetro se tiene en cuenta la distancia entre muros transversales y se compara con el espesor del muro de carga. A partir de lo anterior se evalúa la condición más desfavorable, es decir, donde la relación sea mayor.

DISTANCIA ENTRE MUROS	Distancia(m)
L: Espaciamiento de los muros transversales	9.54
S: Espesor del muro maestro	0.47

Apéndice c: Distancia y espesor de muros transversales

L/S
20.29787234

Apéndice ci: Relación entre la distancia y espesor de muros transversales

De acuerdo a lo anterior, se obtuvo una relación de 20.3, por lo cual se encuentra en el rango evaluado entre 18 y 25, es por eso que la clasificación más adecuada es la (C).

Tipo de cubierta (1.00)

Para este parámetro se distinguieron 4 aspectos muy importantes, los cuales son: la estabilidad de la cubierta, si se encuentra bien sujeta a las paredes ortogonales, su pendiente y si posee viga cumbreira.

Análogamente a la primera edificación, en esta vivienda se presenta una cubierta tipo “par y nudillo”, por lo que la clasificación más adecuada es la (D).

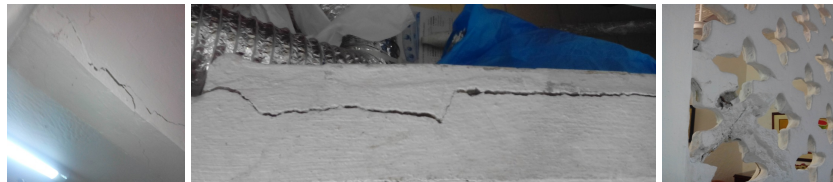
Elementos no estructurales (0.25)

La vivienda posee una clasificación (C) debido a que presenta algunos elementos de pequeña dimensión como cornisas y parapetos que se encuentran no muy bien vinculadas a la pared.



Apéndice cii: Cornisas y parapetos de la edificación.

Estado de conservación (1.00)



Apéndice ciii: Humedad y grietas mayores a 3 mm

En este parámetro se tuvo en cuenta las lesiones capilares que han sufrido algunos muros. Se encontró que esta edificación tiene cuenta con algunas lesiones mayores a 3 mm de ancho, además posee paredes con estado de humedad que causan cierto deterioro en el concreto, por lo cual se ubica la edificación en una clasificación (D).

VIII.1.5.7.1 Análisis de la casa

PARAMETROS	CLASE Ki				PESO
	A	B	C	D	Wi
1. Organización del sistema resistente.			20		1,00
2. Calidad del sistema resistente.				45	0,25
3. Resistencia convencional.	0				1,50
4. Posición del edificio y cimentación.	0				0,75
5. Diagramas horizontales.	0				1,00
6. Configuración en planta.	0				0,50
7. Configuración en elevación.	0				1,00
8. Distancia máxima entre muros.			25		0,25
9. Tipo de cubierta.				45	1,00
10. Elementos no estructurales.			25		0,25
11. Estado de conservación.				45	1,00

Apéndice civ: Resultado de los parámetros de la casa del Barrio San Diego
Fuente: Autores

Se evalúa el índice de vulnerabilidad multiplicando la clasificación que dio de cada parámetro por el factor de importancia de cada uno. Se obtiene un índice de vulnerabilidad en una escala de 0 a 382.5 de:

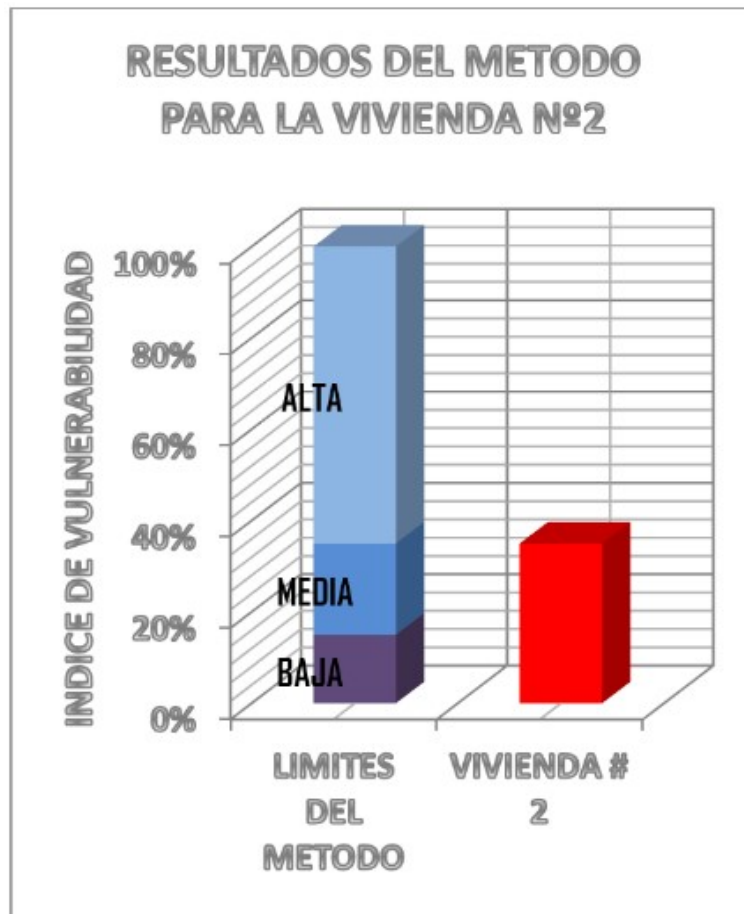
$$IV = 133.75$$

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se divide entre 3.825 y se obtiene:

$$IV = 133.75/3.825$$

$$IV = 34.97\%$$

Como el valor es menor al 35% y mayor al 15%, entonces esta estructura presenta un índice de vulnerabilidad medio.



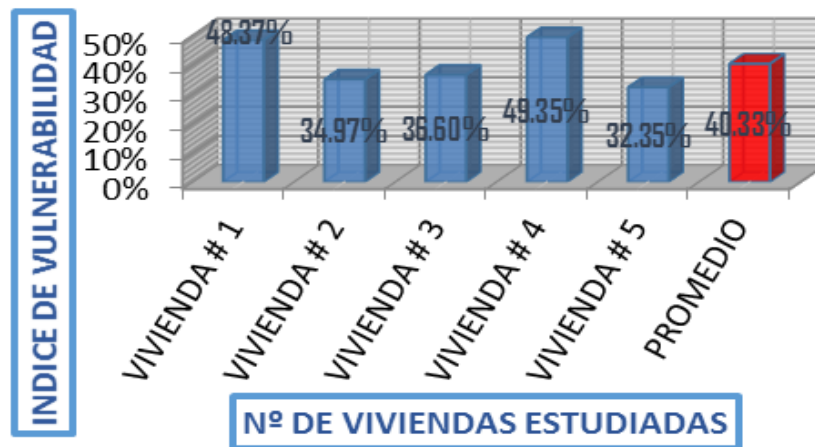
Apéndice cv: Resultado de la Casa del Barrio San Diego

VIII.1.5.7.2 Tabla de resultados de las casas del barrio San Diego

PARAMETROS	INDICE DE VULNERABILIDAD DE CASAS COLONIALES DEL BARRIO SAN DIEGO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA				
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
	CALLE SAN PEDRO MARTIR	CALLE DE LA BOMBA	CALLE EL JARDIN	CALLE DEL QUERO	CALLE NUESTRA SEÑORA DEL PILAR
P1	C	C	C	C	C
P2	D	D	D	D	D
P3	A	A	A	A	A
P4	A	A	A	A	A
P5	D	A	D	D	D
P6	C	A	C	D	B
P7	A	A	A	A	A
P8	C	C	C	A	A
P9	D	D	D	D	D
P10	B	C	B	B	B
P11	D	D	A	D	A
IV%	48.37%	34.97%	36.6%	49.35%	32.35%
IV% PROMEDIO	40.33% INDICE DE VULNERABILIDAD ALTO				

Apéndice cvi: Resultado promedio de todas las viviendas estudiadas

MUESTRA DE LAS CASAS COLONIALES UTILIZADAS EN EL ESTUDIO



Apéndice cvii: Resultado promedio de todas las viviendas estudiadas en el Barrio San Diego

VIII.1.5.8 Análisis del índice de vulnerabilidad de una casa en el barrio Getsemaní

Organización del sistema resistente (1.00)



Apéndice cviii: Fachada de vivienda modelo

Análogamente a la primera edificación, esta vivienda también es una construcción bastante antigua por lo que no está hecha de acuerdo con la norma sismo resistente actual. Pero como cuenta con paredes ortogonales bien unidas, pero no con viga de amarres, entonces para la vivienda la clasificación más adecuada para este parámetro es la (C).

Calidad del sistema resistente (0.25)

Esta edificación, el tipo de material y la forma de los elementos que constituyen la mampostería es diferente a la primera, puesto que presenta piezas irregulares mal cortadas y mal trabadas, con ladrillos de baja calidad y privadas de ligamentos. Dado este caso la clasificación de esta vivienda para este parámetro es (D).

Resistencia convencional (1.5)

Para el análisis de este parámetro se obtuvo la siguiente información después de realizadas las vistas de campo para el estudio de la vivienda:

RESISTENCIA CONVENCIONAL	VALOR
N: número de pisos	1
At: área total cubierta m ²	166.46
Tk: resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en Ton/m ²	7,5
H: altura media del piso en m	4.0
Pm: peso específico de la mampostería Ton/m ³	2.2
Ps: peso por unidad de área del diafragma Ton/m ²	0.72

Apéndice cix: Descripción de la Edificación.

PRIMERA PLANTA	
Ax	Ay
175,08	314,28

Apéndice cx: Área de los muros en X y Y

B	Y	a0	Q	C	C	α
314,28	1,795065	1,051784	26,590287	0,1	0,398456	3,98456

Apéndice cxi: Resultado del Cálculo del Parámetro.

Analizando los resultados obtenidos, podemos observar que el valor de α es mayor que 1, razón por la cual la clasificación para esta edificación en el parámetro es (A).

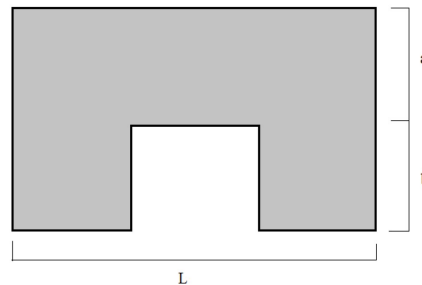
Posición del edificio y de la cimentación (0.75)

En este parámetro la clasificación para esta edificación es análoga a la de la primera vivienda en estudio, puesto que ambas se encuentran en pendiente menor al 10%, en un terreno que según fuentes de información se considera estable y que no hay presencia de empuje no equilibrado por terraplén, por lo tanto, se encuentra en clasificación (A).

Diafragmas horizontales (1.00)

Esta edificación es antigua y no tiene remodelaciones considerables es su estructura, por lo cual no cuenta con diafragmas horizontales además de ser de una sola planta, característica que la ubica en la clasificación (D) de este parámetro al no cumplir con ninguno de los aspectos tenidos en cuenta para el análisis del mismo.

Configuración en planta



Apéndice cxii: Forma de la vivienda

De acuerdo a la forma en planta de la edificación se tienen los siguientes resultados:

CONFIGURACIÓN EN PLANTA	VALOR(m)
A	5,77
L	19,73
B	2,71

Apéndice cxiii: Distancia en planta de la vivienda.

β_1	0,29244804
β_2	0,13735428

Apéndice cxiv: Calculo del Parámetro.

De acuerdo con los criterios del parámetro, $B < 0.40$, motivo por el cual se encuentra en la clasificación (D).

Configuración en elevación (1.00)



Apéndice cxv: Elevación de la Vivienda

Al igual que las otras viviendas estudiadas, de acuerdo con las características del parámetro se puede determinar que la clasificación adecuada en él es (A), puesto que no hay presencia de porches y torretas evidenciadas en la inspección visual de la vivienda y además es de una sola planta.

Distancia máxima entre muros (0.25)

Para el análisis de este parámetro se escoge la distancia a luz más grande entre los muros transversales y el espesor de los muros estructurales.

DISTANCIA ENTRE MUROS	Distancia(m)
L: Espaciamento de los muros transversales	6,30
S: Espesor del muro maestro	0.30

Apéndice cxvi: Distancia y espesores de muro.

L/S
21

Apéndice cxvii: Relación entre la distancia y espesor de muros transversales.

Fuente: Autores

De acuerdo a lo anterior, se obtuvo una relación de 21, por lo cual se encuentra en el rango entre 18 y 25, es por eso que la clasificación es la (C).

Tipo de cubierta (1.00)

De acuerdo con el tipo de cubierta en esta vivienda “par y nudillo” de dos aguas y teniendo en cuenta los aspectos que se priorizan en este parámetro, que son:

- a). La estabilidad.

- b). Pendiente.
- c). Empotramiento en los muros.
- d). La existencia de viga cumbreira.

La clasificación de esta edificación para este parámetro es (D), puesto que no posee viga cumbreira y debido a su gran pendiente, y estado de deterioro por antigüedad presenta una inestabilidad considerable.



Apéndice cxviii: Cubierta de la Vivienda

Elementos no estructurales (0.25)

En el análisis visual realizado en esta vivienda se encontró la presencia de cornisas y parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de un movimiento sísmico, por esta razón la casa en este parámetro se ubica en clasificación (D).



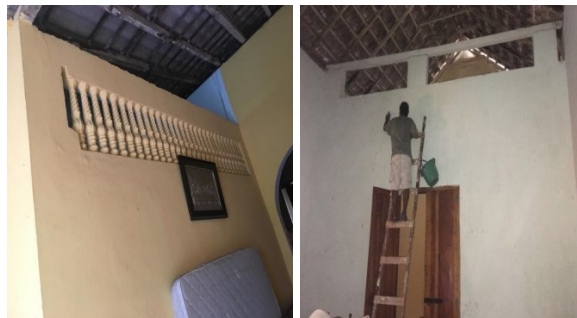
Apéndice cxix: Elementos no estructurales



Apéndice cxx: Elementos no estructurales

Estado de conservación (1.00)

Una vez realiza la inspección visual del lugar y analizado el buen estado de conservación de los muros de la edificación se evidencian lesiones capilares no extendidas, y se clasifican la vivienda en el rango (B) del parámetro. (Ospino & Torres, 2016, p. 64)



Apéndice cxxi: Conservación de Muros

VIII.1.5.8.1 Análisis de la casa

PARÁMETROS	CLASE Ki				PESO Wi
	A	B	C	D	
1. Organización del sistema resistente.			20		1,00
2. Calidad del sistema resistente.				45	0,25
3. Resistencia convencional.	0				1,50
4. Posición del edificio y cimentación.	0				0,75
5. Diagramas horizontales.				45	1,00
6. Configuración en planta.				45	0,50
7. Configuración en elevación.	0				1,00
8. Distancia máxima entre muros.			25		0,25
9. Tipo de cubierta.				45	1,00
10. Elementos no estructurales.				45	0,25
11. Estado de conservación.		5			1,00

Apéndice cxxii: Resultado de los parámetros de la casa del barrio Getsemaní

Se evalúa el índice de vulnerabilidad multiplicando la clasificación que dio cada parámetro por el factor de importancia de cada uno. Se obtiene un índice de vulnerabilidad en una escala de 0 a 383.5 siendo IV=166.25

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se divide entre 3.825 y se obtiene: IV=166.25/3.825 entonces; IV= 43.43%

Como el valor es mayor al 35%, entonces esta estructura presenta un índice de vulnerabilidad alto.

VIII.1.5.8.2 Tabla de resultados de las casas del barrio Getsemaní

PARÁMETROS	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE CASAS COLONIALES DEL BARRIO GETSEMANÍ DE LA CIUDAD DE CARTAGENA				
	CASA N°1	CASA N°2	CASA N°3	CASA N°4	CASA N°5
P1	C	C	C	C	C
P2	C	D	C	C	D
P3	A	A	A	A	A
P4	A	A	A	A	A
P5	D	D	D	D	D
P6	A	D	D	A	A
P7	A	A	A	A	A
P8	A	B	A	A	A
P9	B	C	B	B	D
P10	B	B	D	B	B
P11	B	A	D	B	D
IV%	36,6%	43,46%	44,44%	41,2%	52,28%
IV% PROMEDIO	43,59% ÍNDICE DE VULNERABILIDAD ALTO				

Apéndice cxiii: Resultado promedio de todas las viviendas estudiadas



Apéndice cxxiv: Resultado promedio de todas las viviendas estudiadas en el Barrio Getsemaní

VIII.1.6 Análisis de la vulnerabilidad cuantitativa de las tipologías de casas del centro histórico de Cartagena de Indias.

VIII.1.6.1 Estudio de caso de la casa de tipología colonial cartagenera

Como caso de estudio se presenta la secuencia del análisis sísmico a realizar en una casa de tipología colonial.

VIII.1.6.1.1 Normas de cálculo

Para la evaluación y revisión de la vulnerabilidad cuantitativa de la casa colonial de Cartagena de Indias, se aplicaron las normas y reglamentos locales, nacionales e internacionales dispuestos para las edificaciones declaradas como patrimonio histórico, con las modificaciones y adaptaciones requeridas para el análisis de este tipo de edificaciones.

VIII.1.6.1.2 Métodos de análisis

Los métodos de análisis propuestos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, están basados en criterios de resistencia. Es por ello que en el desarrollo de este estudio se hizo necesario el uso de métodos basados en criterios de desempeño, específicamente el método de espectro capacidad-demanda (ATC-40,1996), el cual mediante un análisis estático no lineal de plastificación progresiva permite a través de una representación gráfica estimar el desempeño sísmico de la estructura, comparándolo con el espectro de capacidad para determinar el llamado punto de desempeño sísmico que nos permite determinar el nivel de desempeño esperado.

VIII.1.6.1.3 Materiales de construcción

Las casas del centro histórico de Cartagena de Indias poseen en su estructura algunos de los tres tipos de muros de muros que se listan a continuación:

- *Muro Tipo A: Muro de Ladrillo.*
- *Muro tipo B: Muro de piedra, ladrillo y argamasa de cal.*
- *Muro tipo C: Muro de cascoteo.*
- *Muro tipo D: Muro de pedazos de ladrillo, piedra y coral triturado.*

Muros de la casa de tipología Colonial				
Muros	ϕ_i	ϕ_a	E	E_R
A	0.74	0.80	36.00 kg/cm ²	21.31 kg/cm ²
B	0.73	0.72	36.00 kg/cm ²	18.92 kg/cm ²
C	0.69	0.67	20.16 kg/cm ²	9.320 kg/cm ²
D	0.73	0.72	28.80 kg/cm ²	15.14 kg/cm ²

Apéndice cxxv: Módulo de elasticidad de los muros de la casa colonial

VIII.1.6.1.4 Análisis de cargas gravitacionales

Entrepisos

Loseta h=7 cm	=	140.00 Kg/m ²
Posibles Muros	=	300.00 Kg/m ²
Acabados	=	80.00 Kg/m ²
Entablado 1”	=	6.00 Kg/m ²
C. Muerta	=	526.00 Kg/m²
C. Viva	=	200.00 Kg/m²
Q	=	726.00 Kg/m²

Cubiertas

Entablado 1”	=	6.00 Kg/m ²
Mortero 0.05 m ² x 2200 Kg/m ³	=	110.00 Kg/m ²
Teja colonial corta 1.6 Kg x 28 Und x m ²	=	44.80 Kg/m ²
Impermeabilizante (Tabla B.3.4.1-3 NSR-10)	=	10.00 Kg/m ²
Sobrecarga Permanente	=	170.80 Kg/m²
Carga Viva	=	50.00 Kg/m²
Q	=	220.80 Kg/m²

VIII.1.6.1.5 Parámetros medio ambientales

- **El régimen** de lluvia afecta directamente el ascenso del nivel freático especialmente en el centro histórico de la ciudad.
- **El clima** que oscila entre unos 26.8°C a 34.5°C.
- **La humedad relativa** de la ciudad presenta un promedio de 82%, con máximas del 92% y mínimas del 70%, las amplitudes diarias son considerables durante los meses secos (50% de día y 98% de noche) y menos magnitud en los meses de lluvia (70 y 79%). La evaporación media anual es de 1.889 mm. Los valores máximos se alcanzan en el primer semestre del año (Marzo, con 192 mm); en el segundo semestre se producen bajos valores de evaporación. El valor mínimo llega a 131 mm, en el mes de noviembre.
- **El brillo solar** y la radiación promedio es de 2.575 horas al año, lo que representa una media mensual de 215 horas y una media diaria de 7,15 horas, la distribución dentro del año de la

situación promedio mensual sigue una tendencia inversa a la precipitación, alcanzando los valores máximos en el primer semestre del año (281 horas en Enero) y los más bajos a mediados del segundo semestre (Septiembre con 175 horas), en plena época lluviosa.

- **El régimen de vientos** se caracteriza por el predominio de los vientos alisios del norte y noreste en la época seca y de los vientos del sur suroeste en la época húmeda; por su origen inciden principalmente brisas marinas de rumbo sur de comportamiento diurno y terral con rumbo norte de comportamiento nocturno. La velocidad máxima del viento ha sido de 28.2 m/seg, en las calles estrechas de la ciudad los vientos circulan en las horas de la tarde con mayor fuerza que en las horas de la mañana.

VIII.1.6.1.6 Parámetros geotécnicos

De acuerdo a estudios realizados el sud-suelo del centro histórico de Cartagena de Indias se puede caracterizar de acuerdo a lo que establece la NSR-10 en el título G como:

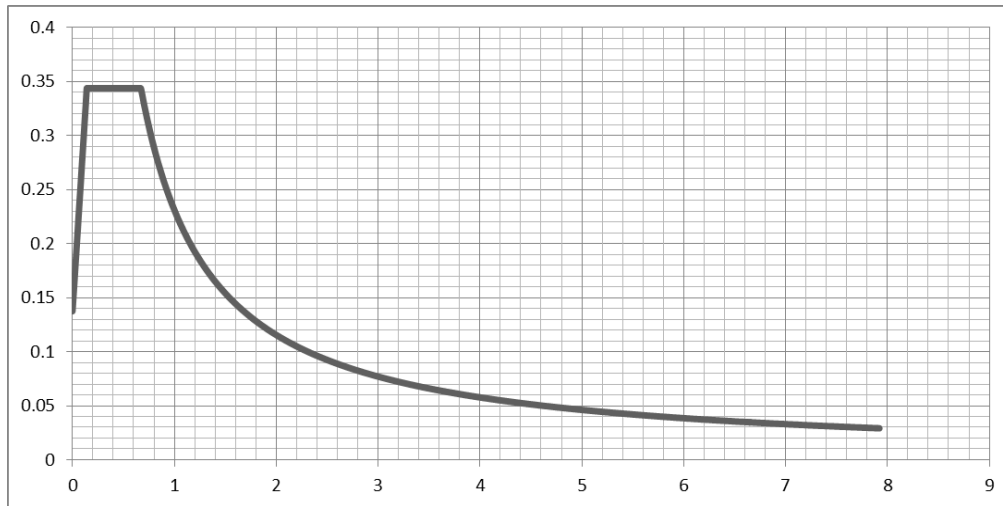
- Perfil de Suelo: E
- Capacidad admisible: 7 Ton/m²
- Nivel Freático: entre 0.5 a 1.0 m

VIII.1.6.1.7 Parámetros Sísmicos

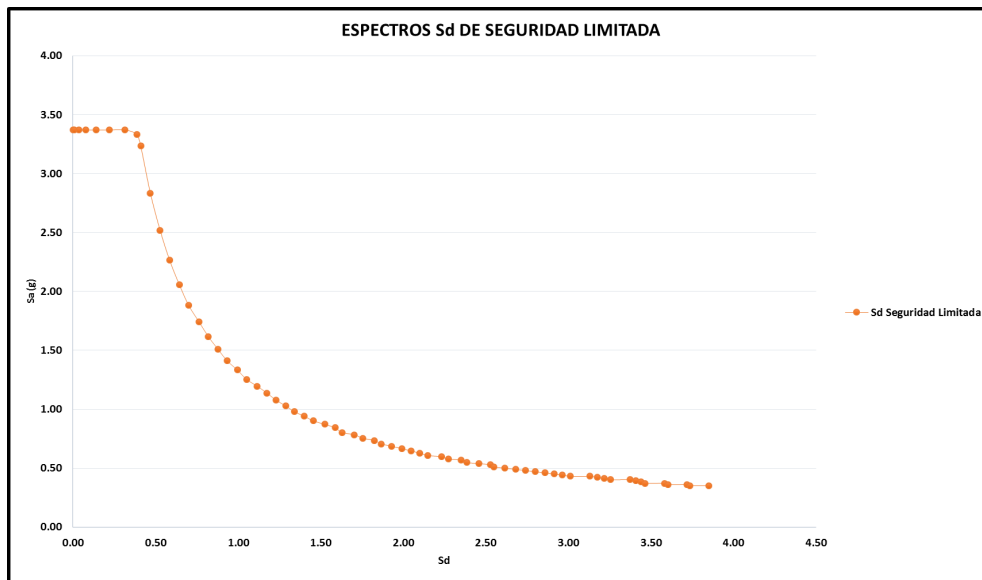
Cartagena de Indias se encuentra ubicada en el mapa sísmico de Colombia en una zona amenazas sisma baja o de baja intensidad sísmica, los parámetros sísmicos utilizados para el análisis de la estructura de las casas de tipología colonial están determinados por los valores descriptos en la norma sismo resistente NSR-10 correspondientes a la caracterización del suelo del centro histórico que es un perfil de suelo E y son los siguientes:

- ❖ Coeficiente de importancia (I): Puede ser 1.10 o 1.25 dependiendo de la importancia de la casa, para este estudio es 1.10
- ❖ Aceleración pico efectiva (Ae): 0.05
- ❖ Velocidad pico efectiva (Av): 0.05
- ❖ Coeficiente de amplificación (Fa): 2.5
- ❖ Coeficiente de amplificación (Fv): 3.5

En el centro histórico de Cartagena de Indias se pueden utilizar cualquiera de los siguientes espectros sísmicos dependiendo de la importancia y la clasificación del grupo de uso de la estructura de la casa de tipología colonial.

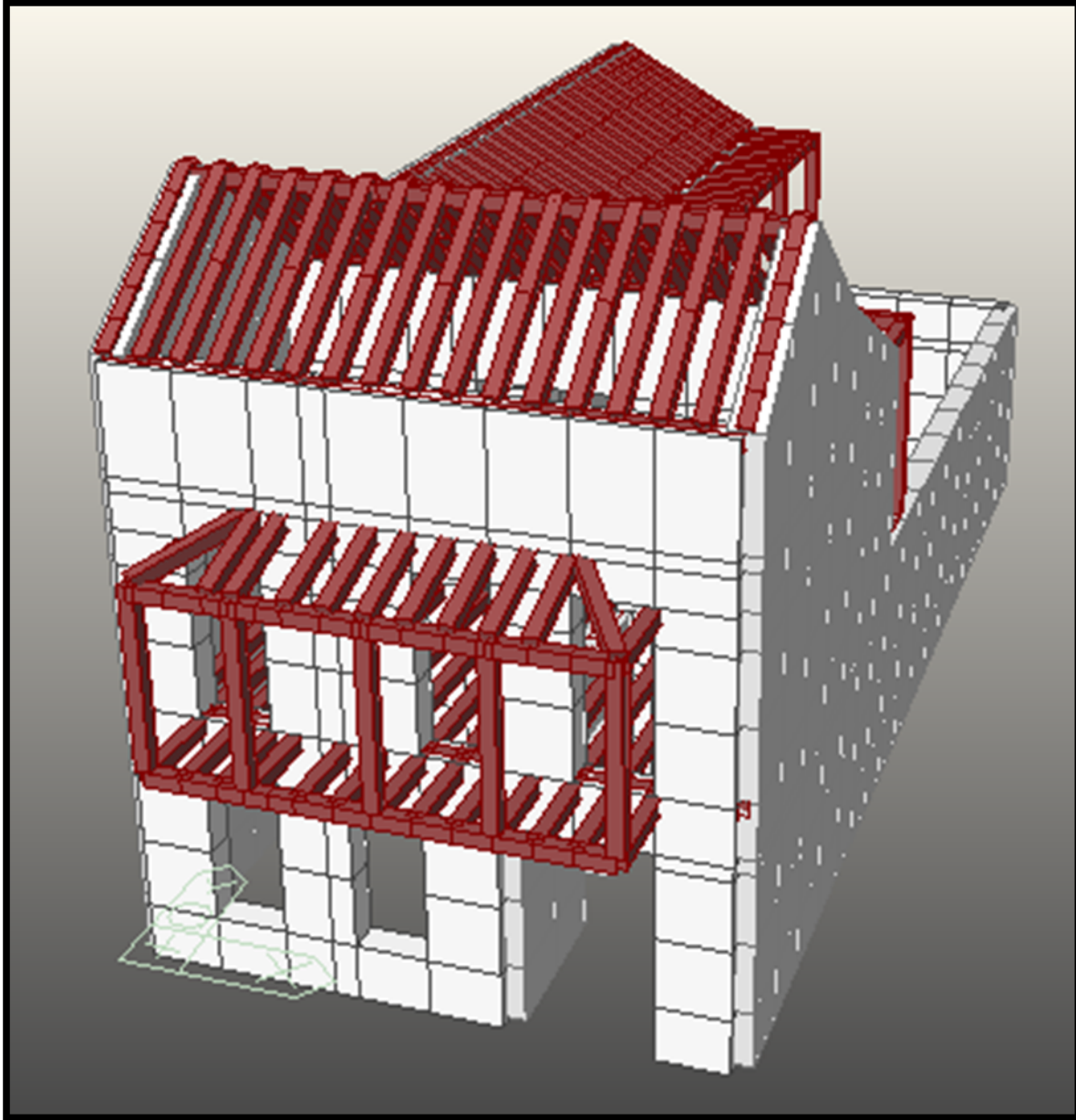


Apéndice cxxvi: Espectro sísmico para un grupo de uso= II y coeficiente de importancia I=1.10

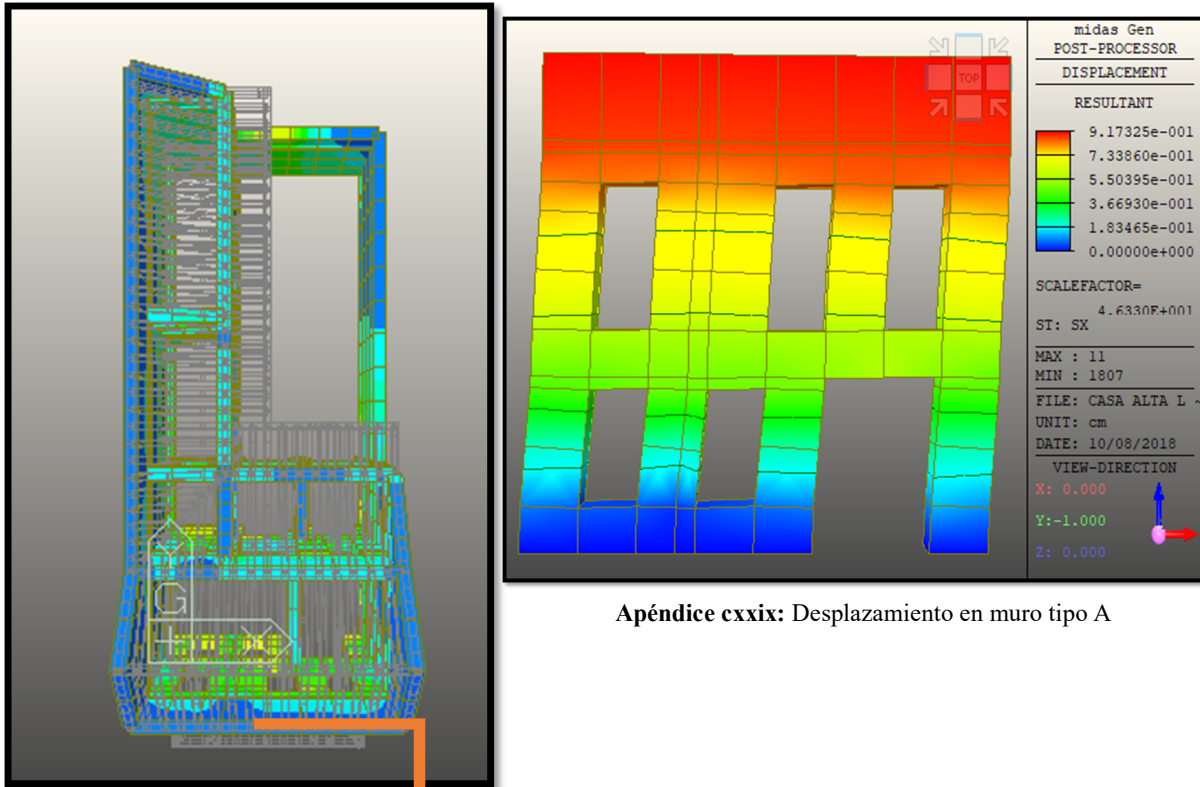


Apéndice cxxvii: Espectro sísmico de seguridad limitada

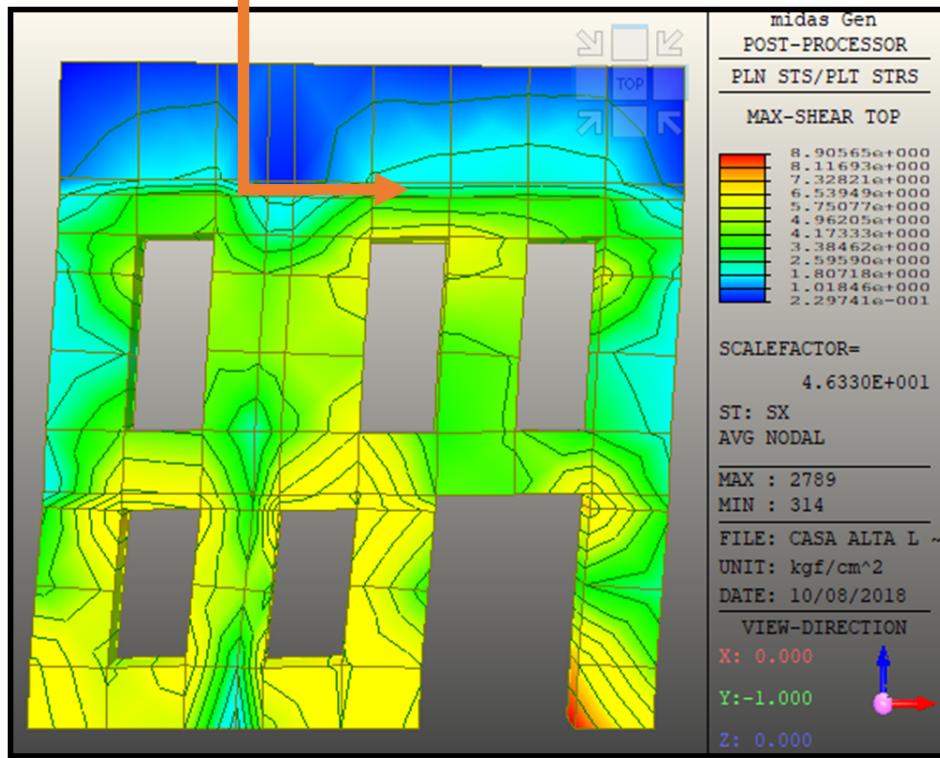
VIII.1.6.2 Analisis estático lineal de la estructura



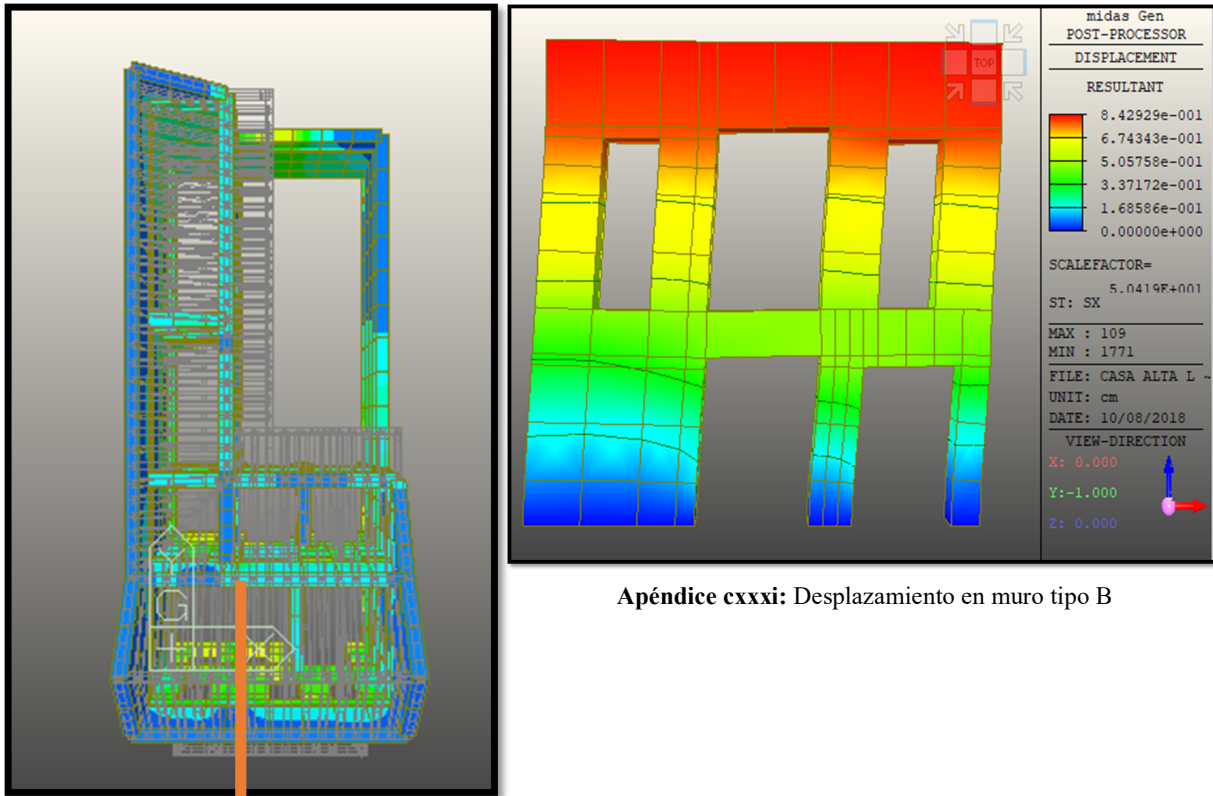
Apéndice cxxviii: Vista Isométrica casa colonial alta en L



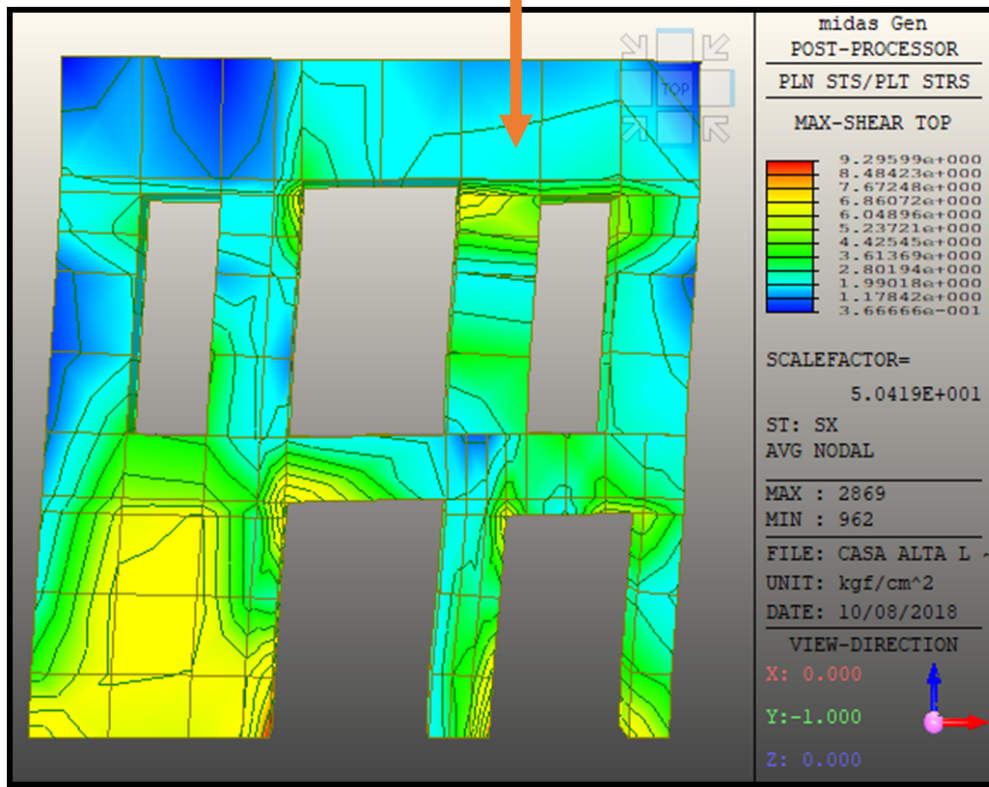
Apéndice cxxx: Desplazamiento en muro tipo A



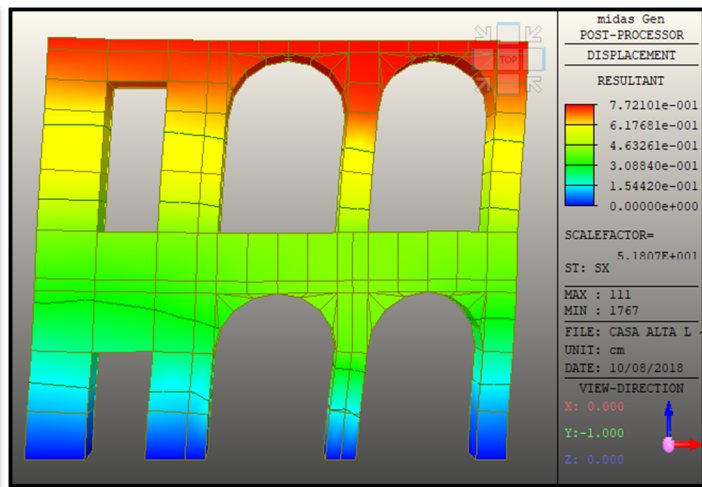
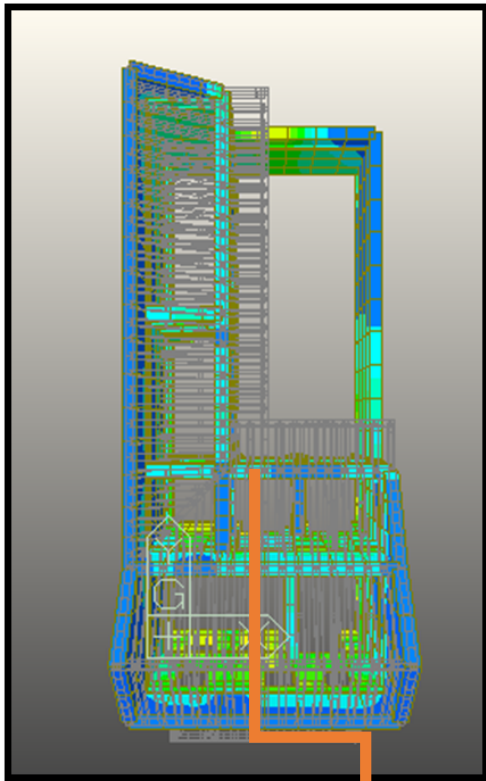
Apéndice cxxx: Esfuerzos en muro tipo A



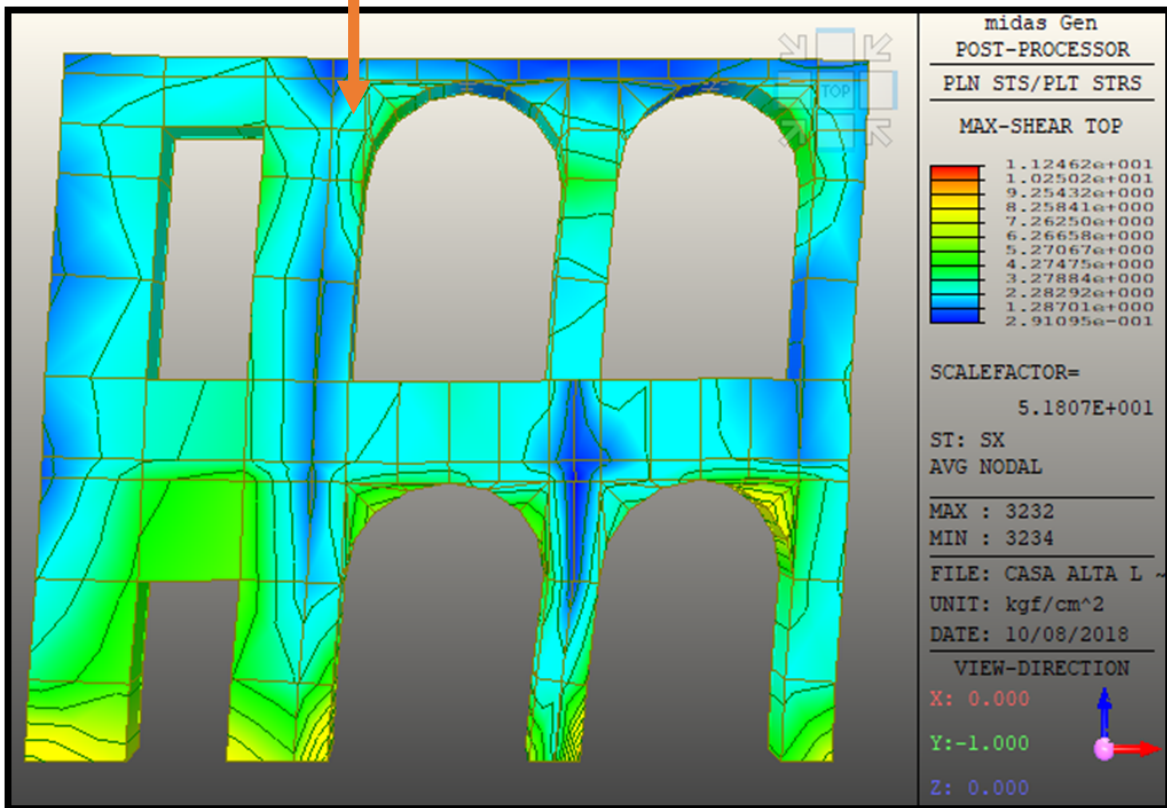
Apéndice cxxxi: Desplazamiento en muro tipo B



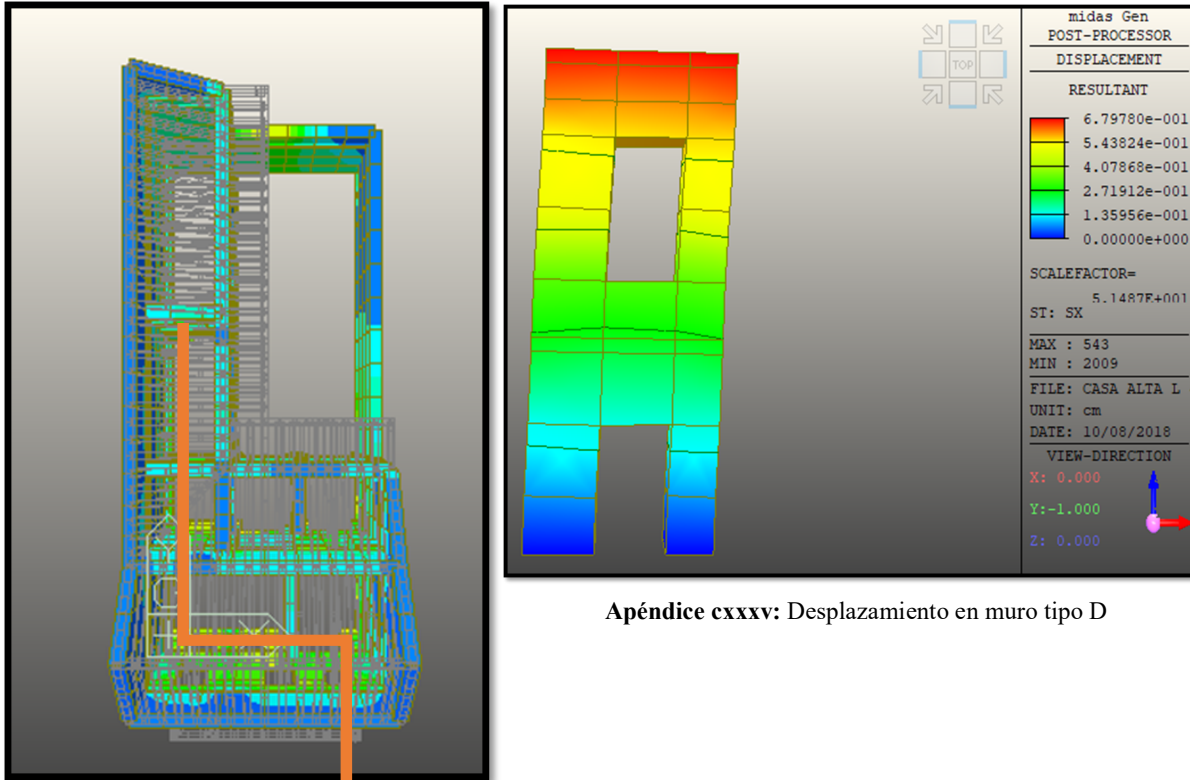
Apéndice cxxxi: Esfuerzos en muro tipo B



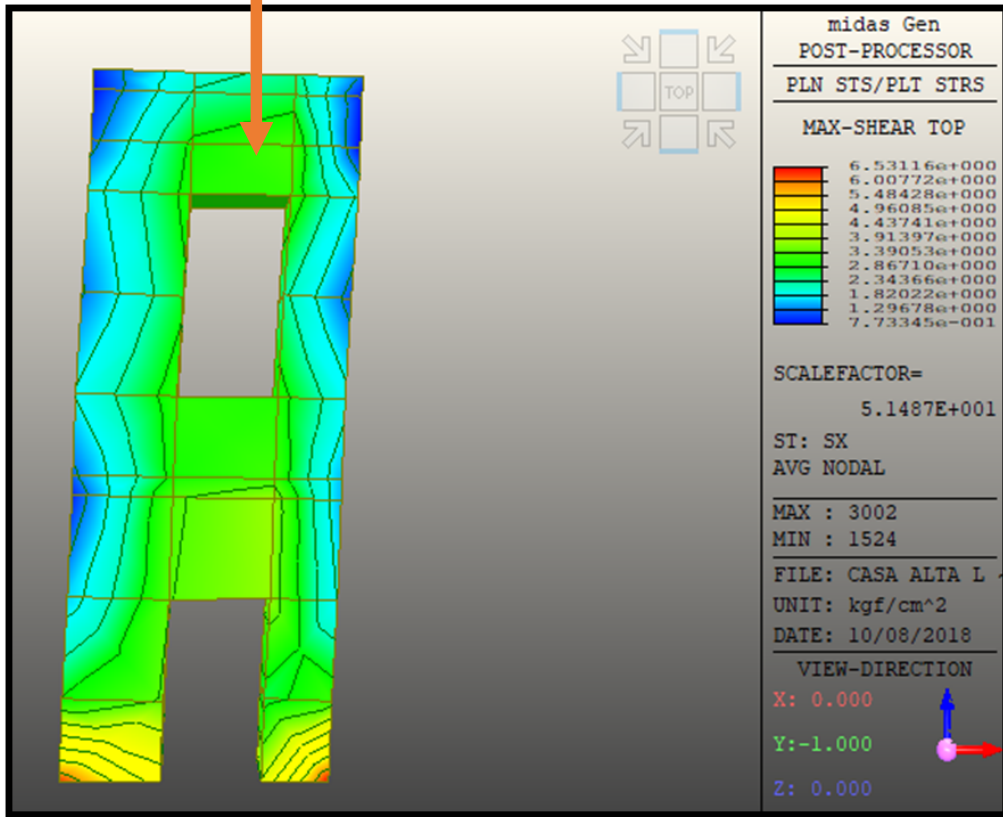
Apéndice cxxxiii: Desplazamiento en muro tipo B



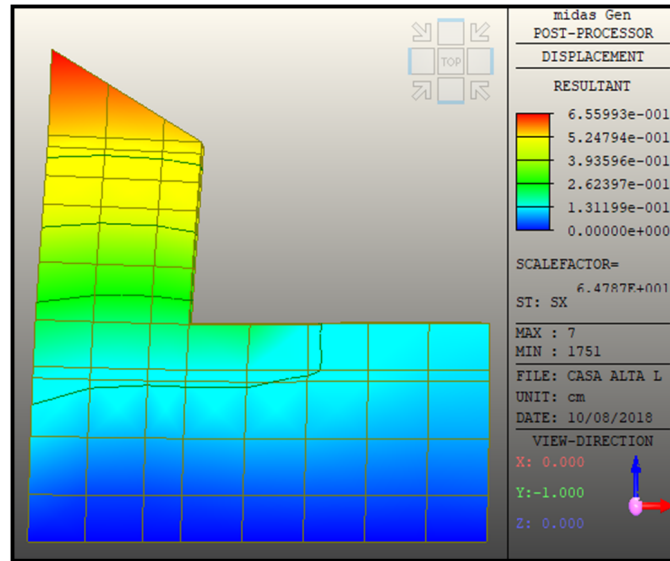
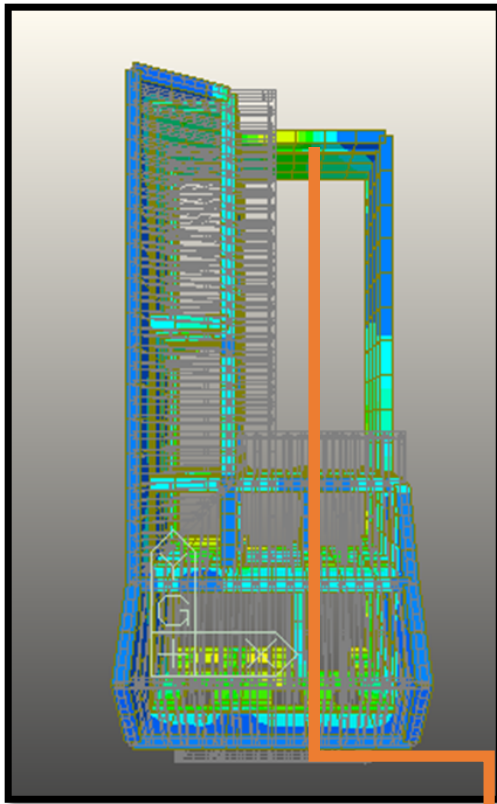
Apéndice cxxxiv: Esfuerzos en muro tipo B



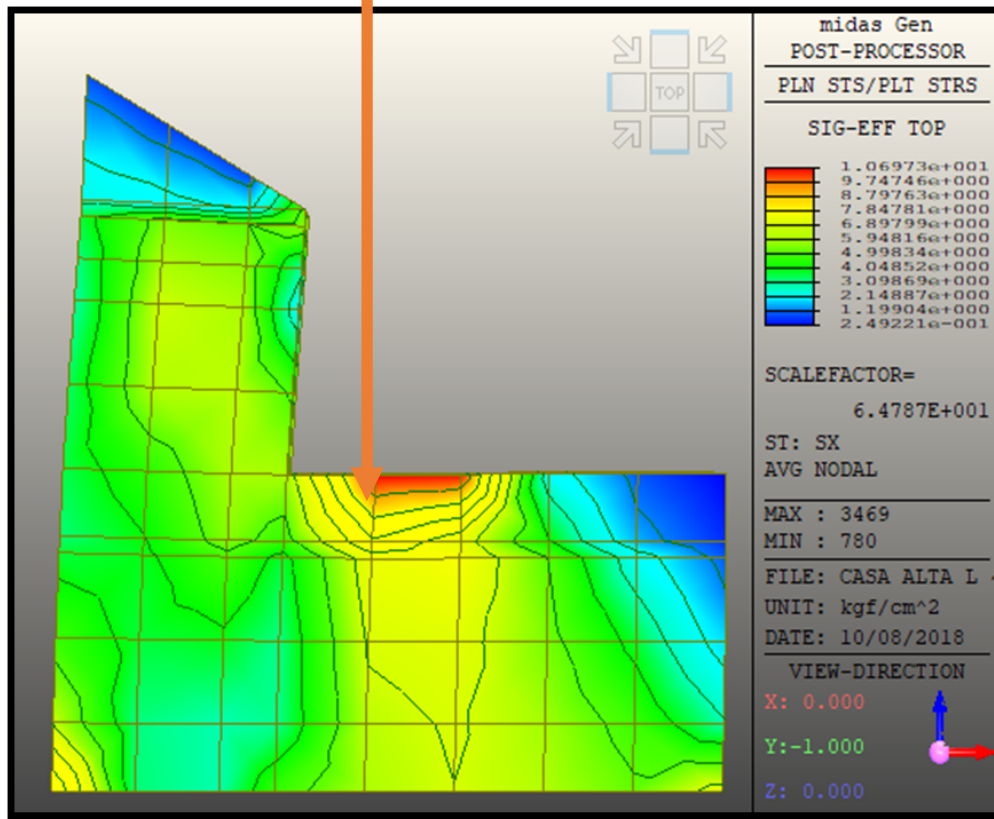
Apéndice cxxxv: Desplazamiento en muro tipo D



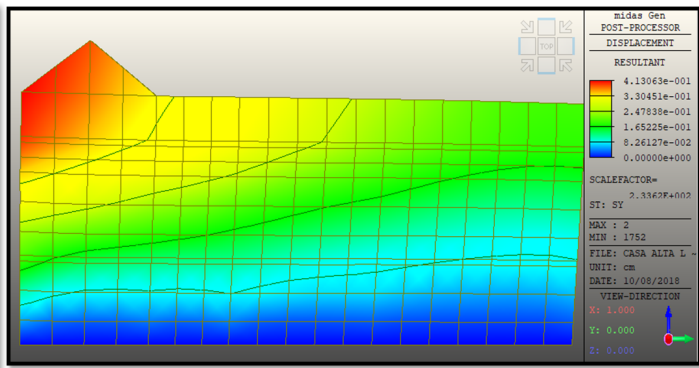
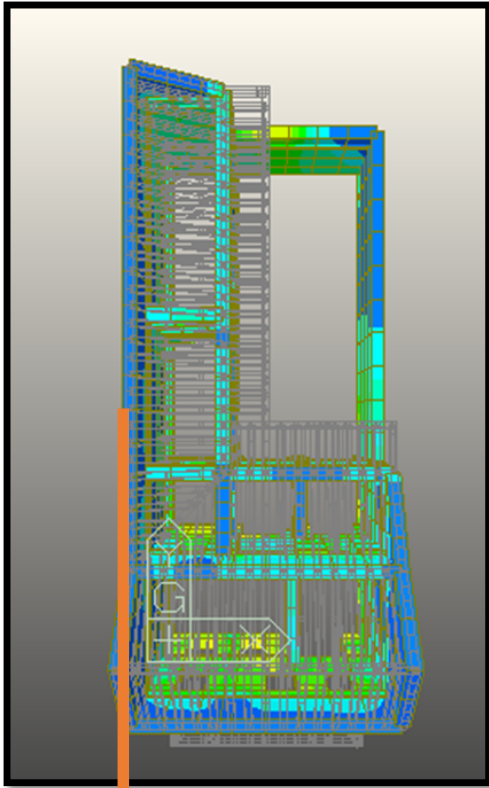
Apéndice cxxxvi: Esfuerzos en muro tipo D



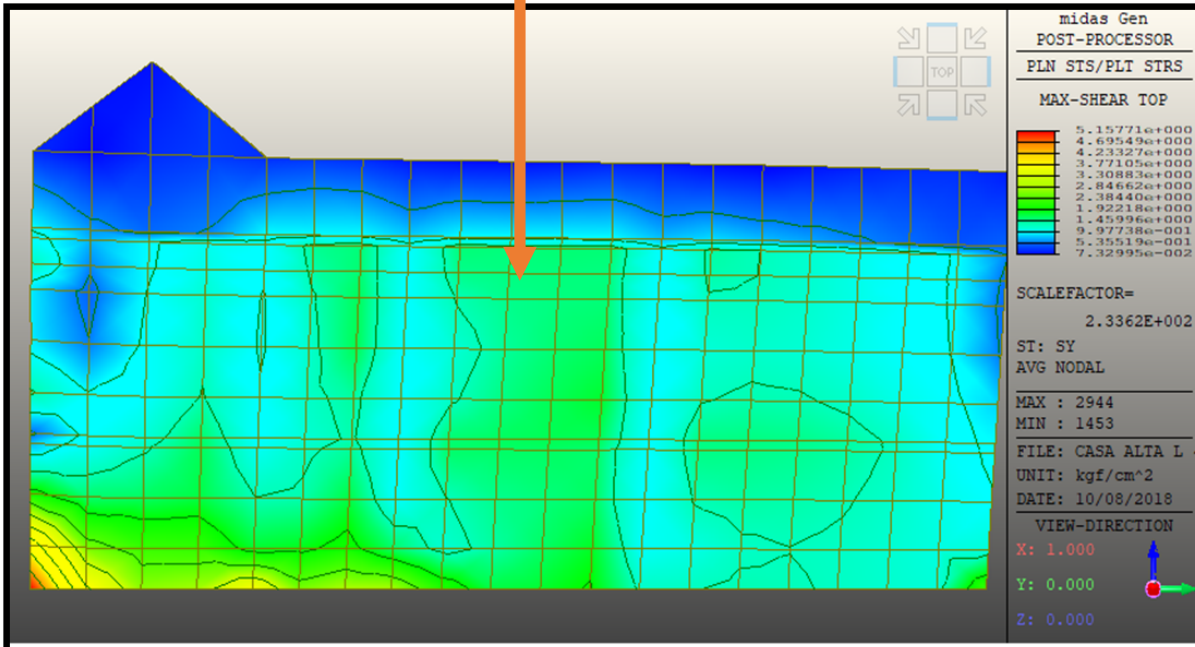
Apéndice cxxxvii: Desplazamiento en muro tipo B



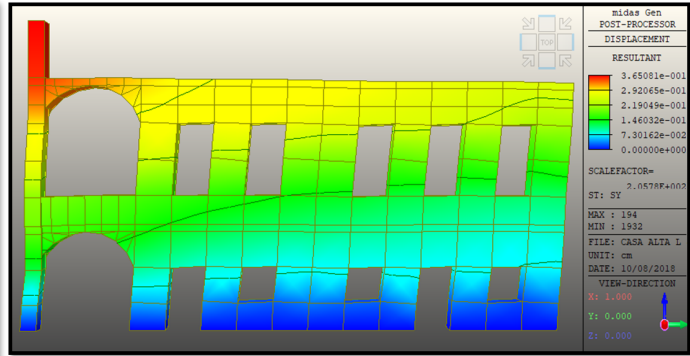
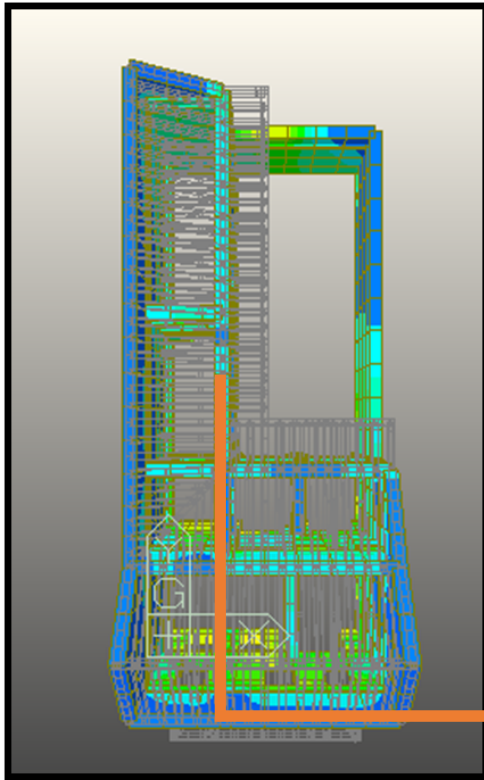
Apéndice cxxxviii: Esfuerzos en muro tipo B



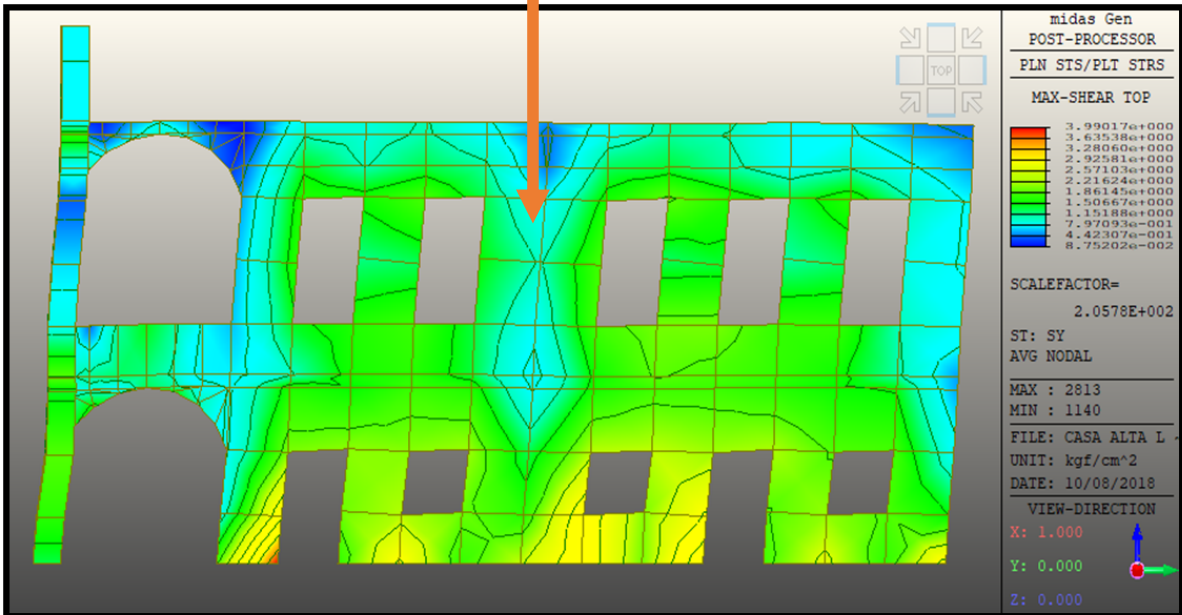
Apéndice cxxxix: Desplazamiento en muro tipo D



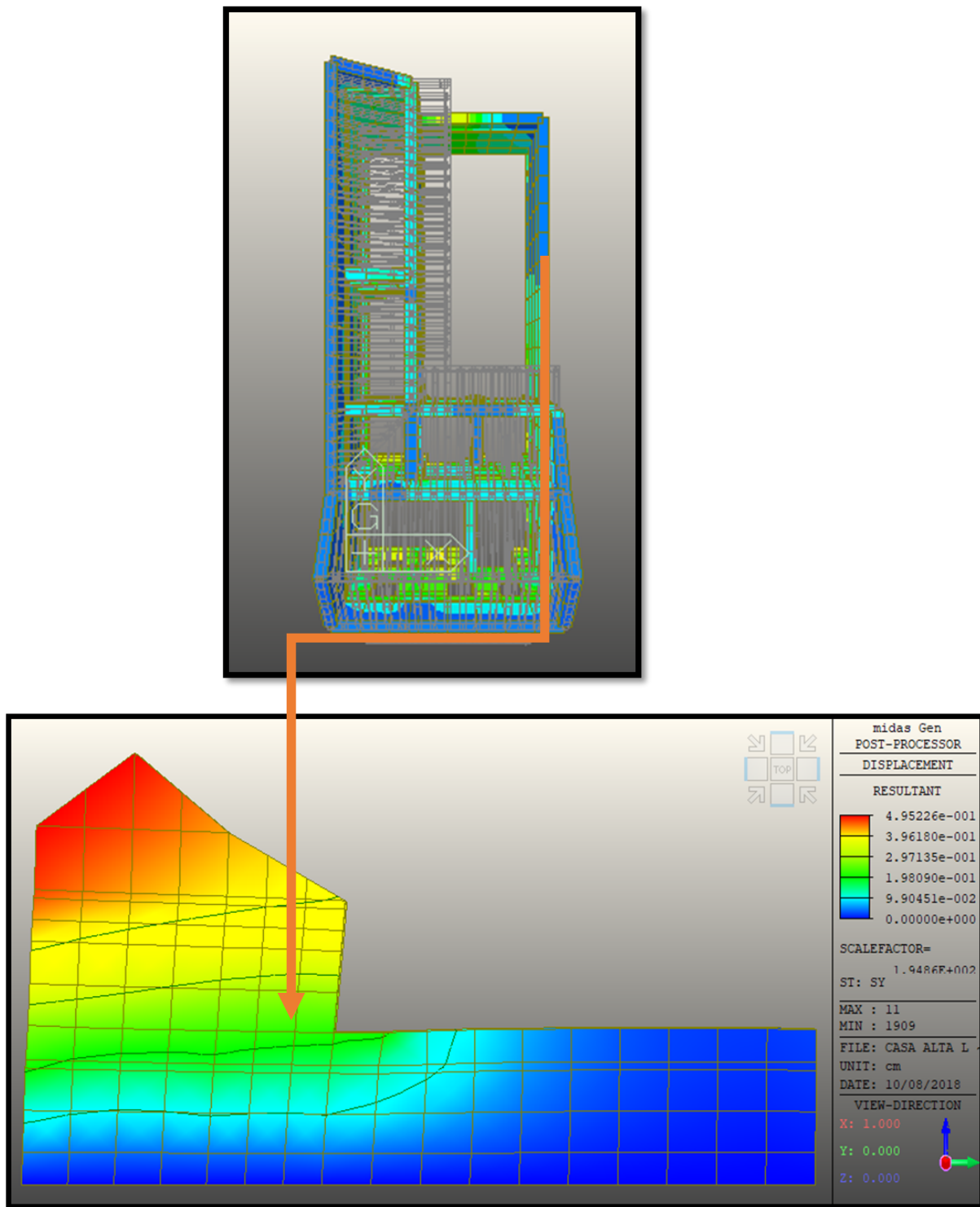
Apéndice cxl: Esfuerzos en muro tipo D



Apéndice cxli: Desplazamiento en muro tipo D



Apéndice cxlii: Esfuerzos en muro tipo D

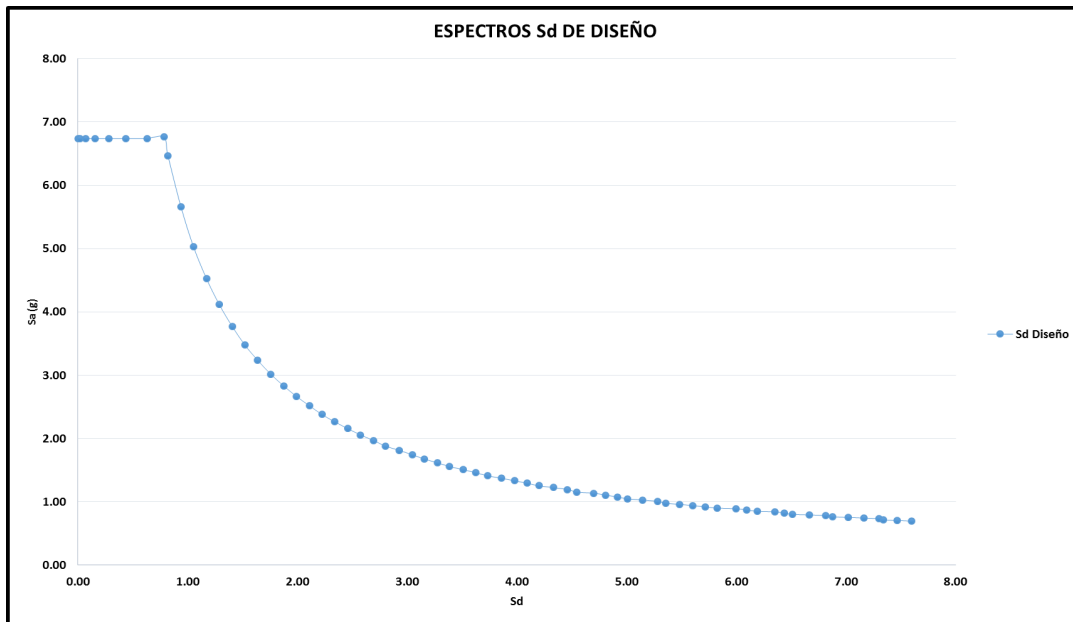


Apéndice cxliii: Desplazamiento en muro tipo A y C

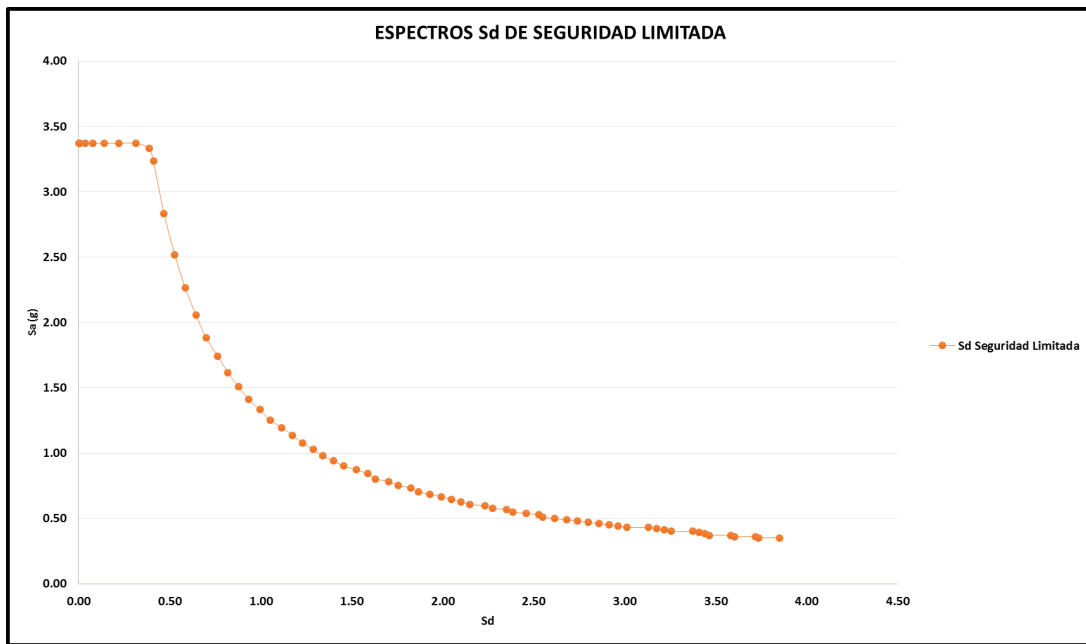
VIII.1.6.3 Análisis no lineal de la estructura

T(s),Sa	Sa Diseño		Sa Seguridad Limitada		Sd Diseño	Sd Seguridad Limitada
0	0.69	6.74	0.34	3.37	0.00	0.00
0.1	0.69	6.74	0.34	3.37	0.02	0.01
0.2	0.69	6.74	0.34	3.37	0.07	0.03
0.3	0.69	6.74	0.34	3.37	0.16	0.08
0.4	0.69	6.74	0.34	3.37	0.28	0.14
0.5	0.69	6.74	0.34	3.37	0.44	0.22
0.6	0.69	6.74	0.34	3.37	0.63	0.31
0.67	0.69	6.76	0.34	3.33	0.78	0.39
0.7	0.66	6.47	0.33	3.23	0.82	0.41
0.8	0.58	5.66	0.29	2.83	0.94	0.47
0.9	0.51	5.03	0.26	2.52	1.05	0.53
1	0.46	4.53	0.23	2.26	1.17	0.59
1.1	0.42	4.12	0.21	2.06	1.29	0.64
1.2	0.39	3.77	0.19	1.88	1.40	0.70
1.3	0.36	3.48	0.18	1.74	1.52	0.76
1.4	0.33	3.23	0.17	1.62	1.64	0.82
1.5	0.31	3.02	0.15	1.51	1.76	0.88
1.6	0.29	2.83	0.14	1.41	1.87	0.93
1.7	0.27	2.67	0.14	1.33	1.99	1.00
1.8	0.26	2.52	0.13	1.25	2.11	1.05
1.9	0.24	2.38	0.12	1.20	2.22	1.12
2	0.23	2.26	0.12	1.14	2.34	1.18
2.1	0.22	2.16	0.11	1.08	2.46	1.23
2.2	0.21	2.06	0.11	1.03	2.57	1.29
2.3	0.20	1.97	0.10	0.98	2.69	1.34
2.4	0.19	1.88	0.10	0.94	2.80	1.40
2.5	0.19	1.81	0.09	0.90	2.93	1.46
2.6	0.18	1.74	0.09	0.87	3.05	1.52
2.7	0.17	1.68	0.09	0.84	3.16	1.59
2.8	0.17	1.62	0.08	0.80	3.28	1.63
2.9	0.16	1.56	0.08	0.78	3.39	1.70
3	0.15	1.51	0.08	0.75	3.51	1.76

Apéndice cxliv: Espectros de diseño y seguridad limitada



Apéndice cxliv: Espectro de diseño



Apéndice cxlv: Espectro de seguridad limitada

Desplazamiento (cm)	Elemento 1 (kgf/cm ²)	Muro Tipo A Actual Elemento 1				Elemento 1 Vs (kgf)	Muro Tipo A Elemento 1
		Ancho (cm)	Espesor (cm)	Masa (Kgf)	W (Kf*g)		
0.0	0.00	100	45	720	705600	0	0.0000
0.1	0.361	100	45	720	705600	1625	0.2930
0.2	0.723	100	45	720	705600	3254	0.5869
0.3	1.370	100	45	720	705600	6165	1.1120
0.4	1.380	100	45	720	705600	6210	1.1201
0.5	1.340	100	45	720	705600	6030	1.0877
0.6	1.370	100	45	720	705600	6165	1.1120
0.7	1.410	100	45	720	705600	6345	1.1445
0.8	1.440	100	45	720	705600	6480	1.1688
0.9	1.480	100	45	720	705600	6660	1.2013
1.0	1.510	100	45	720	705600	6795	1.2256
1.1	1.511	100	45	720	705600	6800	1.2265
1.2	1.512	100	45	720	705600	6804	1.2273
1.3	1.513	100	45	720	705600	6809	1.2281
1.4	1.514	100	45	720	705600	6813	1.2289

Apéndice cxlvi: Tabla muro tipo A elemento 1

Desplazamiento (cm)	Elemento 2 (kgf/cm ²)	Muro Tipo A Actual Elemento 2				Elemento 2 Vs (kgf)	Muro Tipo A Elemento 2
		Ancho (cm)	Espesor (cm)	Masa (Kgf)	W (Kf*g)		
0.0	0.00	100	45	720	705600	0	0.0000
0.1	0.197	100	45	720	705600	887	0.1599
0.2	0.395	100	45	720	705600	1778	0.3206
0.3	0.648	100	45	720	705600	2916	0.5260
0.4	1.360	100	45	720	705600	6120	1.1039
0.5	1.400	100	45	720	705600	6300	1.1364
0.6	1.430	100	45	720	705600	6435	1.1607
0.7	1.470	100	45	720	705600	6615	1.1932
0.8	1.500	100	45	720	705600	6750	1.2175
0.9	1.520	100	45	720	705600	6840	1.2338
1.0	1.550	100	45	720	705600	6975	1.2581
1.1	1.551	100	45	720	705600	6980	1.2589
1.2	1.552	100	45	720	705600	6984	1.2597
1.3	1.553	100	45	720	705600	6989	1.2606
1.4	1.554	100	45	720	705600	6993	1.2614

Apéndice cxlvii: Tabla muro tipo A elemento 2

Desplazamiento (cm)	Elemento 3 (kgf/cm ²)	Muro Tipo A Actual Elemento 3				Elemento 3 Vs (kgf)	Muro Tipo A Elemento 3
		Ancho (cm)	Espesor (cm)	Masa (Kgf)	W (Kf*g)		
0.0	0	100	45	720	705600	0	0.0000
0.1	0.227	100	45	720	705600	1022	0.1843
0.2	0.495	100	45	720	705600	2228	0.4018
0.3	0.748	100	45	720	705600	3366	0.6071
0.4	1.390	100	45	720	705600	6255	1.1282
0.5	1.400	100	45	720	705600	6300	1.1364
0.6	1.430	100	45	720	705600	6435	1.1607
0.7	1.470	100	45	720	705600	6615	1.1932
0.8	1.500	100	45	720	705600	6750	1.2175
0.9	1.520	100	45	720	705600	6840	1.2338
1.0	1.550	100	45	720	705600	6975	1.2581
1.1	1.551	100	45	720	705600	6980	1.2589
1.2	1.552	100	45	720	705600	6984	1.2597
1.3	1.553	100	45	720	705600	6989	1.2606
1.4	1.554	100	45	720	705600	6993	1.2614

Apéndice cxlviii: Tabla muro tipo A elemento 3

Desplazamiento (cm)	Elemento 4 (kgf/cm ²)	Muro Tipo A Actual Elemento 4				Elemento 4 Vs (kgf)	Muro Tipo A Elemento 4
		Ancho (cm)	Espesor (cm)	Masa (Kgf)	W (Kf*g)		
0.0	0.000	100	45	720	705600	0	0.0000
0.1	0.290	100	45	720	705600	1305	0.2354
0.2	0.581	100	45	720	705600	2615	0.4716
0.3	0.958	100	45	720	705600	4311	0.7776
0.4	1.350	100	45	720	705600	6075	1.0958
0.5	1.730	100	45	720	705600	7785	1.4042
0.6	1.680	100	45	720	705600	7560	1.3636
0.7	1.700	100	45	720	705600	7650	1.3799
0.8	1.720	100	45	720	705600	7740	1.3961
0.9	1.750	100	45	720	705600	7875	1.4205
1.0	1.770	100	45	720	705600	7965	1.4367
1.1	1.771	100	45	720	705600	7970	1.4375
1.2	1.772	100	45	720	705600	7974	1.4383
1.3	1.773	100	45	720	705600	7979	1.4391
1.4	1.774	100	45	720	705600	7983	1.4399

Apéndice cxlix: Tabla muro tipo A elemento 4

Desplazamiento (cm)	Elemento 5 (kgf/cm ²)	Muro Tipo A Actual Elemento 5				Elemento 5 Vs (kgf)	Muro Tipo A Elemento 5
		Ancho (cm)	Espesor (cm)	Masa (Kgf)	W (Kf*g)		
0.0	0.000	100	45	720	705600	0	0.0000
0.1	0.471	100	45	720	705600	2120	0.3823
0.2	0.943	100	45	720	705600	4244	0.7654
0.3	1.790	100	45	720	705600	8055	1.4529
0.4	1.640	100	45	720	705600	7380	1.3312
0.5	1.690	100	45	720	705600	7605	1.3718
0.6	1.750	100	45	720	705600	7875	1.4205
0.7	1.800	100	45	720	705600	8100	1.4610
0.8	1.860	100	45	720	705600	8370	1.5097
0.9	1.910	100	45	720	705600	8595	1.5503
1.0	1.960	100	45	720	705600	8820	1.5909
1.1	1.961	100	45	720	705600	8825	1.5917
1.2	1.962	100	45	720	705600	8829	1.5925
1.3	1.963	100	45	720	705600	8834	1.5933
1.4	1.964	100	45	720	705600	8838	1.5942

Apéndice cxlix: Tabla muro tipo A elemento 4

Para los muros B, C y D también se realizó la secuencia de la tabulación de los datos para 5 elementos, tanto en su estado actual como intervenido, los resultados generales de este procedimiento se muestra en los en las tablas de Apéndices clix y clx de este documento.

PF1	1.429
α_1	0.786

Apéndice cl: Factor de participación modal y coeficiente modal

Muro Tipo A Actual						
Desplazamiento (cm)	Muro Tipo A Elemento 1	Muro Tipo A Elemento 2	Muro Tipo A Elemento 3	Muro Tipo A Elemento 4	Muro Tipo A Elemento 5	Muro Tipo A Sa Actual
0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
0.10	0.2930	0.1599	0.1843	0.2354	0.3823	0.25
0.20	0.5869	0.3206	0.4018	0.4716	0.7654	0.51
0.30	1.1120	0.5260	0.6071	0.7776	1.4529	0.90
0.40	1.1201	1.1039	1.1282	1.0958	1.3312	1.16
0.50	1.0877	1.1364	1.1364	1.4042	1.3718	1.23
0.60	1.1120	1.1607	1.1607	1.3636	1.4205	1.24
0.70	1.1445	1.1932	1.1932	1.3799	1.4610	1.27
0.80	1.1688	1.2175	1.2175	1.3961	1.5097	1.30
0.90	1.2013	1.2338	1.2338	1.4205	1.5503	1.33
1.00	1.2256	1.2581	1.2581	1.4367	1.5909	1.35
1.10	1.2265	1.2589	1.2589	1.4375	1.5917	1.35
1.20	1.2273	1.2597	1.2597	1.4383	1.5925	1.36
1.30	1.2281	1.2606	1.2606	1.4391	1.5933	1.36
1.40	1.2289	1.2614	1.2614	1.4399	1.5942	1.36

Apéndice cli: Muros tipo A en estado actual de la casa de tipología colonial

Muro Tipo A Intervenido						
Desplazamiento (cm)	Muro Tipo A Elemento 1	Muro Tipo A Elemento 2	Muro Tipo A Elemento 3	Muro Tipo A Elemento 4	Muro Tipo A Elemento 5	Muro Tipo A Sa
0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
0.10	0.3896	0.2129	0.2467	0.3186	0.5234	0.34
0.20	0.7800	0.4272	0.5375	0.6366	1.0506	0.69
0.30	1.4717	0.7061	0.8197	1.0131	2.0079	1.20
0.40	1.4992	1.4732	1.5237	1.4420	1.8581	1.56
0.50	1.5358	1.5235	1.5381	1.8713	1.9053	1.67
0.60	1.5705	1.5507	1.5744	1.8338	1.9770	1.70
0.70	1.6168	1.6010	1.6113	1.8657	2.0488	1.75
0.80	1.6516	1.6368	1.6622	1.8843	2.1234	1.79
0.90	1.6978	1.6531	1.6770	1.9139	2.1653	1.82
1.00	1.7326	1.6924	1.7173	1.9327	2.2187	1.86
1.10	1.7334	1.6932	1.7181	1.9336	2.2195	1.86
1.20	1.7342	1.6940	1.7190	1.9344	2.2203	1.86
1.30	1.7350	1.6948	1.7198	1.9352	2.2211	1.86
1.40	1.7358	1.6956	1.7206	1.9360	2.2220	1.86

Apéndice clii: Muros tipo A intervenidos de la casa de tipología colonial

Muro Tipo B Actual						
Desplazamiento (cm)	Muro Tipo B Elemento 1	Muro Tipo B Elemento 2	Muro Tipo B Elemento 3	Muro Tipo B Elemento 4	Muro Tipo B Elemento 5	Muro Tipo B Actual
0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
0.10	0.2313	0.2914	0.2760	0.2240	0.1843	0.24
0.20	0.4570	0.5771	0.5536	0.4537	0.3693	0.48
0.30	0.7005	0.8523	0.8076	0.7110	0.5568	0.73
0.40	0.9010	1.0308	0.8360	0.7630	0.7102	0.85
0.50	0.9659	1.0552	0.8685	0.8003	0.7192	0.88
0.60	0.9821	1.0877	0.9010	0.8279	0.7289	0.91
0.70	0.9984	1.1120	0.9334	0.8523	0.7403	0.93
0.80	1.0146	1.1445	0.9578	0.8766	0.7492	0.95
0.90	1.0308	1.1769	0.9903	0.9010	0.7597	0.97
1.00	1.0471	1.2013	1.0146	0.9253	0.7719	0.99
1.10	1.0479	1.2021	1.0154	0.9261	0.7727	0.99
1.20	1.0487	1.2029	1.0162	0.9269	0.7735	0.99
1.30	1.0495	1.2037	1.0170	0.9278	0.7744	0.99
1.40	1.0503	1.2045	1.0179	0.9286	0.7752	1.00

Apéndice cliii: Muros tipo B en estado actual de la casa de tipología colonial

Muro Tipo B Intervenido						
Desplazamiento (cm)	Muro Tipo B Elemento 1	Muro Tipo B Elemento 2	Muro Tipo B Elemento 3	Muro Tipo B Elemento 4	Muro Tipo B Elemento 5	Muro Tipo B Intervenido
0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
0.10	0.3231	0.4075	0.3880	0.3182	0.2646	0.34
0.20	0.6380	0.8076	0.7776	0.6429	0.5317	0.68
0.30	0.9740	1.2013	1.1445	0.9740	0.8068	1.02
0.40	1.2662	1.4448	1.1851	1.0552	1.0390	1.20
0.50	1.4286	1.4854	1.2338	1.1201	1.0471	1.26
0.60	1.4529	1.5260	1.2825	1.1688	1.0633	1.30
0.70	1.4773	1.5666	1.3231	1.2094	1.0877	1.33
0.80	1.5016	1.6153	1.3718	1.2419	1.1039	1.37
0.90	1.5260	1.6558	1.4123	1.2744	1.1120	1.40
1.00	1.5503	1.6964	1.4529	1.3068	1.1282	1.43
1.10	1.5511	1.6972	1.4537	1.3076	1.1291	1.43
1.20	1.5519	1.6981	1.4545	1.3084	1.1299	1.43
1.30	1.5528	1.6989	1.4554	1.3093	1.1307	1.43
1.40	1.5536	1.6997	1.4562	1.3101	1.1315	1.43

Apéndice cliv: Muros tipo B intervenidos de la casa de tipología colonial

Muro Tipo C Actual						
Desplazamiento (cm)	Muro Tipo C Elemento 1	Muro Tipo C Elemento 2	Muro Tipo C Elemento 3	Muro Tipo C Elemento 4	Muro Tipo C Elemento 5	Muro Tipo C Actual
0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
0.10	0.1966	0.2287	0.1987	0.2128	0.1750	0.20
0.20	0.3884	0.4530	0.3986	0.4310	0.3509	0.40
0.30	0.5954	0.6690	0.5815	0.6755	0.5290	0.61
0.40	0.7658	0.8092	0.6019	0.7248	0.6747	0.72
0.50	0.8210	0.8283	0.6253	0.7603	0.6832	0.74
0.60	0.8348	0.8538	0.6487	0.7865	0.6925	0.76
0.70	0.8486	0.8729	0.6721	0.8097	0.7032	0.78
0.80	0.8624	0.8984	0.6896	0.8328	0.7117	0.80
0.90	0.8762	0.9239	0.7130	0.8559	0.7218	0.82
1.00	0.8900	0.9430	0.7305	0.8791	0.7333	0.84
1.10	0.8908	0.9438	0.7313	0.8799	0.7341	0.84
1.20	0.8916	0.9446	0.7321	0.8807	0.7349	0.84
1.30	0.8925	0.9455	0.7330	0.8815	0.7358	0.84
1.40	0.8933	0.9463	0.7338	0.8823	0.7366	0.84

Apéndice clv: Muros tipo C en estado actual de la casa de tipología colonial

Muro Tipo C Intervenido						
Desplazamiento (cm)	Muro Tipo C Elemento 1	Muro Tipo C Elemento 2	Muro Tipo C Elemento 3	Muro Tipo C Elemento 4	Muro Tipo C Elemento 5	Muro Tipo C Intervenido
0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
0.10	0.2340	0.2722	0.2484	0.2596	0.2100	0.24
0.20	0.4467	0.5391	0.4982	0.5259	0.4210	0.49
0.30	0.6847	0.7962	0.7269	0.8241	0.6348	0.73
0.40	0.8807	0.9630	0.7524	0.8843	0.8097	0.86
0.50	0.9442	0.9857	0.7817	0.9276	0.8198	0.89
0.60	0.9600	1.0160	0.8109	0.9596	0.8309	0.92
0.70	0.9759	1.0388	0.8401	0.9878	0.8439	0.94
0.80	0.9918	1.0691	0.8620	1.0160	0.8541	0.96
0.90	1.0077	1.0994	0.8912	1.0442	0.8661	0.98
1.00	1.0235	1.1222	0.9131	1.0725	0.8800	1.00
1.10	1.0243	1.1230	0.9140	1.0733	0.8808	1.00
1.20	1.0251	1.1238	0.9148	1.0741	0.8816	1.00
1.30	1.0260	1.1246	0.9156	1.0749	0.8824	1.00
1.40	1.0268	1.1254	0.9164	1.0757	0.8832	1.01

Apéndice clvi: Muros tipo C intervenidos de la casa de tipología colonial

Muro Tipo D Actual						
Desplazamiento (cm)	Muro Tipo D Elemento 1	Muro Tipo D Elemento 2	Muro Tipo D Elemento 3	Muro Tipo D Elemento 4	Muro Tipo D Elemento 5	Muro Tipo D Actual
0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
0.10	0.2498	0.2739	0.3532	0.3002	0.1879	0.27
0.20	0.4935	0.5425	0.7086	0.6080	0.3767	0.55
0.30	0.7565	0.8011	1.0338	0.9528	0.5680	0.82
0.40	0.9731	1.0502	1.0701	1.0224	0.7244	0.97
0.50	1.0432	0.9919	1.1117	1.0724	0.7335	0.99
0.60	1.0607	1.0224	1.1532	1.1094	0.7435	1.02
0.70	1.0782	1.0453	1.1948	1.1420	0.7551	1.04
0.80	1.0958	1.0758	1.2260	1.1747	0.7642	1.07
0.90	1.1133	1.1063	1.2675	1.2073	0.7749	1.09
1.00	1.1308	1.1292	1.2987	1.2399	0.7874	1.12
1.10	1.1317	1.1300	1.2995	1.2407	0.7882	1.12
1.20	1.1325	1.1308	1.3003	1.2416	0.7890	1.12
1.30	1.1333	1.1317	1.3011	1.2424	0.7898	1.12
1.40	1.1341	1.1325	1.3019	1.2432	0.7906	1.12

Apéndice clvii: Muros tipo D en estado actual de la casa de tipología colonial

Muro Tipo D Intervenido						
Desplazamiento (cm)	Muro Tipo D Elemento 1	Muro Tipo D Elemento 2	Muro Tipo D Elemento 3	Muro Tipo D Elemento 4	Muro Tipo D Elemento 5	Muro Tipo D Intervenido
0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
0.10	0.3423	0.3972	0.4486	0.4203	0.3289	0.39
0.20	0.6761	0.7866	0.8999	0.8512	0.6592	0.77
0.30	1.0527	1.1616	1.3129	1.3339	0.9939	1.17
0.40	1.4954	1.4050	1.3591	1.4314	1.2678	1.39
0.50	1.4292	1.4382	1.4930	1.5014	1.2837	1.43
0.60	1.4532	1.4825	1.4646	1.5532	1.3011	1.45
0.70	1.4772	1.5157	1.5174	1.5989	1.3214	1.49
0.80	1.5012	1.5599	1.5570	1.6445	1.3373	1.52
0.90	1.5252	1.6042	1.6098	1.6902	1.3561	1.56
1.00	1.5493	1.6374	1.6494	1.7359	1.3779	1.59
1.10	1.5501	1.6382	1.6502	1.7367	1.3787	1.59
1.20	1.5509	1.6390	1.6510	1.7375	1.3795	1.59
1.30	1.5517	1.6398	1.6518	1.7383	1.3803	1.59
1.40	1.5525	1.6406	1.6526	1.7392	1.3811	1.59

Apéndice clviii: Muros tipo D intervenidos de la casa de tipología colonial

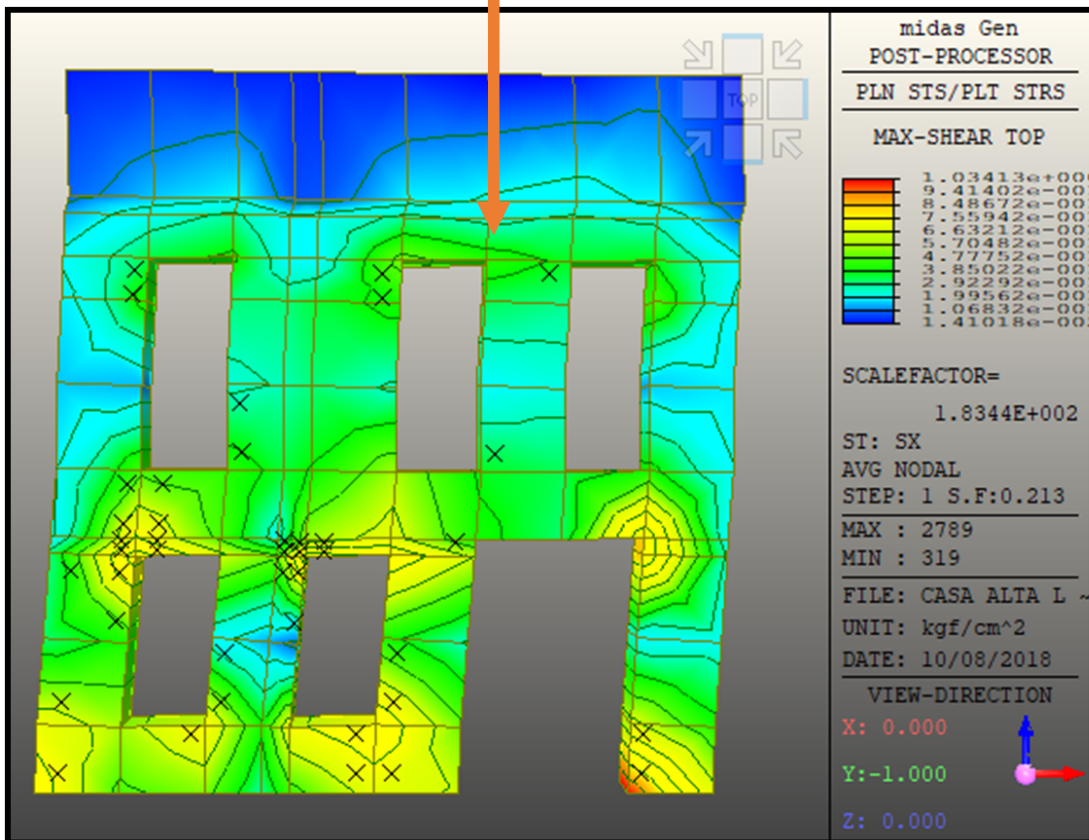
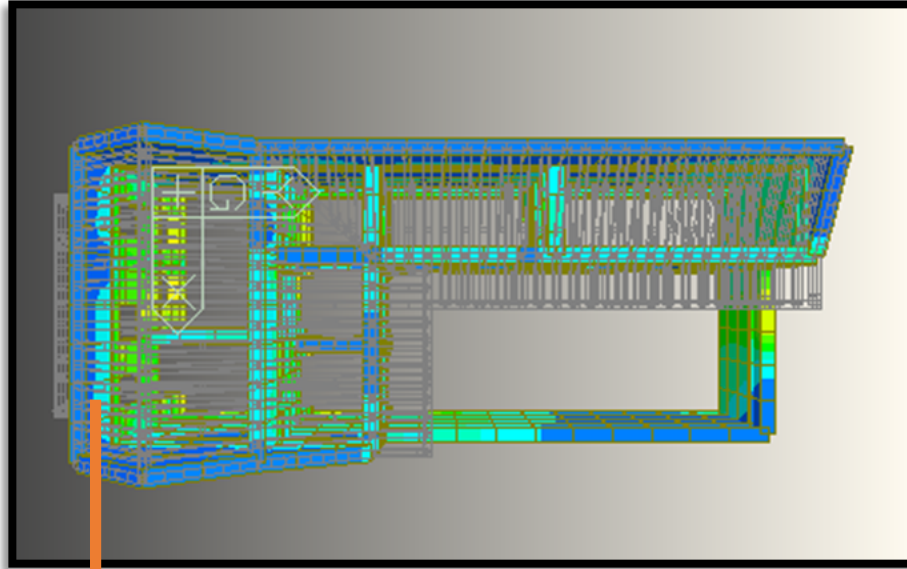
Muros Actual Casa Alta de Tipología L				
Desplazamiento (cm)	Muro Tipo A Actual	Muro Tipo B Actual	Muro Tipo C Actual	Muro Tipo D Actual
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.25	0.24	0.20	0.27
0.20	0.51	0.48	0.40	0.55
0.30	0.90	0.73	0.61	0.82
0.40	1.16	0.85	0.72	0.97
0.50	1.23	0.88	0.74	0.99
0.60	1.24	0.91	0.76	1.02
0.70	1.27	0.93	0.78	1.04
0.80	1.30	0.95	0.80	1.07
0.90	1.33	0.97	0.82	1.09
1.00	1.35	0.99	0.84	1.12
1.10	1.35	0.99	0.84	1.12
1.20	1.36	0.99	0.84	1.12
1.30	1.36	0.99	0.84	1.12
1.40	1.36	1.00	0.84	1.12

Apéndice clix: Muros actual casa alta de tipología en L

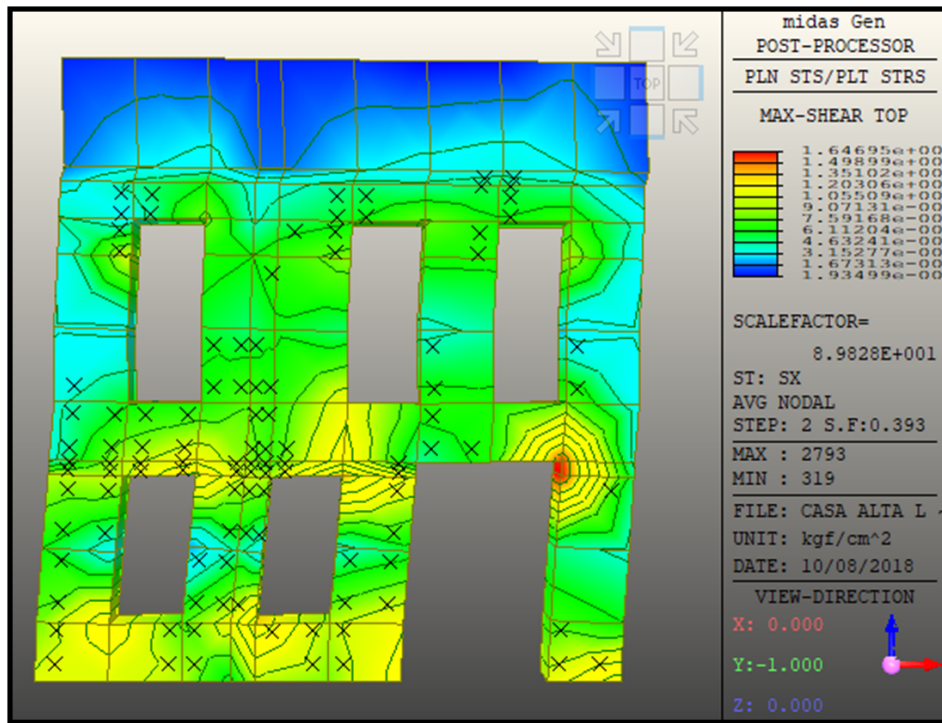
Muros Intervenidos Casa Alta de Tipología L				
Desplazamiento (cm)	Muro Tipo A Intervenido	Muro Tipo B Intervenido	Muro Tipo C Intervenido	Muro Tipo D Intervenido
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.34	0.34	0.24	0.39
0.20	0.69	0.68	0.49	0.77
0.30	1.20	1.02	0.73	1.17
0.40	1.56	1.20	0.86	1.39
0.50	1.67	1.26	0.89	1.43
0.60	1.70	1.30	0.92	1.45
0.70	1.75	1.33	0.94	1.49
0.80	1.79	1.37	0.96	1.52
0.90	1.82	1.40	0.98	1.56
1.00	1.86	1.43	1.00	1.59
1.10	1.86	1.43	1.00	1.59
1.20	1.86	1.43	1.00	1.59
1.30	1.86	1.43	1.00	1.59
1.40	1.86	1.43	1.01	1.59

Apéndice clx: Muros actual casa alta de tipología en L

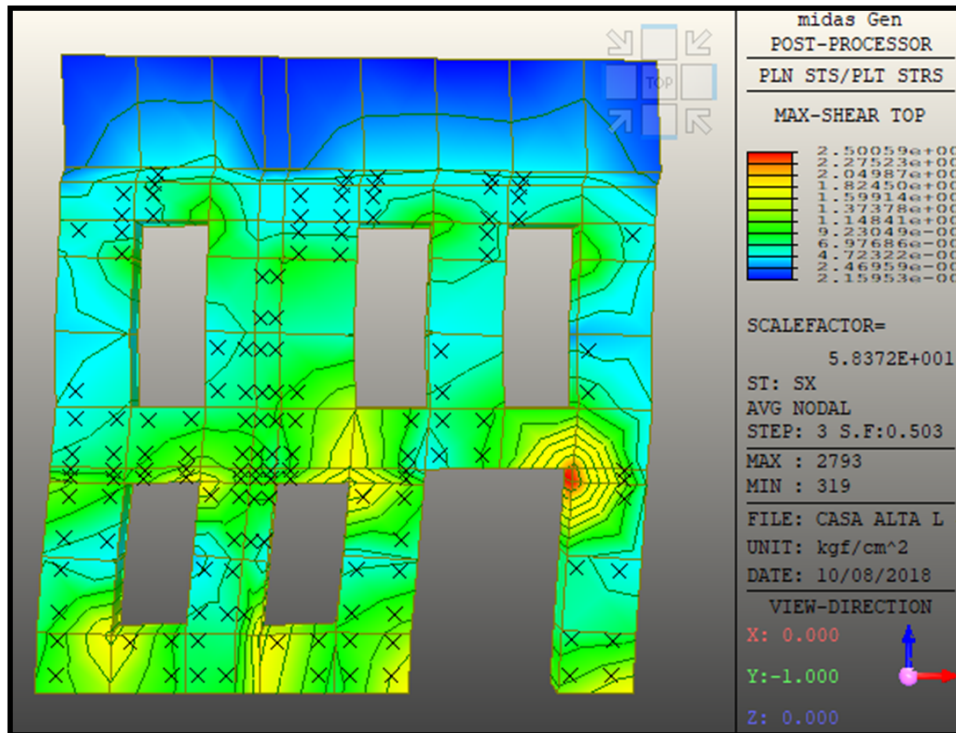
VIII.1.6.3.1 Secuencia del análisis no lineal plástico muro tipo A



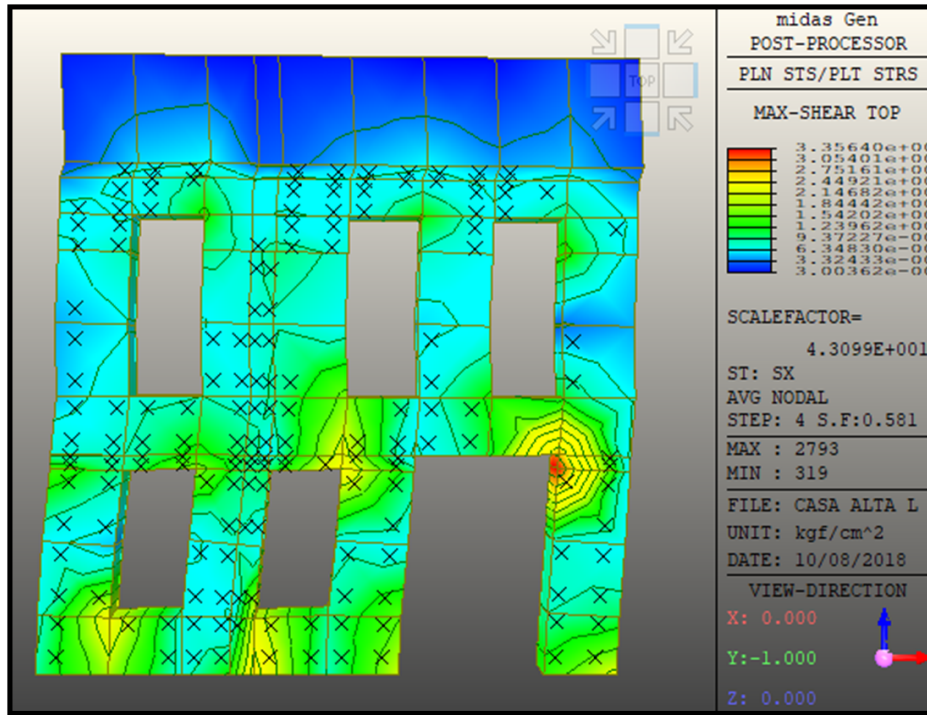
Apéndice clxi: Paso 1 Análisis no lineal plástico muro tipo A



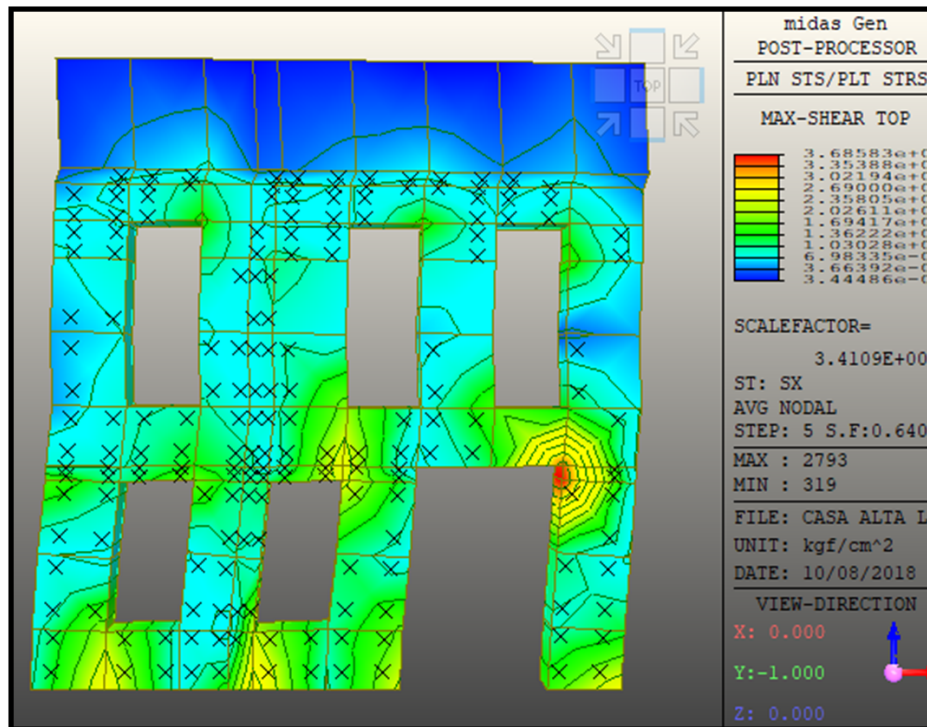
Apéndice clxii: Paso 2 Análisis no lineal plástico muro tipo A



Apéndice clxiii: Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo A

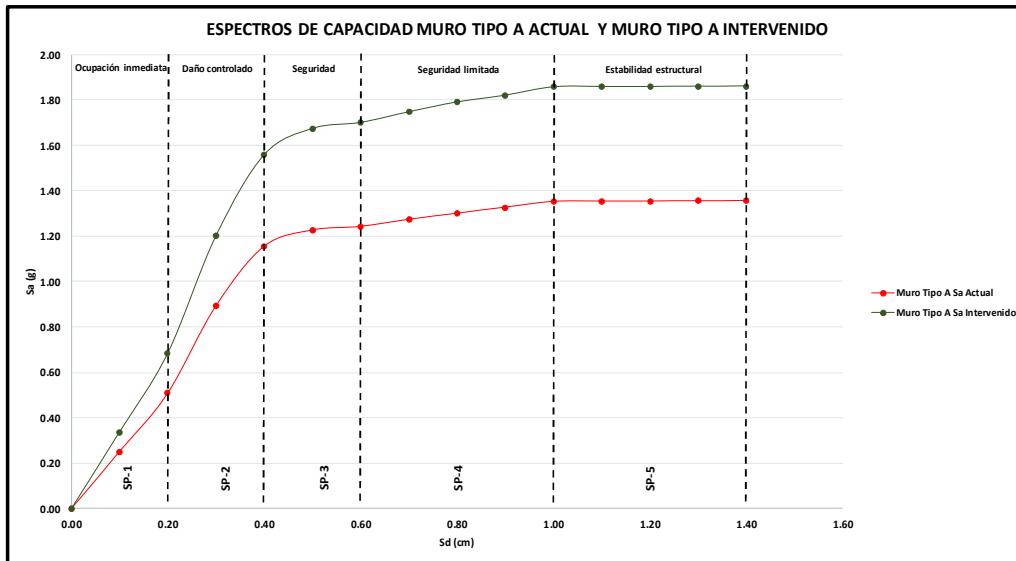
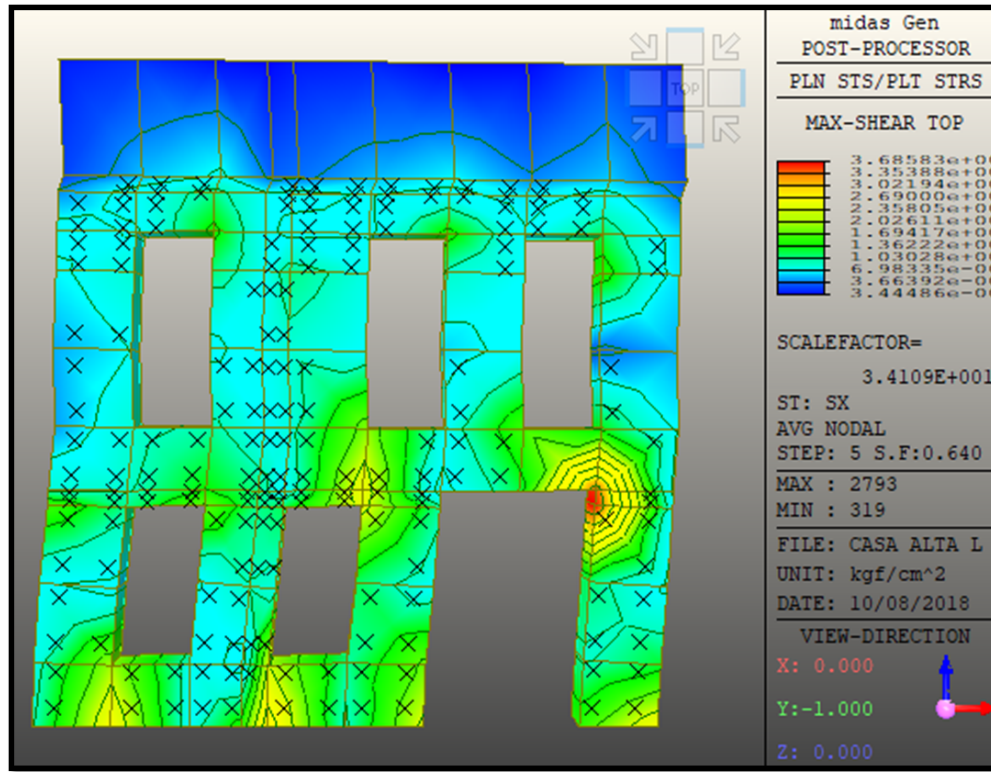


Apéndice clxiv: Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo A

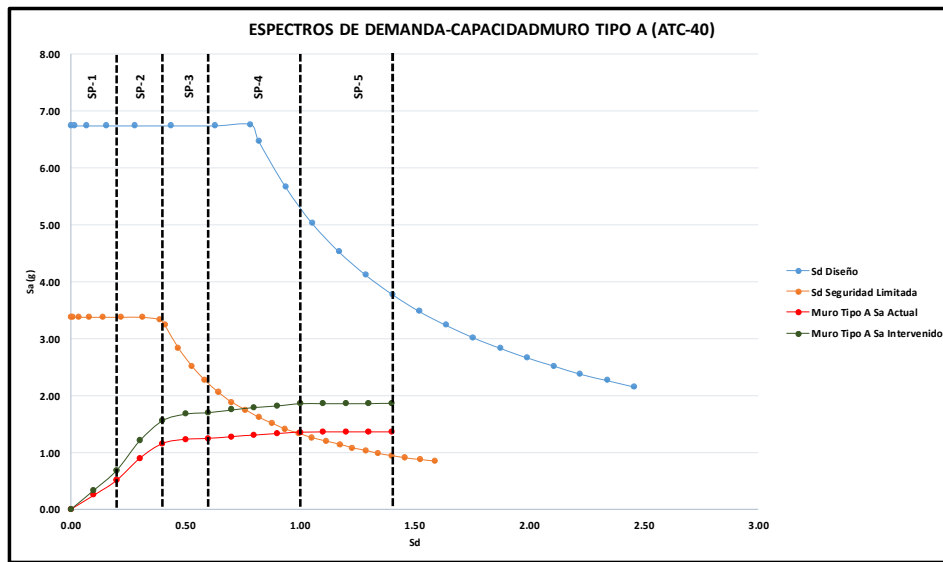


Apéndice clxv: Paso 5 Análisis no lineal plástico muro tipo A

VIII.1.6.3.1.1 Gráficas capacidad demanda del muro tipo A



Apéndice clxvi: Espectros de capacidad muro tipo A actual y muro tipo A intervenido



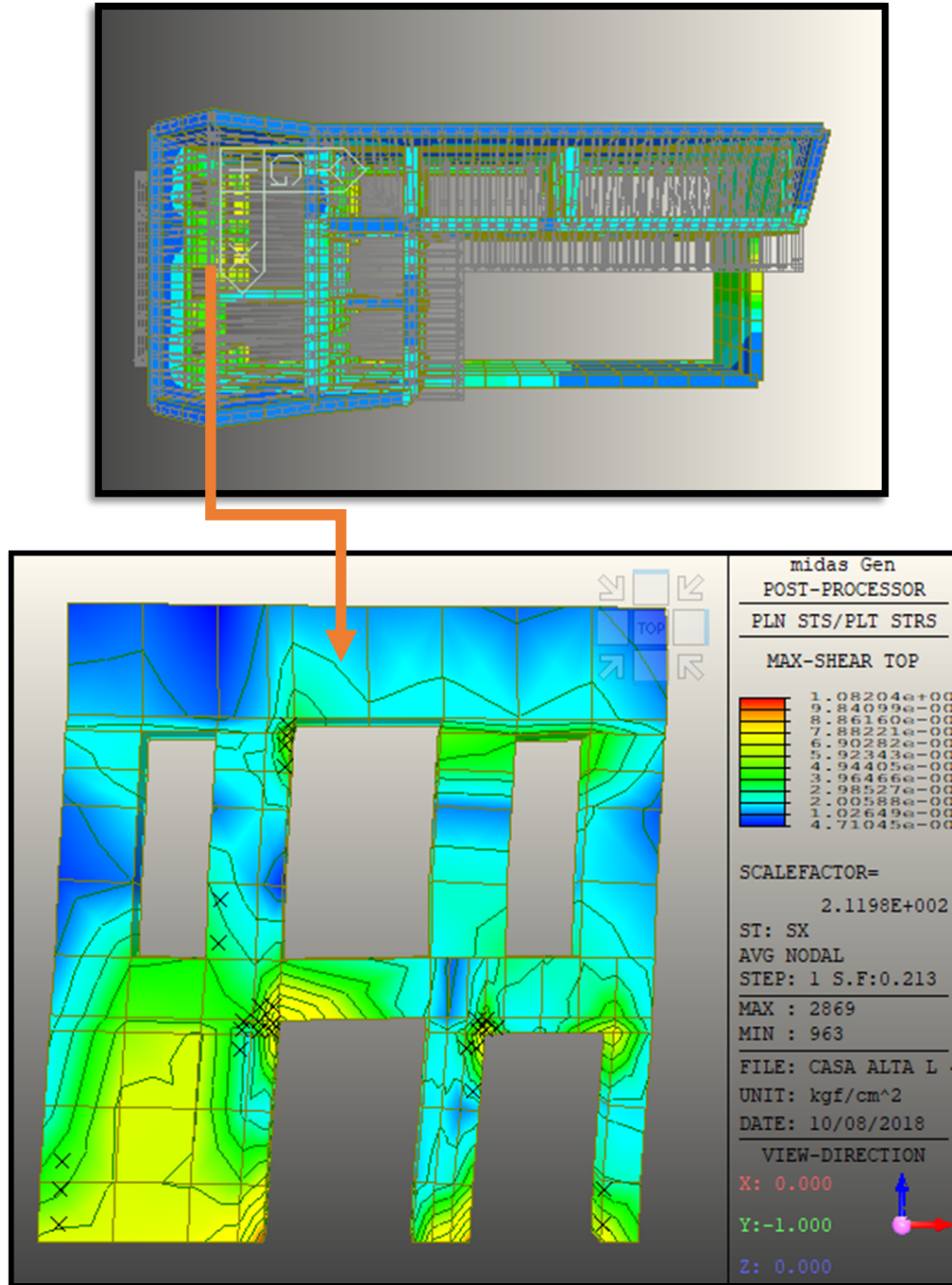
Apéndice clxvii: Espectros de demanda-capacidad muro tipo A

La gráfica muestra la demanda debido a un sismo equivalente, o sismo de diseño (Sd Diseño) y la demanda debido a un sismo reducido (Sd seguridad limitada) según la establece la NSR-10 en el capítulo A.10, el nivel de desempeño inicial del muro tipo A, de acuerdo al ATC-40 se encuentra en la frontera entre la estabilidad estructural SP-5 y la seguridad limitada SP-4, lo cual permite intuir que por las condiciones propias del muro utilizado, se requerirá de un reforzamiento mínimo en las zonas más esforzadas.

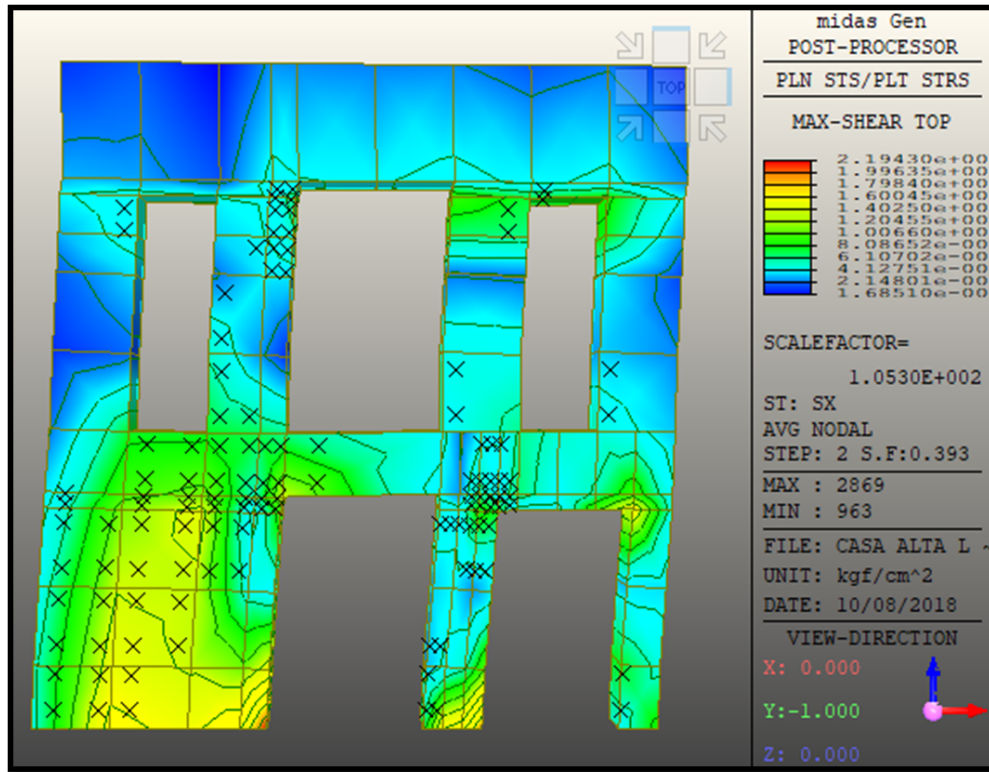
Dependerá del diseño y del juicio del ingeniero estructural la magnitud de la intervención a realizar.

Es propio de cada tipología de casas las características de esta tipología de muro, por lo cual cada intervención será particular en cada caso, en ningunas circunstancias se tomaran datos de un muro para intervenir otro.

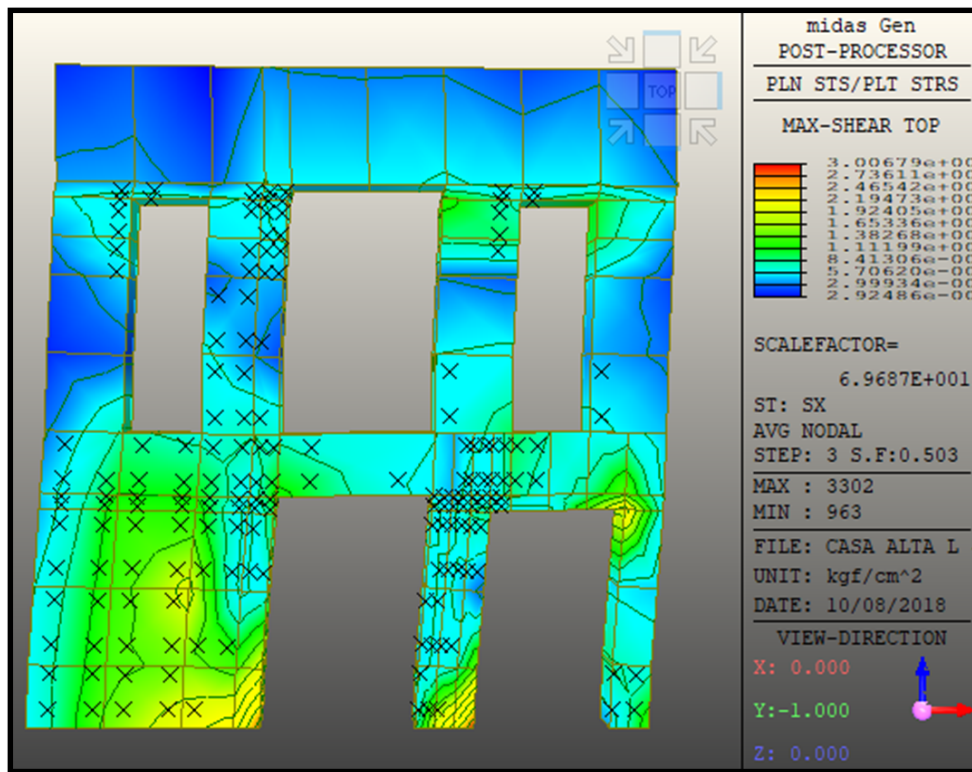
VIII.1.6.3.2 Secuencia del análisis no lineal plástico muro tipo B



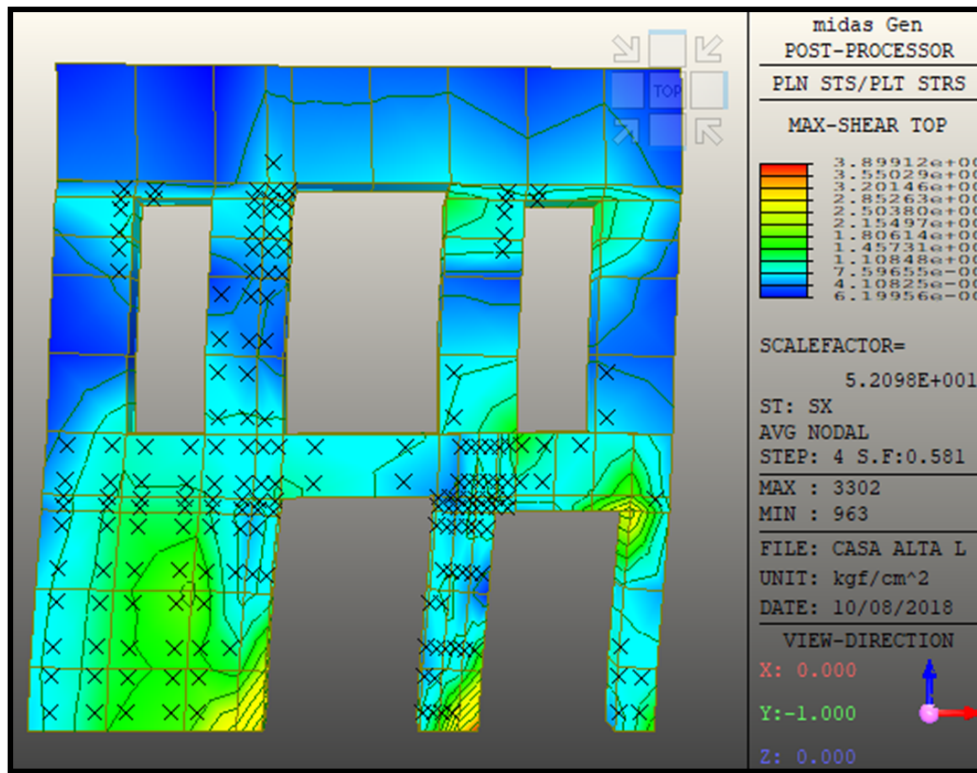
Apéndice clxviii: Paso 1 Análisis no lineal plástico muro tipo B



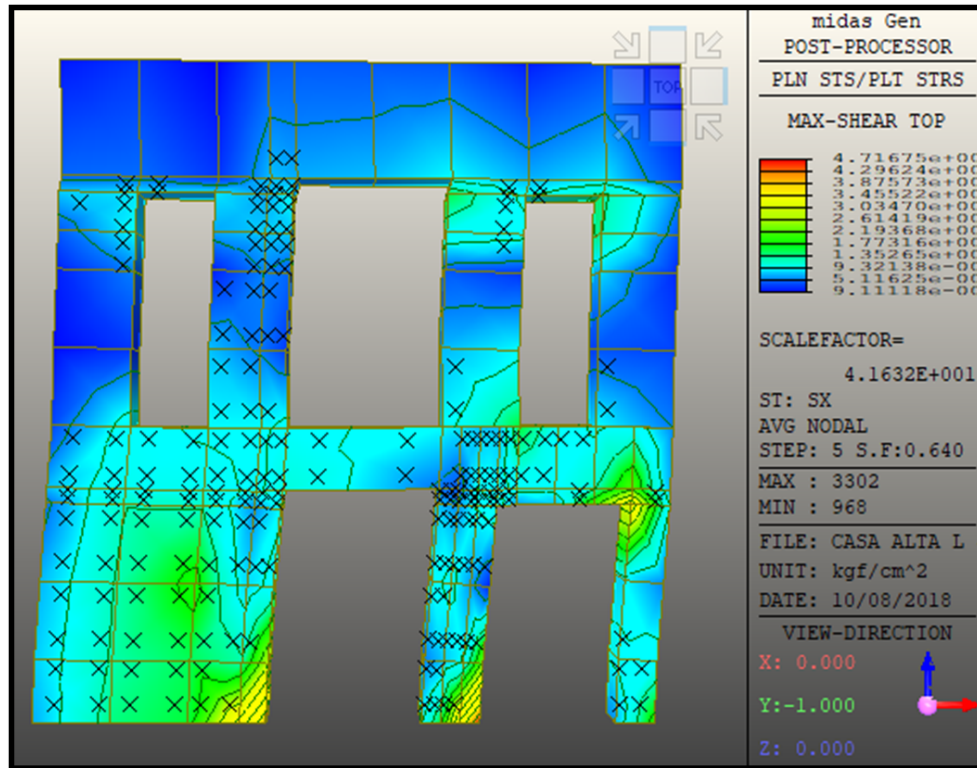
Apéndice clxix: Paso 2 Análisis no lineal plástico muro tipo B



Apéndice clxx: Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo B

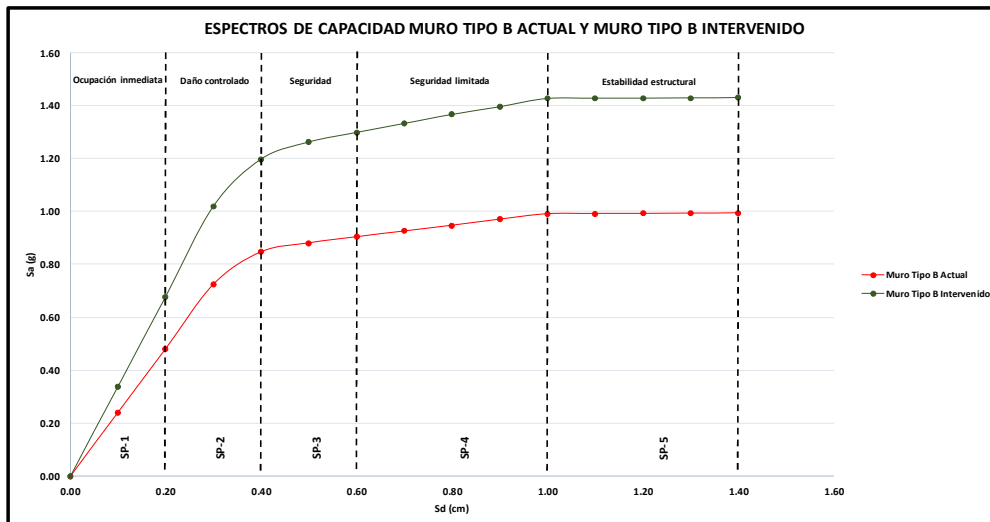
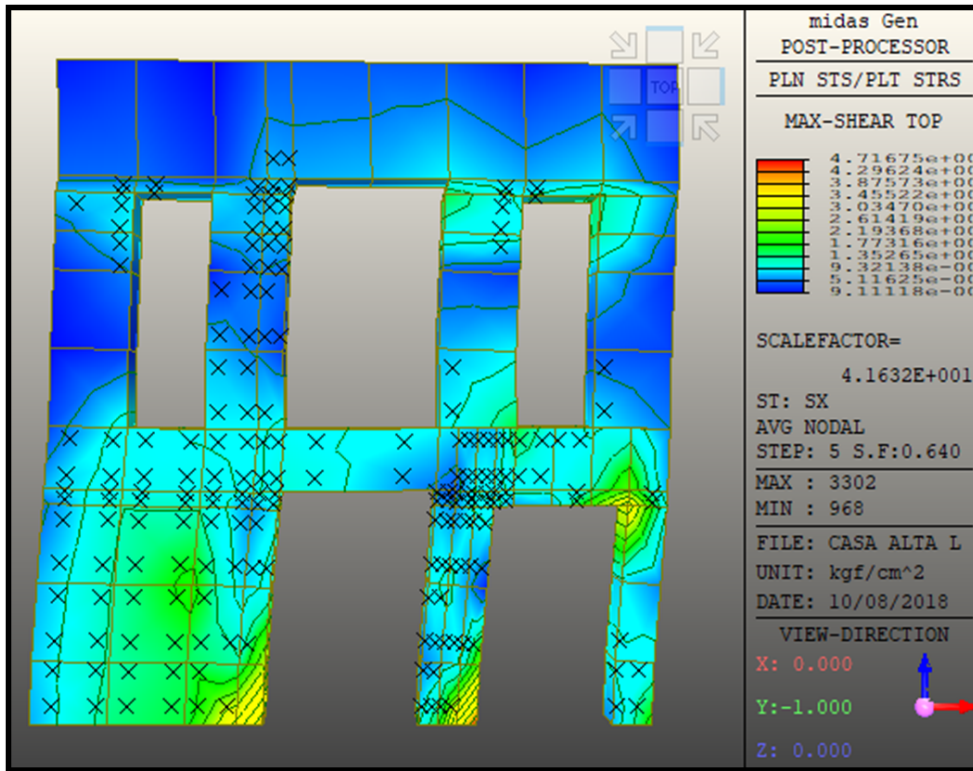


Apéndice clxxi: Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo B

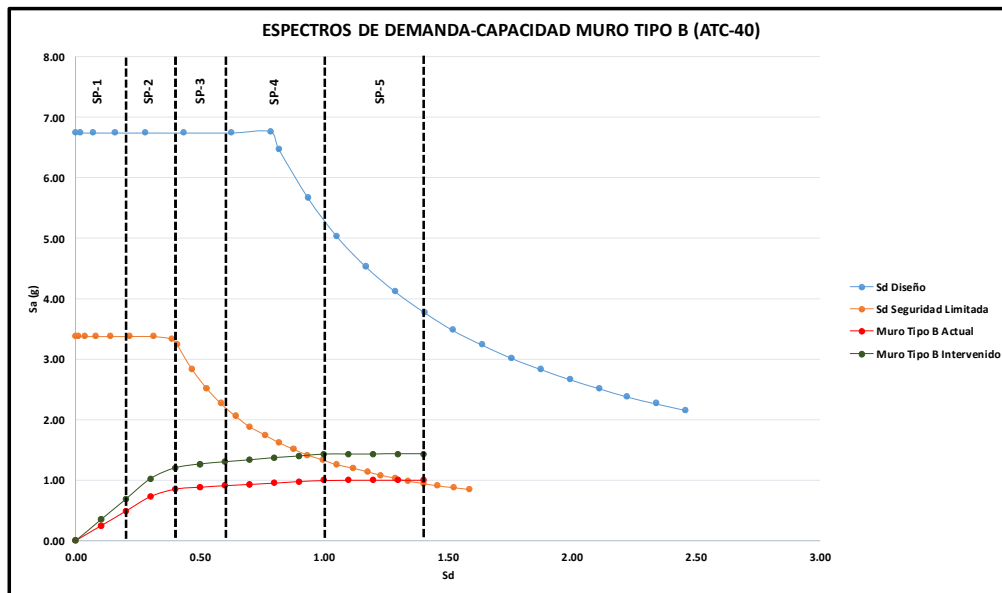


Apéndice clxxii: Paso 5 Análisis no lineal plástico muro tipo B

VIII.1.6.3.2.1 Gráficas capacidad demanda del muro tipo B



Apéndice clxxiii: Espectros de capacidad muro tipo B actual y muro tipo B intervenido



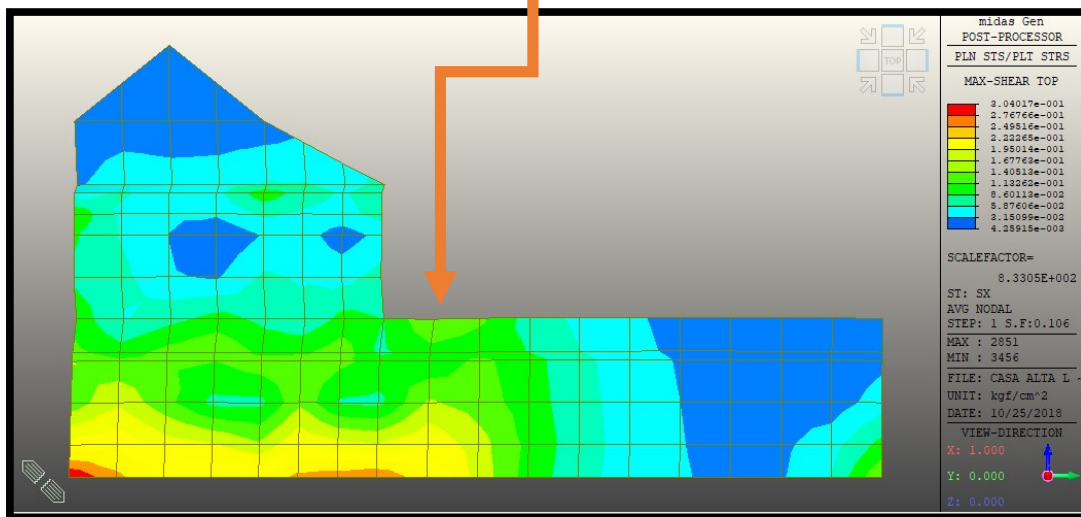
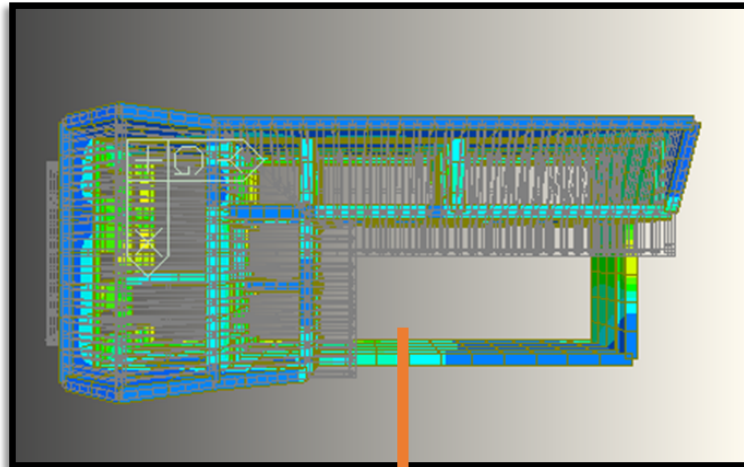
Apéndice clxxiv: Espectros de demanda-capacidad muro tipo B

La gráfica muestra la demanda debido a un sismo equivalente, o sismo de diseño (Sd Diseño) y la demanda debido a un sismo reducido (Sd seguridad limitada) según la establece la NSR-10 en el capítulo A.10, el nivel de desempeño inicial del muro tipo B, de acuerdo al ATC-40 es de estabilidad estructural SP-5, lo cual no cumple con el requisito mínimo de seguridad limitada que exige la norma NSR-10, se requiere entonces intervenir el muro de tal manera que su capacidad aumente hasta lograr que su desempeño sea de seguridad limitada SP-4.

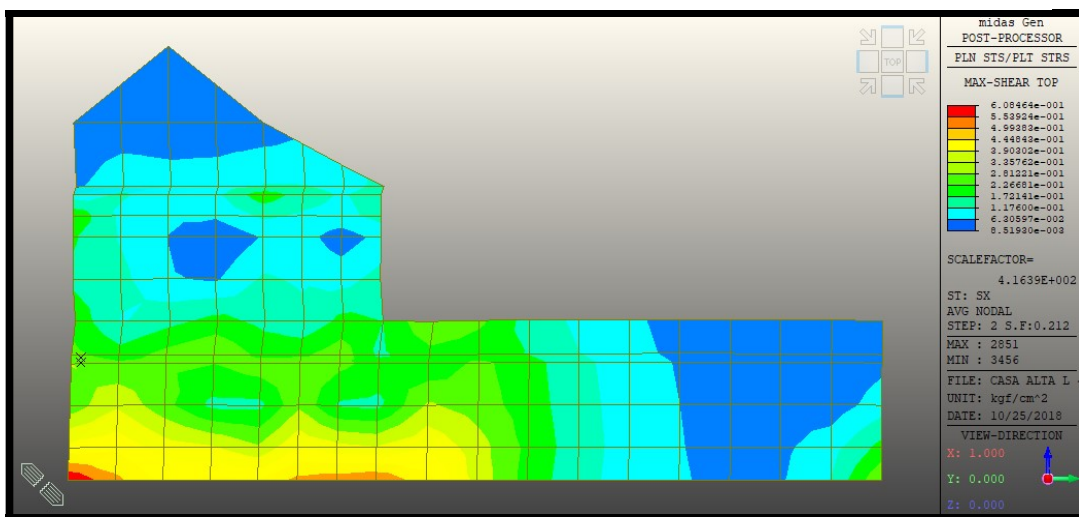
Dependerá del diseño y del juicio del ingeniero estructural la magnitud de la intervención a realizar.

Es propio de cada tipología de casas las características de esta tipología de muro, por lo cual cada intervención será particular en cada caso, en ningunas circunstancias se tomaran datos de un muro para intervenir otro.

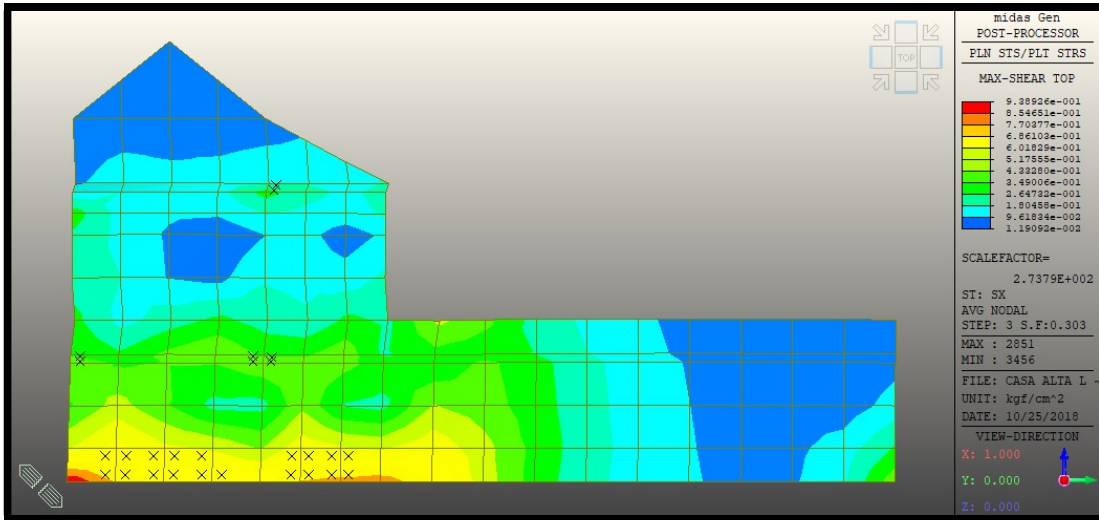
VIII.1.6.3.3 Secuencia del análisis no lineal plástico muro tipo C



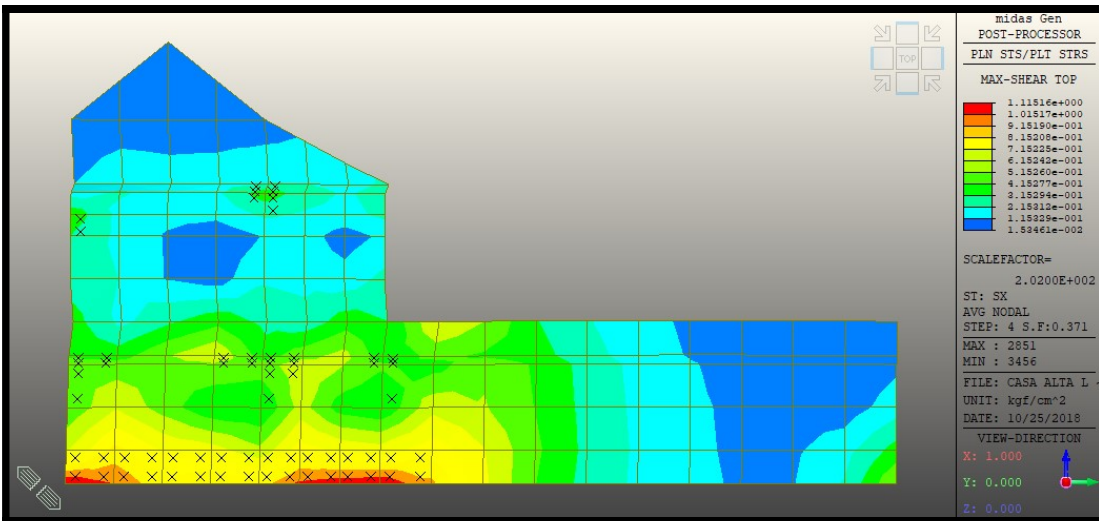
Apéndice clxxv: Paso 1 Análisis no lineal plástico muro tipo C



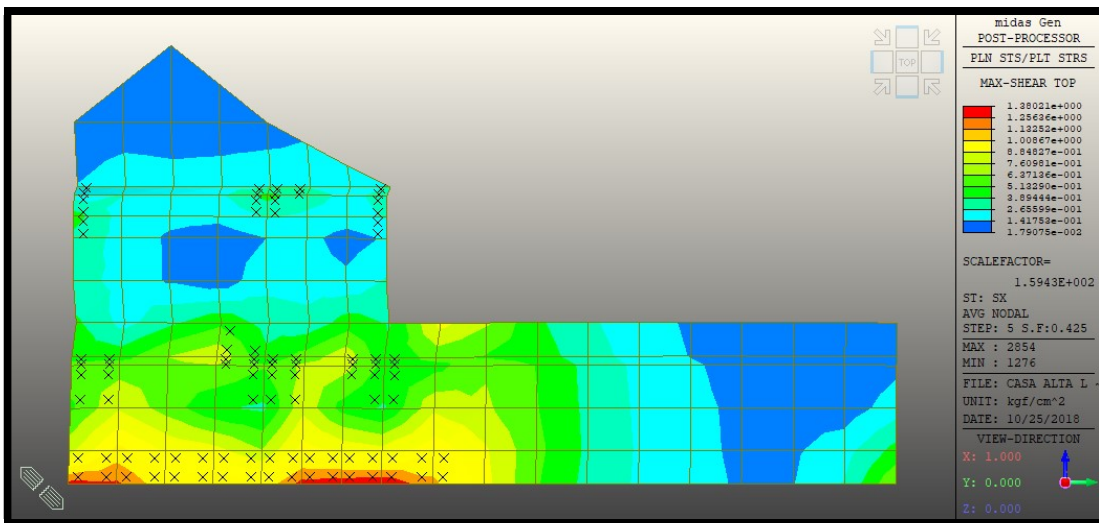
Apéndice clxxvi: Paso 2 Análisis no lineal plástico muro tipo C



Apéndice clxxvii: Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo C

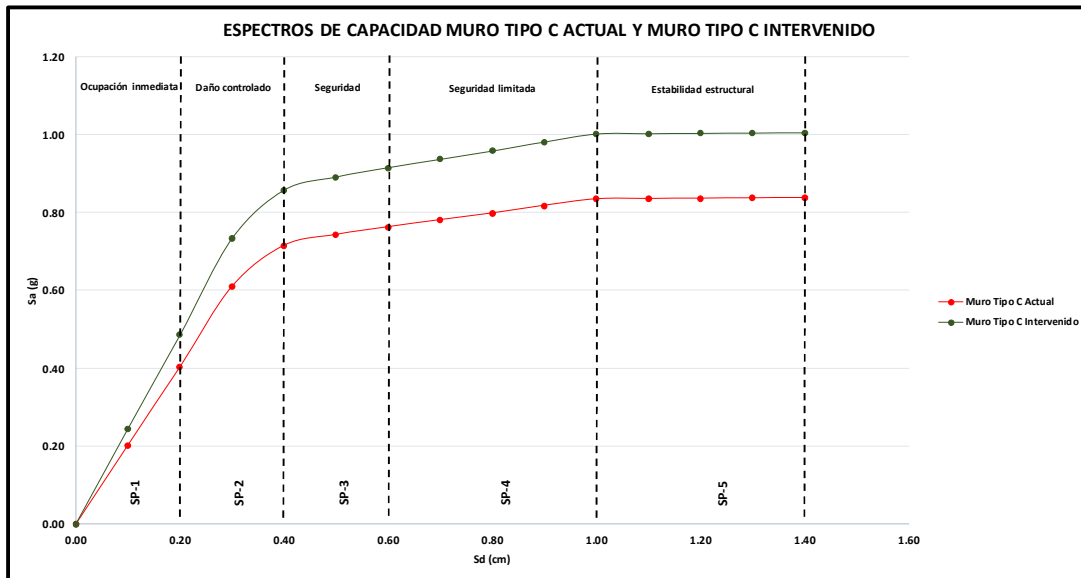
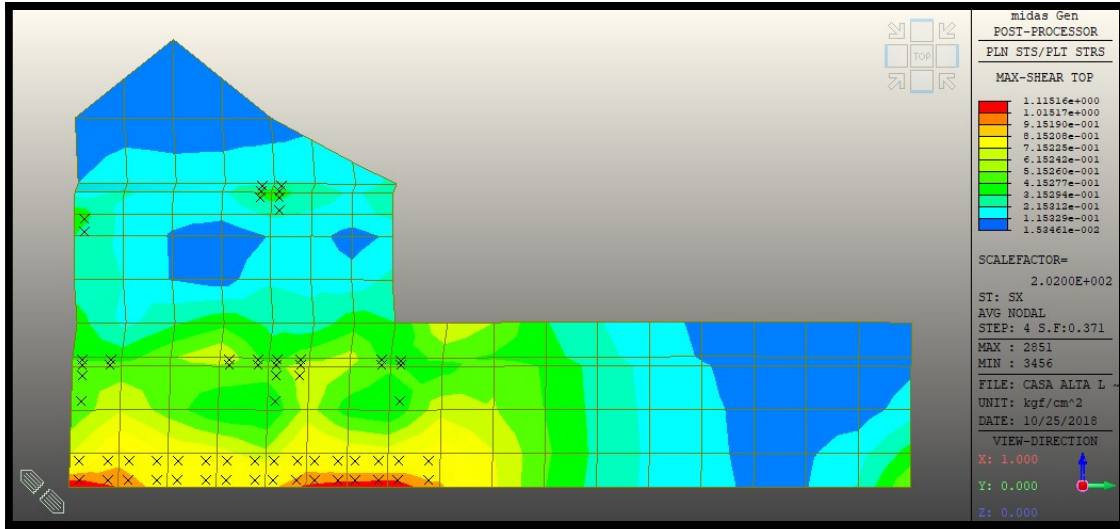


Apéndice clxxviii: Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo C

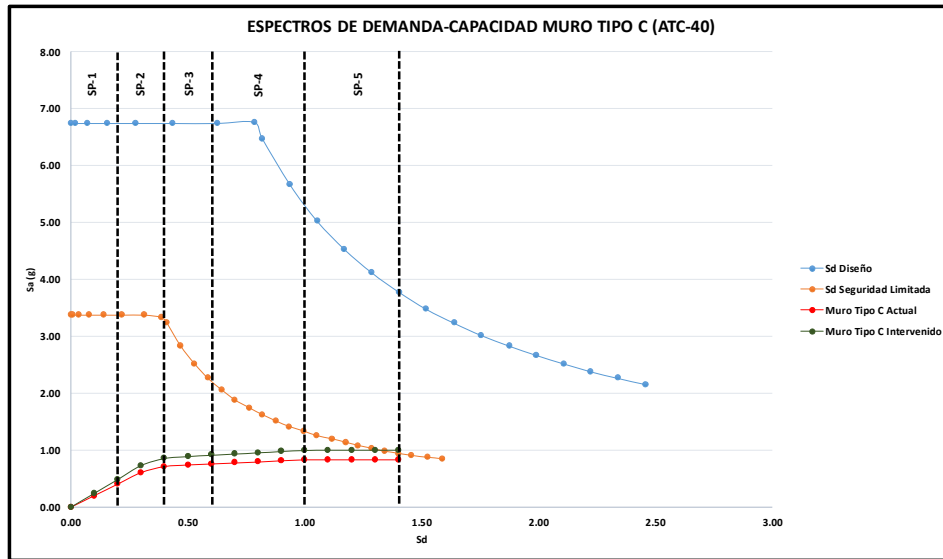


Apéndice clxxix: Paso 5 Análisis no lineal plástico muro tipo C

VIII.1.6.3.3.1 Gráficas capacidad demanda del muro C



Apéndice clxxx: Espectros de capacidad muro tipo C actual y muro tipo C intervenido



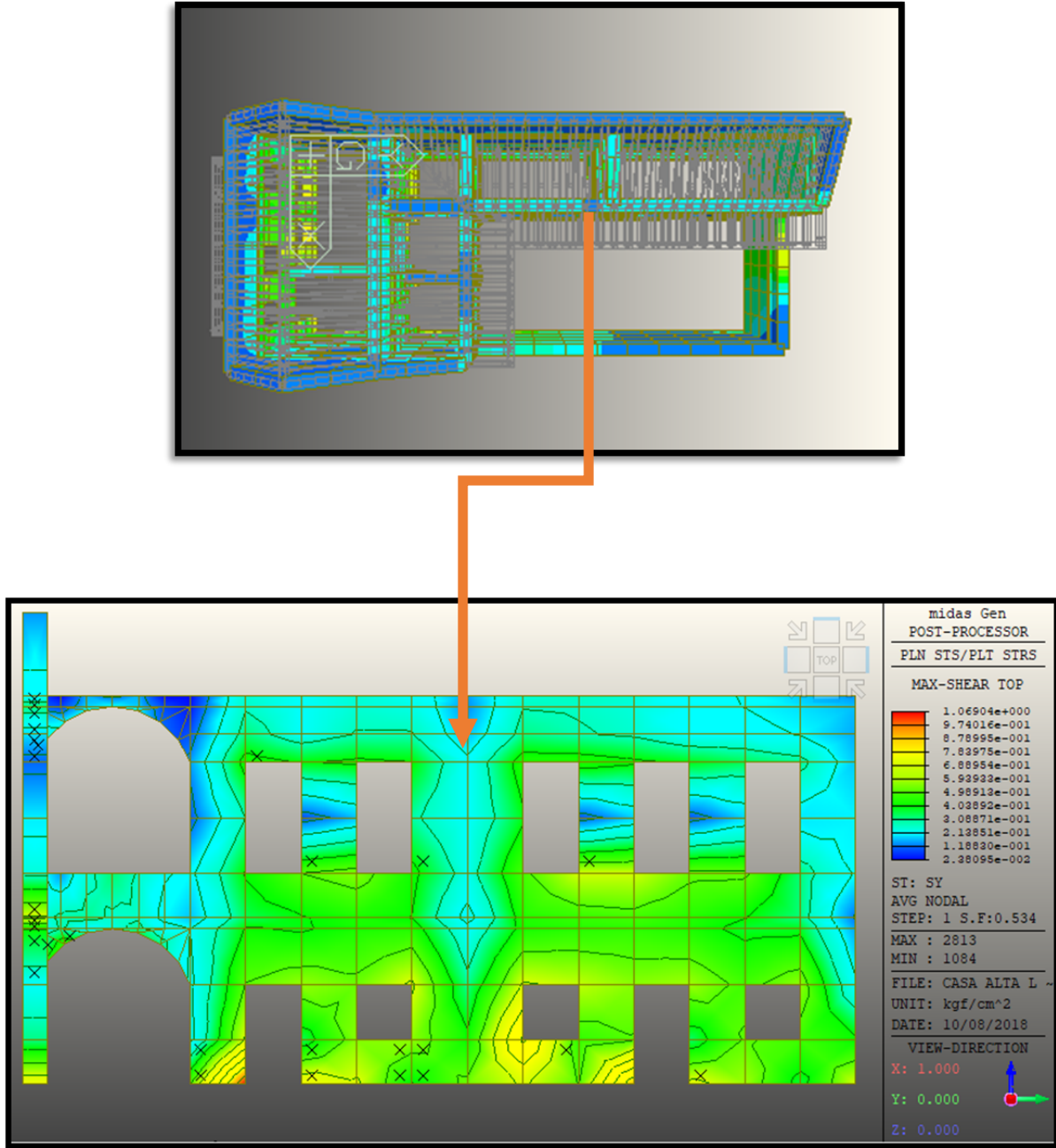
Apéndice clxxxi: Espectros de demanda-capacidad muro tipo C

La gráfica muestra la demanda debido a un sismo equivalente, o sismo de diseño (S_d Diseño) y la demanda debido a un sismo reducido (S_d seguridad limitada) según la establece la NSR-10 en el capítulo A.10, el nivel de desempeño inicial del muro tipo C, de acuerdo al ATC-40 es de estabilidad estructural SP-5, lo cual no cumple con el requisito mínimo de seguridad limitada que exige la norma NSR-10, se requiere entonces intervenir el muro de tal manera que su capacidad aumente hasta lograr que su desempeño sea de seguridad limitada SP-4.

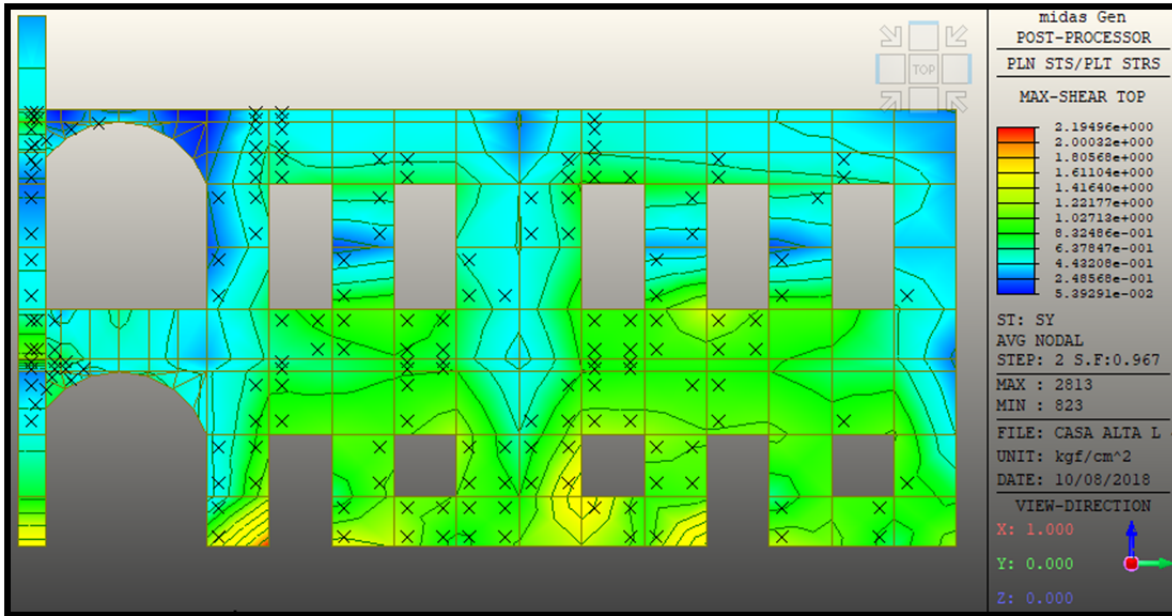
El muro tipo C por sus las características constructivas y los materiales que lo componen, presentan un capacidad rigidez pobre en relación a las otras tipologías de muros que componen la casa de tipología colonial.

Aun realizándole una intervención no se lograría llevarlo a seguridad limitada SP-4, por lo cual se hace necesario de acuerdo a las obras propias de intervención que están especificadas para esta tipología de casas realizar un reconstrucción de dicho muro.

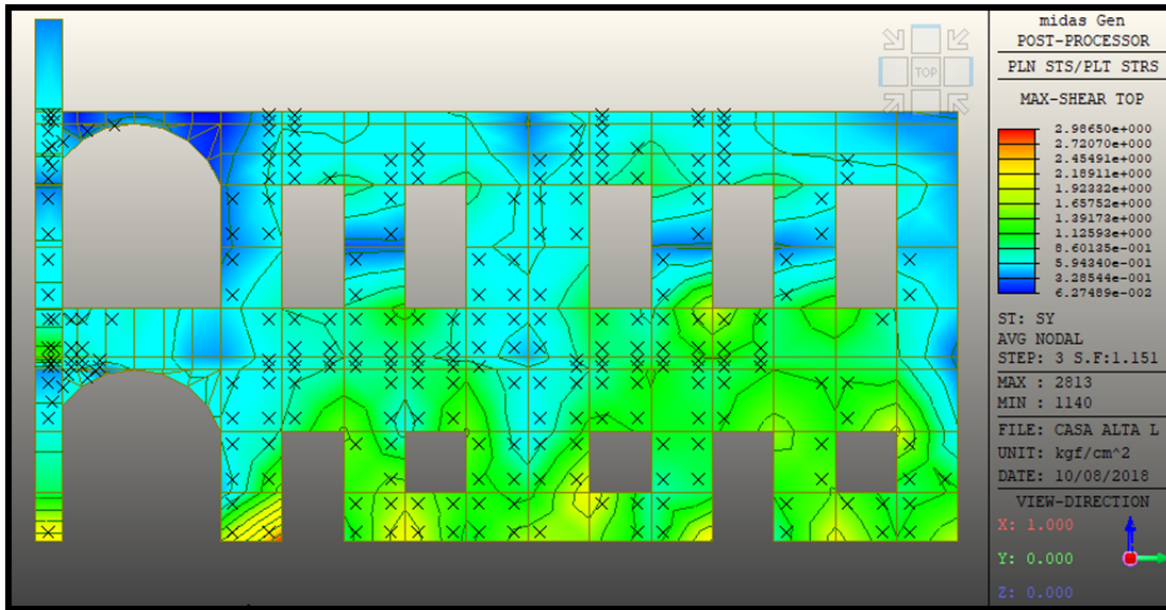
VIII.1.6.3.4 Secuencia del análisis no lineal plástico muro tipo D



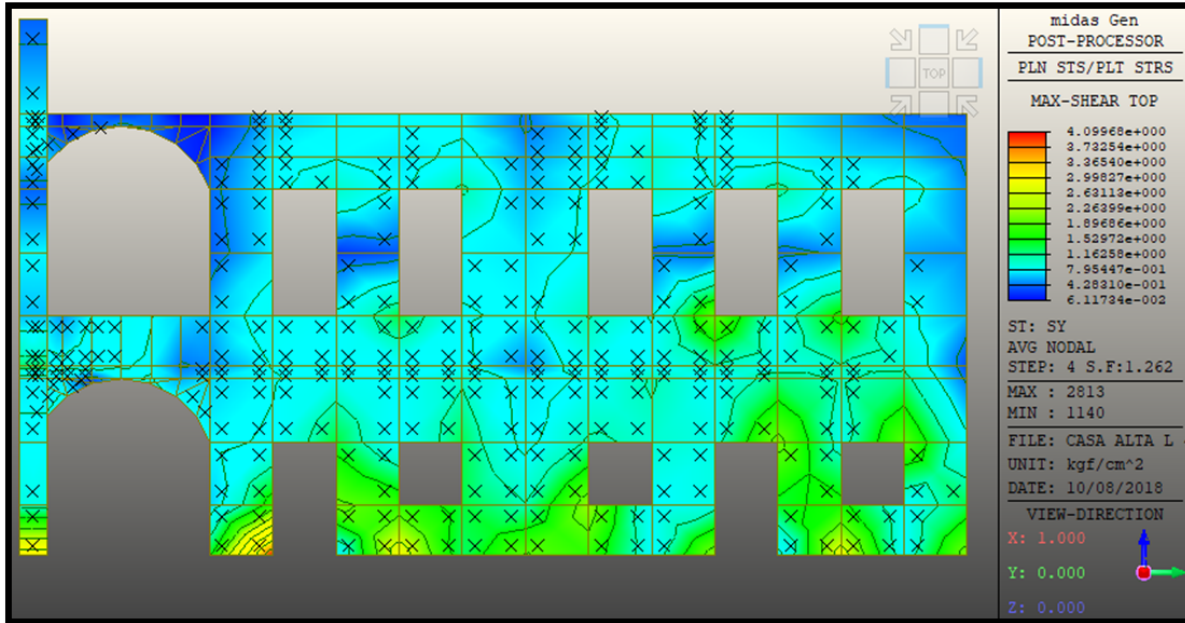
Apéndice clxxxii: Paso 1 Análisis no lineal plástico muro tipo D



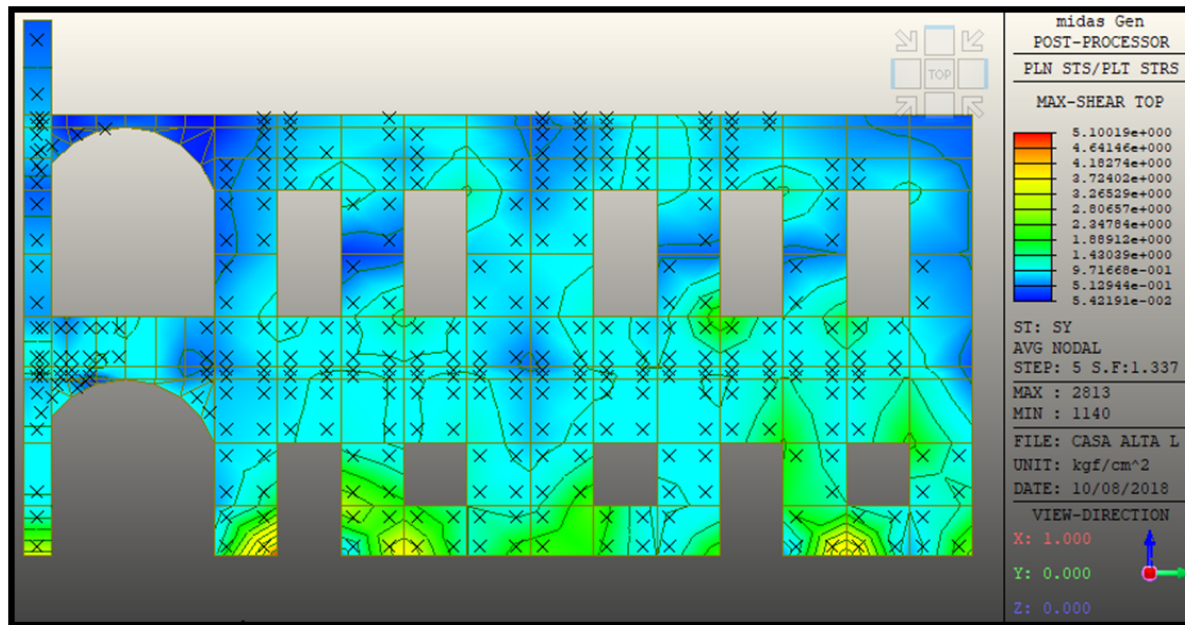
Apéndice clxxxiii: Paso 2 Análisis no lineal plástico muro tipo D



Apéndice clxxxiv: Paso 3 Análisis no lineal plástico muro tipo C

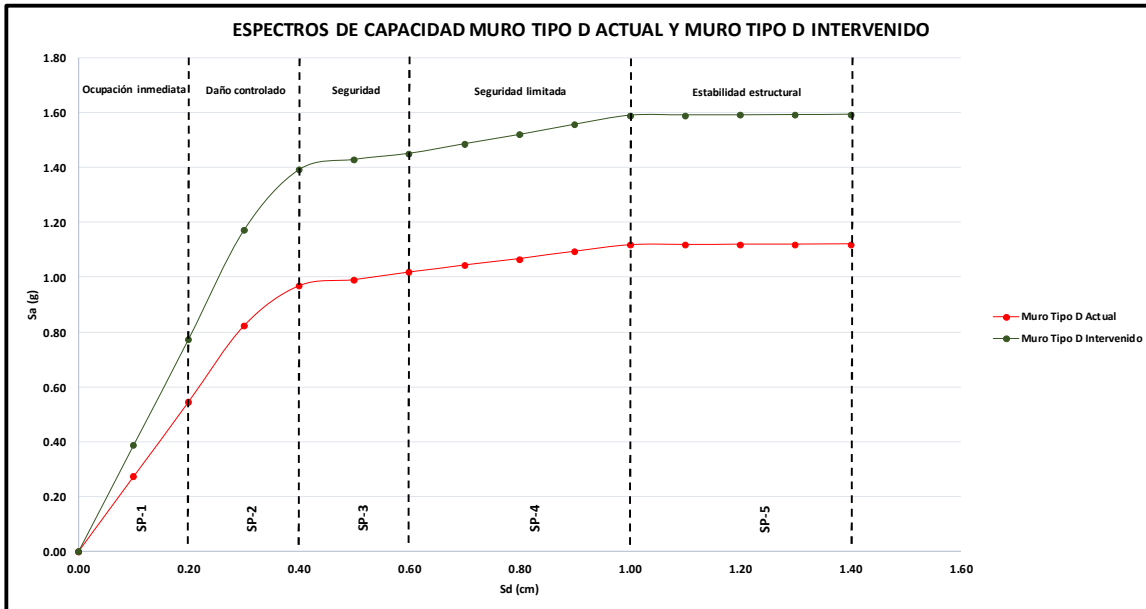
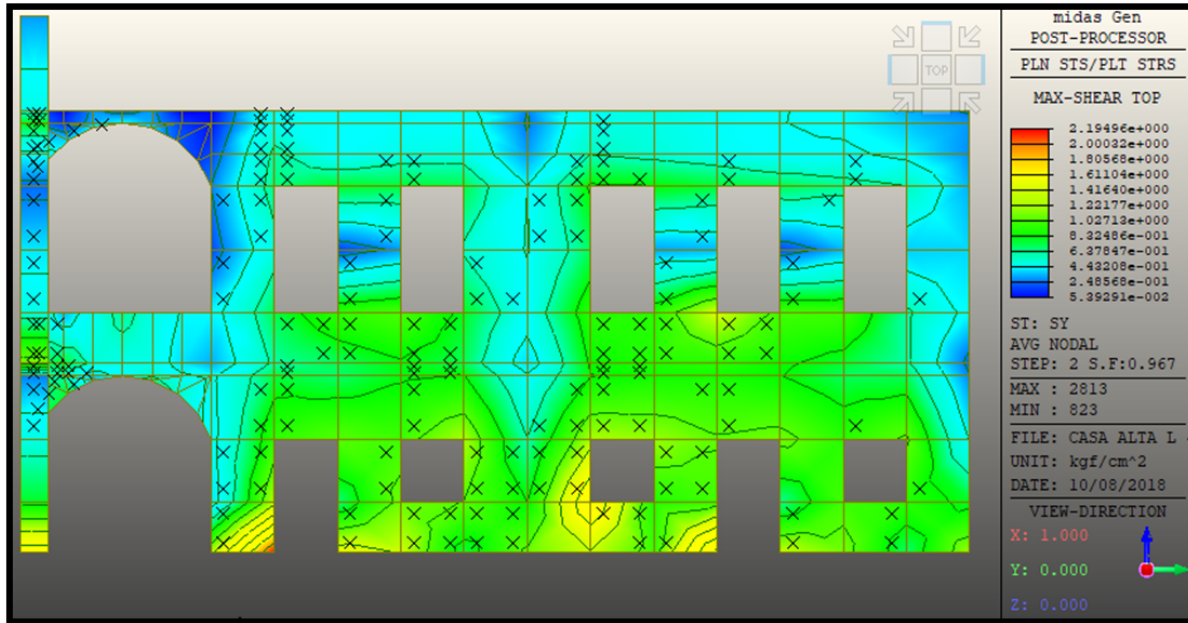


Apéndice clxxxv: Paso 4 Análisis no lineal plástico muro tipo D

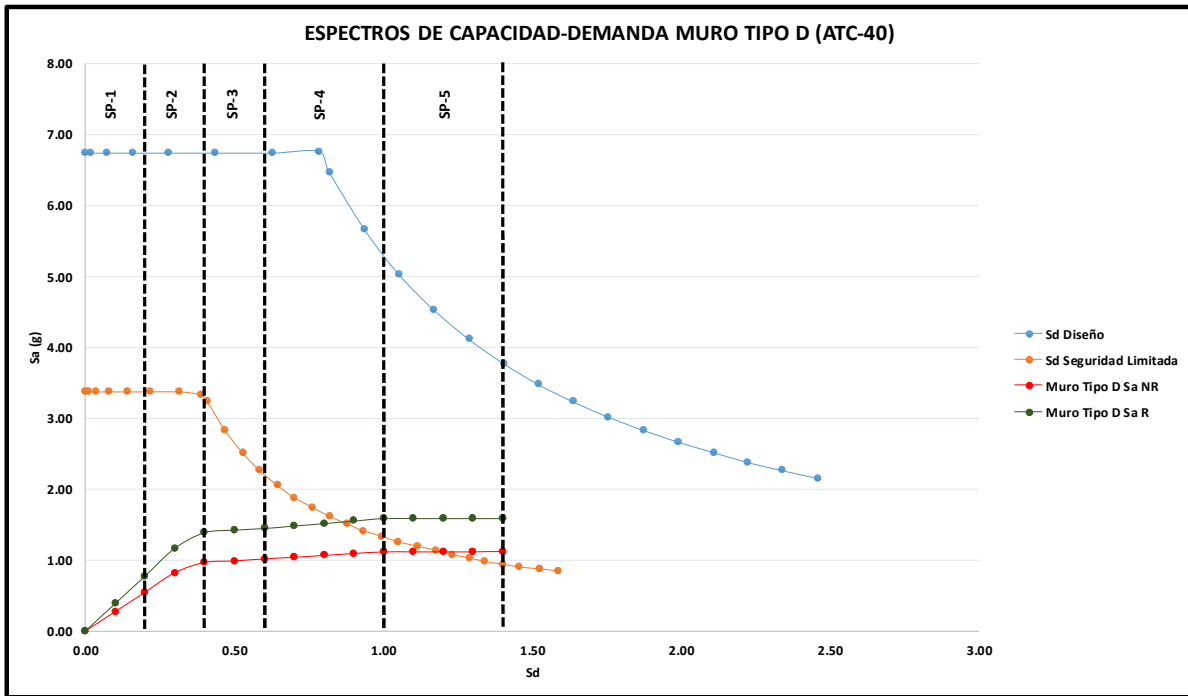


Apéndice clxxxvi: Paso 5 Análisis no lineal plástico muro tipo D

VIII.1.6.3.4.1 Gráficas capacidad demanda del muro tipo D



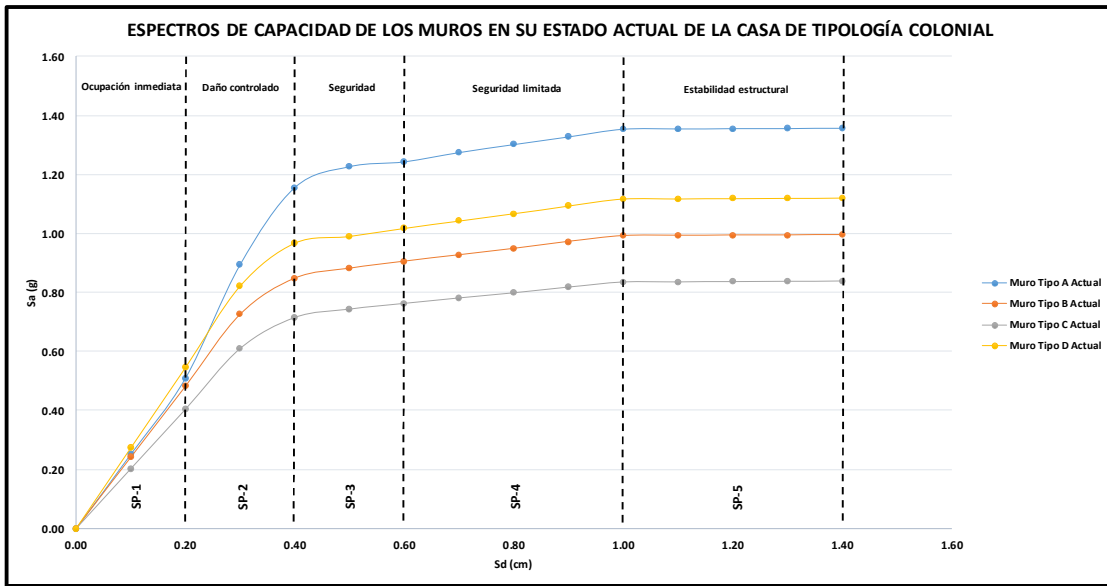
Apéndice clxxxvii: Espectros de capacidad muro tipo D actual y muro tipo D intervenido



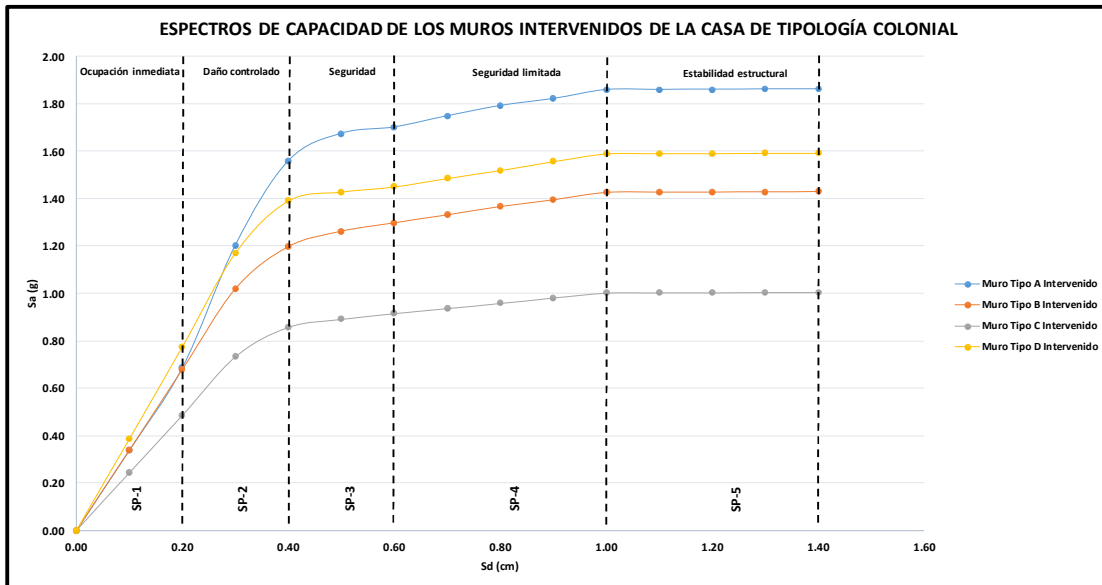
Apéndice clxxxviii: Espectros de demanda-capacidad muro tipo D

La gráfica muestra la demanda debido a un sismo equivalente, o sismo de diseño (Sd Diseño) y la demanda debido a un sismo reducido (Sd seguridad limitada) según la establece la NSR-10 en el capítulo A.10, el nivel de desempeño inicial del muro tipo D, de acuerdo al ATC-40 es de estabilidad estructural SP-5, lo cual no cumple con el requisito mínimo de seguridad limitada que exige la norma NSR-10, se requiere entonces intervenir el muro de tal manera que su capacidad aumente hasta lograr que su desempeño sea de seguridad limitada SP-4.

VIII.1.6.4 Representación gráfica de los espectros de capacidad de los muros de la casa de tipología colonial

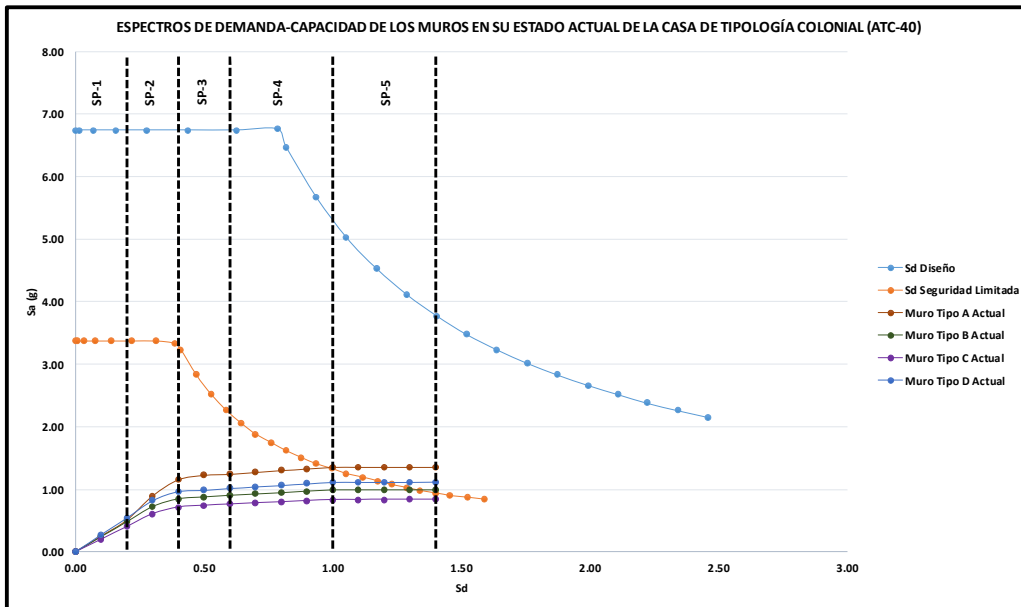


Apéndice clxxxix: Espectros de capacidad de los muros en su estado actual de la casa de tipología colonial

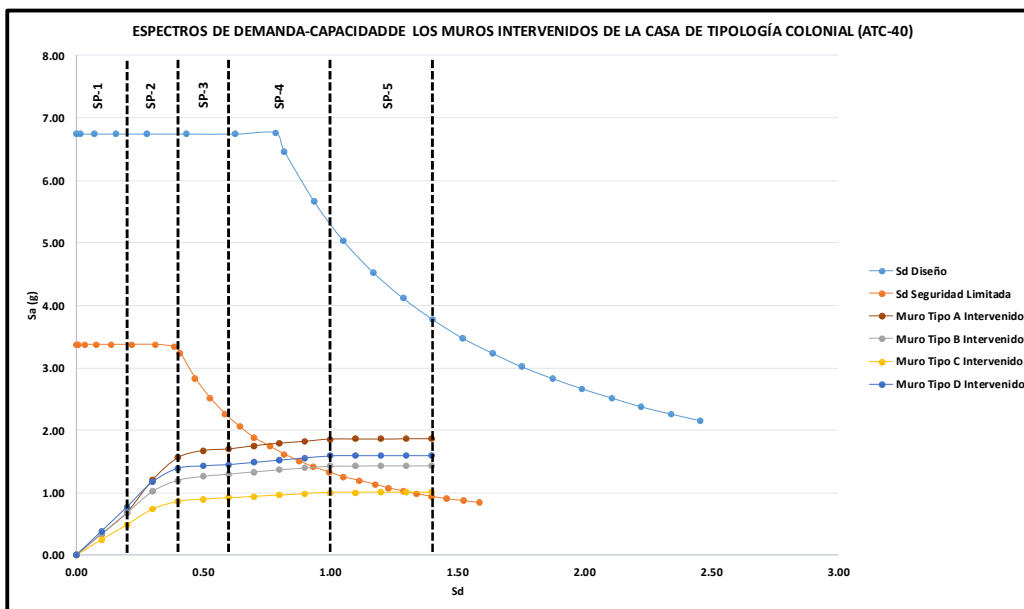


Apéndice cxc: Espectros de capacidad de los muros intervenidos de la casa de tipología colonial

VIII.1.6.5 Representación gráfica de los espectros de demanda-capacidad de los muros de la casa de tipología colonial



Apéndice exci: Espectros de demanda-capacidad de los muros en su estado actual de la casa de tipología colonial



Apéndice excii: Espectros de demanda-capacidad de los muros intervenidos de la casa de tipología colonial

El muro tipo C por sus las características constructivas y los materiales que lo componen, presenta un capacidad pobre en su rigidez en relación a las otras tipologías de muros que componen la casa de tipología colonial.

Aun realizándole una intervención no se logra llevarlo a seguridad limitada SP-4, por lo cual se hace necesario de acuerdo a las obras propias de intervención que están especificadas para esta tipología de casas realizar un reconstrucción de dicho muro.

Los demás muros pueden ser intervenidos de acuerdo al diseño y buen juicio del ingeniero estructural previo análisis a cada muro.

VIII.1.7 Planos de propuesta de reforzamiento y fichas de calificación patológica.

Adjunto a este documento se anexan los planos de la propuesta de reforzamiento y las fichas de calificación patológica de las casas de tipología colonial.

BIBLIOGRAFÍAS

- Abasolo, A. (1999). *Patología técnicas de intervención. Elementos estructurales*. Munillalera.
- Acero, E. (2012). *Aproximación al comportamiento estructural de edificaciones en tierra de la arquitectura colonial*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/11493/1/elizabethaceromatallana.2012.pdf>
- Acha et al. (1999). *Patología y técnicas de intervención. Las instalaciones*. Munilla-Leria.
- ACIS. (s.f.). *Manual de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*. Obtenido de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/Adobe_sistema_constructivo.pdf
- Adell, J et al. (1998). *Patología y tecnicas de intervencion: fachadas y cubiertas*. Munillalera.
- Ahrcos. (1065). *Tradizione del restauro, tecnologie innovative per la Conservazione, il miglioramento, il consolidamento strutturale e architettonico del patrimonio edilizio e di quello storico-artistico-monumentale*. s/e.
- Albarracín, D. (2012). *Valor estético. Trabajo colaborativo 3*. Obtenido de Blog de Martha Liliana: <http://mlg9.blogspot.com/2012/11/valor-estetico.html>
- Alcaldía Mayor de Cartagena. (2015). *Manual de Funciones Alcaldía de Cartagena Decreto 1701*. Cartagena de Indias: s/e.
- Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias. (2001). Decreto 0977 de 20 de noviembre de 2001. Cartagena, Colombia.
- Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias. (2013). *Plan distrital de gestión de riesgo Cartagena de Indias*. Obtenido de http://www.dadiscartagena.gov.co/images/docs/crue/n2015/plan_distrital_gestion_riesgo_v2_2003.pdf
- Alva, J., & Escalaya, M. (2011). *Actualización de los parámetros sismológicos en la evaluación del peligro sísmico en el Perú*. Obtenido de http://www.guzlop-editoras.com/web_des/ing01/ingsismica/pld0001.pdf
- Angulo, F. (s.f.). *Cubiertas en la arquitectura colonial y republicana de Cartagena, Turbaco y Arjona*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Bibliografías

- Arango, S. (1990). *Historia de la arquitectura en Colombia*. Bogotá: Centro Editorial y Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia.
- Arango, S. (1993). *Historia de la arquitectura en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Segunda edición.
- Argilés, J., Bustamante, R., Valvanera, M., Cervera, R., Fernández, M., Gonzáles, . . . Villanueva, L. (1999). *Tratado de la rehabilitación: teoría e historia de la rehabilitación (tomo I)*. Munillalera.
- Aroca, M. (2008). *Análisis patológico, constructivo y aplicación del método estratigráfico murario en la fachada norte de la iglesia de Sto. Domingo en Murcia*. Obtenido de Universidad Politécnica de Cartagena.:
<http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/43/Cap.3.pdf?sequence=16>
- Arquitectos por Chile. (s.f.). *Diseño sísmico de muros de cerramiento*. Obtenido de
<https://id.scribd.com/document/396368211/1268082409-analisis-sismico-con-3muri-dpr-barcelona-pdf>
- Ayola, J., & Matute, M. (2013). *Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera Utilizada Como Viga de Entrepiso en las Viviendas Coloniales del Centro Histórico de la Ciudad de Cartagena*. Universidad de Cartagena de Indias: Cartagena .
- Ballesteros, J., & Turizo, M. (2013). *Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera Utilizada Como Viga de Entrepiso en las Viviendas Coloniales del Centro Histórico de la Ciudad de Cartagena*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
- Barrera, O., & Nieves, Ó. (2015). *Determinación de la vulnerabilidad en las casas coloniales ubicadas en el barrio de San Diego de la ciudad de Cartagena de Indias [Trabajo de grado]*. Obtenido de Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería:
<http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/2069/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>
- Beltran, S., & Rojas, J. (2012). *Caracterización de las Patologías Recurrentes en las Fachas de las Casas de Tipología Colonial en el Centro Histórico de Cartagena de Indias*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
- Berriochoa, V et al. (1999). *Metodología de la restauración y de la rehabilitación*. Munillalera.

- Bonfante, Á., & Bustos, K. (2013). *Caracterización, Clasificación y Patología de las Especies de Maderas más Usadas en la Construcción como Elementos Estructurales Permanentes en la Ciudad de Cartagena*. Cartagena: Universidad de Cartagena de Indias.
- Broto, C. (2018). *Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción*. Obtenido de Libros Virtual: <https://www.librosvirtual.com/ingenieria-civil/enciclopedia-broto-de-patologias-de-la-construccion-carles-broto>
- Caballero. (2007). *determinacion de la vulnerabilidad sismica por medio del metodo de indice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro historico de la ciudad de Sincelejo, utilizando tecnologia del sistema de informacion geografica*. Sincelejo.
- Cabrera, A. R. (1991). *Tecnicas antiguas de construccion la permanencia de los sistemas*.
- Cacho, A. (2014). *Patologías de la construcción*. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/if8ccwvaerw7/patologias-de-la-construccion/>
- Camargo, A., & Gamarra, J. (2016). *Comparación de resistencias a la compresión entre mampostería colonial mixta presente en edificaciones y fortificaciones del centro histórico de Cartagena de Indias, y muretes fabricados bajo criterios de construcción semejantes*. Obtenido de Universidad de Cartagena. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería: <http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/2701/1/TESIS%20DOCUMENTO%20FINAL%20-%20GAMARRA%20CAMARGO.pdf>
- Camata, G. (s.f.). *Análisis de estructuras de albañilería y estructuras históricas*. Pescara Italy.
- Canosa, S. (s.f.). *Levantar geoméricamente los edificios existentes*. Obtenido de http://www.rehabimed.net/Publicacions/Metode_Rehabimed/II.%20Rehabilitacio_Ledifici/ES/2a%20Parte.%20Herramienta%204.pdf
- Casadei, P. (s.f.). *Reforzamiento de albañilería con sistemas FRCM*. Italia: Product manager.
- Castillo, J., & Pineda, J. (2013). *Evaluación y Diagnóstico de la Casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- Chala, S., & Urrego, D. (2013). *Estudio de vulnerabilidad sísmica estructura edificio el pinar en Bogotá*. Obtenido de Universidad Católica de Colombia:

Bibliografías

- https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/10111/3/RAE_Estudio_vulnerabilidad_s%C3%ADsmica_edificio_El%20Pinar_Bogot%C3%A1.pdf
- Colajanni, P., Muscolino, G., & Ricciardi, G. (2006). *Crolli e Affidabilità delle Strutture Civili*. Obtenido de https://www.darioflaccovio.it/abstracts/9788877587497/crolli-e-affidabilita-delle-strutture-civili_9788877587497.pdf
- Comisión Asesora Permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes . (1998). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR 10*. Obtenido de http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_D.pdf
- Cruz, J. (2012). *estudio tipológico, constructivo y estructural de las casas de corredor en Madrid*. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid : http://oa.upm.es/14326/1/JAIME_SANTA__CRUZ_ASTORQUI_PARTE_I.pdf
- Cuevas, A., & Herrera, C. (2013). *Propiedades Mecánicas de la Mampostería Colonial Tipo III de Edificaciones de Uso Residencial en la Ciudad de Cartagena de Indias*. Cartagena: Universidad de Cartagena de Indias.
- Díaz, B. (s.f.). *Capacidad de los edificios de mampostería no reforzada*. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6230/12CAPITULO11.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
- Díaz, C. (s.f.). *Lesiones estructurales en los edificios de la arquitectura tradicional mediterránea*. Obtenido de http://www.rehabimed.net/Publicacions/Metode_Rehabimed/II.%20Rehabilitacio_Ledifici/ES/1a%20Parte.pdf
- Dorta, E. (1988). *Cartagena de Indias. Puerto y Plaza Fuerte*. Bogotá: Fondo Cultural Cafetero.
- Echeverría, D., & Malambo, J. (2016). *Elaboración de un plan de intervención a la patología en fachadas de casas coloniales en el barrio san diego mediante el uso de técnicas antiguas y modernas*. Obtenido de Universidad de Cartagena: <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/4402/1/TESIS%20FINAL%20D.pdf>
- Escorcía, D., & Herrera, J. (2017). *Caracterización geotécnica del subsuelo y evaluación sísmica en el sector getsemaní en la ciudad de Cartagena de Indias*. Obtenido de Universidad de Cartagena:

<http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/4159/1/CARACTERIZACION%20GEO%20TECNICA%20DEL%20SUBSUELO%20Y%20EVALUACION%20SISMICA%20EN%20EL%20SECTOR%20DE%20GETSEMAN%20EN%20LA%20CIUD.pdf>

Fajifar, P. (2000). *Structural Analysis in Earthquake Engineering - A Breakthrough of Simplified Non Structural Analysis in Earthquake Engineering - A Breakthrough of Simplified Non*. Elsevier Science Ltd.

Fay , S. (1989). *Noticias historiales*. Bogotá: Banco de la República.

Federal Emergency Management Agency. (1997). *Nehrp guidelines for the seismic rehabilitation of buildings*. Obtenido de <http://www.conservationtech.com/FEMA-publications/FEMA273-1997.pdf>

FEMA. (2003). *Evaluation of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings*. Obtenido de https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1507-20490-6988/fema_307.pdf

Findeter . (2013). *Casa de la cultura Barranca de loba* . Obtenido de <https://www.findeter.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=219723>

Fortich, C., & López, L. (2016). *Determinación de la vulnerabilidad en las estructuras de las casas coloniales ubicadas en el Barrio Getsemaní de la Ciudad de Cartagena*. Cartagena: Universidad de Cartagena de Indias.

Freeman, J., Choi, R., & Jenden, D. (1975). *Plasma choline: its turnover and exchange with brain choline*. *Neurochem*.

Fundación Socya. (2017). *Términos de referencia para la invitación a presentar oferta técnica y económica para la realización de los estudios especializados sobre los predios la belleza, buenos aires, el ruido y barlovento-betania como alternativas para el reasentamiento de la co*. Obtenido de <http://convocatorias.socya.org.co/wp-content/uploads/2017/03/T%C3%89RMINOS-DE-REFERENCIA.pdf>

Galasco, A., & Frumento, S. (s.f.). *Analisi sismica delle strutture murarie*. Sistemi Editoriali.

Bibliografías

- Gamarra, J., & Dominguez, I. (2011). *Resistencia estructural de la mampostería de tipología colonial, cascoteo, en las estructuras de la ciudad de Cartagena de indias*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
- Gamarra, J., & Dominguez, I. (2011). *Resistencia estructural de la mampostería de tipología colonial, cascoteo, en las estructuras de la ciudad de Cartagena de indias*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- GEU. (2010). *Macroproyecto de recuperación integral del cerro de la popa –cartografiagrupo de estudios urbanos Imacroproyecto urbano para la recuperación integral del cerro de la popa en la ciudad de cartagena de indiascartografía Bogotá D.C. –Cartagena de Indias*.
Obtenido de <https://studylib.es/doc/817491/documento-cartografia>
- Gómes, Y. (2015). *Análisis de parámetros sísmicos de dos series ocurridas en el cur y este de españa*. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid:
http://oa.upm.es/37334/1/TFG_YAIZA_GOMEZ_ESPADA.pdf
- Herrera, A. (1991). *El viaje a Colombia. Cartagena de Indias y la arquitectura colonial española*. Obtenido de Rumbo Guadalajara: <http://www.herreracasado.com/1991/10/25/el-viaje-a-colombia-cartagena-de-indias-y-la-arquitectura-colonial-espanola/>
- Instituto de Patrimonio y Cultura de Cartagena-IPCC. (s.f.). *Instituto*. Obtenido de <https://www.ipcc.gov.co/index.php/instituto/mi-y-vi>
- International Scientific Committe for Analysis and Restaration of Structures of Architectural Heritage. (2003). *Recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del Patrimonio arquitectónico*. Reino Unido: ICOMOS .
- Klingner, R (2012). *Especificación, diseño y cálculo de mampostería*. San José, Costa rica: Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto, ICCYC.
- Lane, K. (2007). *Corsarios, piratas y la defensa de Cartagena de Indias en el siglo XVI*. Obtenido de https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/boletin_cultural/article/view/409
- Laurenco, P., & Ramos, L. (2004). *Modelado y vulnerabilidad de los centros históricos de las ciudades en zonas sísmicas: un estudio de caso en Lisboa*. Guimara, Potugal: Universidad de Minho, Azure´m.
- Leon, G. (2015). *Determinación y evaluación de patologías en muros de albañilería, columnas y vigas de concreto de la parroquia nuestra señora de guadalupe del distrito de nuevo*

- chimbote, provincia del santa, departamento de ancash*. Obtenido de http://www.academia.edu/28035201/FACULTAD_DE_INGENIERIA_ESCUELA_PROFESSIONAL_DE_INGENIERIA_CIVIL_VICERRECTORADO_DE_INVESTIGACION
- Leriy, E., Kimbro, E., Webster, F., & Ginell, W. (2000). *Seismic Stabilization of Historic Adobe Structures*. Los Angeles: Dinah Berland, Editorial project manager.
- Londoño. (1996). *Patrimonio Arquitectónico y Restauración*. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- López, R. (2009). *Arquitectura doméstica en la granada moderna*. Fundación Albaicín: Granada
- López, C et al. (2007). Rehabilitación sísmica de muros de adobe de edificaciones monumentales mediante tensores de acero. *Apuntes*, 20(2), 304-317.
- Maldonado, E., & Amado, A. (2003). *Estudio de demanda / capacidad sísmica del hospital integrado del municipio de Landazuri, Santander*. Obtenido de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/2312>
- Mantova. (2012). *Codice di pratica per gli interventi di miglioramento sismico nel restauro del patrimonio architettonico*. Obtenido de https://books.google.com/books/about/Codice_di_pratica_per_gli_interventi_di.html?id=QVLcPAAACAAJ
- Marche, R. (2007). *Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura*. a cura dell'ITC CNR L'Aquila.
- Mas-Guindal, A. (1996). Criterios de intervención y recomendaciones de diseño a sismo en las estructuras de patrimonio histórico. *Informes de la Construcción*, 48(443), 5-14.
- Mazzotti, -d. e. (2007). *Codice di pratica per gli interventi di miglioramento sismico nel restauro del patrimonio architettonico*. Ancona: Ed. Regione Marche.
- Meisel, A., & Calvo, H. (2017). *Cartagena de Indias en el Siglo XVII*. Cartagena: Banco de la República.
- Mendes, N., & Laurenso, P. (2015). *Seismic vulnerability of existing masonry buildings: Nonlinear parametric analysis*. Obtenido de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-16130-3_6

Bibliografías

- Mercado, A., & Corrales, C. (2013). *Propiedades Mecánicas de la Mampostería Colonial de Edificaciones en la Ciudad de Cartagena de Indias*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Actualización reglamento colombiano de construcción sismo resistente — NSR-10*. Obtenido de https://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/Principales_modificaciones_NSR-10.pdf
- Ministerio de Cultura. (2009). Decreto 763. *Diario Oficial No. 47.287 de 10 de marzo de 2009*. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Cultura. (2009). Decreto 763 . Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Cultura. (2011). *Formulación e implementación de planes especiales de manejo y protección, “Bienes inmuebles de interés cultural* . Bogotá: Presidencia de la República.
- Morocho, J. (2007). *Estudio del desempeño sísmico puentes mediante el análisis no lineal* . Obtenido de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/download/1447/1319/>
- Murta, A., Pinto, J., & Varum, H. (2011). *structural vulnerability of two additional portuguese timber structural systems*. Lisboa: ScienceDirect.
- Nanni, A. (2017). *introducción a sistemas FRCC*. Universidad de Miami: Miami.
- Navia, J. &. (2007). *Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica en viviendas de interés social de uno y dos pisos construidas con mampostería estructural en la ciudad de Bogotá* .
- NSR-10. (2009). *Zonas de amenaza sísmica y movimientos sísmicos de diseño*. Obtenido de <http://www.scg.org.co/A-02-NSR-09%20edic%20para%20AIS-100.pdf>
- NSR-10 . (2010). *Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente*. Obtenido de <http://www.scg.org.co/Titulo-A-NSR-10-Decreto%20Final-2010-01-13.pdf>
- NSR-10. (2010). *Concreto estructural capítulo C.3. Materiales*. Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/13785496/5-T%C3%ADtulo-C3/>
- NSR-98. (2003). *Reglamento de construcciones Sismo-resistentes*. Bogotá: Ediciones Digitales.

- Ospino, M., & Torres, M. (2016). *Vulnerabilidad de casas altas de tipo colonial ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Cartagena [Trabajo de Grado]*. Obtenido de Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería.:
<http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/3725/1/VULNERABILIDAD%20DE%20CASAS%20ALTAS%20DE%20TIPO%20COLONIAL%20UBICADAS%20EN%20EL%20CENTRO%20HISTORICO%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20CA.pdf>
- Ospino, M., & Torres, M. (2016). *Vulnerabilidad de casas altas de tipo colonial ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Cartagena*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- Páez, D., & Hernández, J. (s.f.). *Metodología para el estudio de la vulnerabilidad estructural de edificaciones*. Obtenido de https://tycho.escuelaing.edu.co/contenido/encuentros-suelosyestructuras/documentos/vulnerabilidad/01_diego_paez.pdf
- Paredes, M. (2016). *Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de lima aplicando el análisis estático no lineal pushover*. Obtenido de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas:
<https://core.ac.uk/download/pdf/54247148.pdf>
- Podestá, Z. (2012). *Verifica sismica di edifici in muratura*. Dario Flaccovio editore.
- Prado, R. (2007). *Procedimientos de restauración y materiales*. Colombia: Trillas.
- Presidencia de la República de Colombia. (1984). Decreto 1400 de 7 de junio del 1984. Diario Oficial No. 36.704. Bogotá, Colombia.
- Red, L. (s.f.). *Manual de construccion evaluacion y rehabilitacion sismo ressitente de viviendas*. Obtenido de
http://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersrv/mamposteria_lared.pdf
- Revista Semana. (2011). Cartagena pregón de libertad. En R. Semana, *Bicentenario Cartagena de Indias : 1811 - 2011*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Cartagena.
- Rivera, W. (2017). *La Casa de Tipología Colonial y la Ingeniería Estructural*. Obtenido de Universidad de Cartagena:
<file:///C:/Users/user/Downloads/Tesis%20de%20Patolog%C3%ADa%20La%20Casa%20de%20Tipolog%C3%ADa%20Colonial%20y%20La%20Ingenieria%20Estructural%2002-08-2017.pdf>

Bibliografías

- Rochel, R. (1992). *Influencia de los muros de mampostería en el comportamiento de las estructuras aporticadas*. Obtenido de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/download/1447/1319/>
- Secretaría de Planeación de Cartagena de Indias. (2009). *Plan de ordenamiento territorial del distrito turístico y cultural de Cartagena de Indias*. Obtenido de http://sigob.cartagena.gov.co/Cartagena/secplaneacion/Documentos/pages/pot/files/normograma/NOTAS_DE_RELACION_POT.pdf
- Segovia, R. (2001). Atlas histórico de Cartagena de Indias: Paso a paso, la construcción civil, militar y religiosa de la ciudad. *Revista Credencial Historia (Bogotá)*, 143, 3-15.
- Semana Historia. (2018). *Una casa, muchas vidas*. Obtenido de Colombia. Las historia contada desde las regiones: <http://semanahistoria.com/una-casa-muchas-vidas/>
- Seri, E. (s.f). *Il miglioramento sismico degli edifici in muratura*. Obtenido de https://www.ahrcos.it/Case%20History/LEZIONE_MIGLIORAMENTO_SISMICO.pdf
- Shibata, A., & Sozen, M. (1976). Substitute structure method for seismic design in reinforced concrete. *ASCE journal of structural engineering*, 102 (1), 1-18.
- Sifón, M. (2016). *Aplicación del CSM al diseño sísmico prestacional de estructuras aporticadas de hormigón armado. Comparación de los métodos FEMA EL y N2*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/77046>
- Téllez, G., & Moure, E. (1982). *arquitectura domestica Cartagena de Indias*. Bogotá: Corporación Nacional de Turismo.
- Torres, J. (1988). *La casa Colonial Cartagenera*. Bogotá: El Ancora Editores.
- Universidad Politécnica de Cataluña. (s.f.). *Desempeño sísmico de edificaciones esenciales*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93538/15CAPITULO6.pdf>
- Valdenebro. (s,f). *La intervención estructural en edificaciones patrimoniales construidas con tierra*. Obtenido de <http://sociedadcolombianadearquitectos.org/memorias/EIP/Valdenebro.pdf>
- Webserver. (s.f.). *Método del índice de vulnerabilidad*. Obtenido de <https://webserver2.ineter.gob.ni//sis/vulne/cali/6.6.2.7-indice-vul.htm>
- Wikilibros. (s.f.). *Patología de la edificación/Entramados de madera/Entramados/Lesiones*. Obtenido de

https://es.wikibooks.org/wiki/Patolog%C3%ADa_de_la_edificaci%C3%B3n/Entramados_de_madera/Entramados/Lesiones

Wikipedia. (s.f.). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Plan_de_Ordenamiento_Territorial

Yamin, L., Rodríguez, A., Fonseca, L., Reyes, C., & Phillips, C. (2003). *Comportamiento sísmico y alternativas de rehabilitación de edificaciones en adobe y tapia pisada con base en modelos a escala reducida ensayados en mesa vibratoria*. Obtenido de Universidad de los Andes: <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/492>

Zannin, E. (2008). *Patología y Restauo*. Argentina: Editorial Brujas.

Zucaro, G., & Papa, F. (2011). *CD Multimediale Media Manuale di Esercitazione Sul Danno Ed Agibilita per edifici ordinari in muratura*. Roma: CAR Progetti .

APÉNDICES

LOCALIZACION GENERAL



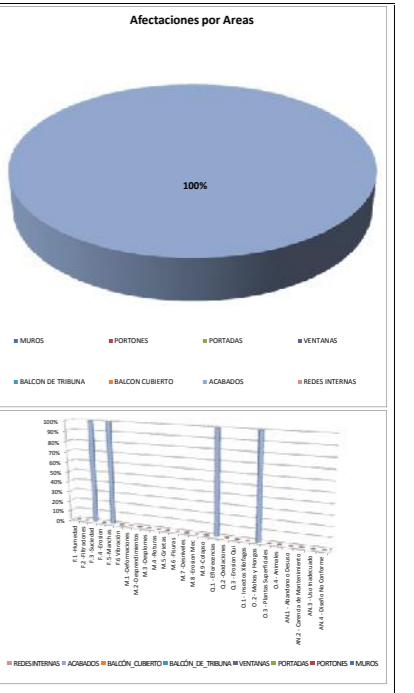
MODELO GEOMETRICO EXISTENTE

AREA ESPECIFICA

REGISTRO FOTOGRAFICO



AREA	ELEMENTOS	ANÁLISIS CUALITATIVO SEGUN TIPO DE LESION																													
		FISICAS								MECANICAS								QUIMICAS				ORGANISMOS VIVOS				ANTROPOGENICAS					
		F.1	F.2	F.3	F.4	F.5	F.6	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	M.6	M.7	M.8	M.9	Q.1	Q.2	Q.3	O.1	O.2	O.3	O.4	AN.1	AN.2	AN.3	AN.4				
Muros en Piedra y Argamasa de Cal																															
Muros en Cañihío, Piedra y Cesto Teñido																															
Muros en Cañihío y Argamasa de Cal																															
Portones																															
Portones de Madera																															
Portones de Hierro																															
Portones de Aluminio																															
Portones de Plástico																															
Portones de Vidrio																															
Portones de Otros																															
Portones de Madera																															
Portones de Hierro																															
Portones de Aluminio																															
Portones de Plástico																															
Portones de Vidrio																															
Portones de Otros																															
Portones de Madera																															
Portones de Hierro																															
Portones de Aluminio																															
Portones de Plástico																															
Portones de Vidrio																															
Portones de Otros																															
Portones de Madera																															
Portones de Hierro																															
Portones de Aluminio																															
Portones de Plástico																															
Portones de Vidrio																															
Portones de Otros																															
Portones de Madera																															
Portones de Hierro																															
Portones de Aluminio																															
Portones de Plástico																															
Portones de Vidrio																															
Portones de Otros																															

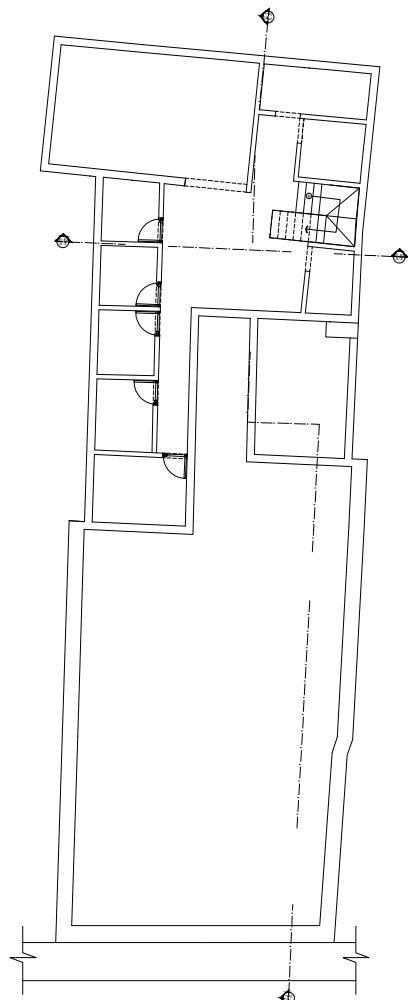


Especie	CUBIERTA	Elemento	Acabados	Especie	CUBIERTA	Elemento	Acabados	Especie	0	Elemento	Acabados	Especie	0	Elemento	Acabados	Especie	0	Elemento	Acabados	Especie	0	Elemento	Acabados	Especie	0	Elemento	Acabados	Especie	0	Elemento	Acabados
Area de Estudio	INSTALACIONES	Madera	Pisos Evaluación 1	Area de Estudio	ESTRUCTURA	Madera	Pisos Evaluación 2	Area de Estudio	ESTRUCTURA	Piedra y Argamasa de Cal	Pisos Evaluación 3	Area de Estudio	ESTRUCTURA	Piedra y Argamasa de Cal	Pisos Evaluación 4	Area de Estudio	ESTRUCTURA	Piedra y Argamasa de Cal	Pisos Evaluación 5	Area de Estudio	ESTRUCTURA	Piedra y Argamasa de Cal	Pisos Evaluación 6	Area de Estudio	ESTRUCTURA	Piedra y Argamasa de Cal	Pisos Evaluación 7	Area de Estudio	ESTRUCTURA	Piedra y Argamasa de Cal	Pisos Evaluación 8
Fecha	Codificación			Fecha	Codificación			Fecha	Codificación			Fecha	Codificación			Fecha	Codificación			Fecha	Codificación			Fecha	Codificación			Fecha	Codificación		
25/10/2017	CUBIERTA 0.1			25/10/2017	CUBIERTA 0.2			25/10/2017	0.0.1			25/10/2017	0.0.4			25/10/2017	0.0.5			25/10/2017	0.0.6			25/10/2017	0.0.7			25/10/2017	0.0.8		
Registro Fotografico: Detallado				Registro Fotografico: Detallado				Registro Fotografico: Detallado				Registro Fotografico: Detallado				Registro Fotografico: Detallado				Registro Fotografico: Detallado			Registro Fotografico: Detallado					Registro Fotografico: Detallado			
Características del Material				Características del Material				Características del Material				Características del Material				Características del Material				Características del Material			Características del Material				Características del Material				
ASPECTO_EXTRINSECO_ESTRUCTURA				ASPECTO_EXTRINSECO_ESTRUCTURA				ASPECTO_EXTRINSECO_ESTRUCTURA				ASPECTO_EXTRINSECO_ESTRUCTURA				ASPECTO_EXTRINSECO_ESTRUCTURA				ASPECTO_EXTRINSECO_ESTRUCTURA			ASPECTO_EXTRINSECO_ESTRUCTURA				ASPECTO_EXTRINSECO_ESTRUCTURA				
AGRESIVIDAD_MEDIO				AGRESIVIDAD_MEDIO				AGRESIVIDAD_MEDIO				AGRESIVIDAD_MEDIO				AGRESIVIDAD_MEDIO				AGRESIVIDAD_MEDIO			AGRESIVIDAD_MEDIO				AGRESIVIDAD_MEDIO				
CONSTANTES_FISICO_QUIMICAS				CONSTANTES_FISICO_QUIMICAS				CONSTANTES_FISICO_QUIMICAS				CONSTANTES_FISICO_QUIMICAS				CONSTANTES_FISICO_QUIMICAS				CONSTANTES_FISICO_QUIMICAS			CONSTANTES_FISICO_QUIMICAS				CONSTANTES_FISICO_QUIMICAS				
COMPORTAMIENTO_ESTATICO				COMPORTAMIENTO_ESTATICO				COMPORTAMIENTO_ESTATICO				COMPORTAMIENTO_ESTATICO				COMPORTAMIENTO_ESTATICO				COMPORTAMIENTO_ESTATICO			COMPORTAMIENTO_ESTATICO				COMPORTAMIENTO_ESTATICO				
VINCULOS				VINCULOS				VINCULOS				VINCULOS				VINCULOS				VINCULOS			VINCULOS				VINCULOS				
Valoracion Visual				Valoracion Visual				Valoracion Visual				Valoracion Visual				Valoracion Visual				Valoracion Visual			Valoracion Visual				Valoracion Visual				
Afectacion	Nivel de Recuperacion	Grado de Lesion		Afectacion	Nivel de Recuperacion	Grado de Lesion		Afectacion	Nivel de Recuperacion	Grado de Lesion		Afectacion	Nivel de Recuperacion	Grado de Lesion		Afectacion	Nivel de Recuperacion	Grado de Lesion		Afectacion	Nivel de Recuperacion	Grado de Lesion		Afectacion	Nivel de Recuperacion	Grado de Lesion		Afectacion	Nivel de Recuperacion	Grado de Lesion	
Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria		
Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria		
Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria		
Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria			Manchas	Primaria		

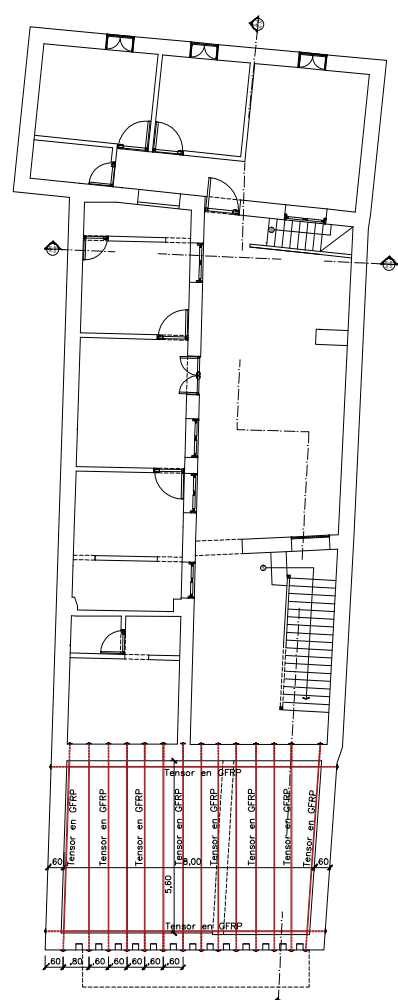
NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA	SP-5	S	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA	SP-5	S	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA	SP-5	S	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA	SP-5	S	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA	SP-5	S	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA	SP-5	S	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA	SP-5	S	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LA ESTRUCTURA	SP-5	S	F, D
NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LOS COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	NP-D	D	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LOS COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	NP-D	D	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LOS COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	NP-D	D	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LOS COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	NP-D	D	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LOS COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	NP-D	D	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LOS COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	NP-D	D	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LOS COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	NP-D	D	F, D	NIVEL DE DESEMPEÑO PARA LOS COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	NP-D	D	F, D

CUANTIFICACION

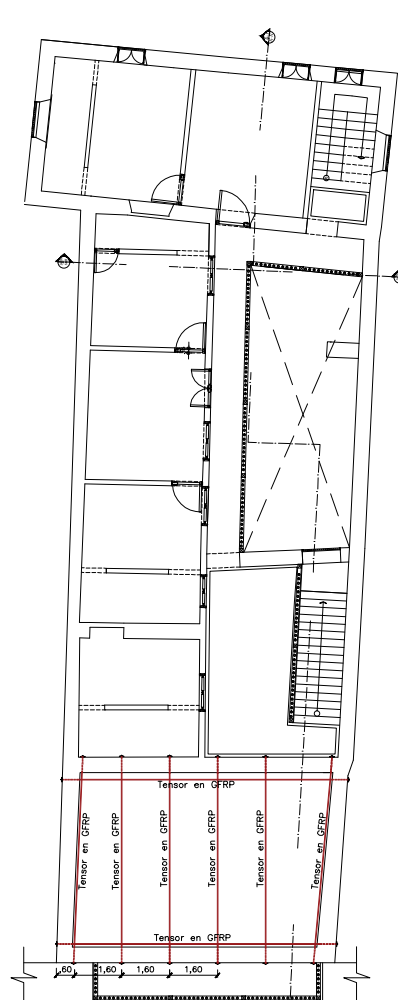
INDICADOR	CUBIERTA 0.1	CUBIERTA 0.2	0.0.3	0.0.4	0.0.5	0.0.6	0.0.7
F.1	0	0	0	0	0	0	0
F.2	0	0	0	0	0	0	0



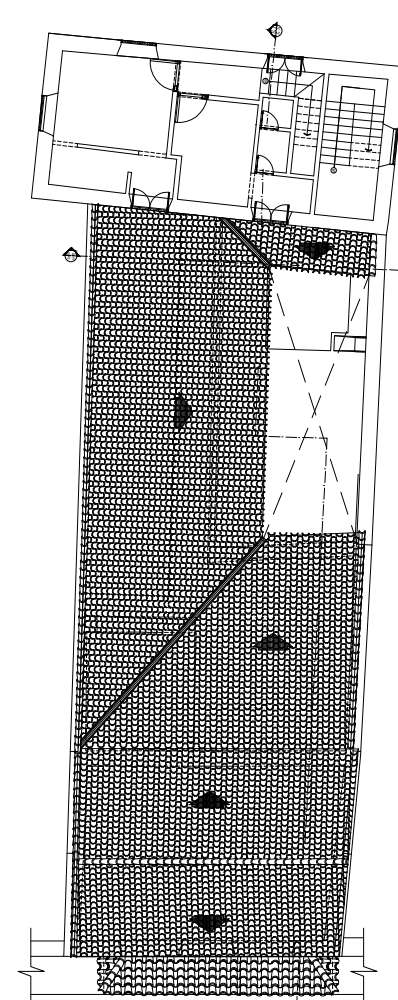
PLANTA SOTANO
ESCALA-1:100



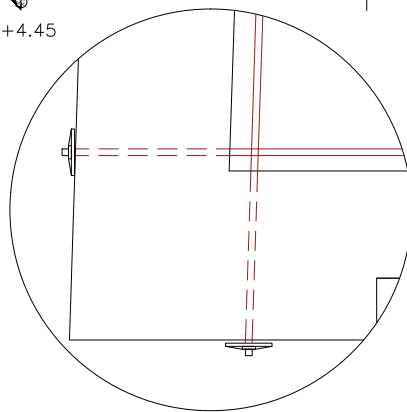
PLANTA 1er PISO N+4.45
ESCALA-1:100



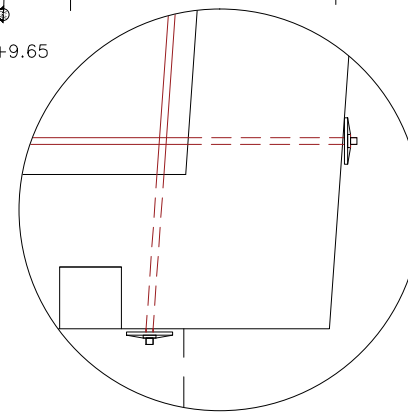
PLANTA 2do PISO N+9.65
ESCALA-1:100



PLANTA 3er PISO
ESCALA-1:100



DETALLE DE BARRA DE REFUERZO (GFRP)
ESC: 1:10



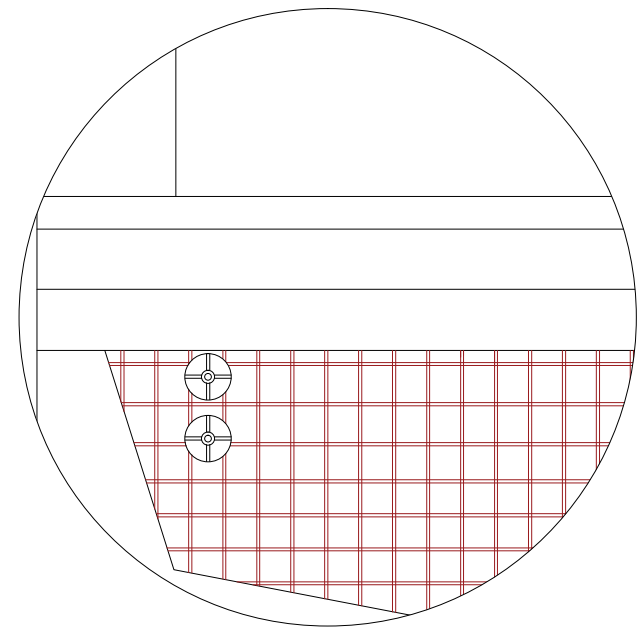
DETALLE DE BARRA DE REFUERZO (GFRP)
ESC: 1:10

DOCTORADO IBEROAMERICANO EN GESTION Y CONSERVACION
DEL PATRIMONIO
(UNIVERSIDAD DE GRANADA - UNIVERSIDAD DE CARTAGENA - UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR - AUIP)

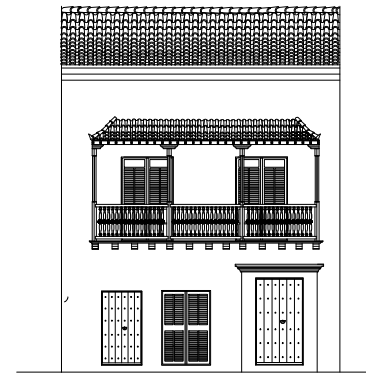
LA INGENIERIA ESTRUCTURAL, LA NORMATIVA DE CONSTRUCCION COLOMBIANA VIGENTE Y LA CONSERVACION
DEL PATRIMONIO ARQUITECTONICO DE LAS EDIFICACIONES DEL PERIODO COLONIAL EN CARTAGENA DE INDIAS



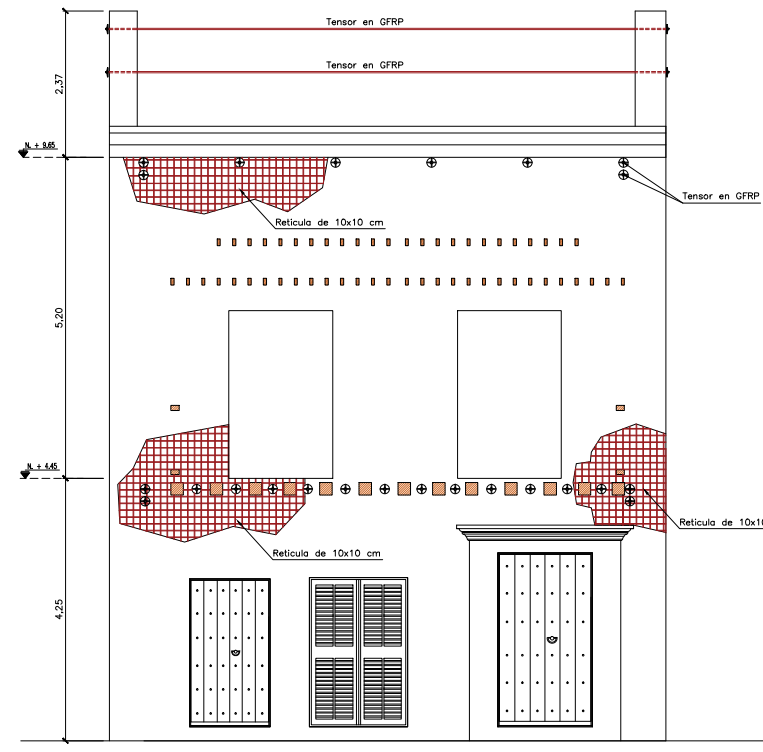
CONTENIDO:			
PLANTA PRIMER PISO N+4.45 PLANTA SEGUNDO PISO N+9.65			
DIBUJO:	REVISO:	APROBO:	
CARLOS A. GOMEZ T.	WALBERTO RIVERA M.	WALBERTO RIVERA M.	
ESCALA:	FECHA:	VERSION:	N° PLANO:
INDICADAS	OCTUBRE/2018	1	01



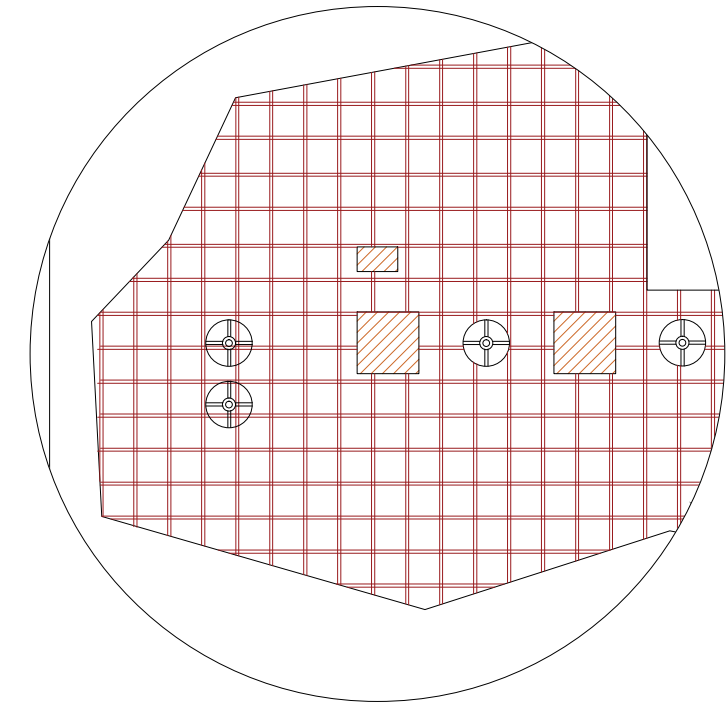
ESC: 1:10
DETALLE DE MALLA GFRP EN MURO



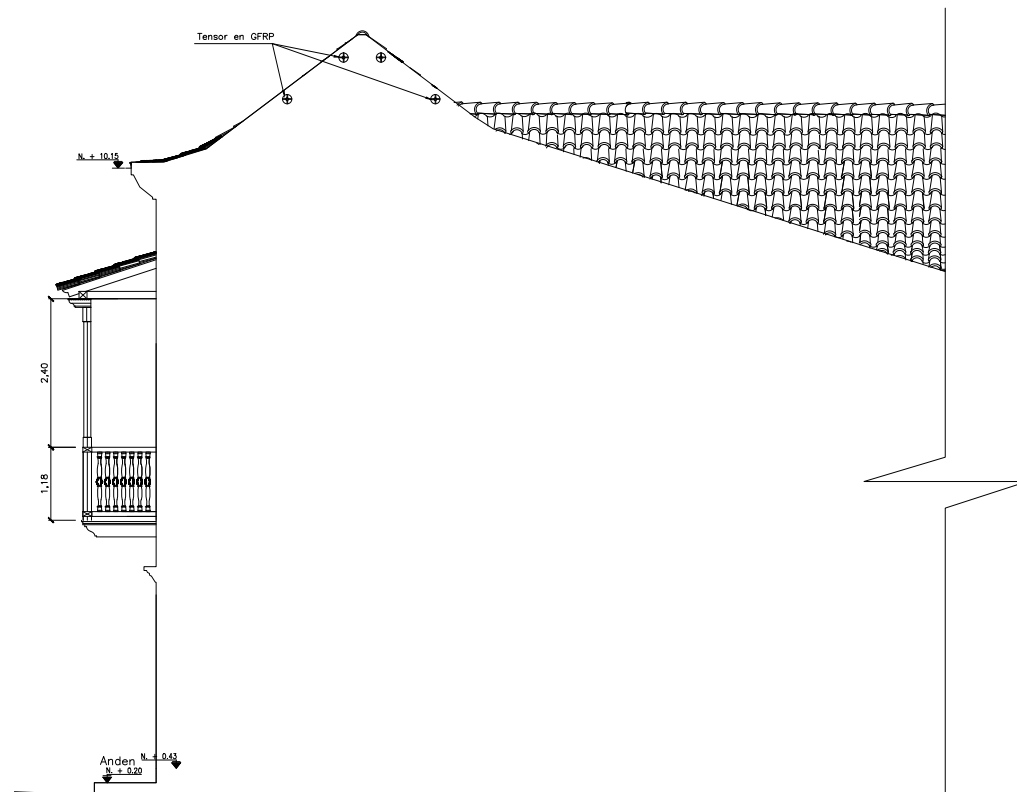
FACHADA PRINCIPAL
ESCALA-1:100



FACHADA PRINCIPAL
CON REFUERZOS GFRP EN MURO
ESCALA-1:50



DETALLE DE MALLA GFRP EN MURO
ESC: 1:10



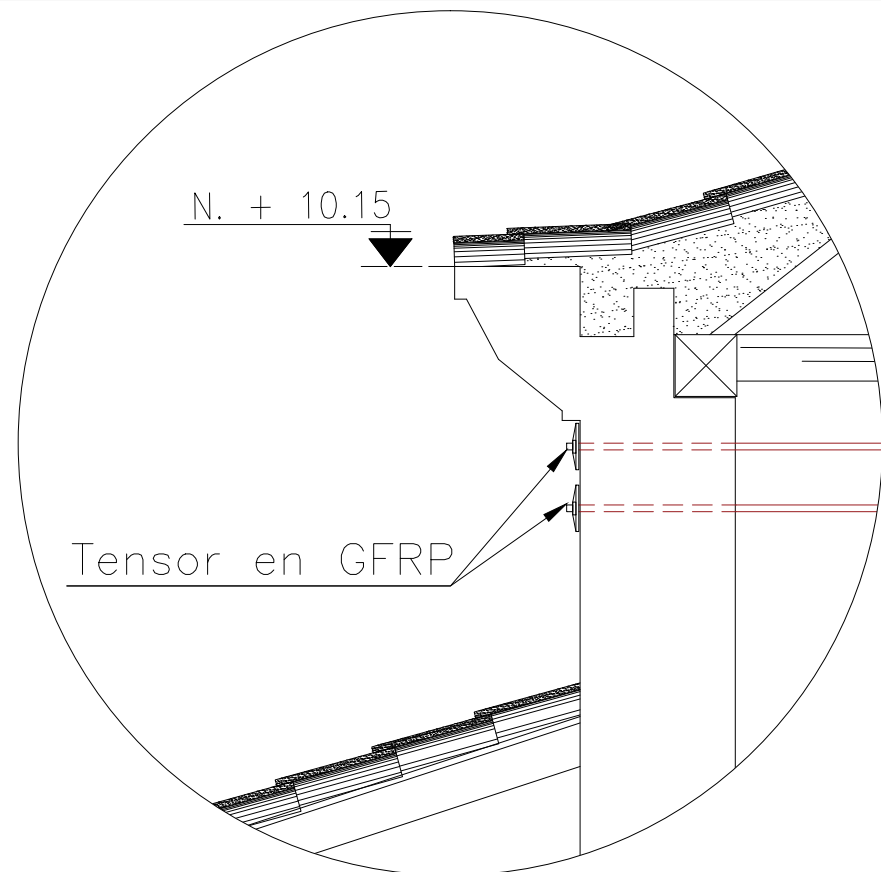
VISTA FACHADA LATERAL DERECHA
ESCALA-1:50

DOCTORADO IBEROAMERICANO EN GESTION Y CONSERVACION DEL PATRIMONIO
(UNIVERSIDAD DE GRANADA - UNIVERSIDAD DE CARTAGENA - UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR - AUIP)

LA INGENIERIA ESTRUCTURAL, LA NORMATIVA DE CONSTRUCCION COLOMBIANA VIGENTE Y LA CONSERVACION DEL PATRIMONIO ARQUITECTONICO DE LAS EDIFICACIONES DEL PERIODO COLONIAL EN CARTAGENA DE INDIAS

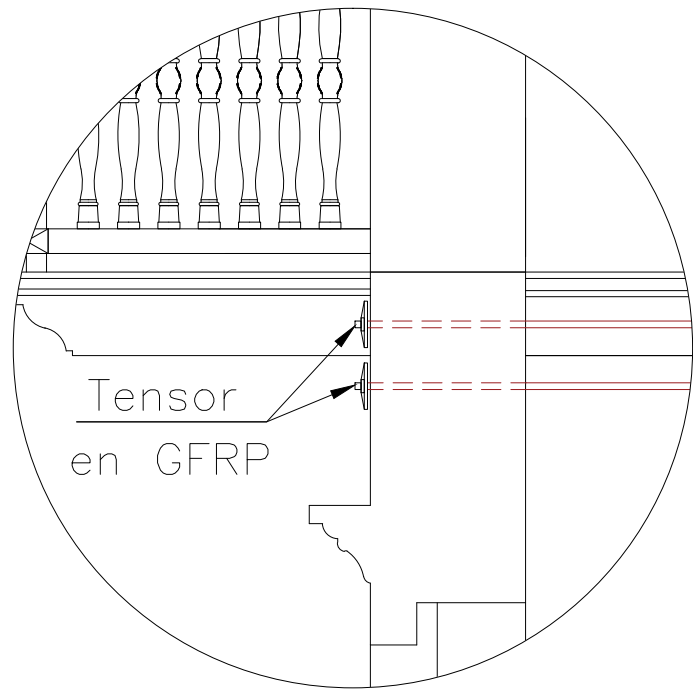


CONTENIDO: FACHADA PRINCIPAL CON REFUERZOS EN MURO DETALLE DE MALLA EN MURO CORTE TRANSVERSAL B-B'			
DIBUJO : CARLOS A. GOMEZ T.	REVISO : WALBERTO RIVERA M.	APROBO: WALBERTO RIVERA M.	
ESCALA : INDICADAS	FECHA : OCTUBRE/2018	VERSION 1	Nº PLANO 02



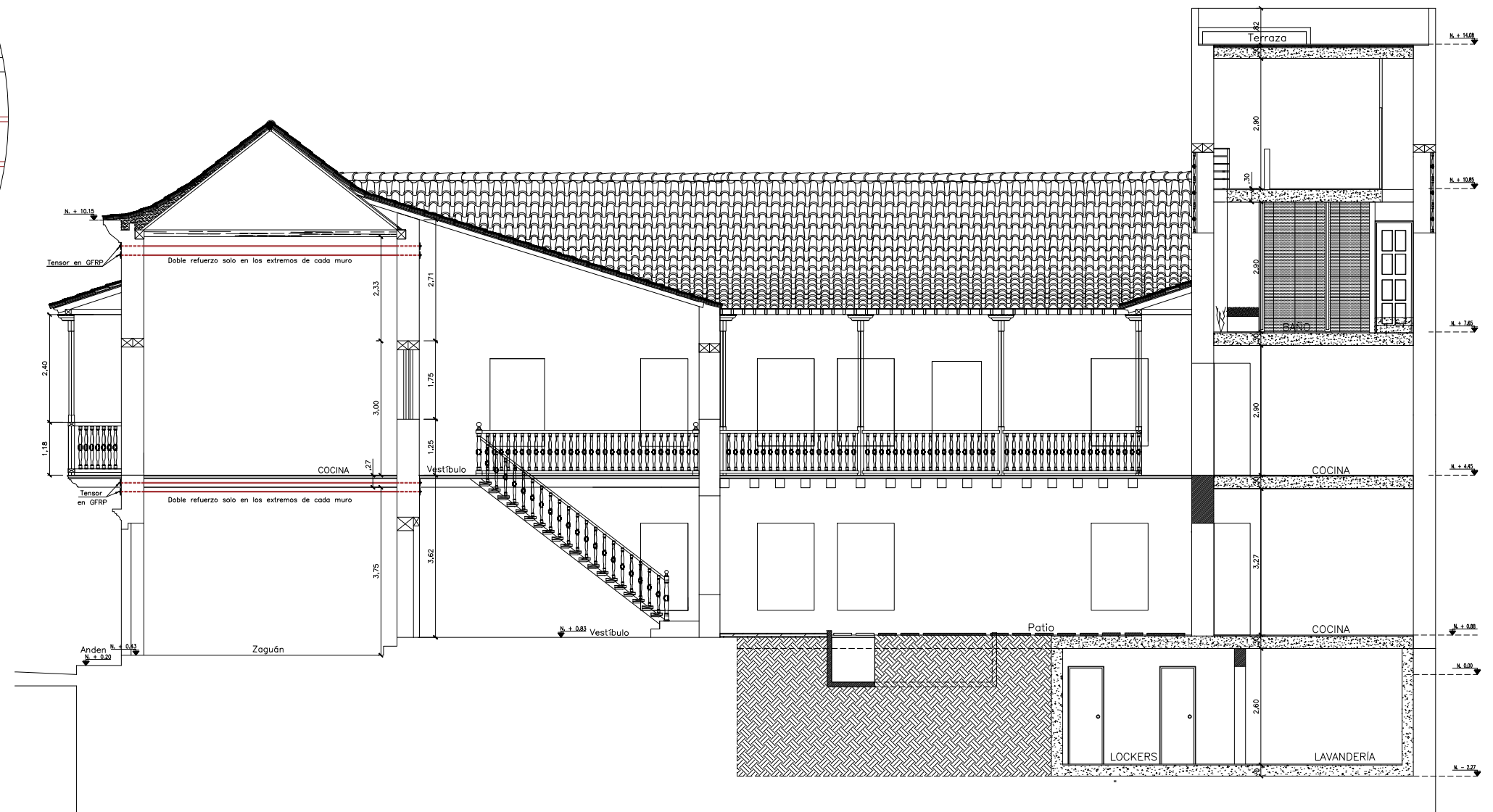
Tensor en GFRP

DETALLE DE BARRA EN FACHADA
ESC: 1:10



Tensor en GFRP

DETALLE DE BARRA GFRP EN FACHADA
ESC: 1:10



CORTE LONGITUDINAL A-A"
ESCALA=1:50

DOCTORADO IBEROAMERICANO EN GESTION Y CONSERVACION
DEL PATRIMONIO
(UNIVERSIDAD DE GRANADA - UNIVERSIDAD DE CARTAGENA - UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR - AUIP)

LA INGENIERIA ESTRUCTURAL, LA NORMATIVA DE CONSTRUCCION COLOMBIANA VIGENTE Y LA CONSERVACION
DEL PATRIMONIO ARQUITECTONICO DE LAS EDIFICACIONES DEL PERIODO COLONIAL EN CARTAGENA DE INDIAS



CONTENIDO:			
CORTE LONGITUDINAL A-A"			
DIBUJO:	REVISO:	APROBO:	
CARLOS A. GOMEZ T.	WALBERTO RIVERA M.	WALBERTO RIVERA M.	
ESCALA:	FECHA:	VERSION	N° PLANO
INDICADAS	OCTUBRE/2018	1	03