



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA
VIGILADA MINEDUCACIÓN



**ANÁLISIS CUALITATIVO Y COMPARATIVO DEL MÉTODO BENEDETTI-
PETRINI Y LA NRS 2010, DESARROLLADO EN EDIFICACIONES DE UNO
Y DOS PISOS EN EL BARRIO BIJAO, MUNICIPIO DEL BAGRE
ANTIOQUIA**

Doiver Antonio Nisperuza López

Universidad Santo Tomás
Vicerrectoría De Universidad Abierta Y A Distancia
Facultad de Ciencias y Tecnologías
Construcción en Arquitectura e Ingeniería
Centro de Atención Universitario Montería
Montería, Colombia
Abril 2019



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA
VIGILADA MINEDUCACIÓN



**ANÁLISIS CUALITATIVO Y COMPARATIVO DEL MÉTODO BENEDETTI-
PETRINI Y LA NRS 2010, DESARROLLADO EN EDIFICACIONES DE UNO
Y DOS PISOS EN EL BARRIO BIJAO, MUNICIPIO DEL BAGRE
ANTIOQUIA**

Doiver Antonio Nisperuza López

Proyecto de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Constructor en Arquitectura e Ingeniería

Director:

Carlos Alejandro Riveros Villalobos

(Constructor en arquitectura e ingeniería, Esp. En patología de la construcción)

Universidad Santo Tomás

Vicerrectoría De Universidad Abierta Y A Distancia

Facultad de Ciencias y Tecnologías

Construcción en Arquitectura e Ingeniería

Centro de Atención Universitario Montería

(Montería), Colombia

Noviembre 2019



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA
VIGILADA MINEDUCACIÓN



Proyecto Profesional : ANÁLISIS CUALITATIVO Y COMPARATIVO DEL MÉTODO
 BENEDETTI-PETRINI Y LA NRS 2010, DESARROLLADO EN
 EDIFICACIONES DE UNO Y DOS PISOS EN EL BARRIO BIJAO.
 MUNICIPIO DEL BAGRE ANTIOQUIA.

Autor: DOIVER ANTONIO NISPERUZA LOPEZ

Director: C.e-p. CARLOS ALEJANDRO RIVEROS VILLALOBOS

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

jurado

Montería Córdoba _____de_____2019

(Dedicatoria o lema)

Dedicatoria de Doiver Nisperuza

*Dedicado primeramente a Dios que es quien da
los talentos a cada persona según su capacidad.*

(Mateo 25-15)

A mis padres

*Por ser mi motivación desde niño, por observar en
ellos las ganas de tener un futuro mejor a través de la
educación, por lo cual se esforzaron por mis estudios en la
juventud comprendiendo que el ser humano es útil en la
sociedad si se forma con buenos principios desde casa.*

A mi esposa e Hijos

*Por tener esa paciencia en este tiempo de estudio, ya
que por mucho que uno quiera equilibrar el tiempo de
estudio y familia es difícil, porque siempre quise ser un
buen padre, hermano, esposo y estudiante, no fue fácil, pero
al final me comprendieron y aportaron a este proyecto.*

AGRADECIMIENTOS

A toda la comunidad tomasina que a lo largo de la carrera de construcción en arquitectura e ingeniería aportaron una porción de su conocimiento y ayuda, para sacar este proyecto en las mejores condiciones. (Sede Bogotá D.C)

Se agradece a toda la planta de docente y directores de los CAU de Yopal Casanare y montería, que asentaron las bases de nuestros conocimientos.

Agradezco a todos mis compañeros de pregrado que aportaron ayudas y aportaron en conocimientos y buena voluntad de salir adelante.

RESUMEN

En el presente documento se expone un estudio que tiene por objetivo comparar y desarrollar el método Benedetti-Petrini con la NRS-10 (2010). en el barrio Bijao, Municipio del Bagre Antioquia. Realizando un estudio bibliográfico de cada una de las medidas que componen los dos métodos, una evaluación de los antecedentes y consultas con profesionales en el tema, se realiza una evaluación visual y detallada mediante un registro fotográfico, mediciones y levantamientos del inmueble. En el proceso de selección de la información primaria se toma muestras específicas en diferentes zonas del barrio por el integrante del proyecto en donde se incluye viviendas de 1 y 2 pisos. Estableciendo que la muestra analizada del método Benedetti Petrini presenta una vulnerabilidad global de 72,6% lo que califica el promedio con una vulnerabilidad sísmica media. De igual manera el método de la NSR-10, presenta como resultado una vulnerabilidad global de 73,8%. Lo que representa un alto grado de vulnerabilidad sísmica. También se determina cuáles son los parámetros influyentes que hacen a estas viviendas sean más o menos susceptibles, en los que se encuentran diafragmas horizontales, resistencia convencional, el estado de conservación, calidad, cubiertas y organización del sistema resistente. A partir de lo anterior se generaron recomendaciones que van a permitir mejorar las condiciones de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Bijao en el Municipio del Bagre Antioquia.

Palabras clave: *Método Benedetti-Petrini, riesgo, sismo, parámetro, vulnerabilidad sísmica, escala de daño.*

ABSTRACT

In the present document it presents a study that aims to compare and develop the Benedetti-Petrini method with the NRS-10 (2010) in the Bijao neighborhood, Municipality of El Bagre Antioquia. Making a bibliographic study of each of the measures that make up the two methods, an evaluation of the background and consultations with professionals in the subject, a visual and detailed evaluation carry out through a photographic record, measurements and surveys of the property. In the process of selecting the primary information, specific samples are taken in different areas of the neighborhood by the members of the project, where houses of 1 and 2 floors are included. It establish that the analyzed sample of the Benedetti Petrini method presents a global vulnerability of 72,6% what qualifies the average with a high seismic vulnerability. Similarly, the NSR-10 method resulted in a global vulnerability of 73,8% which represents a high degree of seismic vulnerability. It is also determined which are the influential parameters that make these houses more or less susceptible, in which horizontal diaphragms are found, conventional resistance, the state of conservation, quality, covers and organization of the resistant system. Based on the foregoing, recommendations were generated that will allow the improvement of the seismic vulnerability conditions of the homes in the Bijao neighborhood in the municipality of Antioquia.

Keywords: Benedetti-Petrini method, risk, earthquake, parameter, seismic vulnerability, damage scale.

CONTENIDO

RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
LISTA DE IMÁGENES.....	XII
LISTA DE TABLAS.....	XV
LISTA DE CUACIONES.....	XVII
SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
ANÁLISIS Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. Formulación Del Interrogante Mayor De La Investigación	6
1.2. OBJETIVOS	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. Justificación.....	6
2. ESTADO DEL ARTE	9
2.1. Validación con casos de aplicación real; el Método Benedetti – Petrini con la norma Sismorresistente en Chile o la Región.	15
2.2. Aplicación en Colombia del método de Benedetti-Petrini y NRS (2010)	15
3. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	16
4. PROCESO INVESTIGATIVO	23
4.1. Formulación de la hipótesis	23
4.2. Instrumentos de la investigación.....	23
4.3. Análisis de datos	23
4.4. Población de estudios	24
4.5. Cronograma del proyecto	24
5. METODOLOGÍA.....	24
5.1. Explicación del método Benedetti-petrini y los parámetros de NRS 2010 y su proceso de comparación.	28
5.1.2. Explicación del método benedetti-petrini.....	24
5.1.3. Formulario para el levantamiento de la vulnerabilidad.	24
5.1.4. Instrucciones para el formulario de levantamiento.	28
5.1.5. Organización del sistema resistente.	28
5.1.6. Calidad del sistema resistente.....	29
5.1.7. Cálculo de la Resistencia convencional.....	30
5.1.8. Influencia del terreno y la cimentación.	32
5.1.9. Losas o diafragmas horizontales	33
5.1.10. Configuración en planta.....	34
5.1.11. Configuración en elevación.....	35
5.1.12. Conexiones elementos críticos.	36
5.1.13. Elementos de baja ductilidad o Tipo de cubierta.	37

5.1. Elementos no estructurales.....	37
5.2. Parámetros de la NRS-2010 que se van a comparar con Benedetti.....	39
5.3. Proceso de comparación.....	64
6. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA.....	65
6.1. Casa 1. Del Barrio Bijao calle 52ª-49ª#108.....	65
6.2. Casa 2. Del Barrio Bijao Carrera 51ª -48ª #36.....	75
6.3. Casa 3. Del Barrio Bijao Carrera 48ª calle 50 #17	84
6.4. Casa 4. Del Barrio Bijao Carrera 49-calle 54#8	93
6.5. Casa 5. Barrio Bijao Carrera 49-calle 53#37	101
6.6. APLICACIÓN DEL METODO DE LA NORMA NRS 2010	110
6.6.1. Casa 1. Del Barrio Bijao calle 52ª-49ª#108.....	110
6.6.2. Casa 2. Del barrio bijao Carrera 51ª -48ª #36.....	117
6.6.3. Casa 3. Del barrio bijao Carrera 48ª calle 50 #17	125
6.6.4. Casa 4. Del barrio Bijao Carrera 49-calle 54#8.....	133
6.6.5. Casa 5. Del Barrio Bijao Carrera 49-calle 53#37	141
CONCLUSIONES	150
RECOMENDACIONES	151
BIBLIOGRAFIAS	152

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Foto ilustrativa de los montículos de material	1
Imagen 2. Fabrica artesanal donde se tomó la muestra del bloque	2
Imagen 3. Resultados de laboratorios de bloques macizos	3
Imagen 4. Resistencia que ofrecen comercialmente	3
Imagen 5. Ensayo de mortero de 1:5.....	3
Imagen 6. Elaboración de la muestra de mortero 1:5.....	4
Imagen 7. Resistencias de morteros de obra	5
Imagen 8. Resistencia de morteros en obra.....	5
Imagen 9. Ubicación del municipio	8
Imagen 10. Ubicación barrio Bijao	8
Imagen 11. Ubicación del barrio Bijao y viviendas	9
Imagen 12. Resultados de índice de vulnerabilidad	14
Imagen 13. Cronograma del proyecto	24
Imagen 14. Formato de captura de información	27
Imagen 15. Configuración en planta	34
Imagen 16. Configuración en elevación.....	36
Imagen 17. Calificación del método NRS 2010.....	39
Imagen 18. Formato de captura de información	40
Imagen 19. Clasificación 1 del parámetro 1.....	42
Imagen 20. Clasificación 2 del parámetro 1.....	42
Imagen 21. Clasificación 3 del parámetro 1.....	42
Imagen 22. Relación en altura libre y espesor de muro	43
Imagen 23. Clasificación 4 del parametro 2.....	43
Imagen 24. Mampostería adyacente a columnas.....	43
Imagen 25. Clasificación 5 del parámetro 1.....	44
Imagen 26. Clasificación del parámetro 2.....	44
Imagen 27. Valores de Ct y a	45
Imagen 28. Valores de Aa y Av	46
Imagen 29. Perfiles del suelo	47
Imagen 30. Coeficiente Fa	48
Imagen 31. Coeficiente de Fv	48
Imagen 32. Grupo de uso de edificaciones	50
Imagen 33. Espectro de diseño de la NRS (2010)	50
Imagen 34. Clasificación del parámetro 3.....	51
Imagen 35. Clasificación del parámetro 4.....	52
Imagen 36. Clasificación del parámetro 5.....	52
Imagen 37. Relación lados de planta.....	53
Imagen 38. Control de longitud de voladizos	54
Imagen 39. Dimensiones de la protuberancia	54
Imagen 40. Retrocesos en las esquinas	55
Imagen 41. Sistemas no paralelos	55
Imagen 42. Clasificación del parámetro 6.....	56
Imagen 43. Geometría en altura	56
Imagen 44. Relación de T y H	57
Imagen 45. Pisos blandos	57

Imagen 46. Distribución de masas	57
Imagen 47. Distribución del plan de acción	58
Imagen 48. Piso débil	58
Imagen 49. Clasificación del Parámetro 7	59
Imagen 50. Dimensiones de las conexiones viga-columna.....	60
Imagen 51. Excentricidad ejes, vigas y columnas.....	60
Imagen 52. Excentricidad ejes adyacentes a la columna	61
Imagen 53. Clasificación del parámetro 8.....	62
Imagen 54. Clasificación del parámetro 9.....	62
Imagen 55. Clasificación del parámetro 10.....	63
Imagen 56. Clasificación del parámetro 11.....	63
Imagen 57. Clasificación de la vulnerabilidad sísmica de la NRS (2010).....	64
Imagen 58. Vivienda 1	65
Imagen 59. Estado de muros	67
Imagen 60. Cubierta	72
Imagen 61. Estado de conservación	73
Imagen 62. Vivienda 2	75
Imagen 63. Plano de vivienda 2	75
Imagen 64. Estado de muros	76
Imagen 65. Estado de cubierta	81
Imagen 66. Estado de conservación	82
Imagen 67. Vivienda 3	84
Imagen 68. Plano de vivienda 3	84
Imagen 69. estado de muros.....	85
Imagen 70. Estado de cubierta	90
Imagen 71. Estado de conservación	91
Imagen 72. Cálculo de la vivienda 3.....	92
Imagen 73. Vivienda 4	93
Imagen 74. Plano de vivienda 4	93
Imagen 75. Estado de cubierta	94
Imagen 76. Estado de conservación	99
Imagen 77. Vivienda 5	101
Imagen 78. Plano de la vivienda 5	101
Imagen 79. Estado de muros	102
Imagen 80. Estado de cubierta	107
Imagen 81. Estado de conservación	108
Imagen 82. Clasificación del parámetro.....	112
Imagen 83. Clasificación del parámetro 4.....	113
Imagen 84. Clasificación del parámetro 6.....	113
Imagen 85. Clasificación del parámetro 7.....	114
Imagen 86. Clasificación del parámetro 8.....	114
Imagen 87. Clasificación del parámetro 9.....	115
Imagen 88. Clasificación del parámetro 10.....	115
Imagen 89. Clasificación del parámetro 11.....	115
Imagen 90. Clasificación del parámetro 1.....	117
Imagen 91. Clasificación del parámetro 2.....	117

Imagen 92. Clasificación del parámetro 3.....	119
Imagen 93. Clasificación del parámetro 4.....	120
Imagen 94. Clasificación del parámetro 5.....	120
Imagen 95. Clasificación del parámetro 6.....	121
Imagen 96. Clasificación del parámetro 7.....	121
Imagen 97. Clasificación del parámetro 8.....	121
Imagen 98. Clasificación del parámetro 9.....	122
Imagen 99. Clasificación del parámetro 10.....	122
Imagen 100. Clasificación del parámetro 11.....	123
Imagen 101. Clasificación del parámetro 1.....	125
Imagen 102. Clasificación del parámetro 2.....	125
Imagen 103. Clasificación del parámetro 3.....	128
Imagen 104. Clasificación del parámetro 4.....	128
Imagen 105. Clasificación del parámetro 5.....	128
Imagen 106. Clasificación de parámetro 6.....	129
Imagen 107. Clasificación del parámetro 7.....	129
Imagen 108. Clasificación del parámetro 8.....	130
Imagen 109. Clasificación del parámetro 9.....	130
Imagen 110. Clasificación del parámetro 10.....	130
Imagen 111. Clasificación del parámetro 11.....	131
Imagen 112. Clasificación del parámetro 1.....	133
Imagen 113. Clasificación del parámetro 2.....	133
Imagen 114. Clasificación del parámetro 3.....	135
Imagen 115. Clasificación del parámetro 4.....	136
Imagen 116. Clasificación del parámetro 5.....	136
Imagen 117. Clasificación del parámetro 6.....	137
Imagen 118. Clasificación del parámetro 7.....	137
Imagen 119. Clasificación del parámetro 8.....	138
Imagen 120. Clasificación del parámetro 9.....	138
Imagen 121. Clasificación del parámetro 10.....	138
Imagen 122. Clasificación del parámetro 11.....	139
Imagen 123. Clasificación del parámetro 1.....	141
Imagen 124. Clasificación del parámetro 2.....	141
Imagen 125. Clasificación del parámetro 3.....	143
Imagen 126. Clasificación del parámetro 4.....	144
Imagen 127. Clasificación del parámetro 6.....	145
Imagen 128. Clasificación del parámetro 7.....	145
Imagen 129. Clasificación del parámetro 8.....	145
Imagen 130. Clasificación del parámetro 9.....	146
Imagen 131. Clasificación del parámetro 10.....	146
Imagen 132. Clasificación del parámetro 11.....	146

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variables	23
Tabla 2. Parámetros y su peso escala de Benedetti -Petrini	26
Tabla 3. Cálculo de A_o	68
Tabla 4. Cálculo de γ	68
Tabla 5. Peso por unidad de área de diafragma	68
Tabla 6. Peso total de la vivienda.....	68
Tabla 7. Peso promedio de un piso por unidad de superficie cubierta.....	69
Tabla 8. Coeficiente sísmico	69
Tabla 9. Valor de ∞ que determina el parámetro	69
Tabla 10. Cálculo de B_1 y B_2	70
Tabla 11. Cálculo de L/S	71
Tabla 12. Cálculo de los parámetros de vivienda 1	73
Tabla 13. Resultado final	74
Tabla 14. Cálculo de A_o	77
Tabla 15. Cálculo de γ	77
Tabla 16. Peso por unidad de área de diafragma	77
Tabla 17. Peso total de la vivienda.....	78
Tabla 18. Peso promedio de un piso por unidad de superficie cubierta.....	78
Tabla 19. Coeficiente sísmico	78
Tabla 20. Valor de ∞ que determina el parámetro	79
Tabla 21. Cálculo de B_1	79
Tabla 22. Cálculo de L/S	80
Tabla 23. Cálculo de los parámetros de la casa 2	82
Tabla 24. Resultado final	83
Tabla 25. Cálculo de A_o	86
Tabla 26. Cálculo de γ	86
Tabla 27. Peso por unidad de área de diafragma	86
Tabla 28. Peso total de la vivienda.....	87
Tabla 29. Peso promedio de un piso por unidad de superficie cubierta.....	87
Tabla 30. Coeficiente sísmico	88
Tabla 31. Valor de ∞ que determina el parámetro	88
Tabla 32. Cálculo de B_1	89
Tabla 33. Cálculo de L/S	89
Tabla 34. Resultado final	92
Tabla 35. Cálculo de A_o	95
Tabla 36. Cálculo de γ	95
Tabla 37. Peso por unidad de diafragma	95
Tabla 38. Peso total de la vivienda.....	96
Tabla 39. Peso promedio de un piso por unidad de superficie cubierta.....	96
Tabla 40. Coeficiente sísmico	96
Tabla 41. Valor de ∞ que determina el parámetro	97
Tabla 42. Cálculo de B_1	98
Tabla 43. Cálculo de L/S	98
Tabla 44. Cálculo de la vivienda 4.....	100

Tabla 45. Resultado final	100
Tabla 46. Cálculo de A_o	103
Tabla 47. Cálculo de γ	103
Tabla 48. Peso por unidad de diafragma	104
Tabla 49. Peso total de la vivienda	104
Tabla 50. Peso promedio de un piso por unidad de superficie cubierta	104
Tabla 51. Coeficiente sísmico	105
Tabla 52. Valor de α que determina el parámetro	105
Tabla 53. Cálculo de B_1	106
Tabla 54. Cálculo de L/S	106
Tabla 55. Cálculo de la vivienda 5	109
Tabla 56. Resultado final	109
Tabla 57. Datos de V_c	111
Tabla 58. Datos de V_s	111
Tabla 59. Datos de NU	111
Tabla 60. Desarrollo de la ecuación	112
Tabla 61. Cálculo de la vivienda 1	116
Tabla 62. Resultado final	116
Tabla 63. Datos de V_c	118
Tabla 64. Datos de V_s	118
Tabla 65. Datos de NU	118
Tabla 66. Desarrollo de la ecuación	119
Tabla 67. Cálculo de la vivienda 2	123
Tabla 68. Resultado final	124
Tabla 69. Datos de V_c	126
Tabla 70. Datos de V_s	126
Tabla 71. Datos de NU	127
Tabla 72. Desarrollo de la ecuación	127
Tabla 73. Cálculo de la vivienda 3	131
Tabla 74. Resultado de final	132
Tabla 75. Datos de V_c	134
Tabla 76. Datos de V_s	134
Tabla 77. Datos de NU	134
Tabla 78. Desarrollo de la ecuación	135
Tabla 79. Cálculo de vivienda 4	139
Tabla 80. Resultado final	140
Tabla 81. Datos de V_c	142
Tabla 82. Datos de V_s	142
Tabla 83. Datos de NU	142
Tabla 84. Desarrollo de la ecuación	143
Tabla 85. Cálculo de la vivienda 5	147
Tabla 86. Resultado final	147

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Hallar el índice de vulnerabilidad	25
Ecuación 2. Resistencia a cortante del tipo de mampostería	31
Ecuación 3. Coeficiente sísmico	31
Ecuación 4. Área de resistencia en sentido x	31
Ecuación 5. Área resistencia en sentido Y	32
Ecuación 6. Es el valor mínimo del área resistente partido área total de cubierta	32
Ecuación 7. Partición entre área resistencia máxima y área mínima	32
Ecuación 8. Peso promedio de un piso por unidad de superficie cubierta	32
Ecuación 9. Coeficiente sísmico partido parámetro de sismicidad de zona.....	32
Ecuación 10. Primera área mayor	34
Ecuación 11. Segunda sección del área de la edificación	34
Ecuación 12. Área mínima de muros confinados.....	41
Ecuación 13. Resistencia a la cortante	45
Ecuación 14. Periodo fundamental aproximado	45
Ecuación 15. Ecuación que determina el parámetro	51
Ecuación 16. Relación de lados de planta.....	53
Ecuación 17. Excentricidad por torsión	53
Ecuación 18. Control de voladizos.....	54
Ecuación 19. Ecuación para la protuberancia	55
Ecuación 20. Excentricidad columna viga	60
Ecuación 21. Ejes adyacentes	61
Ecuación 22. Altura de la viga	61
Ecuación 23. Resistencia convencional	67
Ecuación 24. Resistencia convencional	77
Ecuación 25. Resistencia convencional	85
Ecuación 26. Resistencia convencional	94
Ecuación 27. Resistencia convencional	103
Ecuación 28. Resistencia a la cortante proporcionada por el concreto	110
Ecuación 29. Resistencia al cortante proporcionada por el concreto	126
Ecuación 30. Resistencia al cortante proporcionada por el concreto	133

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

MMI: Es una escala utilizada para medir la intensidad de un terremoto. La escala cuantifica los efectos de un terremoto en la superficie de la Tierra, los seres humanos, objetos de la naturaleza, y las estructuras hechas por el hombre en una escala de I (no se sentía) a XII (destrucción total).

MSK: es una escala de intensidad macro sísmica usada para evaluar la fuerza de los movimientos de tierra basándose en los efectos destructivos en las construcciones humanas y en el cambio de aspecto del terreno, así como en el grado de afectación entre la población.

EMS: es la base para la evaluación de la intensidad sísmica en los países europeos y, además, en uso en la mayoría de los otros continentes.

P.G.A: medida durante la ocurrencia de los sismos. ES un parámetro que también se atenúan con la distancia, lo que ha permitido obtener Resultados interesantes, pero no exactos; más bien se han obtenido rangos de aceleración posibles asociados a un valor de intensidad específico.

M.P.D: Las matrices de probabilidad de daño expresan una probabilidad discreta de la distribución de daño, para un tipo de estructura y una intensidad sísmica dada. Es decir, expresan la probabilidad condicional $P [D=j | i]$ de obtener un nivel de daño en una determinada tipología igual a j, dado un terremoto de tamaño i.

FEMA: Agencia Federal para la Gestión de Emergencias o FEMA es la agencia del Gobierno de los Estados Unidos que da respuesta a huracanes, terremotos, inundaciones y otros desastres naturales.

GNDT: Grupo Nacional para la Defensa de los Terremotos.

RISKUE-UE: Un método avanzado para la evaluación de escenarios de riesgo sísmico con aplicación a diferentes ciudades europeas, el cual consiste en definir y aplicar metodologías para la evaluación de la peligrosidad, la vulnerabilidad y el riesgo sísmico en 7 ciudades europeas.

INTRODUCCIÓN

En cualquier parte de nuestro territorio nacional es importante que se conozca información de las edificaciones, se deben estudiar, valorar.

A nivel internacional y nacional se han realizado estudios o investigaciones con el fin de conocer que tan vulnerables son las edificaciones. Para su desarrollo se han implementado métodos tanto cuantitativos, como cualitativos. Estos últimos ayudan a realizar de una manera más rápida este tipo de proyectos de vulnerabilidad sísmica, debido a que su procedimiento no requiere modelaciones los autores Ramos & Nieves (2015) proponen:

Toda estructura es susceptible a sufrir daños por algún agente externo, dependiendo de su grado de vulnerabilidad estructural. Para definir el nivel en que estas se encuentran, se hace pertinente la presencia de expertos en la materia, con el objetivo de que las posibles soluciones que en el proyecto se planteen, sean aplicadas correctamente.(p.33).

Es por eso por lo que, en el presente trabajo de investigación, se comparará el método Benedetti-Petrini con la NRS (2010), para determinar la validez de los resultados a través de parámetros constructivos que están aprobados por la norma sismo resistente (2010).

“El método Benedetti-Petrini se hizo en Italia para la evaluación de edificaciones después que ocurriera un sismo, pero fue adoptado en España para ver el estado de las edificaciones antes de un sismo por los siguientes investigadores”. (Caicedo et al. 1993)

Dado que estas investigaciones se pueden aplicar a las viviendas antes de un sismo este método se desarrollará en cinco viviendas del barrio Bijao del Bagre Antioquia, pero esta vez se

compara y validará con la norma sismo resistente (2010). Dándole una credibilidad y aceptación a los resultados de la investigación.

El método maneja una escala de porcentajes de vulnerabilidad y ubica a cada vivienda según las observaciones que se hacen en las visitas, para que esto quede ajustado a la realidad. La norma colombiana maneja parámetros constructivos que se aplicaran en este estudio.

Para la evaluación sísmica de edificaciones se necesitan métodos que tengan una completa revisión y autenticación de los datos, ya que esta información influye en los resultados de las investigaciones antes y después de un sismo.

Los formatos de levantamiento deben ser validados con las normatividades vigentes para sustentar una sólida aplicación en las zonas de estudios.

Las viviendas presentan vulnerabilidad sísmica dependiendo de su proceso constructivo, lugar, materiales donde esta se construya, de esto depende el aumento de riesgos físicos en las personas que residen en estas viviendas.

El municipio del Bagre es un lugar que se encuentra en zona sísmica intermedia, pero debido a los procesos constructivos de las viviendas, que son anteriores a la norma de NSR-10 y NSR-98, hace que este lugar se encuentre en un alto nivel de vulnerabilidad sísmica, este lugar no cuenta con una caracterización de zona sísmica y los materiales de construcción son de forma artesanal (bloques macizos de, arenas de río no limpias, y mano de obra que para la época no cumplían ninguna norma.)

Por lo cual este proyecto evaluará la vulnerabilidad sísmica de viviendas en el municipio del Bagre Antioquia, por el método Benedetti-Petrini y la Norma de construcciones Sismo Resistentes (NRS 2010).

ANÁLISIS Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Bagre Antioquia es un municipio que se ha asentado sobre la rivera del río Nechí.

Creciendo de manera rápida por el auge del oro en los años 70 y 80 de nuestra época.

Las viviendas se construyeron de forma artesanal con materiales de las riveras del río (arena, piedra, bloques prensados por máquinas manuales). Las normas de sismo resistencia no se aplicaron para tal época, se construyó sobre suelo dragado por la empresa Mineros de Antioquia.

Quiere decir esto que el barrio Bijao está construido sobre suelo que de nuevo se ha rellenado por los pozos que había dejado las dragas de la Empresa Mineros S.A.

Suelo

Las viviendas están sobre zona antigua de explotación aurífera, las personas que allí habitan manifiestan que sus viviendas

“fueron rellenadas con material mixto de piedras, producto de los montículos que dejaba la draga de Mineros de Antioquia S.A. Aproximadamente los montículos tenían la altura de una vivienda actual de 3 pisos, equivalentes a 10 metros de altura aproximadamente, los lotes eran irregulares (laderas), por lo cual se removió y lleno, para su nivelación, se hizo de forma manual”. (Testimonio de los habitantes de las viviendas).

y es evidente que el material procede de los montículos de piedra y arena, ya que se evidencio en el apique que realizó el autor en las viviendas.

Imagen 1. Foto ilustrativa de los montículos de material



Fuente: Recuperado de

<https://www.elmundo.es/america/2012/07/10/colombia/1341940168.html>

Bloques

los bloques que se utilizan para la construcción de las viviendas son bloques macizos de formato aproximado de 38 cm largo, 17 centímetro alto y 8 cm de ancho con dosificaciones que varían de acuerdo con las bloqueras de la zona en una relación cemento -arena de 1:5 y 1:6, hay que resaltar que la arena no es tan limpia ya que viene de las playas del rio Nechi, donde se recolecta con maquinaria o de forma manual en las volquetas, y esto permite que no haya un procedimiento mecánico de limpieza o clasificación.

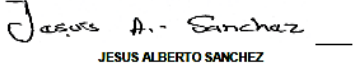
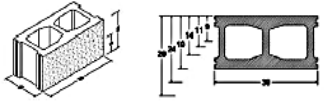
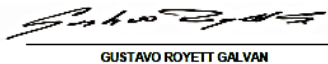
Imagen 2. Fabrica artesanal donde se tomó la muestra del bloque



Fuente: Propia.

El bloque de arena macizo artesanal ha sido uno de los materiales más utilizados en este municipio con dosificaciones de 1:5 y 1:6, dependiendo del fabricante, por lo cual se eligió este material para realizar ensayos de laboratorio e igual se hicieron pruebas de mortero de dosificación 1:5 que se ha utilizado siempre en este municipio.

Imagen 3. Resultados de laboratorios de bloques macizos

		GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S		ENSAYO DE ROTURA DE BLOQUE DE CONCRETO NCR- 10 / NTC 4026		GEL-RB								
		NIT: 900.442.096-8				VERSION 1								
		Estudios geotécnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construcción de obras civiles, consultorias e inventorias				FECHA 09 ABRIL 2019								
Entidad solicitante:		DOIVER ANTONIO NISPERUZA				Fecha de Informe:		ABRIL DE 2019						
Proyecto:		ANALISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA METODO BENEDETTI VS NSR 2010												
Dirección Proyecto :		BARRIO BIJAO EL BAGRE - ANTIOQUIA												
Color:		GRIS												
Procedencia		EL BAGRE ANTIOQUIA												
No. BLOQUE	CARACTERISTICAS		FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE ENSAYO	EDAD	PESO	VOLUMEN	PESO ESPECIFICO	ALTURA	AREA TOTAL	CARGA	RESISTECIA	RESISTENCIA	
GR	CLIENTE	TIPO	MODELO	DD/MM/AA	DIAS	KG	CM3	KG/CM3	CM	CM2	KN	PSI	Mpa	
1	1	BLOQUE 10	MACIZO LISO	8/04/2019	23/04/2019	15	11.080	1960,0	5,6531	14,0	140	61,80	643,0	4,4
2	2	BLOQUE 10	MACIZO LISO	8/04/2019	23/04/2019	15	10.900	2116,8	5,1493	14,0	140	74,80	778,3	5,4
3	3	BLOQUE 10	MACIZO LISO	8/04/2019	23/04/2019	15	10.860	2116,8	5,1304	14,0	140	65,80	684,7	4,7
4	4	BLOQUE 10	MACIZO LISO	8/04/2019	23/04/2019	15	11.110	2116,8	5,2485	14,0	140	68,80	715,9	4,9
5	5	BLOQUE 10	MACIZO LISO	8/04/2019	23/04/2019	15	10.790	2116,8	5,0973	14,0	140	70,50	733,6	5,1
OBSERVACIONES: _____ _____ _____ _____ _____  JESUS ALBERTO SANCHEZ														
FIGURA TIPO DE BLOQUE   GUSTAVO ROYETT GALVAN														

Fuente: GR. INGARQ. S.A.S

La resistencia a compresión es de un orden de 4,9 Mpa/cm², muy baja comparada con la que se ofrece comercialmente que es de 10 Mpa/cm² como se ve en la imagen

Imagen 4. Resistencia que ofrecen comercialmente



Fuente : recuperado de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/47735/bloque-cemento-10-x-20-x-40-cm-3h-12-5u-m2-10-mpa>

Mortero

El mortero es otro material muy utilizado en la región, este presenta las siguientes características:

- Arena contaminadas por el río o quebrada la sardina donde se extraen los materiales arenosos para la preparación del mortero.
- El cemento utilizado en épocas anteriores fue el diamante, luego argos y ahora se utiliza el Ultracem.
- Los morteros más utilizados en la región es de dosificación 1:5, el mortero de dosificación 1:4 se utiliza cuando las obras tienen profesionales a su cargo.

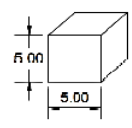
La muestra que se envió a laboratorio es de proporción 1:5.

Imagen 6. Elaboración de la muestra de mortero 1:5



Fuente: Propia

Imagen 7. Resistencias de morteros de obra

		GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO I.N.V. E – 323– 07				GEL-RM							
		NIT: 900.442.096-8						VERSION 1							
		Estudios geotécnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construcción de obras civiles, consultorias e interventorias				FECHA 09 ABRIL 2019									
Entidad solicitante:		DOIVER ANTONIO NISPERUZA				Fecha de Informe:		ABRIL DE 2019							
Proyecto:		ANALISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA METODO BENEDETTI VS NSR 2010													
Dirección Proyecto :		BARRIO BIJAO EL BAGRE - ANTIOQUIA													
No. MORTERO	GR	CLIENTE	CARACTERISTICAS	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE ENSAYO	EDAD	PESO	VOLUMEN	PESO ESPECIFICO	ALTURA	BASE	AREA DE FALLA	CARGA	RESISTENCIA	RESISTENCIA
				DD/MM/AA	DD/MM/AA	DIAS	KG	CM3	KG/CM3	CM	CM	CM2	KN	PSI	Mpa
1	1		MORTERO	14/04/2019	22/04/2019	8	0,25	125,0	0,0020	5,0	5,0	25,00	8,70	2534,7	17,5
2	2			14/04/2019	22/04/2019	8	0,25	125,0	0,0020	5,0	5,0	25,00	9,30	2706,5	18,7
3	3			14/04/2019	22/04/2019	8	0,25	125,0	0,0020	5,0	5,0	25,00	8,40	2447,3	16,9
4	4			14/04/2019	22/04/2019	8	0,25	125,0	0,0020	5,0	5,0	25,00	9,00	2622,1	18,1
5	5			14/04/2019	22/04/2019	8	0,25	125,0	0,0020	5,0	5,0	25,00	8,40	2447,3	16,9
6	6			14/04/2019	22/04/2019	8	0,25	125,0	0,0020	5,0	5,0	25,00	9,40	2738,6	18,9
OBSERVACIONES: _____ _____ _____ _____															
FIGURA CUBO DE MORTERO 															

Fuente: GR. INGARQ. S.A.S

El mortero resiste un orden de 0,71Mpa/cm² por debajo de especificaciones técnicas del catálogo como se ve en la imagen que es de 3,5 Mpa/cm²

Imagen 8. Resistencia de morteros en obra

- Mortero de pega en sobrecimientos, y muros divisorios, por su baja resistencia. - Pañetes en muros interiores y exteriores.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Por la proporción de concreto de 1:5, este mortero se clasifica de Tipo N.	
Especificaciones Físicas: - Consistencia plástica. - Expansión en autoclave máximo del 1%. - Retención de agua mínimo del 70%. - Contenido de aire del mortero: mínimo 8% y máximo 21% en volumen.	- Tiempo de fraguado inicial: mínimo 2 horas. - Tiempo de fraguado final: 24 horas. Especificaciones mecánicas (Resistencia a la compresión): - A los 7 días: mayor a 3,5 MPa. - A los 28 días: mayor a 6,2 Mpa.
PARA MAYOR INFORMACIÓN VER FICHA TÉCNICA POR CEMEX.	
Ficha técnica mortero Tipo M y S.	
NORMAS QUE RIGEN AL MATERIAL	
Norma técnica Colombiana - NTC 3329 - Concretos. Morteros para Unidades de Mampostería. Norma técnica Colombiana - NTC 4050 - Ingeniería Civil y Arquitectura. Cemento para Mampostería. Norma técnica Colombiana - NTC 3546 - Concreto. Métodos de Ensayo para Determinar la Evaluación en Laboratorio y en Obra, de Morteros para Unidades de Mampostería Simple Reforzada. Norma Sismo Resistente NSR-10. Título D. ASTM - C270, C91, y C780.	

Fuente: Recuperado de <https://sites.google.com/a/correo.udistrital.edu.co/manualviviendas/3-especificaciones-de-materiales/morteros/mortero-1-5-hecho-en-obra>

A partir de lo mencionado anteriormente se establece la siguiente pregunta:

¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica en el barrio Bijao del municipio del Bagre Antioquia?

1.1. Formulación Del Interrogante Mayor De La Investigación

¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica en el barrio Bijao del municipio del Bagre Antioquia?

Aplicando el análisis y comparación de los métodos Benedetti-Petrini y la NRS-10.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general.

Evaluar la vulnerabilidad sísmica de viviendas en el municipio del Bagre Antioquia, por el método Benedetti-Petrini y la Norma de construcciones Sismo Resistentes (NRS 2010).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la vulnerabilidad sísmica de cada una de las cinco viviendas del barrio Bijao, en el municipio del Bagre Antioquia, de acuerdo a la aplicación de los métodos Benedetti-Petrini y la NRS 2010.
- Establecer los parámetros más relevantes de los métodos aplicados a las viviendas del municipio del Bagre Antioquia.
- Analizar el estado actual de las viviendas del Bagre Antioquia de acuerdo a los resultados arrojados por los métodos Benedetti-Petrini y NRS 2010.

1.3. Justificación.

Las zonas que se encuentran en zonas de amenaza sísmica media y alta han crecido de una forma incontrolable, aumentando el riesgo de sufrir grandes pérdidas en vidas humanas y materiales como consecuencia de un terremoto.

Acompañado todo esto de una falta de criterios sísmicos en las estructuras antiguas, un mal control en las construcciones nuevas, mantenimiento deficiente en las existentes y problemas de

estructuración sísmicas en las edificaciones. “Los desastres naturales presentados en todo el mundo, dejan evidencia que los programas de prevención y mitigación de desastres no se han aplicado correctamente, más por indiferencia que por falta de recursos”. (Caballero, 2009, p. 5).

Citado lo anterior el proyecto profesional para su desarrollo estará justificado por las siguientes razones

- 1). Prevención de riesgos a los habitantes del barrio Bijao, en el municipio del Bagre, del departamento de Antioquia.
- 2). Posibilidad de soluciones a las problemáticas de viviendas que no cuentan con un sistema estructural adecuado.
- 3). Aplicación de este proyecto como alternativa económica para evaluar viviendas en el municipio del Bagre Antioquia.

1.4. Ámbito de investigación.

El lugar que se ha tomado para realizar dicha investigación es el Bagre Antioquia. Este va a ser el sitio que le llamaremos muestra, es el lugar donde se implementara el diagnostico de vulnerabilidad, específicamente en el barrio Bijao del Bagre Antioquia. (7.60°N,74.81°W)

Imagen 9.Ubicación del municipio



Fuente: Recuperado de Google Earth (2019)

Imagen 10.Ubicación barrio Bijao



Fuente: Recuperado de Google Earth (2019)

Imagen 11. Ubicación del barrio Bijao y viviendas



Fuente: Recuperado de Google Earth (2019)

2. ESTADO DEL ARTE

Italia

El método de índice de vulnerabilidad se comienza a desarrollar en Italia, con motivos de estudios post-terremotos realizados a partir de 1976. El método se describe en 1982, año a partir del cual empieza su utilización en numerosas ocasiones. Como resultado de ello se obtiene un importante banco de datos sobre daños de edificios, para diferentes intensidades de terremotos y las comprobaciones realizadas demuestran buenos resultados en la aplicación del método. Caballero (2007).

Este método ha sido desarrollado y aplicado extensiblemente en varias zonas sísmicas de Italia y está basado en una gran cantidad de datos observados. De hecho, ha sido adoptado por el “grupo Nazionale per la difesa dai terremoti” GNDT. (1990). Safina (2003).

Proyecto europeo

Sergisai

A nivel europeo, el proyecto SERGISAI4 (Cella et al., 1998; SERGISAI, 1998) desarrolló una metodología de evaluación de riesgo sísmico con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica y técnicas de Inteligencia Artificial. La metodología se aplicó para reproducir escenarios de riesgo a diferentes escalas: regional, subregional y local, considerando aspectos físicos, sociales y humanos. Los estudios a nivel regional y subregional se realizaron en términos de aceleración máxima del suelo para las regiones italianas de la Toscana y la Garfagnana. El estudio a nivel local se centró en la ciudad de Barcelona, para lo cual se empleó el método italiano del índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini, 1984), aplicado a los edificios residenciales de mampostería no reforzada y hormigón armado del distrito del Eixample. De este modo, una vez calificados los edificios mediante un índice de vulnerabilidad, utilizando relaciones empíricas vulnerabilidad-daño, se obtuvieron escenarios de daño para diferentes niveles de intensidad MSK y de aceleración sísmica. Los resultados de la aplicación a Barcelona constituyeron la tesis doctoral de Mena (2002). Lantada (2007).

Ecuador

De los trabajos realizados en Latinoamérica, se puede mencionar el estudio de amenaza sísmica en el Austro, “Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico en la Ciudad de Cuenca Ecuador” (RSA – Red Sísmica del Austro) 1998-2001, en el que se utilizó la metodología del “índice de la vulnerabilidad” para evaluar las edificaciones en MNR (mampostería no reforzada) y HA (Hormigón armado o concreto reforzado) Según Jiménez et al (2000)

Chile

En la región central de Chile se desarrolló el “Estudio de Vulnerabilidad Sísmica de Viviendas de Adobe en la Zona de Coelemu” (8ª Región, Chile), donde se utilizó la metodología propuesta por el Istituto di Scienza e Técnica delle Costruzioni (I.S.T.C) (Giuliano et al, 2000). Peralta (2002)

Argentina

en Gran Mendoza, Argentina, Fernández (2000) trabajó con la propuesta de “Modelo Experimental para la Evaluación de la Vulnerabilidad de Sistemas Urbanos en Zonas Sísmicas”. Peralta (2002)

Lima, Perú

donde se evaluaron un total de 210 viviendas con el método del índice de vulnerabilidad. En el que se clasificó por el nivel de vulnerabilidad las distintas zonas del distrito, evidenciando que este método es adecuado para ser usado en grandes ciudades debido a la eficiencia para obtener información determinante para detectar irregularidades estructurales. Quiroga (2013) asegura:

Un parámetro importante que se estudia en los métodos cualitativos es la irregularidad que se presenta en planta y en altura, ya que en muchos casos debido a esta configuración los daños ocasionados en un evento de sismo pueden llegar a ser irreparables y catastróficos. Por lo que se hace de suma importancia la evaluación de la edificación en este aspecto en una forma preventiva, ya que las estructuras irregulares tienen un pobre desempeño en un evento de sismo y requieren mayores fuerzas de diseño. (p.24).

Colombia

Se ha encontrado información acerca de la aplicación del método Benedetti-Petrini en lugares como:

Barranquilla

donde Se realizó un muestreo de manera aleatoria donde quedaron representadas las viviendas tipo de cada manzana. Previo a esto, y con el apoyo miembros de la comunidad del barrio “La Paz”, se dividió el barrio en diez sectores asimétricos, pero con densidades de viviendas de una y dos plantas similares. Los resultados obtenidos del análisis e interpretación de las 300 encuestas realizadas, muestran que el 82% de las viviendas presentan índice de vulnerabilidad alto, el 18% índice de vulnerabilidad medio y el 1% índice de vulnerabilidad bajo. (Ahumada & Moreno 2011).

Cartagena

donde se pudo establecer que la muestra analizada presentó una vulnerabilidad global mayor al 40% lo que se califica para el método como una vulnerabilidad alta, en comparación con bibliografías relacionadas con este estudio en diferentes sectores (San Diego) del mismo Centro histórico de Cartagena, vemos que el método arroja valores más bajos que el de este estudio, por lo cual se sugiere realizar un estudio de carácter cuantitativo. También se determina cuáles son los parámetros influyentes que hacen a estas viviendas sean más o menos susceptibles, en los cuales se encuentran la presencia de diafragmas horizontales, el estado patológico, separación de muros estructurales y calidad y organización del sistema resistente. (Fortich & López 2016).

Bogotá D.C

El índice de vulnerabilidad sísmica promedio (de todas las muestras trabajadas) obtenido en el presente trabajo fue de 6.10, por lo cual según la metodología aplicada en este trabajo se clasifica a estas viviendas como de vulnerabilidad baja, pero para llegar a una globalización de este valor en la ciudad de Bogotá se tomaron tres variables significativas que fueron: el número de viviendas existentes en Bogotá en el año de 2007 (censo del 2007), número de viviendas piratas (Periódico EL Tiempo 30-enero 2008) y número de viviendas de interés social (Metrovivienda).

Esta aproximación de globalización se basó en la clasificación según la escala de Benedetti. En la calificación del factor 1, se tomó el valor de C (20), porque solo el 46% de las viviendas construidas en Bogotá están cumpliendo con los requerimientos de la norma NSR-98.

En el factor 2, correspondiente al número de las viviendas piratas en Bogotá, se califico con D, siendo que seguramente ninguna de ellas entraría a un Índice de vulnerabilidad medio ni bajo.

Y finalmente el factor 3, corresponde al número de viviendas de interés social en Bogotá, nuestro estudio nos arrojó el valor promedio 6.10% que corresponde a un IV bajo, por esta razón clasifico como B.

Multiplicando estos factores por el valor de ponderación más alto en la escala anteriormente descrita (1.50) y sumándolos entre si nos da un valor de ampliación global que corresponde a: 105. Decimos entonces que la división entre el valor de ampliación global y el IV% de las muestras tomadas nos da el Valor Global % de 17.2131.(Navia & Barrera 2007).

Sincelejo

se concluyó que el método de índice de vulnerabilidad es un procedimiento adecuado para una evaluación cualitativa y rápida de la vulnerabilidad de las estructuras, teniendo una aplicación directa en la evaluación de los posibles escenarios de daños con una baja inversión de costos del proyecto, convirtiéndose en una herramienta muy útil para entidades de defensa civil en los proyectos de mitigación de desastres.

El modelo propuesto en este trabajo de grado, puede ser utilizado para el monitoreo de los parámetros que configuran la vulnerabilidad sísmica y la efectividad de las medidas tomadas en cuanto a su desarrollo.

La metodología elaborada para la construcción de la base de datos, puede ser utilizada para la determinación de índices relacionados con otros riesgos, los cuales en su conjunto pueden llegar a contribuir en la implementación de un sistema integrado de información para la gestión del riesgo.

Imagen 12. Resultados de índice de vulnerabilidad

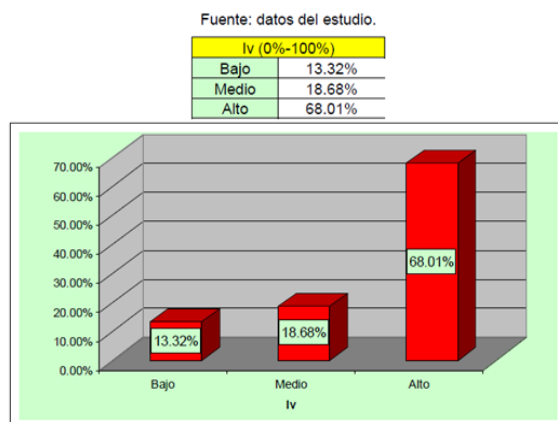


Figura 77. Índice de Vulnerabilidad de la zona de estudio.

Fuente: datos del estudio.

Fuente: Caballero (2007)

2.1. Validación con casos de aplicación real; el Método Benedetti – Petrini con la norma Sismorresistente en Chile o la Región.

Se validó en Chile para completar aplicación del método Benedetti-normas chilenas, pero no está adaptado, solo es una alternativa.

En la actualidad en Chile no existen normas que regulen o indiquen pautas para estudios de vulnerabilidad sísmica, sino que existen normas para el diseño sísmico de edificios como la NCh 433 Of 1996 (INN, 1996), en donde el concepto de vulnerabilidad sísmica no está incluido. Por ello los estudios hechos en Chile son aplicaciones de estudios y/o procedimiento con los que se trabajan en Europa y E.E.U.U., país donde se emplea el método HAZUS (FEMA, 1999). Del mismo modo los estudios de vulnerabilidad sísmica son trabajos más bien de investigación, que no se usan como procedimientos regulares en el diseño sísmico chileno. (Martínez Alfaro, 2012).

Estudios de vulnerabilidad sísmica en Chile, utilizando curvas de fragilidad y matrices de probabilidad de daño en edificios.

de hormigón armado, no existen en la actualidad, sólo existen estudios que cuantifican la vulnerabilidad sísmica.

observada, mediante índices de vulnerabilidad, como es el caso de los estudios realizado en el norte del país al alero del proyecto RADIUS, en el cual se estudió la vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Antofagasta y luego se replicó esa metodología en distintas ciudades del norte del país. Sin embargo, el análisis no lineal de estructuras, en especial el análisis no lineal estático en edificios, se ha utilizado bastante en los últimos años. (Martínez Alfaro, 2012).

Analizado lo anterior se entiende que el método Benedetti-Petrini en Chile no se ha adaptado a la norma chilena para el análisis de vulnerabilidad Sísmica.

2.2. Aplicación en Colombia del método de Benedetti-Petrini y NRS (2010)

En Colombia se hizo la propuesta de adaptar el método Benedetti-Petrini con la NRS (2010), esta propuesta la hizo el señor Quiroga Medina Andrés Mauricio en su proyecto llamado *evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificios del centro de Bogotá utilizando el método del índice de vulnerabilidad*. En este trabajo se presenta una adaptación del método del

índice de vulnerabilidad, donde se modificaron algunos parámetros (ver tabla 2 e imagen 8) con el fin de evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones siguiendo lo planteado por la NSR-10.

El proyecto profesional toma como base de estudio esta propuesta, para la respectiva aplicación a las muestras (viviendas).

3. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

Existen diferentes métodos cualitativos como el ATC-21, el método Hirosawa, el método del ISTC, el método del índice de vulnerabilidad (M.I.V.), entre otros, sus diferencias radican en los parámetros y la profundidad de la evaluación que estos plantean. El método del índice de vulnerabilidad es un método muy utilizado debido a la evaluación estructural que realiza, se desarrolló en Italia a partir del año 1976 producto de estudios post terremoto e identifica los parámetros más importantes que dictan el comportamiento y el daño de una edificación en un sismo. El método consiste en evaluar 11 parámetros asignando un valor a cada uno según sea estimada su vulnerabilidad (alta, media o baja) para lo cual se deben cumplir unos requerimientos planteados en la evaluación. El resultado de la suma ponderada de estos valores, es el índice de vulnerabilidad cuyo valor determina que tan vulnerable es la estructura según estos parámetros. Quiroga (2013)

Vulnerabilidad Sísmica según la NRS 2010

Tipos de sistemas estructurales NSR 2010, Se reconocen cuatro tipos generales de sistemas estructurales de resistencia sísmica, los cuales se definen a continuación. Cada uno de ellos se subdivide según los tipos de elementos verticales utilizados para resistir las fuerzas sísmicas y el grado de capacidad de disipación de energía del material estructural empleado. Los sistemas estructurales de resistencia sísmica son los siguientes:

Sistema de muros de carga: Es un sistema estructural que no dispone de un pórtico esencialmente completo y en el cual las cargas verticales son resistidas

Por los muros de carga y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales.

Sistema combinado: Es un sistema estructural, en el cual: 1. Las cargas verticales son resistidas por un pórtico no resistente a momentos, esencialmente completo o pórticos con diagonales, o 2. Las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos, esencialmente completo, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales. Y que no cumple con los requisitos de un sistema dual.

Sistema de pórtico: Es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales.

Sistema dual: Es un sistema estructural que tiene un pórtico espacial resistente a momentos y sin diagonales, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales. Para que el sistema estructural se pueda clasificar como el sistema dual se deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. El pórtico espacial resistente a momentos, sin diagonales esencialmente completo, debe ser capaz de soportar las cargas verticales.

2. Las fuerzas horizontales son resistidas por la combinación de muros estructurales o pórticos con diagonales, con el pórtico resistente a momentos, el cual puede ser un pórtico de capacidad especial de disipación de energía (DES), cuando se trata de concreto reforzado o acero estructural, un pórtico con capacidad moderada de disipación de energía (DMO) de concreto reforzado, o en pórtico con capacidad mínima de disipación energía (DMI) de acero estructural. El pórtico resistente a momentos, actuando independientemente, debe diseñarse para que sea capaz de resistir como mínimo el 25 por ciento del cortante sísmico en la base. 3. Los dos

sistemas deben diseñarse de tal manera que en conjunto sean capaces de resistir la totalidad del cortante sísmico en la base, en proporción a sus rigideces relativas, considerando la interacción del sistema dual en todos los niveles de la edificación, pero en ningún caso la responsabilidad de los muros estructurales, o de los pórticos con diagonales, puede ser menor del 75 por ciento del cortante sísmico en la base.(Quiroga, 2013).

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no pre esforzados (NSR, 2010)

La resistencia al cortante en este caso, es proporcionada por elementos estructurales como muros y columnas, esta fuerza es resistida por el concreto y el acero. Para fines de calcular esta resistencia se presenta la siguiente ecuación:

$$V_c = 0,1 + \frac{N_u}{14A_g} \lambda f'_c b_w d$$

Donde:

V_c : Resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto, N.

N_u : Carga axial mayorada normal a la sección transversal, N.

A_g : Área bruta de la sección de concreto. Para una sección con vacíos, A_g es el área del concreto solo y no incluye el área de los vacíos, mm^2 .

λ : Factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano.

f'_c : resistencia especificada a la compresión del concreto, MPa.

b_w : ancho del alma o diámetro de la sección circular, mm.

d : distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo del refuerzo longitudinal en tracción, mm.

Cortante sísmico en la base, para las fuerzas sísmicas (NSR, 2010) El cortante sísmico en la base, V_s , equivalente a la totalidad de los efectos inerciales horizontales producidos por los movimientos sísmicos de diseño, el cual es calculado con la siguiente ecuación:

$$V_s = S_a g M$$

Donde:

V_s : Cortante sísmico en la base, para las fuerzas sísmicas, N.

S_a : Valor del espectro de aceleraciones de diseño para un periodo de vibraciones dado.

Máxima aceleración horizontal de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad, para un sistema de un grado de libertad con un periodo de vibración T .

g : aceleración debida a la gravedad, m/s^2 .

M : masa total del edificio, kg.

Periodo de vibración fundamental aproximado

El período fundamental de una estructura es el tiempo que se toma en dar un ciclo completo cuando experimenta vibración no forzada. Su determinación es primordial porque de él depende la magnitud de la fuerza sísmica que experimenta la estructura. El periodo se calcula con la siguiente ecuación:

$$T_a = C_t h^\alpha$$

Donde:

T_a : Período de vibración fundamental aproximado.

C_t : Coeficiente utilizado para calcular el periodo máximo permisible de la estructura.

h : Altura en metros, medida desde la base del nivel.

α : Exponente para ser utilizado en el cálculo del período aproximado T_a . (NSR, 2010)

Irregularidades en planta y altura La distribución irregular de la estructura lleva a concebir formas las cuales son perjudiciales para el comportamiento de la estructura en un evento de

sismo, por lo que se han estudiado con el fin de plantear una solución estructural que reduzca el riesgo al colapso en un movimiento de tierras. Estas irregularidades se clasifican en 2 tipos de planta y altura, como se muestra a continuación:

¿Irregularidades en planta? Irregularidad torsional: La irregularidad torsional existe cuando en una edificación con diafragma rígido, la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura, calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es más de 1.2 y menor o igual a 1.4 veces la deriva promedio de los dos extremos de la estructura, con respecto al mismo eje de referencia. (NSR, 2010)

Regularidad torsional

Retrocesos excesivos en las esquinas: La configuración de una estructura se considera irregular cuando ésta tiene retrocesos excesivos en sus esquinas. Un retroceso en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del retroceso, son mayores que el 15 por ciento de la dimensión de la panta de la estructura en la dirección del retroceso. (NSR, 2010)

Discontinuidad en el diafragma: Cuando el diafragma tiene discontinuidades apreciables o variaciones en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrada, retrocesos o huecos con áreas mayores al 50 por ciento del área bruta.

Del diafragma o existen cambios en la rigidez efectiva del diafragma de más del 50 por ciento, entre niveles consecutivos, la estructura se considera irregular.

Desplazamientos del plano de acción de elementos verticales: La estructura se considera irregular cuando existen discontinuidades en las trayectorias de las fuerzas inducidas por los efectos sísmicos, tales como cuando se traslada el plano que contiene a un grupo de elementos verticales del sistema de resistencia sísmica, en una dirección perpendicular a él, generando un nuevo plano. (NSR, 2010)

Desplazamientos del plano de acción de elementos verticales

Sistemas no paralelos: Cuando las direcciones de acción horizontal de los elementos verticales del sistema de resistencia sísmica no son paralelas o simétricas con respecto a los ejes ortogonales horizontales principales del sistema de resistencia sísmica, la estructura se considera irregular. (NSR, 2010)

Irregularidades en altura

Piso flexible: Cuando la rigidez ante fuerzas horizontales de un piso es menor del 70% pero superior o igual al 60% de la rigidez del piso superior o menor del 80% pero superior o igual al 70% del promedio de la rigidez de los tres pisos superiores, la estructura se considera irregular. Se puede apreciar a continuación este caso en el piso C el cual es piso flexible.

Irregularidad en la distribución de las masas: Cuando la masa, de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos contiguos, la estructura se considera irregular. Se exceptúa el caso de cubiertas que sean más livianas que el piso de abajo.

Irregularidad geométrica: Cuando la dimensión horizontal del sistema de resistencia sísmica en cualquier piso es mayor que 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, la estructura se considera irregular. Se exceptúa el caso de los altillos solo en un piso.

Desplazamiento dentro del plano de acción: La estructura se considera irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de los elementos verticales del sistema de resistencia sísmica, dentro del mismo plano que los contiene, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento.

Piso débil: Cuando la resistencia del piso es menor del 80 por ciento de la del piso inmediatamente superior o igual al 65 por ciento, entendiendo la resistencia del piso como la

suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada irregular. (NSR, 2010)

El método del índice de vulnerabilidad (IVM)

Método del índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini, 1982)

En este trabajo se decidió aplicar la Metodología del Índice de Vulnerabilidad propuesta por un grupo de investigadores italianos en (Benedetti & Petrini 1982), que fue desarrollada a partir de la información de daño en edificios provocados por terremotos desde 1976. A partir de esta información se elaboró una gran base de datos con el índice de vulnerabilidad de cada edificio y el daño sufrido por terremotos de determinada intensidad. Algunas de las razones que se tomaron en cuenta para elegir esta metodología fueron:

- a) Está fundamentada en datos reales.
- b) Se puede aplicar en estudios a nivel urbano.
- c) Se tiene la experiencia de haberse aplicado en diferentes ciudades de Italia con buenos resultado y como consecuencia se adoptó oficialmente por un organismo gubernamental de protección civil (Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti, GNDT).
- d) Se ha aplicado en España en los sismos de Almería en 1993 y 1994.
- e) En general se ha aplicado en diversos trabajos como los de Angeletti (Caicedo et al. 1993).

La metodología se desarrolló para las tipologías de mampostería no reforzada y Hormigón armado, poniendo un especial interés en las primeras debido a que son las construcciones con mayor porcentaje en Italia y en general en muchas partes del mundo. De esta forma, se hará un revisión de la metodología del índice de vulnerabilidad para cada tipología haciendo hincapié en los principios utilizados para su adaptación a la ciudad de Barcelona.(Mena, 2002).

4. PROCESO INVESTIGATIVO

4.1. Formulación de la hipótesis

La vulnerabilidad sísmica promedio será media en las viviendas del barrio Bijao del municipio del Bagre Antioquia analizando y aplicando los métodos Benedetti-petrini y la NRS-10 en viviendas de 1 y 2 pisos.

4.2. Instrumentos de la investigación

Cámara fotográfica

Formatos para diligenciar

Excel y Word

AutoCAD. Navia & Barrera (2007).

4.3. Análisis de datos

La variable trabajada en esta investigación es el índice de vulnerabilidad sísmica que es directamente dependiente de las características constructivas, arquitectónicas y Estructurales de las edificaciones de las zonas de estudio.(Navia & Barrera 2007).

Tabla 1. Variables

CATEGORIA DE ANALISIS	VARIABLES	INDICADORES
Índice de vulnerabilidad sísmica	Características constructivas Características estructurales de la edificación	Número de pisos Área total de la cubierta Resistencia cortante mampostería Altura media entre pisos Peso por unidad de área Configuración en planta Distancia máxima entre muros Calidad sistema resiste

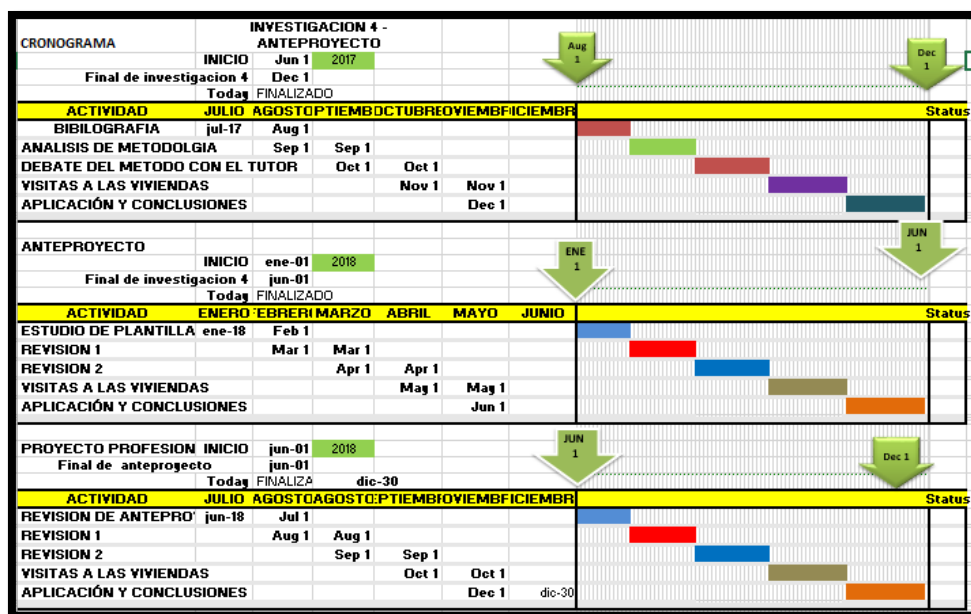
Fuente: Navia & Barrera (2007)

4.4. Población de estudios

5 viviendas unifamiliares del Barrio Bijao del Bagre Antioquia, con características similares en cuanto a su distribución arquitectónica.

4.5. Cronograma del proyecto

Imagen 13. Cronograma del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

5. METODOLOGÍA.

5.1.2. Explicación del método benedetti-petrini.

De acuerdo con la escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini, el índice de vulnerabilidad se obtiene mediante una suma ponderada de los valores numéricos que expresan la "calidad sísmica" de cada uno de los parámetros estructurales y no estructurales que, se considera, juegan un papel importante en el comportamiento sísmico de las estructuras de mampostería.

A cada parámetro se le atribuye, durante las investigaciones de campo, una de las tres clases A, B, C siguiendo una serie de instrucciones detalladas con el propósito de minimizar las diferencias de apreciación entre los observadores. A cada una de estas clases le corresponde un

valor numérico K_i que varía entre 0 y 22, como se observa en la Tabla 2. Así, por ejemplo, si el parámetro número cuatro "Influencia del terreno y la cimentación" corresponde a una configuración insegura desde el punto de vista sísmico, se le asigna la clase C y el valor numérico $K_3 = 4$. Fortich & López (2016)

Por otra parte, cada parámetro es afectado por un coeficiente de peso W_i , que varía entre 0.25 y 1. Este coeficiente refleja la importancia de cada uno de los parámetros dentro del sistema resistente del edificio. De esta forma, el índice de vulnerabilidad VI se define por la siguiente expresión:

Ecuación 1. Hallar el índice de vulnerabilidad

$$VI = \sum_{i=1}^{11} K_i W_i$$

(Fortich & López 2016)

Tabla 2. Parámetros y su peso escala de Benedetti -Petrini

PARÁMETRO	CLASE Ki			Wi
	A	B	C	
1. Organización del sistema resistente	0	6	12	1
2. Calidad del sistema resistente	0	6	12	0,5
3. Cálculo de la Resistencia Convencional	0	11	22	1
4. Influencia del terreno y la cimentación	0	2	4	0,5
5. Losas	0	3	6	1
6. Configuración en planta	0	3	6	0,5
7. Configuración en elevación	0	3	6	1
8. Conexiones elementos críticos	0	3	6	0,75
9. Elementos con baja ductilidad	0	3	6	1
10. Elementos no estructurales	0	4	10	0,25
11. Estado de conservación	0	10	20	1

(Quiroga 2013)

Al analizar la ecuación se puede deducir que el índice de vulnerabilidad define una escala continua de valores desde 0 hasta 90 que es el máximo valor posible. Como puede verse en la imagen 5, los parámetros 1, 2, 4, 5, 9, 10 y 11 son de naturaleza descriptiva y quedan definidos completamente por las instrucciones que se presentan más adelante. Por el contrario, los parámetros 3, 6, 7 y 8 son de naturaleza cuantitativa y requieren de ciertas operaciones matemáticas muy sencillas, las cuales también se describen más adelante. Fortich & López (2016)

5.1.3. Formulario para el levantamiento de la vulnerabilidad.

El formulario encuesta que se observa en la imagen 5, es una versión modificada por Aguiar *et al* [2] del utilizado por el GNDT en Italia. Una de las simplificaciones que se tienen en cuenta es la de no utilizar el primer nivel de aproximación debido a que los datos que provee no influyen directamente en el cálculo del VI. Por otra parte, del segundo nivel se utiliza

únicamente la parte correspondiente a edificios de mampostería, debido a que no se conoce bibliografía sobre funciones de vulnerabilidad para edificios de otro tipo. Fortich & Lopez (2016)

Imagen 14. Formato de captura de información

No. Vivienda _____		
Dirección _____		
Fecha _____	d/m/a	No. Observador _____
1. Organización del sistema resistente _____		
2. Calidad del sistema resistente _____		
3. Cálculo de la resistencia convencional		
1. Número de piso N _____		
2. Área total cubierta A_t _____ m^2		
3. Área resistente sentido x A_x _____ m^2 sentido y A_y _____ m^2		
1. Resistencia cortante mampostería t_k _____ ton/ m^2		
2. Altura de los pisos h _____ m		
3. Peso específico mampostería p_m _____ t/ m^3		
4. Peso por unidad área diafragma p_s _____ ton/ m^2		
4. Influencia del terreno y la cimentación _____		
5. Losas o diafragmas horizontales _____		
6. Configuración en planta $b_1=a/L$ _____ b_2 _____		
7. Configuración en elevación superficie porche % _____ T/H _____ $\pm DMM\%$ _____		
8. Conexión elementos críticos L/S _____		
9. Elementos de baja ductilidad o cubiertas _____		
10. Elementos no estructurales _____		
11. Estado de conservación _____		

Fuente: (Fortich & López (2016))

Formulario para el levantamiento de la vulnerabilidad de edificios de mampostería.

El formulario original, de segundo nivel, incluye los cálculos que debe efectuar el observador durante las investigaciones de campo, para clasificar cada parámetro dentro de una de las tres clases A, B, C, lo cual, además de prolongar el tiempo del levantamiento, facilita la introducción de errores matemáticos. Por estas razones se ha desarrollado un programa de ordenador para el cálculo del VI, con el cual se evitan los inconvenientes descritos anteriormente y se simplifica el formulario de levantamiento, ya que de esta forma sólo se requieren los datos estrictamente necesarios para definir VI. Fortich & Lopez (2016).

5.1.4. Instrucciones para el formulario de levantamiento.

La asignación de los once parámetros del formulario de encuesta descrito en el apartado anterior, dentro de una de las tres clases A, B, C, se lleva a cabo con la ayuda de las siguientes instrucciones. En éstas se describe de forma muy breve, el fundamento teórico de cada uno de los parámetros con el objetivo de proporcionar al observador de campo un cierto criterio de selección. Fortich & López (2016)

5.1. Explicación del método Benedetti-petrini y los parámetros de NRS 2010 y su proceso de comparación.

5.1.5. 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 NRS (2010) para la construcción sismo-resistente

B) Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre o de adaraja en los muros, 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 ligadas y/o edificio con paredes ortogonales no ligadas.

Fortich & López (2016)

5.1.6. Calidad del 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. Se reporta una de las clases:

A. El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:

1. Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.

2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.

3. Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 a 1.5 cm.

B. El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.

C. El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A y/o

sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A. Fortich & López (2016)

5.1.7. Cálculo de la 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.

A_t : área total cubierta en (m^2).

$A_{x,y}$: área total de los muros resistentes en ese el sentido X e Y respectivamente en (m^2). El área resistente de los muros inclinados un ángulo a diferente de cero, respecto a la dirección considerada, se debe multiplicar por $(\cos a)^2$.

T_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 T_k se determina como un promedio ponderado de los valores de resistencia a cortante para cada uno de los materiales t_i , utilizando como factor de peso el porcentaje relativo en área A_i de cada uno de ellos.

Ecuación 2. Resistencia a cortante del tipo de mampostería

$$\tau_k = \frac{\sum \tau_i A_i}{\sum A_i}$$

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).

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:

Ecuación 3. Coeficiente sísmico

$$C = \frac{a_0 \tau_k}{q N} \sqrt{1 + \frac{q N}{1.5 a_0 \tau_k (1 + \gamma)}}$$

Donde,

Ecuación 4. Área de resistencia en sentido x

$$A = \min \{A_x; A_y\}$$

Ecuación 5. Área resistencia en sentido Y

$$B = \max \{A_x; A_y\}$$

Ecuación 6. Es el valor mínimo del área resistente partido área total de cubierta

$$\alpha_0 = A / A_t$$

Ecuación 7. Partición entre área resistencia máxima y área mínima

$$\gamma = B / A$$

Ecuación 8. Peso promedio de un piso por unidad de superficie cubierta

$$q = \frac{(A + B)h}{A_t} P_m + P_s$$

Ecuación 9. Coeficiente sísmico partido parámetro de sismicidad de zona

$$\alpha = C / \underline{C}$$

El valor de q representa el peso de un piso por unidad de área cubierta y es igual al peso de los muros más el peso del diafragma horizontal, asumiendo que no existen variaciones excesivas de masa entre los diferentes pisos del edificio.

Finalmente, la atribución de este parámetro dentro de una de las cuatro clases A, B, C se hace por medio del factor $\alpha = C / \underline{C}$, en donde es un coeficiente sísmico de referencia que se toma como 0.3. Dato obtenido en la norma 2010

A) Edificio con $\alpha \geq 1$.

B) Edificio con $0.6 \leq \alpha < 1$.

C) Edificio con $0.4 \leq \alpha < 0.60$ y/o edificio con $\alpha < 0.4$. Fortich & López (2016)

5.1.8. Influencia del terreno y 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. Se reporta una de las clases:

A) Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%.

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 y/o 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.

Fortich & López (2016).

5.1.9. Losas o diafragmas horizontales

La calidad de los diafragmas tiene una notable importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos resistentes verticales. Se reporta una de las clases:

A) Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza, que satisfacen las condiciones:

1. Ausencia de planos a desnivel.
2. La deformación 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 y/o edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones. Fortich & López (2016)

5.1.10. 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.

Ecuación 10. Primera área mayor

$$b_1 = a / L$$

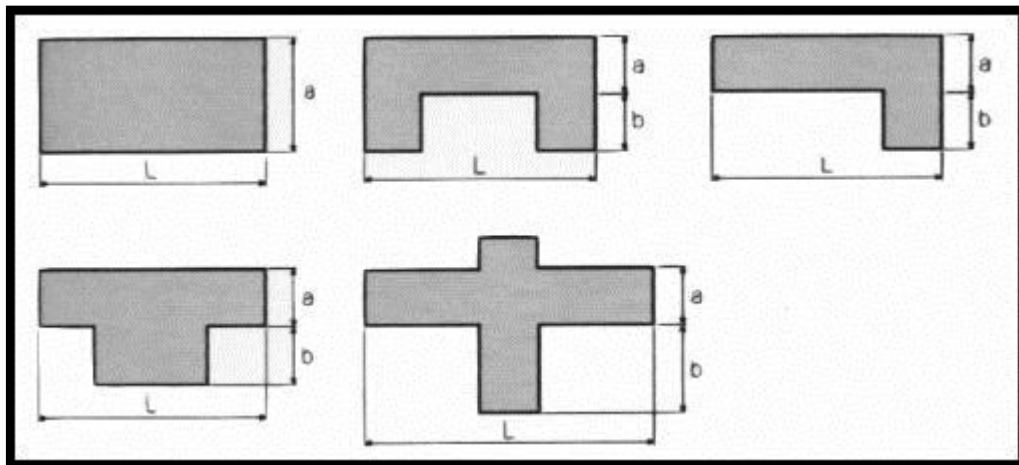
Entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor. También es necesario tener en cuenta las protuberancias del cuerpo principal mediante la relación.

Ecuación 11. Segunda sección del área de la edificación

$$b_2 = b / L.$$

En la imagen 6 se explica el significado de los dos valores que se deben reportar, para lo cual se evalúa siempre el caso más desfavorable. Fortich & López (2016)

Imagen 15. Configuración en planta



Fuente: González & López (2016)

La asignación de este parámetro dentro de una de las cuatro clases, se realiza con base en las condiciones:

A) Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$.

B) Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$.

C. Edificio con $0.60 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$ y/o edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

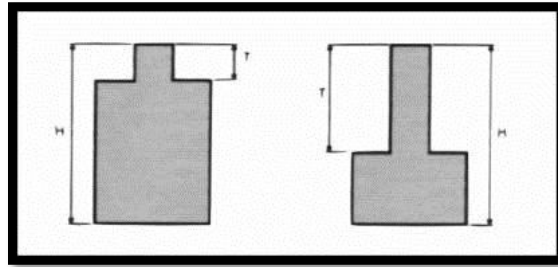
(Fortich& Lopez 2016)

5.1.11. 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, tal como se indica en la imagen 7. 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 $\pm DM/M$ 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 $\pm DA/A$, evaluando en cualquiera de los dos casos el más desfavorable.

Imagen 16. Configuración en elevación



Fuente: González & López (2016)

La asignación de este parámetro, dentro de una de las cuatro clases, se realiza con base en las condiciones:

- A. sí $0.75 < T/H$.
- B. sí $0.50 < T/H \leq 0.75$.
- C) Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las condiciones 1 y 2 y/o edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

Donde a = distancia más corta de la edificación.

L = lado más largo de la vivienda. Fortich & López (2016)

5.1.12. Conexiones elementos críticos.

Con este parámetro se tiene en cuenta la presencia de muros maestros interceptados por muros transversales ubicados a distancia excesiva entre ellos. Se reporta el factor L/S , donde L es el espaciamiento de los muros transversales y S el espesor del muro maestro, evaluando siempre el caso más desfavorable.

- A) Edificio con $L/S < 15$.
- B) Edificio con $15 \leq L/S < 18$
- C) Edificio con $18 \leq L/S$ y/o edificio con $L/S \geq 25$

Donde S = Muro maestro de mayor espesor

L = ancho más crítico de los muros transversales. Fortich & López (2016)

5.1.13. Elementos de baja ductilidad o Tipo de cubierta.

Se tiene en cuenta con este parámetro, la capacidad del techo para resistir fuerzas sísmicas. Se reporta una de las clases:

A. El edificio presenta las siguientes características:

1. Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas como tornillos o alambres, que garanticen un comportamiento de diafragma rígido.
2. Provisto de arriostramiento en las vigas y distancia entre vigas no muy grande.
3. Cubierta plana debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta de losa aligerada.

B. Edificio que no cumple una de las características presentadas en la clase A.

C. Edificio que no cumple dos de las características presentadas en la clase A y/o edificio que no cumple ninguna de las características presentadas en la clase A. González & López (2016)

5.1. 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. Se reporta una de las clases:

A. Edificio sin parapetos y sin cornisas.

B. Edificio sin parapetos con elementos de cornisas bien conectadas a la pared.

C. Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared y/o edificio que presenta 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.

Fortich & López (2016)

5.1.15. Estado de conservación.

Se reporta una de las clases:

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 y/o muros que presentan, un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o, lesiones muy graves de más de 3 milímetros de ancho. Fortich & López (2016)

Al analizar la ecuación se puede deducir que el índice de vulnerabilidad define una escala continua de valores desde 0 hasta 90 que es el máximo valor posible. Este se divide por 0,9 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 < 30%: baja**
- **30% $\geq$ vulnerabilidad < 60%: media**
- **Vulnerabilidad $\geq$ 60%: alta.** Fortich & López (2016)

A partir de los resultados que arroje el método de Índice de Vulnerabilidad a través de los anteriores valores mencionados se podrá analizar sísmicamente, El Barrio bijao del Bagre Antioquia.

5.2. Parámetros de la NRS-2010 que se van a comparar con Benedetti

Imagen 17. Calificación del método NRS 2010

PARÁMETRO	CLASE KI			WI
	A	B	C	
1. Organización del sistema resistente	0	6	12	0,5
2. Calidad del sistema resistente	0	6	12	0,5
3. Cálculo de la Resistencia Convencional	0	8	16	2
4. Influencia del terreno y la cimentación	0	2	4	0,5
5. Losas	0	2	4	0,5
6. Configuración en planta	0	3	6	0,5
7. Configuración el elevación	0	3	6	1
8. Conexiones elementos críticos	0	3	6	0,75
9. Elementos con baja ductilidad	0	3	6	1
10. Elementos no estructurales	0	5	9	0,25
11. Estado de conservación	0	10	20	1

Fuente: Quiroga (2013)

Imagen 18. Formato de captura de información

FORMATO DE CAPTURA DE LA NRS 2010			
FECHA:			
DIRECCION DE VIVIENDA:			
ENCUESTADOR:			
PARAMETRO 1. ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE.			
CLASIFICACIÓN	A	B	C
PARAMETRO 2. CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE			
CLASIFICACIÓN	A	B	C
PARAMETRO 3. RESISTENCIA CONVENCIONAL			
DATOS PARA ENCONTRAR	$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \lambda \sqrt{f'_c b w d}$		
	INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA		
Ct			
a			
Ta			
Aa			
Av			
h			
perfil suelo			
Fa			
Fv			
Coeficiente de importancia			
Masa			
TC			
TL			
TO			
Sa			
CLASIFICACIÓN	A	B	C
PARAMETRO 4. INFLUENCIA DEL TERRENO Y LA CIMENTACION			
CLASIFICACIÓN	A	B	C
PARAMETRO 5. LOSAS			

CLASIFICACION	A	B	C
PARAMETRO 7.CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN			
CLASIFICACIÓN	A	B	C
PARAMETRO 8. CONEXION DE ELEMENTOS CRITICOS			
CLASIFICACIÓN	A	B	C
PARAMETRO 9. ELEMENTOS CON BAJA DUCTIBILIDAD			
CLASIFICACIÓN	A	B	C
PARAMETRO 10. ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES			
CLASIFICACIÓN	A	B	C
PARAMETRO 11. ESTADO DE CONSERVACIÓN			
CLASIFICACIÓN	A	B	C

Fuente: Elaboración propia.

I. Organización del sistema resistente.

se evalúan los muros de mampostería.

Requisitos adicionales. (muros de mampostería)

El área mínima de muros confinados por nivel en cada dirección principal, se determina por la siguiente expresión:

Ecuación 12. Área mínima de muros confinados

$$A_m = N \cdot A_a \cdot A_p \quad 20$$

Donde:

A_m : área mínima de los muros del piso, que actúan en la misma dirección en planta, dentro del par de los muros se incluye las columnas de confinamiento, en m^2 .

N : número de niveles por encima del nivel considerado.

A_a : coeficiente de aceleración pico efectiva.

A_p : área del piso en el nivel considerado, en m^2 .

Imagen 19. Clasificación 1 del parámetro 1

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
$Am \geq \frac{N * Aa * Ap}{20}$	$Am = \frac{N * Aa * Ap}{20}$	$Am \leq \frac{N * Aa * Ap}{20}$

Fuente: Quiroga (2013)

- Los muros de mampostería confinada deben tener una relación entre la altura libre del muro y su espesor, la cual se determina con la siguiente ecuación:

Relación: h/e

Dónde: h: altura libre del muro e: espesor del muro.

Imagen 20. Clasificación 2 del parámetro 1

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
$20 > \frac{h}{e}$	$20 \leq \frac{h}{e} \leq 25$	$\frac{h}{e} > 25$

Fuente: Quiroga (2013)

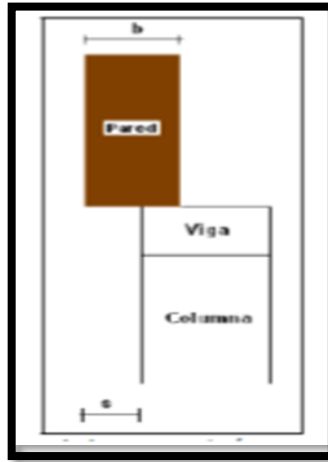
Imagen 21. Clasificación 3 del parámetro 1

Clasificación A	R	Clasificación B	R	Clasificación C
Muros de concreto (DES-DMO) (FH-CV)	4 a 5	Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DES) celdas rellenas (FH-CV)	3,5	Muros de mampostería no reforzada (sin capacidad de disipación de energía)
Pórticos de acero estructural con diagonales concéntricas (DES) (FH-CV)	5	Pórticos con diagonales de concreto (DMO) (FH-CV)		Pórticos de madera con diagonales (FH-CV)
		Paneles de cortante de madera, muros ligeros de madera laminada (FH-CV)	3	
Muros de mampostería reforzada (DES) (perforación vertical) (FH-CV)	4	Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO) (FH-CV)	2,5	Muros de mampostería parcialmente reforzada con bloque de perforación vertical (FH-CV)
		Muros de concreto (DMI) (FH-CV)		Muros de mampostería confinada (FH-CV)

Fuente: Quiroga (2013)

- La mampostería no debe sobresalir del pórtico(NRS 2010)

Imagen 22. Relación en altura libre y espesor de muro



Fuente: Aguiar (2006)

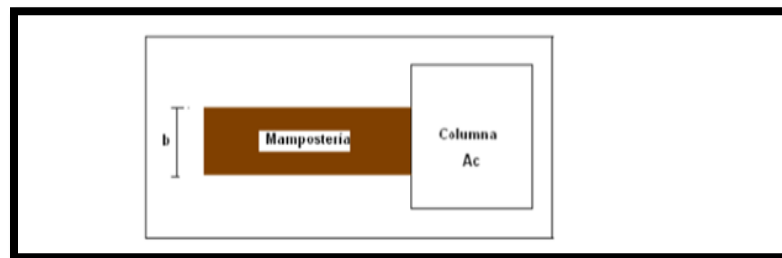
Imagen 23. Clasificación 4 del parametro 2

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
$s \leq 0.2b$	$s \leq 0.3b$	$s > 0.3b$

Fuente: Quiroga (2013)

- La relación entre el área transversal A_c de las columnas de hormigón armado en cm^2 adyacentes al muro de mampostería y el ancho de este expresado en cm

Imagen 24. Mampostería adyacente a columnas



Fuente: Aguiar (2006)

Imagen 25. Clasificación 5 del parámetro 1

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
$Ac \geq 25b$	$Ac \geq 20b$	$Ac \leq 20b$

Fuente: Quiroga (2013)

II. Calidad del sistema resistente.

En este parámetro se evalúa la calidad del sistema resistente, donde se observa el estado del concreto o mortero dependiendo el elemento que se estudie, este parámetro se mantiene igual que la versión original del método.

Imagen 26. Clasificación del parámetro 2

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
1. El hormigón utilizado parece de consistencia buena, de consistencia dura al rayarlo y con un buen terminado, sin imperfecciones a la vista. Verificar que la resistencia sea mayor a 210 Kg/cm ²	1. Edificio que no cumple con los requisitos para clasificarse como A o C.	1. El hormigón es de baja calidad.
2. No debe existir zonas de "hormiguero" debido a una mala vibración del hormigón.		2. Las varillas de acero son visibles, oxidadas o están eventualmente mal distribuidas.
3. Las barras de acero utilizadas son corrugadas y no están visibles.		3. Las juntas de construcción están mal ejecutadas.
4. El mortero utilizado no se hace migas fácilmente, aparentemente es de buena calidad.		4. La mampostería es de mala calidad.
5. La información disponible elimina la posibilidad de una mala calidad de ejecución de la obra.		5. La construcción de los elementos estructurales como vigas, columnas, losas es aparentemente de mala calidad.

Fuente: Quiroga (2013)

III. Cálculo de la resistencia convencional.

En este parámetro se determina la relación entre la resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto (V_c) y la resistencia al cortante sísmico en la base, para las fuerzas sísmicas (V_s). Se modificó este método planteando un procedimiento para realizar el cálculo de esta relación de forma que cumpliera con lo estipulado por la NSR-10. Este procedimiento se explica a continuación:

1. Determinación de la resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto V_c . Este cálculo se lleva a cabo por medio de la siguiente ecuación enunciada anteriormente: (NRS 2010)

Ecuación 13. Resistencia a la cortante

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b w d$$

Se procede a determinar la resistencia al cortante sísmico en la base, para fuerzas sísmicas V_s , el cual se llevará a cabo por medio del método de la fuerza horizontal equivalente, como se describe en la NSR.10. El procedimiento de este método se describe a continuación:

Como primera medida se determina el valor del periodo fundamental aproximado (T_a) por medio de la siguiente ecuación la cual fue presentada anteriormente:

Ecuación 14. Periodo fundamental aproximado

$$T_a = C_t h^\alpha$$

Los valores C_t y α son producto de la siguiente tabla la está en función del sistema estructural de resistencia que tenga la edificación. Quiroga (2013).

Imagen 27. Valores de C_t y α

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitadas o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0,047	0,9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0,072	0,8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0,073	0,75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería.	0,049	0,75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural , pueden emplearse los siguientes parámetros C_t , α y C_w .	$\frac{0,0062}{\sqrt{C_w}}$	1

Fuente: NRS (2010)

Imagen 28. Valores de A_a y A_v

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

Fuente: NRS (2010)

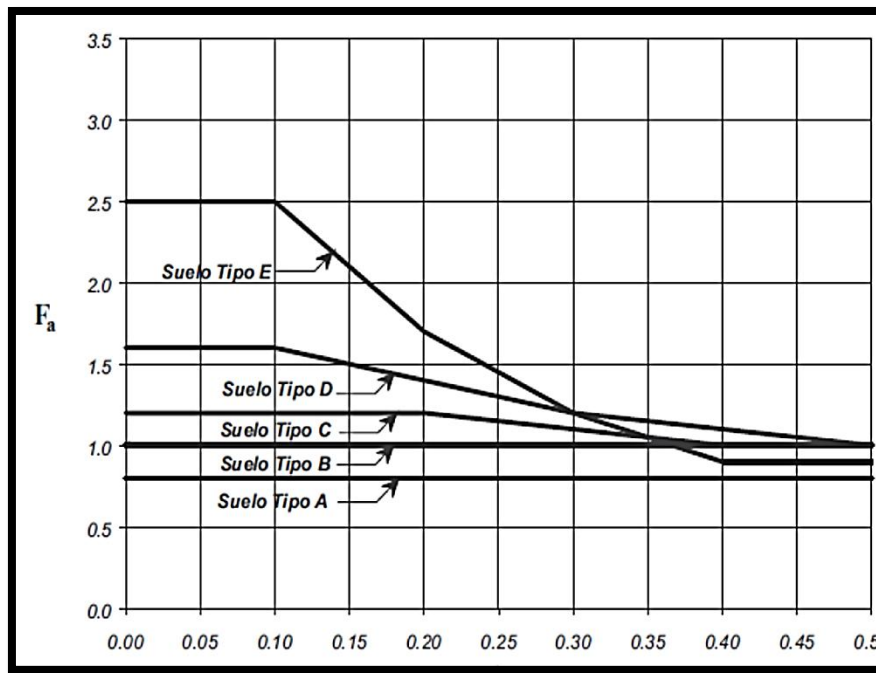
Se clasifica el tipo de perfil según sean las características del suelo, como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 29. Perfiles del suelo

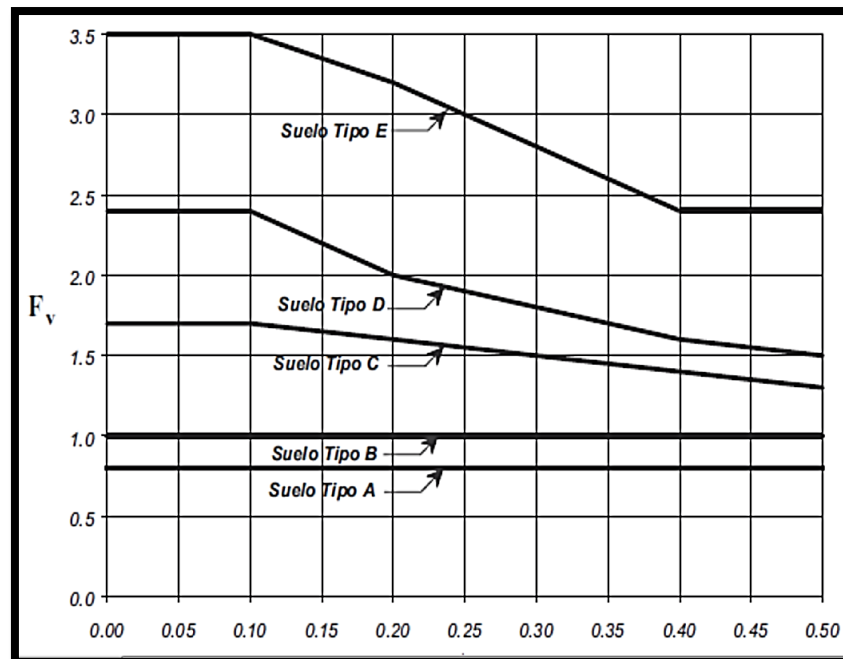
Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{V}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ($H > 3 \text{ m}$ para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5 \text{ m}$ con Índice de Plasticidad $IP > 75$) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 36 \text{ m}$)	

Fuente: NRS (2010)

Obtenidos los valores de A_a , A_v y tipo de perfil, se procede a determinar los valores de F_a (coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos) y F_v (coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios). Estos valores se obtienen con la lectura de las siguientes imágenes. (Quiroga 2013)

Imagen 30. Coeficiente F_a 

Fuente: NRS (2010)

Imagen 31. Coeficiente de F_v 

Fuente: NRS (2010)

Posteriormente se determina un valor para el coeficiente de importancia I, según sea el grupo de uso la edificación estudiada. Para lo cual se enuncian los grupos y una breve descripción de estos. Grupos de uso

Grupo 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 alternativo.

Grupo 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.

Grupo 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 m^2 por piso. (d) Edificaciones de hospitales, clínicas y centros de salud. (e) Aquellas del grupo II para las que el propietario desee contar con seguridad adicional. (f) Aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.

Grupo I – Estructuras de ocupación normal: Todas las edificaciones cubiertas por el alcance del reglamento NSR-10 que no se hayan incluido en los grupos II, III y IV. (Quiroga 2013)

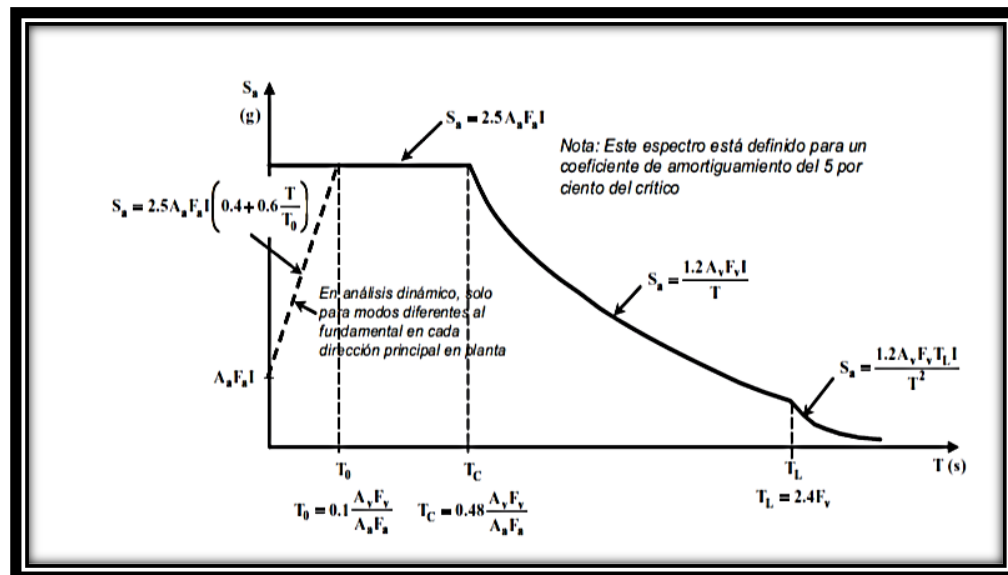
Imagen 32. Grupo de uso de edificaciones

Grupo de uso	Coefficiente de importancia, I
IV	1,5
III	1,25
II	1,1
I	1

Fuente: NRS (2010)

Se procede a la obtención del valor del espectro reuniendo el conjunto de valores ya determinados anteriormente, dependiendo del intervalo donde se encuentre el periodo se usará la ecuación requerida para encontrar el valor de S_a . (Quiroga 2013)

Imagen 33. Espectro de diseño de la NRS (2010)



Fuente: NRS (2010)

Como último paso de este parámetro se debe obtener la relación entre los cortantes V_c y V_s la cual se determina con la siguiente ecuación:

Ecuación 15. Ecuación que determina el parámetro

$$\alpha = \frac{V_c}{V_s}$$

Donde:

V_c : resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto

V_s : resistencia al cortante sísmico en la base, para las fuerzas sísmicas.

Imagen 34. Clasificación del parámetro 3

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
$\alpha \geq 1,5$	$1 \leq \alpha \leq 1,5$	$\alpha < 1$

Fuente: Quiroga (2013)

IV. Influencia del terreno y la cimentación.

En este parámetro se busca evaluar la influencia que tiene el tipo de suelo en el cual se encuentra apoyada la edificación, por lo que se analiza la cimentación, la inclinación del terreno y las fisuras en los muros las cuales indican asentamientos diferenciales. Se introdujo la clasificación del suelo la cual influye en el comportamiento de la estructura, esta clasificación se realiza de acuerdo al título A de la NSR-10 (Requisitos generales de diseño y construcción sísmo resistente. Esta clasificación se realizó en el parámetro III (Cálculo de la resistencia convencional) ya que es una variable necesaria para llevar a cabo la evaluación en ese parámetro. A continuación, se presenta la clasificación de la vulnerabilidad para el parámetro IV. (Quiroga medina 2013)

Imagen 35. Clasificación del parámetro 4

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
Para tipos de perfiles A, B y C.	Para tipo de perfil D	Para tipo de perfil E
Topografía plana del terreno donde se encuentra el edificio o con una pendiente no mayor al 20%	No clasifica en A o C	Pendiente superior al 30% en el terreno donde se encuentra la edificación
No presenta fisuras en las muros.		Presenta fisuras en una cantidad considerable de muros.

Fuente: Quiroga (2013)

V. Losas o diafragmas horizontales.

En este parámetro se busca evaluar características de la losa como su rigidez aparente, las conexiones con los elementos verticales y el área de abertura si lo hay. Se incluyó la consideración de evaluar la continuidad de la losa con el fin de clasificar el diafragma como rígido o flexible. La clasificación para este parámetro se muestra a continuación:

Imagen 36. Clasificación del parámetro 5

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
La losa debe ser rígida y con buenas conexiones con los elementos verticales	Edificio que no es clasificado como A o C	La losa poco rígida y mal conectadas a los elementos verticales
El área de abertura de la losa sea menor al 30% del área total de la losa		El área de abertura de la losa sea mayor al 50% del área total de la losa
Si el área de la losa es continua se considera como un diafragma rígido		Si el área de la losa presenta discontinuidades se considera como diafragma flexible.

Fuente: Quiroga (2013)

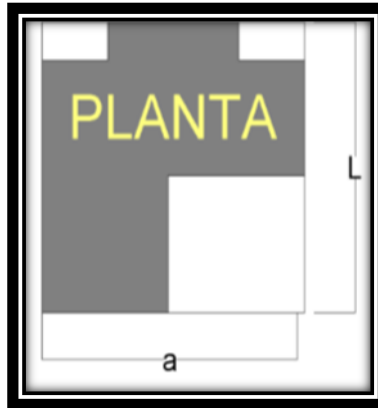
VI. Configuración en planta.

Este parámetro tiene como fin evaluar la vulnerabilidad en la configuración en planta de la estructura, por lo que se plantean varias irregularidades estructurales que pueden llegar a presentarse en una estructura y que aumentarían su vulnerabilidad. Se incluyeron irregularidades

en planta las cuales son planteadas por la NSR-10, a continuación, se presenta la evaluación que se lleva a cabo en este parámetro:

Relación entre el lado menor y el lado mayor del rectángulo que circunscribe la planta del edificio.(Quiroga medina 2013)

Imagen 37. Relación lados de planta



Fuente: Quiroga (2013)

Ecuación 16. Relación de lados de planta

$$\delta 1 = \frac{a}{L}$$

Donde:

$\delta 1$: Relación entre el lado menor y el lado mayor del rectángulo que circunscribe la planta del edificio

a: lado menor del rectángulo que circunscribe la planta del edificio

L: lado mayor del rectángulo que circunscribe la planta del edificio.

- Excentricidad, los valores altos de excentricidad implican problemas de torsión.

Ecuación 17. Excentricidad por torsión

$$\delta 2 = \frac{e}{d}$$

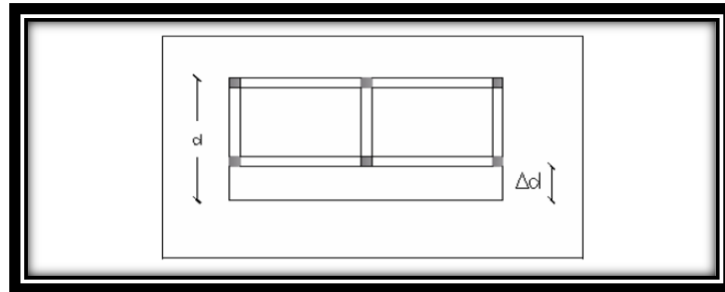
Dónde: $\delta 2$: Relación entre excentricidad y la menor dimensión en planta

E: excentricidad del edificio

D: dimensión menor en planta del edificio

Voladizos, a mayor longitud de voladizo mayor es la vulnerabilidad de la estructura.

Imagen 38. Control de longitud de voladizos



Fuente: Aguiar (2006)

Ecuación 18. Control de voladizos

$$\delta_3 = \frac{\Delta d}{l_p}$$

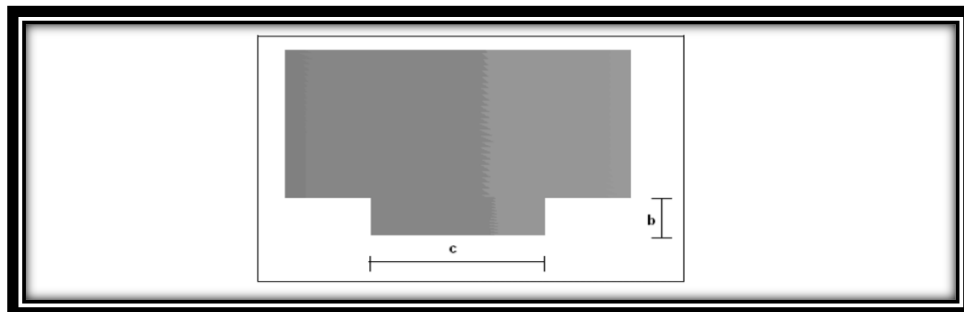
Dónde: δ_3 : Relación entre la longitud del voladizo con respecto a la longitud total en la dirección del voladizo

Δd : Longitud del voladizo

l_p : longitud total de la planta en dirección del voladizo

- Protuberancias en la planta.

Imagen 39. Dimensiones de la protuberancia



Fuente: Quiroga (2013)

Ecuación 19. Ecuación para la protuberancia

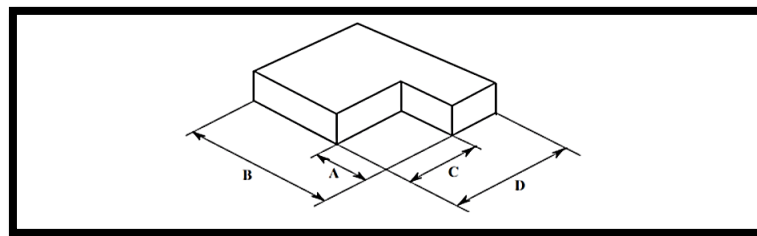
$$\delta 4 = \frac{\Delta d}{lp}$$

Dónde: $\delta 4$: Relación entre el ancho y la longitud de la protuberancia

c: ancho de la protuberancia del cuerpo principal del edificio

b: longitud de la protuberancia del cuerpo principal del edificio. Retrocesos en las esquinas

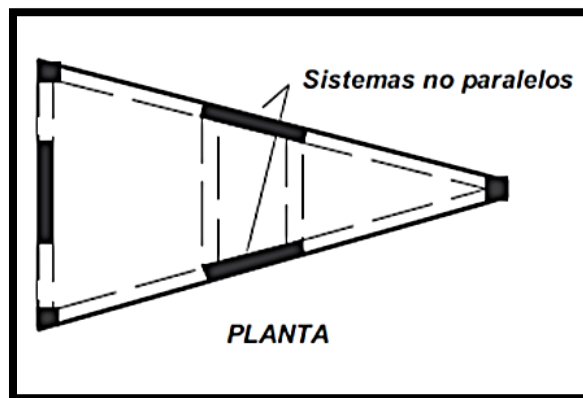
Imagen 40. Retrocesos en las esquinas



Fuente: NRS (2010)

Sistemas no paralelos

Imagen 41. Sistemas no paralelos



Fuente: NRS (2010)

Posterior a enunciar las irregularidades que evalúa el parámetro se determina la clasificación de la vulnerabilidad como se muestra a continuación:

Imagen 42. Clasificación del parámetro 6

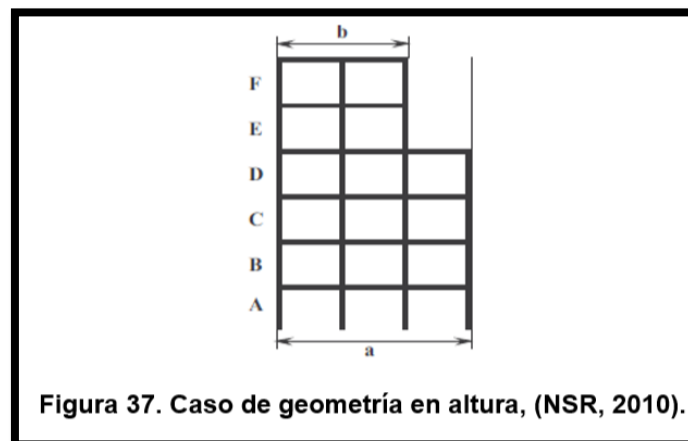
Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
$\delta_1 > 0,4$	Edificio que no pertenece a la clasificación A o C.	$\delta < 0,2$
$\delta_2 < 0,2$		$\delta_2 > 0,4$
$\delta_3 < 0,1$		$\delta_3 > 0,2$
$\delta_4 > 0,5$		$\delta_5 < 0,25$
Los retrocesos en las esquinas deben ser menores a 15%. $A < 0,15B$ y $C < 0,15D$		Los retrocesos en las esquinas son mayores al 30%. $A > 0,30B$ y $C > 0,30D$
La forma de la planta del edificio se asemeja a la de un cuadrado, haciéndola regular		La forma de la planta del edificio se aleja de la forma de un cuadrado, haciéndola irregular
		Si presenta una irregularidad de sistemas no paralelos.

Fuente: Quiroga (2013)

VII. Configuración en elevación.

En este parámetro se evalúa la vulnerabilidad con respecto a la configuración en elevación, para lo cual se presenta una serie de casos de irregularidades estructurales con el fin de evaluar que caso se ajusta a la edificación y si presenta más de un caso. Se incluyeron casos de irregularidad en elevación contemplados en la NSR-10 para ampliar el rango de evaluación en este parámetro, a continuación, se presentan los casos estudiados:

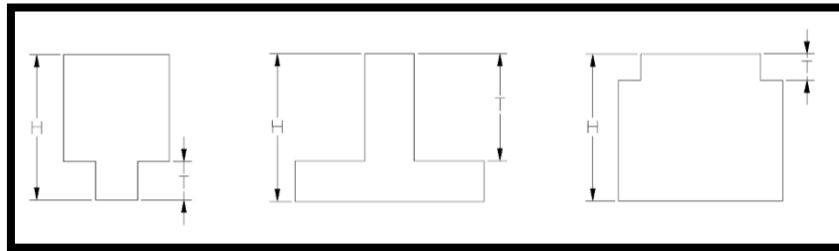
Imagen 43. Geometría en altura



Fuente: NRS (2013)

- La relación entre la altura (T) de la sección con menor área en su base y la altura (H) de la sección con mayor área en la base

Imagen 44, Relación de T y H



Fuente: Quiroga (2013)

Piso blando: piso con diferente altura al resto, esta irregularidad genera un cambio de rigidez lo cual es perjudicial para la vulnerabilidad sísmica de la estructura.

Imagen 45. Pisos blandos

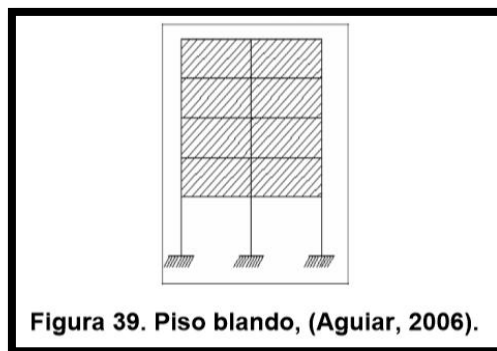
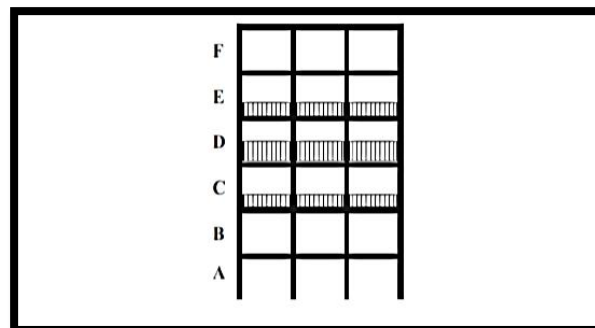


Figura 39. Piso blando, (Aguiar, 2006).

Fuente: Aguiar (2006)

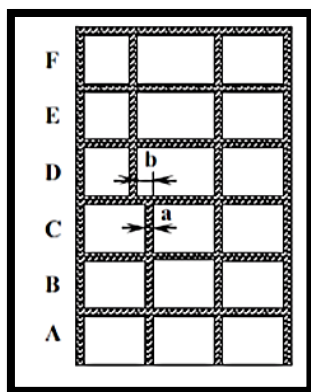
Distribución uniforme de masa, a mayor altura menor masa.

Imagen 46. Distribución de masas



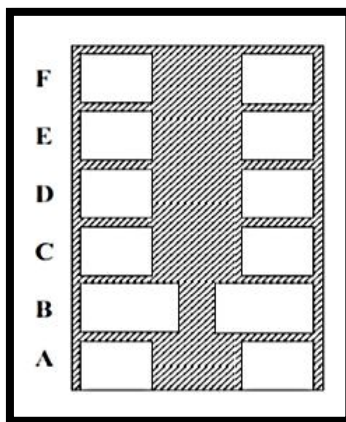
Fuente: NRS (2010)

Imagen 47. Distribución del plan de acción



Fuente: NSR, (2010).

Imagen 48. Piso débil



Fuente: NSR, (2010).

Continuando con la descripción del parámetro VII se presenta a continuación la clasificación que determina la vulnerabilidad de la edificación en esta parte de la evaluación.

Imagen 49. Clasificación del Parámetro 7

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
Edificio de forma regular sin variaciones en el área de la base de cada piso	$1.1b < a < 1.3b$	$a > 1.3b$ o $a < b$
Si $T/H < 0,2$ o $> 0,9$	Si $0,2 \leq T/H < 0,6$	Si $0,6 \leq T/H \leq 0,9$
Todos los pisos tienen la misma altura	La altura en un piso es diferente a la del resto de los pisos del edificio	La altura en más de un piso es diferente a la del resto de los pisos del edificio
La distribución de masa en todos los pisos es uniforme y no presentan variaciones muy grandes	Se presenta el caso de variación de masa en un piso del edificio	Se presenta el caso de variación de masa en uno o más pisos, uno de estos pisos puede ubicarse en las últimas plantas.
No se presenta el caso de desplazamiento dentro del plano de acción	Se presenta el caso de desplazamiento dentro del plano de acción en una planta del edificio	Se presenta el caso de desplazamiento dentro del plano de acción en más de una planta del edificio
No se presenta el caso de piso débil	Se presenta el caso de piso débil en una planta del edificio	Se presenta el caso de piso débil en más de una planta del edificio

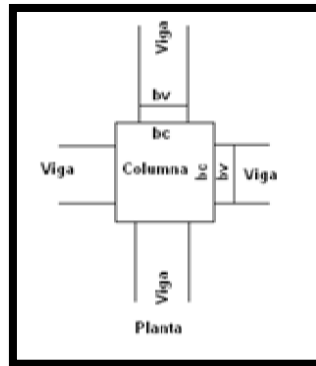
Fuente: Quiroga (2013)

VIII. Conexiones elementos críticos.

Este parámetro busca evaluar las conexiones entre elementos estructurales como columnas y vigas, esto con el fin de determinar si el sistema resistente se encuentra bien conectado y su probabilidad de resistir un sismo. A continuación, se presenta los puntos que evalúa este parámetro:

Dimensiones de las conexiones viga columna

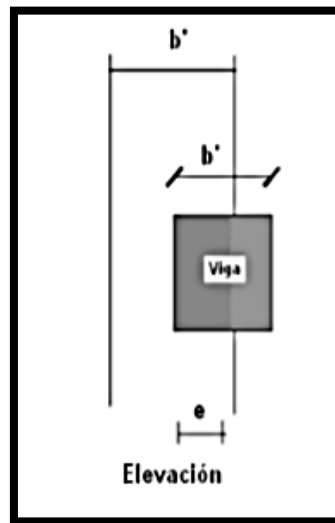
Imagen 50. Dimensiones de las conexiones viga-columna



Fuente: Aguiar (2006).

Excentricidad ejes vigas y columnas

Imagen 51. Excentricidad ejes, vigas y columnas



Fuente: Aguiar (2006).

Ecuación 20. Excentricidad columna viga

$$\lambda_2 = \frac{e}{b'}$$

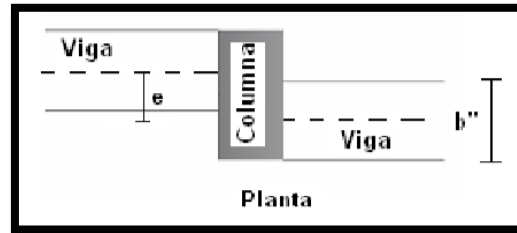
Dónde: 2: Relación entre excentricidad de viga y columna con el ancho de las mismas

E: excentricidad entre los ejes de la viga y la columna

b' : menor valor del ancho de la viga o la columna

- Excentricidad ejes adyacentes a la columna y ancho viga en planta

Imagen 52. Excentricidad ejes adyacentes a la columna



Fuente Aguiar, (2006).

Ecuación 21. Ejes adyacentes

$$\lambda_4 = \frac{e}{b''}$$

Donde:

λ_3 : Relación entre la excentricidad de los ejes adyacentes a la columna.

b'' : ancho de la viga en planta

Altura de la viga con relación al ancho de la columna.

Ecuación 22. Altura de la viga

$$\lambda_4 = \frac{hv}{ac}$$

Donde:

hv : altura de la viga unida a la columna

ac : ancho de la columna unida a la viga

Imagen 53. Clasificación del parámetro 8

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
$bv \leq 0,75bc$	$0,75bc \leq bv \leq bc$	$bv \geq bc$
$\lambda_2 = 0,2$	$0,2 < \lambda_2 < 0,3$	$\lambda_2 > 0,3$
$\lambda_3 < 0,3$	$0,3 < \lambda_3 < 0,4$	$\lambda_3 > 0,4$
La dimensión mínima de una columna debe ser mayor a 25cm.	el valor de la dimensión mínima de una columna está entre 20 y 25 cm.	La dimensión mínima de la columna es menor a 20cm.
$\lambda_4 \leq 1,0$	$1,0 < \lambda_4 < 1,2$	$\lambda_4 \geq 1,2$

Fuente: Quiroga (2013)

IX. Elementos con baja ductilidad.

En este parámetro se evalúan los elementos denominados columnas cortas, ya que ha sido el caso más frecuente en los casos de colapso en los sismos evaluados a través de la historia.

Quiroga (2013).

Imagen 54. Clasificación del parámetro 9

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
Edificio que no tiene en su interior elementos cortos	Elementos de baja ductilidad (columnas bajo gradas) que cumplan con: $\frac{L}{4} < h < \frac{L}{2}$	Elementos de baja ductilidad (columnas bajo gradas) que cumplan con: $h < \frac{L}{4}$
	Elementos de elevada ductilidad que cumplan con: $\frac{L}{2} < h < \frac{2}{3}L$	Elementos de elevada ductilidad que cumplan con: $h < \frac{L}{2}$

Fuente: Quiroga (2013)

X. Elementos no estructurales.

Este parámetro evalúa la vulnerabilidad que puede tener la edificación debido a los elementos no estructurales, los cuales pueden poner en riesgo a los habitantes. Quiroga (2013).

Imagen 55. Clasificación del parámetro 10

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
Los elementos no estructurales de la edificación no representan riesgo alguno para los habitantes del edificio.	Los elementos no estructurales existentes en los edificios se encuentran anclados, pero su anclaje es poco confiable a simple vista, pueden representar riesgo a los habitantes.	Los elementos no estructurales son inestables y representan un riesgo alto para los habitantes.

Fuente: Quiroga (2013)

XI. Estado de conservación.

Este parámetro es de los más importantes de este método ya que el estado de conservación de la estructura es determinante para su comportamiento en un sismo, si la edificación no presenta un mantenimiento adecuado y sus elementos estructurales se encuentran deteriorados es probable que presente daños irreparables en un movimiento de tierras. Por lo que se requiere una evaluación detallada y un recorrido minucioso para determinar la vulnerabilidad de este parámetro, la clasificación para este caso se presenta a continuación: Quiroga (2013).

Imagen 56. Clasificación del parámetro 11

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
Edificio cuyas columnas, vigas losas y elementos de mampostería, no se encuentran fisuradas. No hay rajaduras en paredes que induzcan a pensar en asentamientos del suelo.	Edificio que no se clasifica como A o C	Más del 30% de los elementos principales se encuentran fisurados. Lo cual puede ser producido por la cimentación del edificio

Fuente: Quiroga (2013)

El valor de 0 para el índice de vulnerabilidad corresponde a una estructura sumamente segura, mientras que el valor de 90 indica que la estructura es vulnerable frente a un sismo. La clasificación del índice de vulnerabilidad se realiza de la siguiente forma:

Imagen 57. Clasificación de la vulnerabilidad sísmica de la NRS (2010)

Clasificación del índice de vulnerabilidad	A	0-30	Estructura segura
	B	31-60	Estructura medianamente segura
	C	61-90	Estructura vulnerable

Fuente: Quiroga (2013)

5.3. Proceso de comparación.

Para el proceso de comparación del método Benedetti- Petrini con la norma NRS 2010.

1. Se aplican los dos formularios de levantamiento para ambos métodos y se clasifica la vivienda de acuerdo a la información suministrada por el método y la NRS 2010.
2. Después de haber obtenido y analizado la información de ambos métodos se hacen las operaciones pertinentes para encontrar el índice de vulnerabilidad sísmica tanto con el método Benedetti como con la NRS 2010.
3. Se discuten los resultados y se hacen las recomendaciones necesarias para los mejoramientos de los procesos constructivos.

6. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA

(Aplicación del método de benedetti-petrini)

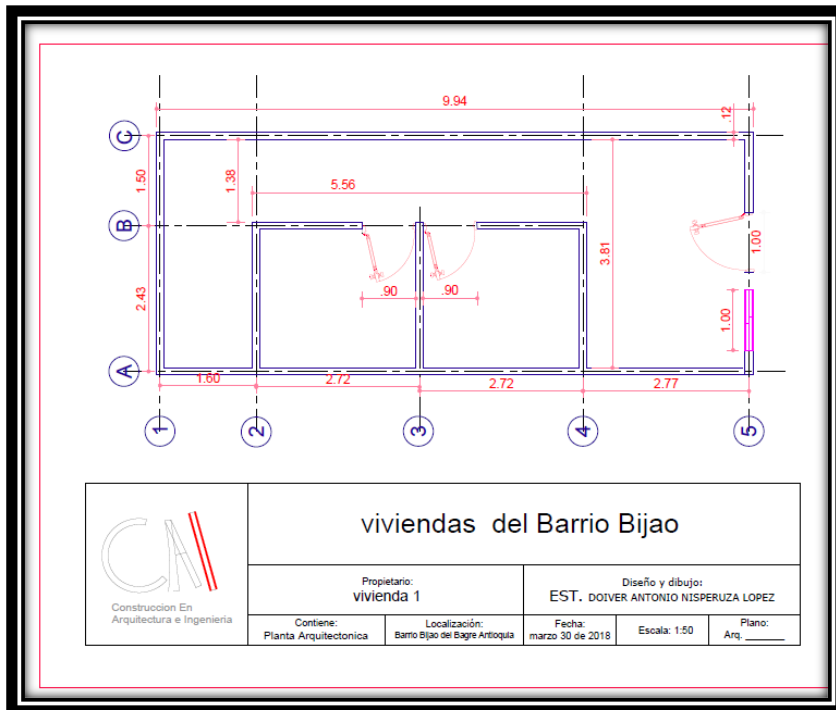
6.1. Casa 1. Del Barrio Bijao calle 52ª-49ª#108

Imagen 58. Vivienda 1



Fuente: propia.

Imagen 1. Plano de vivienda 1



Fuente: Elaboración propia.

Parámetro 1: Organización del sistema resistente.

Vivienda que se construyó, sin las especificaciones técnicas de la norma en vigencia en ese tiempo la cual era la NRS 2010, se observa que no tiene vigas de amarre y que las conexiones entre columnetas-muros no están bien conectadas estructuralmente.

A. El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:

1. Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.

2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.

3. Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 a 1.5 cm.

B. El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.

Por lo cual se clasifica la siguiente opción **B.**

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente.

A. El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:

1. Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.

2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.

3. Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 a 1.5 cm.

B). El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.

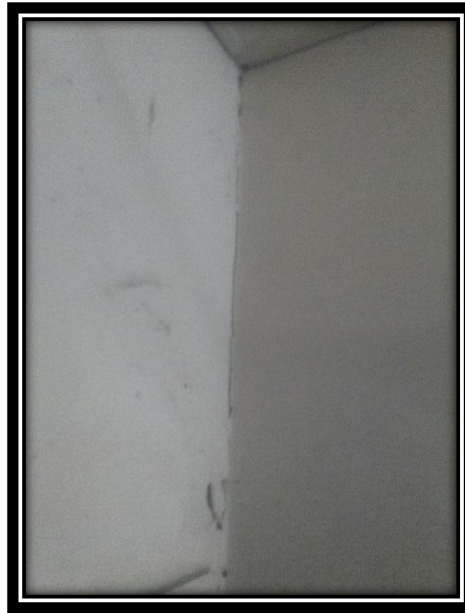
Por lo cual se clasifica la siguiente opción **B.**

1. Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.

2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.

3. Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 a 1.5 cm.

Imagen 59. Estado de muros



Fuente: Propia.

Parámetro 3: Calculo de la Resistencia convencional.

Ecuación 23. Resistencia convencional

$$C = \frac{a_0 \tau_x}{q N} \sqrt{1 + \frac{q N}{1.5 a_0 \tau_x (1 + \gamma)}}$$

$$N = 1$$

$$A_t = 44,550 \text{ m}^2$$

$$t_k = 3 \text{ Ton/m}^2$$

$$A_X = 79,700 \text{ m}^2 \text{ (área resistente en muros en el eje x)}$$

$$Y_Y = 55,130 \text{ m}^2 \text{ (área resistente en muros en el eje y)}$$

$$H = 3,5 \text{ m}$$

$$P_m = 1.80 \text{ ton/m}^3$$

$$P_s = 0,5519358 \text{ Ton/m}^2 \text{ Peso total es de los elementos verticales de la vivienda}$$

Tabla 3. Cálculo de A_o

$A_o=$	A_x/A_t	1,78900112
$A_x=$	79,700	
$A_t=$	44,550	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Cálculo de γ

$\gamma=$	A_y/A_x	1,44567386
$A_x=$	79,700	
A_y	55,130	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Peso por unidad de área de diafragma

vivienda 1		
$P_s=$	p_{total}/A_t	0,5519358
P_{total}	24,589	
$A_t=$	44,6	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Peso total de la vivienda

Peso total de elementos verticales	datos	vivienda	total
Mampostería ton/m ²	0,108	134,83	14,5616
mortero para pega de mampostería Ton/m ³	2,1	3,669	7,704900000
concreto reforzado Ton	2,4	0,37	0,888000
Cubierta en eternit T/m ²	0,01	44,55	0,445500000
cielo falso	0,014	44,55	0,623700000
listones de 5 cmx10x3ml	0,006	30	0,1800000
puertas ton/m ²	0,025	5,6	0,140000000
ventanas ton/m ²	0,045000000	1	0,045000
			24,588740

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Peso promedio de un piso por unidad de superficie cubierta

$q=$	$(A_x+y_x).h/At.P_m+P_s$	24,91336173
A_v	55,130	
h	3,5	
$At=$	44,550	
P_m	1,8	
P_s	0,551935802	
A_x	79,7	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Coeficiente sísmico

										RAIZ
$C=$			0,32424045	$A_o.t_k$	$q.N$	$1,5.A_o.T_k(1+\gamma)$	$1+\gamma$	$qN/1,5.A_o.T_k(1+\gamma)$	$1+qN/1,5.A_o.T_k(1+\gamma)$	1,50510797
$A_o=$	1,78900112			5,36700337	24,91336	19,68890978	2,44567386	1,26534999	2,26534999	
$\gamma=$	1,44567386									
$q=$	24,9133617			$A_o.t_k/q.N$	$1+q.N/1,5.A_o.t_k(1+\gamma)$				total	
N	1			0,2154267	1,505107965			$C=$	0,324240446	
T_k	3									
$\alpha=$	$C/\subseteq$	1,43617802								
$C=$	0,2154267									
$\subseteq$	0,15									

Fuente: Elaboración propia.

El valor $\subseteq$ se tomó de la clasificación que hace la norma de las zonas de amenaza sísmica.
0,15 para el Bagre Antioquia.

Tabla 9. Valor de α que determina el parámetro

$\alpha=$	$C/\subseteq$	1,43617802
$C=$	0,2154267	
$\subseteq$	0,15	

Fuente: Elaboración propia.

Edificio con $\alpha \geq 1$. Este resultado de acuerdo a los parámetros se le dará una clasificación de **A**

Parámetro 4: Influencia del terreno y la cimentación.

En la observación las viviendas están en terrenos con pendientes que cumplen con este parámetro.

Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente Inferior o igual al 10%. Por eso se clasifica con **A**.

Parámetro 5: Losas o diafragma horizontales.

Se observó que la vivienda no tiene diafragmas de rigidez horizontal en los muros de carga, no poseen vigas de amarre por eso se calificó con esta opción:

Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones

1. Ausencia de planos a desnivel.
2. La deformación del diafragma es despreciable.
3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.

C) Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las condiciones 1 y 2 y/o edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

Por eso se clasifica con la opción **C**.

Parámetro 6: Configuración en planta.

De acuerdo a los cálculos realizados en Excel

Tabla 10. Cálculo de B1 y B2

B1= a/L	0,405	B2=b/L	0,375
a=	4,05	b	2,25
L=	10	L	6

Fuente: Elaboración propia.

Edificio con $0.60 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$ y/o edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

Por lo cual se clasifica como **C**

Parámetro 7: Configuración en elevación.

En la observación la vivienda solo cuenta con una sola planta, no se ven porches, ni torretas, si $0.75 < T/H$ la clasificación es la opción **A**

Parámetro 8: Conexión de elementos críticos

De acuerdo a los cálculos obtenidos por Excel

Tabla 11. Cálculo de L/S

L/S	27
L	4,05
S	0,15

Fuente: Elaboración propia.

C). Edificio con $18 \leq L/S$ y/o edificio con $L/S \geq 25$

Por lo se clasifica como **C**

Parámetro 9: Elementos de baja ductilidad o Tipo de cubierta.

Edificio que no cumple ninguna de las características presentadas en la clase A

A. El edificio presenta las siguientes características:

1. Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas como tornillos o alambres, que garanticen un comportamiento de diafragma rígido.

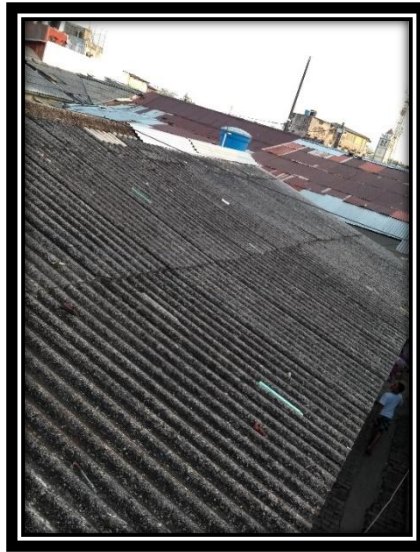
2. Provisto de arriostramiento en las vigas y distancia entre vigas no muy grande.

3. Cubierta plana debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta de losa

C. Edificio que no cumple dos de las características presentadas en la clase A y/o edificio que no cumple ninguna de las características presentadas en la clase A.

Esto la clasifica con la opción **C**.

Imagen 60. Cubierta



Fuente: Propia.

Parámetro 10: Elementos no estructurales.

C. Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared y/o edificio que presenta 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.

Esto lo clasifica con la opción **C.**

Parámetro 11: Estado de la conservación.

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.

Esto lo clasifica con la opción **C.**

Imagen 61. Estado de conservación



Fuente: Propia.

Tabla 12. Cálculo de los parámetros de vivienda 1

VIVIENDA 1 CALLE 52A-49A-109					
Parametros	Clase Ki			Peso Wi	Subtotal
	A	B	C		
1.Organizacion del sistema resisitente		6		1	6
2.Calidad del sistema		6		0,5	3
3. Calculo de la resistencia convencional	0			1	0
4. Influencia del terreno y la cimentacion	0			0,5	0
5.Losas o diafragmas horizontales			6	1	6
6.Configuracion en planta			6	0,5	3
7.Configuracion en elevacion	0			1	0
8.Conexion de elementos criticos			6	0,75	4,5
9. Elementos de baja ductilidad (cubierta)			6	1	6
10. Elementos no estructurales	0			0,25	0
11. Estado de conservacion			20	1	20
Total					48,5

Fuente: Elaboración propia.

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: IV = **48,5**

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se divide entre 0,9 y se obtiene:

$$IV=48,5/0,9=54\%$$

Tabla 13. Resultado final

IV	48,5
53,8888889	0,9

Fuente: Elaboración propia.

Como el valor es igual al 54%, entonces esta estructura presenta un índice de vulnerabilidad

media. De acuerdo • $30\% \geq \text{vulnerabilidad} < 60\%$: **media.**

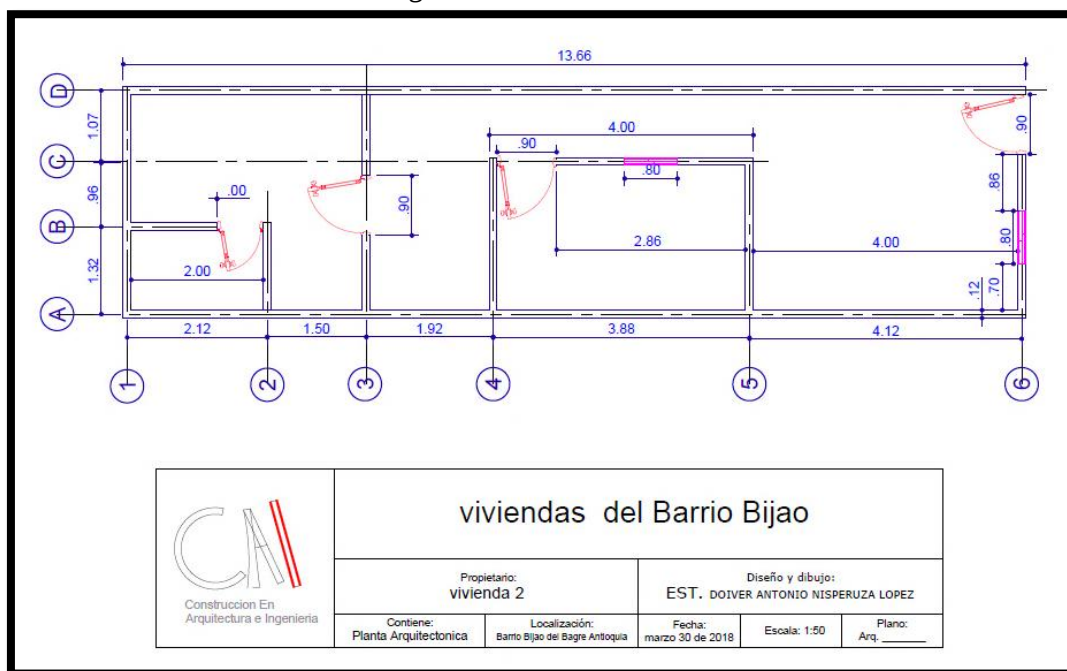
6.2. Casa 2. Del Barrio Bijao Carrera 51ª -48ª #36

Imagen 62. Vivienda 2



Fuente: Propia.

Imagen 63. Plano de vivienda 2



Fuente: Elaboración propia.

Parámetro 1: Organización del sistema resistente.

. Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.

2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.

3. Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 a 1.5 cm.

B. El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.

Por lo cual se clasifica la siguiente opción **B.**

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente.

1. Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.

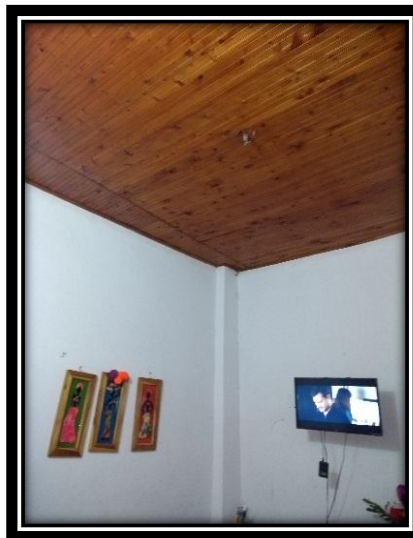
2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.

3. Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 a 1.5 cm.

B. El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.

De acuerdo al parámetro esto lo clasifica con la opción **B.**

Imagen 64. Estado de muros



Fuente: Propia.

Parámetro 3: Calculo de la Resistencia convencional.

Ecuación 24. Resistencia convencional

$$C = \frac{a_0 \tau_x}{q N} \sqrt{1 + \frac{q N}{1.5 a_0 \tau_x (1 + \gamma)}}$$

N = 1

At = 55,650 m²

Tk = 3 Ton/m²

AX= 130,080 m² (área resistente en muros en el eje x)

YY=59,590 m² (área resistente en muros en el eje y)

H = 4 m

Pm = 1.80 ton/m³

Ps =0,961065422 Ton/m² Peso total es de los elementos verticales de la vivienda

Tabla 14. Cálculo de Ao

Ao=	AX/At	2,33746631
AX=	130,080	
At=	55,650	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Cálculo de γ

γ=	AY/AX	2,182916597
AX=	130,080	
AY	59,590	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Peso por unidad de área de diafragma

Ps=	ptotal/At	0,96106542
Ptotal	50,120	
Area viv=	52,15	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Peso total de la vivienda

Peso total de elementos verticales	datos	vivienda	total
Mamposteria ton/m2	0,108	186,44	20,1355
mortero para pega de mamposteria Ton/m3	2,1	10,06	21,126000000
concreto reforzado Ton	2,4	3,052	7,324800
Cubierta en zinc T/m2	0,001725	59,15	0,102033750
cielo falso	0,014	55,7	0,779800000
Enchape	0,013934	12	0,167208000
listones de 5 cmx10x3ml	0,006	28	0,1680000
puertas ton/m2	0,025	6,6	0,165000000
ventanas ton/m2	0,045000000	3,36	0,151200
			50,119562

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Peso promedio de un piso por unidad de superficie cubierta

Ps=	ptotal/At	0,96106542
Ptotal	50,120	
Area viv=	52,15	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Coeficiente sísmico

										RAIZ
C=		0,14685067	Ao.tk	q.N	1,5.Ao.Tk(1+y)	1+y	qN/1,5.Ao.Tk(1+y)	1+qN/1,5.Ao.Tk(1+y)		1,94138516
Ao=	2,33746631		7,01239892	92,70483	33,47982137	3,18291660	2,76897636	3,76897636		
γ=	2,1829166									
q=	92,7048338		Ao.tk/q.N	1+q.N/1,5.Ao.tk(1+y)				total		
N	1		0,07564221	1,941385164			C=	0,146850673		
Tk	3									
				1,5 Ao.Tk	1+γ		1			
α=	C/⊆	0,50428143		7,012399	3,182916597					
C=	0,07564221			Ao.Tk.1+y	1,5.Ao.Tk.1+y					
⊆	0,15			22,31988	33,47982137					

Fuente: Elaboración propia.

⊆. Este valor se tomó de la zona sísmica donde está ubicada la vivienda en la norma en este caso 0,15

Tabla 20. Valor de α que determina el parámetro

$\alpha =$	C/	0,50428143
C=	0,07564221	
	0,15	

Fuente: Elaboración propia.

Edificio con $0.4 \leq \alpha < 0.60$ y/o edificio con $\alpha < 0.4$.

1. Este resultado de acuerdo a los parámetros se le dará una clasificación de **C**

Parámetro 4: Influencia del terreno y la cimentación.

En la observación las viviendas están en terrenos con pendientes que cumplen con este parámetro. Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente

Inferior o igual al 10%. Por eso se clasifica con **A**.

Parámetro 5: Losas o diafragmas horizontales.

1. Ausencia de planos a desnivel.
2. La deformación del diafragma es despreciable.
3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.

C) Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las condiciones 1 y 2 y/o edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

Por lo cual se clasifica con la opción **C**.

Parámetro 6: Configuración en planta.

De acuerdo a los cálculos realizados en Excel

Tabla 21. Cálculo de B1

B1= a/L	0,2348993
a=	3,5
L=	14,9

Fuente: Elaboración propia.

C. Edificio con $0.60 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$ y/o edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

Por lo cual se clasifica la opción **C**

Parámetro 7: Configuración en elevación.

En la observación la vivienda solo cuenta con una sola planta, no se ven porches, ni torretas, si $0.75 < T/H$ la clasificación es la opción **A**

Parámetro 8: Conexión de elementos críticos.

De acuerdo a los cálculos obtenidos por Excel

Tabla 22. Cálculo de L/S

L/S	35
L	3,5
S	0,1

Fuente: Elaboración propia.

C) Edificio con $18 \leq L/S$ y/o edificio con $L/S \geq 25$

Por lo cual se clasifica como **C**

Parámetro 9: Elementos de baja ductilidad o Tipo de cubierta.

1. Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas como tornillos o alambres, que garanticen un comportamiento de diafragma rígido.

2. Provisto de arriostramiento en las vigas y distancia entre vigas no muy grande.

3. Cubierta plana debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta de losa aligerada.

B. Edificio que no cumple una de las características presentadas en la clase A.

Esto la clasifica con la opción **B**

Imagen 65. Estado de cubierta



Fuente: Propia.

Parámetro 10: Elementos no estructurales.

C. Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared y/o edificio que presenta 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.

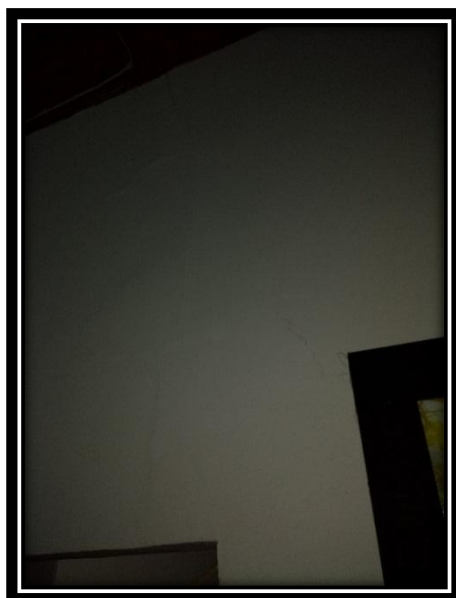
Por lo cual se clasifica como **C**

Parámetro 11: Estado de la conservación.

B) Muros que presentan lesiones capilares no extendidas, con excepción de los casos en los cuales dichas lesiones han sido producidas por terremotos.

Por lo cual se clasifica con la opción **B.**

Imagen 66. Estado de conservación



Fuente: Propia.

Tabla 23. Cálculo de los parámetros de la casa 2

VIVIENDA 2							
Parametros				Clase Ki		Peso Wi	Subtotal
				A	B		
1.Organizacion del sistema resisitente		6			1	6	
2.Calidad del sistema		6			0,5	3	
3. Calculo de la Resistencia convencional			22		1	22	
4. Influencia del terreno y la cimentacion	0				0,5	0	
5.Losas o Diafragmas horizontales			6		1	6	
6.Configuracion en planta			6		0,5	3	
7.Configuracion en elevacion	0				1	0	
8.Conexiones de elementos criticos			6		0,75	4,5	
9.Elementos de baja ductilidad (cubierta)		3			1	3	
10. Elementos no estructurales			10		0,25	2,5	
11. Estado de conservacion		10			1	10	
Total							60
IV	60						
66,6666667	0,9						

Fuente: Elaboración propia.

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 90: $IV = 60$

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se divide entre 0,9 y se obtiene:

$$IV = 60 / 0,9 = 66$$

Tabla 24. Resultado final

IV	60
66,6666667	0,9

Fuente: Elaboración propia.

Como el valor es • **Vulnerabilidad $\geq 60\%$: alta.** la vulnerabilidad es **ALTA.**

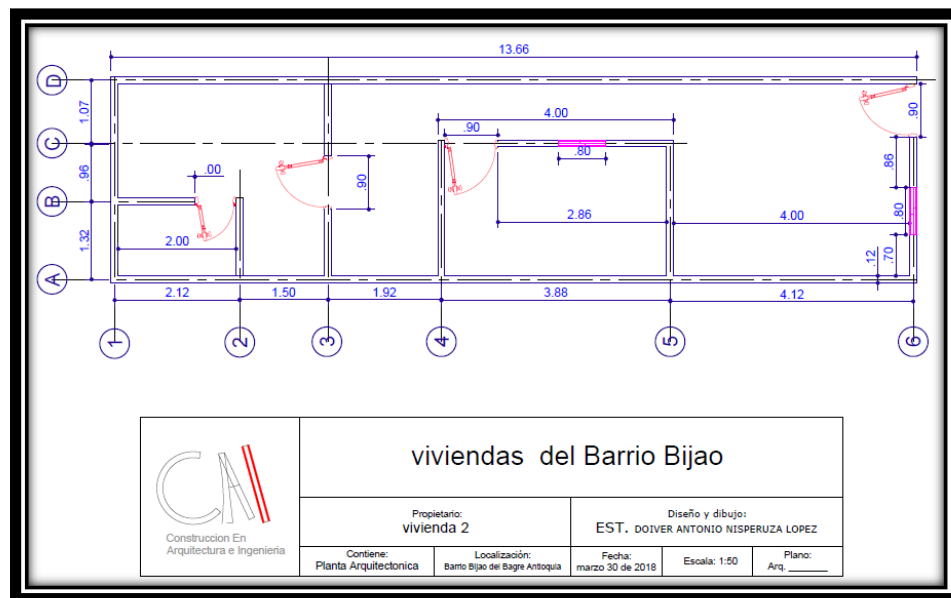
6.3. Casa 3. Del Barrio Bijao Carrera 48ª calle 50 #17

Imagen 67. Vivienda 3



Fuente: Propia.

Imagen 68. Plano de vivienda 3



Fuente: Elaboración propia.

Parámetro 1: Organización del sistema resistente.

C) Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas y/o edificio con paredes ortogonales no ligadas

Esto lo clasifica en la opción **C.**

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente.

A. El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:

1. Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.

2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.

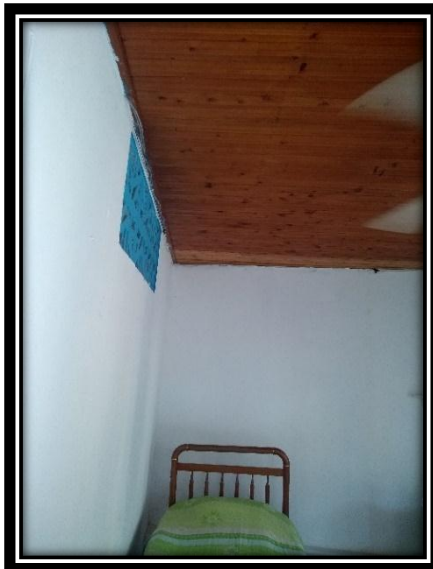
3. Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 a 1.5 cm.

C. El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A y/o

sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A.

Esto lo clasifica con la opción **C.**

Imagen 69. estado de muros



Fuente: Propia.

Parámetro 3: Calculo de la Resistencia convencional.

Ecuación 25. Resistencia convencional

$$C = \frac{\alpha_0 \tau_x}{q N} \sqrt{1 + \frac{q N}{1.5 \alpha_0 \tau_x (1 + \gamma)}}$$

$$N = 1$$

$$A_t = 36,360 \text{ m}^2$$

$$T_k = 3 \text{ Ton/m}^2$$

$A_X = 73,030 \text{ m}^2$ (área resistente en muros en el eje x)

$Y_Y = 71,820 \text{ m}^2$ (área resistente en muros en el eje y)

$H = 3,3 \text{ m}$

$P_m = 1.80 \text{ ton/m}^3$

$P_s = 0,81814368 \text{ Ton/m}^2$ Peso total es de los elementos verticales de la vivienda

Tabla 25. Cálculo de A_o

$A_o =$	A_X / A_t	2,00852585
$A_X =$	73,030	
$A_t =$	36,360	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Cálculo de γ

$\gamma =$	A_Y / A_X	1,016847675
$A_X =$	73,030	
$A_Y =$	71,820	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Peso por unidad de área de diafragma

$P_s =$	p_{total} / A_t	0,81814368
P_{total}	26,802	
AR:vivienda	32,8	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28 . Peso total de la vivienda

Peso total de elementos verticales	datos	vivienda	total
Mamposteria ton/m2	0,108	144,85	15,6438
mortero para pega de mamposteria Ton/m3	2,1	4,9249	10,342290000
concreto reforzado Ton	0	0,37	0,000000
Cubierta en zinc T/m2	0,001725	31,968	0,055144800
cielo falso	0,014	31,968	0,447552000
listones de 5 cmx10x3ml	0,006	24	0,1440000
puertas ton/m2	0,025	3,4	0,085000000
ventanas ton/m2	0,045000000	1,88	0,084600
			26,802387

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Peso promedio de un piso por unidad de superficie cubierta

q=	$(Ax+yx).h/At.Pm+Ps$	34,41930054
Ay	71,820	
h	3,3	
At=	36,360	
Pm	1,8	
Ps	0,818143675	
Ax	73,03	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Coeficiente sísmico

										RAIZ
C=			0,17990653	Ao.tk	q.N	1,5.Ao.Tk(1+γ)	1+γ	qN/1,5.Ao.Tk(1+γ)	1+qN/1,5.Ao.Tk(1+γ)	2,27658996
Ao=	2,00852585			6,02557756	76,24942	18,22900813	2,01684767	4,18286184	5,18286184	
γ=	1,01684767									
q=	76,2494224			Ao.tk/q.N	1+q.N/1,5.Ao.tk(1+γ)				total	
N	1			0,07902457		2,276589958		C=		0,179906535
Tk	3									
					1,5 Ao.Tk	1+γ			1	
α=	C/⊆	0,52683044			6,025578	2,016847675				
C=	0,07902457				Ao.Tk.1+γ	1,5.Ao.Tk.1+γ				
⊆	0,15				12,15267	18,22900813				

Fuente: Elaboración propia.

⊆. Este valor se tomó de la zona sísmica donde está ubicada la vivienda en la norma en este caso 0,15

Tabla 31. Valor de α que determina el parámetro

α=	C/⊆	0,52683044
C=	0,07902457	
⊆	0,15	

Fuente: Elaboración propia.

Edificio con $0.4 \leq \alpha < 0.60$ y/o edificio con $\alpha < 0.4$. Este resultado de acuerdo a los parámetros se le dará una clasificación de **C**

Parámetro 4: Influencia del terreno y la cimentación.

En la observación las viviendas están en terrenos con pendientes que cumplen con este parámetro. Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente

Inferior o igual al 10%. Por eso se clasifica con **A**

Parámetro 5: Losas o diafragma horizontales.

A) Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza, que satisfacen las condiciones:

1. Ausencia de planos a desnivel.
2. La deformación del diafragma es despreciable.

3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.

C) Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las condiciones 1 y 2 y/o edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

Esto lo clasifica con la opción **C**

Parámetro 6: Configuración en planta.

De acuerdo a los cálculos realizados en Excel

Tabla 32. Cálculo de B1

B1= a/L	0,36082474
a=	3,5
L=	9,7

Fuente: Elaboración propia.

C. Edificio con $0.60 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$ y/o edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

Por lo cual se clasifica en **C**

Parámetro 7: Configuración en elevación.

En la observación la vivienda solo cuenta con una sola planta, no se ven porches, ni torretas, si $0.75 < T/H$ la clasificación es la opción **A**

Parámetro 8: Conexión elementos críticos.

De acuerdo a los cálculos obtenidos por Excel

Tabla 33. Cálculo de L/S

L/S	36
L	3,6
S	0,1

Fuente: Elaboración propia.

C) Edificio con $18 \leq L/S$ y/o edificio con $L/S \geq 25$ Edificio con $L/S > 25$.

Se clasifica con la opción **C**

Parámetro 9: Elementos de baja ductilidad o Tipo de cubierta.

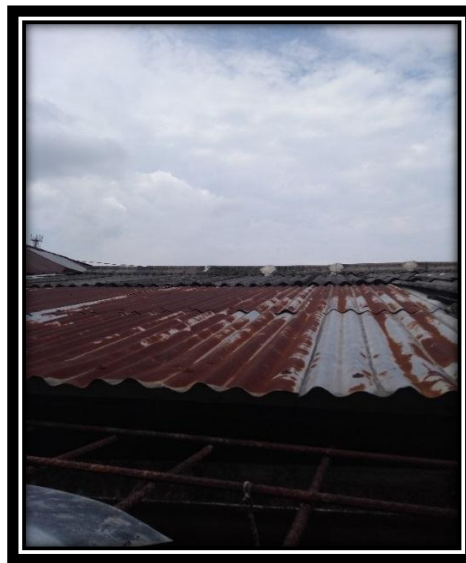
A. El edificio presenta las siguientes características:

1. Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas como tornillos o alambres, que garanticen un comportamiento de diafragma rígido.
2. Provisto de arriostramiento en las vigas y distancia entre vigas no muy grande.
3. Cubierta plana debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta de losa aligerada.

C. Edificio que no cumple dos de las características presentadas en la clase A y/o edificio que no cumple ninguna de las características presentadas en la clase A.

Esto lo clasifica con la opción **C.**

Imagen 70. Estado de cubierta



Fuente: Propia.

Parámetro 10: Elementos no estructurales.

A. Edificio sin parapetos y sin cornisas.

Esto lo clasifica en la opción **A.**

Parámetro 11: Estado de la conservación.

C. Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared y/o edificio que presenta 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

Esto lo clasifica en la opción **C.**

Imagen 71. Estado de conservación



Fuente: Propia.

Imagen 72. Cálculo de la vivienda 3

VIVIENDA 3					
Parametros			Clase Ki		
			A	B	C
			Peso Wi		
			Subtotal		
1.Organizacion del sistema resisistente					12
2.Calidad del sistema					12
3. Calculo de la Resistencia convencional					22
4. Influencia del terreno y la cimentacion			0		
5.losas o Diafragmas horizontales					6
6.Configuracion en planta					6
7.Configuracion en elevacion			0		
8.Conexxion de elementos criticos					6
9.Elementos de baja ductilidad (cubierta)					6
10. Elementos no estructurales			0		
11. Estado de conservacion					20
Total					
IV			79,5		
88,3333333			0,9		

Fuente: Elaboración propia.

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 90: IV = 79,5

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se divide entre 0,9 y se obtiene:

$$IV=79,5/0,9=83,333$$

Tabla 34. Resultado final

IV	79,5
88,3333333	0,9

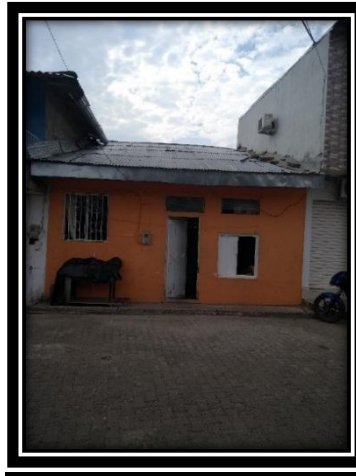
Fuente: Elaboración propia.

Como el valor es mayor al 60%, entonces esta estructura presenta un índice de vulnerabilidad

ALTA

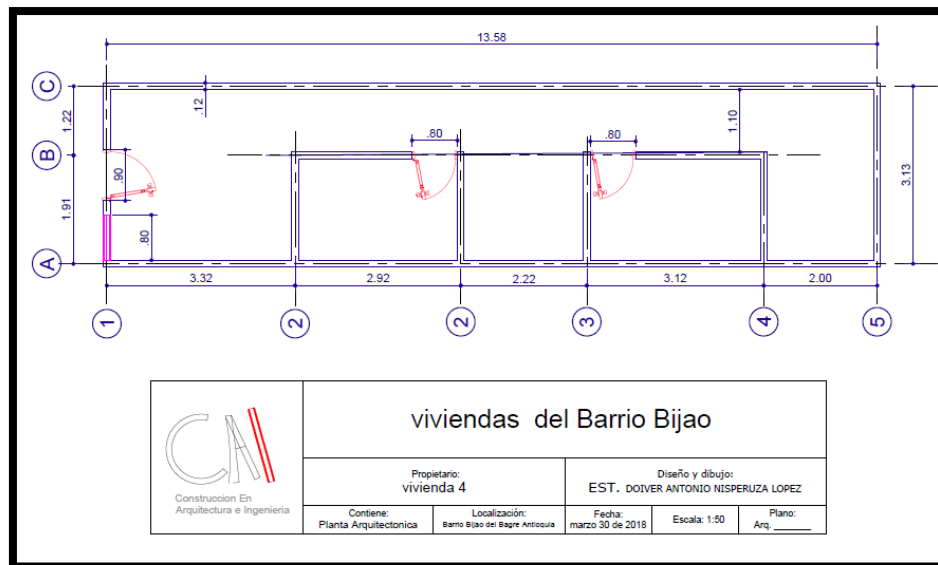
6.4. Casa 4. Del Barrio Bijao Carrera 49-calle 54#8

Imagen 73. Vivienda 4



Fuente: Propia.

Imagen 74. Plano de vivienda 4



Fuente: Elaboración propia.

Parámetro 1: Organización del sistema resistente.

C) Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas y/o edificio con paredes ortogonales no ligadas

Esto lo clasifica en la opción **C.**

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente.

1. Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.
 2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.
 3. Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 a 1.5 cm.
- C. El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A y/o sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A.
- Esto lo clasifica en la opción **C.**

Imagen 75. Estado de cubierta



Fuente: Propia.

Parámetro 3: Calculo de la resistencia convencional.

Ecuación 26. Resistencia convencional

$$C = \frac{a_0 \tau_x}{q N} \sqrt{1 + \frac{q N}{1.5 a_0 \tau_x (1 + \gamma)}}$$

$$N = 1$$

$$A_t = 42,390 \text{ m}^2$$

$$T_k = 3 \text{ Ton/m}^2$$

$$A_X = 69,700 \text{ m}^2 \text{ (área resistente en muros en el eje x)}$$

$YY = 65,880 \text{ m}^2$ (área resistente en muros en el eje y)

$H = 3,5\text{m}$

$P_m = 1.80 \text{ ton/m}^3$

$P_s = 0,85194392 \text{ Ton/m}^2$ Peso total es de los elementos verticales de la vivienda

Tabla 35. Cálculo de A_o

$A_o =$	A_x / A_t	1,64425572
$A_x =$	69,700	
$A_t =$	42,390	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Cálculo de γ

$\gamma =$	A_y / A_x	1,057984214
$A_x =$	69,700	
$A_y =$	65,880	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Peso por unidad de diafragma

$P_s =$	p_{total} / A_t	0,85194392
P_{total}	30,917	
AR:vivienda	36,3	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Peso total de la vivienda

Peso total de elementos verticales	datos	vivienda	total
Mamposteria ton/m2	0,108	135,580	14,6426
mortero para pega de mamposteria Ton/m3	2,1	7,32132	15,374772000
concreto reforzado Ton	0	0,37	0,000000
Cubierta en zinc T/m2	0,001725	36,39	0,062772750
cielo falso	0,014	36,39	0,509460000
listones de 5 cmx10x3ml	0,006	26	0,1560000
puertas ton/m2	0,025	1,6	0,040000000
ventanas ton/m2	0,045000000	2,92	0,131400
			30,917045

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Peso promedio de un piso por unidad de superficie cubierta

q=	$(A_x + y_x) \cdot h / A_t \cdot P_m + P_s$	29,68688245
A _y	65,880	
h	3,3	
A _t =	42,390	
P _m	1,8	
P _s	0,851943917	
A _x	69,7	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40. Coeficiente sísmico

										RAIZ
C=			0,17644937	Ao.tk	q.N	1,5.Ao.Tk(1+γ)	1+γ	qN/1,5.Ao.Tk(1+γ)	1+qN/1,5.Ao.Tk(1+γ)	1,64901551
Ao=	2,26771324			6,80313972	63,57905	36,98064165	3,62387987	1,71925215	2,71925215	
γ=	2,62387987									
q=	63,5790476			Ao.tk/q.N	1+q.N/1,5.Ao.tk(1+γ)				total	
N	1			0,10700286	1,649015509			C=	0,17644937	
Tk	3									
				1,5.Ao.Tk	1+γ		1			
α=	C/⊆	0,71335238			6,80314	3,623879874				
C=	0,10700286				Ao.Tk.1+γ	1,5.Ao.Tk.1+γ				
⊆	0,15				24,65376	36,98064165				

Fuente: Elaboración propia.

ζ . Este valor se tomó de la zona sísmica donde está ubicada la vivienda en la norma en este caso 0,15

Tabla 41. Valor de α que determina el parámetro

$\alpha =$	C/ζ	0,71335238
$C =$	0,10700286	
ζ	0,15	

Fuente: Elaboración propia.

B) Edificio con $0.6 \leq \alpha < 1$. Este resultado de acuerdo a los parámetros se le dará una clasificación de **B**

Parámetro 4: Influencia del terreno y la cimentación.

En la observación las viviendas están en terrenos con pendientes que cumplen con este parámetro. Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente

Inferior o igual al 10%. Por eso se clasifica con **A**

Parámetro 5: Losas o Diafragma horizontales.

1. Ausencia de planos a desnivel.
2. La deformación del diafragma es despreciable.
3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.

C) Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las condiciones 1 y 2 y/o edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

Esto lo clasifica en la opción **C.**

Parámetro 6: Configuración en planta.

De acuerdo a los cálculos realizados en Excel

Tabla 42.Cálculo de B1

B1= a/L	0,8852459
a=	5,4
L=	6,1

Fuente: Elaboración propia.

A) Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$.

Por los resultados se le dará una clasificación de **A**

Parámetro 7: Configuración en elevación.

En la observación la vivienda solo cuenta con una sola planta, no se ven porches, ni torretas, si $0.75 < T/H$ la clasificación es la opción **A**

Parámetro 8: Conexiones elementos críticos.

De acuerdo a los cálculos obtenidos por Excel

Tabla 43.Cálculo de L/S

L/S	36
L	5,4
S	0,15

Fuente: Elaboración propia.

C) Edificio con $18 \leq L/S$ y/o edificio con $L/S \geq 25$

Se clasifica con opción **C**

Parámetro 9: Elementos de baja ductilidad o Tipo de cubierta.

A. El edificio presenta las siguientes características:

1. Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas como tornillos o alambres, que garanticen un comportamiento de diafragma rígido.
2. Provisto de arriostramiento en las vigas y distancia entre vigas no muy grande.

3. Cubierta plana debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta de losa aligerada.

C. Edificio que no cumple dos de las características presentadas en la clase A y/o edificio que no cumple ninguna de las características presentadas en la clase A.

Esto lo clasifica en la opción **C.**

Parámetro 10: Elementos no estructurales.

C. Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared y/o edificio que presenta 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.

Por lo cual se clasifica como **C.**

Parámetro 11: Estado de la conservación.

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 y/o muros que presentan, un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o, lesiones muy graves de más de 3 milímetros de ancho.

Esto lo clasifica en la opción **C.**

Imagen 76. Estado de conservación



Fuente: Propia.

Tabla 44.Cálculo de la vivienda 4

VIVIENDA 4					
Parametros	Clase Ki			Peso Wi	Subtotal
	A	B	C		
1.Organizacion del sistema resisitente			12	1	12
2.Calidad del sistema			12	0,5	6
3. Resistencia convencional		11		1	11
4. Influencia del terreno y la cimentacion	0			0,5	0
5.Losas o diafragmas horizontales			6	1	6
6.Configuracion en planta	0			0,5	0
7.Configuracion en elevacion	0			1	0
8.Conexion elementos criticos			6	0,75	4,5
9.Elementos con baja ductilidad (cubierta)			6	1	6
10. Elementos no estructurales			10	0,25	2,5
11. Estado de conservacion			20	1	20
Total					68
IV	68				
75,5555556	0,9				

Fuente: Elaboración propia.

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 90: IV = **68**

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se divide entre 0,9 y se obtiene:

$$IV=68/0,9=75\%$$

Tabla 45. Resultado final

IV	68
75,5555556	0,9

Fuente: Elaboración propia.

Como el valor es mayor al 60%, entonces esta estructura presenta un índice de vulnerabilidad

ALTA

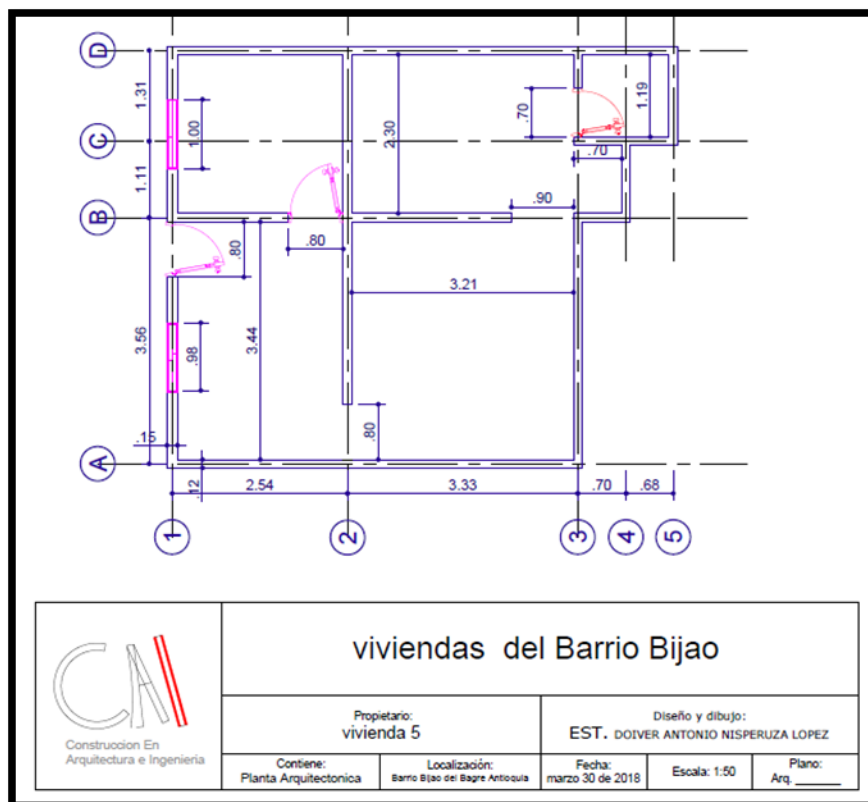
6.5. Casa 5. Barrio Bijao Carrera 49-calle 53#37

Imagen 77. Vivienda 5



Fuente: Propia.

Imagen 78. Plano de la vivienda 5



Fuente: Elaboración propia.

Parámetro 1: Organización del sistema resistente.

C) Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas y/o edificio con paredes ortogonales no ligadas

Esto lo clasifica en la opción **C.**

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente.

1. Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.

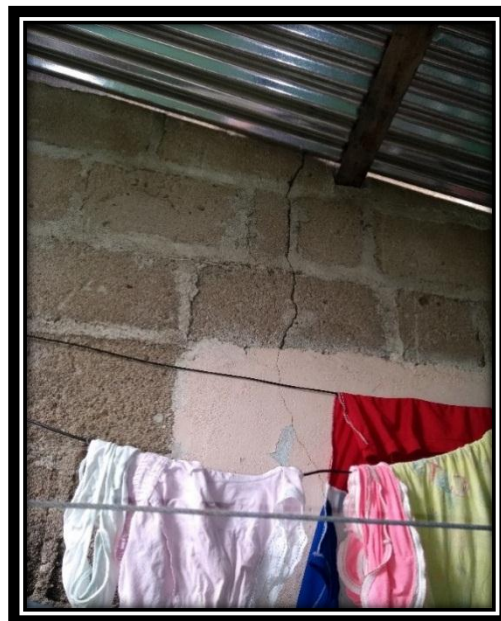
2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.

3. Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 a 1.5 cm.

C. El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A y/o sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A.

De acuerdo a este parámetro se clasificará con **C.**

Imagen 79. Estado de muros



Fuente: Propia.

Parámetro 3: Calculo de la Resistencia convencional.

Ecuación 27. Resistencia convencional

$$C = \frac{a_0 \tau_x}{q N} \sqrt{1 + \frac{q N}{1.5 a_0 \tau_x (1 + \gamma)}}$$

$$N = 1$$

$$A_t = 47,775 \text{ m}^2$$

$$T_k = 3 \text{ Ton/m}^2$$

$$A_X = 108,34 \text{ m}^2 \text{ (área resistente en muros en el eje x)}$$

$$A_Y = 41,29 \text{ m}^2 \text{ (área resistente en muros en el eje y)}$$

$$H = 3,2 \text{ m}$$

$$P_m = 1.80 \text{ ton/m}^3$$

$$P_s = 0,74471425 \text{ Ton/m}^2 \text{ Peso total es de los elementos verticales de la vivienda}$$

Tabla 46. Cálculo de A_0

$A_0 =$	A_X/A_t	2,26771324
$A_X =$	108,340	
$A_t =$	47,775	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Cálculo de γ

$\gamma =$	A_Y/A_X	2,623879874
$A_X =$	108,340	
$A_Y =$	41,290	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48. Peso por unidad de diafragma

Ps=	p_{total}/A_t	0,7447142
Ptotal	33,158	
AR:vivienda	44,5	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49. Peso total de la vivienda

Peso total de elementos verticales	datos	vivienda	total
Mamposteria ton/m2	0,108	149,630	16,1600
mortero para pega de mamposteria Ton/m3	2,1	7,591	15,941100000
concreto reforzado Ton	2,4	0	0,000000
Cubierta en zinc T/m2	0,001725	47,775	0,082411875
cielo falso	0,014	47,775	0,668850000
listones de 5 cmx10x3ml	0,006	30	0,1800000
puertas ton/m2	0,025	3,6	0,090000000
ventanas ton/m2	0,045000000	0,8	0,036000
			33,158402

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50. Peso promedio de un piso por unidad de superficie cubierta

q=	$(A_x + y_x) \cdot h / A_t \cdot P_m + P_s$	27,89491523
A _y	41,290	
h	3,2	
A _t =	47,775	
P _m	1,8	
P _s	0,744714248	
A _x	108,34	

Fuente: Elaboración propia.

2. La deformación del diafragma es despreciable.

3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.

C) Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las condiciones 1 y 2 y/o edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

Por lo cual se clasifica **C**

Parámetro 6: Configuración en planta.

De acuerdo a los cálculos realizados en Excel

Tabla 53. Cálculo de B1

B1= a/L	0,23722628
a=	3,25
L=	13,7

Fuente: Elaboración propia.

C. Edificio con $0.60 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$ y/o edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

Por lo cual se clasifica en **C**

Parámetro 7: Configuración en elevación.

En la observación la vivienda solo cuenta con una sola planta, no se ven porches, ni torretas, si $0.75 < T/H$ la clasificación es la opción **A**

Parámetro 8: Conexión elementos críticos.

De acuerdo a los cálculos obtenidos por Excel

Tabla 54. Cálculo de L/S

L/S	32,5
L	3,25
S	0,1

Fuente: Elaboración propia.

C) Edificio con $18 \leq L/S$ y/o edificio con $L/S \geq 25$

. Se clasifica con opción **C**

Parámetro 9: Elementos de baja ductilidad.

1. Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas como tornillos o alambres, que garanticen un comportamiento de diafragma rígido.

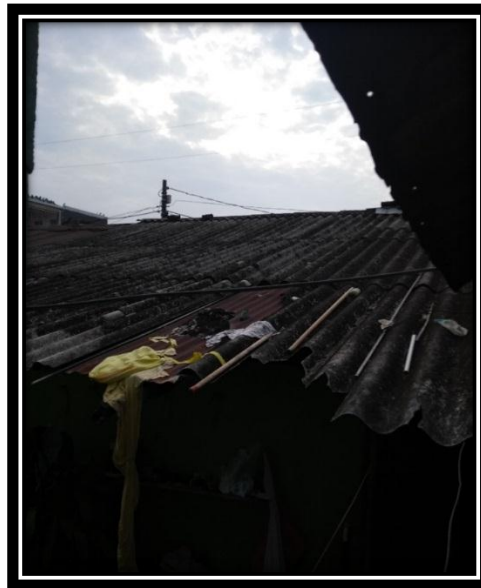
2. Provisto de arriostramiento en las vigas y distancia entre vigas no muy grande.

3. Cubierta plana debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta de losa aligerada.

C. Edificio que no cumple dos de las características presentadas en la clase A y/o edificio que no cumple ninguna de las características presentadas en la clase A.

Esto lo clasifica con la opción **C**

Imagen 80. Estado de cubierta



Fuente: Propia.

Parámetro 10: Elementos no estructurales.

C. Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared y/o edificio que presenta 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.

Esto lo clasifica con la opción **C.**

Parámetro 11: Estado de la conservación.

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 y/o muros que presentan, un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o, lesiones muy graves de más de 3 milímetros de ancho.

Esto lo clasifica en la opción **C.**

Imagen 81. Estado de conservación



Fuente: Propia.

Tabla 55. Cálculo de la vivienda 5

VIVIENDA 5					
Parametros	Clase Ki			Peso Wi	Subtotal
	A	B	C		
1.Organizacion del sistema resisistente			12	1	12
2.Calidad del sistema			12	0,5	6
3. Calculo de la Resistencia convencional		11		1	11
4. Influencia del terreno y la cimentacion	0			0,5	0
5.Losas o diafragmas horizontales			6	1	6
6.Configuracion en planta			6	0,5	3
7.Configuracion en elevacion	0			1	0
8.Conexion elementos criticos			6	0,75	4,5
9. Elementos de baja ductilidad(cubierta)			6	1	6
10. Elementos no estructurales			10	0,25	2,5
11. Estado de conservacion			20	1	20
Total					71
IV	71				
78,8888889	0,9				

Fuente: Elaboración propia.

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 90: $IV = 71$

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se divide entre 0,9 y se obtiene:

$$IV = 71 / 0,9 = 78 \%$$

Tabla 56. Resultado final

IV	71
78,8888889	0,9

Fuente: Elaboración propia.

Como el valor es mayor al 60%, entonces esta estructura presenta un índice de vulnerabilidad.

ALTO

6.6. APLICACIÓN DEL METODO DE LA NORMA NRS 2010

6.6.1. Casa 1. Del Barrio Bijao calle 52ª-49ª#108

Parámetro 1: Organización del sistema resistente.

Muros de mampostería parcialmente reforzada con bloque de perforación vertical (FH-CV), por lo cual se le dará una clasificación **C**.

Imagen 2. Parámetro seleccionado

R	Clasificación C
3,5	Muros de mampostería no reforzada (sin capacidad de disipación de energía)
	Pórticos de madera con diagonales (FH-CV)
3	Muros de mampostería parcialmente reforzada con bloque de perforación vertical (FH-CV)
2,5	Muros de mampostería confinada (FH-CV)

Fuente: Quiroga (2013)

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente.

El hormigón es de baja

Las varillas de acero son visibles

Las juntas de construcción están mal ejecutadas

La mampostería es de mala calidad

La construcción de los elementos estructurales como vigas, columnas, losas es, aparentemente de mala calidad, por lo cual se le dará una clasificación **C**.

Parámetro 3: Resistencia convencional.

Ecuación 28. Resistencia a la cortante proporcionada por el concreto

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b w d$$

Tabla 57. Datos de Vc

datos para Vc		
Fc	24,5	
Ag	4.168,000	mm
N.U	242.933,167	N
λ	0,75	
Bw	1.200	mm
d	1.600	mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58. Datos de Vs

datos para Vs		
	Ct	0,049
	a	0,75
	Ta	0,1
	Aa	0,15
	Av	0,20
	h	3,5
perfil suelo		C
	Fa	1,2
	Fv	1,7
Coeficiente de importancia		I
	M	24.588,740
	TC	0,91
	TL	4.08
	TO	0,19
	Sa	0,05625
	Masa	24.588,740

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59. Datos de NU

N.U	CM+CV	242.933,1670
CM	241.133,167	
CV	1.800,000	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60. Desarrollo de la ecuación

$\left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right)$	1	5,163236342
N.U	242.933	
Ag*14	58.352	0,877750178

$\overline{f'c bwd}$	122500000	
$\sqrt{f'c bwd}$	11067,97181	
$\lambda\sqrt{f'c bwd}$	11067,97181	
$\left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right) \lambda\sqrt{f'c bwd}$		57146,55428
$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right) \lambda\sqrt{f'c bwd}$		9714,914227

$V_s = SagM$		13.555
Sa	0,05625	
g	9,8	
M	24.588,7400	

$\alpha =$	V_c/v_s	0,71672754
V_c	9.715	
V_s	13.555	

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 82. Clasificación del parámetro

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
$\alpha \geq 1,5$	$1 \leq \alpha \leq 1,5$	$\alpha < 1$

Fuente: Quiroga (2013)

De acuerdo con la anterior clasificación se clasificará la vivienda como **C**

Parámetro 4: Posición del edificio de la cimentación.

De acuerdo a la siguiente clasificación

Imagen 83. Clasificación del parámetro 4

Clasificación A
Para tipos de perfiles A, B y C.
Topografía plana del terreno donde se encuentra el edificio o con una pendiente no mayor al 20%
No presenta fisuras en las muros.

Fuente: Quiroga (2013)

Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente Inferior o igual al 20%. Por eso se clasifica con **A**.

Parámetro 5: Losas.

No se observó losas de concreto en la vivienda por lo cual se clasifica el parámetro con **A**

Parámetro 6: Configuración en planta.

Se observó que la vivienda no se asemeja a un cuadrado en su forma, tiene la forma rectangular por eso clasifica como **C**

Imagen 84. Clasificación del parámetro 6

Clasificación C
$\delta < 0,2$
$\delta_2 > 0,4$
$\delta_3 > 0,2$
$\delta_5 < 0,25$
Los retrocesos en las esquinas son mayores al 30%. A >0,30B y C >0,3D
La forma de la planta del edificio se aleja de la forma de un cuadrado, haciéndola irregular
Si presenta una irregularidad de sistemas no paralelos.

Fuente: Quiroga (2013)

Parámetro 7: Configuración en elevación.

La vivienda por de un solo piso no presenta irregularidades en alzado por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 85. Clasificación del parámetro 7

Clasificación A
Edificio de forma regular sin variaciones en el área de la base de cada piso
Si $T/H < 0,2$ o $> 0,9$
Todos los pisos tienen la misma altura

Fuente: Quiroga (2013)

Parámetro 8: conexiones elementos críticos.

En la observación de la vivienda se observó que la vivienda no cuenta con las conexiones requeridas por la NSR 2010 por lo cual reclasifica como **C**.

Imagen 86. Clasificación del parámetro 8

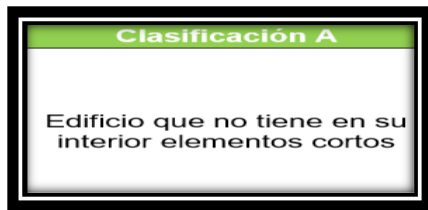
Clasificación C
$b_v \geq b_c$
$\lambda_2 > 0,3$
$\lambda_3 > 0,4$
La dimensión mínima de la columna es menor a 20cm.
$\lambda_4 \geq 1,2$

Fuente: Quiroga (2013)

Parámetro 9: elementos de baja ductilidad.

De acuerdo a las observaciones de la vivienda cumple con las condiciones del parámetro lo cual se clasifica como **A**

Imagen 87. Clasificación del parámetro 9

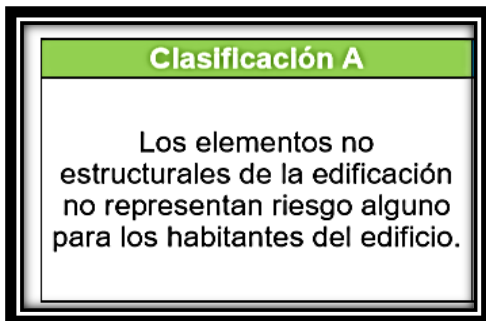


Fuente: (Quiroga 2013)

Parámetro 10: Elementos no estructurales.

No se observó elementos no estructurales en la vivienda por cual se clasifica como **A**

Imagen 88. Clasificación del parámetro 10

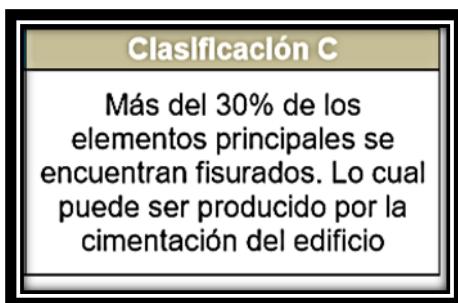


(Quiroga 2013)

Parámetro 11: Estado de la conservación.

La vivienda por tener muchos años de construida se le observa el deterioro, por lo cual se clasifica como **C**.

Imagen 89. Clasificación del parámetro 11



(Quiroga 2013)

Tabla 61. Cálculo de la vivienda 1

VIVIENDA 1 CALLE 52A-49A-109					
Parametros	Clase Ki			Peso Wi	Subtotal
	A	B	C		
1.Organizacion del sistema resisitente			12	0,5	6
2.Calidad del sistema			12	0,5	6
3. Calculo de la Resistencia convencional			16	2	32
4. Influencia del terreno y la cimentacion	0			0,5	0
5.Losas o diafragmas horizontales	0			0,5	0
6.Configuracion en planta			6	0,5	3
7.Configuracion en elevacion	0			1	0
8.Conexion elementos criticos			6	0,75	4,5
9. Elementos de baja ductilidad (cubierta)	0			1	0
10. Elementos no estructurales	0			0,25	0
11. Estado de conservacion			20	1	20
Total					71,5

Fuente: elaboración propia

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 90: IV = 71,5

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se divide entre 0,9 y se obtiene:

$$IV=71,5/0,8975=80\%$$

Tabla 62. Resultado final

IV	71,5
79,6657382	0,8975

Fuente: Elaboración propia.

Como el valor es 79,44% entonces esta estructura presenta un índice de vulnerabilidad.

ALTO.

6.6.2. Casa 2. Del barrio bijao Carrera 51ª -48ª #36

Parámetro 1: Organización del sistema resistente.

En la observación de la vivienda se evidencio pórticos de columnas con vigas por lo cual se clasifica con **B**

Imagen 90. Clasificación del parámetro 1

Clasificación B
Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DES) celdas rellenas (FH-CV)
Pórticos con diagonales de concreto (DMO) (FH-CV)
Paneles de cortante de madera, muros ligeros de madera laminada (FH-CV)
Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO) (FH-CV)
Muros de concreto (DMI) (FH-CV)

(Quiroga 2013)

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente.

En la observación de la vivienda se observó que los elementos estructurales fueron recientemente restaurados por lo cual se le dio una clasificación se **A**

Imagen 91. Clasificación del parámetro 2

Clasificación A
1. El hormigón utilizado parece de consistencia buena, de consistencia dura al rayarlo y con un buen terminado, sin imperfecciones a la vista. Verificar que la resistencia sea mayor a 210 Kg/cm ²
2. No debe existir zonas de "hormiguero" debido a una mala vibración del hormigón.
3. Las barras de acero utilizadas son corrugadas y no están visibles.
4. El mortero utilizado no se hace migas fácilmente, aparentemente es de buena calidad.
5. La información disponible elimina la posibilidad de una mala calidad de ejecución de la obra.

(Quiroga 2013)

Parámetro 3: Resistencia convencional

Tabla 63. Datos de Vc

datos para Vc	
Fc	24,5
Ag	4.168
N.U	493.305
λ	0,75
Bw	1.600
d	2.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64. Datos de Vs

datos para Vs		
	Ct	0,049
	a	0,75
	Ta	0,1
	Aa	0,15
	Av	0,20
	h	3,50
perfil suelo		C
	Fa	1,2
	Fv	1,7
Coeficiente de importancia		I
	M	50.119,562
	TC	0,91
	TL	4.08
	TO	0,19
	Sa	0,05625
	Masa	50.119,562

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65. Datos de NU

N.U	CM+CV	493.305
CM	491.505	
CV	1.800	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66. Desarrollo de la ecuación

$\left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right)$	1	9,453951947
N.U	493.305	
Ag*14	58.352	

$f'c bwd$	78400000	
$\sqrt{f'c bwd}$	8854,377448	
$\lambda \sqrt{f'c bwd}$		
	6640,783086	
$\left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right) \lambda \sqrt{f'c bwd}$		62781,64419
$Vc = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right) \lambda \sqrt{f'c bwd}$		10672,87951

$Vs = SagM$		27.628,409
Sa	0,05625	
g	9,8	
M	50.119,562	

$\alpha =$	Vc/vs	0,386300915
Vc	10.672,880	
Vs	27.628,409	

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 92. Clasificación del parámetro 3

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
$\alpha \geq 1,5$	$1 \leq \alpha \leq 1,5$	$\alpha < 1$

(Quiroga 2013)

De acuerdo a la clasificación del parámetro se clasifica como **C**

Parámetro 4: influencia del terreno y la cimentación.

De acuerdo a la observación de la vivienda se establece que la vivienda cumple con las condiciones del parámetro, por lo cual se clasifica como **A**.

Imagen 93. Clasificación del parámetro 4

Clasificación A
Para tipos de perfiles A, B y C.
Topografía plana del terreno donde se encuentra el edificio o con una pendiente no mayor al 20%
No presenta fisuras en las muros.

(Quiroga 2013)

Parámetro 5: losas.

La vivienda no cuenta con losas de entrepiso y los elementos están bien conectados, por lo cual se clasifica como **A**.

Imagen 94. Clasificación del parámetro 5

Clasificación A
La losa debe ser rígida y con buenas conexiones con los elementos verticales
El área de abertura de la losa sea menor al 30% del área total de la losa
Si el área de la losa es continua se considera como un diafragma rígido

(Quiroga 2013)

Parámetro 6: Configuración en planta.

De acuerdo a las observaciones la vivienda no es cuadrada en su forma por lo cual se clasifica como **C**.

Imagen 95. Clasificación del parámetro 6

Clasificación C
$\delta < 0,2$
$\delta_2 > 0,4$
$\delta_3 > 0,2$
$\delta_5 < 0,25$
Los retrocesos en las esquinas son mayores al 30%. $A > 0,30B$ y $C > 0,3D$
La forma de la planta del edificio se aleja de la forma de un cuadrado, haciéndola irregular
Si presenta una irregularidad de sistemas no paralelos.

(Quiroga 2013)

Parámetro 7: Configuración en elevación.

De acuerdo a las observaciones la vivienda no cuenta con otros pisos y además no tiene elementos como terrazas que influyan en los parámetros, por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 96. Clasificación del parámetro 7

Clasificación A
Edificio de forma regular sin variaciones en el área de la base de cada piso
Si $T/H < 0,2$ o $> 0,9$
Todos los pisos tienen la misma altura

(Quiroga 2013)

Parámetro 8: Conexiones de elementos críticos.

Se observaron elementos como columnas que cumplen con los requisitos del parámetro por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 97. Clasificación del parámetro 8

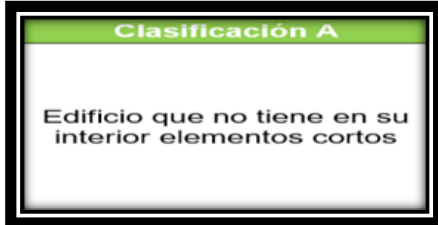
Clasificación A
$b_v \leq 0,75b_c$
$\lambda_2 = 0,2$
$\lambda_3 < 0,3$
La dimensión mínima de una columna debe ser mayor a 25cm.
$\lambda_4 \leq 1,0$

(Quiroga 2013)

Parámetro 9: Elementos con baja ductilidad.

Se observa que la vivienda cumple con el parámetro, por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 98. Clasificación del parámetro 9

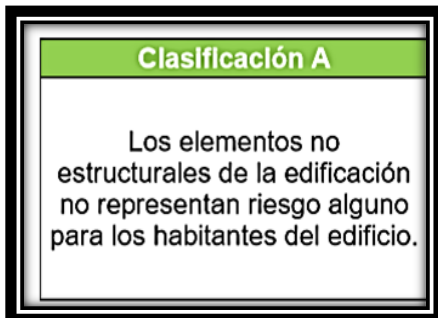


(Quiroga 2013)

Parámetro 10: Elementos no estructurales.

No se observó elementos que coloquen en riesgo las personas en un eventual sismo, por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 99. Clasificación del parámetro 10



(Quiroga 2013)

Parámetro 11: Estado de la conservación.

Se observó que la vivienda tiene buenos elementos, pero en su interior se evidencian fisuras, por lo cual se clasifica como **B**

Imagen 100. Clasificación del parámetro 11

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
Edificio cuyas columnas, vigas losas y elementos de mampostería, no se encuentran fisuradas. No hay rajaduras en paredes que induzcan a pensar en asentamientos del suelo.	Edificio que no se clasifica como A o C	Más del 30% de los elementos principales se encuentran fisurados. Lo cual puede ser producido por la cimentación del edificio

(Quiroga 2013)

Tabla 67. Cálculo de la vivienda 2

VIVIENDA 2					
Parametros	Clase Ki			Peso Wi	Subtotal
	A	B	C		
1.Organizacion del sistema resisitente		6		0,5	3
2.Calidad del sistema	0			0,5	0
3. Calculo de la Resistencia convencional			16	2	32
4. Influencia del terreno y la cimentacion	0			0,5	0
5.Losas o diafragmas horizontales	0			0,5	0
6.Configuracion en planta			6	0,5	3
7.Configuracion en elevacion	0			1	0
8.Conexion elementos criticos	0			0,75	0
9. Elementos de baja ductilidad (cubierta)	0			1	0
10. Elementos no estructurales	0			0,25	0
11. Estado de conservacion		10		1	10
Total					48

Fuente: Elaboración propia.

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 90: IV = 48

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se divide entre 0,9 y se obtiene:

$$IV=48/0,9=53\%$$

Tabla 68. Resultado final

IV	48
53,3333333	0,9

Fuente: Elaboración propia.

Como el valor es 53,333%, entonces esta estructura presenta un índice de vulnerabilidad es

Medio.

6.6.3. Casa 3. Del barrio bijao Carrera 48ª calle 50 #17

Parámetro 1: Organización del sistema resistente.

De acuerdo a la observación de la vivienda no cumple con el parámetro, por lo cual se clasifica como **C**

Imagen 101. Clasificación del parámetro 1

R	Clasificación C
3,5	Muros de mampostería no reforzada (sin capacidad de disipación de energía) Pórticos de madera con diagonales (FH-CV)
3	Muros de mampostería parcialmente reforzada con bloque de perforación vertical (FH-CV)
2,5	Muros de mampostería confinada (FH-CV)

(Quiroga 2013)

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente.

Se observó que la vivienda no cumple con el parámetro ya que vivienda tiene muchos años de construida, por lo cual se clasifica como **C**

Imagen 102. Clasificación del parámetro 2

Clasificación C
1. El hormigón es de baja calidad.
2. Las varillas de acero son visibles, oxidadas o están eventualmente mal distribuidas.
3. Las juntas de construcción están mal ejecutadas.
4. La mampostería es de mala calidad.
5. La construcción de los elementos estructurales como vigas, columnas, losas es aparentemente de mala calidad.

(Quiroga 2013)

Parámetro 3: Resistencia convencional.

Ecuación 29. Resistencia al cortante proporcionada por el concreto

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b w d$$

Tabla 69. Datos de Vc

datos para Vc	
Fc	24,5
Ag	4.238
N.U	264.641,629
λ	0,75
Bw	2.000
d	2.500

Tabla 70. Datos de Vs

datos para Vs		
	Ct	0,049
	a	0,75
	Ta	0,1
	Aa	0,15
	Av	0,20
	h	3,5
perfil suelo		C
	Fa	1,2
	Fv	1,7
Coeficiente de importancia		I
	Masa	26.802,387
	TC	0,91
	TL	4,08
	TO	0,19
	Sa	0,05625

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71. Datos de NU

N.U	CM+CV	264.641,629
CM	262.841,629	
CV	1.800	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72. Desarrollo de la ecuación

$\left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right)$	1	5,460352407
N.U	264.641,629	
Ag*14	59.332	

$\lambda\sqrt{f'c bwd}$		
λ	0,75	
bw	2.000	
d	2.500	
Fc	24,5	
$\sqrt{f'c bwd}$	122500000	
$\lambda\sqrt{f'c bwd}$	11067,97181	
$\lambda\sqrt{f'c bwd}$	8300,978858	
$\left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right)\lambda\sqrt{f'c bwd}$		45326,26989
$Vc = 0,17\left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right)\lambda\sqrt{f'c bwd}$		7705,465881

$Vs = SagM$		14.774,816
Sa	0,05625	
g	9,8	
M	26.802,387	

$\alpha =$	Vc/vs	0,521527034
Vc	7.705,466	
Vs	14.774,816	

Fuente: Elaboración propia

Imagen 103. Clasificación del parámetro 3

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
$\alpha \geq 1,5$	$1 \leq \alpha \leq 1,5$	$\alpha < 1$

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la clasificación del parámetro se clasifica como **C**

Parámetro 4: Posición del edificio de la cimentación.

De acuerdo a la clasificación del parámetro la vivienda se clasifica como **A**

Imagen 104. Clasificación del parámetro 4

Clasificación A
Para tipos de perfiles A, B y C.
Topografía plana del terreno donde se encuentra el edificio o con una pendiente no mayor al 20%
No presenta fisuras en las muros.

(Quiroga 2013)

Parámetro 5: Losas.

La vivienda no tiene losas por lo cual se clasifica como **A**.

Imagen 105. Clasificación del parámetro 5

Clasificación A
La losa debe ser rígida y con buenas conexiones con los elementos verticales
El área de abertura de la losa sea menor al 30% del área total de la losa
Si el área de la losa es continua se considera como un diafragma rígido

(Quiroga 2013)

Parámetro 6: Configuración en planta.

De acuerdo a las observaciones la vivienda presenta forma no cuadrada, por lo cual se clasifica como **C**

Imagen 106. Clasificación de parámetro 6

Clasificación C
$\delta < 0,2$
$\delta 2 > 0,4$
$\delta 3 > 0,2$
$\delta 5 < 0,25$
Los retrocesos en las esquinas son mayores al 30%. $A > 0,30B$ y $C > 0,3D$
La forma de la planta del edificio se aleja de la forma de un cuadrado, haciéndola irregular
Si presenta una irregularidad de sistemas no paralelos.

(Quiroga 2013)

Parámetro 7: Configuración en elevación.

De acuerdo a la observación de la vivienda no presenta pisos superiores, por lo cual se clasifica es **A**

Imagen 107. Clasificación del parámetro 7

Clasificación A
Edificio de forma regular sin variaciones en el área de la base de cada piso
Si $T/H < 0,2$ o $> 0,9$
Todos los pisos tienen la misma altura

(Quiroga 2013)

Parámetro 8: Conexiones de elementos críticos.

De acuerdo a las observaciones los elementos no están conectados de forma correcta, por lo cual se clasifica como **C**

Imagen 108. Clasificación del parámetro 8

Clasificación C
$b_v \geq b_c$
$\lambda_2 > 0,3$
$\lambda_3 > 0,4$
La dimensión mínima de la columna es menor a 20cm.
$\lambda_4 \geq 1,2$

(Quiroga 2013)

Parámetro 9: Elementos con baja ductilidad.

En las observaciones la vivienda no tiene elementos que afecte la integridad sísmica, por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 109. Clasificación del parámetro 9

Clasificación A
Edificio que no tiene en su interior elementos cortos

(Quiroga 2013)

Parámetro 10: Elementos no estructurales.

La vivienda no cuenta con elementos no estructurales, por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 110. Clasificación del parámetro 10

Clasificación A
Los elementos no estructurales de la edificación no representan riesgo alguno para los habitantes del edificio.

(Quiroga 2013)

A. Edificio sin parapetos y sin cornisas. Esto lo clasifica en la opción **A.**

Parámetro 11: Estado de la conservación.

Se observó que la vivienda tiene muchos años de construcción, por lo cual se clasifica como **C**

Imagen 111. Clasificación del parámetro 11

Clasificación C
Más del 30% de los elementos principales se encuentran fisurados. Lo cual puede ser producido por la cimentación del edificio

Tabla 73. Cálculo de la vivienda 3

VIVIENDA 3					
Parametros	Clase Ki			Peso Wi	Subtotal
	A	B	C		
1.Organizacion del sistema resisitente			12	0,5	6
2.Calidad del sistema			12	0,5	6
3. Calculo de la Resistencia convencional			16	2	32
4. Influencia del terreno y la cimentacion	0			0,5	0
5.Losas o diafragmas horizontales	0			0,5	0
6.Configuracion en planta			6	0,5	3
7.Configuracion en elevacion	0			1	0
8.Conexion elementos criticos			6	0,75	4,5
9. Elementos de baja ductilidad (cubierta)	0			1	0
10. Elementos no estructurales	0			0,25	0
11. Estado de conservacion			20	1	20
Total					71,5

Fuente: Elaboración propia.

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 90: IV = 71,5

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se divide entre 0,9 y se obtiene:

$$IV=48/0,8975=80\%$$

Tabla 74. Resultado de final

IV	71,5
79,6657382	0,8975

Fuente: Elaboración propia.

Como el valor es 79,665%, entonces esta estructura presenta un índice de vulnerabilidad es **Alta**

6.6.4. Casa 4. Del barrio Bijao Carrera 49-calle 54#8

Parámetro 1: Organización del sistema resistente.

De acuerdo a las observaciones la vivienda se clasifica como **C**.

Imagen 112. Clasificación del parámetro 1

R	Clasificación C
3,5	Muros de mampostería no reforzada (sin capacidad de disipación de energía) Pórticos de madera con diagonales (FH-CV)
3	Muros de mampostería parcialmente reforzada con bloque de perforación vertical (FH-CV)
2,5	Muros de mampostería confinada (FH-CV)

(Quiroga 2013)

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente.

De acuerdo a las observaciones se clasifica como **C**

Imagen 113. Clasificación del parámetro 2

Clasificación C
1. El hormigón es de baja calidad.
2. Las varillas de acero son visibles, oxidadas o están eventualmente mal distribuidas.
3. Las juntas de construcción están mal ejecutadas.
4. La mampostería es de mala calidad.
5. La construcción de los elementos estructurales como vigas, columnas, losas es aparentemente de mala calidad.

(Quiroga 2013)

Parámetro 3: Resistencia convencional.

Ecuación 30. Resistencia al cortante proporcionada por el concreto

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b w d$$

Tabla 75. Datos de Vc

datos para Vc	
Fc	24,5
Ag	3.464,000
N.U	304.992,198
λ	0,75
Bw	2.800,000
d	3.200,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 76. Datos de Vs

datos para Vs		
	Ct	0,049
	a	0,75
	Ta	0,1
	Aa	0,15
	Av	0,20
	h	3,5
perfil suelo		C
	Fa	1,2
	Fv	1,7
Coeficiente de importancia		I
	M	30.917,000
	TC	0,91
	TL	4.08
	TO	0,19
	Sa	0,05625

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77. Datos de NU

N.U	CM+CV	304.992,198
CM	303.192,198	
CV	1.800	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78. Desarrollo de la ecuación

$\left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right)$	1	7,289
N.U	304.992,198	
Ag*14	48.496	

$f'c bwd$	219520000	
$\sqrt{f'c bwd}$	14816,20734	
$\lambda \sqrt{f'c bwd}$	11112,15551	
$\left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right) \lambda \sqrt{f'c bwd}$		80996,69717
$Vc = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right) \lambda \sqrt{f'c bwd}$		13769,43852

$Vs = SagM$		17.042,996
Sa	0,05625	
g	9,8	
M	30.917,00	

$\alpha =$	Vc/vs	0,807923578
Vc	13.769,439	
Vs	17.042,996	

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 114. Clasificación del parámetro 3

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
$\alpha \geq 1,5$	$1 \leq \alpha \leq 1,5$	$\alpha < 1$

(Quiroga 2013)

De acuerdo al parámetro se clasifica como **C**

Parámetro 4: Influencia del terreno y la cimentación.

De acuerdo a las observaciones la vivienda se encuentra en terreno sin desnivel, por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 115. Clasificación del parámetro 4

Clasificación A
Para tipos de perfiles A, B y C.
Topografía plana del terreno donde se encuentra el edificio o con una pendiente no mayor al 20%
No presenta fisuras en las muros.

(Quiroga 2013)

Parámetro 5: Losas.

La vivienda no presenta elementos de losas, por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 116. Clasificación del parámetro 5

Clasificación A
La losa debe ser rígida y con buenas conexiones con los elementos verticales
El área de abertura de la losa sea menor al 30% del área total de la losa
Si el área de la losa es continua se considera como un diafragma rígido

(Quiroga 2013)

Parámetro 6: Configuración en planta.

La vivienda se acerca a la forma de un cuadrado por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 117. Clasificación del parámetro 6

Clasificación A
$\delta 1 > 0,4$
$\delta 2 < 0,2$
$\delta 3 < 0,1$
$\delta 4 > 0,5$
Los retrocesos en las esquinas deben ser menores a 15%. $A < 0,15B$ y $C < 0,15D$
La forma de la planta del edificio se asemeja a la de un cuadrado, haciéndola regular

(Quiroga 2013)

Parámetro 7: Configuración en elevación.

La vivienda no tiene piso superior, ni terrazas o torretas, por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 118. Clasificación del parámetro 7

Clasificación A
Edificio de forma regular sin variaciones en el área de la base de cada piso
Si $T/H < 0,2$ o $> 0,9$
Todos los pisos tienen la misma altura

(Quiroga 2013)

Parámetro 8: Conexiones elementos críticos.

De acuerdo a las observaciones los elementos no están conectados de forma correcta por lo tanto se clasifica como **C**.

Imagen 119. Clasificación del parámetro 8

Clasificación C
$b_v \geq b_c$
$\lambda_2 > 0,3$
$\lambda_3 > 0,4$
La dimensión mínima de la columna es menor a 20cm.
$\lambda_4 \geq 1,2$

(Quiroga 2013)

Parámetro 9: Elementos con baja ductilidad.

En las observaciones no se evidencia elementos que afecten la integridad sísmica por lo tanto se clasifica como **A.**

Imagen 120. Clasificación del parámetro 9

Clasificación A
Edificio que no tiene en su interior elementos cortos

(Quiroga 2013)

Parámetro 10: Elementos no estructurales.

Se observó que los muros presentan alto grado de deterioro y grietas por lo cual se clasifica como **A.**

Imagen 121. Clasificación del parámetro 10

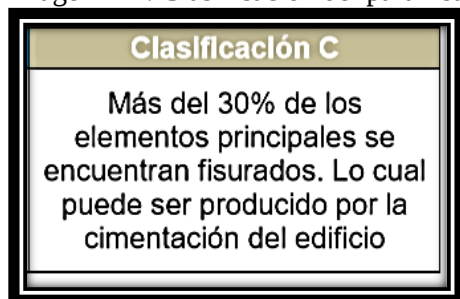
Clasificación A
Los elementos no estructurales de la edificación no representan riesgo alguno para los habitantes del edificio.

(Quiroga 2013)

Parámetro 11: Estado de la conservación.

Se observó que la vivienda presenta un alto grado de deterioro en muros por lo tanto se clasifica como **C**.

Imagen 122. Clasificación del parámetro 11



(Quiroga 2013)

Tabla 79. Cálculo de vivienda 4

VIVIENDA 4					
Parametros	Clase Ki			Peso Wi	Subtotal
	A	B	C		
1.Organizacion del sistema resisitente			12	0,5	6
2.Calidad del sistema			12	0,5	6
3. Calculo de la Resistencia convencional			16	2	32
4. Influencia del terreno y la cimentacion	0			0,5	0
5.Losas o diafragmas horizontales	0			0,5	0
6.Configuracion en planta	0			0,5	0
7.Configuracion en elevacion	0			1	0
8.Conexion elementos criticos			6	0,75	4,5
9. Elementos de baja ductilidad (cubierta)	0			1	0
10. Elementos no estructurales	0			0,25	0
11. Estado de conservacion			20	1	20
Total					68,5

Fuente: Elaboración propia.

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 90.5: $IV = 69$

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se divide entre 0,9 y se obtiene:

$$IV=68,5/0,8975=76\%$$

Tabla 80. Resultado final

IV	68,5
76,3231198	0,8975

Fuente: Elaboración propia.

Como el valor es de **76,323%** entonces esta estructura presenta un índice de vulnerabilidad

ALTO

6.6.5. Casa 5. Del Barrio Bijao Carrera 49-calle 53#37

Parámetro 1: Organización del sistema resistente.

De acuerdo a las observaciones se clasifica como **C**

Imagen 123. Clasificación del parámetro 1

R	Clasificación C
3,5	Muros de mampostería no reforzada (sin capacidad de disipación de energía) Pórticos de madera con diagonales (FH-CV)
3	Muros de mampostería parcialmente reforzada con bloque de perforación vertical (FH-CV)
2,5	Muros de mampostería confinada (FH-CV)

(Quiroga 2013)

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente.

Por las observaciones se clasifica como **C**

Imagen 124. Clasificación del parámetro 2

Clasificación C
1. El hormigón es de baja calidad.
2. Las varillas de acero son visibles, oxidadas o están eventualmente mal distribuidas.
3. Las juntas de construcción están mal ejecutadas.
4. La mampostería es de mala calidad.
5. La construcción de los elementos estructurales como vigas, columnas, losas es aparentemente de mala calidad.

(Quiroga 2013)

Parámetro 3: Resistencia convencional.

Tabla 81. Datos de Vc

datos para Vc	
Fc	24,5
Ag	4.842
N.U	326.973
λ	0,75
Bw	1.800
d	2.300

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 82. Datos de Vs

datos para Vs		
	Ct	0,049
	a	0,75
	Ta	0,1
	Aa	0,15
	Av	0,20
	h	3,5
perfil suelo		C
	Fa	1,2
	Fv	1,7
Coeficiente de importancia		I
	M	33.158
	TC	0,91
	TL	4,08
	TO	0,19
	Sa	0,15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 83. Datos de NU

N.U	CM+CV	326.972,843
CM	325.172,843	
CV	1.800	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 84. Desarrollo de la ecuación

$\left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right)$	1	5,823462014
N.U	326.972,843	
Ag*14	67.788,000	

$\lambda\sqrt{f'c bwd}$		
λ	0,75	
bw	1.800	
d	2.300	
Fc	25	
$\sqrt{f'c bwd}$	101430000	
$\sqrt{f'c bwd}$	10071,2462	
$\lambda\sqrt{f'c bwd}$	7553,434649	
$\left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right)\lambda\sqrt{f'c bwd}$		43987,13975
$Vc = 0,17\left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right)\lambda\sqrt{f'c bwd}$		7477,813758

$Vs = SagM$		18.278,569
Sa	0,05625	
g	9,8	
M	33.158,402	

$\alpha =$	Vc/vs	0,409102798
Vc	7477,813758	
Vs	18278,5691	

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 125. Clasificación del parámetro 3

Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
$\alpha \geq 1,5$	$1 \leq \alpha \leq 1,5$	$\alpha < 1$

(Quiroga 2013)

De acuerdo a la clasificación del parámetro se clasifica como **C**

Parámetro 4: Posición del edificio de la cimentación.

De acuerdo a las observaciones se clasifica como **A**

Imagen 126. Clasificación del parámetro 4

Clasificación A
Para tipos de perfiles A, B y C.
Topografía plana del terreno donde se encuentra el edificio o con una pendiente no mayor al 20%
No presenta fisuras en las muros.

(Quiroga 2013)

Parámetro 5: Losas.

De acuerdo a la observación se clasifica como **A**

Imagen 3. Clasificación del parámetro 5

Clasificación A
La losa debe ser rígida y con buenas conexiones con los elementos verticales
El área de abertura de la losa sea menor al 30% del área total de la losa
Si el área de la losa es continua se considera como un diafragma rígido

(Quiroga 2013)

Parámetro 6: Configuración en planta.

De acuerdo a las observaciones la vivienda presenta una forma irregular, por lo cual se clasifica como **C**

Imagen 127. Clasificación del parámetro 6

Clasificación C
$\delta < 0,2$
$\delta_2 > 0,4$
$\delta_3 > 0,2$
$\delta_5 < 0,25$
Los retrocesos en las esquinas son mayores al 30%. $A > 0,30B$ y $C > 0,3D$
La forma de la planta del edificio se aleja de la forma de un cuadrado, haciéndola irregular
Si presenta una irregularidad de sistemas no paralelos

(Quiroga 2013)

Parámetro 7: Configuración en elevación.D acuerdo a las observaciones se clasifica como **A**

Imagen 128. Clasificación del parámetro 7

Clasificación A
Edificio de forma regular sin variaciones en el área de la base de cada piso
Si
$T/H < 0,2$ o $> 0,9$
Todos los pisos tienen la misma altura

(Quiroga 2013)

Parámetro 8: Conexión elementos críticos.De acuerdo a las observaciones se clasifica como **C**

Imagen 129. Clasificación del parámetro 8

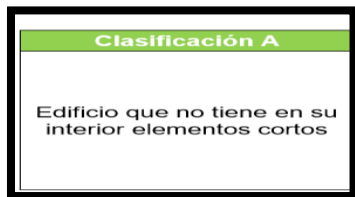
Clasificación C
$b_v \geq b_c$
$\lambda_2 > 0,3$
$\lambda_3 > 0,4$
La dimensión mínima de la columna es menor a 20cm.
$\lambda_4 \geq 1,2$

(Quiroga 2013)

Parámetro 9: Elementos con baja ductilidad.

La vivienda no presenta estos elementos, por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 130. Clasificación del parámetro 9

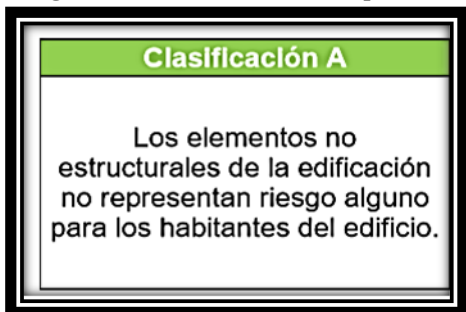


(Quiroga 2013)

Parámetro 10: Elementos no estructurales.

La vivienda no cuenta con estos elementos, por lo cual se clasifica como **A**

Imagen 131. Clasificación del parámetro 10

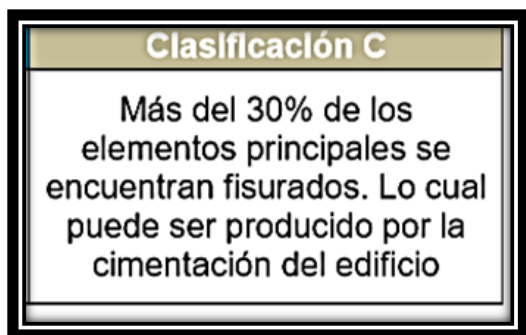


(Quiroga 2013)

Parámetro 11: Estado de la conservación.

La vivienda debido a que tiene mucho tiempo construido, se clasifica como **C**

Imagen 132. Clasificación del parámetro 11



(Quiroga 2013)

Tabla 85. Cálculo de la vivienda 5

VIVIENDA 5					
Parametros	Clase Ki			Peso Wi	Subtotal
	A	B	C		
1.Organizacion del sistema resisitente			12	0,5	6
2.Calidad del sistema			12	0,5	6
3. Calculo de la Resistencia convencional			16	2	32
4. Influencia del terreno y la cimentacion	0			0,5	0
5.Losas o diafragmas horizontales	0			0,5	0
6.Configuracion en planta			6	0,5	3
7.Configuracion en elevacion	0			1	0
8.Conexion elementos criticos			6	0,75	4,5
9. Elementos de baja ductilidad (cubierta)	0			1	0
10. Elementos no estructurales	0			0,25	0
11. Estado de conservacion			20	1	20
Total					71,5

Fuente: Elaboración propia.

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 90: $IV = 71,5$

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se divide entre 0,9y se obtiene:

$$IV=71,5/0,8975=80\%$$

Tabla 86. Resultado final

IV	71,5
79,6657382	0,8975

Fuente: Elaboración propia.

Como el valor es al 79,665%, entonces esta estructura presenta un índice de vulnerabilidad

ALTO

ANALISIS DE CONCLUSIONES

El resultado global de la vulnerabilidad es un proceso de análisis de resultado de porcentajes de vulnerabilidad de cada vivienda, para el caso de Benedetti – Petrini la vivienda 1, tiene un porcentaje de vulnerabilidad de 54%, la vivienda 2 tiene un porcentaje de vulnerabilidad de 66%, la vivienda 3 tiene un porcentaje de vulnerabilidad de 88 %, la vivienda 4 tiene un porcentaje de 76 y la vivienda 5 tiene un porcentaje de 79 %, si sabemos que la suma de todas las viviendas es el 100% de vulnerabilidad sísmica, cada vivienda representa un 20% de vulnerabilidad global, para saber cuánto de porcentaje global representa cada vivienda se multiplica cada resultado por 20 y se divide por 100.

$$\text{Vivienda 1} = 54 \times 20 / 100 = 10,8\%$$

$$\text{Vivienda 2} = 66 \times 20 / 100 = 13,2\%$$

$$\text{Vivienda 3} = 88 \times 20 / 100 = 17,6\%$$

$$\text{Vivienda 4} = 76 \times 20 / 100 = 15,2\%$$

$$\text{Vivienda 5} = 79 \times 20 / 100 = 15,8\%$$

La sumatoria de todas las viviendas es el resultado de global de vulnerabilidad, en este caso es de 72,6%

Para el caso de la NRS 2010 se hace el mismo procedimiento

$$\text{Vivienda 1} = 80 \times 20 / 100 = 16\%$$

$$\text{Vivienda 2} = 53 \times 20 / 100 = 10,6\%$$

$$\text{Vivienda 3} = 80 \times 20 / 100 = 16\%$$

$$\text{Vivienda 4} = 76 \times 20 / 100 = 15,2\%$$

$$\text{Vivienda 5} = 80 \times 20 / 100 = 16\%$$

La sumatoria de las viviendas es el resultado global de vulnerabilidad, en este caso es de **73,8%**

Al observar el resultado de los dos métodos se deduce que la norma tiene un 1,2% de incremento en la vulnerabilidad global, debido a que la norma incrementa un 1,2% en el parámetro 3, resistencia convencional, por que introduce el valor (S_a) espectro de diseño , mientras que el método Benedetti-Petrini solo utiliza un valor arbitrario o se puede elegir el

coeficiente sísmico de la región, además la NRS 2010 tiene su propio modelo de análisis de vulnerabilidad para construcciones.

Estas condiciones hacen que el incremento sea del 1,2 % más que el método Benedetti.

Analizado lo anterior se deduce que el método se puede aplicar con el formato modificado que presenta la NRS 2010, ya que es más adaptado a la norma.

CONCLUSIONES

Después de haber desarrollado el proyecto profesional. Análisis cualitativo y comparativo del método Benedetti-Petrini, con la NRS 2010. Y analizado el resultado de las viviendas a través de su aplicación Se determinan las siguientes conclusiones:

- El estado de vulnerabilidad global de las viviendas del barrio Bijao en el municipio del Bagre, por el método Benedetti-Petrini es de un 72,6 % y por la NRS 2010 es de 73,8%, evidenciando que las viviendas están en condiciones de alta vulnerabilidad.
- Con estos datos vemos que la norma se diferencia del método Benedetti Petrini por encima de un 1,2 %, por lo que se determina que se puede adaptar un método extranjero a las condiciones que exige nuestro país en cuanto a la sismicidad que presenta, permitiendo la validación del método en su aplicación.
- El 1,2 % que se incrementa con la norma, se origina con el parámetro 3 resistencia convencional por el dato diferente que utiliza cada parámetro, además la NRS es muy rigurosa en cuanto a estos parámetros ya que en su formato la ponderación es más rigurosa.
- Con los datos obtenidos se concluye que el método Benedetti-Petrini es de aplicabilidad para otros municipios en Colombia, pero con la adaptación presentada en este proyecto, para tener un método viable y aplicable.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se estudien más a fondo las viviendas con métodos cuantitativos, para obtener datos más precisos en estas metodologías, que son de gran utilidad cuando no se cuenta con muchos recursos para invertir en estas investigaciones.
- se recomiendan modelaciones, en las viviendas para seguir comparando los resultados, obteniendo porcentajes de vulnerabilidad sísmica más exactos.
- Se recomienda que se aplique esta metodología a otros municipios de nuestro territorio nacional, para establecer en qué estado de vulnerabilidad sísmica se encuentran actualmente. Permitiendo la mitigación de riesgos por sismos al aplicar este método.

BIBLIOGRAFIAS

- Aguiar, R., & BOLAÑOS, D. (2006). Evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica en edificios de hormigón armado. *XIX Jornadas Nacionales de Ingeniería Estructural. Ecuador.*
- Ahumada Villafañe, J, L.& Moreno Rodríguez, N. (2011) *Estudio de la vulnerabilidad sísmica usando el método del Índice de Vulnerabilidad en viviendas construidas en el barrio La Paz*, CE236_Ahumada.pdf. Barranquilla-Colombia.
- Barrera Ramos, O., & Nieves Corredor, O. (2015). *Determinación de la vulnerabilidad en las casas en el barrio San Diego de la ciudad de Cartagena* (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).
- Caballero Guerrero, A, R. (2007). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo, utilizando la tecnología del sistema de información geográfica.* (Doctoral dissertation, fundación Universidad del norte Sincelejo).
- Caicedo, C.&. Barbat, A, H.&. Canas, J, A.& Aguiar, R. (1994). *Vulnerabilidad sísmica de edificios, monografías CIMNE IS-6*, 675973.pdf, Universidad politécnica de Cataluña, Barcelona
- Fortich González, C., & López Hernández, L, A. (2016). *Determinación de la vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en casas coloniales en el barrio de Getsemaní de la ciudad de Cartagena* (Fortich-López Tesis.pdf, Universidad de Cartagena.
- Lantada Zarzosa, M, N, (2007). *Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas gis. aplicación a la ciudad de Barcelona.* Microsoft Word - CAP_1. Doc. Universidad politécnica de Cataluña.
- Martínez Alfaro, J, G. (2012). “*Caracterización de la vulnerabilidad sísmica utilizando curvas de fragilidad y matrices de probabilidad de daño, para algunas tipologías estructurales de hormigón armado. Aplicación a la ciudad de valdivia, región de los ríos*” Universidad austral de Chile

- Mena Hernández, U. (2002). *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas* Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- Navia Llorente, J. A., & Barrera Roa, E, M (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*. (Doctoral dissertation, Universidad de la Salle, Bogotá D.C).
- Peralta Buriticá, H, A. (2002) *escenarios de vulnerabilidad y de daño sísmico en las edificaciones de mampostería de uno y dos pisos en el barrio san Antonio, Cali, Colombia*. Universidad del Valle
- Quiroga Medina, A. M. (2013). *Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificios del centro de Bogotá utilizando el método del índice de vulnerabilidad* (Bachelor's tesis, Facultad de Ingeniería).
- *Reglamento colombiano de construcción sismorresistente, NRS (2010)*. Creada por la ley 400 de 1997, modificada por la ley 1229 de 2008 y el decreto 019 de 2012, Bogotá D.C.
- Safina Melone, S. (2002). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución a su riesgo sísmico*. Microsoft Word - 11cap2.doc Universidad politécnica de Cataluña.

WEBGRAFIAS

- Hernández, Mora, S. El mundo es. (2012)
<https://www.elmundo.es/america/2012/07/10/colombia/1341940168.html>
- Homecenter Bloques 40cmx20cmx10cm(2019)
<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/47735/bloque-cemento-10-x-20-x-40-cm-3h-12-5u-m2-10-mpa>
- Especificaciones técnicas para construcción de viviendas
<https://sites.google.com/a/correo.udistrital.edu.co/manualviviendas/3-especificaciones-de-materiales/morteros/mortero-1-5-hecho-en-obra>