

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA				i
	Documento	Código	Fecha	Revisión	
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A	
	Dependencia	Aprobado	Pág.		
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADEMICO	1(1)		

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	WILLIAM ALONSO PACHECO VERJEL DANIELA MARCELA CRIADO RODRÍGUEZ		
FACULTAD	INGENIERIAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL		
DIRECTOR	NELSON AFANADOR GARCÍA		
TÍTULO DE LA TESIS	DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL BARRIO CRISTO REY DE LA COMUNA DOS DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA, APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL MANUAL FEMA P-154.		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PRESENTE TRABAJO DE GRADO TIENE POR OBJETIVO LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL BARRIO CRISTO REY DE LA COMUNA DOS DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA, APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL MANUAL FEMA P-154.</p> <p>DURANTE LA INVESTIGACIÓN SE REALIZÓ LA TRADUCCIÓN Y EL ESTUDIO DEL FEMA P-154, IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO, TRABAJO DE CAMPO, DIGITACIÓN DE DATOS, UN ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS RECOPIADOS, UNA GUÍA DEL FEMA P-154, UNA BASE DE DATOS PROGRAMADA, Y FINALMENTE EL MAPA DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA PRELIMINAR DE TODAS LAS VIVIENDAS DEL BARRIO CRISTO REY.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 94	PLANOS: 2	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL
BARRIO CRISTO REY DE LA COMUNA DOS DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE
SANTANDER, COLOMBIA, APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL MANUAL FEMA P-

154.

AUTOR

WILLIAM ALONSO PACHECO VERJEL

DANIELA MARCELA CRIADO RODRÍGUEZ

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

DIRECTOR

Ph.D. NELSON AFANADOR GARCÍA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia.

Octubre 2019

Dedicatoria

A Dios que me ha regalado la vida, la alegría y las ganas de soñar y cumplir cada meta que me he propuesto, siempre acompañado de las personas que amo.

A mis padres que con gran esfuerzo y dedicación me brindan todo lo necesario para salir adelante, demostrándome que todo es posible con perseverancia y disciplina, les agradezco inmensamente, son el motor de mi vida y todo esto se lo debo a ustedes.

A mi hermano que me ha demostrado en estos últimos días a como creer y luchar por un sueño día a día.

A mi compañera Daniela que estuvo apoyándome en toda esta etapa de mi vida, con su amor, alegría y ganas de salir adelante.

A mi gran familia, que siempre fue mi apoyo incondicional en todo este largo proceso, y a cada una de esas personas que ayudaron a que este logro fuera posible.

William Alonso Pacheco Verjel.

Dedicatoria

Esta etapa triunfante de mi vida, es dedicada principalmente a Dios, por llenar mi alma, mi vida y mi cuerpo de fortaleza para no rendirme y seguir adelante.

A mis padres, por ser mi apoyo moral, económico, por poner su confianza en mí y por esforzarse tanto día a día, sol a sol, para poder cumplir esta meta. Papi y Mami esto es para ustedes.

A mis hermanos, por ser parte de mi vida. Jhonatan con sus locuras y Janer por ser mi figura paterna en parte de mi vida y por enseñarme a alcanzar los sueños.

A toda mi familia, especialmente mis tíos favoritos, Daniel y Mónica, por apoyarme tanto, me impulsaron a alcanzar este título. Mis primos favoritos, Camila, Valentina y Eduardo.

A mis ángeles en el cielo, mi abuela Marcelina por amarme tanto, mi tía Marlene que fue un ser feliz y siempre lo demostró con su sonrisa, a mi crespa hermosa Keila por ser un motor en mi estudio aun cuando ya no está.

Dedico esto con mucho amor a William, por llenar mi vida de amor, acompañarme en mis días de soledad y por ser mi compañero de estudio.

Aunque para muchos no es importante, quiero dedicar este título a mis compañeros de vida, mi Pepin Julián por ser mi loquito, a mi Maggie por ser una compañerita, mis negros, Pia y Teodoro y, por último, pero no menos importante, a mi Muchurrungo que se encuentra en el cielo junto a la Niña, por siempre acompañarme y estar conmigo hasta el último suspiro de su vida.

Daniela Marcela Criado Rodríguez

Agradecimientos

Hoy cumplimos el sueño de culminar nuestros estudios como Ingenieros Civiles, estamos agradecidos con Dios por ser nuestro todo, por abrirnos las puertas para alcanzar esta meta, por disponer de las personas que nos impulsaron a alcanzar este título.

Agradecemos al doctor Nelson Afanador García, por aportar tanto conocimiento, experiencia y confianza en este proyecto. Además, por involucrar a las personas correctas para el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, por ser el aula mater donde nos lucramos de conocimientos para desempeñarnos como ingenieros civiles.

William Alonso Pacheco Verjel.

Daniela Marcela Criado Rodríguez

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1: Determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio	
Cristo Rey de la comuna dos del municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia, aplicando	
la metodología del manual Fema P-154..... 1	
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.	3
1.3.2 Objetivos Específicos.	3
1.4 Justificación	4
1.5 Delimitaciones	7
1.5.1 Delimitación Operativa.....	7
1.5.2 Delimitación Conceptual.....	7
1.5.3 Delimitación Geográfica.....	7
1.5.4 Delimitación Temporal.....	7
CAPITULO 2: Marco referencial..... 8	
2.1 Antecedentes	8
2.2 Marco Histórico	10
2.2.1 Historia de FEMA 154.....	11
2.2.2 Tercera edición.	12

2.2.3 Mejoras importantes en la tercera edición.	12
2.2.4 Procedimientos rápidos del examen visual.	13
2.3 Marco conceptual	15
2.3.1 Sismo.	15
2.3.2 Tipos de sismos.	15
2.3.3 Riesgo sísmico.....	16
2.3.4 Amenaza sísmica.	16
2.3.5 PBOT	16
2.3.6 Vulnerabilidad sísmica	16
2.3.7 Vulnerabilidad estructural.....	17
2.3.8 Vulnerabilidad no estructural.	17
2.3.9 Diferencia entre vulnerabilidad estructural y no estructural.	18
2.3.10 Evaluación visual rápida, Rapid Visual Screening (RVS).....	18
2.4 Marco teórico	18
2.4.1 Procedimiento de la evaluación rápida visual (RVS).	18
2.4.2 Formularios para la evaluación visual rápida, por el método de FEMA P-154. .	19
2.4.3 Zonas de amenaza sísmica.	20
2.4.4 Modificación opcional del formulario de recolección de datos.	22
2.4.5 Bases de datos municipales	22
2.4.6 Información del tipo de suelo.	23

2.4.7 Identificación del tipo de edificación y documentación de la puntuación básica.	23
2.5 Marco legal	24
2.5.1 Decreto 1400 1984 (07 junio).	24
2.5.2 LEY 400 - 1997 (19 agosto).	24
2.5.3 Decreto 33 - 1998 (09 enero).	24
2.5.4 Decreto 926 – 2010 (19 marzo).	25
2.5.5 Decreto 919 – 1989 (01 mayo).	25
CAPÍTULO 3: Diseño Metodológico	27
3.1 Tipo de investigación.	27
3.2 Población y muestra.	27
3.3 Recolección de la información.	27
3.4 Análisis y recolección de datos.	28
3.5 Metodología.	29
CAPÍTULO 4: Resultados.	32
4.1. Hallazgos y conclusiones.	32
4.1.1 Determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo Rey de la comuna dos del municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia, aplicando la metodología del manual Fema P-154.	32
Capítulo 5: Conclusiones.	67

Capítulo 6: Recomendaciones	69
Referencias bibliográficas	70
Referencias electrónicas	71
APENDICES	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la vivienda	34
Figura 2 Características de la vivienda.	36
Figura 3 Tipos de adiciones.....	39
Figura 4 Vivienda con peligro de deslizamiento.	40
Figura 5 Vivienda con ruptura de falla de superficie.	40
Figura 6 Vivienda con irregularidad vertical, sistema en voladizo.	41
Figura 7 Irregularidad en planta, con retrocesos en las esquinas.	41
Figura 8 Peligros exteriores, parapetos.	42
Figura 9 Puntuación básica del primero nivel.	42
Figura 10 Vivienda con tipo de construcción URM	43
Figura 11 Tipo de construcción de viviendas RM1.	44
Figura 12 Irregularidades verticales.....	45
Figura 13 Vivienda bajo el nivel del terreno.	46
Figura 14 Irregularidad en planta con sistemas no paralelos.	46
Figura 15 Irregularidad en planta con retrocesos en las esquinas	47
Figura 16 Tipos de construcción.....	50
Figura 17 Viviendas sobre el nivel del terreno.....	50
Figura 18 Viviendas bajo el nivel del terreno	51
Figura 19 Año de construcción de las viviendas.	52
Figura 20 Ocupación de las viviendas.	52
Figura 21 Peligros geológicos	53
Figura 22 Peligros exteriores.....	54
Figura 23 Adyacencias.....	54
Figura 24 Irregularidades presentadas en las viviendas.....	55
Figura 25 Vulnerabilidad sísmica de las viviendas.	56
Figura 26 Porcentajes de vulnerabilidad sísmica.....	56
Figura 27 Base de datos	59
Figura 28 Ventana de dialogo, vivienda encontrada.....	60
Figura 29 Ventana de dialogo, vivienda no existente.....	61
Figura 30 Cuadro de Programación	62
Figura 31 Puntajes y colores.....	63
Figura 32 Mapa de la delimitación de la zona de estudio	65
Figura 33 Mapa de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo Rey.	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y de Av	20
Tabla 2. Determinación de la región de sismicidad a partir de la respuesta de aceleración espectral MCER.....	21
Tabla 3. Configuración de la zona de amenaza sísmica entre FEMA P-154 y la NSR-10	22
Tabla 4 Manzanas con su número de viviendas.....	49

LISTA DE APENDICES.

Apéndice A Formatos originales.....	72
Apéndice B Formatos adecuados para realizar la investigación.....	74
Apéndice C. Guía para uso del formulario FEMA P-154 en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia.	76
Apéndice D. Encuestas organizadas por manzanas. (Evidencia).....	77
Apéndice E. Programado	78
Apéndice F. Mapa de vulnerabilidad sísmica preliminar de las viviendas del Barrio Cristo Rey, del municipio de Ocaña, Norte de Santander.	79

CAPITULO 1: Determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo Rey de la comuna dos del municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia, aplicando la metodología del manual Fema P-154

1.1 Planteamiento del problema

De acuerdo a lo planteado por (Bermúdez, 2014) comúnmente la comprensión de la vulnerabilidad está asociada a las formas de exposición de las personas o elementos a amenazas y/o eventos adversos que pueden desencadenar daños y consecuencias muchas veces poco previsibles. No obstante, la vulnerabilidad presenta una dimensión más amplia y es objeto de muchas reflexiones y artículos científicos, por lo que su significado se encuentra en constante evolución.

En el caso de un sismo, trae como consecuencia el sacudimiento del suelo, los incendios, las olas marinas sísmicas y los derrumbes, así como la interrupción de los servicios de líneas vitales, el pánico y el choque psicológico. Los daños dependen de la hora en que ocurre el sismo, la magnitud, la distancia del epicentro, la geología del área, el tipo de construcción de las diversas estructuras, densidad de la población, duración del sacudimiento, entre otras. (Servicio Geológico Mexicano, 2017)

De acuerdo al concepto anterior en algunos barrios de Ocaña, Norte de Santander, Colombia, se presenta la problemática de construcciones sin conocer el tipo de suelo e ignorando los conocimientos estructurales mínimos requeridos para una edificación, debido a que existía

poco o ningún control en las construcciones y se cuenta con bajos recursos económicos para su construcción.

El barrio Cristo Rey hace parte de la comuna dos nor-oriental, contando con 483 viviendas, incluidas en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial, PBOT, éste cuenta con su última actualización en el 2015, pero no hay información obtenida en él con respecto a vulnerabilidad sísmica de viviendas, esto es debido a la falta de un estudio de riesgos que tenga en cuenta la vulnerabilidad sísmica que tiene las viviendas a la ocurrencia de un sismo fuerte. Es por ello que cuando se han presentado los eventos sísmicos en el municipio de Ocaña, se han causado daños evidentes en algunas de las edificaciones, pues no hay una investigación que ayude a detallar el estado actual de cada edificación frente al evento de un sísmico, además las construcciones en su mayoría se realizaron ignorando el código colombiano de construcciones sismo resistentes de 1984, NSR 1998 y el actual reglamento NSR-10 cumple algunas construcciones, y otras se realizaron antes de la creación de estas normas para Colombia.

Es así como las personas ponen en riesgo sus vidas, por la falta de un estudio de microzonificación sísmica que les indique donde poder realizar los asentamientos, para ayudar a tener mayor calidad de vida, estabilidad a muchas familias y a prevenir que en un futuro que por efectos de un evento sísmico, la inestabilidad del terreno, el clima y la falta de estructuras seguras, se generen catástrofes que a su vez cobren vidas, pues la administración municipal no realiza estudios previos por no contar con las herramientas y personal necesario para la detección de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas presentes en cada una de las comunas del municipio

A partir de esta problemática es necesario e importante determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en el sector mencionado anteriormente, además es preciso mencionar que este análisis puede servir de apoyo para las administraciones municipales en sus continuas actualizaciones del PBOT y la generación completa de un mapa de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de la provincia.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el estado de vulnerabilidad Sísmica en las viviendas que integran el barrio Cristo Rey, de la comuna dos Nor-Oriental Cristo Rey del municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo Rey, de la comuna dos nor-oriental Cristo Rey del municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Ejecutar un examen en el barrio Cristo Rey, de Ocaña norte de Santander, empleando el formato adaptado de evaluación visual rápida, *Rapid Visual Screening* (RVS), de recolección de datos de campo, para identificar las patologías de las viviendas.

- Analizar los datos correspondientes a cada vivienda aplicando el método FEMA P-154, para conocer la puntuación final (s) de las edificaciones del barrio Cristo Rey de la comuna 2 sector nor-oriental barrio Cristo Rey del municipio de Ocaña.
- Construir una guía para uso del formulario FEMA P-154 para realizar la evaluación visual rápida de las viviendas, para la detección de edificaciones con potencial amenaza sísmica en las viviendas orientada en las patologías anteriores.
- Crear por medio de Excel y Visual Basic, una base de datos que pueda evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas examinadas ingresando su dirección específica de las viviendas, teniendo como fundamento la metodología FEMA P-154.
- Establecer un mapa de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo rey en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

1.4 Justificación

En Colombia se sufre regularmente los estragos de eventos naturales que afectan severamente a la población, las actividades productivas y las inversiones amenazando con frenar y retrasar los logros alcanzados en su desarrollo. Una de las mayores causas es el poco entendimiento de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y especialmente de las edificaciones que se encuentran expuestos a diferentes amenazas. Consecuentemente los efectos de los eventos se convierten en emergencias, crisis y desastres. Nuestro país siendo marcado por esto, generó la necesidad de crear el código de construcción sismo resistente.

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, en su alcance a la extensión con la comunidad, tiene como objetivo ayudar al crecimiento y desarrollo del municipio de Ocaña. Es

así que, con la investigación a realizar con respecto a la vulnerabilidad sísmica de las viviendas, se estará ayudando al municipio a tener información certera de las edificaciones con respecto a la vulnerabilidad de estas frente a un evento sísmico fuerte que afecte las viviendas.

Teniendo en cuenta que en el municipio de Ocaña Norte de Santander, siendo uno de los más antiguos del país, iniciando su asentamiento en la época de las colonias, la mayoría de sus edificaciones fueron construidas sin cumplir ninguno de los requisitos mínimos tanto del código colombiano de construcciones sismo resistentes de 1984, la NSR-98 y el actual reglamento de construcciones sismo resistentes NSR-10, pues en gran parte de los casos del barrio Cristo Rey de la comuna Dos del municipio de Ocaña, contando con aproximadamente 400 viviendas teniendo en cuenta que se construyó antes de la creación de estos código y en otra parte las construcciones se han hecho ignorando dichas normas, pues son muy pocas las edificaciones que se rigen bajo estas normas actualmente; por lo tanto es notable la vulnerabilidad sísmica de las viviendas existente en la zona, pues esta depende de la forma en que están construidas las edificaciones.

Los formularios de evaluación son dos, uno de primer nivel que recolecta información de la estructura, su localización, tamaño, fotografías y otra documentación que arroja una puntuación básica final. El formulario de análisis opcional de segundo nivel, es un análisis más detallado del edificio y este permite ajustar la calificación final, que arroja la probabilidad del colapso de la estructura por un sismo, para esto se tiene en cuenta unos rangos de puntuación final de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas, que está entre 0 a 7, entre más cercano a 7 indica que tiene mejor comportamiento sísmico y entre más cercano a cero es que existe la

posibilidad que la estructura colapse, el FEMA P-154 sugiere los rangos para realizar la evaluación y determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en las estructuras examinadas.

Para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del sector a examinar se hace necesario el método cualitativo, pues este ofrece una evaluación visual y sirve para valorar rápidamente cada edificación, su metodología es fácil de aplicar y uno de sus principales objetivos es promover al investigador un análisis inicial base, para una investigación más minuciosa posteriormente si se considera necesario. Todo esto es llevado a cabo por medio del cumplimiento de los objetivos; desarrollando los formularios que arrojan una puntuación final para cada estructura evaluada, se obtendrá por medio de indicadores el desempeño sísmico esperado de la edificación y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en la que se encuentra, posteriormente la construcción de la guía de manejo de la metodología FEMA P-154, la base de datos creada en Excel y en Visual Basic y la generación del mapa de vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

Este proyecto además de aplicar una metodología cualitativa y rápida como la FEMA P-154, sirve como guía para la realización de más estudios como este y la expansión de este a todo el municipio de Ocaña, además la creación de una base de datos donde se brinde información certera y precisa de cada edificación examinada, hace que se cree no solo un proyecto de grado, sino una herramienta informativa para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación Operativa.

Para la realización del examen visual, que nos permite el análisis de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del sector planteados, es necesario conocer cada detalle del método Fema P-154, se requiere también la utilización de software como Visual Basic, Excel, Macro, AutoCAD, fotografías y cinta métrica, con el fin de desarrollar los objetivos específicos del proyecto.

1.5.2 Delimitación Conceptual.

Para el desarrollo del proyecto se tuvieron en cuenta los siguientes conceptos: sismo, tipos de sismos, riesgo sísmico, amenazas sísmicas, PBOT, vulnerabilidad sísmica de las viviendas, vulnerabilidad estructural, vulnerabilidad no estructural, diferencia entre vulnerabilidad estructural y no estructural, tipos de sistemas estructurales, clasificaciones del suelo y evaluación visual rápida, *Rapid Visual Screening (RVS)*.

1.5.3 Delimitación Geográfica.

El proyecto se realizará en el barrio Cristo Rey de la comuna dos Nor-Oriental Cristo Rey en la ciudad de Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

1.5.4 Delimitación Temporal.

La realización del trabajo tendrá una duración de cuatro (4) meses

CAPITULO 2: Marco referencial

2.1 Antecedentes

A Nivel internacional se conocen muchos casos de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas por muchos métodos, los estudios de vulnerabilidad surgen a principios del siglo XX, como una necesidad ante las consecuencias de sismos que habían ocurrido en distintos lugares del mundo (por ejemplo, San Francisco, CA. USA, 1906; Menisa, Italia en 1908 y Tokio, Japón en 1923). A través de la experiencia, los ingenieros fueron encargados de evaluar los efectos de los sismos en las viviendas y en las edificaciones y de proponer medidas que minimizaran dichos efectos en el futuro. Es así como se fueron proponiendo los primeros conceptos de diseño sismo resistente y se iniciaron investigaciones en el área de la ingeniería sísmica en Japón y en estados Unidos (AIJ, 1998; Sarria M, 1995). Durante la década de los años 1960 y 1970, surgen las primeras técnicas de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en edificaciones existentes denominadas técnicas de visualización, las cuales se constituyeron en la base para métodos desarrollados posteriormente, entre los cuales se encuentran: Whitman (1972), Okada y Bresler (1976), ATC-14 (1987), Grases (1985), Iglesias (1985), ATC-21 (1988), entre otros (Campos, 1992). Para la década de 1980 el organismo de las Naciones Unidas encargado de la atención de desastres, UNDRO y la UNESCO definieron los términos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, de tal manera que permitieran comprender y reconocer con más claridad los problemas asociados a fenómenos naturales o antrópicos (UNDRO, 1979). Una de las herramientas utilizadas en los últimos 30 años en los estudios de vulnerabilidad sísmica de las viviendas y riesgo sísmico, ha sido la tecnología de sistema de información geográfica SIG, el cual representó un avance en este tipo de investigaciones, por su

rapidez y manejo de la información; por ejemplo en España, un gran número de investigaciones relacionadas en el campo del riesgo sísmico, tiene información completa sobre las ciudades principales, manejadas todas en la base de datos con la tecnología SIG. (GUERRERO, 2007)

A nivel nacional En Colombia, la experiencia vivida en sismos posteriores al de Popayán en 1983, como los del Atrato Medio (1992), Páez (1994), Tauramena (1995) y Pereira (1995), demostraron la necesidad de actualizar la Norma de Diseño sismo resistente de 1984, adoptando nuevos esquemas de seguridad que permitan desarrollar técnicas constructivas más confiables. Es así como aparece la actual norma de diseño sismo resistente conocida también como la Ley 400 de 1997, en la cual se dedicó un capítulo para definir los criterios necesarios y un método para analizar vulnerabilidad sísmica de las viviendas de las edificaciones construidas antes del año de 1998. Adicionalmente, en diciembre del año 2000 se le anexó a esta norma una sección de análisis de vulnerabilidad y otra de metodologías alternas. (Llanos et al, 2003). Existen varios estudios de vulnerabilidad sísmica de las viviendas a gran escala desarrolladas por grupos de investigación de algunas universidades de Colombia; en la Universidad EAFIT se diseñaron programas de computador que permiten calcular y graficar las pérdidas por la ocurrencia de un sismo en la ciudad de Medellín (Jaramillo, 2001); en las ciudades de Bogotá, Bucaramanga, Cali y Manizales, se han realizado investigaciones sobre vulnerabilidad sísmica de las viviendas y riesgo sísmico; y en la costa atlántica, solo se han hecho estudios de estos tipos en la ciudad de Barranquilla por parte de la Universidad del Norte. (GUERRERO, 2007)

Relacionadas con el FEMA, se referencia en Colombia investigaciones de la Universidad Piloto de Colombia llamado “Determinación de la vulnerabilidad sísmica de 7 viviendas de

Bogotá” usando el FEMA 200. Mientras tanto la Universidad Católica, realizo estudios con el FEMA de 1998, llamados “Índice de vulnerabilidad sísmica en edificios de mampostería basados en la opinión de expertos”, también esta universidad con el FEMA P-154 en la segunda edición (2002) realizo solo en 5 viviendas un estudio llamado “Caracterización de las condiciones estructurales en viviendas residenciales del barrio Ciudad Jardín de Bogotá DC” apoyados en la NSR-10.

A nivel local, no hay estudios de vulnerabilidad sísmica de las viviendas que se puedan referenciar, se cuenta con información básica del PBOT, que corresponde solamente a la clasificación del riesgo en diferentes zonas del municipio.

2.2 Marco Histórico

El viernes día 6 de diciembre de 1974, en los salones de la Universidad de los Andes, se reunieron 43 ingenieros en cabeza del Dr. Alberto Sarria Molina con el fin de fundar la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS. La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica es una entidad sin ánimo de lucro que tiene como misión fomentar el estudio y mejoramiento de las ciencias y técnicas relativas a la ingeniería sísmica especialmente en relación con la investigación de los problemas nacionales. Se proyecta como entidad de consulta permanente en el área de ciencias y técnicas relativas a la ingeniería sísmica. (AIS, 2019)

Es así como se data que en Colombia desde hace más de 40 años existen organizaciones encargadas de estudiar los sismos, sus efectos y las posibles repeticiones de ellos, es importancia destacar que la evaluación visual que se llevara a cabo para determinar la vulnerabilidad sísmica

de las viviendas tiene que referenciar muy claramente datos proporcionados por los entes municipales, departamentales y nacionales, para poder realizar actualizaciones y tener base de datos proporcionados por estos entes, ya que el estudio se hará en Colombia basados en un manual estadounidense, es por ello que se tiene en cuenta la información o los hechos presentes en la región, especialmente en el municipio.

Los inicios de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias se remontan a la Ley del Congreso de 1803. Esta ley, generalmente considerada la primera legislación sobre desastres, proporcionó asistencia a una ciudad de New Hampshire después de un gran incendio. En el siglo siguiente, se promulgó legislación (cada vez que surgía la necesidad) más de 100 veces en respuesta a huracanes, terremotos, inundaciones y otros desastres naturales. (FEMA, Agencia Federal para el Manejo de Emergencia, 2016)

2.2.1 Historia de FEMA 154.

La metodología de FEMA 154 se originó poco después en 1988 con la publicación del informe de FEMA 154, un manual para la exploración rápida visual de los edificios de los riesgos sísmicos potenciales. El procedimiento en la segunda edición conservando el mismo marco y el enfoque del original procedimiento, pero incorporado un sistema de puntuación revisado compatible con los criterios de movimiento de tierra en el informe FEMA 310 y la metodología daño y la pérdida de estimación proporcionada: FEMA ha llevado a cabo la formación de la segunda edición de FEMA 154 a través del programa nacional de formación de asistencia terremoto (NETAP). (FEMA, Exploración rápida visual , 2015)

2.2.2 Tercera edición.

Esta tercera edición de FEMA P-154 se produce después de la segunda década de uso extenso del procedimiento, que se ha identificado varias áreas de mejora necesarias. La tercera edición también tiene en cuenta la evolución de las herramientas asistidas por ordenador para una aplicación más eficaz del procedimiento. (FEMA, Exploración rápida visual , 2015)

2.2.3 Mejoras importantes en la tercera edición.

- El formulario de recogida de datos (nivel 1) se ha reorganizado para mejorar la facilidad de uso.
- Un nivel 2 de formulario de datos de recolección opcional se ha añadido. El objetivo de la proyección de nivel 2 es obtener una valiosa información adicional y una evaluación más precisa y sin un aumento sustancial de esfuerzo o tiempo.
- Todavía es una revisión visual rápida, pero se basa en información adicional recogida por un ingeniero o arquitecto con experiencia.
- El número de regiones de sismicidad se ha ampliado de tres a cinco para aumentar la precisión de la detección en las regiones de mayor sismicidad.
- Los últimos resultados básicos y modificadores se han actualizado.
- Las guías de referencia para identificar las irregularidades verticales y plan de ahora se proporcionan para guiar a los cribadores en la determinación de si existen irregularidades, lo que reduce la ambigüedad y limitando la necesidad de juicio.
- Los valores del modificador son el resultado parcial a variar dependiendo de la gravedad de la irregularidad.

- Las grandes multi-unidad, se han añadido con estructura de madera de varios pisos tipos de edificios de viviendas residenciales y manufacturados.
- El procedimiento de detección de peligros no estructurales se ha mejorado.
- Las clases de ocupación se han actualizado para alinear mejor con los del manual técnico HAZUS-MH MR4 (FEMA, 2009a) y el 2012 Código Internacional de Construcción (ICC, 2012).
- Golpeteo y la adyacencia se consideran ahora.
- Se proporciona una mejor orientación para la selección de edificios con adiciones.
- Consideración de modernizaciones existentes se ha incluido en el nivel 2 de datos de formulario de recolección.
- Una puntuación mínima se ha incluido en el formulario de recogida de datos para hacer frente a las puntuaciones negativas.
- Una metodología de puntuación electrónica opcional se ha proporcionado, y FEMA P-154, observación rápida de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo software (ROVER) (FEMA, 2014b) se discute. (FEMA, Exploración rápida visual , 2015)

2.2.4 Procedimientos rápidos del examen visual.

El formulario de recolección de datos utilizado para la detección visual rápida se ha ampliado con una segunda página opcional, en donde la primera página representa una proyección de nivel 1 y la segunda página representa una proyección opcional Nivel 2.

La proyección de nivel 1 es similar al procedimiento utilizado en la segunda edición de la Manual, con los mismos objetivos y el mismo nivel general de conocimientos técnicos necesarios a partir de los formularios.

La detección de nivel 2 es más detallada que la proyección de nivel 1, y requiere una mayor experiencia para completar, pero todavía es rápida y visual. En ambos niveles, el cribador rellena el formulario y determina una puntuación para el edificio. Esta puntuación proporciona una indicación del comportamiento sísmico esperado del edificio.

La puntuación de nivel 2 puede ser mayor que la puntuación Nivel 1 (que indica un menor riesgo sísmico), porque los resultados modificadores dentro de la puntuación de detección de nivel 1 tienen valores más conservadores.

En algunos casos, la puntuación de nivel 2 puede ser inferior a la puntuación de nivel 1, porque la proyección Nivel 2 evalúa algunos artículos en más detalle e incluye algunos elementos no cubiertos por la proyección Nivel 1. Para ambos niveles, los inspectores requieren de la formación, y, para fines de control de calidad, el programa de filtrado debe ser supervisado por un profesional de diseño con conocimientos en diseño sísmico, evaluación y evaluación de riesgos.

Hay cinco versiones de cada forma, cada uno de las regiones de baja, moderada moderadamente alta, alta y muy alta sismicidad. Las formas de las regiones de sismicidad moderada, moderadamente alto, alto y muy alto varían sólo en los valores asignados a las

calificaciones básicas y la puntuación modificadores y en los criterios utilizados para evaluar el golpeteo. Véase Apéndice A. (FEMA, Exploración rápida visual , 2015)

2.3 Marco conceptual

En este subcapítulo se definen los conceptos más importantes, que son necesarios para el desarrollo del presente trabajo de grado.

2.3.1 Sismo.

Un sismo es un movimiento brusco y repentino de la corteza terrestre, que se siente en forma de vibraciones en distintas direcciones en la superficie, por el efecto de las ondas sísmicas a través de las cuales se expresa la liberación de energía anteriormente acumulada en las capas internas de la corteza del planeta tierra. Son fenómenos naturales que pueden ser provocados por un gran número de razones, siendo la principal la actividad tectónica del planeta tierra, debido principalmente a procesos de origen tectónico, como el desplazamiento entre bloques rígidos (que generan planos de deslizamiento llamados fallas en los cuales se reúne energía hasta que la misma es expulsada en un evento sísmico); aunque también pueden generarse sismos como consecuencia de actividad volcánica, cuando se presenta una erupción de grandes magnitudes se generan vibraciones en los alrededores, mismas que pueden sacudir edificaciones y causar daños; sin embargo a diferencia de los sismos de origen tectónico, los causados por erupciones son de un alcance muy reducido en un nivel comparativo. (MENA., 2016)

2.3.2 Tipos de sismos.

Los sismos se pueden clasificar en temblores, tsunami y terremotos.

2.3.3 Riesgo sísmico.

El riesgo sísmico, por su parte, lo que busca es reflejar la probabilidad de que para un sitio específico, las afectaciones económicas y materiales, así como los efectos de aceleración del terreno, posean valores mayores a los prefijados para estos parámetros dentro de un lapso consolidado. (MENA., 2016)

2.3.4 Amenaza sísmica.

La amenaza sísmica es un parámetro que pretende predecir la probabilidad de que un cierto valor de intensidad sísmica (comúnmente determinada a través de la aceleración del terreno medida instrumentalmente) sea superado en un período de tiempo predeterminado. (MENA., 2016)

2.3.5 PBOT.

Es el plan básico de ordenamiento territorial, el cual abarca una cantidad considerable de información del estado actual del territorio, para que los municipios entre 30.000 y 100.000 habitantes puedan realizar planeación, uso de suelos y ordenamiento del territorio.

2.3.6 Vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

Cuando se hace referencia al término de vulnerabilidad sísmica de las viviendas este debe ser entendido como el grado de daño probable que puede sufrir una estructura como respuesta y secuela o derivación de la ocurrencia de un fenómeno sísmico de características determinadas, observables, registrables y clasificables, tanto desde un punto de vista cualitativo como

cuantitativo; que finalmente influye en las propiedades físicas de varias estructuras, así como en las características. (MENA., 2016)

2.3.7 Vulnerabilidad estructural.

La vulnerabilidad estructural es aquella que se refiere a la facilidad con que se puede perjudicar la integridad de los elementos sísmo resistente de una estructura durante un evento sísmológico, a causa del mismo. Los elementos sísmo-resistentes, son a su vez, aquellos encargados de recibir, resistir, y transmitir a la cimentación de la estructura aquellas las cargas a las cuales esta se ve expuesta; cargas que pueden ser de tipo temporal, permanente, de sísmo, empuje o ambientales. Este tipo de vulnerabilidad es el de mayor relevancia desde el punto de vista de un diseñador estructural, ya que se trata de la ocurrencia de fallas en resistencia de miembros de la estructura sin los cuales está no puede mantenerse en pie. La vulnerabilidad estructural alta de un edificio indica que probablemente este colapsará durante un sísmo, al estar expuesto a la vibración del terreno y una sacudida más fuerte de lo que está preparado para asimilar. (MENA., 2016)

2.3.8 Vulnerabilidad no estructural.

La vulnerabilidad no estructural también puede considerarse como la susceptibilidad de los miembros de una edificación a fallar por resistencia durante un sísmo, es decir, a que las sollicitaciones del ambiente circundante terminen por ser mayo-res que los esfuerzos máximos que puedan resistir dichos miembros.

2.3.9 Diferencia entre vulnerabilidad estructural y no estructural.

La diferencia entre la vulnerabilidad estructural y la no estructural es que en esta última los elementos sujetos a daños considerables no son indispensables para que la obra se mantenga estable. Sin embargo, lo anterior no significa que una edificación no pueda quedar inhabilitada debido a consecuencias de la vulnerabilidad no estructural, en muchos casos el colapso de equipos mecánicos y elementos arquitectónicos, así como de componentes no fijos de la estructura, pueden dejar a la misma fuera de condiciones admisibles para seguir operando, por lo que la evacuación sería prioritaria. Casos en los que la vulnerabilidad no estructural pesa tanto o más que la estructural pueden encontrarse en hospitales, clínicas, fábricas y demás. (MENA., 2016)

2.3.10 Evaluación visual rápida, Rapid Visual Screening (RVS).

La evaluación rápida visual es el procedimiento RVS, este utiliza una metodología basada en una encuesta de una vivienda con respecto a su vulnerabilidad sísmica y un formulario de recolección de datos, que debe ser diligenciado por personas con experiencia o conocimientos del tema, para que pueda realizar la encuesta completa, basada en la observación visual del edificio desde el exterior, y si es posible, el interior. (FEMA, Exploración rápida visual , 2015)

2.4 Marco teórico

2.4.1 Procedimiento de la evaluación rápida visual (RVS).

El procedimiento de detección rápida visual (RVS) se ha desarrollado para identificar, edificios que son potencialmente peligrosos sísmicamente. Una vez identificados como potencialmente peligrosas, tales edificios deben ser evaluados además por un diseño profesional

con experiencia en el diseño sísmico para determinar si, de hecho, son sísmicamente peligrosas. El formulario de Recogida de Datos de dos páginas (que se muestra en las Figuras 1-2 incluye espacio para documentar la información de identificación de edificio, incluyendo su uso y tamaño una fotografía del edificio, bocetos, y la documentación de los datos pertinentes relacionados con el comportamiento sísmico. Sobre la base de los datos recogidos durante la encuesta, una puntuación se calcula que proporciona una indicación del comportamiento sísmico esperado del edificio. Una vez que se ha tomado la decisión de llevar a cabo la inspección visual rápida para una comunidad o grupo de edificios, el esfuerzo de selección se puede acelerar mediante la planificación previa al campo, incluida la formación de los inspectores, y la gestión general cuidadosa del proceso. (FEMA, Agencia Federal para el Manejo de Emergencia, 2016)

2.4.2 Formularios para la evaluación visual rápida, por el método de FEMA P-154.

Completar el formulario de recogida de datos en el campo comienza con la identificación del sistema sísmico estructural primario resistente a la fuerza y los materiales estructurales del edificio, para los diversos tipos de viviendas se proporcionan en la forma, y el agente de control apropiado. El investigador modifica la puntuación básica. Las puntuaciones modificadas están relacionadas con los atributos de rendimiento observados y se añaden a continuación (o se restan) a la nota de base para llegar a una puntuación final. Un examen más detallado del edificio se puede documentar mediante el uso de la forma opcional se presenta en la segunda página del formulario de recogida de datos. Esta forma opcional permite al usuario ajustar la nota final con modificadores adicionales, modificadores del portero y puntuaciones finales se refieren a la probabilidad de colapso del edificio, si se produjera un terremoto. Las puntuaciones finales típicamente varían de 0 a 7 (FEMA, Exploración rápida visual , 2015)

En el apéndice A, se muestran los formatos de nivel 1 y nivel 2, que son los formularios originales brindados por el manual, dichos formularios a la hora de realizar la inspección rápida visual en el barrio Cristo Rey del municipio de Ocaña, son debidamente adecuados, teniendo en cuenta las normas de Colombia y los tipos de estructuras que se encuentran en la región.

2.4.3 Zonas de amenaza sísmica.

Según la norma sismo resistente colombiana las edificaciones deben localizarse dentro de una de las zonas de amenaza sísmica que se definen a continuación.

- **Zona de amenaza sísmica baja:** Es el conjunto de lugares en donde tanto **Aa** como **Av** son menores o iguales a 0.10.
- **Zona de amenaza sísmica intermedia:** Es el conjunto de lugares en donde **Aa** o **Av**, o ambos son mayores de 0.10 y ninguno de los dos excede 0.20.
- **Zona de amenaza sísmica alta:** Es el conjunto de lugares en donde **Aa** o **Av**, o ambos, son mayores que 0.20 (AIS, 2010)

Tabla 1.

Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y de Av

Mayor valor entre Aa y Av	Asociado en mapas de las figura 1-2 y a Región	Amenaza Sísmica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

Nota: Adaptación de la Tabla A.2.3-1 NSR-10

Fuente: NSR-10

En ese orden de ideas el reglamento de construcción sismo resistente colombiano divide en tres zonas la amenaza sísmica baja, intermedia y alta, sin embargo, la metodología FEMA P-154 Considera cinco zonas de amenaza sísmica que se muestran en la tabla 2

Tabla 2.

Determinación de la región de sismicidad a partir de la respuesta de aceleración espectral MCER.

Amenaza sísmica	Spectral Acceleration response, SS (short-period, or 0.2 seconds)	Spectral Acceleration Response, S1 (long-period, or 1.0 second)
Baja	$< 0.25g$	$< 0.10g$
Moderada	$\geq 0.25g < 0.50g$	$\geq 0.10g < 0.20g$
Moderada- Alta	$\geq 0.50g < 1.0$	$\geq 0.20g < 0.40g$
Alta	$\geq 1.0 < 1.50$	$\geq 0.40g < 0.60g$
Muy Alta	≥ 1.50	$\geq 0.6g$

Nota 1: g = Aceleración de la gravedad en dirección horizontal

Nota 2: Adaptación de la tabla 2-2 FEMA P-154, 2015

Fuente: (FEMA, Exploración rápida visual , 2015)

Por esta razón es necesario realizar la configuración del manual FEMA P-154 con la norma Colombiana NSR-10, que se presenta en la tabla 3

Tabla 3.

Configuración de la zona de amenaza sísmica entre FEMA P-154 y la NSR-10

Zona de sismicidad	S1	Amenaza sísmica	Aa
<i>Baja</i>	$< 0.10g$	<i>Baja</i>	$< 0.10g$
<i>Moderada</i>	$\geq 0.10g < 0.20g$	<i>Intermedia</i>	$\geq 0.10g < 0.20g$
<i>Moderada-Alta</i>	$\geq 0.20g < 0.40g$	<i>Intermedia</i>	$\geq 0.10g < 0.20g$
<i>Alta</i>	$\geq 0.40g < 0.60g$	<i>Alta</i>	$\geq 0.20g < 0.40g$
<i>Muy alta</i>	$\geq 0.6g$	<i>Alta</i>	$\geq 0.40g < 0.50g$

Fuente: (FEMA, Exploración rápida visual , 2015)

2.4.4 Modificación opcional del formulario de recolección de datos.

El formulario de recolección de datos puede ser usado como se presenta en el manual o modificado por el director o el ingeniero supervisor de acuerdo a las necesidades del programa. Durante el proceso de la modificación es sumamente importante no cambiar ni suprimir ningún valor de los puntajes básicos, de los modificadores de puntajes ni de las especificaciones consignadas en el segundo nivel. (FEMA, Exploración rápida visual , 2015). Véase apéndice B

2.4.5 Bases de datos municipales.

Los municipios o gobiernos descentralizados de las diversas regiones del país pueden proveer de información sustancialmente útil para la realización de la evaluación. La cantidad de información que se puede obtener de las autoridades depende de cada una de ellas, siendo así que en algunos municipios se puede obtener información sobre: año de construcción de la estructura, área de la construcción, incluso en ocasiones se puede obtener información acerca del tipo de

construcción o de los peligros geológicos a los que está expuesta (FEMA, Exploración rápida visual , 2015)

2.4.6 Información del tipo de suelo.

Debido a que la información brindada por la administración municipal de Ocaña es el PBOT, es de allí donde como referencia a la información que existe por los entes municipales se toma el tipo de suelo del barrio Cristo Rey. El tipo de suelo sobre el cual se asienta la estructura es de suma importancia ya que el mismo será quien defina la duración y amplitud del movimiento del suelo cuando se produce un evento sísmico. Si no se pudo determinar el tipo de suelo, es importante señalar que el mismo se desconoce y asumir el tipo de suelo como si se tratase de un suelo tipo D, ya que en la documentación que nos facilita el PBOT, no hace referencia al tipo de suelo del barrio en específico.

2.4.7 Identificación del tipo de edificación y documentación de la puntuación básica.

La identificación del tipo de estructura es una parte muy importante al momento de realizar la evaluación, pues en función del tipo de estructura que sea elegida se tendrá un sistema básico de puntuación de la misma, y el cual depende también de la región sísmica en la que se encuentre (FEMA, 2015).

La norma FEMA ha establecido un total de 17 tipos de estructuras, las cuales tienen principalmente como características similares su material de construcción y su sistema estructural que resiste las cargas sísmicas. Esta agrupación es importante, pues permite al evaluador saber de una manera más sencilla cuáles serán las fortalezas y debilidades de la estructura y así mismo estimar cuál será su comportamiento ante un evento sísmico, estos tipos

de estructuras se encontrarán especificados en la guía realizada para el cumplimiento del objetivo específico que hace referencia a este.

2.5 Marco legal

2.5.1 Decreto 1400 1984 (07 junio).

En el año de 1983, bajo la ley 11 de 1983, se adopta para uso obligatorio en todo el territorio nacional el Código, Decreto 1400 de junio 7 de 1984, "Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes".

2.5.2 LEY 400 - 1997 (19 agosto).

La presente Ley establece criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas, así como de aquellas indispensables para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo, que puedan verse sometidas a fuerzas sísmicas y otras fuerzas impuestas por la naturaleza o el uso, con el fin de que sean capaces de resistirlas, incrementar su resistencia a los efectos que éstas producen, reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del Estado y de los ciudadanos.

2.5.3 Decreto 33 - 1998 (09 enero).

Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-98 y en ejercicio de las facultades constitucionales y legales, en especial las que le confieren el Artículo 189, Numeral 11, de la Constitución Política y la Ley 400 de

1997, y con forme a esto se adopta siguiente Reglamento de construcciones sismo resistentes, NSR-98, que tendrá vigencia en todo el territorio de la República.

2.5.4 Decreto 926 – 2010 (19 marzo).

Por medio del Decreto 926 del 19 de marzo de 2010, el Gobierno Nacional expidió el Reglamento NSR-10, se expidió con base en la Potestad Reglamentaria que da la Ley 400 de 1997 y deroga los Decretos 33 de 1998, 34 de 1999, 2809 de 2000 y 52 de 2002. Además, indica que entra en vigencia el día 15 de julio de 2010 y además permite a quienes tramiten licencias de construcción acogerse a sus requisitos en el lapso entre la publicación en el Diario Oficial del Decreto 926 de 2010 y la fecha en que entra en vigencia. El contenido del Reglamento se ajusta en todo a lo establecido en la Ley 400 de 1997. Este Reglamento podrá ser actualizado y modificado en el futuro, cuando se estime conveniente, por medio de la expedición de nuevos Decretos Reglamentarios por parte del Gobierno Nacional y previo visto bueno de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. (REGLAMENTO COLOMBIANO NSR-10, 2010)

2.5.5 Decreto 919 – 1989 (01 mayo).

Derogado por el art. 96, Ley 1523 de 2012. Reglamentado por el Decreto Nacional 976 de 1997, Reglamentado por el Decreto Nacional 2015 de 2001, Reglamentado Parcialmente por el Decreto Nacional 4550 de 2009 Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se dictan otras disposiciones

2.5.6 Ley 1523 – 2012 (24 abril)

Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. La gestión del riesgo de desastres es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

CAPÍTULO 3: Diseño Metodológico

3.1 Tipo de investigación.

Este proyecto se realizó por medio de una investigación de tipo descriptiva cuantitativa, debido a que se analizara la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo Rey de la comuna dos Nor-oriental Cristo Rey, del municipio de Ocaña Norte de Santander, por medio de la metodología FEMA, para poder establecer el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas en la que se encuentran las viviendas de dicho barrio.

3.2 Población y muestra.

La población de estudio son las viviendas del barrio cristo rey, en su totalidad se lograron contabilizar 483 viviendas, de las cuales 208 viviendas según el CMGRD (Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres) se encuentran en alto riesgo.

3.3 Recolección de la información.

La técnica de recolección de información que se usara para poder cumplir con los objetivos del proyecto, es el uso de fuentes primarias, por medio de visitas técnicas, empleando la metodología FEMA P-154 que basa la recolección de los datos en una evaluación visual de las viviendas a evaluar y en el registro de estos datos en uno de los cinco formularios.

En el caso del formulario utilizado en el sector de la comuna dos nor-oriental Cristo Rey, en el barrio cristo rey, se selecciona en de moderada-alta, ya que la metodología FEMA P-154 nos describe cinco formularios según la zona de amenaza sísmica, tales se dividen en baja,

moderada, moderada-alta, alta y muy alta sismicidad; en el caso de Colombia y tomando como base la NSR-10 en la clasificación de las zonas de amenazas sísmicas de cada municipio de Colombia, describe a Ocaña como zona Intermedia, pues esta divide las zonas de amenazas sísmicas en baja, intermedia y alta, por tal razón al hacer correspondencia de Ocaña con el manual FEMA P-154, le correspondería Moderada-Alta.

La recolección de datos por medio del formulario, lleva como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas por medio de una puntuación final, determinada por dos niveles de evaluación (S). El manual maneja y describe 17 tipos de construcciones que pueden ser utilizadas, y los modificadores de puntuación tales como irregularidades verticales y en planta, altura, código de construcción (es decir si se construyó antes o después de la creación de las normas de construcción en Colombia) y el tipo de suelo.

Ocaña se encuentra según la NSR-10 en una zona de amenaza sísmica intermedia, los valores correspondientes para el municipio de Aa es de 0.2g y Av es de 0.15 por lo tanto se utiliza la zona de amenaza sísmica del manual FEMA P-154 Moderada-Alta.

3.4 Análisis y recolección de datos.

Después de recolectar toda la información por medio de los formularios de la evaluación rápida visual del FEMA P-154, se procedió a calcular el índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas (S), para cada una de las viviendas, este se determinó mediante la suma o resta de los indicadores y puntajes que tiene la evaluación para cada tipo de estructura, es decir que todas las viviendas adquirirán una puntuación diferente sin importar si están adyacentes o distantes.

Para determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas, está dividido en tres: vulnerabilidad sísmica baja, que es cuando el puntaje final (S) es inferior o igual a 2, vulnerabilidad sísmica media, que es cuando el puntaje final (S) está entre 2 y 2,5 y vulnerabilidad sísmica alta cuando el puntaje final (S) es mayor a 2,5.

Dichos puntajes finales (S) anteriormente mencionados, se obtienen sumando los puntajes finales de las evaluaciones del nivel 1 y nivel 2, cada una de ellas se hace en cada vivienda, el nivel 1 evalúa lo básico, mientras el nivel 2 hace un examen más detallado.

Todo esto se hizo con el fin de realizar al final un informe que determine la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de cada una de las viviendas del Barrio Cristo Rey de Ocaña, incluyendo en este los resultados por medio de tablas, gráficos y porcentajes, es así que también busca el cumplimiento de los objetivos planteados en este proyecto.

3.5 Metodología.

El objetivo principal de este proyecto fue la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo Rey de la comuna dos del municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia, aplicando la metodología del manual Fema P-154.

Para lograr este propósito, se realizaron los siguientes pasos:

1. Hacer el estado del arte con referencia a los trabajos realizados con este tipo de metodología usada por el manual FEMA P-154 es así como cabe aclarar que el estado del arte que se realiza con mayor referencia e interés es de los estudios similares realizados en Colombia

especialmente en otras universidades ya sea con la tercera edición de enero del 2015 del FEMA P-154 o ediciones anteriores.

2. Realizar la adaptación del manual FEMA P-154 a la norma NSR-10 que es la que rige validez en Colombia, con respecto a la zona de amenazas sísmica que corresponde a la población de estudio.

3. Procesamiento, levantamiento y registro fotográfico para realizar los formularios del manual FEMA P-154 a las 483 viviendas que conforman el barrio de Cristo Rey en Ocaña, Norte de Santander.

4. Digitación de datos recolectados por medio de los formularios del FEMA P-154 para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo Rey, incluyendo información de los tipos de construcción basados en el manual.

5. Generar la guía para la aplicación del FEMA P-154 con el fin de que este método se siga aplicando en el municipio de Ocaña o cualquier comunidad que lo necesite para su desarrollo, para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

6. Se hará la creación del programado con Excel y visual Basic, para tener mayor orden de la información digital, así como la identificación rápida del tipo de vulnerabilidad sísmica en que se encuentra cada vivienda del barrio Cristo Rey.

7. Crear un mapa de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio, con especificación de cada vivienda y su respectiva manzana, en lo referente a su vulnerabilidad sísmica de las viviendas, con el fin último de cumplir con los objetivos de este proyecto.

CAPÍTULO 4: Resultados

4.1. Hallazgos y conclusiones.

4.1.1 Determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo Rey de la comuna dos del municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia, aplicando la metodología del manual Fema P-154.

Dada la posibilidad de ocurrencia de un evento sísmico en la región que compone a Ocaña, Norte de Santander, además de las catástrofes que este evento puede traer.

La determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas, aplicando la metodología del Fema P-154, permite predecir el daño de las viviendas o la tolerancia de ellas frente a un evento sísmico, evaluando el estado actual de la vivienda.

Esta investigación se centra en estudiar las viviendas de forma visual, para poder tener un diagnóstico rápido del estado actual de la vivienda y establecer un puntaje que permita clasificar la vulnerabilidad sísmica de la vivienda.

La determinación adecuada de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo Rey, requirió el desarrollo de los objetivos específicos descritos a continuación:

4.1.1.1 Ejecutar un examen en el barrio Cristo Rey, de Ocaña, Norte de Santander, empleando el formato adaptado de evaluación visual rápida, Rapid Visual Screening (RVS), de recolección de datos de campo, para identificar las patologías de las viviendas.

El examen visual rápido, dado por el FEMA P-154, establece el tipo de vulnerabilidad sísmica que puede presentar una vivienda. Es así como este examen, se emplea por los entes

gubernamentales de diferentes países del mundo, para determinar de manera rápida la vulnerabilidad de una vivienda al momento de un sismo.

El desarrollo de esta investigación se inició con el conocimiento de la metodología FEMA P-154, pues este método de evaluación rápida de las viviendas, es un método estadounidense de amplia aplicación en Colombia y otros países.

4.1.1.1.1 Metodología FEMA P-154

La metodología FEMA P-154, es un método de evaluación rápida visual, donde se pretende determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas. El FEMA P-154 tercera edición, es una metodología estadounidense con un total de 388 páginas donde se detalla la utilización del formato de evaluación rápida visual.

4.1.1.1.2 Estudio del manual FEMA P-154.

Esta investigación, ha entendido la responsabilidad con la comunidad, pues en el municipio de Ocaña no existen estudios de este tipo, por consiguiente, fue necesario documentarse previamente a la realización del examen.

4.1.1.1.3 Adecuación del formato para realizar el examen en Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

Posterior al estudio y comprensión del manual FEMA P-154, se hizo la adecuación de los formatos de evaluación rápida a Ocaña, para esto se tradujeron los formatos.

4.1.1.1.3.1 Ubicación de la vivienda.

La información para poder ubicar la vivienda fue es precisa y certera, con el fin de que se pueda encontrarse esta vivienda de forma satelital o en el sitio de campo.

Dirección:	_____	Código postal	_____
Otras referencias:	_____		
Nombre de la edificación	_____		
Uso	_____		
Latitud:	_____	Longitud:	_____
Aa:	_____	Av:	_____
Evaluador(es):	_____	Hora y Fecha:	_____

Figura 1 Ubicación de la vivienda

Fuente: Fema P-154

En la dirección de la vivienda, se recomienda que sea obtenida con la información de catastro de la vivienda, así se obtendrá la dirección catastral. Si la vivienda no cuenta en el momento con la dirección catastral, es posible tomar la información reportada por la empresa que brinda el servicio de electricidad a los hogares centrales eléctricas de Norte de Santander (CENS). CENS usa un código denominado KDX y tiene en cuenta la manzana en la que está ubicada la vivienda según los datos dados por el Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

El código postal que se utilizó fue el brindado por la NSR-10 en el título A, donde al municipio de Ocaña del departamento de Norte de Santander le especifica el código 54498.

Si se tienen otras referencias, como el número de la manzana donde se encuentra la vivienda, y el nombre de la edificación, puede ser reportada, caso contrario no se reporta.

El uso de la vivienda debe especificarse teniendo en cuenta los usos definidos en FEMA P-154.

Las coordenadas geográficas (longitud y latitud) de cada una de las viviendas evaluadas se hicieron con uso del sistema de posicionamiento global, GPS. El GPS utilizado fue un GARMIN de precisión de 3 metros, por su facilidad de uso y comprensión de datos.

En el formulario original se tiene en cuenta el S1 y el Ss, que representan la respuesta de la aceleración espectral, en períodos cortos es Ss y en períodos largos es S1. Estos coeficientes no se tienen en cuenta en la evaluación realizada en Ocaña, pues no existe un estudio de microzonificación sísmica en la ciudad. Es así como se hace uso de los coeficientes de aceleración horizontal pico efectiva (Aa) y el coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva (Av), dados en la NSR-10 título A, en el apéndice A-4, donde se especifica que al municipio de Ocaña le corresponden para Aa un valor de 2.0 y para Av un valor de 1.5.

Los evaluadores, la fecha y la hora son datos que representan la persona que realizó la visita, junto a la fecha y hora, además toma la fotografía de la vivienda.

4.1.1.1.3.2 Características de la vivienda.

A la vivienda que se le aplica una evaluación de la vulnerabilidad sísmica por medio de la metodología del FEMA P-154, se le debe incluir las características de ella. Esta información ayuda a identificar los peligros exteriores de la vivienda, las irregularidades que tiene la construcción, los peligros geológicos, la ocupación, años de construcción y adiciones a estas construcciones y el número de pisos que tiene la construcción. Todo esto ayuda a identificar la vivienda y evaluar el potencial de daño que puede causar un sismo en la vivienda.

N° de pisos: Sobre NT: _____ Bajo NT: _____		Año de construcción <input type="checkbox"/> EST	
Área total en planta (m²) _____		Año del código: _____	
Adiciones: <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Si, Año(s) de construcción _____			
Ocupación	Sala de reuniones	Comercial	Emergencias <input type="checkbox"/> Histórico <input type="checkbox"/> Refugio <input type="checkbox"/>
	Industrial	Oficinas	Escolar <input type="checkbox"/> Gobierno <input type="checkbox"/>
	Serv. Pub.	Almacén	Residencial: # unidades _____
Tipo de suelo:	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C
	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> E	<input type="checkbox"/> F
	DNK		
Peligros geológicos:	Roca Dura	Roca Media	Suelo Denso
	Suelo Rígido	Suelo Suave	Suelo pobre
	Licuefacción		Si/no/DNK
Adyacencia <input type="checkbox"/>	Golpeteo <input type="checkbox"/> Peligro por objetos caídos de otros edificios		Deslizamiento Si/no/DNK
	Ruptura de falla de superficie: Si/no/DNK		
Irregularidades:	<input type="checkbox"/> Vertical (Tipo/Severidad) _____		
	<input type="checkbox"/> Planta (Tipo) _____		

Peligros exteriores	<input type="checkbox"/> Chimeneas sin refuerzo	<input type="checkbox"/> Revestimientos pesados	
	<input type="checkbox"/> Parapetos	<input type="checkbox"/> Anexos constructivos	
	<input type="checkbox"/> otros _____	_____	

Figura 2 Características de la vivienda.

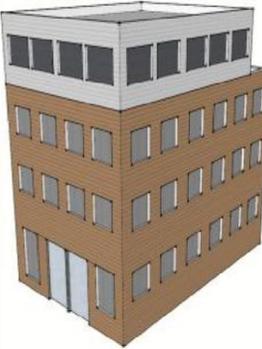
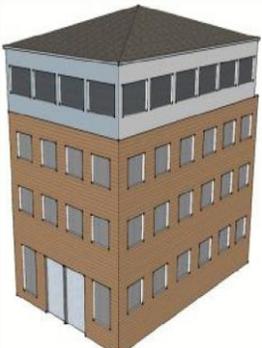
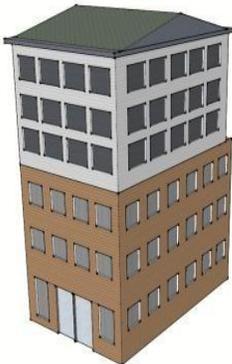
Fuente: Fema P-154

Las características que afectan el puntaje final de la vivienda, son: las irregularidades, el tipo de suelo, el año de construcción y el golpeteo.

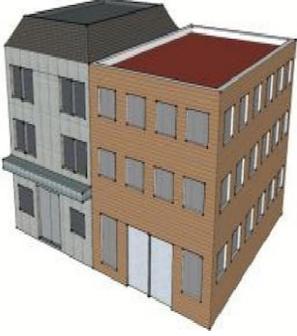
El número de pisos y área, se obtiene visualmente en el caso del número de pisos y con la cinta métrica para el área de construcción. En el número de pisos pueden ser sobre el nivel del terreno (SNT) y bajo el nivel del terreno (BNT), además el área se mide en metros cuadrados como se especifica en el formato.

El año del código, en gran parte la zona estudiada no aplicaba, pues son viviendas construidas antes de la creación de los códigos de sismo resistencia en Colombia, como en otros casos que las viviendas aplicaban para la norma sismo resistente de 1998 y la del 2010 (NSR-10).

En las adiciones se reportaba si se había construido algo más en la vivienda después de su construcción original, de lo contrario se marcaba en el recuadro de ninguna. la figura 3, especifica los tipos de adiciones, para ser reconocidos rápidamente de forma visual.

Orientación	Tipo de Ampliación	Ejemplo gráfico	Recomendación de la metodología RVS	Notas e Instrucciones Adicionales
Vertical	Un solo piso de adición con un área en planta menor que la edificación original		Evaluar como una sola edificación usando el número total de pisos de la edificación original y la adición e indicar una irregularidad vertical de discontinuidad.	Se aplica la irregularidad vertical de discontinuidad si el área en planta de la adición es menor que el 90 por ciento del área del piso bajo esta, o si dos o más muros de la adición no se encuentran alineados con los muros en el piso bajo la misma.
Vertical	Uno o múltiples pisos adicionales con un área en planta y sistema sísmico resistente similar que el de la edificación original		Evaluar como una sola edificación usando el número total de pisos de la edificación original más los pisos de la adición.	Si los elementos verticales del sistema resistente sísmico de la adición no están alineados con los elementos verticales del sistema resistente sísmico del piso inferior, se aplica la irregularidad vertical de discontinuidad.
Vertical	Uno o múltiples pisos adicionales en los cuales la adición tiene un sistema sísmico resistente diferente que la edificación original		Evaluar como una sola edificación, pero considerar la existencia de otra irregularidad vertical moderada observable.	Si el área de la adición es menor que el 90 por ciento del piso bajo la misma, o si dos o más muros de la adición no se encuentran alineados con los muros en el piso bajo la misma, una irregularidad vertical de discontinuidad debería también ser señalada.

Continuación:

Orientación	Tipo de Ampliación	Ejemplo gráfico	Recomendación de la metodología RVS	Notas e Instrucciones Adicionales
Horizontal	Adiciones con el mismo tipo de construcción y número de pisos que la edificación original y la dimensión horizontal de la edificación más estrecha en la interfaz es menor o igual al 50% de la dimensión horizontal de la edificación más ancha.		Evaluar como una sola edificación, pero considerar la irregularidad en planta torsional.	Si la diferencia en la dimensión horizontal esta entre el 50% y el 75%, indicar una irregularidad de retracción en esquina. Si las alturas del piso no están alineadas verticalmente dentro de 60 cm, la presencia de golpeteo debe ser indicada.
Horizontal	La adición tiene diferente altura que la edificación original		Evaluar como una sola edificación usando la altura de la edificación más alta y considerar el modificador de calificación de golpeteo si es que la edificación difiere en más de dos pisos o si los pisos no están alineados verticalmente dentro de 60 cm.	Si la dimensión horizontal de la edificación más estrecha a lo largo de la interfaz es menor que 75% de la dimensión de la edificación más ancha, la irregularidad en planta de retracción en las esquinas debería ser señalada.
Horizontal	La adición tiene diferente tipo de edificación que la edificación original.		Evaluar como una sola edificación con irregularidad torsional usando el tipo de edificación FEMA con la calificación básica más baja entre las dos edificaciones.	Si los pisos no están alineados verticalmente dentro de 60 cm o si el número de piso de la adición difiere en más de dos pisos, también se debe señalar el apropiado modificador de calificación por golpeteo.

Continuación:

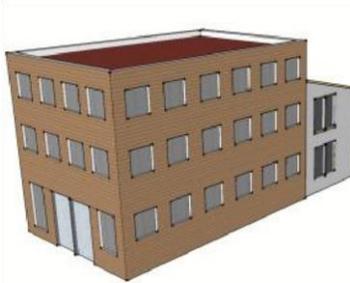
Orientación	Tipo de Ampliación	Ejemplo gráfico	Recomendación de la metodología RVS	Notas e Instrucciones Adicionales
Horizontal	Adición pequeña en la que la misma se apoya en la edificación original.	 Un diagrama tridimensional de un edificio de tres pisos con una adición horizontal en el lado derecho. El edificio principal es de color marrón y tiene una estructura regular. La adición es un volumen más pequeño que se extiende horizontalmente desde el lado derecho del edificio principal, manteniendo la misma altura y estructura de ventanas.	Evaluar como una sola edificación. Evaluar si existe la presencia de una irregularidad de discontinuidad, si hay una diferencia en el número de pisos e irregularidad en planta, si hay una diferencia en cuanto a la dimensión horizontal de la edificación original.	Si el tipo de edificación de la adición es diferente que el de la edificación original, hay que evaluar como si fuesen dos edificaciones con la adición de tener una irregularidad vertical severa observable.

Figura 3 Tipos de adiciones.

Fuente: Autores.

Obtenida esta información se procedía a marcar el tipo de ubicación que el FEMA P-154 dispone para evaluar la vulnerabilidad sísmica preliminar de las viviendas de manera visual y rápida.

El FEMA P-154 establece los tipos de suelo a reportar, en el caso de que exista la presencia del suelo tipo F, no se puede continuar con la evaluación, pues el manual es muy preciso en este punto, concluyendo que la vivienda necesita una evaluación más detallada y compleja. Si se desconoce el tipo de suelo se debe seleccionar el suelo tipo D y marcar la casilla DNK.

En la visita, no se encontró información del tipo de suelo de ninguna de las viviendas, es por ello que se reporta suelo tipo D (DNK) según lo establece el FEMA P-154.

El marco de peligros geológicos abarca 3 temas: deslizamiento, licuefacción y ruptura de falla de superficie, de los cuales se encontró en gran parte deslizamientos y ruptura de falla de superficies en las viviendas más deterioradas. A continuación, se muestran fotografías de

viviendas con peligros geológicos de deslizamiento y ruptura de falla de superficie, encontradas en la realización del examen en el barrio Cristo Rey.



Figura 4 Vivienda con peligro de deslizamiento.

Fuente: Autores



Figura 5 Vivienda con ruptura de falla de superficie.

Fuente: Autores

La adyacencia y las irregularidades se describen en la guía realizada, este como cumplimiento del objetivo específico e incorporada a este trabajo en el apéndice C.

A continuación, se muestran viviendas con irregularidades del barrio Cristo Rey del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Irregularidad vertical



Figura 6 Vivienda con irregularidad vertical, sistema en voladizo.
Fuente: Autores.

Irregularidad en planta



Figura 7 Irregularidad en planta, con retrocesos en las esquinas.
Fuente: Autores

En los peligros exteriores, se identifican aquellos detalles constructivos o no constructivos que estén por fuera de la edificación o del sistema constructivo. A continuación, se muestra una vivienda con un peligro exterior, indicado como parapetos.



Estos bordillos son denominados como parapetos.

Figura 8 Peligros exteriores, parapetos.

Fuente: Autores

Después de pasar la ubicación, información y caracterización de las viviendas, se procedió a determinar el puntaje del primer nivel de cada vivienda.

PUNTUACIÓN BÁSICA, MODIFICADORES Y PUNTUACIÓN FINAL DEL PRIMER NIVEL SL1																		
TIPO DE CONSTRUCCIÓN FEMA	DNK	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Básico		4.1	3.7	3.2	2.3	2.2	2.9	2.2	2.0	1.7	2.1	1.4	1.8	1.5	1.8	1.8	1.2	2.2
Irregularidad Vertical Severa, VL1		-13	-13	-13	-11	-10	-12	-10	-0.9	-10	-11	-0.8	-10	-0.9	-10	-10	-0.8	N/A
Irregularidad Vertical moderada, VL1		-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	N/A
Irregularidad en Planta, PL1		-13	-12	-11	-0.9	-0.8	-10	-0.8	-0.7	-0.7	-0.9	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	N/A
Reglamento previo		-0.8	-0.9	-0.9	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.1	-0.3
Reglamento actual		1.5	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.1	2.4	2.1	2.1	N/A	1.2
Suelo Tipo A o B		0.3	0.6	0.9	0.6	0.9	0.3	0.9	0.9	0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6	0.9
Suelo Tipo E (1-3 pisos)		0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.5
Suelo Tipo E (>3 pisos)		-0.5	-0.8	-1.2	-0.7	-0.9	N/A	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.4	N/A	-0.3	-0.7	-0.7	-0.3	N/A
Puntaje Mínimo, S _{min}		1.6	1.2	0.8	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	1.4
PUNTUACIÓN FINAL, SL1 ≥ S_{min}																		

Figura 9 Puntuación básica del primero nivel.

Fuente: FEMA P-154.

En el barrio objeto de estudio; se encontraron dos tipos de construcción de los 17 tipos con los que cuenta el FEMA P-154 para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica preliminar de las viviendas, estos tipos son mampostería no reforzada (URM) y mampostería reforzada con pórticos resistentes a momentos, con suelo flexible (RM1), posteriormente se detalla los conceptos que abarca cada una de estas dos tipos

URM: Corresponde a las edificaciones que son de mampostería no reforzada, estas edificaciones en Colombia, son frecuentes en este tipo de barrios, ya sea por su antigüedad, por la marginación que presenta la mayoría de sus habitantes o por otros factores. Estas construcciones presentan paredes triangulares (2 aguas) en la parte superior de su estructura. A continuación, se muestra una vivienda examinada del barrio Cristo Rey, que tiene un tipo de construcción en URM



Figura 10 Vivienda con tipo de construcción URM

Fuente: Autores.

RM1: Este tipo de construcción corresponde a mampostería reforzada con pórticos resistentes a momentos, con suelo flexible. Es un tipo de edificación comúnmente utilizado en el

municipio de Ocaña, su configuración estructural ayuda a que las construcciones tengan mayor estabilidad y resistencia y su peso es más aligerado que el de las construcciones URM, es por ello que pueden constituirse por más de 1 piso. El suelo flexible refiere a la cimentación de zapatas con vigas de arrastre. A continuación, se muestra una vivienda del barrio Cristo Rey, cuyo tipo de construcción es RM1.



Figura 11 Tipo de construcción de viviendas RM1.

Fuente: Autores.

Los otros tipos de construcciones se especifican en la guía, anexada en esta investigación es allí se detalla cada uno de los 17 tipos de construcciones que contiene el FEMA P-154 para evaluar la vulnerabilidad sísmica preliminar de las viviendas.

Año de construcción: Este dato es obligatorio, pues afecta directamente el puntaje final del nivel 1, de forma que si la casa es construida antes de 1998 no aplica, su puntaje no suma ni resta cuando se presenta esta vivienda. Si la vivienda fue construida después de la norma de 1998, esta

obtiene un puntaje que resta y si la vivienda fue construida estando en vigencia el código actual del año 2010, esta obtiene un puntaje que suma y es bastante bondadoso con valor final.

La evaluación del nivel 2, es realizada detalladamente y llevando los puntajes que se obtiene en el nivel 1, como lo es la puntuación final del nivel 1 y de las irregularidades verticales y en planta.

La evaluación del nivel 2 es más detallada, en ella se incluye cada tipo de irregularidades verticales y en planta que puede presentar la vivienda. En las viviendas evaluadas en el barrio Cristo Rey, las irregularidades verticales se reducían a 3 tipos que se describen a continuación:

Irregularidad vertical por discontinuidad: En estas se encontraron 2 de los 3 tipos existentes, la primera es cuando el sistema se encuentra en voladizo y la segunda cuando los elementos estructurales están desplazados hacia adentro, en la siguiente figura se muestra una vivienda con las dos irregularidades presentes en el mismo caso.



Figura 12 Irregularidades verticales.

Fuente: Autores.

Irregularidad vertical por terreno en pendiente: Esta irregularidad es cuando la estructura presenta al menos un piso completo bajo en nivel del terreno, esto se puede mostrar en la figura 13 que se muestra a continuación.



Figura 13 Vivienda bajo el nivel del terreno.
Fuente: Autores.

Las irregularidades en planta reportadas en esta investigación fueron 2, se describen a continuación:

Irregularidad en planta con sistemas no paralelos: Esta irregularidad se reporta cuando la edificación presenta elementos que no son ortogonales entre sí. Véase la figura 14.



Figura 14 Irregularidad en planta con sistemas no paralelos.
Fuente: Autores.

Irregularidad en planta con retrocesos en las esquinas: Esta irregularidad en planta, se pueden detallar en la figura 15, donde las paredes de la vivienda y su sistema estructural presentan retrocesos.



Figura 15 Irregularidad en planta con retrocesos en las esquinas
Fuente: Autores.

El golpeteo: es un fenómeno que presentan las viviendas al ocurrir un sismo, al estar unidas entre ellas, pues se requiere de un espaciamiento mínimo, contemplado por la zona de amenaza sísmica donde se encuentre la vivienda.

Esta información se encuentra detallada en la guía anexada a esta investigación, realizada por los autores del proyecto, donde se indica cada tipo de golpeteo que se puede presentar, además de los valores mínimos de separación de las viviendas. Véase apéndice C.

Al momento de realizar este objetivo específico, se reporta toda la información requerida por la metodología FEMA P-154, para determinar la vulnerabilidad sísmica preliminar de las viviendas del barrio Cristo Rey y se termina todo el trabajo de campo requerido para esta investigación.

4.1.1.2 Analizar los datos correspondientes a cada vivienda aplicando el método FEMA P-154, para conocer la puntuación final (S) de las edificaciones del barrio Cristo Rey de la comuna 2 sector nor-oriental barrio Cristo Rey del municipio de Ocaña.

El análisis de los datos obtenidos después de aplicar el examen rápido visual, se hizo detalladamente en cada vivienda. Se conoce la puntuación final de cada una de las viviendas dada por los siguientes rangos, establecidos a criterio de los autores y comprendidos entre los valores de 0 a 7 según lo definido por el FEMA P-154 tercera edición:

Vulnerabilidad sísmica baja, que es cuando el puntaje final (S) es inferior o igual a 2.

Vulnerabilidad sísmica media, que es cuando el puntaje final (S) está entre 2 y 2,5.

Vulnerabilidad sísmica alta cuando el puntaje final (S) es mayor a 2,5. (FEMA, Exploración rápida visual , 2015).

En esta investigación, la realización de este objetivo específico se dividió en 3 partes, descritas a continuación:

4.1.1.2.1 Organización de la información.

La información es organizada por manzanas, donde el barrio Cristo Rey comprende 22 manzanas, con un total de 483 viviendas reportadas.

En la siguiente tabla se especifica el número total de viviendas correspondiente a cada manzana. Véase la tabla 4.

Tabla 4*Manzanas con su número de viviendas*

<i>Manzana</i>	<i>Número de viviendas</i>
62	5
65	30
66	16
69	15
70	14
71	58
72	32
73	23
75	2
77	39
78	14
79	17
81	20
82	15
84	14
85	16
87	59
241	4
326	17
327	8
344	60
VC	4
Total	483

Fuente: Autores.*4.1.1.2.2 Digitación de datos.*

A medida que se cumplía el primer objetivo que es la realización de la evaluación visual rápida, se determinaban los puntajes de vulnerabilidad sísmica de las viviendas, estos se hacían al momento de la digitación de cada uno de los formatos estipulados por manual FEMA P-154. En total son 483 viviendas reportadas, que se anexan a esta investigación en el apéndice D.

4.1.1.2.3 Análisis de datos.

El análisis de datos de cada característica de las viviendas evaluadas. A continuación, se muestra los diagramas obtenidos de toda la información recopilada del barrio Cristo Rey.

Tipo de construcción.

Como se ha escrito anteriormente, en el barrio Cristo Rey, existen dos tipos de construcción, de los 17 tipos que estipula el FEMA P-154 tercera edición.

Los tipos de construcción son RM1 con un total de 103 viviendas y URM con un total de 380 viviendas, para un total de 483 viviendas que componen el barrio Cristo Rey. Ver figura 16.

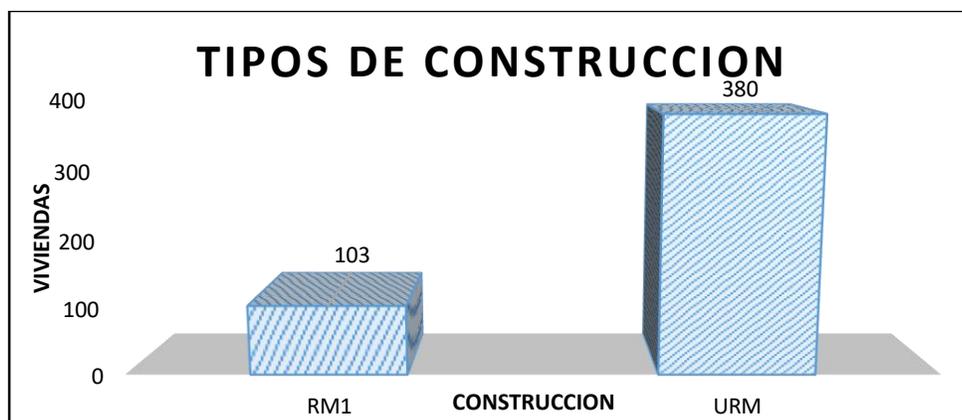


Figura 16 Tipos de construcción.

Fuente: Autores.

Viviendas sobre el nivel del terreno.

Las viviendas sobre el nivel del terreno son las viviendas que se encuentran por encima de la superficie del nivel del terreno.

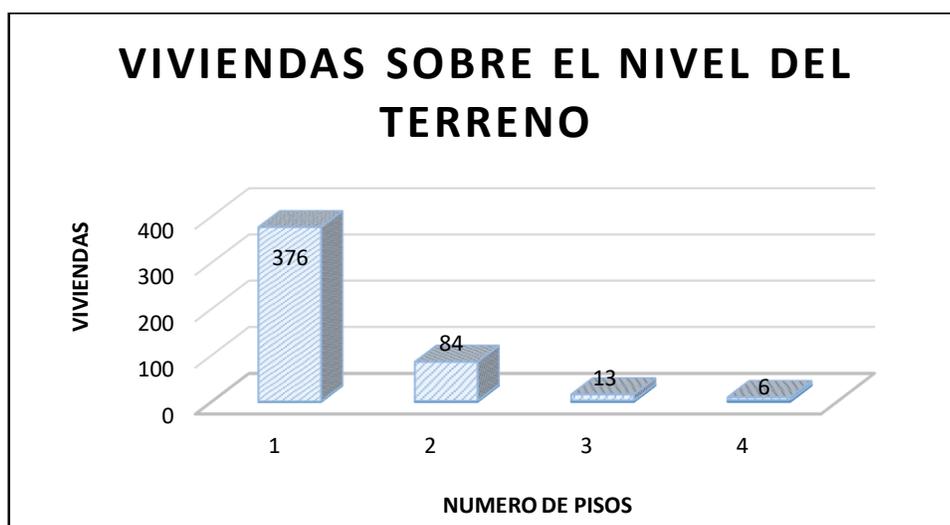


Figura 17 Viviendas sobre el nivel del terreno.

Fuente: Autores.

Viviendas bajo el nivel del terreno.

Las viviendas bajo el nivel del terreno son las viviendas que se encuentran por debajo de la superficie del nivel del terreno. En esta investigación solo se encontró viviendas con 1 piso bajo el nivel del terreno.

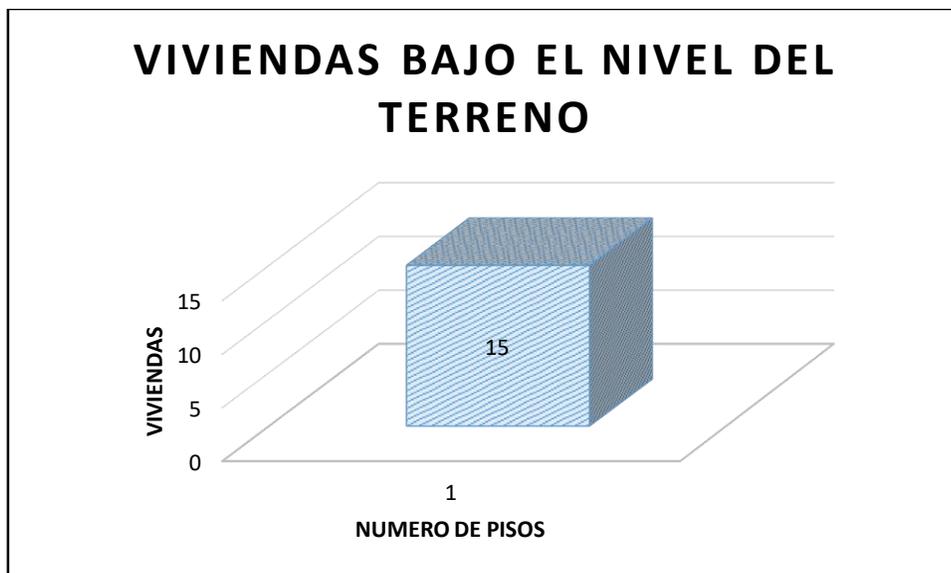


Figura 18 Viviendas bajo el nivel del terreno

Fuente: Autores.

Año del código utilizado para la construcción de la vivienda.

La vivienda al momento de ser evaluadas, se reporta el año de construcción. La siguiente figura reporta las viviendas que fueron construidas antes de los códigos de sismo resistencia colombiana (no aplica) y las viviendas que fueron construidas bajo el reglamento colombiano de 1998 y 2010.

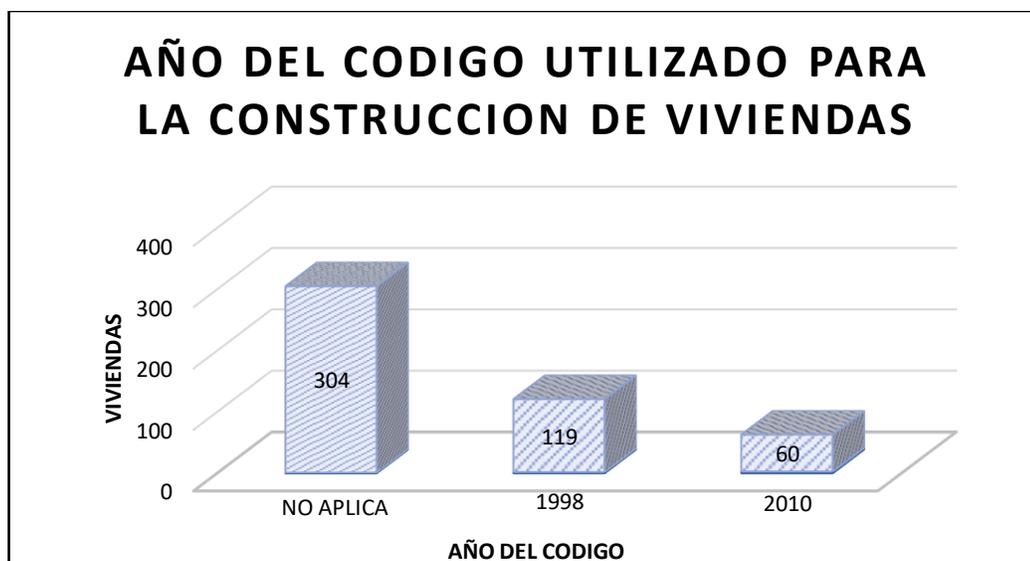


Figura 19 Año de construcción de las viviendas.

Fuente: Autores.

Ocupación de las viviendas.

La metodología FEMA P 154 contiene 11 tipos de ocupaciones. En el barrio Cristo Rey se encontraron 6 tipos de ocupación donde la gran parte es residencial como se puede observar en la figura 20.

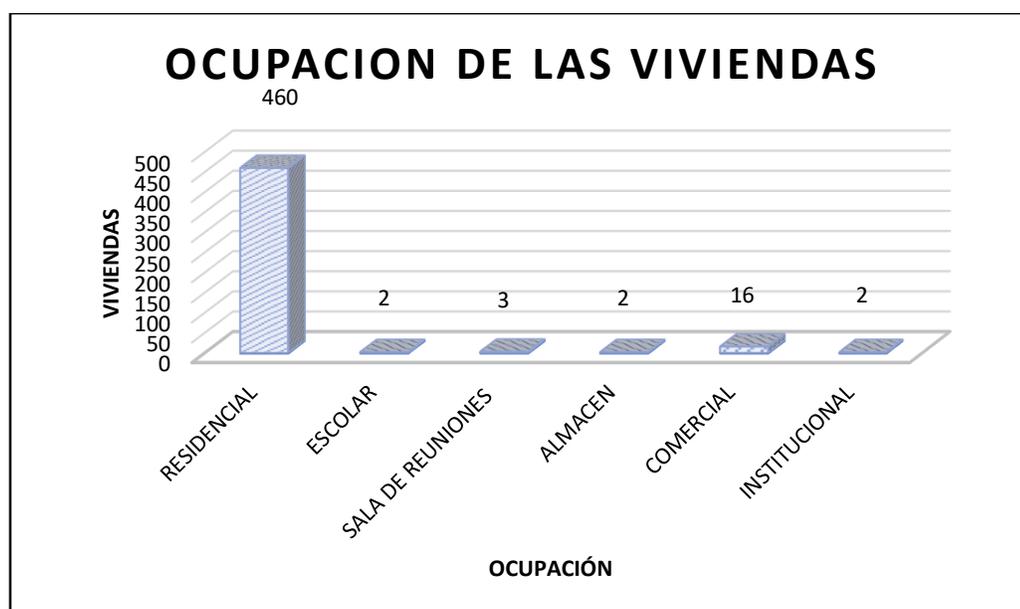


Figura 20 Ocupación de las viviendas.

Fuente: Autores.

Peligros geológicos

FEMA P 154 establece tres tipos de peligros que son: licuefacción, ruptura de falla de superficie y deslizamiento; en el barrio Cristo Rey se encuentra solo un peligro geológico representativo que es deslizamiento y lo comprenden 174 viviendas.

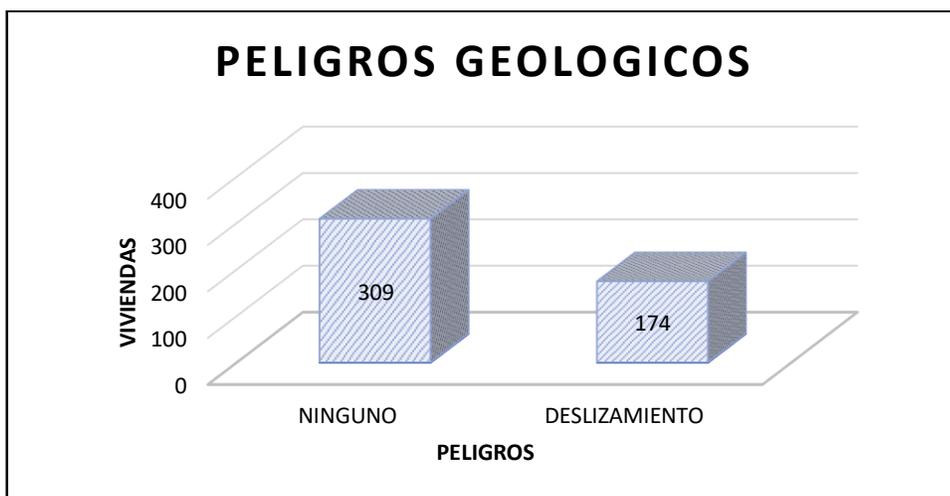


Figura 21 Peligros geológicos

Fuente: Autores.

Peligros exteriores

El manual FEMA P 154 establece 5 tipos de peligros exteriores que son: chimeneas sin refuerzo, parapetos, revestimientos pesados, anexos constructivos y otros. En el barrio objeto de estudio, se encontraron 4 que se representan gráficamente a continuación.

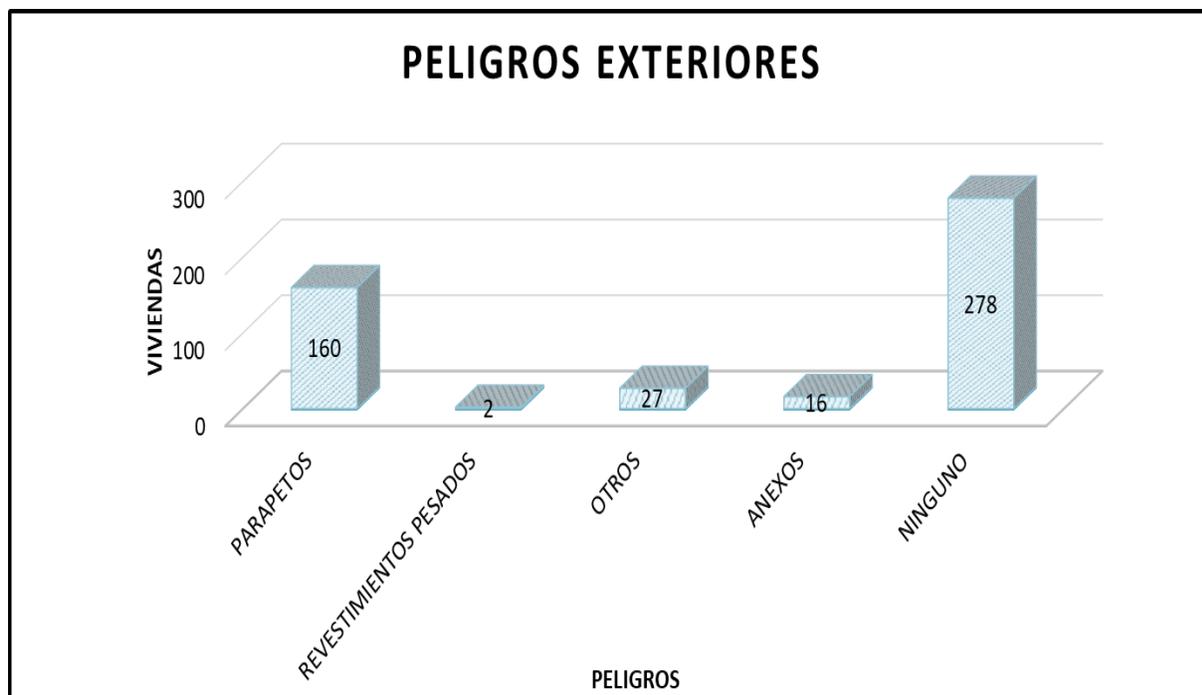


Figura 22 Peligros exteriores.

Fuente: Autores.

Adyacencias presentadas en las viviendas

La adyacencia se produce cuando las viviendas no cumplen la separación mínima requerida según la zona de amenaza sísmica.

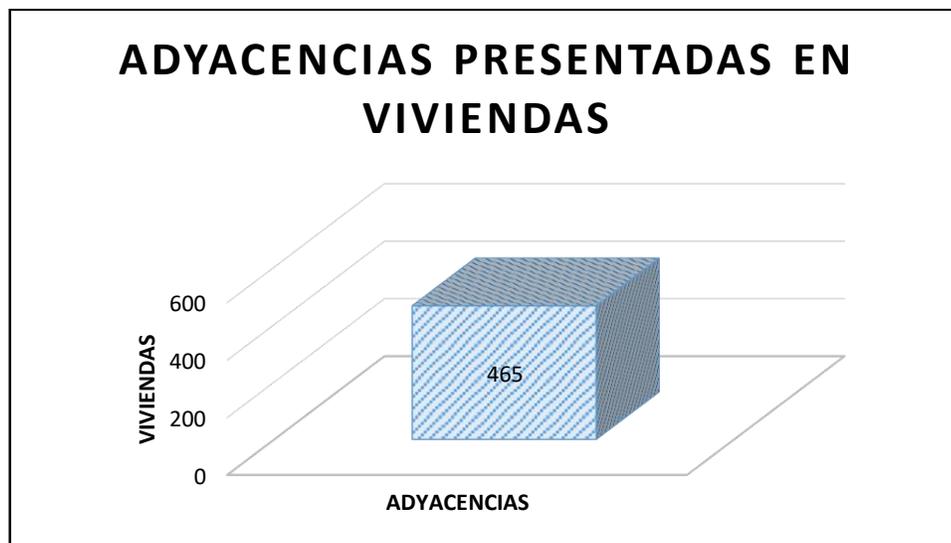


Figura 23 Adyacencias.

Fuente: Autores.

Irregularidades que presentan las viviendas

La metodología FEMA P 154 establece dos tipos de irregularidades que son: irregularidad en planta e irregularidad vertical. En el barrio Cristo Rey se pudo determinar las irregularidades presentadas en las viviendas y en algunas de ella se reportaban los dos tipos de irregularidades, en otras no habían y se reportaba ninguna.

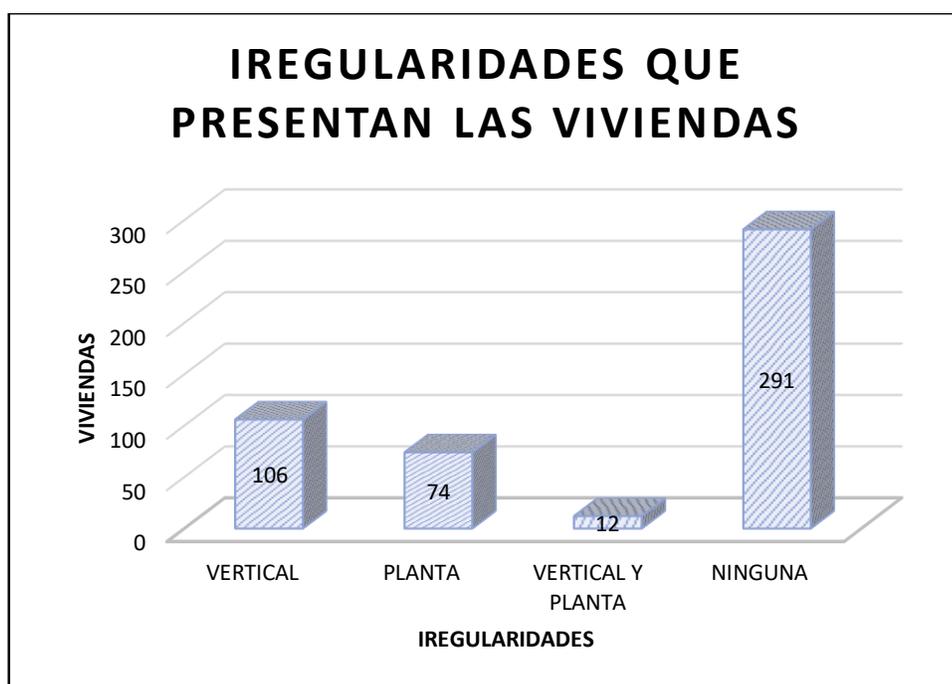


Figura 24 Irregularidades presentadas en las viviendas.

Fuente: Autores.

Vulnerabilidad sísmica de las viviendas

En la siguiente grafica se puede notar los resultados obtenidos en el barrio Cristo Rey, determinando en esta evaluación preliminar que las viviendas con vulnerabilidad sísmica alta son 457 y las de media y baja 13 cada una.

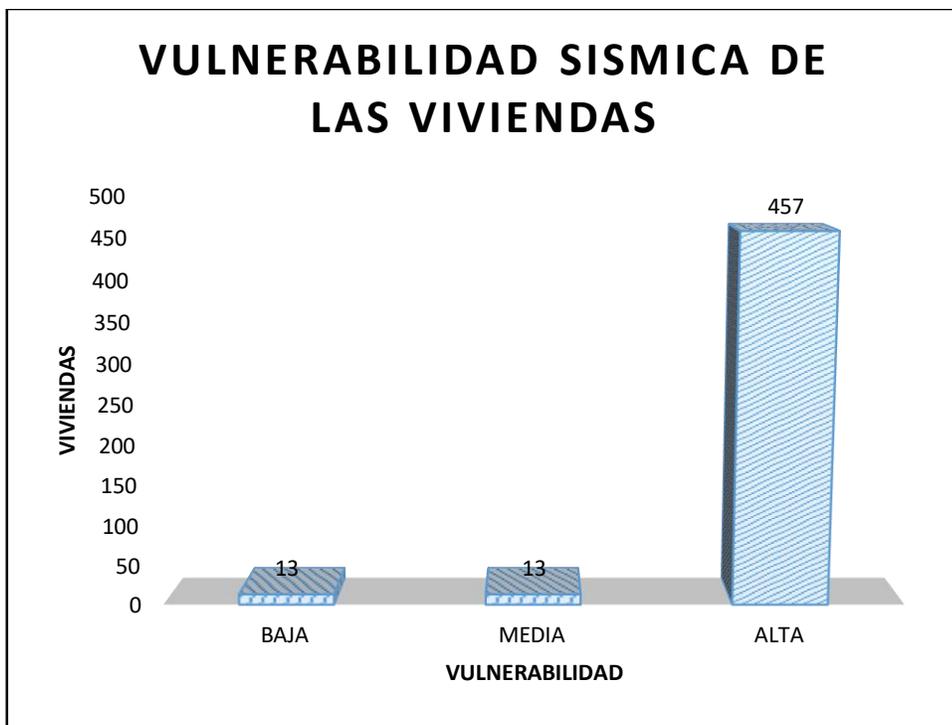


Figura 25 Vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

Fuente: Autores.

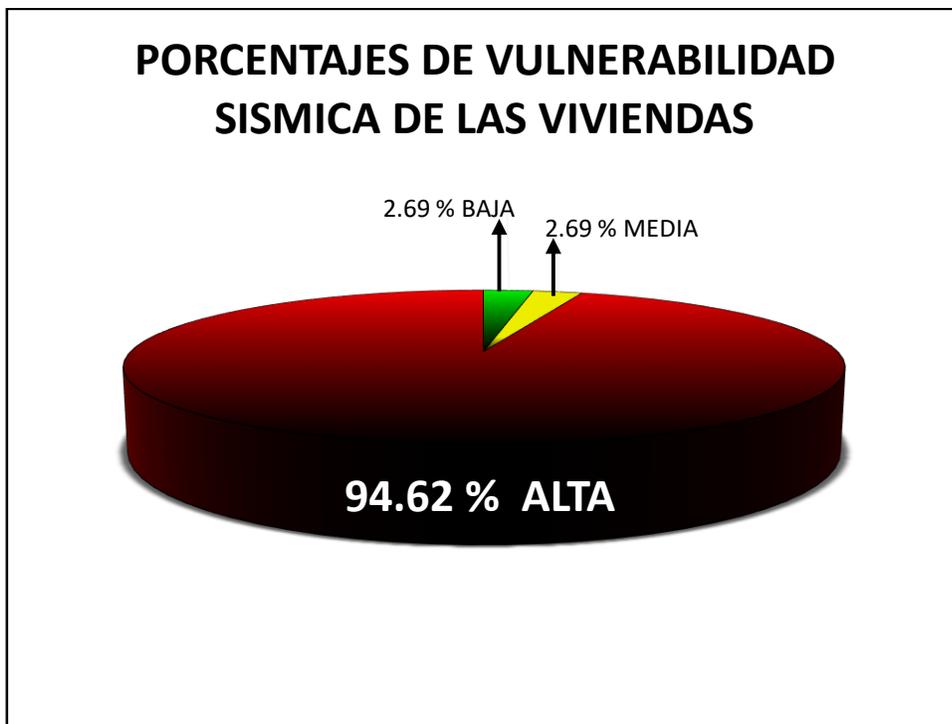


Figura 26 Porcentajes de vulnerabilidad sísmica.

Fuente: Autores.

4.1.1.3 Construir una guía para uso del formulario FEMA P-154 para realizar la evaluación visual rápida de las viviendas, para la detección de edificaciones con potencial amenaza sísmica en las viviendas orientada en las patologías anteriores.

La construcción de la guía, más que el cumplimiento de un objetivo específico para poder realizar esta investigación, es el documento base para que las personas e instituciones interesados en este tipo de evaluación visual rápida, puedan extender la investigación. Así el mapa de la vulnerabilidad sísmica preliminar de las viviendas ira aumentando hasta abarcar todo el municipio, y si es posible a toda Colombia.

Para la realización de esta guía, aplicable en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia, se desarrollaron los siguientes puntos:

4.1.1.3.1 Creación de la guía, para uso del formulario FEMA P-154, para realizar la evaluación visual rápida de las viviendas en el municipio de Ocaña.

La guía está comprendida por la siguiente estructura detallada a continuación:

Capítulo 1: Descripción del formulario del nivel 1

En este se hace una descripción minuciosa de cada uno de los ítems que tiene el formulario de nivel 1 del FEMA P-154, para poder diligenciarlo de forma correcta y precisa.

Capítulo 2: Descripción del formulario del nivel 2

En este se hace una descripción minuciosa de cada uno de los ítems que tiene el formulario de nivel 2 del FEMA P-154, para poder diligenciarlo de forma correcta y precisa, pues este es más detallado y hay que tener un conocimiento previo del tema o tener experiencia en lo que abarca la ingeniería civil y la arquitectura.

Capítulo 3: Rangos, puntuaciones y resultados.

Este capítulo es destinado a informar de cómo se debe clasificar la vulnerabilidad sísmica preliminar de las viviendas, según los puntajes reportados en el examen visual realizado, determinando los colores que se utilizan para referenciar las viviendas en el mapa.

Capítulo 4: Ejemplo de la determinación de la vulnerabilidad sísmica de una vivienda del barrio Cristo Rey.

En este capítulo se desarrolla un ejemplo de una vivienda, con el fin de que las personas interesadas en realizar este tipo de investigaciones tengan más conocimientos certeros y que su margen de error sea nulo, así el resultado final será preciso.

La guía se encuentra completa en la carpeta de anexos que se encuentra en el CD ROM que contiene este trabajo. Véase el apéndice C.

4.1.1.4 Crear por medio de Excel y Visual Basic, una base de datos que pueda evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas examinadas ingresando su dirección específica de las viviendas, teniendo como fundamento la metodología FEMA P-154.

Al momento de realizar una programación de toda la información reportada, es importante ser ordenado con todo el contenido digitado. Después de digitar todo cada una de las viviendas evaluadas, se procede a realizar la programación.

4.1.1.4.1 Base de datos.

La base de datos fue creada digitando la información ordenadamente en Excel. Véase apéndice D. A continuación, se muestra una imagen del libro de Excel con todos los datos ingresados.

MANZANA	DIRECCION	LATITUD	LONGITUD	TIPO DE ESTRUCTURA	TECNO	HORA	SHT	ANT	AÑO DE CONSTRUCCION	AÑO DEL CARGO	AREA	PUNTAJE CON FINAL	VULNERABILIDAD SISMICA	ABRIGOS	CLASIFICACION
70	KDI 070-164	00° 14' 21.47"	072° 20' 56.47"	RMI	1922	1533	2	0	2000	1998	10	0.7	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
70	KDI 070-200	00° 14' 21.47"	072° 20' 57.27"	URMI	1922	1515	1	0	1980	NO APLICA	104	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
70	KDI 070-220	00° 14' 21.77"	072° 20' 57.47"	URMI	1922	1511	1	0	1980	NO APLICA	14	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
70	KDI 070-240	00° 14' 21.77"	072° 20' 57.47"	URMI	1922	1512	1	0	1980	NO APLICA	40	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
70	KDI 070-260	00° 14' 22.27"	072° 20' 57.47"	URMI	1922	1503	1	0	1980	NO APLICA	140	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
70	KDI 070-280	00° 14' 20.07"	072° 20' 56.97"	URMI	1922	1541	1	0	1980	NO APLICA	40	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
70	KDI 070-300	00° 14' 21.27"	072° 20' 56.27"	RMI	1922	1551	1	0	2000	1998	63	1.7	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
70	KDI 070-320	00° 14' 21.47"	072° 20' 56.47"	RMI	1922	1541	1	0	2000	1998	63	1.7	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
70	KDI 070-340	00° 14' 20.47"	072° 20' 56.37"	URMI	1922	1545	1	0	1980	NO APLICA	40	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
70	KDI 070-360	00° 14' 20.57"	072° 20' 56.27"	URMI	1922	1551	1	0	1980	NO APLICA	120	0.3	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
70	KDI 070-400	00° 14' 19.57"	072° 20' 57.77"	URMI	1922	1551	1	0	1980	NO APLICA	100	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
70	KDI 070-420	00° 14' 19.57"	072° 20' 57.77"	URMI	1922	1551	1	0	1980	NO APLICA	100	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
70	SALON COMUNAL	00° 14' 20.17"	072° 20' 56.27"	URMI	1922	1524	1	0	1980	NO APLICA	60	0.2	ALTA	NINGUNA	SALA DE REUNION
66	KDI 066-100	00° 14' 19.47"	072° 20' 56.97"	URMI	1922	623	1	0	1920	NO APLICA	240	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-120	00° 14' 19.27"	072° 20' 56.27"	RMI	1922	615	2	0	2000	1998	109	0.4	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-140	00° 14' 19.27"	072° 20' 56.47"	RMI	1922	627	2	0	2000	2000	102	1.4	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-160	00° 14' 19.27"	072° 20' 56.37"	URMI	1922	637	1	0	1987	NO APLICA	102	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-180	00° 14' 19.57"	072° 20' 56.27"	URMI	1922	641	1	0	1987	NO APLICA	40	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-200	00° 14' 19.47"	072° 20' 56.37"	URMI	1922	651	1	0	1975	NO APLICA	72	0	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-220	00° 14' 19.47"	072° 20' 56.27"	RMI	1922	1005	1	0	2000	1998	70	0.4	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-240	00° 14' 19.27"	072° 20' 56.97"	URMI	1922	1014	1	0	2000	1998	20	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-260	00° 14' 19.27"	072° 20' 56.27"	URMI	1922	1015	1	0	1985	NO APLICA	40	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-280	00° 14' 19.27"	072° 20' 56.27"	RMI	1922	830	1	0	1980	NO APLICA	10	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-300	00° 14' 19.27"	072° 20' 56.27"	URMI	1922	850	1	0	1980	NO APLICA	46	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-320	00° 14' 19.27"	072° 20' 56.27"	URMI	1922	850	1	1	1991	NO APLICA	40	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-400	00° 14' 17.27"	072° 20' 56.97"	URMI	1922	852	1	0	1980	NO APLICA	70	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	KDI 066-420	00° 14' 17.17"	072° 20' 56.97"	URMI	1922	854	2	0	1970	NO APLICA	25	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
66	CALLE 6 # 4888	00° 14' 19.27"	072° 20' 56.97"	RMI	1922	902	1	1	2000	1998	10	0.3	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
62	KDI 062-100	00° 14' 03.27"	072° 20' 57.27"	URMI	1922	611	1	0	1980	NO APLICA	40	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
62	KDI 062-120	00° 14' 03.17"	072° 20' 57.27"	URMI	1922	612	1	0	1985	NO APLICA	105	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
62	KDI 062-140	00° 14' 03.27"	072° 20' 57.47"	URMI	1922	615	1	0	1985	NO APLICA	144	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
62	KDI 062-160	00° 14' 03.57"	072° 20' 57.67"	URMI	1922	615	1	0	1980	NO APLICA	100	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
62	KDI 062-180	00° 14' 03.57"	072° 20' 57.67"	URMI	1922	615	1	0	1980	NO APLICA	100	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	DESCONOCIDA1	00° 14' 19.47"	072° 20' 56.17"	URMI	1922	1000	1	0	1984	NO APLICA	40	0.7	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	DESCONOCIDA2	00° 14' 19.47"	072° 20' 56.17"	URMI	1922	1000	1	0	2000	1998	40	0.7	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	DESCONOCIDA3	00° 14' 21.47"	072° 20' 56.97"	URMI	1922	1447	1	0	2000	1998	32	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	DESCONOCIDA4	00° 14' 21.47"	072° 20' 56.27"	URMI	1922	1514	0	1	1970	NO APLICA	100	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	DESCONOCIDA5	00° 14' 22.27"	072° 20' 54.67"	RMI	1922	1521	1	0	2000	2000	10	1.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	DESCONOCIDA4	00° 14' 22.27"	072° 20' 54.67"	URMI	1922	1521	1	0	2000	2000	40	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-015	00° 14' 20.27"	072° 20' 52.97"	URMI	1922	1427	1	0	1983	NO APLICA	43	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-200	00° 14' 19.27"	072° 20' 51.37"	URMI	1922	1410	1	0	1981	NO APLICA	10	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-220	00° 14' 19.47"	072° 20' 51.77"	URMI	1922	1409	2	0	2000	2000	154	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-240	00° 14' 19.17"	072° 20' 52.47"	URMI	1922	1413	1	0	2000	2000	40	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-260	00° 14' 19.47"	072° 20' 52.17"	URMI	1922	1414	1	0	1980	NO APLICA	46	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-280	00° 14' 19.27"	072° 20' 52.47"	URMI	1922	1420	1	0	1980	NO APLICA	24	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-320	00° 14' 19.27"	072° 20' 52.47"	URMI	1922	1420	1	0	1980	NO APLICA	40	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-340	00° 14' 19.77"	072° 20' 52.67"	URMI	1922	1423	1	0	1980	NO APLICA	40	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-360	00° 14' 19.47"	072° 20' 52.27"	URMI	1922	1424	1	0	1980	NO APLICA	40	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-400	00° 14' 22.47"	072° 20' 55.47"	URMI	1922	1520	1	0	1981	NO APLICA	100	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-420	00° 14' 22.47"	072° 20' 55.47"	URMI	1922	1521	1	0	1975	NO APLICA	100	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-520	00° 14' 22.47"	072° 20' 55.47"	URMI	1922	1522	2	0	2000	1998	46	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL
72	KDI 072-540	00° 14' 22.47"	072° 20' 55.47"	URMI	1922	1522	2	0	2000	1998	46	0.2	ALTA	NINGUNA	RESIDENCIAL

Figura 27 Base de datos

Fuente: Autores.

Se puede observar una hoja del libro llamada BUSCAR, donde se ingresa la dirección de la vivienda. Si es encontrada aparece el cuadro de dialogo que reporta la vulnerabilidad sísmica preliminar alta, media o baja. Véase la figura 28.

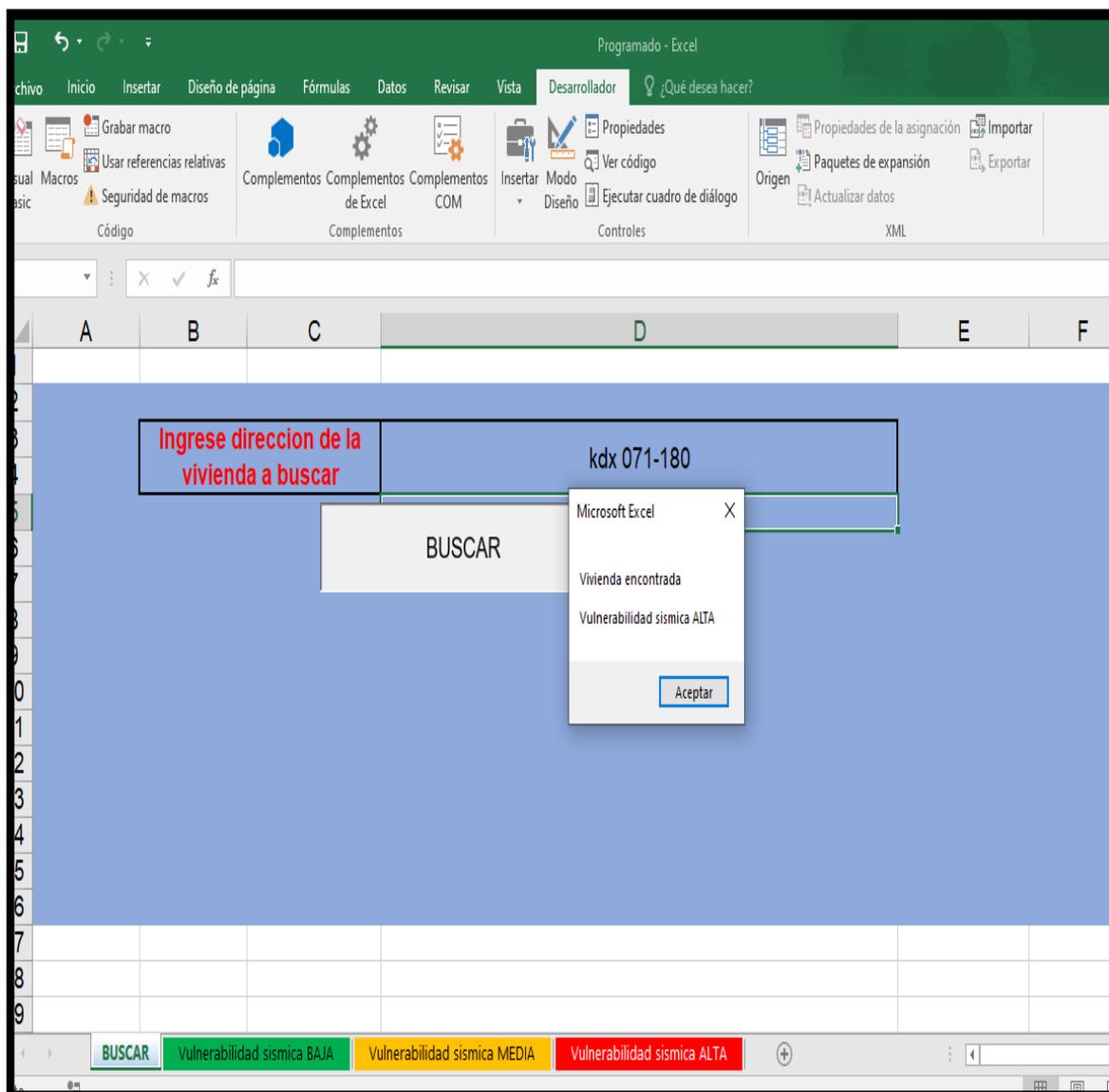


Figura 28 Ventana de dialogo, vivienda encontrada.

Fuente: Autores.

Si la dirección ingresada no está en la base de datos, inmediatamente el cuadro de dialogo dice que la vivienda no fue encontrada. Véase figura 30.

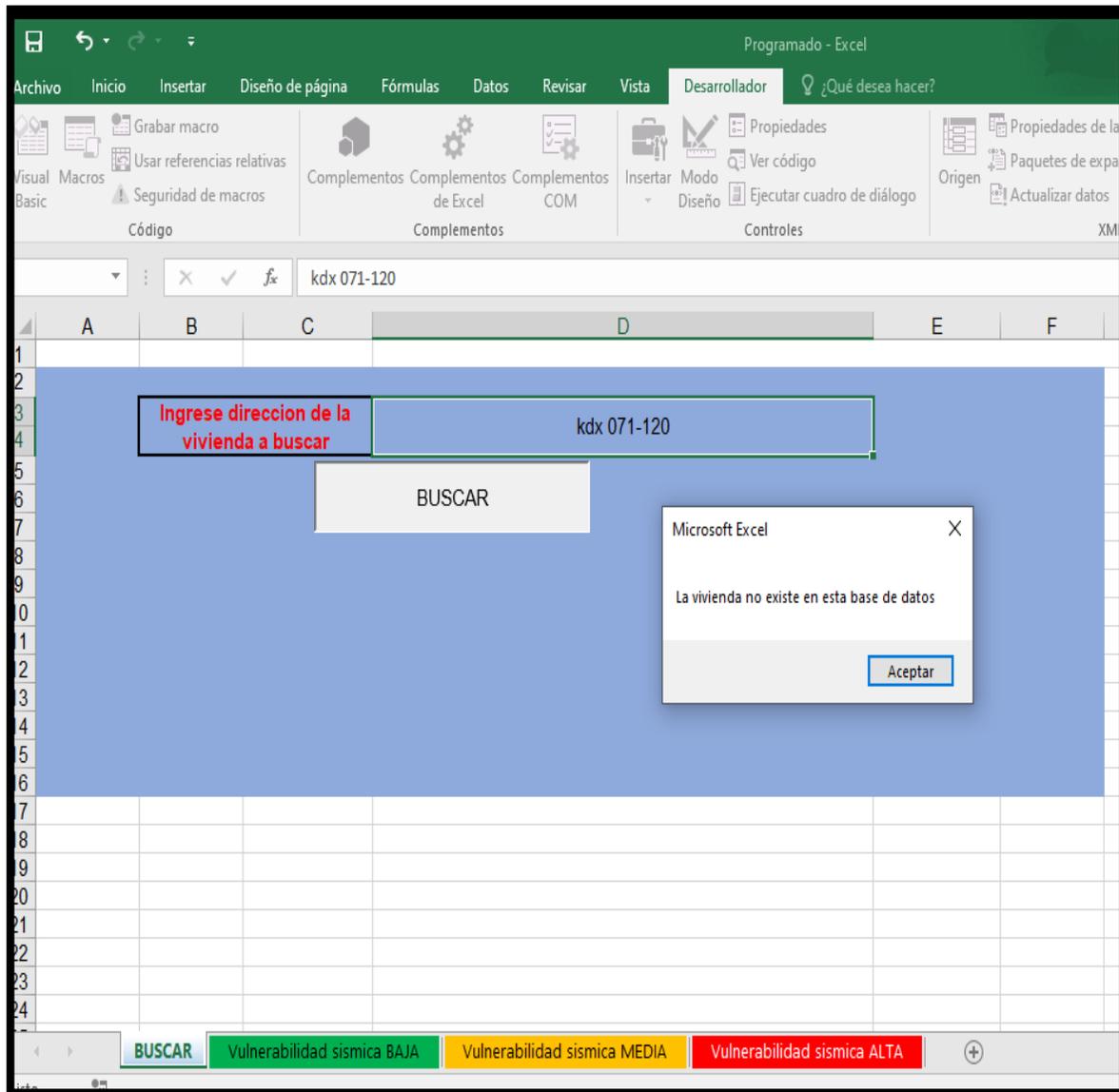


Figura 29 Ventana de dialogo, vivienda no existente.

Fuente: Autores.

A continuacion se muestra la programacion que se hizo con Macros y Visual Basic para el cumplimiento de este objetivo.

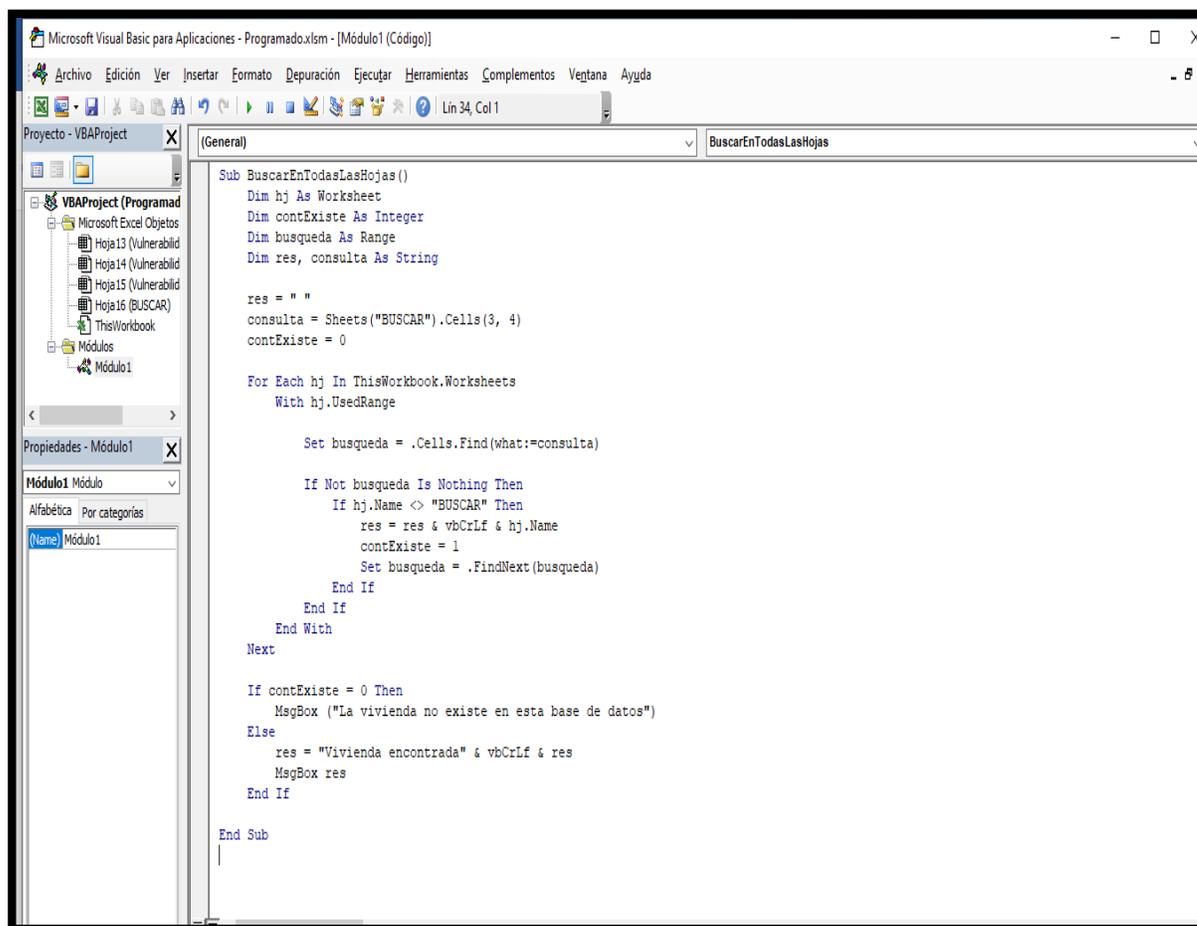


Figura 30 Cuadro de Programación

Fuente: Autores.

El desarrollo de este objetivo se puede evidenciar en el apéndice E.

4.1.1.5 Establecer un mapa de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo rey en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Para lograr el cumplimiento de este objetivo específico se realizaron los siguientes pasos:

4.1.1.5.1 Recopilación de Información

Luego de dar por terminado el examen en el barrio Cristo Rey empleando la evaluación visual rápida, Rapid Visual Screening (RVS, se procede a analizar los datos para establecer la

vulnerabilidad sísmica preliminar que presenta cada vivienda, dándole la clasificación y color de cada una de ellas. Véase figura 31

PUNTAJE	COLOR
Entre 0 a 2 se considera la vulnerabilidad sísmica de las viviendas ALTA.	
Entre 2 a 2,5 se considera la vulnerabilidad sísmica de las viviendas MEDIA.	
Entre 2.5 a 7 se considera la vulnerabilidad sísmica de las viviendas BAJA.	

Figura 31 Puntajes y colores

Fuente: Autores

4.1.1.5.2 Elaboración del mapa de vulnerabilidad sísmica de las viviendas

Para generar el mapa se toma como referencia el mapa del municipio de Ocaña establecido en el plan básico de ordenamiento territorial (PBOT 2015) y el plano creado por el instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC), estableciendo la división por predios que corresponden a cada manzana.

Se procede a ubicar las viviendas con su respectiva puntuación de vulnerabilidad sísmica preliminar, con la ayuda del sistema de posicionamiento global, GPS.

Los mapas realizados contienen la determinación de la vulnerabilidad sísmica preliminar de las viviendas del barrio Cristo Rey.

El primero de ellos es el casco urbano de Ocaña, señalando en este la zona de estudio.

El segundo es el mapa de vulnerabilidad sísmica preliminar del barrio Cristo Rey, con sus respectivos colores, en la ventana de dialogo del mapa se especifica cada uno de ellos y la vulnerabilidad que representan.

A continuación, en las figuras 32-33 se muestran el mapa de delimitación de la zona de estudio en el casco urbano del municipio, y el mapa de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo Rey, incluidos para su apreciación correcta en el apéndice F.

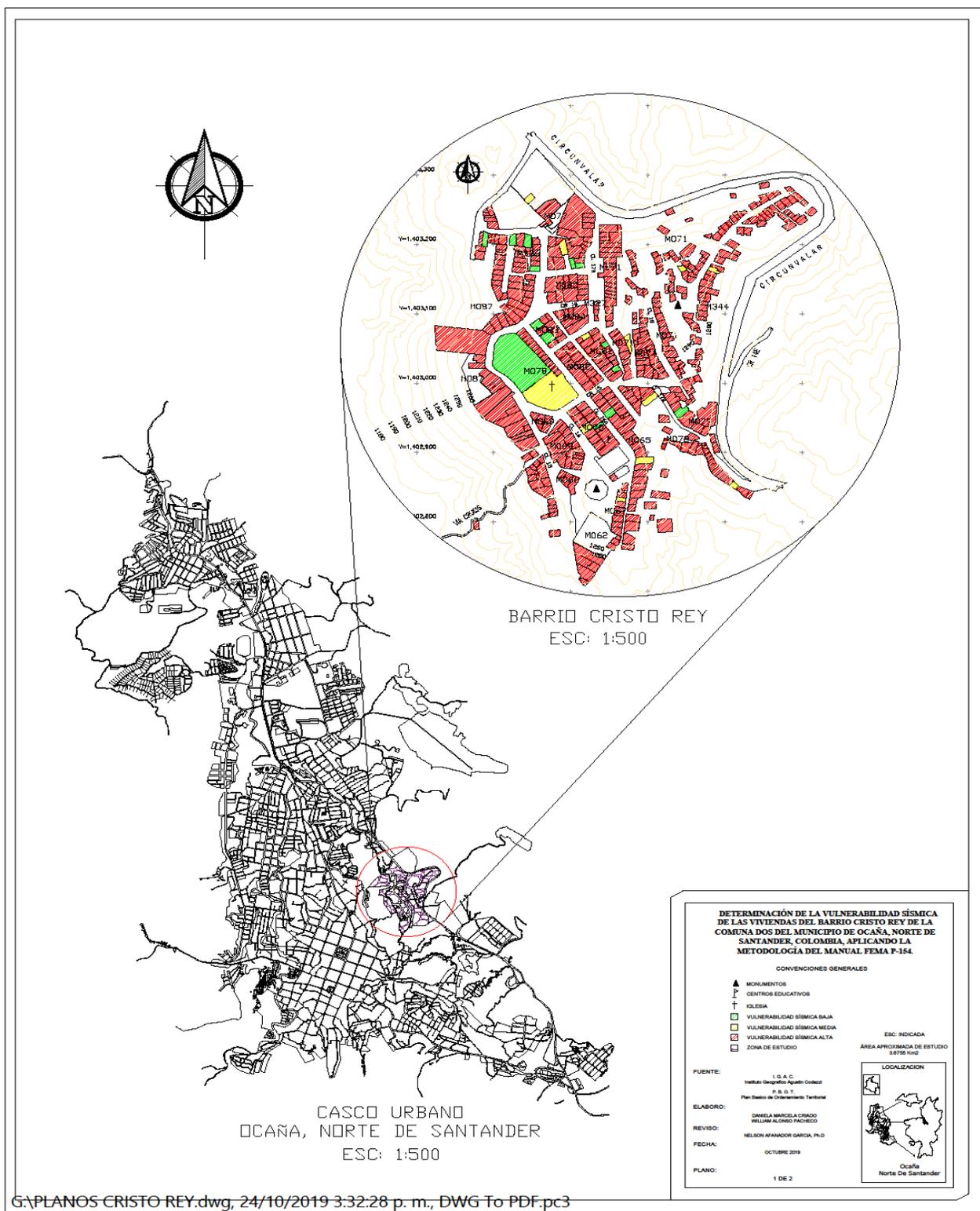


Figura 32 Mapa de la delimitación de la zona de estudio
Fuente: Autores.

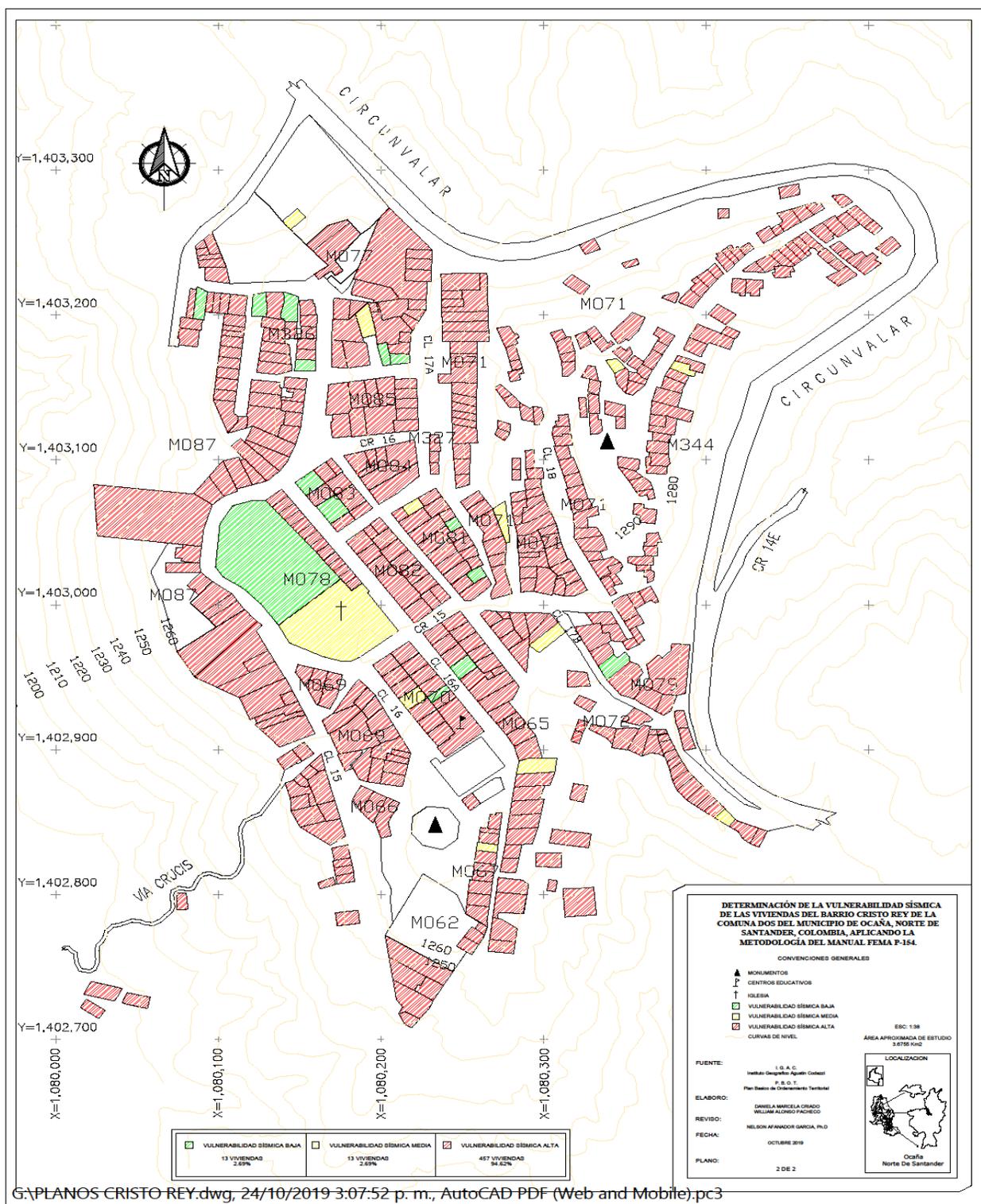


Figura 33 Mapa de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Cristo Rey.
Fuente: Autores.

Capítulo 5: Conclusiones

Como resultado de la implementación de la metodología FEMA P-154 se concluyó que:

La determinación de la vulnerabilidad sísmica preliminar pone en un balance negativo al barrio Cristo rey del municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia. Esta investigación concluyo que el barrio tiene un total 483 viviendas, de las cuales se reportaron con vulnerabilidad sísmica alta un total de 457 y corresponden a un 94,32%, es decir están en riesgo ante un evento sísmico, y puede producir pérdidas materiales y humanas.

En las 457 viviendas con vulnerabilidad sísmica alta que presenta el barrio Cristo rey del municipio de Ocaña, indicó que se debe realizar una evaluación sísmica detallada de cada vivienda, para determinar qué tan vulnerable es y el tipo de reforzamiento o medida a tomar.

Se puede concluir que el barrio Cristo Rey, presenta más construcciones en mampostería no reforzada, esto hace que las viviendas estén más vulnerables al momento de que ocurra un sismo, pues este tipo de construcción no es ventajosa o segura ante los movimientos telúricos.

Las viviendas evaluadas, son reportadas en su mayoría con una ocupación residencial, es decir de las 483 viviendas, 460 son residenciales, esto representa un 95.24% de viviendas con este tipo de ocupación, que en el momento de un evento sísmico pueden estar en peligro.

El sector que comprende el barrio objeto de estudio, presenta peligros geológicos, estos son reportados según la metodología del FEMA P-154, arrojando que el 36,02% de las viviendas evaluadas presentan deslizamientos, esto hace que las viviendas se encuentren en alto riesgo, pudiendo perjudicar a las personas que las habitan.

El manual FEMA P 154 establece 5 tipos de peligros exteriores que son: chimeneas sin refuerzo, parapetos, revestimientos pesados, anexos constructivos y otros. En el barrio objeto de estudio, se reportaron 4 que fueron: revestimientos pesados, otros, anexos constructivos y ninguno. Concluyendo significativamente que el 57,56% de las viviendas no tiene peligros exteriores y el 42,44% de las viviendas si reportan peligros exteriores.

Las viviendas evaluadas, en su mayoría presentan adyacencias, es decir no cumplen con la separación mínima requerida entre ellas, en total de las 483 viviendas, 465 presentan adyacencias y esto representa un 96,27% de las viviendas reportadas, las cuales estarían expuestas a golpeteo de unas edificaciones adyacentes en el instante que se presente un sismo.

Las irregularidades juegan un papel importante al momento de establecer la puntuación final de la vivienda, las viviendas reportadas con irregularidades verticales, en planta o ambas fueron en total 192, que representan un 39,75% de las 483 viviendas evaluadas. Estas viviendas están expuestas a derrumbarse o sufrir daños en su estructura, en el momento en el que un evento sísmico ocurra.

Capítulo 6: Recomendaciones

Este proyecto da el inicio de un macro proyecto, que usa la guía elaborada, para seguir realizando este tipo de investigaciones en el municipio de Ocaña, y así generar planes de contingencia, emergencia y mitigación de riesgo que beneficie a la comunidad.

Al momento de realizar el estudio se recomienda tener una previa socialización con la junta de acción comunal, para que todo el integrante del barrio o población a estudiar tenga una aceptación y reconocimiento de los evaluadores. Todo esto debido a que los dueños o habitantes de las viviendas tienen una mala disposición al brindar información a personas desconocidas o pertenecientes a entes gubernamentales.

Las personas que vayan hacer este tipo de estudio, se les recomienda que sean ingenieros civiles, carreras afines o personas que tengan conocimiento en el campo de la ingeniería civil y con un previo estudio de la guía para uso del formulario FEMA P-154.

Cuando se haga la realización del formato hay que tener en cuenta la hora y fecha exacta para tomar la fotografía. De esta manera será más fácil seleccionar la imagen que le corresponde a cada formato.

Se debe tener en cuenta las coordenadas GPS para poder identificar las viviendas que han sido evaluadas con la ayuda de los sistemas de posicionamiento, así se facilita su posicionamiento en el mapa de vulnerabilidad sísmica preliminar de las viviendas.

Referencias bibliográficas

FEMA-154 (1998). *Agencia Federal para el Manejo de Emergencia*.

EMA-154 (2002). *Agencia Federal para el Manejo de Emergencia*. Segunda edición.

al., A. e. (2003). “Colección de mapas geológicos”. *Revista Geológica de América Central*.

FEMA. (2015). *Exploración rápida visual*. California: nehrp.

FEMA. (2016). *Agencia Federal para el Manejo de Emergencia*. Official website of the
Department of Homeland Security. Tercera edición.

REGLAMENTO COLOMBIANO (2010). *NSR-10*.

Referencias electrónicas

AIS, A. C. (2019). *ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA – AIS*. Bogota.

al., A. e. (2003). “Colección de mapas geológicos”. *Revista Geológica de América Central*.

GUERRERO, A. R. (2007). *DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA POR MEDIO DEL MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD EN LAS ESTRUCTURAS UBICADAS EN CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE SINCELEJO, UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA*. Sincelejo: FUNDACION UNIVERIDAD DEL NORTE.

MENA., F. A. (2016). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas y edificios comerciales menores en el área central de Pérez Zeledón, Costa Rica*. Costa Rica: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.

FEMA-273. EVALUACION DESPUES DEL SISMO. UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

FEMA-356. ANALISIS ESTATICO NO LINEAL REHABILITACION SISMICA DE EDIFICIONS. (BASADA EN 273) UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

FEMA 365. ESTABLECER EL NIVEL DE DAÑO PARA EDIFICACIONES EN ACERO LUEGO DEL TERREMOTO. UNIVERSIDAD JAVERIANA.

APENDICES

Apéndice A Formatos originales

Nivel 1

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA P-154 Data Collection Form

Level 1
ty

PHOTOGRAPH	Address: _____ Zip: _____ Other Identifiers: _____ Building Name: _____ Use: _____ Latitude: _____ Longitude: _____ Ss: _____ Sr: _____ Screener(s): _____ Date/Time: _____ No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: <input type="checkbox"/> EST Total Floor Area (sq. ft.): _____ Code Year: _____ Additions: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Yes, Year(s) Built: _____ Occupancy: Assembly Commercial Emer. Services <input type="checkbox"/> Historic <input type="checkbox"/> Shelter Industrial Office School <input type="checkbox"/> Government Utility Warehouse Residential, #Units: _____ Soil Type: <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> DNK Hard Avg Dense Stiff Soft Poor DNK Rock Rock Soil Soil Soil Soil If DNK, assume Type D. Geologic Hazards: Liquefaction: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt.: Yes/No/DNK Adjacency: <input type="checkbox"/> Pounding <input type="checkbox"/> Falling Hazards from Taller Adjacent Building Irregularities: <input type="checkbox"/> Vertical (type/severity) _____ <input type="checkbox"/> Plan (type) _____ Exterior Falling Hazards: <input type="checkbox"/> Unbraced Chimneys <input type="checkbox"/> Heavy Cladding or Heavy Veneer <input type="checkbox"/> Parapets <input type="checkbox"/> Appendages <input type="checkbox"/> Other: _____ COMMENTS: <input type="checkbox"/> Additional sketches or comments on separate page																	
SKETCH																		
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}																		
FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5	
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA	
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA	
Plan Irregularity, P_{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA	
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1	
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2	
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3	
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA	
Minimum Score, S_{MIN}	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0	
FINAL LEVEL 1 SCORE, $S_{L1} \geq S_{MIN}$																		
EXTENT OF REVIEW				OTHER HAZARDS				ACTION REQUIRED										
Exterior: <input type="checkbox"/> Partial <input type="checkbox"/> All Sides <input type="checkbox"/> Aerial Interior: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entered Drawings Reviewed: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Soil Type Source: _____ Geologic Hazards Source: _____ Contact Person: _____				Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation? <input type="checkbox"/> Pounding potential (unless $S_{L2} >$ cut-off, if known) <input type="checkbox"/> Falling hazards from taller adjacent building <input type="checkbox"/> Geologic hazards or Soil Type F <input type="checkbox"/> Significant damage/deterioration to the structural system				Detailed Structural Evaluation Required? <input type="checkbox"/> Yes, unknown FEMA building type or other building <input type="checkbox"/> Yes, score less than cut-off <input type="checkbox"/> Yes, other hazards present <input type="checkbox"/> No Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one) <input type="checkbox"/> Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated <input type="checkbox"/> No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary <input type="checkbox"/> No, no nonstructural hazards identified <input type="checkbox"/> DNK										
LEVEL 2 SCREENING PERFORMED? <input type="checkbox"/> Yes, Final Level 2 Score, S_{L2} _____ <input type="checkbox"/> No Nonstructural hazards? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No				Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data OR DNK = Do Not Know														

Legend: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM INF = Unreinforced masonry infill MH = Manufactured Housing FD = Flexible diaphragm
 BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tilt up LM = Light metal RD = Rigid diaphragm

Fuente: (FEMA, Exploración rápida visual, 2015)

Nivel 2.

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards

Level 2 (Optional)

FEMA P-154 Data Collection Form

Optional Level 2 data collection to be performed by a civil or structural engineering professional, architect, or graduate student with background in seismic evaluation or design of buildings.

Bldg Name:	Final Level 1 Score: $S_{L1} =$ _____	<i>(do not consider S_{MN})</i>	
Screened:	Level 1 Irregularity Modifiers: $V_{L1} =$ _____	$P_{L1} =$ _____	
Date/Time:	ADJUSTED BASELINE SCORE: $S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$ _____		

STRUCTURAL MODIFIERS TO ADD TO ADJUSTED BASELINE SCORE				
Topic	Statement (If statement is true, circle the "Yes" modifier; otherwise cross out the modifier.)	Yes	Subtotals	
Vertical Irregularity, V_{L2}	Sloping Site	W1 building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-1.2	
		Non-W1 building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-0.3	
	Weak and/or Soft Story (circle one maximum)	W1 building cripple wall: An unbraced cripple wall is visible in the crawl space.	-0.6	
		W1 house over garage: Underneath an occupied story, there is a garage opening without a steel moment frame, and there is less than 8' of wall on the same line (for multiple occupied floors above, use 16' of wall minimum).	-1.2	
		W1A building open front: There are openings at the ground story (such as for parking) over at least 50% of the length of the building.	-1.2	
		Non-W1 building: Length of lateral system at any story is less than 50% of that at story above or height of any story is more than 2.0 times the height of the story above.	-0.9	
	Setback	Non-W1 building: Length of lateral system at any story is between 50% and 75% of that at story above or height of any story is between 1.3 and 2.0 times the height of the story above.	-0.5	
		Vertical elements of the lateral system at an upper story are outboard of those at the story below causing the diaphragm to cantilever at the offset.	-1.0	
		Vertical elements of the lateral system at upper stories are inboard of those at lower stories.	-0.5	
	Short Column/ Pier	There is an in-plane offset of the lateral elements that is greater than the length of the elements.	-0.3	
C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: At least 20% of columns (or piers) along a column line in the lateral system have height/depth ratios less than 50% of the nominal height/depth ratio at that level.		-0.5		
Split Level Irregularity	C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: The column depth (or pier width) is less than one half of the depth of the spandrel, or there are infill walls or adjacent floors that shorten the column.	-0.5		
	There is a split level at one of the floor levels or at the roof.	-0.5		
Plan Irregularity, P_{L2}	Other	There is another observable severe vertical irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-1.0	$V_{L2} =$ _____ (Cap at -1.2)
		There is another observable moderate vertical irregularity that may affect the building's seismic performance.	-0.5	
	Torsional irregularity: Lateral system does not appear relatively well distributed in plan in either or both directions. (Do not include the W1A open front irregularity listed above.)	Non-parallel system: There are one or more major vertical elements of the lateral system that are not orthogonal to each other.	-0.7	
		Reentrant corner: Both projections from an interior corner exceed 25% of the overall plan dimension in that direction.	-0.4	
		Diaphragm opening: There is an opening in the diaphragm with a width over 50% of the total diaphragm width at that level.	-0.2	
		C1, C2 building out-of-plane offset: The exterior beams do not align with the columns in plan.	-0.4	
Other irregularity: There is another observable plan irregularity that obviously affects the building's seismic performance.		-0.7		
Redundancy	There is another observable plan irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-0.7	$P_{L2} =$ _____ (Cap at -1.1)	
Pounding	The building has at least two bays of lateral elements on each side of the building in each direction.	+0.3		
S2 Building	Building is separated from an adjacent structure by less than 1% of the height of the shorter of the building and adjacent structure and:	The floors do not align vertically within 2 feet. (Cap total)	-1.0	$P_{L2} =$ _____ (Cap at -1.2)
		One building is 2 or more stories taller than the other. (pounding)	-1.0	
C1 Building		The building is at the end of the block. (modifiers at -1.2)	-0.5	$M =$ _____
	"K" bracing geometry is visible.		-1.0	
PC1/RM1 Bldg	Flat plate serves as the beam in the moment frame.		-0.4	
PC1/RM1 Bldg	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending. (Do not combine with post-benchmark or retrofit modifier.)		+0.3	
URM	The building has closely spaced, full height interior walls (rather than an interior space with few walls such as in a warehouse).		+0.3	
MH	Gable walls are present.		-0.4	
Retrofit	There is a supplemental seismic bracing system provided between the carriage and the ground.		+1.2	
	Comprehensive seismic retrofit is visible or known from drawings.		+1.4	
FINAL LEVEL 2 SCORE, $S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MN}$.			(Transfer to Level 1 form)	
There is observable damage or deterioration or another condition that negatively affects the building's seismic performance: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No				
If yes, describe the condition in the comment box below and indicate on the Level 1 form that detailed evaluation is required independent of the building's score.				

OBSERVABLE NONSTRUCTURAL HAZARDS				
Location	Statement (Check "Yes" or "No")	Yes	No	Comment
Exterior	There is an unbraced unreinforced masonry parapet or unbraced unreinforced masonry chimney.			
	There is heavy cladding or heavy veneer.			
	There is a heavy canopy over exit doors or pedestrian walkways that appears inadequately supported.			
	There is an unreinforced masonry appendage over exit doors or pedestrian walkways.			
	There is a sign posted on the building that indicates hazardous materials are present.			
	There is a taller adjacent building with an unanchored URM wall or unbraced URM parapet or chimney.			
Interior	Other observed exterior nonstructural falling hazard:			
	There are hollow clay tile or brick partitions at any stair or exit corridor.			
	Other observed interior nonstructural falling hazard:			
Estimated Nonstructural Seismic Performance (Check appropriate box and transfer to Level 1 form conclusions)				
<input type="checkbox"/> Potential nonstructural hazards with significant threat to occupant life safety → Detailed Nonstructural Evaluation recommended				
<input type="checkbox"/> Nonstructural hazards identified with significant threat to occupant life safety → But no Detailed Nonstructural Evaluation required				
<input type="checkbox"/> Low or no nonstructural hazard threat to occupant life safety → No Detailed Nonstructural Evaluation required				

Comments:

Fuente: (FEMA, Exploración rápida visual, 2015)

Apéndice B Formatos adecuados para realizar la investigación

Nivel 1.

Formulario de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones																		
FEMA P-154 Formato para la recolección de datos												Sismicidad Moderadamente Alta						
FOTOGRAFIA	Dirección: _____																	
	Código postal: _____																	
Otras referencias: _____																		
Nombre de la edificación: _____																		
Uso: _____																		
Latitud: _____ Longitud: _____																		
Aa: _____ Av: _____																		
Evaluador(es): _____ Hora y Fecha: _____																		
Nº de pisos: Sobre NT: _____ Bajo NT: _____ Año de construcción: _____ <input type="checkbox"/> EST																		
Área total en planta (m ²): _____ Año del código: _____																		
Adiciones: <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Si, Año(s) de construcción: _____																		
Ocupación: Sala de reuniones <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Emergencias <input type="checkbox"/> Histórico <input type="checkbox"/> Refugio Industrial <input type="checkbox"/> Oficinas <input type="checkbox"/> Escolar <input type="checkbox"/> Gobierno <input type="checkbox"/> Serv. Pub. <input type="checkbox"/> Almacén <input type="checkbox"/> Residencial: # unidades: _____																		
Tipo de suelo: <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> DNK Roca Roca Suelo Suelo Suelo Suelo Suelo Asumir tipo D Dura Media Denso Rígido Suave pobre																		
Peligros geológicos: Licuefacción <input type="checkbox"/> Si/no/DNK Deslizamiento <input type="checkbox"/> Si/no/DNK Ruptura de falla de superficie: _____ Si/no/DNK																		
Adyacencia <input type="checkbox"/> Golpeteo <input type="checkbox"/> Peligro por objetos caídos de otros edificios																		
Irregularidades: <input type="checkbox"/> Vertical (Tipo/Severidad) _____ <input type="checkbox"/> Planta (Tipo) _____																		
Peligros exteriores: <input type="checkbox"/> Chimeneas sin refuerzo <input type="checkbox"/> Revestimientos pesados <input type="checkbox"/> Parapetos <input type="checkbox"/> Anexos constructivos <input type="checkbox"/> otros _____																		
COMENTARIOS: _____																		
BOSQUEJO <input type="checkbox"/> Bosquejos adicionales o comentarios en hoja separada																		
PUNTAJACIÓN BÁSICA, MODIFICADORES Y PUNTAJACIÓN FINAL DEL PRIMER NIVEL SL1																		
TIPO DE CONSTRUCCIÓN FEMA	DNK	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Básico		4.1	3.7	3.2	2.3	2.2	2.9	2.2	2.0	1.7	2.1	1.4	1.8	1.5	1.8	1.8	1.2	2.2
Irregularidad Vertical Severa, VL1		-1.3	-1.3	-1.3	-1.1	-1.0	-1.2	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-0.8	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	-0.8	N/A
Irregularidad Vertical moderada, VL1		-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	N/A
Irregularidad en Planta, PL1		-1.3	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.9	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	N/A
Reglamento previo		-0.8	-0.9	-0.9	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.1	-0.3
Reglamento actual		1.5	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.1	2.4	2.1	2.1	N/A	1.2
Suelo Tipo A o B		0.3	0.6	0.9	0.6	0.9	0.3	0.9	0.9	0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6	0.9
Suelo Tipo E (1-3 pisos)		0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.5
Suelo Tipo E (>3 pisos)		-0.5	-0.8	-1.2	-0.7	-0.9	N/A	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.4	N/A	-0.3	-0.7	-0.7	-0.3	N/A
Puntaje Mínimo, Smin		1.6	1.2	0.8	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	1.4
PUNTAJACIÓN FINAL, SL1 ≥ Smin																		
EXTENSIÓN DE LA REVISIÓN						OTROS PELIGROS						ACCIÓN REQUERIDA						
Exterior <input type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Todos <input type="checkbox"/> Aéreo <input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/> Hay otros peligros que requieren una evaluación estructural detallada						<input type="checkbox"/> Se requiere una evaluación estructural detallada						
Interior <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Ingres <input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/> Peligro de golpeteo (a menos que SL2 > cut-off)						<input type="checkbox"/> Si, Tipo de edificación FEMA desconocida u otro tipo de edificación						
Planos revisados <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No						<input type="checkbox"/> Peligro de objetos que puedan caer de edificaciones adyacentes						<input type="checkbox"/> Si, puntaje menor que el cut-off						
Fuente del tipo de suelo _____						<input type="checkbox"/> Peligros geológicos o suelo tipo _____						<input type="checkbox"/> Si, otros peligros presentes						
Fuente de los peligros geológicos _____						<input type="checkbox"/> Daño o deterioro significativo en el sistema estructural						<input type="checkbox"/> No						
Persona contacto: _____												<input type="checkbox"/> Se recomienda una evaluación no estructural no detallada?						
¿EVALUACIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA?												<input type="checkbox"/> Si, peligros no estructurales que deberían ser evaluados						
<input type="checkbox"/> Si, Puntaje Final del segundo nivel, SL2 _____ <input type="checkbox"/> No												<input type="checkbox"/> No, existen peligros no estructurales que requieren de mitigación, pero no es necesaria una evaluación de tallada						
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No												<input type="checkbox"/> NO, no se han encontrado peligros no estructurales <input type="checkbox"/> DNK						
Cualquier información que no pueda ser verificada, el evaluador deberá anotar lo siguiente: EST= Estimado o DNK= No se sabe																		
Convenciones: MRF=Portico resistente a momento						RC=Concreto reforzado URM INF=Mampostería no reforzada						MH=Casa prefabricada FD=Diagrama flexible						
BR=Portico confinado						SW=Muro de corte TU=Levantado						LM=Metal ligero RD=Diagrama rígido						

Fuente: FEMA P-154

Nivel 2.

Formulario de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones				
FEMA P-154 Formato para la recolección de datos		Sismicidad Moderadamente Alta		
La evaluación de Nivel 2 debe ser realizada por un ingeniero civil o estructural, arquitectos o estudiantes graduados que tengan experiencia en la evaluación o diseño sísmico de estructuras				
Nombre de la edificación	Puntaje final del primer nivel	SLI= (No considerar S _{min})		
Evaluados	Modificadores de irregularidad del Nivel 1	Irregularidad Vertical VLI=	Irregularidad en planta, PLI=	
Fecha	PUNTAJE AJUSTADO BASE	S'=(SLI-VLI-PLI)=		
MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA SER CONSIDERADOS EN EL PUNTAJE AJUSTADO BASE				
Tema	Enunciado (si es verdadero, encerrar en un círculo el modificador "SI"; caso contrario tachar el modificador.)	Si	Subtotal	
Irregularidad vertical, VLI	Terreno en pendiente	Edificación W: Existe al menos un piso completo de diferencia de nivel entre un lado de la edificación con respecto al otro.	-1.3	VLI=
		Edificación no W: Existe al menos un piso completo de diferencia entre un lado de la edificación con respecto al otro.	-0.3	
	Piso débil y/o piso suave	Edificación W1 con paredes cortas de entramado de madera: es visible una pared corta de madera no confinada en el espacio dejado.	-0.6	
		Edificación W1 con espacio ocupado sobre el garaje: Por debajo del piso ocupado, existe un garaje sin un pórtico resistente a momento y existe menos de 20 cm de pared en la misma línea (para pisos ocupados por encima del garaje, usar como mínimo 40,6 cm de pared)	-1.3	
		Edificación W1A con abertura frontal: Existen aberturas en la planta baja (como parqueaderos) $\geq 50\%$ de la longitud de la edificación	-1.3	
	(Máximo un círculo)	Edificación no W: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que el 50% que la del piso superior o la altura de cualquier piso es mayor de 2.0 veces la altura del piso superior.	-1.0	
		Edificación no W: La longitud del sistema lateral en cualquier piso se encuentra entre el 50% y 75 % que la del piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.	-0.5	
	Discontinuo	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están desplazados hacia fuera con aquellos en el piso inferior causando que el diafragma de piso trabaje en voladizo.	-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en pisos superiores están desalineados hacia adentro con aquellos en pisos inferiores.	-0.5	
		Existe una discontinuidad en el plano de los elementos laterales que es mayor que la longitud de estos elementos.	-0.3	
Columnas cortas	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo del eje de columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/profundidad menores al 50% de la relación nominal altura/profundidad en ese nivel.	-0.5	-0.5	
	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La profundidad de la columna (o ancho de pilares) es menor que la mitad de la profundidad del antepecho, o existen paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan a la columna.	-0.5		
Nivel desplazado	Existe un nivel desplazado en una de las plantas o en el techo.	-0.5		
Otra irregularidad	Se observa otra irregularidad severa en elevación que obviamente afecta al desempeño sísmico de la edificación.	-1.0	VLI=	
	Se observa otra irregularidad moderada en elevación que pueda afectar al desempeño sísmico de la edificación.	-0.5		(Tope -1.3)
Irregularidad en planta, PLI	Irregularidad torsional: El sistema lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en cualquier dirección o en ambas direcciones. (No se incluye la abertura frontal de la edificación W1A mencionada anteriormente.)	-0.8	PLI=	
	Sistemas no paralelos: Existen uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.	-0.4		
	Retrocesos en esquinas: Ambas proyecciones desde una esquina interior superan el 25% de toda la dimensión en planta en esa dirección.	-0.4		
	Abertura de diafragma de piso: Existe una abertura en el diafragma de piso con un ancho mayor al 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.	-0.3		
	Discontinuidad fuera del plano en Edificaciones C1, C2: Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas en planta.	-0.4		
Otra irregularidad: Se observa otra irregularidad en planta que obviamente afecta al desempeño sísmico de la estructura.	-0.8	(Tope -1.3)		
Redundancia	La edificación tiene al menos dos vanos con elementos laterales en cada lado de la edificación en cada dirección.	+0.3		
Golpeteo	La edificación está separada de la estructura adyacente en menos del 0.5% de la altura la edificación más baja y estructura adyacente	Los pisos no se alinean verticalmente por más de 61 cm.	El valor límite del modificador por golpeteo es -1.3	-1.0
		Una edificación es 2 o más pisos más alta que la otra.		-1.0
		La edificación está al final del bloque de edificaciones		-0.5
Edificación S2	Arriostamiento con geometría K.		-1.0	
Edificación C1	Placas planas sirven como vigas en el pórtico resistente a momento.		-0.5	
Edificación PC1/RM1	Existen conexiones entre muros y el techo que son visibles o que se las ha podido apreciar en planos que no tienen tensión perpendicular a las fibras. (No se combina con modificadores de Post-Referencia o Readección)		+0.3	
Edificación PC1	La edificación está estrechamente espaciada, paredes interiores de altura completa (en lugar de un espacio interior con pocas paredes como en un almacén).		+0.3	
URM	Paredes triangulares presentes.		-0.4	
MH	Existencia de un sistema de arriostamiento sísmico adicional, implementado entre la estructura y el suelo		+1.2	
Readección	Reforzamiento sísmico integral es visible o se conoce de planos de la edificación.		+1.4	
PUNTAJE FINAL NIVEL 2, SL2 = (S' + VLI + PLI + M) \geq S_{min}: (Transferir al primer nivel)				
Se observa algún daño o deterioro u otra condición que afecta negativamente al desempeño sísmico de la edificación: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No				
Si ha marcado Si, describir la condición en la sección comentarios en la parte inferior e indicar en el formulario del Nivel 1 que una evaluación detallada es requerida independiente del puntaje del ed.				
PELIGROS NO ESTRUCTURALES EVIDENTES:				
ubicación	Aspecto (Revisar "Si o No")	Si	No	Comentarios
Exterior	Existe un antepecho de mampostería no reforzada o arriostada o una chimenea de mampostería no reforzada			
	Existen revestimientos pesados			
	Existe una cubierta pesada sobre puertas de salida o pasillos peatonales que parecen estar soportados de manera inadecuada.			
	Existe un anexo de mampostería no reforzada sobre puertas de salida o pasillos peatonales.			
	Existe un letrero colocado en la edificación que indica que hay materiales peligrosos presentes			
	Existe una edificación adyacente más alta con una pared URM no anclada o un antepecho URM no confinados o chimenea.			
	Otro peligro exterior observable no estructural que pueda caer.			
Interior	Existen tejas de arcilla o tabiques de ladrillo en gradas o corredores de salida.			
	Otro peligro interior observable no estructural que pueda caer.			
Desempeño Sísmico No Estructural Estimado (Revisar el recuadro apropiado y transferirlo a las conclusiones del formulario del Nivel 1)				
<input type="checkbox"/> Peligros potenciales no estructurales con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Evaluación No Estructural Detallada recomendada				
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales identificados con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Pero no requiere una Evaluación No Estructural Detallada				
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales menores o inexistentes que amenacen a la seguridad de vida de los ocupantes → No se requiere Evaluación No Estructural Detallada				
Comentarios:				

Fuente: FEMA P-154.

Apéndice C. Guía para uso del formulario FEMA P-154 en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

Apéndice D. Encuestas organizadas por manzanas. (Evidencia)

Apéndice E. Programado

Apéndice F. Mapa de vulnerabilidad sísmica preliminar de las viviendas del Barrio Cristo Rey, del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Mapa de la delimitación de la zona de estudio

Mapa de la determinación de la vulnerabilidad sísmica preliminar el barrio objeto de estudio.