

IDEA



Construcción y Madera

Volumen 5 - Año: 2023 - ISSN: 2590-4612



Centro de Tecnologías para
la Construcción y la Madera

SENNOVA
Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



**CTCM
SENNOVA**

Estudio de caso arquitectónico sobre vulnerabilidad sísmica en vivienda de dos pisos en Usme, Bogotá-Colombia.

Jessid Camilo Rodríguez Paez¹, José Alejandro Barrios Quiroga², Karen Daniela González Neiza³, Cristian Andrés Abril Baquero⁴, Dubán Ferley Esteban Mogollón⁵, Nevardo Hernández Babativa⁶.

¹jessid.rodriguez@soy.sena.edu.co, ²jabarrios874@soy.sena.edu.co, ³kdgonzalez605@soy.sena.edu.co, ⁴kdgonzalez605@soy.sena.edu.co

⁵dfesteban@sena.edu.co, ⁶nehernandezb@sena.edu.co

^{1,2,3,4,5,6} Grupo de Investigación SENNOVA CTCM SENA, Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera, Soacha, Colombia.

Resumen

El presente artículo está centrado en el estudio de caso de una vivienda ubicada en la Localidad Usme y el desconocimiento de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), por parte de los maestros de obra al momento de la construcción de una edificación. Para esto se utilizaron diversas metodologías como lo son los levantamientos tradicionales y digitales. Se realizó un estudio que tuvo como objetivo realizar la evaluación de vulnerabilidad sísmica de una vivienda de esta localidad, basada en los diferentes procesos constructivos actuales, identificando así los factores que llevan a la comunidad a la construcción de las edificaciones sin considerar medidas sísmicas adecuadas. De esta forma se obtuvieron diversos resultados en los cuales, en primer lugar, se evidencia la mala aplicación de la norma en los procesos constructivos al momento de edificar la vivienda y en segundo lugar se logró una serie de productos en los cuales se evidencia la correcta ejecución de la NSR - 10. Dicho esto, el estudio de caso nos da una clara imagen del estado de estas, gracias a la evaluación de grado de vulnerabilidad sísmica, se pudieron identificar los factores críticos en donde se tienen el mayor nivel de riesgo.

Palabras clave: Vulnerabilidad sísmica, Construcciones empíricas, NSR-10, Sismo, Maestros de obra.

Abstract

This article is focused on the case study of a house located in the Usme district and the lack of knowledge of the Colombian Standard for Earthquake Resistant Design and Construction (NSR-10) by the masonry men at the time of construction of a building. For this purpose, several methodologies were used, such as traditional and digital surveys. A study was carried out with the objective of evaluating the seismic vulnerability of a house in this locality, based on the different current construction processes, thus identifying the factors that lead the community to construct buildings without considering adequate seismic measures. In this way, several results were obtained in which, firstly, the misapplication of the standard in the construction processes at the time of building the house is evidenced and secondly, a series of products in which the correct execution of the NSR - 10 is evidenced. That said, the case study gives us a clear picture of the state of these, thanks to the evaluation of the degree of seismic vulnerability, it was possible to identify the critical factors where they have the highest level of risk.

Keywords: Seismic vulnerability, Empirical constructions, NSR-10, Earthquake, masonry men.

Introducción

La NSR-10 o Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente, establece los requisitos y criterios para el diseño y construcción de edificaciones en Colombia teniendo en cuenta su resistencia sísmica (AIS, 2010). En el país los sismos representan una amenaza latente debido a su ubicación en una región geodinámica activa y la interacción de placas tectónicas que generan una actividad sísmica constante (la Nazca, la Sudamericana y la del Caribe), lo que convierte a la comprensión y aplicación de la NSR-10 en un asunto de máxima relevancia. (SGC, 2018).

Dentro de los diversos estudios de vulnerabilidad realizados anteriormente en el país, se evidencia un desconocimiento notorio en la aplicación de la norma en la construcción de viviendas, uno de los ejemplos más claros es el estudio “Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de Ciudad Bolívar, evaluadas por el método cualitativo” en el cual, se tomaron como muestra 300 viviendas, y en donde, la población dio a conocer las características constructivas y su posible respuesta ante un evento sísmico.

Como resultado de este estudio, se determinó que el 76% de las viviendas de la población estudiada es altamente vulnerable y que el 56% de ellas pueden representar un riesgo para las personas, antes de que ocurra un sismo. También se observó que el nivel de daños puede estar correlacionados con otros eventos como lo pueden ser el comportamiento de los suelos, interacción con la mala calidad estructural, constructiva y el deterioro progresivo de los elementos estructurales y arquitectónicos que afectan el comportamiento y la funcionalidad de estas edificaciones (Muñoz Prieto, 2007).

Es el caso de Usme, que se caracteriza por su alto crecimiento poblacional y destaca el número de edificaciones construidas empíricamente por los maestros de obra sin seguir alguna normativa sísmica,

haciendo de estas altamente vulnerables ante un evento de gran magnitud. Los inmuebles a menudo carecen de diseños estructurales y se edifican sin seguir las normas técnicas, es así como detectamos una falencia de conocimiento y conciencia sobre estos riesgos, lo que podría generar consecuencias desastrosas en caso de un terremoto significativo en la zona.

En consecuencia, el equipo del Semillero de Investigación vinculado al Sistema de Investigación, Innovación Y Desarrollo Tecnológico (SENNOVA) del Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (CTCM) del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Bogotá - Distrito Capital, conformado por instructores, investigadores y aprendices, tuvieron como objetivo realizar la evaluación de vulnerabilidad sísmica de una vivienda de esta localidad, basada en los diferentes procesos constructivos actuales, identificando así los factores sociales, económicos y culturales que llevan a la comunidad a la construcción de las edificaciones sin considerar medidas sísmicas adecuadas.

Antecedentes del proyecto

SENA APP Construcción, es una colección de cartillas que, complementadas con una APP móvil, son el resultado del trabajo conjunto de un equipo interdisciplinario de investigadores, instructores y aprendices asociados al proyecto de investigación “Cartillas y APP Móvil SENA APP - Construcción. Vulnerabilidad sísmica e interpretación de planos de instalaciones hidráulicas, sanitarias y de gas de uso residencial” (ver figuras 1 y 2) , desarrollado en el Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera de Bogotá; Buscan fortalecer el aprendizaje y las competencias en el área de la construcción, mediante herramientas visuales e interactivas de fácil acceso y de forma gratuita, alineándose a su vez a la acelerada intervención de la tecnología y a las transformaciones en los métodos y técnicas de enseñanza - aprendizaje que demanda la cuarta revolución industrial y beneficiará tanto a los aprendices como a todos los actores del sector productivo del área en el país (Barragán et al, 2022).

Figura 1.
Interfaz de inicio SENA APP CONSTRUCCIÓN.



Fuente: SENA APP CONSTRUCCIÓN.
Nota: Tomado de Blog SENA APP CONSTRUCCIÓN
(<https://senaappconstruccion.blogspot.com/>)

Figura 2.
Portada principal de cartilla de Vulnerabilidad Sísmica.



Fuente: (Barragán et al, 2022).
<https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/7859>

Metodología

Tras la creación de la cartilla titulada “Vulnerabilidad en viviendas de 1 y 2 pisos,

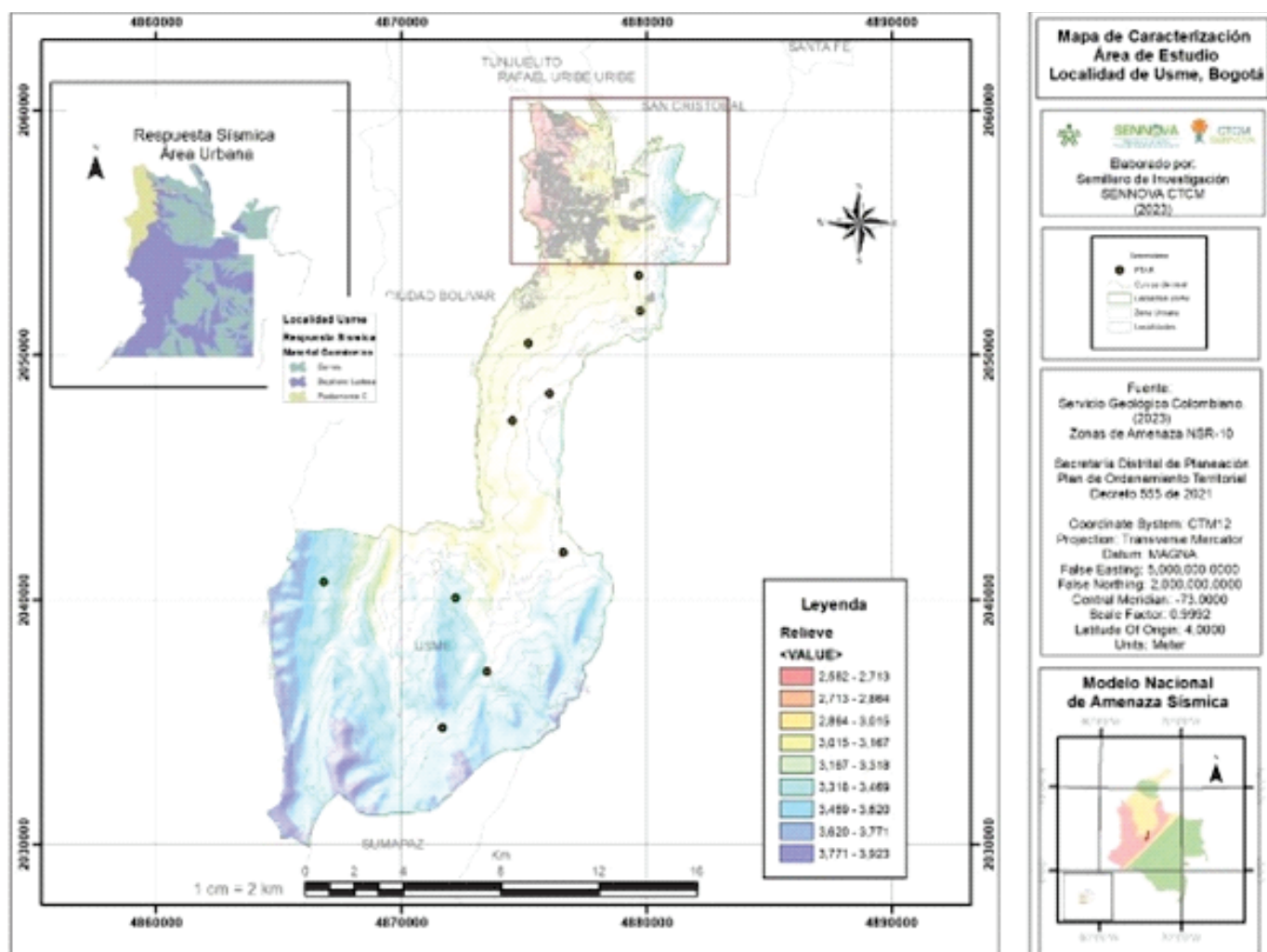
basada en la NSR-10 Título E ubicada en Bogotá - Colombia, Volumen 1”, elaborada en un trabajo conjunto entre investigadores, instructores y aprendices del Centro de Tecnologías para la Construcción y la Maderas, del Servicio Nacional de Aprendizaje, es así que se quiso poner en práctica la investigación por medio de un estudio de una vivienda para de esta localidad.

Microzonificación o área de estudio.

Según el IDIGER (2018), Usme es la 4 localidad con mayor riesgo sísmico de la ciudad de Bogotá, por esta razón la microzonificación de respuesta sísmica del suelo para esta, se identifican tres zonas geotécnicas: Depósitos de ladera, piedemonte y Cerros.

Tal como se muestra en la figura 3, la geología local es esencial al momento de realizar el estudio ya que varios sectores de la Localidad de Usme se encuentran en alto grado vulnerabilidad sísmica debido a su compleja topografía, el grado de vulnerabilidad es variable dependiendo del tipo de estructura ya que la mayoría de las construcciones corresponden a inmuebles sin la debida construcción técnica, con tipología de muros no confinados portantes no dan cumplimiento a la normatividad vigente sobre sismo resistencia y seguridad. Para algunas instituciones funcionan en edificios que fueron diseñados y construidos dando cumplimiento con la Norma NSR-10 y otras algunas de ellas que, aunque siendo edificaciones de varias décadas ya han sido reforzadas para dar cumplimiento a la normatividad vigente.

Figura 3.
Mapa de caracterización, área de estudio localidad de Usme, Bogotá.



Nota: Mapa de caracterización (geología). Fuente propia.

Encuesta realizada al propietario de la vivienda. Se realizó una encuesta al propietario, con el fin de desarrollar un análisis cualitativo con respecto al estado actual de la vivienda, evidenciando así problemas arquitectónicos, estructurales y los deficientes procesos constructivos implementados al construir la residencia; de igual forma, se tomaron los puntos de vista para trabajar en el estudio y determinar el estado y el grado de vulnerabilidad de esta. Dicho esto, con los datos suministrados se trabajó en una

propuesta arquitectónica donde contemplo el uso de la Norma NSR-10 Título E y así darle una mejor retrospectiva a la vivienda.

Enfoque social

Este enfoque tuvo como finalidad analizar el cómo se compone el núcleo familiar actualmente, cuántas personas lo integran y qué rol cumple cada uno de ellos, además se tuvo en cuenta el tiempo que llevan viviendo y el costo en que adquirieron la propiedad.

Enfoque general sobre el estado de la vivienda

Este apartado de la encuesta tuvo como propósito escuchar el punto de vista del propietario referente al estado actual de la vivienda, esto con el objetivo de dar a conocer las falencias y deficiencias con que cuenta la estructura y la arquitectura de la edificación, de igual forma saber sobre la antigüedad o año de construcción de la edificación.

Enfoque hacia el taller de marroquinería

Este enfoque tuvo como propósito determinar las actividades principales que se ejecutan en el taller de marroquinería adicional que áreas se utilizan para cada uno de los procesos y cuantas personas trabajan dentro del taller y si cumple con los espacios mínimos para cada una de las máquinas utilizadas, y de igual forma analizar si este mismo afecto directamente a la estructura de la vivienda.

Enfoque hacia la propuesta arquitectónica

Esta parte de la encuesta se obtuvo según la opinión del propietario y la evaluación realizada junto con los parámetros establecidos en la norma el se debe construir la vivienda estableciendo los espacios que lleva la vivienda, estableciendo cada una de las áreas habitables y las zonas de trabajo buscando así la independencia de cada una.

Levantamiento Tradicional

El levantamiento arquitectónico tradicional es la representación de espacios de un inmueble construido de forma manual, es decir una muestra gráfica, la cual llamaremos boceto o plano. Para esta actividad se implementan herramientas de dibujo técnico, tales como: (la cinta métrica, flexómetro, lápiz, papel, escuadras), las cuales nos brindan mayor facilidad a la hora de plasmar el levantamiento de la vivienda de forma tradicional (ver figura 4).

Figura 4.

Toma de medidas de la vivienda de forma tradicional.



Nota: Toma de medidas de la vivienda ubicada en la localidad de Usme. Fuente propia.

Por lo general los métodos tradicionales son los que se ven más afectados por las variables como irregularidades geométricas, anomalías estáticas del piso u otras características atípicas de la edificación, lo que lo hace rudimentario y poco preciso en comparación con la tecnología implementada en los métodos modernos, todo esto a causa de que el levantamiento tradicional depende mucho de la habilidad del mismo usuario para realizar un croquis adecuado a medida que avanza la toma de medidas del espacio (Romero, 2022).

Levantamiento Digital (BIM)

BIM (Building Information Modeling) se define como una metodología de trabajo colaborativo para la gestión de proyectos de construcción, mediante la integración, centralización y gestión de la información a través de modelos digitales. BIM actúa como una fuente confiable para la toma de decisiones, facilitando y optimizando el desarrollo de todas las etapas del ciclo de vida del activo, desde la planificación y diseño, hasta la construcción, operación y mantenimiento de infraestructuras (Pedraza *et al*, 2023).

Levantamiento Digital (Faro Focus S)

Los Scanner 3D están diseñados específicamente para mediciones tanto en interiores como en exteriores en industrias como arquitectura, ingeniería, construcción, seguridad pública e investigaciones forense, o diseño de productos. Todos los dispositivos capturan información del mundo real que se usa en mundo digital para analizar, colaborar y tomar decisiones, encaminadas a mejorar y mantener la calidad general del proyecto y el producto, además de

una mayor distancia, precisión angular y alcance, la función de compensación en in situ de los escáneres garantiza mediciones de alta calidad, mientras que los puertos para accesorios externos y la funcionalidad HDR hacen que el escáner sea extremadamente flexible (Faro, 2021).

Resultados y Discusión

El comparativo entre métodos tradicionales y tecnológicos en el área de la construcción, referente a este levantamiento arquitectónico nos aporta herramientas para examinar la efectividad de estos dos procedimientos.

En la figura 5, se evidencia el mal estado y la inconsistencia de la estructura de la vivienda, un ejemplo claro es el sótano en el cual, ciertas columnas no tienen continuidad hasta el segundo piso, hay fisuras en las vigas y columnas por la humedad, no tiene un sistema de drenaje para poder extraer el agua proveniente del terreno.

En el primer piso demolieron parte de un muro estructural importante para la estabilidad de la vivienda siendo reemplazado por un anclaje en tubo metálico, para de esta forma poder darle acceso a uno de los ambientes del taller de marroquinería que funciona en la edificación. Se finalizó en el segundo piso constatando la falta de vigas de amarre para darle soporte a las cerchas de la cubierta haciendo de esta altamente vulnerable ante un vendaval o algún otro evento natural, también se observó fisuras en los muros arquitectónicos y la no continuidad de algunas columnas.

Figura 5.
Estado actual de la vivienda.



Nota: El sótano presenta un nivel crítico de humedad por lo cual produce un daño estructural evidente, cerchas sin sus respectivas vigas de amarre, deterioro en los muros de la fachada externa. Fuente propia.

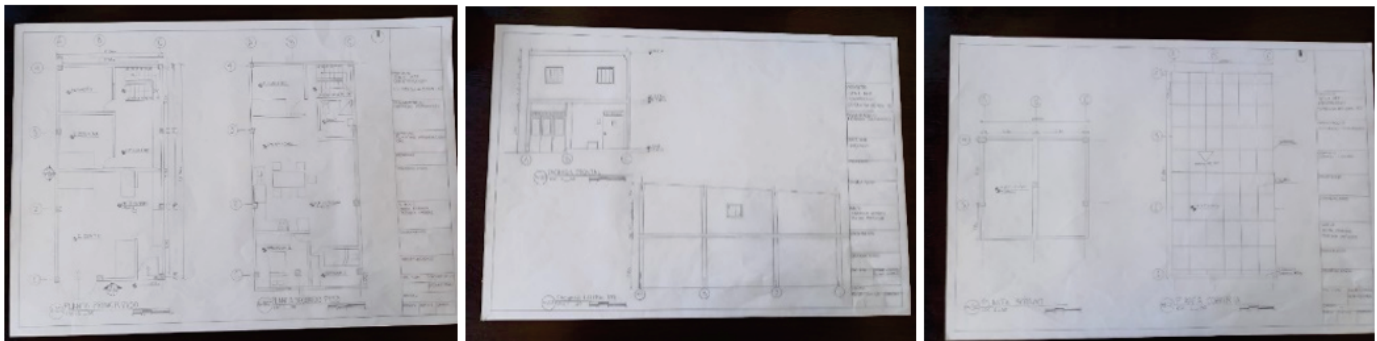
Boceto aproximado del volumen del inmueble y registro de tiempos y medidas tomadas *in situ*

En este ejercicio se ejecutó con el fin de realizar una comparativa entre los instrumentos de medida que se utilizaron en el levantamiento arquitectónico que se llevó a cabo en la edificación. Dentro de la recolección de medidas y toma de datos de forma

tradicional, se tomaron tiempos en donde se inició a las 11:18 am y se culminó a la 01:02 pm.

En consecuencia, se realizó una planimetría a mano alzada del inmueble, tal como se evidencia en la figura 7, el cual permitió comprender mejor la distribución de áreas, al igual que cortes y fachadas para analizar las alturas y niveles que posee el inmueble.

Figura 6.
Planos a mano alzada del estado actual de la vivienda.



Nota: Planos de planta planta, cortes y fachadas elaborados a mano alzada del estado actual de la vivienda. Fuente: Propia.

Modelo 3D analítico del inmueble en su estado actual

Los bocetos o dibujos elaborados a mano alzada nos dan una perspectiva de las dimensiones de la vivienda. Más llanamente, el diseño 3D hecho en Revit, que es una herramienta versátil en la cual, se puede realizar un análisis estructural como arquitectónico del estado de la edificación de la localidad de Usme, los cuales se muestran en la Figura 8.

Figura 7.
Modelo y diseño de la vivienda en su estado actual.

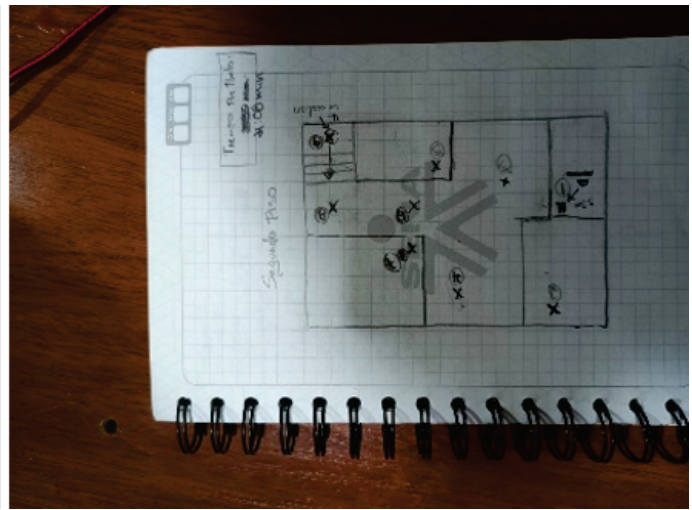
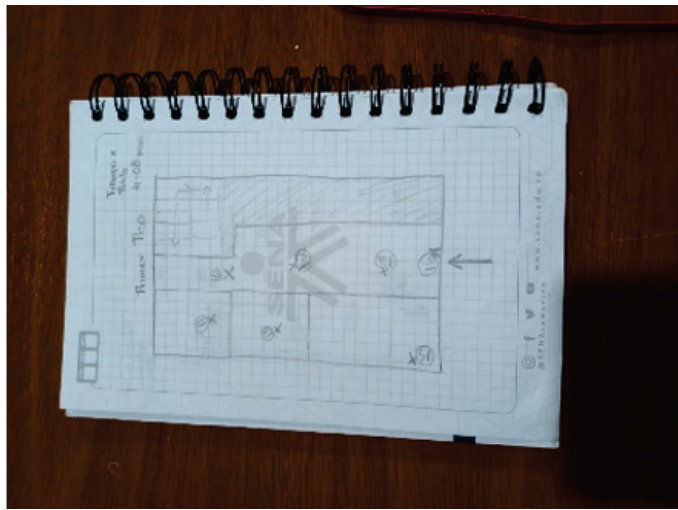


Nota: Modelado 3D, cortes, fachadas y planos de planta elaborados en Revit de la vivienda en su estado actual. Fuente: Propia.

Modelado y Nube de puntos Scanner 3D

Para realizar el levantamiento con el scanner 3D Faro Focus, en primer lugar, se realizó un boceto de plano de la vivienda para establecer los puntos en donde se va a ejecutar cada levantamiento con el equipo, para que de este modo no haya ningún inconveniente al momento de realizar el procesamiento de datos y no queden levantamientos sueltos en el registro de la nube de puntos.

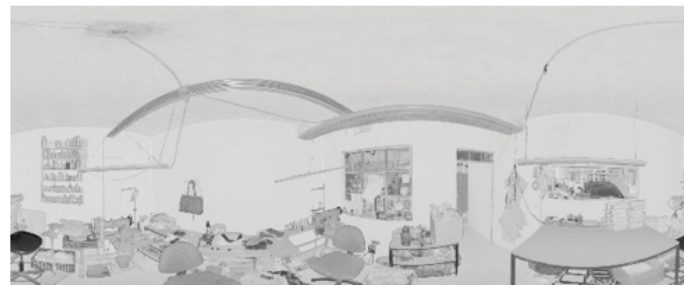
Figura 8.
Boceto de puntos para el levantamiento con el Scanner 3D.



Fuente: Propia.

Para el correcto procesamiento de datos dentro del programa Scene, se determinó muy bien el lugar en donde cada levantamiento se llevaría a cabo, por consiguiente, se realiza la respectiva limpieza de cada una de las imágenes en la nube de puntos eliminando puntos blancos, intersecciones, objetos no deseados, personas o animales, superficies reflectantes, entre otros.

Figura 9.
Imágenes tomadas con el scanner 3D Faro.



Fuente: Propia.

Evaluación de grado de vulnerabilidad sísmica

De acuerdo con la visita técnica, se tomó como evidencia el formato Evaluación del Grado de Vulnerabilidad Sísmica del Grupo de Investigación en Implementación Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas tomando como referencia el Estudio de Vulnerabilidad de la AIS (Asociación de

Ingeniería Sísmica), basado en la Norma NSR-10 y así determinar los daños estructurales y arquitectónicos que tiene la vivienda según los datos que se tomaron de la misma.

Por consiguiente, la AIS (2001), tomo como referencia 4 aspectos importantes para determinar que una vivienda califique como vulnerable intermedia o alta es suficiente que

presente deficiencias en cualquiera de los aspectos mencionados a continuación:

Aspectos Geométricos.

Los aspectos geométricos son una parte clave en el estudio, ya que se identificaron deficiencias en la mayor parte de la edificación, haciendo de esta una vivienda altamente vulnerable a un evento sísmico. Dentro de la vivienda se pudieron identificar los problemas en cada una de las plantas, así mismo, como irregularidades en su altura y falta en cantidad de muros en ambas direcciones los cuales hacen que la placa de contra piso sea menos resistente y tenga en el riesgo de fractura en su estructura. Ver figura 10.

Aspectos Constructivos.

Estos aspectos se centran en los materiales, técnicas de construcción y estándares aplicados en la edificación de estructuras, y tienen un impacto significativo en su capacidad para resistir eventos sísmicos. Algunos aspectos constructivos importantes incluyen:

Materiales de Construcción: La calidad y resistencia de los materiales utilizados, como el concreto, acero, madera, entre otros, son críticos para la resistencia sísmica. La selección adecuada de materiales puede influir en la capacidad de absorción de energía y resistencia a la deformación.

Uniones y Conexiones: La forma en que se unen los elementos estructurales es esencial. Las uniones y conexiones deben diseñarse para resistir fuerzas sísmicas y permitir cierta

flexibilidad sin comprometer la integridad de la estructura.

Detalles de Construcción: Los detalles constructivos como la calidad de la soldadura, amarres de refuerzo, anclajes y la instalación correcta de elementos estructurales, son críticos para la integridad sísmica de una estructura.

Refuerzos Sísmicos: La inclusión de refuerzos sísmicos como muros de corte, sistemas de contraventeo, amortiguadores sísmicos, entre otros, es clave para mejorar la capacidad de una estructura para resistir terremotos.

La evaluación de estos aspectos constructivos permite determinar la capacidad de una estructura para resistir eventos sísmicos y sugiere posibles mejoras o medidas correctivas para aumentar su seguridad y reducir su vulnerabilidad ante terremotos. Ver figura 10.

Aspectos Estructurales.

Los aspectos estructurales son componentes cruciales ya que estos se centran en cómo la configuración y el diseño de una estructura influyen en su capacidad para resistir y responder a fuerzas sísmicas. Algunos aspectos estructurales importantes incluyen:

Sistema Estructural: El tipo de sistema estructural utilizado como marcos, muros de carga, sistemas de contraventeo, entre otros, afecta la capacidad de la estructura para disipar la energía sísmica y redistribuir las cargas.

Rigidez y Flexibilidad: La distribución adecuada de la rigidez y flexibilidad dentro de la estructura es clave. Zonas rígidas pueden concentrar tensiones, mientras que la flexibilidad controlada puede ayudar a disipar la energía del terremoto.

Capacidad de Deformación: Las estructuras deben ser capaces de deformarse sin colapsar durante un terremoto. El diseño debe permitir cierta capacidad de deformación controlada para absorber energía.

Redundancia Estructural: La redundancia estructural implica tener múltiples rutas de carga para resistir fuerzas sísmicas. Esto puede incluir elementos estructurales adicionales para mantener la integridad de la estructura en caso de fallo en algún componente.

Detalles de Refuerzo: La calidad y diseño del refuerzo como la distribución de barras de acero en concreto armado o la colocación de elementos estructurales adicionales para fortalecer puntos críticos. Ver figura 10.

Aspectos del Entorno y Suelos

La respuesta de una estructura ante un terremoto está influenciada por las carac-

terísticas del terreno y el entorno circundante. La composición y las propiedades del suelo tienen un impacto directo en la propagación y amplitud de las ondas sísmicas. Los suelos blandos tienden a amplificar las ondas sísmicas, lo que puede aumentar la vulnerabilidad de las estructuras construidas sobre ellos.

La variación de las capas del subsuelo puede afectar la manera en que las ondas sísmicas viajan a través de ellas. Por ejemplo, la presencia de capas de roca dura debajo de suelos blandos puede influir en la forma en que las ondas se comportan y afectan a las estructuras. Ver figura 10.

Por lo anterior, la TAIU (2011), estableció que estos materiales están conformados por bloques rocosos heterométricos de composición predominante de anfíbolitas, poseen un grado de meteorización de moderado a alto, presentando sus bordes saprolitizados y el núcleo relativamente fresco y los fragmentos más pequeños están prácticamente alterados en su totalidad. La matriz que los envuelve posee características de un material arcillo limoso de baja plasticidad y de colores claros.

Figura 10.
Evaluación del Grado de Vulnerabilidad Sísmica de la vivienda de la localidad de Usme

GRUPO DE INVESTIGACION EN IMPLEMENTACION TECNOLOGIA EN VIP
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

EVALUACION DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA

PROPIETARIO:	1030559876	Jose Eduardo Talero Vargas	
DIRECCION:	Calle 98 A Sur No 0 este - 20		
CHIP:	#N/D	BARRIO:	La Orquidea
LOCALIDAD:	Usme	UPZ:	#N/D

Escala			
0,86	al	1,00	MUY ALTO
0,62	al	0,86	ALTO
0,44	al	0,62	MEDIO
0,34	al	0,44	BAJO
0,00	al	0,34	MINIMO

Calificación	0,634
Grado de Vulnerabilidad	ALTO

¿Cuál es el tipo de cubierta que tiene la vivienda?

ASPECTO A EVALUAR	OBSERVACIÓN	calificación			
		Max	Eva	% Aspecto	% Total ponderada
ASPECTOS GEOMÉTRICOS (G) 20%					
Irregularidad en planta	1	40%	40%	60%	12%
Irregularidad en altura	2	0%	0%		
Cant. muros en las dos direcciones	3	60%	20%		
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS (C) 20%					
Cimentación	1	10%	10%	10%	45%
Calidad de la construcción en ...					
Columnas de confinamiento	2	45%	30%		
Vigas de confinamiento	3	20%	8%		
Losas de entrepiso	2	0%	0%		
Parapetos y antepechos	3	5%	2%		
Cubierta	2	10%	5%		
Escalera	1	0%	0%		
Características de la mampostería					
Unidades de mampostería (material)	2	1%	1%		
Unidades de mampostería (perforación)	2	1%	1%		
Muro (calidad y características juntas)	3	6%	2%		
Muro (calidad de la unidad y su traba)	3	2%	1%		
ASPECTOS ESTRUCTURALES (E) 40%					
Combinación de sistema estructural	1				21%
Tipo de sistema estructural predominante	2				
Evalúe dependiendo del tipo de sistema estructural seleccionado					
Continuidad estructural	1	2%	2%		
Muros en la vivienda					
Espesor de muros	2	5%	3%		
Confinamiento de los muros	1	10%	10%		
Anclaje entre muro y estructura	1	5%	5%		
Columnas o elementos verticales de confinamiento en la vivienda					
Area transversal del elemento	3	14%	5%		
Refuerzos longitudinales	4	7%	2%		
Refuerzo transversal o estribos	4	7%	2%		
Ubicación de los elementos	1	13%	13%		
Vigas o elementos horizontales de confinamiento en la vivienda					
Area transversal del elemento	2	6%	3%		
Refuerzos longitudinales	4	3%	1%		
Refuerzo transversal o estribos	4	3%	1%		
Cubierta y vigas o elementos de amarre o corona					
Cubierta (peso)	3	2%	1%		
Cubierta (estructura y amarre)	2	8%	4%		
Existencia de vigas de amarre	1	3%	3%		
Amarre de la cubierta	2	2%	1%		
Entrepiso					
Peso de losa de entrepiso	2	3%	2%		
Apoyo de la placa	3	3%	1%		
Características de los vanos					
Area del vano del total del muro	2	2%	1%		
Longitud horizontal del vano	2	1%	1%		
Distancia del muro adyacente al vano	2	1%	1%		
ASPECTOS DEL ENTORNO Y SUELOS (ES) 20%					
Suelo - zona de riesgo sísmico	0	2	0%	0%	82%
Suelo - microzonificación	0	5	10%	2%	
Grado de inclinación del terreno	0	1	40%	40%	
El suelo de la fundación	2	20%	10%		
Características de la cimentación	0	1	30%	30%	

Observaciones adicionales:

La vivienda presenta irregularidades, presenta fisuración en algunos de sus elementos estructurales, además de combinación en los tipos de mampostería. Actualización al reglamento, completar el sistema de cimentación en la parte del patio, establecer sistema de muros confinados, terminar los muros interiores (con un solo tipo de mampostería, se puede escoger el que predomine porcentualmente en la vivienda, para evitar demoler) y la viga de corona para montar una nueva cubierta.

Documento elaborado por el Ing. Sergio Valbuena basado en el formato NP4 de la CVP y del formato para determinar el índice de vulnerabilidad de la AIS



Foto N°1 Fachada



Foto N°2 Detalle de la Vivienda

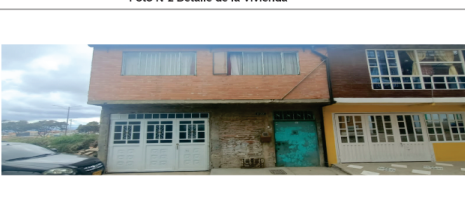


Foto N°3 Fachada de la Vivienda

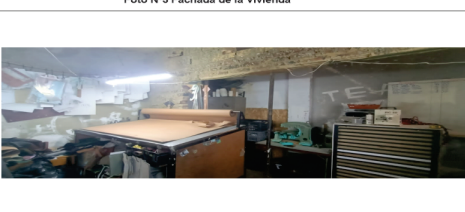
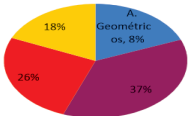


Foto N°4 Detalle de la Vivienda



Nota: La vivienda presenta irregularidades, muestra fisuración en algunos de sus elementos arquitectónicos y estructurales, además de combinación en los tipos de mampostería. Fuente: AIS (Asociación de Ingeniería Sísmica).

Según Safina Melón (2003), El resultado de un estudio de vulnerabilidad está condicionado a la manera concreta como se haga la descripción de la acción sísmica y del daño sísmico, quienes destacan como los elementos fundamentales para la caracterización de la vulnerabilidad sísmica. Para caracterizar la acción sísmica, generalmente se emplean parámetros simples como la intensidad macro sísmica, la aceleración del terreno y en ocasiones el espectro de respuesta. Debe reconocerse que el conocimiento de la acción sísmica es pobre, particularmente en zonas de sismicidad moderada o baja y en zonas con grandes sismos pero con grandes períodos de recurrencia, por lo que conviene contar con metodologías que permitan estimar daños a partir de parámetros de la acción sencillos (intensidad, aceleración pico, etc.) y progresivamente desarrollar métodos que tengan en cuenta una estima más realista de la acción, tipo parámetros espectrales, acelerogramas reales o artificiales, que tengan en cuenta el contenido frecuencia y la duración del evento, entre otros.

Es por eso que (Martínez, 2022) reconociendo sus características y precedentes, debido a que la edificación fue construida antes de la norma NSR-10, presentan una incertidumbre de la calidad de los materiales, ya que pueden perder sus propiedades con el paso del tiempo y no existe un registro de la cantidad de acero de refuerzo suministrado en su construcción inicial.

Prototipo del estado actual y propuesta arquitectónica de la vivienda

Como resultado se obtuvo las maquetas, figuras 11 y 12, las cuales son una representación a escala de la misma, diseñadas para mostrar sus características principales de manera visual y táctil, según la representación se comunicó la idea de cómo se encuentra la vivienda actualmente con sus principales características y la distribución de espacios dentro de la edificación.

Así mismo en la propuesta arquitectónica se plasmó según la NSR-10 como debió quedar construida la vivienda y de igual forma se tuvo presente la opinión del propietario para que también tuviese mayor participación al momento de proyección de la propuesta.

Figura 11.
Maqueta de la vivienda en el estado actual.



Nota: Maqueta de la vivienda en Escala 1:50. Fuente: Propia.

Figura 12.
Maqueta de propuesta arquitectónica de la vivienda.



Nota: Maqueta propuesta arquitectónica de la vivienda en Escala 1:50. Fuente: Propia.

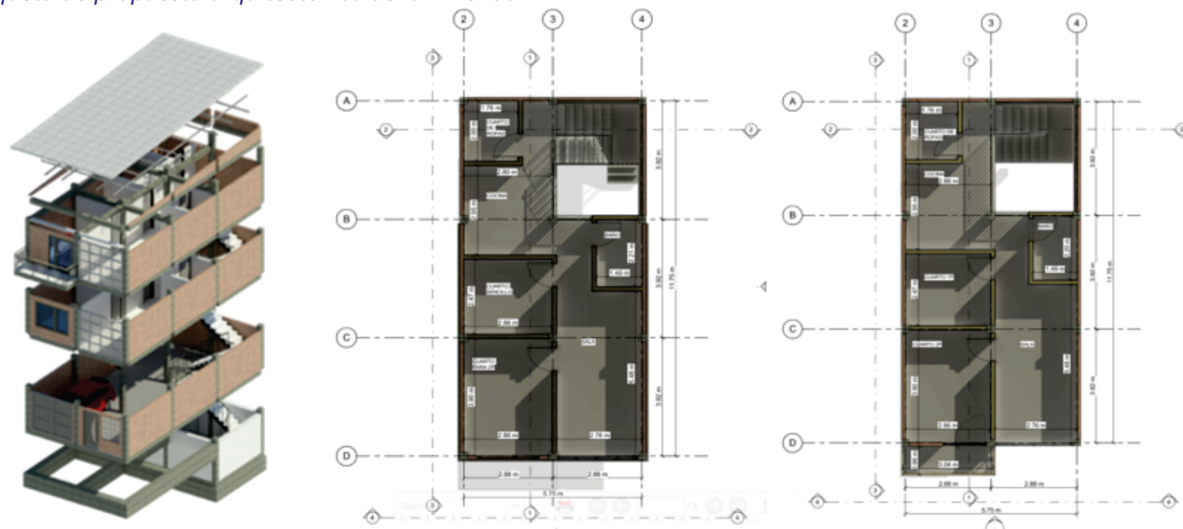
Modelo y planos en el Software Revit, paquete de planos principales

Dentro del estudio, la propuesta arquitectónica se realizó el modelado con su respectivo paquete de planos de como debió quedar la vivienda con los procesos constructivos adecuados, dando cumplimiento a la NSR-10, mejorando la distribución de los espacios dentro del taller marroquinería e independizando en su

totalidad las áreas de trabajo con las áreas habitables.

El sótano dentro de la propuesta se le dará mayor utilidad convirtiéndolo en oficina y bodega para el aprovechamiento de espacios de esa área que actualmente no tiene ninguna función y si está afectando gravemente la estructura de la vivienda. Ver figura 13.

Figura 13.
Maqueta de propuesta arquitectónica de la vivienda.



Nota: Propuesta Arquitectónica de la vivienda de la localidad de Usme elaborada en REVIT.

Conclusiones

El desconocimiento en la aplicación de la NSR-10 en la construcción de viviendas vulnerables es notorio, ya que se omiten partes fundamentales en los procesos constructivos al momento de la edificación, esto por falta de capacitación de los maestros de obra que ejecutan los proyectos, tanto así que las expone a ser altamente vulnerables ante cualquier evento y ponen en riesgo la integridad de las personas que las habitan.

Otro factor relevante es la economización o ahorro de material al momento de la construcción de la obra, se utilizan recursos de segunda mano o de mala calidad los cuales no tiene la firmeza para aguantar las cargas de la vivienda y de algún evento externo.

El estudio de caso en la localidad de Usme nos da una clara imagen del estado de estas, gracias a la

evaluación de grado de vulnerabilidad sísmica, se pudieron identificar los factores críticos en donde se tienen el mayor nivel de riesgo.

Agradecimientos

Un agradecimiento muy especial al propietario de la vivienda el señor José Eduardo Talero por permitir al equipo a realizar el estudio en la vivienda, al Coordinador Académico Leonardo Esguerra y el Instructor Jorge Enrique Leiva por aporte de conocimiento en el lugar del levantamiento, al equipo de investigadores que nos guiaron en cada parte del proceso y aportaron su conocimiento y al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA CTCM) como apoyo financiero para la ejecución de los proyectos del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).

Referencias

- AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica). (2023). AIS 410-23: *Evaluación y reducción de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de mampostería*. Bogotá – Colombia. https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/anexo-tecnico-dec.-1401_2023.pdf
- AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica). (2001). *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería*. Bogotá – Colombia. https://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersvm/mamposteria_lared.pdf
- AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica). (2010). *Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo-Resistente, NSR-10*. <https://asosismica.org.co>
- Barragán, J.A., Avellaneda, E., Moya, B.S., Borré, E., Herrera, D., Acosta, J.E., Borré, M.A., Salazar, E., Hernández, N. (2022). SENA APP CONSTRUCCIÓN - *Vulnerabilidad en viviendas de 1 y 2 pisos, basada en la NSR-10 Título E ubicadas en Bogotá - Colombia*. (SENA, Vol. 1). SENA. <https://senaappconstruccion.blogspot.com/p/cartillas-interactivas.html>

- Build Change. (2015). Manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas. Bogotá – Colombia. https://buildchange.org/wp-content/uploads/2016/04/15-11-05-BC_Manual-de-Evaluacion-y-Reforzamiento.pdf
- Córdoba Ramírez, A. Gutemberg Cortes, F. H. & Restrepo Casallas, K. L. (2022). Guía metodológica para la construcción de viviendas de interés prioritario rural (VIPR) bajo los estándares de la NSR-10 título E. Trabajo de grado. Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. Programa Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia. https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/7522/Cordoba_Alexis_Gutemberg_Fanny_Restrepo_Karen_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Faro. (2021). Escáneres láser para aplicaciones de corto, mediano y largo alcance. <https://downloads.faro.com/index.php/s/HkNcPD2H2aetAp3?dir=undefined&path=%2FSpanishLatin%20-%20Espa%C3%B1ol&openfile=135185>
- Guamán Galindo, D.F. (2018). Levantamiento con escáner laser terrestre: Observatorio Astronómico Muisca de Moniquirá – Villa de Leiva. Monografía. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Bogotá – Colombia. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7690/GuamanGalindoDanielFernando2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IDIGER (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos Sísmicos y Cambio Climático). (2021). Caracterización General del escenario del Riesgo Sísmico. Ficha de Caracterización. <https://www.idiger.gov.co/documents/220605/1331145/Escenario+de+Riesgo+S%C3%ADsmico.pdf/7e1e4211-1b9b-42c0-91ff-4424bd98824d>
- Maldonado Rondón, E., & Chío Cho, G. (2005). Identificación de las zonas sísmicamente más vulnerables en la ciudad de Bucaramanga. *Revista UIS Ingenierías*, 4(2), 99–116. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/1961>
- Martínez Lozano, J.N. (2021). Estudio de Vulnerabilidad sísmica y patológica estructural del edificio Niza en la ciudad de Villavicencio, Meta, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Santo Tomas. Facultad de Ingeniería Civil. Villavicencio – Meta. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/45177>
- Muñoz Prieto, W. (2006). Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de Ciudad Bolívar evaluadas por el método cuantitativo. *Revista Científica*, 9, 241-260. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Centro de Investigación y Desarrollo Científico. Bogotá, Colombia. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/361>
- Pedraza Hernández, J.P. Hernández Flórez, A.F. & Alba Quintero, A. (2023). Guía metodológica para la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en empresas de ingeniería en Colombia: enfoque práctico para proyectos de diseño de infraestructura vial. Guía Metodológica. Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Facultad de Ingeniería. Programa Maestría en Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos. Bogotá – Colombia. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/2586>
- Rivera Rivera, Y. A. & Toro-Beltrán, M. F. (2021). Índice de vulnerabilidad en las edificaciones informales en Bogotá localidad de Suba Barrio Rincón. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá - Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/93f2ac30-3c9d-4dad-a9ca-7219619f9f62/content>.

- Rodríguez Suárez, E. J. & Castro-Sosa, J. S. (2015). Caracterización de las condiciones estructurales en viviendas residenciales del Barrio Ciudad Jardín Sur en Bogotá según NSR-10. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/3afffae7-6794-4338-b480-a67b656172cd/content>
- Romero Corredor, L.S. (2022). Evaluación técnica y económica de métodos de levantamiento arquitectónico análogos y digitales. Trabajo de grado. Universidad la Gran Colombia. Facultad de Arquitectura. Bogotá – Colombia.
https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/7540/ROMERO_LUIS_2022%28TRABAJO%20DE%20GRADO%20%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Safina Melón, S. (2003). Vulnerabilidad Sísmica de edificaciones esenciales. Tesis de Grado. Universidad Politécnica de Cataluña. Facultad de Ingeniería. Cataluña – España.
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6226/14CAPITULO5.pdf?sequence>
- SGC (Servicio Geológico Colombiano). (2018). Evaluación y monitoreo de actividad sísmica.
<https://www2.sgc.gov.co/ProgramasDeInvestigacion/geoamenazas/Paginas/actividad-sismica.aspx>
- TAIU (Institución Universitaria, Tecnológico de Antioquia). (2011). Estudio de vulnerabilidad sísmica y patológico de la Institución Universitaria, Tecnológico de Antioquia. Estudio. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Medellín, Antioquia.
https://www.tdea.edu.co/images/tdea/galeria/planeacion/estudio_vulnerabilidad_sismica.pdf