



**EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DE LAS  
INSTALACIONES DEL ANTIGUO INSTITUTO TECNICO UNIVERSITARIO DE  
CUNDINAMARCA (ITUC) EN EL MINUCIPIO DE GIRARDOT.**

Camila Andrea Chávez García

Lina María Herrera Bautista

Michael Steven Rodríguez Villanueva

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede / Centro Tutorial Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

18 de noviembre de 2019

**EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DE LAS  
INSTALACIONES DEL ANTIGUO INSTITUTO TECNICO UNIVERSITARIO DE  
CUNDINAMARCA (ITUC) EN EL MINUCIPIO DE GIRARDOT.**

Camila Andrea Chávez García

Lina María Herrera Bautista

Michael Steven Rodríguez Villanueva

Monografía presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor(a)  
ALDEMARO MANUEL GULFO MENDOZA  
Ingeniero Civil

Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Rectoría Cundinamarca  
Sede / Centro Tutorial Girardot (Cundinamarca)  
Programa Ingeniería Civil  
18 de noviembre de 2019

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo primero a Dios, por haberme dado la oportunidad de vivir, la sabiduría para afrontar cada uno retos impuestos.

A mi madre María del Pilar Villanueva por estar siempre conmigo, porque ha sido lo más hermoso que me ha dado la vida, por el apoyo incondicional durante mi vida y siempre ha estado en las buenas y en las malas, te amo mamá. A mi hermano Esteban Rodríguez por estar siempre preocupado por mí, por sus consejos que fueron de mucha ayuda para este nuevo logro en mi vida. A mi abuelo Francisco Javier Villanueva, es el motor de la familia, me enseñó que con trabajo y esfuerzo todo se puede lograr los retos que nos da la vida.

**Michael Steven Rodríguez Villanueva**

Quiero pronunciar mi gratitud primordialmente con Dios. Quien fue mi guía y acompañante en todo el transcurso de mi vida. Y que con su bendición llena siempre mi vida y la de toda mi familia.

Quiero agradecer a mis padres, Efrén Herrera y Johana Bautista Rodríguez. quienes con su esfuerzo y dedicación me acompañaron y ayudaron a culminar mi carrera universitaria, y fueron de muy gran apoyo en esta. a mis abuelos Delfín Bautista y Miriam Rodríguez, quienes con su máxima paciencia y amor estuvieron acompañándome en cada paso que daba por esta gran experiencia. y finalmente agradecer a todas las personas, docentes, compañeros y amigos, quienes de una u otra manera me aportaron sus conocimientos para sacar este proyecto adelante.

**Lina María Herrera Bautista**

Primero quiero dedicar este logro, al señor todo poderoso, por darme la oportunidad vivir cada día, por su compañía durante el transcurso de mi vida.

A mi padre, Luis Enrique Chávez Charry por su apoyo constante e incondicional durante mi proceso universitario, por el esfuerzo realizado para que su hija fuera profesional, A mi madre, Trinidad García Naranjo, por haberme dado la vida y su apoyo incondicional; a estas dos personas agradezco por haberme cuidado en los momentos más difíciles de mi vida, por estar en las buenas y las malas. A mi hermana Lina Chávez García, por haberme apoyado en el proceso universitario desde su título universitario, por las sonrisas compartidas y los consejos suministrados. Y por último a mi familia por haber estado durante mi proceso y formación humana, académica y universitaria, los consejos, apoyo, risas y haber hecho de cada momento algo memorable. A mi pareja Nicolás Montaña, por haber estado en el momento más difícil, por el apoyo y ayuda prestada durante los semestres.

**Camila Andrea Chávez García**

### **Agradecimientos**

Los autores expresan sus agradecimientos:

A el ingeniero ALDEMARO MANUEL GULFO MENDOZA, que con su experiencia y colaboración dada para la elaboración de este proyecto y el aporte de sus conocimientos para la culminación del mismo.

A la docente MARTHA LILIANA DIAZ HOCHOA, por habernos suministrado la información pertinente para la elaboración de este proyecto, por habernos dado consejos y su aporte intelectual en el transcurso de la investigación.

A el secretario de desarrollo económico y social, por habernos permitido el ingreso a las instalaciones con el fin de realizar esta investigación en la estructura que tiene a su cargo.

## Contenido

Lista de tablas .....	10
Lista de figuras.....	11
Lista de anexos.....	13
Resumen.....	14
Abstract .....	15
Introducción .....	16
CAPÍTULO I .....	17
1 Presentación y descripción del problema .....	17
1.1 Historia del Instituto Técnico Universitario De Cundinamarca(ITUC).....	17
1.2 Planteamiento del problema.....	21
1.3 Pregunta de investigación.....	22
2 Justificación.....	23
3 Objetivos.....	25
3.1 Objetivo General .....	25
3.2 Objetivos Específicos.....	25
CAPÍTULO II.....	26
4 Marco referencial.....	26
4.1 Marco Contextual.....	26
4.1.1 Posición geográfica del municipio.....	26

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

4.1.2	Amenaza sísmica del municipio .....	27
4.1.3	Acontecimientos .....	29
4.2	Marco Teórico .....	30
4.2.1	Vulnerabilidad.....	31
4.2.2	Vulnerabilidad sísmica.....	32
4.2.3	Vulnerabilidad estructural:.....	32
4.2.4	Amenaza sísmica. ....	34
4.3	Marco Conceptual .....	35
4.3.1	Aceleración de diseño. ....	35
4.3.2	Amenaza sísmica. ....	35
4.3.3	Estructura. ....	35
4.3.4	Estudio geotécnico. ....	36
4.3.5	Grado de amenaza sísmica.....	36
4.3.6	Mampostería. ....	36
4.3.7	Sismo resistencia.....	37
4.3.8	Sistema estructural. ....	38
4.3.9	Reconocimiento estructural. ....	39
4.3.10	Rehabilitación estructural. ....	39
4.3.11	Vulnerabilidad.....	39
4.3.12	Vulnerabilidad sísmica.....	39

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

4.4	Estado Del Arte .....	41
4.4.1	Vulnerabilidad Sísmica De La Infraestructura Escolar Urbana En Girardot- Cundinamarca.....	42
4.4.2	Entorno De Vulnerabilidad Sísmica De Edificaciones Históricas Urbanas En El Municipio De El Espinal, Tolima.....	42
4.4.3	Estudio De Sismo Resistencia Y Propuesta De Intervención A La Sede De La Estación De Bomberos Del Municipio De Girardot- Cundinamarca.....	43
4.4.4	Estudio De La Vulnerabilidad Sísmica En Viviendas De Uno Y Dos Pisos De Mampostería Confinada En El Barrio San Judas Tadeo II En La Ciudad De Santiago De Cali	44
4.5	Marco Legal .....	44
CAPITULO III.....		47
5	Metodología.....	47
5.1	Diseño Comprobatorio.....	47
5.2	Variables E Indicadores .....	49
5.3	Procesos Y Procedimientos.....	49
5.3.1	Fase No. 1: Información Preliminar.....	49
5.3.2	Fase No. 2: Reconocimiento.....	49
5.3.3	Fase No. 3: Evaluación De La Estructura Existente.....	50
5.3.4	Fase No. 4: Recomendaciones de la edificación.....	50
Resultados .....		51

# Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

5.4	Levantamiento y análisis estructural .....	51
5.4.1	Estudios realizados.....	51
6	ANALISIS DE RESULTADOS.....	70
7	Conclusiones.....	71
8	Recomendaciones .....	73
9	Bibliografía.....	74
	ANEXOS .....	76
9.1	Anexo No. 1: Tablas De Modelamiento Por Bloques ETABS .....	79
9.2	Anexo No. 2: Plano Topográfico .....	79
9.3	Anexo No. 3: Plano Arquitectónico .....	79
9.4	Anexo No. 4: Estudio De Suelos.....	79

**Lista de tablas**

Tabla 1: Métodos y parámetros de vulnerabilidad .....	40
Tabla 2: métodos cualitativos para la vulnerabilidad.....	40
Tabla 3: parámetros a evaluar con el método AIS .....	48
Tabla 4: Variables e indicadores de Modelación .....	49
Tabla 5: Parámetros de evaluación estructural del BLOQUE A.....	55
Tabla 6: evaluación de cargas del BLOQUE A .....	56
Tabla 7: Parámetros de evaluación estructural del BLOQUE B.....	57
Tabla 8: evaluación de cargas del BLOQUE B .....	58
Tabla 9: Parámetros de evaluación estructural del Bloque C .....	60
Tabla 10: evaluación de cargas del BLOQUE C .....	61
Tabla 11: Parámetros de evaluación estructural del BLOQUE D.....	62
Tabla 12: Evaluación de cargas BLOQUE D .....	63
Tabla 13: Parámetros de evaluación estructural del BLOQUE E.....	64
Tabla 14: Evaluación de cargas BLOQUE E.....	65

**Lista de figuras**

Ilustración 1: Zona De Amenaza Sísmica.....	28
<i>Ilustración 2: Apique No. 1 en Bloque C de 0.35*0.35*0.40</i> .....	52
<i>Ilustración 3: Apique No. 2 en Bloque B de 0.35*0.35*0.34</i> .....	53
<i>Ilustración 4: Apique No. 3 en Bloque D de 0.35*1.74*0.35</i> .....	54
Ilustración 5: Bloque A del ITUC.....	55
Ilustración 6: Bloque B del ITUC.....	57
Ilustración 7: Modelo ETABS del Bloque B.....	59
Ilustración 8: Bloque C del ITUC.....	60
Ilustración 9: Modelo de ETABS del Bloque C.....	61
Ilustración 10: Bloque D del ITUC.....	62
Ilustración 11: Bloque E del ITUC.....	64
Ilustración 12: Modelo de ETABS del Bloque E.....	66
Ilustración 13: Bloque F del ITUC.....	67
Ilustración 14: Bloque G del ITUC.....	68
Ilustración 15: Bloque G del ITUC.....	68
Ilustración 16: Bloque H del ITUC.....	69
Ilustración 17: Agrietamiento en placas de entrepiso en Bloque E.....	76
Ilustración 18: Agrietamiento con presencia de humedad en entrepiso de bloque E.....	76
Ilustración 19: Cubierta con desprendimiento de cielo raso en Bloque C.....	77
Ilustración 20: Agrietamiento en pisos de Bloque A.....	77
Ilustración 21: deterioro de edificaciones abandonadas con exposición de material.....	78

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

Ilustración 22: Muros del Bloque G con presencia de raíces.....	78
Ilustración 23: caída de cielo Razo en el Bloque G .....	79

# Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

## **Lista de anexos**

Anexo No. 1: Tablas De Modelamiento Por Bloques ETABS

Anexo No. 2: Plano Topográfico

Anexo No. 3: Plano Arquitectónico

Anexo No. 4: Estudio De Suelos

## Resumen

La presente investigación se llevara a cabo un estudio vulnerabilidad sísmica y estructural de las instalaciones del antiguo ITUC (instituto técnico universitario de Cundinamarca), se evaluara el riesgo sísmico de estas instalaciones y el grado de daño estructural que presentan hasta el día de hoy, teniendo en cuenta que estas instalaciones fueron construidas en el año 1902, por lo tanto son estructuras antiguas que no contaron con un parámetro reglamentario para la construcción de estas instalaciones

Para evaluar esta investigación se llevaron a cabo una serie de procedimientos como: inspección visual, levantamientos arquitectónicos, topográficos, estudio de suelos y apiques. Con los cuales se pudo determinar que estas instalaciones cuentan con un sistema estructural de muros portantes (muros de carga). Basándose en los estudios realizados no se encontró ningún tipo de refuerzo continuo o persistente en las diferentes estructuras. Por lo tanto, se procederá a llegar a conclusiones o recomendaciones más exactas, con el fin de garantizar que estas estructuras sean óptimas para su uso y función, en caso de que se presenten movimientos telúricos. Teniendo en cuenta los requisitos básicos de diseño y construcción que presenta la norma sismo resistente (nsr-10).

*Palabras clave: vulnerabilidad, vulnerabilidad sísmica, vulnerabilidad estructural, edificación, construcción, mampostería, sistema estructural, sistema de cimentacion, adobe.*

## **Abstract**

In the present investigation a seismic and structural vulnerability study of the facilities of the former ITUC (university technical institute of Cundinamarca) will be carried out. The seismic irrigation of these facilities and the degree of structural damage that they present until today will be evaluated, taking into account that these facilities were built in 1902, therefore they are old structures that did not have a regulatory parameter for the construction of these facilities.

To evaluate this research, a series of procedures were carried out, such as: visual inspection, architectural and topographic surveys, soil and excavation studies. With which it was determined that these facilities have a structural system of bearing walls (load-bearing walls). Based on the studies carried out, no continuous or persistent reinforcement was found in the different structures. Therefore, more accurate conclusions or recommendations will be reached, in order to ensure that these structures are optimal for their use and function, in case of telluric movements taking into account the basic design and construction requirements presented by the earthquake resistant standard (NSR-10).

## **Introducción**

La vulnerabilidad sísmica y estructural de una edificación se realiza con el fin de determinar el nivel de daño que puede llegar a presentar una estructura en caso que se presenten eventos sísmicos de diferente escala.

Debido a los diferentes cambios que se han presentado en la construcción a lo largo de los tiempos, se realizó la creación del reglamento de construcción sismo resistente, el cual ha tenido diferentes modificaciones, teniendo en cuenta que las edificaciones antiguas deben ser objeto de actualización, con la obligación de adaptarse a los parámetros de diseño y construcción que presenta la norma sismo resistente NSR-10. De esta forma la vulnerabilidad sísmica que posea una estructura sea minimizada, para evitar un colapso de la estructura en presencia de un movimiento sísmico.

Teniendo en cuenta el estado que presenta las instalaciones del antiguo instituto técnico universitario de Cundinamarca y la fecha de construcción de 1902, es necesario la intervención al mismo, para detener minar las construcciones más vulnerables. En el cual se pretende realizar un análisis inicial en todas las diferentes construcciones que componían a este instituto, con el fin de escoger cuáles serán los bloques objeto de la evaluación, en el cual consistió en la elaboración de apiques para determinar el tipo de sistema estructural que poseen estas instalaciones, un estudio de suelos para determinar en qué tipo de suelo se encuentran construidas las edificaciones y el análisis de los daños presentes por el método AIS con el fin de realizar un diagnóstico del estado en que se encuentra para desarrollar los objetivos planteados.

## CAPÍTULO I

### 1 Presentación y descripción del problema

#### 1.1 Historia del Instituto Técnico Universitario De Cundinamarca(ITUC)

En el año 1902, al finalizar la última guerra civil, en las calles de Girardot grandes cantidades de enfermos de fiebre y viruela. Con la ayuda de **Bernabé Bravo, Jesús Londoño, Antonio Nieto Y Eugenio Herrán L.**, pensaron que la mejor forma de ayudar a los enfermos, era hospitalizándolos. Floresmílo puentes construyo una estructura precaria conocida coloquial mente como “**enramada**” a las orillas del rio magdalena, con cercas de guadua, en **terrenos del doctor Manuel Ignacio Camacho**, allí se estableció el hospital destinado solo para los virulentos; este servicio se doto y continúo funcionando con limosnas que fueron recolectas en la ciudad. **(Espinosa, 1952)**

Después de pasada la enfermedad de la viruela. El hospital fue desinfectado con los procedimientos de la época, y se dio al servicio como hospital de caridad, al cual llegaron gran parte de tropas licenciadas por el gobierno en el cauca, de esta forma surgió la necesidad de **instalaciones más amplias y adecuadas**. En vista de la necesidad, Benjamín rocha, Manuel Núñez, Guillermo Vila, Santander A. Galofre, Rafael Espinosa Prieto, Eugenio Herrán L. y otros, aceptaron la idea y por derecho propio construyeron la junta de beneficencia; nombraron a **Bernabé Bravo, Presidente Y Al Doctor Eugenio Herrán L., Vicepresidente. (Espinosa, 1952)**

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

Teniendo constituida la junta se organizaron bazares, rifas y se pidieron limosnas; **el 20 de julio de 1903** se colocó la primera piedra que en ese tiempo se presentara como **HOSPITAL SAN RAFAE**<sup>1</sup>. (Espinosa, 1952)

El lote de estas instalaciones fue donado a la beneficencia por la **señora Amalia barrios de Perdomo**, y fue construido por el maestro **Ignacio Lozano**, quien labro, hasta el lugar que se había demarcado para tal objeto. (Espinosa, 1952)

La construcción del edificio se comenzó al día siguiente, de acuerdo con un plano que levanto el **Doctor José German Villa**; en la construcción también trabajaron el maestro floridiano Vélez y los muchachos Alcides Oviedo, Abraham carrillo y otros. (Espinosa, 1952)

La piedra utilizada en la construcción fue transportada desde el alto de la viga en Bogotá, Cundinamarca hasta Girardot en el ferrocarril, esto se pudo realizar gracias a la facilitación que otorgo el jefe de los talleres del ferrocarril de Girardot, míster Doland; y el material fue descargado por los entonces alumnos del instituto técnico universitario de Cundinamarca en Girardot, Como **Luis Eugenio Y Marco Aurelio Herrán, Enrique Y Guillermo Vengoechea, Luis Y Antonio Bustamante, Luis Carlos Y José Joaquín Páez, Etc.** (Espinosa, 1952)

---

<sup>1</sup> La edificación que se conoce en el municipio de Girardot las antiguas instalaciones del **ITUC** o las antiguas instalaciones del **HOSPITAL**, Reconocida de esta forma debido a que después de cerrado el hospital estas instalaciones fueron acogidas por el Instituto Técnico Universitario De Cundinamarca.

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

La madera que se utilizó en la construcción se trajo del municipio de Nariño, Cundinamarca, de una hacienda de propiedad del doctor **Elisio Medina**, gerente de entonces en esa época de la casa de **Manuel Núñez. (Espinosa, 1952)**

El 20 de julio de 1906 fue terminada la construcción del primer tramo que constaba de dos salones uno se sería destinado para hombre y el otro para mujeres. Este día dos hombres realizaron donaciones monetarias y materiales a la junta para el beneficio del hospital. A esta institución se le otorgaron diferentes ayudas tanto del gobierno departamental por el doctor elisio medina y la empresa del ferrocarril realizo la entrega de la red hidráulica gratuita de parte del **doctor Daniel de j. reyes. (Espinosa, 1952)**

Al poco tiempo la administración del hospital fue cambiada ya que la junta benéfica y la población se encontraba insatisfecha, y se recurrió a los servicios de las hermanas de la caridad, y se logró mandar cinco hermanas, donde su trabajo se remuneraría con cuatro pesos cada una, las cuales se encontraban **la madre Eufrasia, las hermanas Julieta, Dominga, etc. (Espinosa, 1952)**

Al inicio de la construcción del segundo tramo murió Bernabé Bravo más conocido por sus allegados como el chato bravo este hombre fue unos de las personas pertenecientes a la junta y también el que realizo la iniciativa del hospital. Los restos de este hombre se encontraron durante mucho tiempo en el hospital, en el patio principal se realizó un monumento a la memoria de este hombre. **(Espinosa, 1952)**

En la realización del hospital de Girardot se encontró una segunda época donde hubo más participación de mujeres como: **Susana De Calderón, Rebeca De López Herrera, María De García Molano Y Otti De Benítez Caicedo;** y entre los hombres la participación del **señor Francisco Albornoz, Enrique López Herrera, Enrique Estévez Breton, Etc.;** todos ellos tanto

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

mujeres y hombres fueron organizadores de las grandes festividades para realizar colecta de fondos. De esta forma fue creado el hospital y se denominó como **HOSPITAL SAN RAFAEL**, que en su tiempo paso por grandes transformaciones en su construcción hasta llegar al estado en que se encuentra; modificaciones que fueron necesarias para atender las necesidades y exigencias hospitalarias. **(Espinosa, 1952)**

En el año 1972, este hospital fue trasladado a la llamada en su tiempo como “la nueva sede”, ubicada en la Cra 4 #201 en el barrio alto de la cruz en la comuna 2 del municipio de Girardot; cerrando estas instalaciones como hospital. **(girardoteño, 2005)**

El 4 de Marzo de este año las instalaciones fueron utilizadas por Instituto Técnico Universitario De Cundinamarca (ITUC), abriendo con los programas de Enfermería General, Biología y Química (Educación), y ciencias sociales (Educación), utilizando en su totalidad las instalaciones y construyendo diferentes salones para poder tener todas las necesidades que se tenían en este tiempo; Teniendo en cuenta las necesidades que poseían los estudiantes, la institución creó un bloque de residencias para los estudiantes que venían de diferentes municipios. **(Universidad de Cundinamarca, s.f.)**

En 1989, el acuerdo No. 031 autoriza el cambio de modalidad tecnológica a información universitaria del programa de enfermería. Teniendo unas nuevas instalaciones en la Carrera 19 #24-1129 del barrio Vivisol en el municipio de Girardot. Teniendo hoy en día una estructura abandona debido a las instalaciones de la nueva sede de la universidad de Cundinamarca anteriormente nombrado como el instituto técnico universitario de Cundinamarca (ITUC); debido a que estas instalaciones se encontraban fuera de uso la alcaldía del Girardot, Cundinamarca le dio un nuevo uso teniendo allí la secretaria de desarrollo económico y social, un punto vive digital-lab,

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

las oficinas del adulto mayor, oficinas de familias en acción, S.I.S.B.E.N. y lugar de ensayo de la banda de Girardot.

### 1.2 Planteamiento del problema

En las antiguas instalaciones del instituto técnico universitario de Cundinamarca (ITUC) en la actualidad se encuentran distintas oficinas como las oficinas de la secretaria de desarrollo económico y social, la oficina del sistema de selección de beneficiarios para programas sociales (SISBEN), un punto vive digital, SENA sede ITUC y el lugar de ensayo de la banda de Girardot. Debido a que estas instalaciones están ocupadas por las diferentes oficinas ya mencionadas, esta estructura es concurrida por un aproximado de 200 personas diariamente entre la cuales se encuentran niños, jóvenes y personas de la tercera edad.

El edificio de las instalaciones del ITUC es una estructura antigua y poco modificada<sup>2</sup>, debido a esto, la estructura es precaria ya que no cuenta con un sistema estructural bien establecido o no se encuentra bien ejecutado. Debido a estos factores es importante determinar y realizar una evaluación de grado de vulnerabilidad sísmica y estructural que poseen las instalaciones del Instituto Técnico Universitario De Cundinamarca (ITUC).

Por estas razones se desea elaborar un estudio que nos permita determinar el grado de vulnerabilidad sísmica y estructural en las antiguas instalaciones del ITUC del municipio de Girardot, Cundinamarca. Teniendo en cuenta los aspectos de afectación de vulnerabilidad sísmica

---

<sup>2</sup> (Universidad de Cundinamarca, s.f.)La construcción de las instalaciones del instituto técnico universitario de Cundinamarca comenzó en el año de 1903, por personas con aprendizaje empírico en la materia, la construcción de estas instalaciones se realizó en diferentes épocas por diferentes bloques, ampliando las instalaciones con el fin de solventar las necesidades que padecía la sociedad en la época.

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

tales como la geometría de la construcción, la topografía del terreno, la calidad de la construcción, la edificación puede presentar afectaciones que pueden comprometer la estabilidad e integridad de las instalaciones.

Después de recopilar la información documental y de campo, se entregará una propuesta de rehabilitación o mejoramiento de las instalaciones, mejorando la estabilidad, garantizar la seguridad y la integridad de la construcción.

### **1.3 Pregunta de investigación**

- ¿Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica y estructural que tiene las instalaciones del instituto técnico universitario de Cundinamarca (ITUC) ubicado en el municipio de Girardot, Cundinamarca?

## 2 Justificación

El proyecto pretende determinar y desarrollar una evaluación de vulnerabilidad sísmica y estructural de las antiguas instalaciones del instituto técnico universitario de Cundinamarca (ITUC), donde actualmente se encuentra ubicada la secretaria de desarrollo económico y social, un punto vive lab, familias en acción, oficina de la tercera edad, comisaria de familia, entre otras; debido a la antigüedad de la edificación la estructura que posee posiblemente fue construida empíricamente sin ajustarse a la normar sismo resistente o el código que rigiera en su tiempo.

Debido a que las instalaciones se encuentran ocupadas por oficinas gubernamentales, proyectos de educación tecnológica, etc.; la estructura es visitada aproximadamente por 200 personas diariamente entre personas de la tercera edad, adultos, jóvenes y menores de edad, ya que la construcción debe prestar sus servicios al municipio y al público, se debe realizar y examinar el desempeño de las instalaciones ante la ocurrencia de un movimiento telúrico; y de esta forma determinar si se debe realizar un reforzamiento o modificaciones a la estructura para la actualización a las normas vigentes y de esta forma la edificación preste un buen servicio y seguridad a los visitantes de las instalaciones.

Sabiendo que en la actualidad la estructura presenta afectaciones que se evidencian a simple vista, estas afectaciones se pueden atribuir a la actividad sísmica presentada en el transcurso de la vida útil de esta estructura, por la antigüedad y la falta de mantenimiento; De tal forma se realizaran estudios para determinar la vulnerabilidad sísmica y estructural que poseen estas instalaciones teniendo en cuenta los aspectos que afectan la vulnerabilidad (el proceso constructivo, la geometría de la vivienda, el sistema estructural, la topografía del terreno, etc.), y teniendo los resultados de

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

los estudios realizados a las instalaciones se pretende plantear una posible rehabilitación o mejoramiento en las instalaciones para mejorar la calidad y la integridad de la estructura.

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica y estructural de las instalaciones del instituto técnico universitario de Cundinamarca (ITUC) ubicado en el municipio de Girardot, Cundinamarca.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Documentar el estado estructural actual de las edificaciones objeto de estudio
- Realizar modelos estructurales que representen el estado de servicio actual de las edificaciones en estudio.
- Determinar los índices de vulnerabilidad sísmica y estructural de las instalaciones de esta edificación.

## CAPÍTULO II

### 4 Marco referencial

#### 4.1 Marco Contextual

##### 4.1.1 Posición geográfica del municipio

El municipio de Girardot se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca, a 134km de la capital colombiana; el municipio de Girardot limita con los municipios de Nariño, Ricaurte, Flandes y Tocaima, el cual se encuentra dentro de la provincia del alto magdalena, ya que por su geografía el municipio tiene un clima cálido. El municipio de Girardot, Cundinamarca se encuentra rodeado por el rio magdalena la cual pertenece a la parte occidental de la Cordillera Orienta de Colombia. **(Alcaldia de Girardot- Cundinamarca, 2015)**

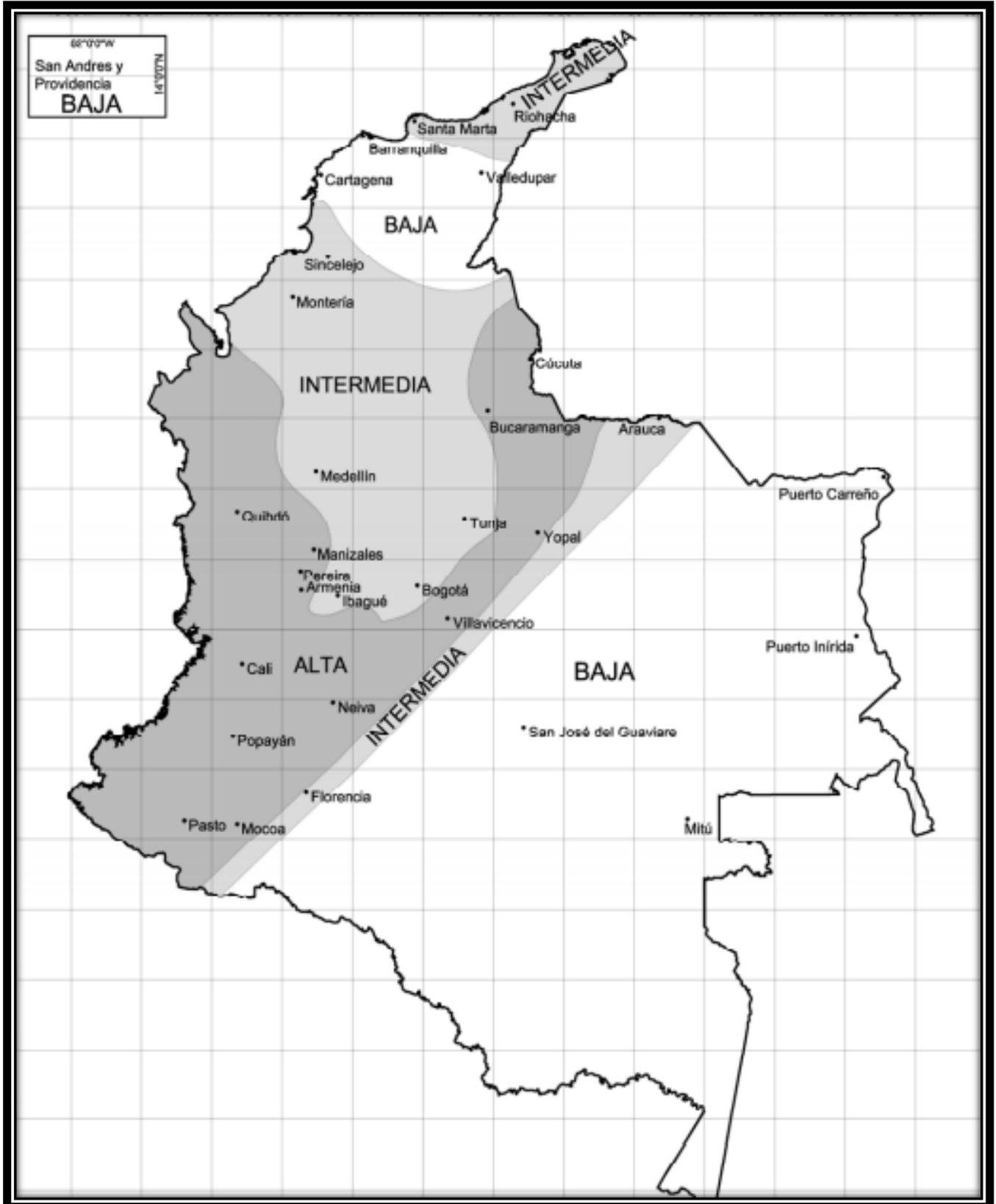
Debido a su posición estratégica, el corregimiento tuvo un crecimiento paulatino, y, gracias a la donación de los terrenos que hoy ocupa el municipio por los señores Ramón Bueno y José Triana, se funda el municipio con nombre Girardot, en honor al General Atanasio Girardot, con ordenanza 20 del 9 de octubre de 1852, en la que reza: «...créase un distrito parroquial con el nombre de Girardot...». El primer alcalde de distrito fue Claudio Clavijo. Es en 1866 cuando se crea la parroquia (reseñado por la Gaceta de Cundinamarca No. 407 del 7 de julio de 1891), siendo su primer párroco el sacerdote José Marcelino Pardo. **(Alcaldia de Girardot- Cundinamarca, 2015)**

#### **4.1.2 Amenaza sísmica del municipio**

Debido a la posición del municipio de Girardot, Cundinamarca la actual Norma Sismo Resistente de Colombia (**NSR-10**) dice que este suelo denominado Girardot se encuentra en una “zona de amenaza sísmica y movimientos sísmicos de diseño como **INTERMEDIA**” en el título A capítulo 2. Teniendo como especificaciones mínimas para el diseño estructural, las columnas deben un dimensionamiento mínimo de 0.20 m\*0.20m para de viviendas de uno y dos pisos. (**Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010**)

En el municipio de Girardot, Cundinamarca se encuentra edificaciones que fueron construidas antes de la norma sismo resistente (NSR-10) y del decreto 1400 de 1984, debido a esto se requiere realizar evaluaciones de vulnerabilidad sísmica y estructural para determinar cuál sería el desempeño de las estructuras mediante un movimiento telúrico de las antiguas instalaciones del Instituto Técnico Universitario De Cundinamarca (ITUC), que se encuentra ubicado en la **Calle 16 No. 15-41 del barrio la estación.**

Ilustración 1: Zona De Amenaza Sísmica



### **4.1.3 Acontecimientos**

#### **4.1.3.1 Nacionales**

En Colombia se han registrado sismos de diferentes escalas y en diversos municipios del país como, el 18 de mayo de 1987 en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander en horas de la mañana (11:15 Am), la ciudad fue sacudida durante 50 seg por un terremoto de magnitud 7.3 grados en la escala de Richter, en el número de víctimas hay algunas exageraciones, algunos dicen que hubo unos 3.000, otros dicen que la lista de muertos en solo Cúcuta era de 900 a 1.000. Sin embargo el número de cadáveres sacados de las ruinas y contados fueron: 253, hombres: 208, mujeres total: 461, más no se contabilizaron los muertos de las poblaciones vecinas en un radio de 80 km, que quedaron sepultados bajo los escombros. **(Santander, 2018)**

31 de marzo de 1983 la ciudad de Popayán fue impactada por un terremoto en horas de la mañana (8:15am) con una magnitud de 5.5 grados en la escala de Richter, su duración fue de 18 segundos. Dejando 300 fallecido y 508 heridos. Aparte miles de familias damnificadas y miles de estructuras destruidas. **(Vallejo, Radio Nacional De Colombia, 1983)**

25 de enero del 1999 la parte occidental de Colombia (eje cafetero) fue impactada por un terremoto en horas de la tarde (1:19pm) con una magnitud de 6.2 en la escala de Richter, siendo armenia el municipio afectado, se calcula que con este epicentro hubo un total de 1000 fallecidos y un número, desconocido pero importante de heridos. **(Vallejo, Terremoto en el Eje Cafetero, 2017)**

#### *4.1.3.1.1 Regionales*

El 22 de mayo de 1942, se presentó un movimiento telúrico que afectó a el municipio de Girardot, Cundinamarca ya que se sintieron (12) doce réplicas hasta el 28 de mayo, siendo la de mayor intensidad la de las 10.25 p.m. de ese día, la cual volvió a inquietar a todos los habitantes, este movimiento se sintió en la ciudad de Ibagué, Guamo, Chaparral, San Luis, Espinal y de manera leve en la capital colombiana Bogotá. (**Ministerio de Energía, 2016**)

## **4.2 Marco Teórico**

El presente análisis se refiere a la evaluación de vulnerabilidad sísmica y estructural en una edificación que en lo largo del tiempo ha tenido diferentes usos, por lo tanto, es considerable que se conserven alertas a las condiciones sísmica que pueda frecuentarse. En general el riesgo sísmico se caracteriza por su variación en el tiempo, el roce en las placas tectónicas. Ocasionando un movimiento y ruptura en los suelos (en algunos casos) lo cual causa daños a estructuras construidas en el área del epicentro. Claramente un sismo causa más catástrofe cuando este es más grande, este situado en zonas mucho más urbanas, y el número de población sea más numerosa. En términos más de riesgo sísmico cuando mayor sea peligrosidad, la vulnerabilidad y el valor de los elementos expuestos.

Las medidas preventivas contra el riesgo de un sismo deben ser consideradas como prioridad a nivel internacional, regional y local. Tanto en zonas rurales como urbanas. Esta prevención en contra de una catástrofe tendrá que tener cualquier plan de emergencia y atención a la crisis.

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

En el transcurso del tiempo de ha venido evidenciando que en el momento en el que se presentan estos hechos, la mayor parte de las construcciones o estructuras colocaban debido a que no se encontraba una norma establecida que rigiera y regulara la construcción de edificaciones con un sistema estructural que soportara una carga sísmica. Por consecuencia de esto hechos se creó la NSR 84 (NORMA SISMO RESISTENTE) estando vigente durante 14 años hasta la aprobación de la ley 400 de 1997, mediante esta se actualizo la norma NSR para tener la versión del 98 (NSR 98) teniendo después una siguiente actualización expedida en el 2010. Teniendo su más reciente versión NSR-10.

Con esto parámetros obligatorios para la construcción y remodelación de las edificaciones se tendrá que actualizar las condiciones estructurales establecidas de acuerdo a la norma más reciente.

### **4.2.1 Vulnerabilidad**

#### **4.2.1.1 Definición**

es la cuantificación del potencial de mal comportamiento de una edificación o una estructura con respecto a alguna sollicitación (**Requisitos Generales de Diseño Y Construcción Sismo Resistente, 1997**)

## **4.2.2 Vulnerabilidad sísmica**

### **4.2.2.1 Definición:**

La presente investigación cita a la doctora Carreño (2002) la cual propone la siguiente definición de vulnerabilidad sísmica

*“La vulnerabilidad sísmica se convierte en riesgo (nivel de consecuencias esperadas) cuando se define ante qué grado de amenaza se quiere establecer el potencial de consecuencias, pero la descripción de esa “condición que favorece o que facilita” que al ocurrir cualquier evento se convierta en consecuencias es una función atemporal”.*

Teniendo en cuenta que la vulnerabilidad sísmica es la propiedad que posee la edificación o un sistema estructural a la acción de las fuerzas de un sismo de diferentes categorías, con el fin de poder mitigar los daños frente a los fenómenos naturales (sismos) se realizan diferentes tipos de evaluación a los edificios, y minimizar el riesgo sísmico de cada construcción en este caso de una estructura antigua y realizar unas mejoras al comportamiento sísmico de los bloques que componen esta institución.

## **4.2.3 Vulnerabilidad estructural:**

### **4.2.3.1 Definición:**

La vulnerabilidad estructural se refiere a la capacidad que posee la edificación en cuanto a contar con un sistema estructural bien ejecutado que cumpla con las normas sísmo resistentes vigentes **NSR-10** ya que este debe contar con cimentación (según estudios de suelos),

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

columnas(según sistema estructural escogido) y vigas(de amarre o cimentación), ya que la edificación puede poseer objetos estructurales pero no bien ejecutados y según la tipología de este sistema estructural ya que se encuentran diferentes según normas.

Los tipos de sistemas estructurales que imponen la norma de construcción sismo resistente (**NSR-10**) los cuales se escogen a interés del calculista las cuales son:

### ***4.2.3.1.1 Sistema Estructural Porticado:***

este sistema está caracterizado por contar con columnas y vigas unidas entre sí por nudos en la cual se construye posteriormente los muros (fachas o divisorios)

### ***4.2.3.1.2 Sistema de muros portantes:***

Es un sistema estructural que no dispone de un pórtico esencialmente completo y en el cual las cargas verticales son resistidas por los muros de carga y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales

### ***4.2.3.1.3 Mampostería estructural:***

los tipos de mampostería estructural reconocidos por la norma sismo resistente NSR-10 son las siguientes

**4.2.3.1.3.1** *Mampostería Confinada.*

son pizas de mampostería unidas con mortero las cuales son reforzadas con objetos estructurales (vigas y columnas) de concreto reforzado; mediante se van levantando los muros quedando las columnas y vigas del mismo espesor que los muros realizando un confinamiento.

**4.2.3.1.3.2** *Mampostería reforzada.*

es la construcción con base de mampostería de perforación vertical (bloques de concreto o arcilla), unidos median un mortero, y reforzado internamente con acero y alambres de acero con el fin de imitar un tipo de columnas en la mampostería.

**4.2.3.1.3.3** *Mampostería no reforzada.*

es la construcción con base en piezas de mampostería ya sea de concreto o arcilla unidas por medio de mortero, que no cumple con las exigencias mínimas de refuerzo para la mampostería parcialmente reforzada.

**4.2.4 Amenaza sísmica.**

es un término técnico mediante el cual se caracteriza numéricamente la probabilidad estadística de la ocurrencia (o excedencia) de cierta intensidad sísmica (o aceleración del suelo) en un determinado sitio, durante un período de tiempo. La Amenaza Sísmica puede calcularse a nivel regional y a nivel local, para lo cual se deben considerar los parámetros de fuentes sismo génicas, así como también los registros de eventos sísmicos ocurridos en cada zona fuente y la atenuación del movimiento del terreno. (FUNVISIS, s.f.)

### **4.3 Marco Conceptual**

#### **4.3.1 Aceleración de diseño.**

Cuantificación de la aceleración del terreno en un lugar de interés en términos de un valor único como el valor pico o la raíz cuadrada de la media de los valores al cuadrado. Esta aceleración se utiliza directamente en el diseño sísmico de obras de ingeniería o como dato para determinar un espectro de diseño.

#### **4.3.2 Amenaza sísmica.**

Termino técnico mediante el cual se identifica y caracteriza numéricamente la probabilidad de ocurrencia o intensidad de sismo presentado en un lugar, durante un periodo de tiempo determinado.

#### **4.3.3 Estructura.**

Distribución o conjunto de varios elementos, unidos, ensamblados o conectados entre sí, de construcción en el cual se juntan para recibir cargas, sostener, soportar esfuerzos de una edificación y transmitir esas cargas al suelo, garantizando así la función estático-resistente de la construcción.

#### **4.3.4 Estudio geotécnico.**

Consiste en un procedimiento, el cual se le hace al lugar donde se encuentra una estructura, cuyo resultado nos facilita a la recopilación de información necesaria para las características del terreno.

#### **4.3.5 Grado de amenaza sísmica.**

Termino al cual se puede estimar a cada territorio nacional según su ubicación geográfica sus condiciones de sismo presentadas.

#### **4.3.6 Mampostería.**

El sistema de construcción tradicional consiste en construir muros de ladrillos o bloques de concreto unidos por medio de argamasa, mortero de cemento, barro o cal. Se puede usar para todo tipo de edificación dependiendo de su diseño y condiciones de uso. Los tipos de mampostería son diferentes ya que se encuentra mampostería en seco, mampostería ordinaria, mampostería careada, mampostería concertada, mampostería confinada y mampostería estructural.

##### **4.3.6.1 M. En seco.**

Construida con piedras o ladrillos, no utiliza mortero. En su lugar emplea mampuestos celosamente escogidos para procurar estabilidad. Los espacios vacíos son rellenos con ripios, piedras pequeñas que calzan perfectamente en los orificios.

#### **4.3.6.2 M. Ordinaria.**

Emplea la argamasa o mortero en la construcción, para fijar los elementos y rellenar los huecos que van quedando entre ellos. Las piedras, ladrillos y otros materiales deben organizarse de tal forma que los espacios a rellenar con la mezcla de cemento o cal, sean mínimos. La mampostería evita desperdicios y procura la apariencia limpia.

#### **4.3.6.3 M. Confinada.**

Consiste en construcciones de ladrillos fijados con mortero, en forma de columna y reforzadas desde el suelo con vigas y concreto. Soportan el peso de paredes y techo, inclusive de otras edificaciones hechas arriba. También las embestidas del viento.

#### **4.3.6.4 M. Estructural.**

Es el método empleado en la construcción de casas y edificios. Dispone muros verticales logrados con la ayuda de morteros de cemento y reforzados en su interior con barras de metal. Se caracteriza por ser de gran resistencia. Existe además una mampostería estructural reforzada, en la que se sujetan las piezas, ideal para proteger las edificaciones de desastres naturales.

#### **4.3.7 Sismo resistencia.**

Propiedad que posee una estructura o edificación cuando se diseña y construye con una configuración estructural adecuada, con los componentes de dimensiones apropiada y materiales

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

con proporción y resistencia suficiente para soportar los niveles de sismicidad según la zona en la que está expuesta y la acción de las fuerzas de acción de sismos frecuentes.

### **4.3.8 Sistema estructural.**

Es un conjunto de miembros o elementos independientes (muros, columnas, vigas, arcos, armaduras, etc.) Para conformar un cuerpo único; cuyo objetivo es darle solución (cargas y forma), el cual está diseñado para que el sistema estructural escogido contribuya al soporte de esta.

#### ***4.3.8.1 S.E. Muros portantes.***

Un sistema tipo túnel se conoce a los arreglos entre placas verticales (muros), los cuales funcionan como paredes de carga y placas horizontales (losas).

#### ***4.3.8.2 S.E. Porticado.***

Sistema estructural tradicional, conformado por vigas y columnas, conectadas entre sí, por medio de nodos rígidos, lo cual permite la transferencia de los momentos flectores y cargas axiales, hacia las columnas y ser transmitidas al suelo mediante la cimentación.

#### **4.3.9 Reconocimiento estructural.**

Seguimiento que se le realiza a una estructura para distinguir la configuración y la continuidad de los elementos estructurales encontrados en una edificación, observando la evolución y el estado en el que se encuentra los objetos estructurales.

#### **4.3.10 Rehabilitación estructural.**

Intervención que se le realiza a una estructura la cual se ha visto afectada por diferentes aspectos. Para mejorar las condiciones de resistencia y rigidez dando una pronta solución sin afectar un diseño ya establecido.

#### **4.3.11 Vulnerabilidad.**

Hace referencia a la posición del daño en la que están expuesta las personas

#### **4.3.12 Vulnerabilidad sísmica**

##### ***4.3.12.1 Definición:***

El daño que le perjudica a una estructura o construcción debido al momento en que se acude un evento sísmico. En el cual existen métodos y parámetros para la elaboración de vulnerabilidad obteniendo diferentes elementos de valoración.

**Tabla 1: Métodos y parámetros de vulnerabilidad**

<b>MÉTODOS PARA LA OBTENSIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE UNA ESTRUCTURA</b>	
<b>Métodos Analíticos Requieren Una Modelación Matemática</b>	<b>Parámetros A Evaluar</b>
<b>La norma colombiana de diseño y construcción sismo resistente (NSR-10)</b>	Fuerzas sísmicas
	Exploración y estudio de suelos
	Detalle de diseño
	Irregularidades en alturas y plantas
<b>Método Fema-273</b>	aspectos estructurales (vigas y columnas)
	exploración y estudios de suelos
	peso de materiales
	cargas (vivas, muertas, sismo, etc.)
<b>Método Fema-178= Fema-310</b>	aspectos estructurales (vigas y columnas)
	exploración y estudios de suelos
	peso de materiales
	cargas (vivas, muertas, sismo, etc.)
<b>Método ATC-14</b>	aspectos estructurales (vigas y columnas)
	peso de materiales
	cargas (vivas, muertas, sismo, etc.)

**Tabla 2: métodos cualitativos para la vulnerabilidad**

<b>MÉTODOS CUALITATIVOS</b>	
<b>Método ATC-21</b>	número de pisos
	año de construcción
	aspectos geométricos
	aspectos estructurales (vigas y columnas)
<b>Método NAVFAC</b>	capacidad de estructura
	peso de materiales
<b>Método JAPONES</b>	aspectos geométricos
	año de construcción

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

	uso de estructura
<b>Método VENEZOLANO</b>	aspectos estructurales (vigas y columnas)
	exploración y estudios de suelos
	remodelación
	peso de materiales
<b>Método del I.S.T.C</b>	aspectos estructurales (vigas y columnas)
	número de pisos
	exploración y estudios de suelos
	peso de materiales
<b>Método de INDICE DE VULNERABILIDAD</b>	aspectos estructurales (vigas y columnas)
	aspectos geométricos
	peso de materiales
	número de pisos
	año de construcción
	tipo de cubierta
	exploración y estudios de suelos
<b>Método del AIS</b>	aspectos geométricos
	número de pisos
	peso de materiales
	aspectos estructurales (vigas y columnas)
	exploración y estudios de suelos
	entorno

### 4.4 Estado Del Arte

En la región se han realizado estudios de vulnerabilidad sísmica y estructural a diferentes tipos de estructuras tales como:

#### **4.4.1 Vulnerabilidad Sísmica De La Infraestructura Escolar Urbana En Girardot-Cundinamarca.**

**Autor(ES):** Aldemaro Gulfo Mendoza, Luis Fernando Serna Hernández

**Año:** 2015

**Resumen:** En el presente documento los autores realizan un análisis de vulnerabilidad sísmica en las estructuras de 36 instituciones educativas públicas en el sector urbano del municipio de Girardot, Cundinamarca, en el cual utilizaron como metodología la propuesta de Cardona y Hurtado, y en el Reglamento Colombiano Deconstrucción Sismo Resistente (NSR-10), realizando una evaluación general de la estructura ante la actividad sísmica destinadas a ofrecer servicios educativos en el municipio de Girardot, el cual propuso un modelo analítico del comportamiento sísmico de las instalaciones representativas del conjunto de 36 estructuras que son destinadas al sector educativo proponiendo una calificación general de la vulnerabilidad de las 36 instalaciones educativas del municipio de Girardot, Cundinamarca. **(Aldemaro Gulfo Mendoza, 2015)**

#### **4.4.2 Entorno De Vulnerabilidad Sísmica De Edificaciones Históricas Urbanas En El Municipio De El Espinal, Tolima.**

**Autor(ES):** Fernando Acosta Leal, Yimi Alexander Cortez Ramírez

**Año:** 2014

**Resumen:** En el presente documento los autores tomaron como centro de estudio las edificaciones que son considerados como patrimonio cultural o edificaciones históricas destinadas

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

a prestar un servicio en el municipio de Espinal, Tolima; realizando evaluaciones generales de comportamiento sísmico de las estructuras que están destinadas a ofrecer diferentes tipos de servicios en el municipio de Espinal, en cual se propusieron unos modelos analíticos-matemáticos del comportamiento sísmico de las diferentes instalaciones respectivas al conjunto de estructuras destinadas a ofrecer sus servicios en el municipio del espinal para posterior mente proponer una calificación general de la vulnerabilidad de las estructuras de las edificaciones históricas según los resultados obtenidos en la selección de las edificaciones en el municipio del Espinal, Tolima.

**(Fernando Acosta, 2014)**

### **4.4.3 Estudio De Sismo Resistencia Y Propuesta De Intervención A La Sede De La Estación De Bomberos Del Municipio De Girardot- Cundinamarca.**

**Autor(ES):** Luis Alberto Ramírez Urquijo, Carlos Andrés Escobar Castañeda.

**Año:** 2008

**Resumen:** En el presente documento los autores tomaron la estación de bomberos de Girardot, Cundinamarca, fue diseñada en 1950 antes de entrar en vigencia los códigos de construcción sismo resistentes y además de que es la responsable de atender las emergencias en los municipios de Ricaurte, Girardot, Flandes, Nariño, Guataqui y sus respectivas veredas; por lo que esta estación de bomberos cubre una gran población la cual se encuentra catalogadas en zona de amenaza sísmica intermedia según la NRS-98; de tal forma con la información recopilada realizaron un análisis de la estructura por medio de software de modelación para determinar si la estructura necesita el reforzamiento para que la edificación cumpla con lo reglamentado por la NSR-98 para estructuras o de atención a la comunidad. **(Luis Ramirez, 2008)**

#### **4.4.4 Estudio De La Vulnerabilidad Sísmica En Viviendas De Uno Y Dos Pisos De Mampostería Confinada En El Barrio San Judas Tadeo II En La Ciudad De Santiago De Cali**

**Autor:** José Ricardo Garcés Mora

**Año:** 2107

**Resumen:** Un estudio de vulnerabilidad sísmica permite conocer las condiciones en las cuales se encuentra una edificación frente a la presencia de un sismo de intensidad moderada, el presente trabajo de grado está enfocado en las viviendas de uno y dos pisos construidas por sus propietarios antes de la vigencia del decreto 1400 de 1984. En este estudio se emplea el método de observación rápida o ATC 21, el cual consiste en realizar una inspección desde el exterior de las viviendas, de sus condiciones estructurales y no estructurales existentes. El método ATC 21 establece un nivel de vulnerabilidad sísmica calificando la edificación entre una vulnerabilidad mínima, significativa, alta y muy alta. Se plantean soluciones a las deficiencias encontradas, fundamentadas en la norma NSR10, específicamente el título E, brindando una propuesta de vivienda segura y económica. (GARCÉS MORA , 2017)

#### **4.5 Marco Legal**

En el territorio colombiano la norma que rige y da los parámetros para los diseños de construcción e intervenciones de edificaciones existentes es el **Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente (NSR-10)**; la cual fue creada por medio de la ley 400 de 1997

**LEY 400 DE 1997**

(Agosto 19)

Por la cual se adoptan normas sobre  
Construcciones Sismo-Resistentes.

**El congreso de la república de Colombia**

**DECRETA:**

**TITULO I**

**OBJETIVO Y ALCANCE**

**Artículo 1° Objeto.** 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.

Además, señala los requisitos de idoneidad para el ejercicio de las profesiones relacionadas con su objeto y define las responsabilidades de quienes las ejercen, así como los parámetros para la adición modificación y remodelación del sistema estructural de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente ley.

**Parágrafo.** Una edificación diseñada siguiendo los requisitos consagrados en las normas que regulan las construcciones sismo resistentes, debe ser capaz de resistir, además de las fuerzas que le impone su uso, temblores de poca intensidad sin daño, temblores moderados

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

sin daño estructural, pero posiblemente con algún daño en elementos no estructurales y un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales, pero sin colapso.

El cuidado tanto en el diseño como en la construcción y la supervisión técnica son fundamentales para el sismo resistencia de estructuras y elementos no estructurales.

**Artículo 2°. Alcance.** Las construcciones que se adelanten en el territorio de la República deberán sujetarse a las normas establecidas en la presente ley y en las disposiciones que la reglamenten. Corresponde a las oficinas o dependencias distritales o municipales encargadas de conceder las licencias de construcción, la exigencia y vigilancia de su cumplimiento. Éstas se abstendrán de aprobar los proyectos o planos de construcciones que no cumplan con las normas señaladas en esta ley o sus reglamentos.

**Artículo 3°. Excepciones.** Las disposiciones de esta ley y sus reglamentos no comprenden el diseño y construcción de estructuras especiales tales como puentes, torres de transmisión, torres y equipos industriales, muelles, estructuras hidráulicas y todas aquellas estructuras cuyo comportamiento dinámico difiera del de edificaciones convencionales, o no estén cubiertas dentro de las limitaciones de cada uno de los materiales prescritos.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE **NSR-10 ley 400 de 1997 Titulo A**

### CAPITULO III

#### 5 Metodología

La investigación se llevó acabo con el tipo de metodología explicativa, donde se pretende llevar a cabo un estudio para conocer el índice de vulnerabilidad sísmica y estructural que posee las instalaciones del Instituto Técnico Universitario De Cundinamarca (ITUC) del municipio de Girardot, Cundinamarca.

La elaboración de la investigación tuvo como base la recopilación de información pertinente, la inspección visual de las instalaciones del antiguo ITUC de los que actualmente se encuentran bajo la administración de la alcaldía, ya que el área restante se encuentra en uso como sede del **Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)**; por medio de estudios de suelos y **la excavación de 5 apiques** en los cuales se realizaron en lugares estratégicos de los bloques que se encuentran en uso, con el objeto de determinar el tipo de suelo en donde se encuentra los bloques construidos y evaluar el estado y resistencia de la estructura de la edificación. Para realizar estas labores se realizaron fases.

##### 5.1 Diseño Comprobatorio.

Debido a la antigüedad de la estructura, no fue posible la recopilación de información de la edificación tale como: planos, licencias o estudios anteriores realizados al terreno o a la estructura, por no contar con esta información, se requirió elaborar el levantamiento arquitectónico, estructural con unos parámetros a evaluar con el método ASIS y los respectivos ensayos en situ

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

permitidos para la administración de las instalaciones que se encuentran bajo la supervisión de la secretaria de desarrollo social y económico.

**Tabla 3: parámetros a evaluar con el método AIS**

<b>Parámetros De Evaluación Estructural</b>		<b>Identificación Del Bloque</b>
<b>Área Construida (M2)</b>		
<b>Número De Pisos</b>		
<b>Componentes</b>		<b>Índice De Vulnerabilidad</b>
<b>Aspectos Geométricos</b>	Irregularidad En Planta	
	Cantidad De Muros En Dos Direcciones	
	Irregularidad En Altura	
<b>Aspectos Constructivos</b>	Calidad De Las Juntas De Mortero	
	Tipo Y Disposición De Mampostería	
	Calidad De Materiales	
<b>Aspectos Estructurales</b>	Amarre De Cubierta	
	Estado De La Cimentación	
	Suelo	
<b>Vulnerabilidad De La Edificación</b>		

La información obtenida de cada uno de los bloques, se tendrán en cuenta y serán evaluados en porcentajes, con el fin, de determinar el grado de vulnerabilidad por medio de la evaluación de cada uno de los parámetros anteriormente mencionados (Tabla 3).

## 5.2 Variables E Indicadores

De acuerdo con la norma sismo resistente en el título A con el mapa de zonas de amenaza sísmica y de localización de regiones, de esta forma se determina los datos que se usaran en la modelación.

**Tabla 4: Variables e indicadores de Modelación**

Municipio	<b>GIRARDOT</b>
Código	25307
Zona De Amenaza Sísmica	INTERMEDIA
Aa	0.20
Av	0.20
Ae	0.12
Ad	0.06
Tipo De Perfil	C
Fa	1.20
Fv	1.60

## 5.3 Procesos Y Procedimientos

### 5.3.1 Fase No. 1: Información Preliminar.

Se recopiló la información existente, sobre la construcción de la edificación, estudios de vulnerabilidad sísmica y vulnerabilidad estructural hechos en territorio colombiano, tesis, informes o artículos relacionados con el tema; de igual manera se consultó la Norma Sismo Resistente de 2010 (NSR-10), para verificar aquellas que son pertinentes al proyecto.

### 5.3.2 Fase No. 2: Reconocimiento.

Visita y recorrido por las instalaciones del ITUC, se determinó visualmente los bloques escogidos por la concurrencia de personas en el interior de los mismos y los lugares estratégicos

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

para realizar los sondeos del estudio de suelo y la posterior excavación de los apiques tanto en muros y suelos. De tal forma se determinó el estado de la estructura de las antiguas instalaciones del ITUC, para su posterior análisis de acuerdo con lo encontrado.

### **5.3.3 Fase No. 3: Evaluación De La Estructura Existente.**

se realizaron 5 apiques en el piso de los bloques escogidos, procurando cavar en lugares que arrojaran resultados globales de los sectores en estudio, en los cuales se encontraron un tipo de cimentación, que no era consistente en los diferentes bloques. Teniendo los resultados obtenidos por medio de los apiques y las afectaciones encontradas en la edificación con inspección visual, se procedió a la elaboración del estudio de vulnerabilidad sísmica y estructural de las instalaciones.

### **5.3.4 Fase No. 4: Recomendaciones de la edificación.**

Teniendo en cuenta de cada uno de los resultados obtenidos y la definición clara u objeto de la intervención se estudia la alternativa que permita la modificación o recuperación de las zonas de los diferentes bloques que se encuentran fuera de uso y con deterioro significativo con el fin que estas cumplan con la norma sismo resistente (NSR-10).

## **Resultados**

### **5.4 Levantamiento y análisis estructural**

Se realizó el respectivo levantamiento estructural e identificación de los elementos estructurales que se encuentran en cada uno de los 5 bloques objeto de análisis y evaluación. Para poder llevar a cabo este levantamiento se realizaron las siguientes actividades, inspección visual teniendo en cuenta los parámetros, identificación de daños y estado de la estructura.

#### **5.4.1 Estudios realizados.**

##### **5.4.1.1 Apiques.**

A los bloques en estudio se le realizaron apiques con el objeto de conocer el tipo de cimentación que obtiene la estructura. Realizado se ejecutó el análisis de lo observado en los diferentes apiques.



*Ilustración 2: Apique No. 1 en Bloque C de 0.35\*0.35\*0.40*

**Edificación:** Bloque C

**Profundidad:** 0.40m

**Ancho:** 0.35m \*0.35m.

**Descripción:** Se procedió a realizar una excavación de 40 cm en la cual encontramos una placa de material de concreto con un espesor de 5cm, inferior a la edificación se encontró material compuesto por piedra bola (canto rodado), ladrillo y finalmente arena con material orgánico. Con esta excavación se dedujo que la edificación denominada como Bloque C no cuenta con ningún tipo de cimentación ya que los materiales encontrados son los óptimos para la elaboración de cimentación.



*Ilustración 3: Apique No. 2 en Bloque B de 0.35\*0.35\*0.34*

**Edificación:** Bloque B

**Profundidad:** 34 Cm

**Ancho:** 35 Cm

**Descripción:** Con esta excavación se encontró una base en concreto a los 0.34 m de profundidad, con este hallazgo no se puede determinar qué tipo de cimentación presenta la edificación. por lo cual se produjo a realizar más apiques y unir las excavaciones.



*Ilustración 4: Apique No. 3 en Bloque D de 0.35\*1.74\*0.35*

**Edificación:** Bloque D

**Profundidad:** 0.35 m

**Ancho:** 1.74 .m

**Descripción:** Con esta excavación se observa que al unir los dos apiques para dejar uno solo con una longitud de 74cm se encontró una cimentación corrida, que se observa a los mismos 34 cm de profundidad en la cual descansan unos muros de bloques de ladrillo en una placa de concreto de 0.05 m, 0.15 m de desperdicio de material de obra (escombros) y 0.15 m de relleno.

**5.4.1.2 Análisis de los bloques que se encuentran en uso**

**5.4.1.2.1 Bloque A**

En este bloque se encuentran las oficinas de la secretaria de desarrollo económico y social, la oficina para las personas de la tercera edad, la oficina del SISBEN y la oficina de trabajo social de la uniminuto. En el interior de las instalaciones se encuentran unas 30 personas aproximadamente, contando con trabajadores y visitantes de las oficinas.



(Tomada Por Autores)

**Ilustración 5: Bloque A del ITUC**

**T5tabla 5: Parámetros de evaluación estructural del BLOQUE A**

Parámetros de evaluación estructural		BLOQUE A
Área construida (m2)		305,8
Número de pisos		1
Componentes		Índice de vulnerabilidad
Aspectos geométricos	Irregularidad en planta	Baja

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

	Cantidad de muros en dos direcciones	Baja
	Irregularidad en altura	Baja
<b>Aspectos constructivos</b>	Calidad de las juntas de mortero	Baja
	Tipo y disposición de mampostería	Baja
	Calidad de materiales	Baja
<b>Aspectos estructurales</b>	Amarre de cubierta	Media
	Estado de la cimentación	Alta
	Suelo	Bajo
<b>Vulnerabilidad de la edificación</b>		Media

**Tabla 6: evaluación de cargas del BLOQUE A**

<b>BLOQUE A</b>		
<b>AREA (m<sup>2</sup>)</b>	305,8	
<b>ASPECTO</b>	<b>KN/M2</b>	<b>TON/M2</b>
<b>CARGA MUERTA</b>	7,5	0,75
<b>CARGA VIVA</b>	5	0,5
	<b>KN</b>	<b>TON</b>
<b>PESO TOTAL</b>	3822,50	382,25

De acuerdo con los datos obtenidos en la Tabla 4, se llegó a la conclusión que el bloque se encuentra en un nivel ALTA, es decir, que la edificación no presenta daños que afecten la estabilidad e integridad de la edificación

, y en presencia de eventos telúricos no presentara colapso integro o parcial.

**5.4.1.2.2 Bloque B**

En este bloque se encuentran las oficinas de archivos de planeación, oficina de centro día, salones de vive lab y comisaria tercera de familia. En el interior de las instalaciones se encuentran unas 40 personas aproximadamente, contando con trabajadores y visitantes de las oficinas.



(Tomada por autores)

**Ilustración 6: Bloque B del ITUC**

**Tabla 7: Parámetros de evaluación estructural del BLOQUE B**

Parámetros de evaluación estructural		BLOQUE B
Área construida (m2)		548,7
Número de pisos		1
Componentes		Índice de vulnerabilidad
Aspectos geométricos	Irregularidad en planta	Baja
	Cantidad de muros en dos direcciones	Media
	Irregularidad en altura	Baja

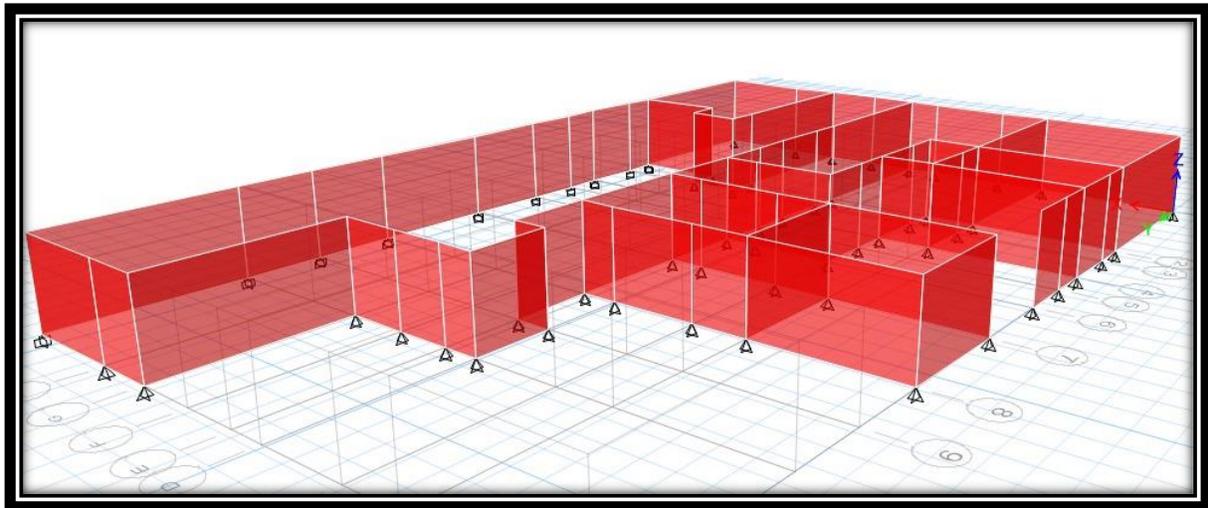
## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

<b>Aspectos constructivos</b>	Calidad de las juntas de mortero	Baja
	Tipo y disposición de mampostería	Baja
	Calidad de materiales	Baja
<b>Aspectos estructurales</b>	Amarre de cubierta	Baja
	Estado de la cimentación	Alta
	Suelo	Bajo
<b>Vulnerabilidad de la edificación</b>		Medio

De acuerdo con los datos obtenidos en la Tabla 5, se llegó a la conclusión que el bloque se encuentra en un nivel ALTA, es decir, que es necesaria elaboración de la evaluación y el estudio, por medio de modelamientos en el programa ETABS, por las condiciones en que se encuentra.

**Tabla 8:evaluación de cargas del BLOQUE B**

<b>BLOQUE B</b>		
<b>AREA M2</b>	548,7	
<b>ASPECTO</b>	<b>KN/M2</b>	<b>TON/M2</b>
<b>CARGA MUERTA KN/M2</b>	9,2	0,92
<b>CARGA VIVA KN/M2</b>	5	0,5
	<b>KN</b>	<b>TON</b>
<b>PESO TOTAL KN</b>	7791,54	779,15



**Ilustración 7: Modelo ETABS del Bloque B**

Los datos obtenidos por medio del modelo se encuentran en el anexo No. 1 en el cual se encuentran los datos espectro y los datos de desplazamiento y chequeo de derivas arrojados por el programa.

#### **5.4.1.2.3 Bloque C**

En este bloque se encuentran la oficina de juventudes, oficina de familias en acción, oficina de migrantes (habitantes de la calle), ropero municipal, oficina de archivo del SISBEN, salón de capacitaciones y salón de fisioterapias. En el interior de las instalaciones se encuentran unas 45 personas aproximadamente, contando con trabajadores y visitantes de las oficinas (este número de personas mientras se encuentran cursos de capacitación).



(Tomada Por Autores)

**Ilustración 8: Bloque C del ITUC**

**Tabla 9: Parámetros de evaluación estructural del Bloque C**

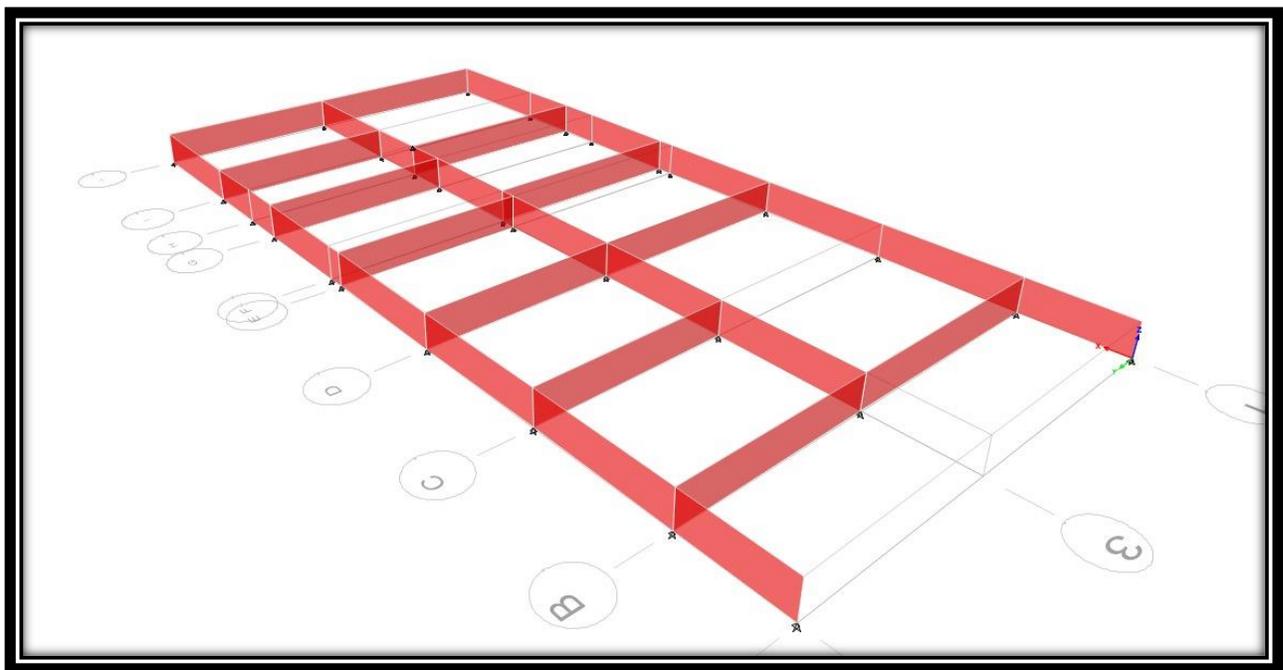
Parámetros de evaluación estructural		BLOQUE C
Área construida (m2)		390,3
Número de pisos		1
Componentes		<b>Índice de vulnerabilidad</b>
Aspectos geométricos	Irregularidad en planta	Bajo
	Cantidad de muros en dos direcciones	Bajo
	Irregularidad en altura	Bajo
Aspectos constructivos	Calidad de las juntas de mortero	Bajo
	Tipo y disposición de mampostería	Bajo
	Calidad de materiales	Bajo
Aspectos estructurales	Amarre de cubierta	Media
	Estado de la cimentación	Alto

	Suelo	Bajo
<b>Vulnerabilidad de la edificación</b>		Medio

De acuerdo con los datos obtenidos en la Tabla 6, se llegó a la conclusión que el bloque se encuentra en un nivel MEDIA, es decir, que es necesaria elaboración de la evaluación y el estudio, por las condiciones en que se encuentra la cubierta y los pisos internos del salón de fisioterapia.

**Tabla 10: evaluación de cargas del BLOQUE C**

BLOQUE C		
AREA M2	390,3	
ASPECTO	KN/M2	TON/M2
CARGA MUERTA KN/M2	10,96	1,096
CARGA VIVA KN/M2	5	0,5
	KN	TON
PESO TOTAL	6229,19	622,92



**Ilustración 9: Modelo de ETABS del Bloque C**

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

Los datos obtenidos por medio del modelo se encuentran en el anexo No. 1 en el cual se encuentran los datos espectro y los datos de desplazamiento y chequeo de derivas arrojados por el programa.

### 5.4.1.2.4 *Bloque D*

En este bloque se encuentra el salón de mantenimiento, en esta estructura no se encuentran personas todo el tiempo, pero esta edificación se analiza debido que la parte posterior de la edificación colinda con un pasillo con que es transitado por las personas que si dirigen a diferentes salones.



(Tomada Por Autores)

**Ilustración 10: Bloque D del ITUC**

**Tabla 11: Parámetros de evaluación estructural del BLOQUE D**

Parámetros De Evaluación Estructural	Bloque D
Área Construida (M2)	97,9

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

<b>Número De Pisos</b>		1
<b>Componentes</b>		<b>Índice De Vulnerabilidad</b>
<b>Aspectos Geométricos</b>	Irregularidad En Planta	Bajo
	Cantidad De Muros En Dos Direcciones	Bajo
	Irregularidad En Altura	Bajo
<b>Aspectos Constructivos</b>	Calidad De Las Juntas De Mortero	Bajo
	Tipo Y Disposición De Mampostería	Bajo
	Calidad De Materiales	Bajo
<b>Aspectos Estructurales</b>	Amarre De Cubierta	Media
	Estado De La Cimentación	Alta
	Suelo	Bajo
<b>Vulnerabilidad De La Edificación</b>		Media

**Tabla 12: Evaluación de cargas BLOQUE D**

<b>BLOQUE D</b>		
<b>AREA M2</b>	97,9	
<b>ASPECTO</b>	<b>KN/M2</b>	<b>TON/M2</b>
<b>CARGA MUERTA KN/M2</b>	5,4	0,54
<b>CARGA VIVA KN/M2</b>	5	0,5
	<b>KN</b>	<b>TON</b>
<b>PESO TOTAL KN</b>	1018,16	101,82

De acuerdo con los datos obtenidos en la Tabla 7, se llegó a la conclusión que el bloque se encuentra en un nivel BAJA, es decir, que la edificación no presenta daños que afecten la estabilidad e integridad de la edificación, y en presencia de eventos telúricos no presentara colapso integro o parcial.

**5.4.1.2.5 Bloque E**

En este bloque se encuentran las oficinas de la secretaria de desarrollo económico y social, la oficina para las personas de la tercera edad, la oficina del SISBEN y la oficina de trabajo social de la uniminuto. En el interior de las instalaciones se encuentran unas 30 personas aproximadamente, contando con trabajadores y visitantes de las oficinas.



(Tomada Por Autores)

**Ilustración 11: Bloque E del ITUC**

**Tabla 13: Parámetros de evaluación estructural del BLOQUE E**

<b>Parámetros De Evaluación Estructural</b>	<b>Bloque E</b>
<b>Área Construida (M2)</b>	701,4
<b>Número De Pisos</b>	2
<b>Componentes</b>	Índice De Vulnerabilidad

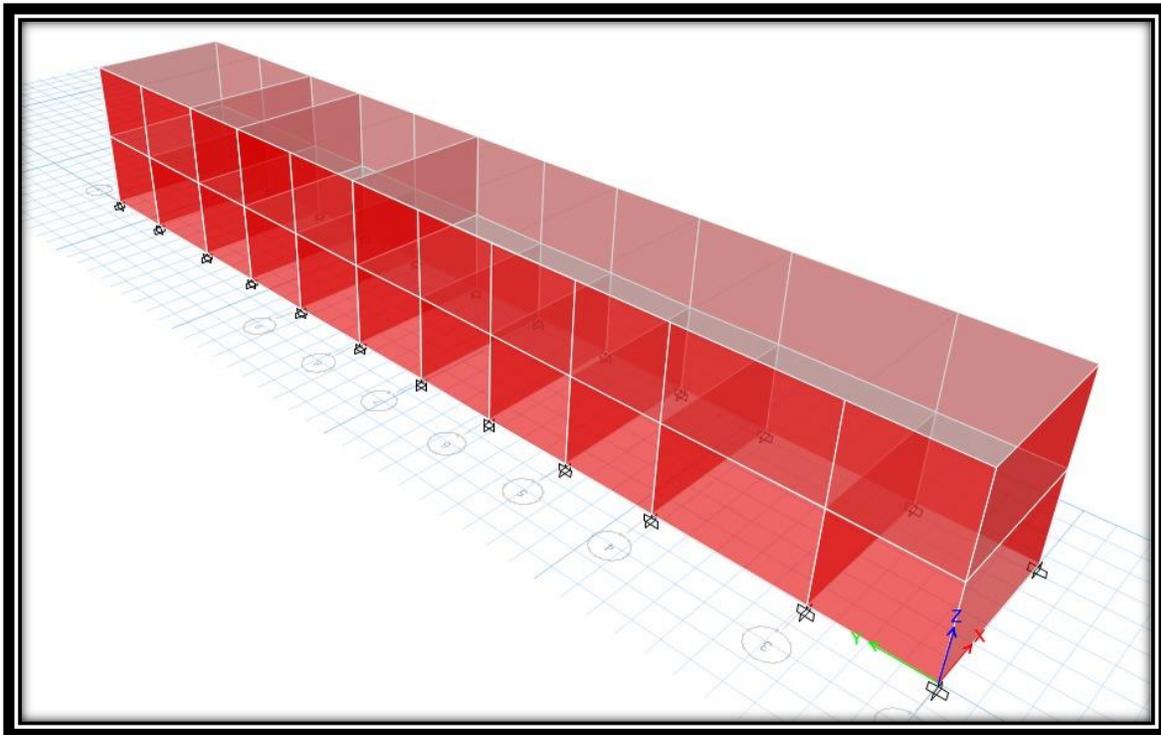
## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

<b>Aspectos Geométricos</b>	Irregularidad En Planta	Alta
	Cantidad De Muros En Dos Direcciones	Media
	Irregularidad En Altura	Media
<b>Aspectos Constructivos</b>	Calidad De Las Juntas De Mortero	Baja
	Tipo Y Disposición De Mampostería	Baja
	Calidad De Materiales	Baja
<b>Aspectos Estructurales</b>	Amarre De Cubierta	Baja
	Entre Piso	Baja
	Estado De La Cimentación	Baja
	Suelo	Baja
<b>Vulnerabilidad De La Edificación</b>		Media

De acuerdo con los datos obtenidos en la Tabla 8, se llegó a la conclusión que el bloque se encuentra en un nivel MEDIA, es decir, que es necesaria elaboración de la evaluación y el estudio, por las condiciones en que se encuentra la edificación debido que las placas presentan filtración de aguas lluvias debido a que la edificación presenta agrietamientos.

**Tabla 14: Evaluación de cargas BLOQUE E**

<b>BLOQUE E</b>		
<b>AREA M2</b>	701,4	
<b>ASPECTO</b>	<b>KN/M2</b>	<b>TON/M2</b>
<b>CARGA MUERTA KN/M2</b>	15,8	1,058
<b>CARGA VIVA KN/M2</b>	5	0,5
	<b>KN</b>	<b>TON</b>
<b>PESO TOTAL KN</b>	14589,12	1092,78



**Ilustración 12: Modelo de ETABS del Bloque E**

Los datos obtenidos por medio del modelo se encuentran en el anexo No. 1 en el cual se encuentran los datos espectro y los datos de desplazamiento y chequeo de derivas arrojados por el programa.

#### ***5.4.1.3 Análisis de bloques que se encuentran en estado de abandono***

##### ***5.4.1.3.1 Bloque F***

En este bloque se presenta un deterioro significativo en el sistema estructural de muros de carga y cubierta, esto debido a la falta de mantenimiento y antigüedad de las estructuras, este bloque se encuentra con presencia de vegetación. En este bloque no hay presencia de personas.



(Tomada por autores)

### **Ilustración 13: Bloque F del ITUC**

De acuerdo con la inspección visual realizada a esta estructura (Bloque F) se determinó que no se ejecutara una evaluación más detallado de la estructura debido al deterioro significativo, ya que esta presenta daños en el interior y exterior, deterioro en el sistema de mampostería portante o muros de carga y presencia de vegetación en la estructura.

#### **5.4.1.3.2 Bloque G**

En este bloque se presenta un deterioro significativo en el sistema estructural de muros de carga y cubierta dentro de los salones y en pasillos, esto debido a la falta de mantenimiento y antigüedad de las estructuras. En este bloque no hay presencia de personas.



(Tomado por autores)

**Ilustración 14: Bloque G del ITUC**



(Tomada por autores)

**Ilustración 15: Bloque G del ITUC**

De acuerdo con la inspección visual realizada a esta estructura (Bloque G) se determinó que no se ejecutara una evaluación más detallada de la estructura debido al deterioro significativo, ya que esta presenta daños en el interior y exterior, deterioro en el sistema de mampostería portante o muros de carga y presencia de vegetación en la estructura.

### 5.4.1.3.3 *Bloque H*

En este bloque se presenta un deterioro significativo en el sistema estructural de muros de carga, pisos internos y externos, y cubierta dentro de los salones y en pasillos, esto debido a la falta de mantenimiento, antigüedad de las estructuras y presencia de vegetación en el exterior del bloque.

En este bloque no hay presencia de personas.



**Ilustración 16: Bloque H del ITUC**

De acuerdo con la inspección visual realizada a esta estructura (Bloque H) se determinó que no se ejecutara una evaluación más detallado de la estructura debido al deterioro significativo, ya que esta presenta daños en el interior y exterior, deterioro en el sistema de mampostería portante o muros de carga y presencia de vegetación en la estructura.

## 6 ANALISIS DE RESULTADOS

teniendo en cuenta que no todos los bloques de estas instalaciones están en funcionamiento, se produjo a realizar un estudio de análisis estructural por el método AIS. con el fin de determinar el grado de vulnerabilidad que cada instalación presenta, teniendo en cuenta las condiciones que muestra cada edificación, daños o afectaciones que se exhiben en muros, pisos, cubiertas, pasillos de acceso, y suelo.

Con la finalidad de darle prioridad a las estructuras que hoy en día se encuentran en funcionamiento, se tuvo en cuenta que 3 instalaciones fueron objeto de análisis detallado de evaluación de vulnerabilidad sísmica y estructural. debido a que estos presentan mayores dimensiones y áreas construidas, por lo tanto se procedió a realizar los estudios pertinentes a las estructuras comenzando con apiques estratégicamente ubicados para la detección de un sistema estructural y cimentación que estas deberían obtener; con estos resultados obtenidos se determinó un sistema estructural constituido por muros portantes (muros de carga) y sistema de cimentación de zapata corrida, cuya cimentación no es consistente en las diferentes estructuras.

Se determinó por medio del método AIS que la vulnerabilidad sísmica y estructural de las instalaciones es MEDIA, esto debido a que no se presenta una buena geometría en las plantas, no se cuenta con una continuidad de muros, y presenta afectaciones en muros de carga.

También se realizaron el modelamiento de estas instalaciones en un software para el análisis de estructuras, con el fin de determinar que estas construcciones cumplan con el requisito de construcción sismo resistente.

## 7 Conclusiones

La inspección de campo mostro diferentes bloques con distintos grados de daño o detrimento estructural. Para el presente trabajo se eligieron las edificaciones en uso y se descartaron otras por su avanzado estado de deterioro.

Se estudiaron cinco edificaciones diferentes, de las cuales 3 estructuras fueron objeto de evaluación, modelación y análisis, teniendo en cuenta que en ninguna de ellas se encontró un sistema estructural acorde con los requisitos de las normas sismo resistentes pasadas y vigente en Colombia.

Analizando los datos obtenidos por medio de la aplicación del Método AIS y el modelamiento de los diferentes bloques que presentan mayores dimensiones y área construida se pudo determinar que los bloques no cumplen con todos los parámetros propuestos por el método tales como: geometría regular, continuidad de muros, configuración en altura y calidad de los materiales esto debido a que las instalaciones fueron construidas en un 50% en ladrillo tolete de arcilla y un 50% en ladrillo de adobe.

Los bloques no cuentan con un sistema de cimentación constante en las diferentes estructuras, ya que en una sola edificación se encontró cimentación, y en los otros bloques se encontraron rellenos de piedra bola y desperdicios de ladrillo, ya que la combinación de estos materiales no cumple con los requisitos mínimos para una cimentación.

Por las características de las instalaciones y su actual uso se decidió modelar tres de ellas (los Bloques B, C y E), teniendo los resultados del software, se analizó que los bloques presentan una

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

desplazamiento mínimo, esto debido a los espesores que tienen los muros, provocando que estas estructuras sean rígidas por lo tanto su desplazamiento no es el adecuado. comentar resultados.

Los resultados de la calificación de vulnerabilidad de las edificaciones muestran que su nivel de amenaza es Baja, a pesar de esto se considera deseable su intervención por medio de estudios más detallados para disminuir su rigidez y obtener la correcta disipación de energía por movimientos de sismos futuros.

## **8 Recomendaciones**

Se recomienda la intervención de las estructuras que se encuentran en funcionamiento, por medio de regatas a lo largo de los muros con el fin de disminuir la rigidez que poseen las estructuras, esto con el fin de tener un mejor funcionamiento en las diferentes estructuras, proporcionando flexibilidad al sistema estructural.

Se deja abierto para que en una investigación futura se puedan elaborar diseños estructurales para la ocupación de esta zona en las instalaciones del antiguo ITUC

Se recomienda para las edificaciones que se encuentran en abandono, la demolición de las mismas ya que no es posible la recuperación de estas, debido a que poseen daños significativos en el sistema estructural de muros portantes, colapso parcial de cubiertas en el interior y exterior de las mismas, y presencia de vegetación en muros y pisos.

.

## 9 Bibliografía

- Alcaldía de Girardot- Cundinamarca. (24 de Julio de 2015). *Alcaldía de Girardot- Cundinamarca*.  
Obtenido de Alcaldía de Girardot- Cundinamarca:  
[https://web.archive.org/web/20150924022250/http://www.girardot-cundinamarca.gov.co/informacion\\_general.shtml#indicadores](https://web.archive.org/web/20150924022250/http://www.girardot-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml#indicadores)
- Aldemaro Gulfo Mendoza, L. F. (2015). Vulnerabilidad Sísmica de la Infraestructura Escolar Urbana en Girardot-Cundinamarca. Girardot, Cundinamarca, Colombia.
- Espinosa, J. J. (1952). *Monografía Histórica De Girardot*. Girardot.
- Fernando Acosta, Y. C. (2014). Entorno de vulnerabilidad sísmica de edificaciones históricas urbanas en el municipio de el Espinal, Tolima. Espinal, Tolima, Colombia.
- FUNVISIS. (s.f.). *FUNVISIS*. Recuperado el 02 de Agosto de 2019, de FUNVISIS:  
<http://www.funvisis.gob.ve/old/amenaza.php>
- GARCÉS MORA, J. R. (2017). *Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada en el barrio San Judas Tadeo II en la ciudad Santiago de Cali*. CALI : [www.repository.unimilitar.edu.co](http://www.repository.unimilitar.edu.co).
- girardoteño, E. (05 de Noviembre de 2005). *Blogspot*. Obtenido de Blogspot:  
<https://hospitalsanrafaeldegirardot.blogspot.com/>
- Luis Ramirez, C. E. (2008). Estudio de sismo resistencia y propuesta de intervención a la sede de la estación de bomberos del municipio de Girardot, Cundinamarca. Girardot, Cundinamarca, Colombia.
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2010). Título A.2 (Zonas de Amenaza Sísmica y Movimientos de Diseño). En v. y. Ministerio de ambiente, *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente* (pág. 186). GIRARDOT.
- Ministerio de Energía. (2016). *Servicio Geológico Colombiano*. Obtenido de Servicio Geológico Colombiano:  
<http://sish.sgc.gov.co/visor/sesionServlet?metodo=irAIntensidadesSismo&idSismo=45>
- Requisitos Generales de Diseño Y Construcción Sismo Resistente. (1997). En *Norma Técnica Sismo Resistente (NSR-10)* (págs. A-135). Girardot.
- Santander, E. n. (21 de Mayo de 2018). *Colombia Informe*. Obtenido de Colombia Informe:  
<http://www.colombiainforma.info/a-143-anos-del-terremoto-de-cucuta-la-ciudad-sigue-sin-resguardos/>

## Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica Y Estructural Del ITUC

Universidad de Cundinamarca. (s.f.). *UDEC*. Obtenido de UDEC:

<https://www.ucundinamarca.edu.co/index.php/universidad/resena-historica>

Vallejo, V. (31 de Marzo de 1983). *Radio Nacional De Colombia*. Obtenido de Radio Nacional De Colombia: <https://www.radionacional.co/linea-tiempo-paz/popayan-destruido-terremoto>

Vallejo, V. (05 de Mayo de 2017). *Terremoto en el Eje Cafetero*. Obtenido de Terremoto en el Eje Cafetero: <https://www.radionacional.co/linea-tiempo-paz/terremoto-eje-cafetero>

**ANEXOS**



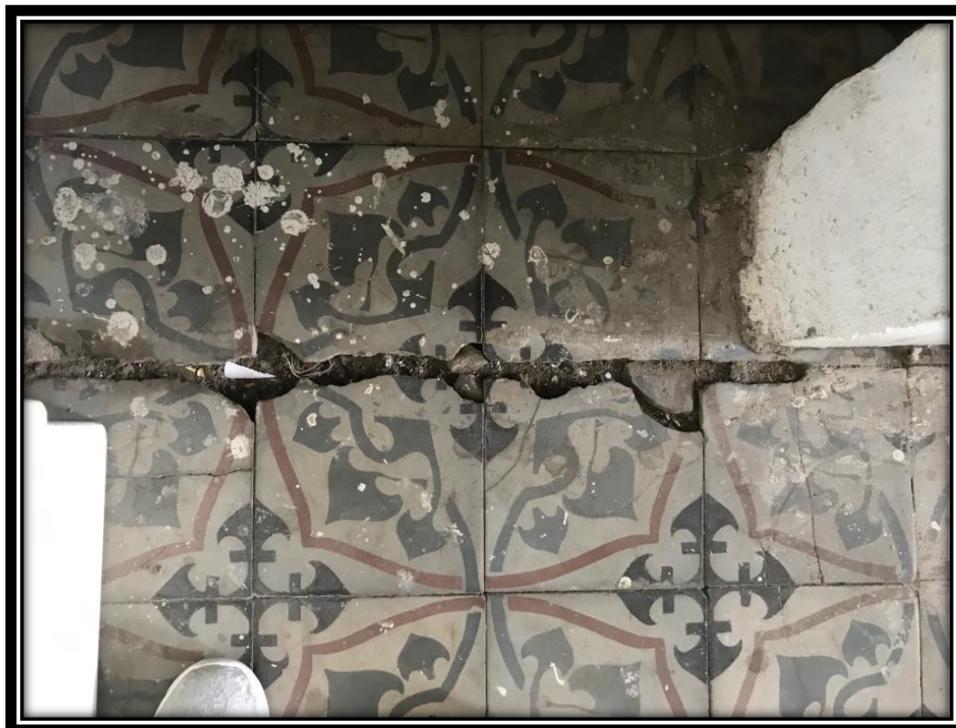
**Ilustración 17: Agrietamiento en placas de entrepiso en Bloque E**



**Ilustración 18: Agrietamiento con presencia de humedad en entrepiso de bloque E**



**Ilustración 19: Cubierta con desprendimiento de cielo raso en Bloque C**



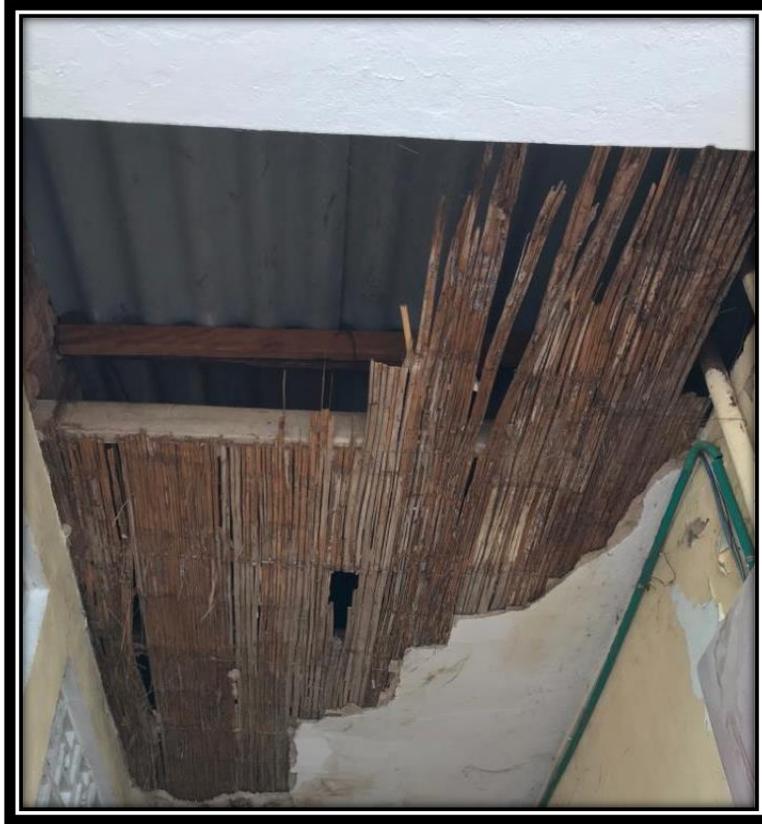
**Ilustración 20: Agrietamiento en pisos de Bloque A**



**Ilustración 21: deterioro de edificaciones abandonadas con exposición de material**



**Ilustración 22: Muros del Bloque G con presencia de raíces**



**Ilustración 23: caída de cielo Razo en el Bloque G**

**9.1 Anexo No. 1: Tablas De Modelamiento Por Bloques ETABS**

**9.2 Anexo No. 2: Plano Topográfico**

**9.3 Anexo No. 3: Plano Arquitectónico**

**9.4 Anexo No. 4: Estudio De Suelos**