



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN

Resolución de Registro Calificado M.E.N. No 8348 del 22 de septiembre de 2010

F-01P- FORMATO RADICACIÓN DE TRABAJO DE GRADO FASE PROYECTO

Para un rápido desplazamiento en el formato utilice TAB, para retroceso Shift+Tab. En la sección modalidad de grado, seleccione solo una opción.

<b>Fecha De Radicación:</b>	<b>lunes, 29 de mayo de 2023</b>
<b>Modalidad de Grado:</b>	<input type="radio"/> Monografía <input checked="" type="radio"/> Pasantía <input type="radio"/> Posgrado <input type="radio"/> Seminario internacional <input type="radio"/> Diplomado
<b>Título del Proyecto:</b>	PATOLOGÍA COLEGIO JUAN BOSCO, TIBACUY, CUNDINAMARCA
<b>Línea de investigación:</b>	Tecnologías alternativas en materiales e ingeniería para el desarrollo de soluciones sostenibles
<b>Semillero de Investigación:</b>	Estructuras

	<b>Estudiante (Nombres y Apellidos Completos)</b>	<b>Cédula</b>	<b>Código</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Celular</b>
1	Juan Camilo Zambrano Vasquez	1053616413	1053616413	jzambranov@ulagrancolombia.edu.co	3132013582
2	Escriba nombre completo.	ID.	Código UGC.	e-mail UGC.	Teléfono móvil.
3	Escriba nombre completo.	ID.	Código UGC.	e-mail UGC.	Teléfono móvil.

<b>FIRMA DE AVAL (Espacio exclusivo para aprobación)</b>		
<b>Director trabajo de grado</b>	<b>Co director trabajo de grado</b>	<b>Co director trabajo de grado</b>
Firma: <u>Diana Mylena Zambrano V.</u> Nombre: Diana Mylena Zambrano Vasquez	Firma: _____ Nombre: Nombre completo	Firma: _____ Nombre: Nombre completo
<b>Coordinación de Investigación</b>		
Firma: _____ Nombre: CIDAC-FI		

<b>Observaciones:</b> Observaciones.
---

# PATOLOGÍA COLEGIO JUAN BOSCO, TIBACUY, CUNDINAMARCA

Juan Camilo Zambrano Vásquez



UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Ingeniería Civil, Facultad de Ingenierías

Universidad La Gran Colombia

Bogotá

2023

**Patología Colegio Juan Bosco, Tibacuy, Cundinamarca**

**Juan Camilo Zambrano Vásquez**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil**

**Diana Mylena Zambrano Vásquez Docente**



**UNIVERSIDAD**  
**La Gran Colombia**

Vigilada MINEDUCACIÓN

**Programa Ingeniería Civil, Facultad de Ingenierías**

**Universidad La Gran Colombia**

**Bogotá**

**2023**

**Tabla de contenido**

**INTRODUCCIÓN .....8**

**OBJETIVOS.....9**

    OBJETIVO GENERAL .....9

    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....9

**MARCO TEÓRICO .....9**

**ASPECTOS METODOLÓGICOS .....10**

**HISTORIA CLÍNICA .....11**

    DATOS GENERALES DEL PACIENTE.....11

**LESIONES .....12**

**ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

**DIAGNOSTICO..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

    COORDENADAS: .....12

    ÁREA CONSTRUIDA: .....12

    ALTITUD: .....12

    TEMPERATURA MEDIA ANUAL: .....13

    PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL: .....13

    USO DE LA CONSTRUCCIÓN: .....13

    NORMATIVIDAD: .....13

    PARÁMETROS SÍSMICOS: .....13

**INSPECCIÓN DE LESIONES.....14**

**ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS.....17**

PATOLOGÍA COLEGIO JUAN BOSCO, TIBACUY, CUNDINAMARCA	4
1.1. ENSAYOS NO INVASIVOS (FERROSCAN, ESCLEROMETRÍA Y CARBONATACIÓN):	20
1.2. ENSAYOS INVASIVOS (APIQUE, REGATAS Y EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS):	35
<b>DIAGNÓSTICO DE LAS PATOLOGÍAS ASOCIADAS A LAS LESIONES</b>	<b>47</b>
<b>PROPUESTA DE REHABILITACIÓN</b>	<b>52</b>
<b>LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>55</b>

**Tabla de Ilustraciones**

<b>Figura 1. Plano del colegio Juan Bosco con zonas especificadas .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2. Zona donde se realiza ensayo de ferrosacan .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 3. Zona donde se realiza ensayo de esclerometría.....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 4. Zonas donde se realiza ensayo de carbonatación. ....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 5. Zona donde se realizaron apiques .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 6. Zonas donde se realizan regatas.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 7. Zonas donde se realizan extracción de nucleos .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 8. Identificación de refuerzo en Columna de concreto.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 9. Identificación de refuerzo en placa terraza.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 10. Identificación de refuerzo en columnas de concreto reforzado. ....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 11. Gráfica para interpolar la resistencia a la compresión. ....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 12. Toma de esclerometría en placa, edificio E. ....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 13. Toma de esclerometría en placa, edificio D. ....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 14. Frente de carbonatación, edificio D. ....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 15. Ensayo de carbonatación edificio C.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 16. Acero expuesto en edificio B. ....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 17. Apique edificio A, exterior cimentación.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 18. Apique edificio B, exterior cimentación.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 19. Apique patio pequeño edificio C, cimentación.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 20. Apique edificio D, verificación de zapatas.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 21. Apique edificio D, cimentación muros. ....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 22. Apique edificio C. exterior cimentación. ....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 23. Esquema de cimentación encontrada. ....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 24. Esquema de cimentación encontrada. ....</b>	<b>40</b>

<b>Figura 25. Esquema de cimentación encontrada.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 26. Esquema de cimentación encontrada.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 27. Esquema de cimentación encontrada.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 28. Esquema de cimentación encontrada.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 29. Esquema de cimentación encontrada.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 30. Extracción de núcleo en viga del edificio C.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 31. Extracción de núcleo en columna del edificio C. ....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 32. Extracción de núcleo en viga del edificio D. ....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 33. Extracción de núcleo en columna del edificio D. ....</b>	<b>46</b>
<b>Figura34. Requisitos de separación del refuerzo transversal en columnas DMO.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 35. Requisitos de separación del refuerzo transversal en vigas DMO. ....</b>	<b>51</b>

**Lista de Tablas**

**Tabla 1. Formato de inspección básica en edificio C..... 15**

**Tabla 2. Formato de inspección básica edificio D. .... 16**

**Tabla 3. Formato resultados de ensayo ferrosacan..... 23**

**Tabla 4. Especificaciones técnicas esclerómetro utilizado ..... 26**

**Tabla 5. Resultados ensayo esclerómetro. .... 29**



### **Introducción**

El presente proyecto presenta los objetivos, metodología, análisis de las actividades que se ejecutaron para poder desarrollar la patología del colegio Juan Bosco localizado en el municipio de Tibacuy Cundinamarca; en él se especifica la historia clínica del paciente donde se explica la información a recopilar; identificación de lesiones por medio del formato, basado en el documento “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook”, tercera edición del año 2015. (FEMA P -154) , resultado y análisis de los ensayos invasivos y no invasivos, diagnóstico del estado actual de la edificación y su recomendación para la rehabilitación.

## Objetivos

### Objetivo General

Realizar el estudio patológico al Colegio Juan Bosco localizado en el municipio de Tibacuy.

### Objetivos Específicos

- Realizar la historia clínica del paciente.
- Identificar las lesiones que presenta el paciente mediante inspección básica.
- Realizar ensayos destructivos y no destructivos para determinar la calidad de los materiales.
- Elaborar el diagnóstico de las patologías asociadas a las lesiones.
- Generar propuesta de rehabilitación.

## Marco Teórico

**Patología:** es el estudio de la estructura existente donde se pueden encontrar deformaciones o cualquier afectación que tenga la estructura esto puede suceder por descuidos en el mantenimiento de la estructura, deficiencias en el diseño o nula calidad de los materiales, las patologías se pueden presentar después de un largo periodo de la construcción.

**Alteración – lesión:** pérdida del funcionamiento de una construcción debido a la aparición de una anomalía física.

**Síntoma:** denota la aparición de lesiones en la estructura.

**Tratamiento:** son los pasos a seguir para intervenir la edificación y darle una mejoría.

**Ferroscan:** este ensayo no destructivo nos ayuda a localizar barras de refuerzo estribos u otros tubos de metal en el concreto donde nos da la información de su profundidad y espaciamiento entre barras.

**Esclerómetro:** este ensayo nos ayuda a estimar la resistencia a compresión simple del concreto, este ensayo consiste en medir la resistencia al rebote de la superficie ensayada.

**Historia clínica:** es la recopilación de la información de la estructura ya sea planos, diseños o estudios realizados.

**Ensayo de compresión de núcleos:** permite identificar el grado de resistencia que tiene el concreto a la compresión.

### **Aspectos Metodológicos**

- Realizar la historia clínica del paciente: recopilar información de la construcción del paciente, normatividad aplicada en la construcción, identificación de materiales, recopilación de planos (arquitectónicos, estructurales, topográficos), estudios geotécnicos, informes fotográficos, bitácoras de obra, información de parámetros sísmicos.
- Identificar las lesiones que presenta el paciente mediante inspección básica: basado en el documento "Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook", tercera edición del año 2015. (FEMA P -154), utilizar el método de análisis sísmico para extraer de la calificación la vulnerabilidad del edificio a eventos sísmicos. , el resultado de esta prueba está determinado por una puntuación mínima de 1.5, y si el método de prueba recibe una puntuación baja, se debe realizar una prueba completa donde se evalúen los indicadores de sobreesfuerzo y cambios en la estructura, para determinar el tipo. qué mejoras se deben hacer o si se va a demoler la estructura.

- Realizar ensayos destructivos y no destructivos:
  - Ensayos no destructivos: Ferroskan (12), esclerometría (7), carbonatación (12)
  - Ensayos destructivos: Apiques (7), regatas (9), extracción de núcleos (12)
- Elaborar el diagnóstico de las patologías asociadas a las lesiones. Validación del estado del sistema estructural, establecer la resistencia efectiva de los materiales, mencionar las patologías presentes en la edificación.
- Generar propuesta de rehabilitación: dar las recomendaciones para la rehabilitación del paciente.

### **Historia clínica**

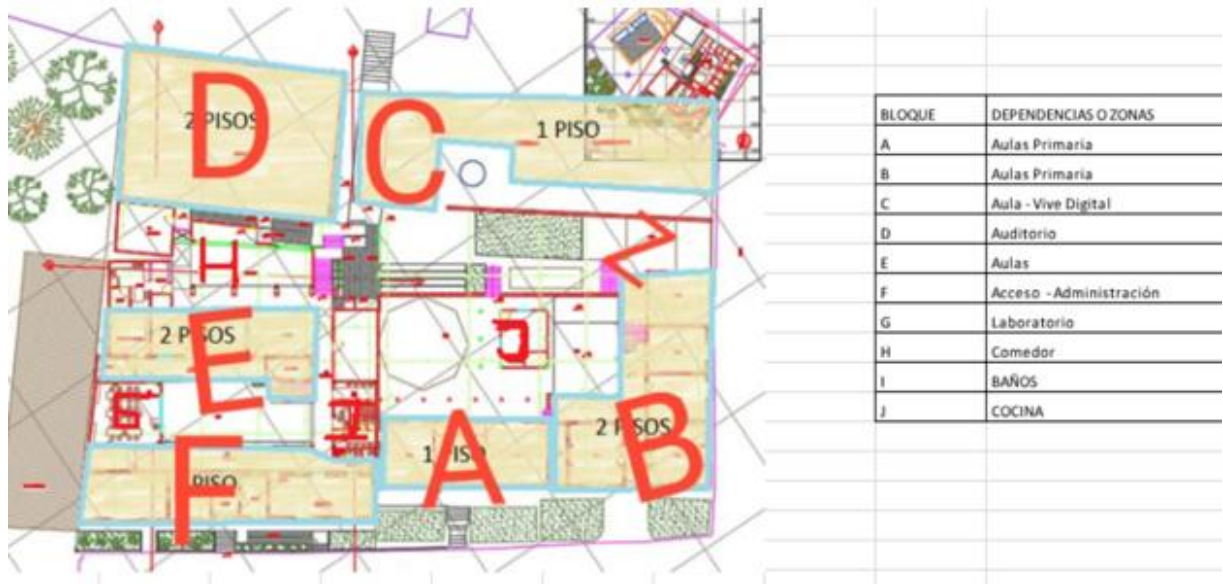
Dentro de la historia clínica se encuentra la recopilación de la información existente del paciente, como planos estructurales, topográficos, estudio de suelos; se identificaron las unidades de construcción e información de parámetros sísmicos.

### **Datos generales del paciente**

La edificación cuenta con 11 unidades de construcción de uno y dos niveles sin sótanos, dentro de las cuales 5 unidades se construyeron en 2018 y 6 unidades son construcciones de más de 50 años. A continuación, se presenta la localización de las unidades de construcción.

### **Figura 1.**

*Plano del colegio Juan Bosco con zonas especificadas*



De la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se tiene las unidades A, B, C, D,E,F son construcciones de más de 50 años, estas no cuentan con un sistema estructural definido dentro del alcance de la NSR-10, los materiales que presenta son muros en adobe ; las unidades H,I,J,G,Z son construcciones del año 2018, los materiales que presenta son concreto, mampostería y cubiertas en acero, de estas se tiene planos estructurales, estudio geotécnico.

**Coordenadas:**

Latitud 4°20'55.11" N

Longitud 74°27'11.79" O

**Área construida:**

2700 metros cuadrados aproximadamente

**Altitud:**

1650msnm

**Temperatura media anual:**

15°

**Precipitación media anual:**

866mm

**Uso de la construcción:**

Destinada a institución educativa

**Normatividad:**

El diseño arquitectónico y estructural de las construcciones recientes se revisa de acuerdo a la norma actual vigente Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-10 y decreto 523 del año 2010.

**Parámetros sísmicos:**

De acuerdo con el estudio geotécnico y la NSR10 título A se tiene:

Capacidad de disipación de energía: DMO

Aa: 0.20

Av: 0.20

Fa: 1.40

Fv: 2.00

Tipo de suelo: D

Grupo de uso de la estructura: III

Elementos no estructurales:

Grado de desempeño de los elementos no estructurales: BUENO.

Grupo de uso: 3.0

Coefficiente de importancia: 1.25

### **Inspección de lesiones**

Se realizó una inspección básica basada en el documento “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook”, tercera edición del año 2015. (FEMA P -154), considerando que a través de visitas de campo se ha desarrollado un método para determinar si es necesario realizar un estudio de diseño industrial detallado, este método se basa en documentos previamente enlazados, este método ayuda a establecer en base a criterios de calificación que no son solidez. la estructura está sujeta a eventos sísmicos, el resultado del análisis está determinado por un puntaje mínimo de 1.5, y si el método de análisis recibe un puntaje bajo, se realizará un análisis completo donde el análisis son índices de tensión y flexibilidad. en relación con el arreglo, para determinar qué tipo de sostenimiento se debe dar o si el edificio u obra será debidamente demolido.

A continuación, la Tabla 1 y la Tabla 2 presentan los formatos de inspección diligenciados en campo.

Tabla 1.

Formato de inspección básica en edificio C.


Formato de inspección básica (basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)																		
 <p style="text-align: center;">fotografía</p>	Dirección: <u>Municipio de Tibacuy</u> Nombre o descripción de la estructura: <u>Edificio C</u> Uso: <u>Colegio Juan Bosco</u> Coordenadas: Latitud: <u>4°20'55.11"N</u> Longitud: <u>74°27'11.79"O</u> Ubicación: <u>Centro de Tibacuy</u> Fecha: <u>27 de Agosto de 2022</u> Número de pisos: <u>1</u> Semisótano: <input type="checkbox"/> Sótano: <input type="checkbox"/> Número de sótanos: <u>NO TIENE</u> Año aproximado de la construcción: <u>Aproximadamente más de 50 años</u> Cantidad de ocupantes: <u>NO se encuentra en servicio</u> Área por piso: <u>Aproximadamente 187 m2</u>																	
 <p style="text-align: center;">Esquema</p>	Tipo de suelo: Tipo A (perfil de roca competente): <input type="checkbox"/> Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): <input type="checkbox"/> Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): <input type="checkbox"/> Tipo D (Perfil de suelos rígidos): <input type="checkbox"/> Tipo E (tipo de suelo blando): <input type="checkbox"/> Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): <input type="checkbox"/> Tipo de suelo no identificado*: <input checked="" type="checkbox"/> (asuma tipo D) Peligros geológicos: Licuefacción: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> No identificado: <input checked="" type="checkbox"/> Deslizamiento de tierra: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> No identificado: <input checked="" type="checkbox"/> Ruptura superficial de falla: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> No identificado: <input checked="" type="checkbox"/> Descripción: <u>Estructura en concreto con sistema estructural de porticos resistentes a momento</u> Irregularidad: Planta <input type="checkbox"/> Descripción: <u>No tiene irregularidades</u> Altura <input type="checkbox"/> Juntas sísmicas: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> Descripción: <u>No tiene edificaciones colindantes</u> Comentarios: <u>Estructura en concreto reforzado con un sistema estructural de porticos resistentes a momento, con más de 50 años de antigüedad.</u>																	
<b>BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S<sub>L1</sub></b>																		
FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (DF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score		3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5
Severe Vertical Irregularity, V <sub>L1</sub>		-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V <sub>L1</sub>		-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P <sub>L1</sub>		-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code		-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark		1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B		0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)		0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.4	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)		-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S <sub>MIN</sub>		1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0
Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida):											<b>1,1</b>			REQUIERE ESTUDIO DETALLADO O SE DEBE DEMOLER				
Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC (concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM ( mampostería no confinada ni reforzada), RD ( diafragma rígido), FD (diafragma flexible).																		



Tabla 2.

Formato de inspección básica edificio D.

Formato de inspección básica (basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)																																																																																																																																																																																																																										
	Dirección: <u>Municipio de Tibacuy</u> Nombre o descripción de la estructura: <u>Edificio D</u> Uso: <u>Colegio Juan Bosco</u> Coordenadas: Latitud: <u>4°20'55.11"N</u> Longitud: <u>74°27'11.79"O</u> Ubicación: <u>Centro de Tibacuy</u> Fecha: <u>27 de Agosto de 2022</u> Número de pisos: <u>2</u> Semisótano: <input type="checkbox"/> Sótano: <input type="checkbox"/> Número de sótanos: <u>NO TIENE</u> Año aproximado de la construcción: <u>Aproximadamente más de 50 años</u> Cantidad de ocupantes: <u>NO se encuentra en servicio</u> Área por piso: <u>Aproximadamente 187 m2</u>																																																																																																																																																																																																																									
	Tipo de suelo: Tipo A (perfil de roca competente): <input type="checkbox"/> Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): <input type="checkbox"/> Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): <input type="checkbox"/> Tipo D (Perfil de suelos rígidos): <input type="checkbox"/> Tipo E (tipo de suelo blando): <input type="checkbox"/> Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): <input type="checkbox"/> Tipo de suelo no identificado*: <input checked="" type="checkbox"/> (asuma tipo D) Peligros geológicos: Licuefacción: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> No identificado: <input checked="" type="checkbox"/> Deslizamiento de tierra: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> No identificado: <input checked="" type="checkbox"/> Ruptura superficial de falla: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> No identificado: <input checked="" type="checkbox"/> Descripción: <u>Estructura en concreto con sistema estructural de porticos resistentes a momento</u> Irregularidad: Planta <input type="checkbox"/> Descripción: <u>No tiene irregularidades</u> Altura <input type="checkbox"/> Juntas sísmicas: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> Descripción: <u>No tiene edificaciones colindantes</u> Comentarios: <u>Estructura en concreto reforzado con un sistema estructural de porticos resistentes a momento, con más de 50 años de antigüedad.</u>																																																																																																																																																																																																																									
	Esquema																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="18">BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S<sub>L1</sub></th> </tr> <tr> <th>FEMA BUILDING TYPE</th> <th>Do Not Know</th> <th>W1</th> <th>W1A</th> <th>W2</th> <th>S1 (MRF)</th> <th>S2 (BR)</th> <th>S3 (LM)</th> <th>S4 (RC SW)</th> <th>S5 (URM INF)</th> <th>C1 (DVE)</th> <th>C2 (SW)</th> <th>C3 (URM INF)</th> <th>PC1 (TU)</th> <th>PC2</th> <th>RM1 (FD)</th> <th>RM2 (RD)</th> <th>URM</th> <th>MH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Basic Score</td> <td>3.6</td> <td>3.2</td> <td>2.9</td> <td>2.1</td> <td>2.0</td> <td>2.6</td> <td>2.0</td> <td>1.7</td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> <td>1.2</td> <td>1.6</td> <td>1.4</td> <td>1.7</td> <td>1.7</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>Severe Vertical Irregularity, V<sub>L1</sub></td> <td>-1.2</td> <td>-1.2</td> <td>-1.2</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.1</td> <td>-1.0</td> <td>-0.8</td> <td>-0.9</td> <td>-1.0</td> <td>-0.7</td> <td>-1.0</td> <td>-0.9</td> <td>-0.9</td> <td>-0.9</td> <td>-0.7</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Moderate Vertical Irregularity, V<sub>L1</sub></td> <td>-0.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.4</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Plan Irregularity, P<sub>L1</sub></td> <td>-1.1</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-0.8</td> <td>-0.7</td> <td>-0.9</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.8</td> <td>-0.5</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.4</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Pre-Code</td> <td>-1.1</td> <td>-1.0</td> <td>-0.9</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.8</td> <td>-0.6</td> <td>-0.2</td> <td>0.4</td> <td>-0.7</td> <td>-0.1</td> <td>-0.5</td> <td>-0.3</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>0.0</td> <td>-0.1</td> </tr> <tr> <td>Post-Benchmark</td> <td>1.6</td> <td>1.9</td> <td>2.2</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.1</td> <td>1.9</td> <td>NA</td> <td>1.9</td> <td>2.1</td> <td>NA</td> <td>2.0</td> <td>2.4</td> <td>2.1</td> <td>2.1</td> <td>NA</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>Soil Type A or B</td> <td>0.1</td> <td>0.3</td> <td>0.5</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.1</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.3</td> <td>0.6</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>Soil Type E (1-3 stories)</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> <td>0.1</td> <td>-0.2</td> <td>-0.4</td> <td>0.2</td> <td>-0.1</td> <td>-0.4</td> <td>0.0</td> <td>-0.2</td> <td>-0.3</td> <td>-0.1</td> <td>-0.1</td> <td>-0.1</td> <td>-0.1</td> <td>-0.2</td> <td>-0.4</td> </tr> <tr> <td>Soil Type E (&gt; 3 stories)</td> <td>-0.3</td> <td>-0.6</td> <td>-0.9</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>NA</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-0.5</td> <td>-0.7</td> <td>-0.3</td> <td>NA</td> <td>-0.4</td> <td>-0.5</td> <td>-0.6</td> <td>-0.2</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Minimum Score, S<sub>MIN</sub></td> <td>1.1</td> <td>0.9</td> <td>0.7</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> <td>0.2</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>		BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S <sub>L1</sub>																		FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (DVE)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH	Basic Score	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5	Severe Vertical Irregularity, V <sub>L1</sub>	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA	Moderate Vertical Irregularity, V <sub>L1</sub>	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA	Plan Irregularity, P <sub>L1</sub>	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA	Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1	Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2	Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3	Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA	Minimum Score, S <sub>MIN</sub>	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S <sub>L1</sub>																																																																																																																																																																																																																										
FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (DVE)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH																																																																																																																																																																																																								
Basic Score	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5																																																																																																																																																																																																									
Severe Vertical Irregularity, V <sub>L1</sub>	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA																																																																																																																																																																																																									
Moderate Vertical Irregularity, V <sub>L1</sub>	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA																																																																																																																																																																																																									
Plan Irregularity, P <sub>L1</sub>	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA																																																																																																																																																																																																									
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1																																																																																																																																																																																																									
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2																																																																																																																																																																																																									
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3																																																																																																																																																																																																									
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4																																																																																																																																																																																																									
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA																																																																																																																																																																																																									
Minimum Score, S <sub>MIN</sub>	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0																																																																																																																																																																																																									
Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitudes sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida):												<b>1,1</b>			REQUIERE ESTUDIO DETALLADO O SE DEBE DEMOLER																																																																																																																																																																																																											
Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC (concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM ( mampostería no confinada ni reforzada), RD ( diafragma rígido), FD (diafragma flexible).																																																																																																																																																																																																																										

Por los resultados obtenidos de las **Tabla 1** y **Tabla 2** es necesario realizar un mantenimiento completo de la cubierta o terraza de la edificación, abordando rejillas de ventilación, muros y membrana

impermeabilizante, además es necesario realizar un mantenimiento preventivo a las correas estructurales que se vieron afectadas por las filtraciones.

### Ensayos destructivos y no destructivos

A continuación, se ilustran las zonas donde se llevaron a cabo cada uno de los ensayos:

#### ***Ferrosca:***

**Figura 2.**

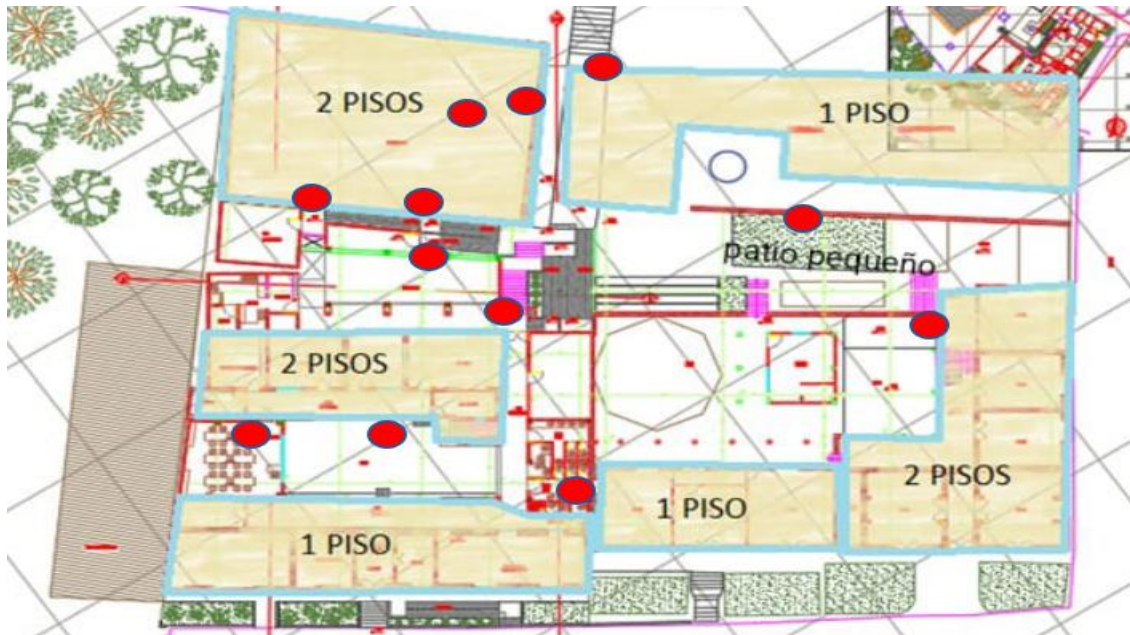
*Zona donde se realiza ensayo de ferrosca*



**Esclerometría:**

**Figura 3.**

*Zona donde se realiza ensayo de esclerometria*



**Carbonatación:**

**Figura 4.**

*Zonas donde se realiza ensayo de carbonatación.*



**Apiques:**

**Figura 5.**

Zona donde se realizaron apiques



**Regatas:**

**Figura 6.**

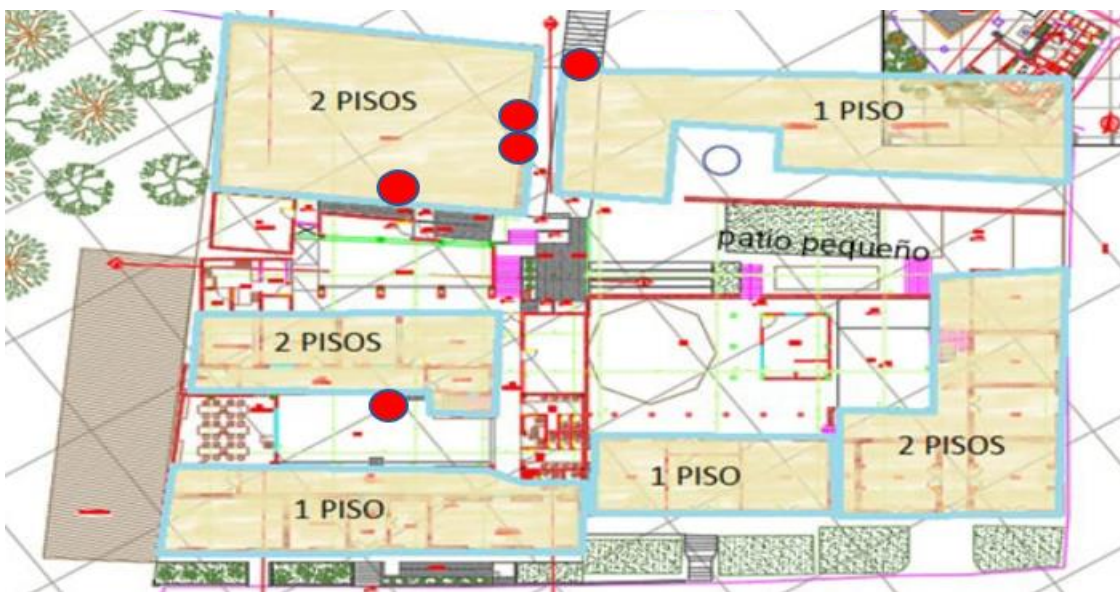
Zonas donde se realizan regatas.



**Extracción de núcleos:**

**Figura 7.**

Zonas donde se realizan extracción de núcleos



**1.1. Ensayos no invasivos (Ferroscan, Esclerometría y carbonatación):**

**Ferroscan**

Se realizó una investigación del refuerzo existente en los diferentes elementos de concreto reforzado de la estructura en cada uno de los elementos presentes en los edificios cuyo material fuera concreto reforzado, por medio de escáner de concreto PS-50, marca Hilti, el ensayo arrojó como resultado que elementos tipo columna que son elaborados con material de ladrillo, sin refuerzo, además se encontró en promedio un recubrimiento en los elementos estructurales de 5 cm, con varillas desde N°3, hasta N° 6.

**Figura 8.**

*Identificación de refuerzo en Columna de concreto*



**Figura 9.**

*Identificación de refuerzo en placa terraza.*



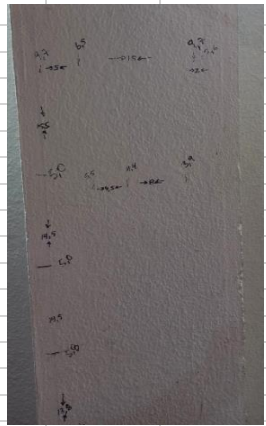
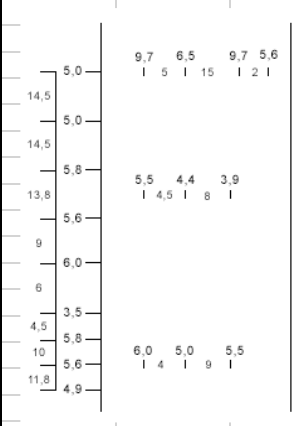

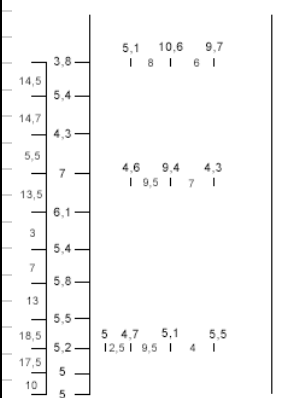

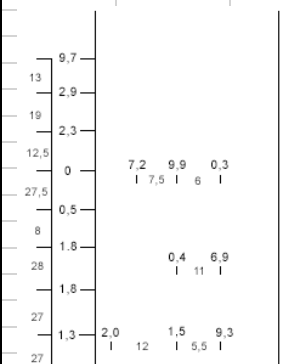
**Figura 10.**

*Identificación de refuerzo en columnas de concreto reforzado.*



**Tabla 3.**

Formato resultados de ensayo ferroscañ.

Ensayo	Edificio	Sub ubicación	Imagen
Ferroscañ	D	Sala de profesores	
		 <p>9,7 6,5 9,7 5,6   5   15   2  </p> <p>5,0 14,5 5,0 14,5 5,8 13,8 5,6 9 6,0 6 3,5 4,5 5,8 10 5,6 11,8 4,9</p>	
Ensayo	Edificio	Sub ubicación	Imagen
Ferroscañ	D	Viga escalera	
		 <p>5,1 10,6 9,7   8   6  </p> <p>3,8 14,5 5,4 14,7 4,3 5,5 7 13,5 6,1 3 5,4 7 5,8 13 5,5 18,5 5,2 17,5 5 10 5</p> <p>4,6 9,4 4,3   9,5   7  </p> <p>5 4,7 5,1 5,5   12,5   9,5   4  </p>	
Ensayo	Edificio	Sub ubicación	Imagen
Ferroscañ	B	Viga	
		 <p>9,7 13 2,9 19 2,3 12,5 0 27,5 0,5 8 1,6 28 1,8 27 1,3 27 0,4</p> <p>7,2 9,9 0,3   7,5   6  </p> <p>0,4 6,9   11  </p> <p>2,0 1,5 9,3   12   5,5  </p>	





Vigas: Refuerzo longitudinal N°4, localizados en cada esquina de la viga, con estribos N°3 cada 30 cm en promedio, tanto en la zona cercana del apoyo como en la mitad de la viga, recubrimiento de estribos de 2 cm en promedio y en refuerzo longitudinal de 5 cm en promedio.

Columnas: Refuerzo longitudinal N°4, localizados en cada esquina de la viga y en la mitad, con estribos N°3 cada 15 cm en los tercios cercanos al apoyo y 30 cm en la mitad de la columna, recubrimiento de estribos de 6 cm en promedio y en refuerzo longitudinal de 6 cm en promedio.

#### Edificio D:

Vigas: Refuerzo longitudinal N°4, localizados en cada esquina de la viga, con estribos N°3 cada 12 cm en promedio, tanto en la zona cercana del apoyo como en la mitad de la viga, recubrimiento de estribos de 6 cm en promedio para el refuerzo longitudinal y en refuerzo transversal de 5 cm en promedio.

Columnas: Refuerzo longitudinal N°4, localizados en cada esquina de la viga, en total por columna tiene 12 varillas, con estribos N°3 cada 5 cm en los tercios cercanos al apoyo y 15 cm en la mitad de la columna, recubrimiento de estribos de 7 cm en promedio para el refuerzo longitudinal y en refuerzo transversal de 6 cm en promedio.

**Esclerómetro.**

Se utilizó un esclerómetro “Martillo Schmidt”, marca PCE-HT-75, con las siguientes especificaciones técnicas:

**Tabla 4.**

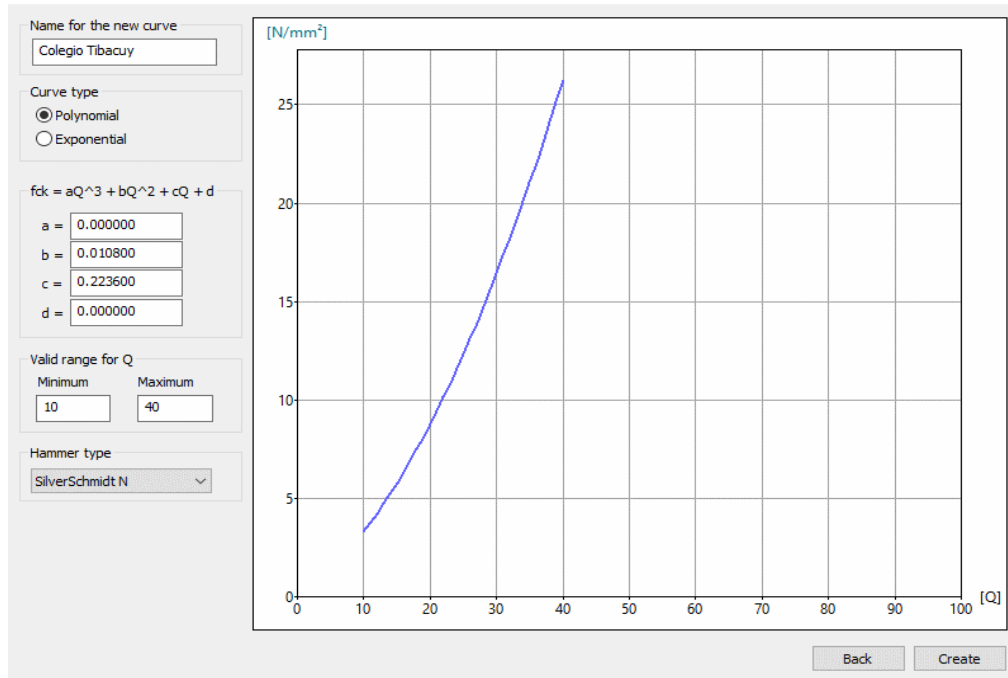
*Especificaciones técnicas esclerómetro utilizado*

<b>Especificaciones técnicas del esclerómetro</b>		
Modelo	PCE-HT 225A	PCE-HT 75
Energía cinética nominal	2,207 J (2,207 Nm)	0,735 J (0,735 Nm)
Adherencia en la punta de medición	0,65 ... 0,15 N	0,4 ... 0,6 N
Radio de la punta esférica	25 mm ±1 mm	25 mm ±1 mm
Valor promedio del rebote	80 ±2	74 ±2
Elongación del muelle	75 mm ±0,3 mm	75 mm ±0,3 mm
Dimensiones	Ø 54 x 280 mm	Ø 54 x 268 mm
Peso	1 kg	1 kg

Se realizaron 10 ensayos por punto ubicados en diferentes zonas de la estructura (placas, columnas y vigas), los valores que se muestran a continuación son valores de energía de impacto los cuales fueron obtenidos en campo, para luego ser procesados por medio de la siguiente grafica característica del modelo y marca del esclerómetro:

Figura 11.

*Gráfica para interpolar la resistencia a la compresión.*



Luego de procesar los datos e interpolar por medio de la gráfica mostrada en la ilustración 9, se calculó la resistencia a la compresión promedio de las estructuras a analizar (placa, columna y vigas), el promedio y los resultados en cada estructura se muestra a continuación:

**Figura 12.**

*Toma de esclerometría en placa, edificio E.*



**Figura 13.**

*Toma de esclerometría en placa, edificio D.*



**Tabla 5.**

Resultados ensayo esclerómetro.

Ensayo	Edificio	Sub ubicación	Promedio			Descripción	Imagen
	C	Columna	16	17	18	16,56	
			16	16	17	f'c	
			16	17	16	8 MPa	
						IDR	
	D	Escaleras 2 piso	32	31	32	34	
			34	32	32	f'c	
			37	38	38	23 MPa	
						IDR	
	D	2 piso	36	34	32	36,11	
			37	37	36	f'c	
			37	38	38	25 MPa	
						IDR	
	D	Sala de profesores	32	38	35	34,56	
			34	37	33	f'c	
			34	34	34	23 MPa	

Ensayo	Edificio	Sub ubicación	Promedio			Descripción	Imagen
					IDR		
	E	Salón interno	29	28	27	28,33	
			28	30	30		
			30	30	28	f'c	
			28	24	28	17 MPa	
					IDR		
	E	Losa de cimentación	10	12	12	14,42	
			13	15	13		
			13	20	18	f'c	
			14	16	17	7 MPa	
					IDR		
	NUEVO	Laboratorio	32	32	32	30,11	
		Nuevo	28	31	30	f'c	
			28	26	32	23 MPa	
					IDR		
	NUEVO	Baños nuevos	28	28	27	27,22	
			24	24	28	f'c	
			30	26	30	23 MPa	

Nota:

En la tabla 2 y 3, contienen los resultados de los ensayos de esclerometría para los edificios E, C y D y en los baños del edificio nuevo y en los laboratorios nuevos, donde se puede evidenciar que los edificios C y E tiene una resistencia a la compresión inferior a lo mínimo estipulado por la NSR-10 de 21 MPa para elementos de resistencia sísmica y en el edificio, por otro lado, los edificios D y los nuevos laboratorios tiene una calidad del material acorde a mejor arrojando resultados de 23 MPa, acorde a las luces del proyecto, altura y dimensiones de la estructura en los edificios analizados.

*Ensayo de carbonatación:*

La carbonatación del concreto es una pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono reacciona con el agua en los poros del material y convierte el hidróxido de calcio de alto pH en carbonato de calcio, que tiene un pH neutro (Figura 1). ¿Por qué la pérdida de pH es un problema? Porque el material, con un ambiente altamente alcalino (rango de pH 12 a 13), protege el soporte agregado de la corrosión. Esta protección se logra creando una capa de óxido en la superficie del metal que permanece estable en un ambiente alcalino fuerte. Esta es una capa de pasivación que es atacada por los cloruros cuando llegan al acero que queda expuesto a la sal que descascara el agua circundante. Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto. Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto pueda requerir años antes de que ocurra el daño por corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar.



Es muy importante reconocer la presencia de carbonatación cuando también hay cloruros en el hormigón. En agua dulce con un pH de 12 a 13, se requieren aproximadamente de 7000 a 8000 partes por millón (ppm) de cloruros para iniciar la corrosión del acero endurecido. Sin embargo, si el pH cae de 10 a 11, el umbral de cloruro para la corrosión es bajo: 100 ppm o menos. Por esta razón, el análisis del estado de muchas estructuras dañadas siempre debe incluir un análisis profundo de carbonatación.

Afortunadamente para los propietarios, especificadores y contratistas, la carbonatación es una condición fácil de detectar y diagnosticar. La forma más fácil de detectar la carbonatación en una estructura es romper una pieza (preferiblemente en el borde) donde se sospecha que está el vidrio. Después de eliminar todo el polvo restante de la muestra o semilla, se rocía una solución de alcohol de fenolftaleína al 1 o 2% sobre la superficie del concreto. Las áreas carbonatadas del material no cambiarán de color, mientras que las áreas con un pH por encima de 9 a 9,5 se volverán de color rosa brillante. Existen otros métodos e indicadores para detectar la carbonatación, pero este es el método de detección más simple y común.

Las agencias de prueba calificadas realizan estas pruebas rutinariamente como parte de una investigación de la condición en edificios y estructuras de concreto. Además de las pruebas de carbonatación, estas investigaciones de la condición incluyen con frecuencia pruebas de resistencia del concreto, valoraciones de la profundidad del recubrimiento, contenido de cloruro y permeabilidad del concreto (Concrete Repair Digest, 2000).

En las construcciones de concreto reforzado se ejecutó el ensayo de fenolftaleína, encontrando como resultado que el frente de carbonatación en el concreto reforzado de las estructuras analizadas, presenta problemas en las edificaciones C y B, ya que el PH del concreto esta alterado por la calidad del mismo y existe riesgo de corrosión en el acero de refuerzo, sin embargo, en la edificación D, el frente de carbonatación NO llega al núcleo confinado del concreto, este ensayo se ejecutó en los edificios C, D y B, en la edificación C el concreto está totalmente carbonatado, en el edificio D, el frente de carbonatación es de 3 cm y en el edificio B el concreto está totalmente carbonatado, otro aspecto importante es que en las edificaciones C y B, no se cumplen con los recubrimientos mínimos exigidos por la NSR-10, y algunos estribos presentan corrosión por la exposición al medio ambiente en vigas.

**Figura 14.**  
*Frente de carbonatación, edificio D.*



**Figura 15.**  
*Ensayo de carbonatación edificio C.*



**Figura 16.**  
*Acero expuesto en edificio B.*



## 1.2. ***Ensayos invasivos (Apique, Regatas y Extracción de núcleos):***

### ***Apiques:***

Con la finalidad de identificar la cimentación de los muros y las columnas en las edificaciones se realizaron apique en cada uno de los edificios estudiados, tomando las medidas de profundidad de cimentación y medidas de vigas o zapatas encontradas, a continuación, se muestran algunas ilustraciones de los trabajos realizados y un resumen de los hallazgos encontrados:

### **Figura 17.**

*Apique edificio A, exterior cimentación.*



**Figura 18.**

*Apique edificio B, exterior cimentación.*



**Figura 19.**

*Apique patio pequeño edificio C, cimentación.*



**Figura 20.**

*Apique edificio D, verificación de zapatas.*



**Figura 21.**

*Apique edificio D, cimentación muros.*



**Figura 22.**

*Apique edificio C. exterior cimentación.*

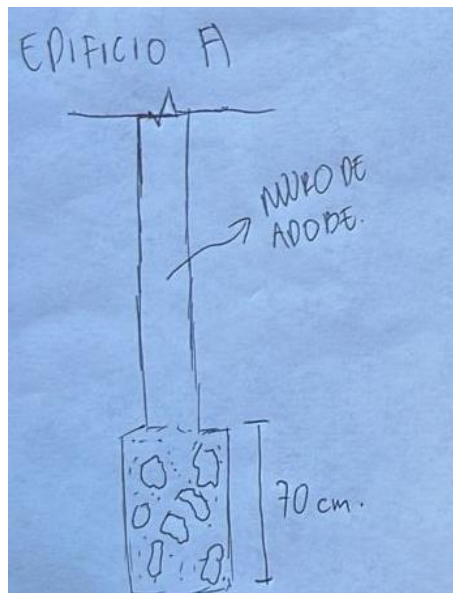


El resumen de los hallazgos encontrados en las diferentes cimentaciones se relaciona a continuación:

Edificio A:

Muros en adobe, apoyados sobre 70 cm de concreto ciclópeo.

**Figura 23.**  
*Esquema de cimentación encontrada.*

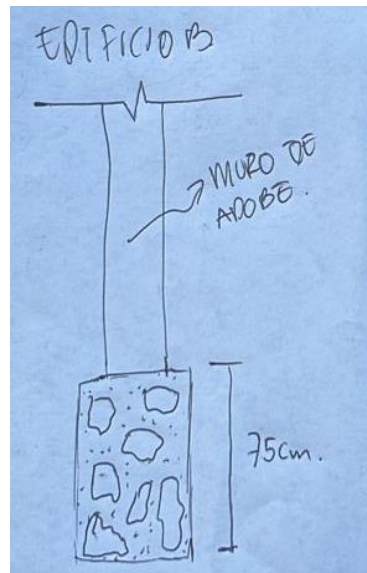


Edificio B: •

Muros en adobe, apoyados sobre 75 cm de concreto ciclópeo.



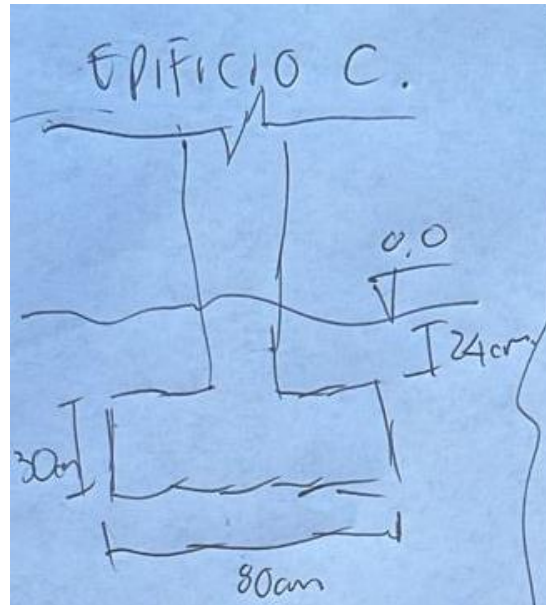
**Figura 24.**  
*Esquema de cimentación encontrada.*



Edificio C:

Zapatatas de 80 cm cuadradas a 24 cm del nivel cero de la edificación y con una altura de las zapatas de 30 cm.

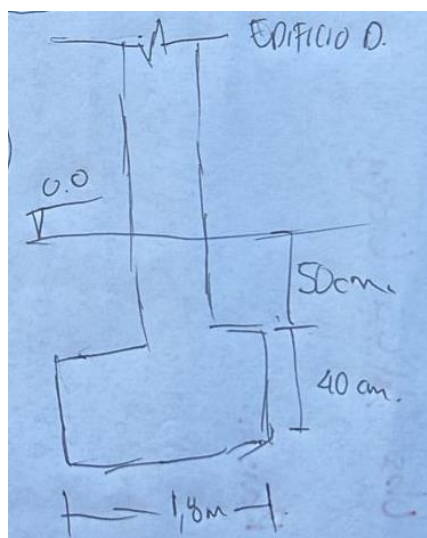
**Figura 25.**  
Esquema de cimentación encontrada.



Edificio D:

Zapatas de 1.8 m cuadradas a 50 cm del nivel cero de la edificación y con una altura de las zapatas de 40 cm.

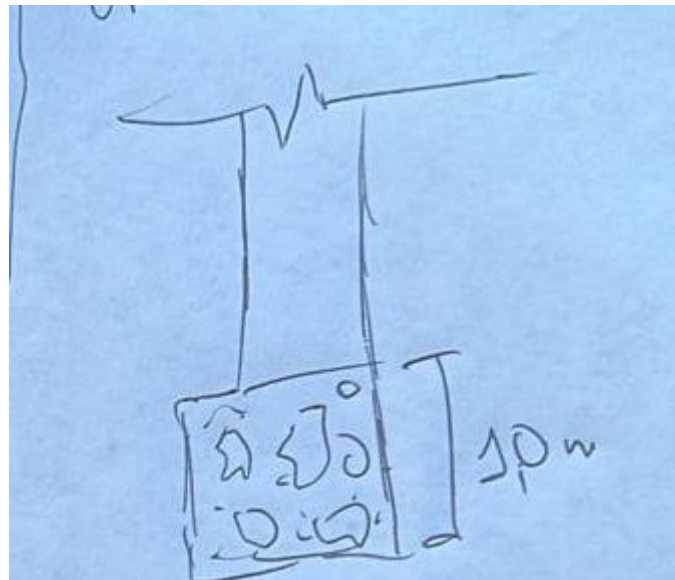
**Figura 26.**  
Esquema de cimentación encontrada.



Edificio E:

Muros en adobe, apoyados sobre 100 cm de concreto ciclópeo.

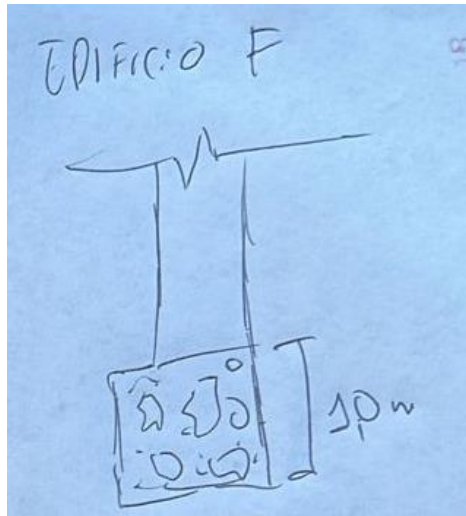
**Figura 27.**  
*Esquema de cimentación encontrada.*



Edificio F:

Muros en adobe, apoyados sobre 100 cm de concreto ciclópeo.

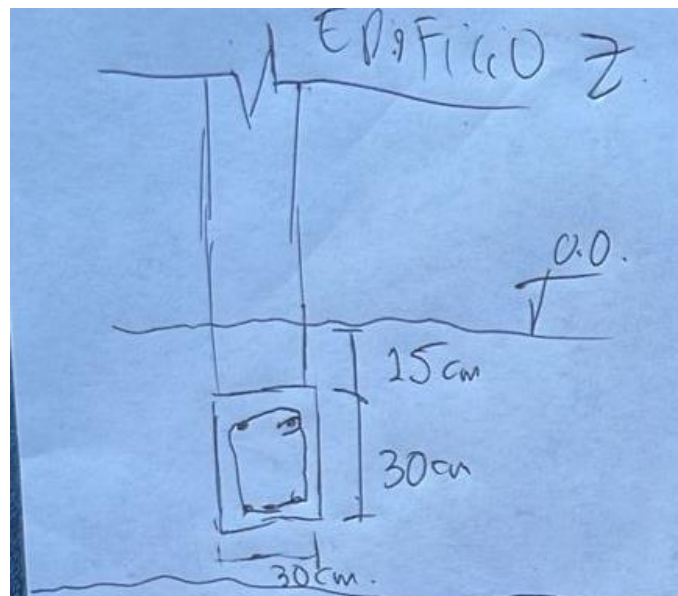
**Figura 28.**  
Esquema de cimentación encontrada.



Edificio Z:

Muros en mampostería, apoyados en una viga de cimentación de 30 x 30 cm, a una profundidad de 15 cm del nivel cero del edificio.

**Figura 29.**  
Esquema de cimentación encontrada.



***Extracción de núcleos:***

Con la finalidad de verificar la resistencia a la compresión del concreto utilizado en las edificaciones de concreto reforzado, se extrajeron núcleos de vigas y columnas de los edificios B, C y D, a continuación, se muestran las fotografías de las extracciones y núcleos realizados:

**Figura 30.**

*Extracción de núcleo en viga del edificio C.*



**Figura 31.**  
*Extracción de núcleo en columna del edificio C.*



**Figura 32.**  
*Extracción de núcleo en viga del edificio D.*



**Figura 33.**  
*Extracción de núcleo en columna del edificio D.*



Luego de la extracción de núcleos, se llevaron al laboratorio para el posterior ensayo de estos en la maquina universal de ensayos, arrojando como resultado lo siguiente:

Edificio C:

Viga: Ensayo de compresión con resultado de 17 MPa.

Columna: Ensayo de compresión con resultado de 21 MPa.

Edificio D:

Viga: Ensayo de compresión con resultado de 22 MPa.

Columna: Ensayo de compresión con resultado de 24 MPa.

### **Diagnóstico de las patologías asociadas a las lesiones**

Se determinó la resistencia a compresión promedio en los elementos de resistencia sísmica que conforman la estructura las edificaciones en concreto, ubicadas en el colegio Juan Bosco, con dando como resultado que la única edificación que cumple con la resistencia mínima para elementos de resistencia sísmica es el edificio D, el edificio B y C NO cumplen con una resistencia igual o superior a 21 MPa.

Con el ensayo de Ferroskan, se determinó un refuerzo transversal y longitudinal en cada una las columnas y vigas de las viviendas y se encontró que tanto las columnas como las vigas tienen un refuerzo trasversal



con estribos N°3, y un refuerzo longitudinal con acero corrugado diámetro nominal N°4, resumido de la siguiente manera:

Edificio B:

Vigas: Refuerzo longitudinal N°4, localizados en cada esquina de la viga y en la mitad, con estribos N°3 cada 13 cm en los tercios cercanos al apoyo y a 27 cm en la mitad de la viga, recubrimiento de estribos de 2 cm en promedio y en refuerzo longitudinal de 6 cm en promedio.

Columnas: Columnas en mampostería.

Edificio C:

Vigas: Refuerzo longitudinal N°4, localizados en cada esquina de la viga, con estribos N°3 cada 30 cm en promedio, tanto en la zona cercana del apoyo como en la mitad de la viga, recubrimiento de estribos de 2 cm en promedio y en refuerzo longitudinal de 5 cm en promedio.

Columnas: Refuerzo longitudinal N°4, localizados en cada esquina de la viga y en la mitad, con estribos N°3 cada 15 cm en los tercios cercanos al apoyo y 30 cm en la mitad de la columna, recubrimiento de estribos de 6 cm en promedio y en refuerzo longitudinal de 6 cm en promedio.

Edificio D:

Vigas: Refuerzo longitudinal N°4, localizados en cada esquina de la viga, con estribos N°3 cada 12 cm en promedio, tanto en la zona cercana del apoyo como en la mitad de la viga, recubrimiento de estribos de 6 cm en promedio para el refuerzo longitudinal y en refuerzo transversal de 5 cm en promedio.

Columnas: Refuerzo longitudinal N°4, localizados en cada esquina de la viga, en total por columna tiene 12 varillas, con estribos N°3 cada 5 cm en los tercios cercanos al apoyo y 15 cm en la mitad de la columna, recubrimiento de estribos de 7 cm en promedio para el refuerzo longitudinal y en refuerzo transversal de 6 cm en promedio.

El recubrimiento del acero de refuerzo utilizado como protección para evitar la corrosión en el acero de refuerzo para vigas y columnas que no estén en contacto permanente con el subsuelo debe ser de mínimo 4 cm, sin embargo, por los hallazgos realizados, se estableció que el recubrimiento se encontraba de entre 2 a 3 cm en la edificación B y C, y la unca que cumple con el requisito mínimo exigido por la NSR-10, fue la edificación D.

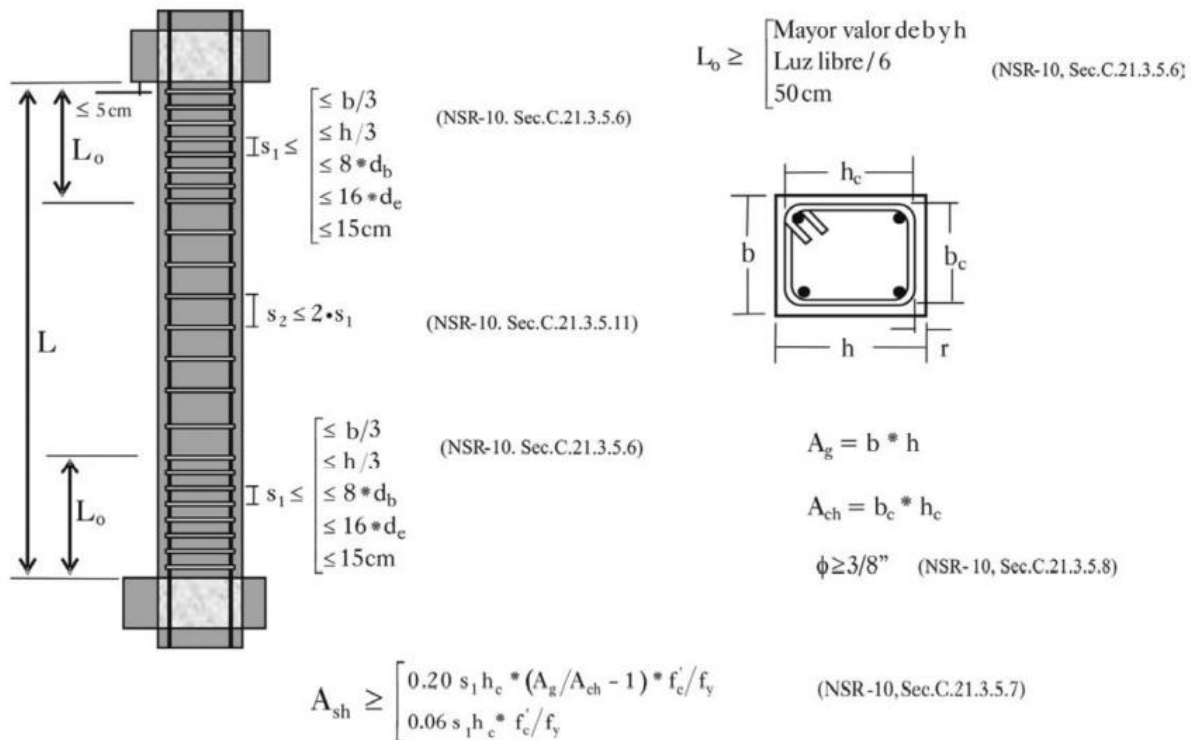
El ensayo de carbonatación en el concreto por medio de fenolftaleína dio como resultado que el frente de carbonatación en una sola edificación no llega al núcleo del concreto que es el edificio D en el edificio B y C, deja prever que la corrosión por poca permeabilidad del concreto fundido en obra, tiene un riesgo latente en dichas estructuras, lo cual es indicador de poca calidad en la mezcla de concreto, está asociado a mezclas con poca relación de Agua / material cementante y/o diseño inapropiado de la mezcla y recubrimientos inferiores a los especificados en la NSR-10.

La sección transversal de las columnas cumple con los requisitos mínimos exigidos en el título C de la NSR-10, así mismo las columnas cumplen con la cuantía exigida para el diseño estructural del refuerzo longitudinal, sin embargo en cuanto al refuerzo transversal, la separación en la zona confinada debe ser de inferior o igual de 15 cm, debido a que por el nivel de amenaza sísmica la edificación debe diseñarse un grado de disipación de energía moderado, los requisitos anteriormente nombrados se basan en el título C, sección C.21.3.5.6 de la NSR-10.

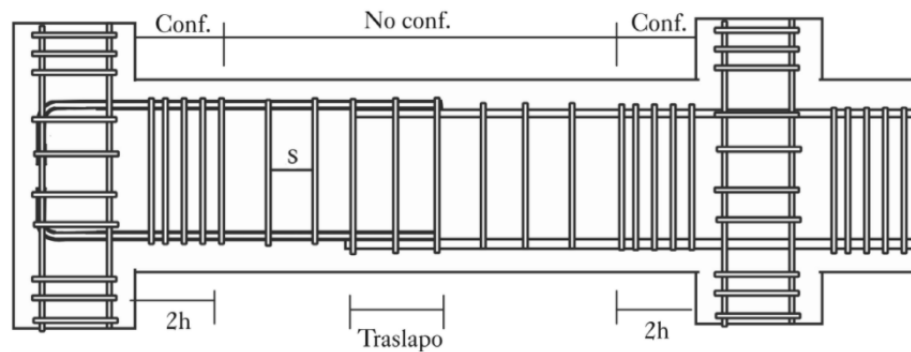
La sección transversal de las vigas cumple con los requisitos mínimos exigidos en el título C de la NSR-10, las vigas cumplen con la cuantía exigida para el diseño estructural del refuerzo longitudinal, sin embrago en cuanto al refuerzo transversal, la separación en la zona confinada debe ser de inferior o igual a  $d/4$ , como se observa en la ilustración 40, debido a que por el nivel de amenaza sísmica la edificación debe diseñarse un grado de disipación de energía moderado, siendo “d” la distancia medida desde la fibra superior de la viga hasta el centroide de los refuerzos inferiores, por lo tanto esta medida da como resultado 10 cm se separación, en los hallazgos de las edificaciones se observa que la separación de los flejes en vigas y columnas no cumple con lo establecido el título C, sección C.21.3.5.6 de la NSR-10.

**Figura34.**

*Requisitos de separación del refuerzo transversal en columnas DMO.*



**Figura 35.**  
*Requisitos de separación del refuerzo transversal en vigas DMO.*



Zona confinada (NSR-10, C.21.3.4.6)

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

$$s \leq d/4$$

$$s \leq 8d_b$$

$$s \leq 24d_c$$

Zona no confinada (NSR-10, C.21.3.4.8)

$$s \leq d/2$$

Por medio de la inspección rápida se obtuvo una puntuación de 1.1, según (FEMA, 2015), lo que hace necesario un análisis detallado, por tanto, se debe realizar una vulnerabilidad estructural de los edificios analizados.

Edificio A, E y F:

Para las edificaciones o bloques estructurales A, E y F, los cuales se encuentran contruidos en Adobe, se encontró falta de sistema de resistencia sísmica capaz de disipar la energía proveniente de un sismo, por lo tanto, se hace necesario por medio de un análisis detallado determinar si la estructura se puede reforzar o en definitiva la demolición de los bloques es la única solución para salvaguardar la vida de las personas que ocupen los bloques estructurales nombrados en el inicio del párrafo.

### **Propuesta de rehabilitación**

1. Una vez realizado el análisis de vulnerabilidad sísmica se debe estimar si las edificaciones son aptas para el uso propuesto o deben ser reforzadas para garantizar el patrimonio de la nación y la vida de quienes ocupan las instalaciones del colegio.
2. Las edificaciones B y C, CUMPLEN con la resistencia mínima del concreto a la compresión a los 28 días, que debe ser 21 MPa, solamente este requisito no lo cumplen las vigas del edificio C.
3. Las edificaciones B y C, no cumplen con el requisito de recubrimiento mínimo exigido en la NSR-10, título C, capítulo C.7.7.
4. Se tiene alto riesgo de corrosión en las edificaciones B y C, debido al frente de carbonatación encontrado y los bajos recubrimientos del acero de refuerzo.
5. Debido a lo anterior se concluye que la estructura NO es apta para funcionar como colegio, debido a la vulnerabilidad que puede llegar a presentar, se debe verificar si se sobrepasan los límites de esfuerzos admisibles en todos los elementos de resistencia sísmica, tanto a flexión como a cortante, además de no cumplir con la resistencia a la compresión mínima exigida y tener alto frente de carbonatación en los elementos estructurales.

6. Debe utilizarse técnicas como protección catódica, o realcalinización como remedio para la patología presente, además de utilizar un recubrimiento anti-carbonatación para detener el ingreso del dióxido de carbono a los elementos de resistencia sísmica de las edificaciones.
7. Utilizar inhibidores de corrosión en el acero que presente síntomas y cuyo frente de carbonatación ha llegado al núcleo del concreto reforzado.

Debido a lo anterior y basados en los hallazgos de la patología presente se concluye que para los diferentes bloques estructurales se debe realizar lo siguiente:

Bloque A:

- Demoler y reemplazar la estructura existente.

Bloque B:

- Demoler y reemplazar la estructura existente.

Bloque C:

- Reforzar estructuralmente el bloque.

Bloque D:

- Reforzar estructuralmente el bloque.

Bloque E:

- Demoler y reemplazar la estructura existente.

Bloque F:

- Demoler y reemplazar la estructura existente.

Las conclusiones anteriormente expuestas deben ser avaladas por el índice de sobrefuerzos y la evaluación de la cimentación de la estructura realizada por el ingeniero estructural y con base en la evaluación cualitativa dada en el informe de patología.

**Lista de Referencia o Bibliografía**

Reglamento de Construcciones Sismorresistentes NSR 10 Tomo Dos: NSR- 10 TOMO DOS. (2019). RAM Ediciones.

<https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>

Feroscan: Toward continuous-aperture scanning. (1975, 1 enero). IEEE Journals & Magazine IEEE

[Xplore.https://ieeexplore.ieee.org/abstract](https://ieeexplore.ieee.org/abstract)

Vera +, M.C. (2022) PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN. Uniminuto. Available at: link:

<https://tinyurl.com/bib102105>. Mario, A. S. L. (2022).

Mecanismos de evaluación y diagnóstico de patologías que puede exponer un hormigón.

<https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11597?mode=full>

Agency, F. E., & Security, U. S. D. (2013). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic

Hazards: A Handbook. FEMA.

[https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema\\_earthquakes\\_rapid-visual-screening-of-buildings-for-potential-seismic-hazards-a-handbook-third-edition-fema-p-154.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_earthquakes_rapid-visual-screening-of-buildings-for-potential-seismic-hazards-a-handbook-third-edition-fema-p-154.pdf)