



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES: 1704



1

## **DECANATURA DE DIVISIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA**

**ESTUDIO PATOLÓGICO DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL  
DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE RIO SECO CUNDINAMARCA**

### **Programa ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**FECHA:12/2021**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES: 1704



2

## **DECANATURA DE DIVISIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA**

**ESTUDIO PATOLÓGICO DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL  
DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE RIOSECO CUNDINAMARCA**

**ING. ALUEN DAVID RONCANCIO BECERRA**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE AQUINO**

**ESPECIALIZACIONES VUAD**

**ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN  
TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO I-20211**

**Bogotá D.C. diciembre 2021**



**TABLA DE CONTENIDO**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
3.1. General .....	17
3.2. Específicos .....	17
<b>4. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	<b>19</b>
4.1. Marco Teórico .....	19
<b>4.1.1.</b> Patología Estructural .....	19
<b>4.1.2.</b> Propiedades y Características de los Materiales de Construcción .....	21
<b>4.1.3.</b> Tipología y sus Causas.....	21
4.1.3.1. Lesiones Físicas. ....	21
4.1.3.2. Lesiones Mecánicas .....	22
4.1.3.3. Lesiones Químicas .....	22
<b>4.1.4.</b> Patologías.....	22
4.1.4.1. Humedad. ....	22
4.1.4.2. Erosión Atmosférica.....	23
4.1.4.3. Suciedad.....	24
4.1.4.4. Deformaciones.....	24
4.1.4.5. Grietas.....	25
4.1.4.6. Desprendimiento.....	26
4.1.4.7. Erosiones Mecánicas.....	26
4.1.4.8. Erosiones químicas.....	26
4.1.4.9. Eflorescencias.....	26
4.1.4.10. Oxidación.....	27
4.1.4.11. Corrosión.....	27
4.1.4.12. Organismos.....	27
<b>4.1.5.</b> Causas de la Lesión.....	28
4.2. Marco Legal .....	29
4.3. Marco Histórico .....	30
<b>5. ALCANCES Y LIMITACIONES</b> .....	<b>31</b>
<b>6. METODOLOGÍA</b> .....	<b>33</b>
6.1. Descripción De La Selección Del Paciente.....	33
<b>6.1.1.</b> De La Cimentación: .....	33
<b>6.1.2.</b> De la Estructura:.....	34



6.1.3.	Los Entrepisos:.....	35
6.1.4.	De la Cubierta .....	35
6.2.	Antecedentes .....	36
6.3.	Preparación y Planteamiento del Estudio.....	37
6.3.1.	Inspección preliminar del paciente.....	38
6.3.2.	Recopilación De Información Necesaria Para El Estudio.....	38
6.3.3.	Permisos y Autorizaciones Para Abordar El Estudio Del Paciente .....	39
6.3.4.	Definición Del Equipo De Trabajo Que Realizará La Exploración.....	40
6.3.5.	Definición De Los Medios Para Realizar La Exploración.....	41
6.4.	Historia Clínica .....	42
6.4.1.	Responsables del Estudio.....	42
6.4.2.	Fecha de Realización del Estudio .....	43
6.4.3.	Datos Generales del Paciente: .....	43
6.4.1.	En la Edificación y/o Construcción civil .....	44
6.4.1.1.	Información Existente .....	46
6.4.1.2.	Fidelidad de los planos.....	46
6.4.1.3.	Constatación del Estado del Paciente.....	50
6.4.2.	Aplicación Patológica .....	51
6.4.2.1.	Geriátrica.....	51
6.4.3.	Datos específicos de las lesiones.....	52
6.4.4.	Descripción de la patología más relevante en el paciente .....	61
6.4.5.	Clasificación y Origen de las Patología .....	62
6.4.6.	Datos Generales del Entorno.....	63
6.4.6.1.	Localización .....	63
6.5.	Limites.....	64
6.5.1.	Edificaciones u Obras Vecinas Medio Ambiente .....	64
6.5.1.1.	Temperatura .....	65
6.5.1.2.	▪ Precipitaciones .....	66
6.5.1.3.	Evaporación.....	67
6.5.1.4.	Humedad relativa .....	67
6.5.1.5.	▪ Nivel freático y escorrentías .....	67
6.5.2.	Arquitectura Calificación .....	68
6.5.2.1.	Calificación.....	69
6.5.2.2.	Estilo Arquitectónico.....	69
6.5.2.3.	Contexto Histórico.....	70
6.5.2.4.	Materiales, Sistema Constructivo, Proceso Constructivo .....	71
6.5.3.	Estructura Calificación.....	72
6.5.3.1.	Calificación.....	72
6.5.3.2.	Por Diseño y Construcción (A. 10.2.2.1-NSR10).....	72



6.5.3.3.	Por Estado de la Estructura (A. 10.2.2.1-NSR10).....	73
6.5.3.4.	Evaluación de la Estructura en general .....	74
<b>6.5.1.</b>	<b>Análisis de Vulnerabilidad.....</b>	<b>74</b>
6.5.1.1.	Identificación de Sistema Estructural.....	74
6.5.1.2.	Caracterización Geoambiental .....	76
6.5.1.3.	Metodología y Desarrollo .....	78
6.5.1.4.	Fuentes de Información.....	80
6.5.1.5.	Evaluación de Procesos Morfodinámicos .....	81
6.5.1.6.	Geomorfología .....	85
6.5.1.6.1.	Geomorfoestructura .....	89
6.5.1.6.2.	Provincias Geomorfológicas.....	89
6.5.1.6.3.	Regiones Morfogenéticas .....	90
6.5.1.6.4.	Subunidades Geomorfológicas .....	91
6.5.1.7.	Matriz de Vulnerabilidad .....	94
6.5.1.8.	Conclusiones del Análisis de Vulnerabilidad .....	96
<b>6.5.2.</b>	<b>Suelos y Cimentaciones: .....</b>	<b>97</b>
6.5.2.1.	Geología General del Paciente .....	97
6.5.2.2.	Unidades Geológicas Básicas (UGB) .....	99
6.5.2.3.	Unidades Geológicas Superficiales (UGS) .....	100
6.5.2.3.1.	Formación La Cira (Tic).....	102
6.5.2.4.	Geología Estructural.....	103
6.5.2.4.1.	Bloque del Valle Medio del Magdalena - Guaduas.....	104
6.5.2.5.	Tectónica .....	105
6.5.2.5.1.	Falla de la Sierra.....	105
6.5.2.5.2.	Falla de Bituima .....	105
6.5.2.5.3.	Falla de Cambrás.....	105
<b>6.5.3.</b>	<b>Hidrogeología.....</b>	<b>106</b>
6.5.3.1.	Estudio de Suelos Realizado en el Paciente.....	107
6.5.3.2.	Tipo De Cimentación Realizada .....	108
<b>6.6.</b>	<b>Diagnóstico .....</b>	<b>112</b>
<b>6.6.1.</b>	<b>Lesiones mecánicas, físicas y químicas (origen, causa, evolución y estado actual de las lesiones).....</b>	<b>112</b>
<b>6.6.2.</b>	<b>Ensayos Destructivos y no Destructivos .....</b>	<b>115</b>
6.6.2.1.	Extracción de Núcleos de Concreto .....	116
6.6.2.2.	Caracterización Por Inspección De Núcleo Y Defectología .....	121
6.6.2.3.	Determinación del Refuerzo Actual de los Elementos Estructurales... 122	
6.6.2.3.1.	Localización de Refuerzo con Ferrosacan.....	122
6.6.2.4.	Exploración del Acero.....	123
6.6.2.5.	Determinación de la Resistencia a Compresión del Concreto .....	124



6.6.2.5.1.	Resultados de Resistencia.....	125
6.6.2.5.2.	Chequeos de Resultados de Resistencia .....	125
6.6.2.6.	Determinación de la Homogeneidad del Concreto .....	127
<b>7.</b>	<b>ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA.....</b>	<b>130</b>
7.1.	Mapa de Ubicación del Paciente en la Microzonificación Sísmica de la Ciudad	130
7.2.	Determinación de la Zona Sísmica, El Valor De Aa Y Ad.....	131
7.2.1.	Amenaza y Localización Sísmica .....	131
7.3.	Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Paciente.....	133
7.3.1.	Coefficiente de capacidad de disipación de energía básico (R'0).....	135
7.3.2.	Configuración en planta y en altura (A.3.3).....	135
7.3.3.	Redundancia en el Sistema Estructural de Resistencia Sísmica (A.3.3.8)...	136
7.3.4.	Fuerza Sísmicas (A.10.4.2.5) .....	136
7.3.5.	Cargas diferentes a las sollicitaciones Sísmicas (A.10.4.2.6) .....	137
7.3.6.	Cargas Muertas (D – Muerta) .....	137
7.3.7.	Cargas Vivas (L – Viva) .....	138
7.3.8.	Separación Estructuras Adyacentes por consideraciones Sísmicas .....	140
<b>8.</b>	<b>PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN .....</b>	<b>141</b>
8.1.	Memoria de Cálculo Diseño en Concreto .....	141
8.1.1.	Evaluación e Intervención de Edificaciones construidas Antes de la NSR-10 (Capítulo A.10) .....	141
8.1.1.1.	Alcance (A.10.1.3 - Etapa 1).....	142
8.1.1.2.	Clasificación del Sistema Estructural (A.10.4.2.3) .....	142
8.1.1.3.	Fuerza Sísmicas (A.10.4.2.5) .....	143
8.1.2.	Cargas diferentes a las sollicitaciones Sísmicas (A.10.4.2.6) .....	145
8.1.2.1.	Cargas Muertas (D – Muerta) .....	145
8.1.2.2.	Cargas Vivas (L – Viva) .....	147
8.1.3.	Análisis Estructural (A.10.4.2.7).....	149
8.1.3.1.	Fase Tamizado (Fase 1) – FEMA 310 .....	149
8.1.4.	Método De Análisis Por Software.....	150
8.1.5.	Espectro De Respuesta Sísmica .....	150
8.1.5.1.	Espectro de Derivas.....	151
8.1.5.2.	Espectro de Diseño.....	151
8.1.5.3.	Espectro de Umbral de Daño .....	152
8.1.6.	Ajuste Al Cortante Dinámico.....	153
8.1.6.1.	Ajuste a Cortante Dinámico Espectro de Derivas.....	154
8.1.6.2.	Ajuste a Cortante Dinámico Espectro de Diseño .....	154
8.1.6.3.	Ajuste a Cortante Dinámico Espectro de Umbral de Daño.....	155



8.1.7.	Cargas Sísmicas .....	155
8.1.7.1.	Cargas sísmicas de Derivas .....	155
8.1.7.2.	Cargas sísmicas de Diseño .....	156
8.1.7.3.	Cargas Sísmicas De Umbral De Daño .....	157
8.1.8.	Coficiente De Disipación De Energía .....	158
8.1.9.	Modelo Estructural En Concreto.....	159
8.1.10.	Cargas De Servicio En El Modelo Estructural.....	161
8.1.11.	Desplazamientos Máximos .....	165
8.1.11.1.	Verificación De Desplazamientos Espectro De Derivas.....	167
8.1.11.1.1.	Sismo En Dirección X- Y Derivas .....	167
8.1.11.2.	Verificación De Desplazamientos Espectro De Diseño.....	169
8.1.11.2.1.	Sismo En Dirección X- Y Diseño .....	169
8.1.11.3.	Verificación De Desplazamientos De Umbral De Daño.....	170
8.1.11.3.1.	Sismo En Dirección X – Umbral De Daño .....	170
8.1.12.	Columna Fuerte – Viga Débil .....	172
8.2.	Proceso Constructivo Reforzamiento En Concreto.....	173
8.2.1.	Construcción de Columnas .....	173
8.2.1.	Construcción de Viga.....	176
8.3.	Memoria de Cálculo Reforzamiento en Estructura Metálica .....	181
8.3.1.	Modelo Estructural Estructura Metálica .....	181
8.3.2.	Cargas De Servicio En El Modelo Estructural.....	182
8.3.3.	Desplazamientos Máximos .....	187
8.3.3.1.	Verificación De Desplazamientos Espectro De Derivas.....	189
8.3.3.1.1.	Sismo En Dirección X- Y Derivas .....	189
8.3.3.2.	Verificación De Desplazamientos Espectro De Diseño.....	191
8.3.3.2.1.	Sismo En Dirección X- Y Diseño.....	191
8.3.3.3.	Verificación De Desplazamientos De Umbral De Daño.....	192
8.3.3.3.1.	Sismo En Dirección X – Umbral De Daño.....	192
8.4.	Proceso Constructivo Reforzamiento En Metálica .....	194
8.4.1.	Instalación de Columnas Metálicas.....	194
8.4.2.	Instalación de Vigas Metálicas.....	196
9.	<b>PRESUPUESTO</b> .....	<b>201</b>
10.	<b>PROGRAMACIÓN</b> .....	<b>204</b>
11.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>206</b>
12.	<b>BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFIA</b> .....	<b>209</b>
13.	<b>ANEXOS</b> .....	<b>211</b>
13.1.	Anexo 1. Ensayos Realizados .....	212



13.2.	Anexo 2. Análisis Estructural .....	213
13.3.	Anexo 3. Estudio de Suelos .....	214
13.4.	Anexo 4. Fichas de Historia Clínica .....	215
13.5.	Anexo 5. Presupuesto y Programación .....	216
13.6.	Anexo 6. Fichas de Productos Recomendados .....	217
13.7.	Anexo 8. Registro Fotográfico .....	218



LISTA DE FIGURAS

<b>Figura No. 1.</b>	<b>Planta y Ubicación de Sectores</b> .....	36
<b>Figura No. 2</b>	<b>Carta de Aprobación para Realizar los Trabajos.</b> .....	40
<b>Figura No. 3</b>	<b>Vista Fachas Principal.</b> .....	45
<b>Figura No. 4</b>	<b>Vista Fachada Sur.</b> .....	45
<b>Figura No. 5</b>	<b>Vista Planta Sector Nor-Occidente.</b> .....	46
<b>Figura No. 6</b>	<b>Levantamiento Arquitectónico.</b> .....	47
<b>Figura No. 7</b>	<b>Levantamiento Estructural Nivel 2.</b> .....	48
<b>Figura No. 8</b>	<b>Levantamiento Fachada Sur</b> .....	48
<b>Figura No. 9</b>	<b>Levantamiento Fachada Norte</b> .....	49
<b>Figura No. 10</b>	<b>Levantamiento Distribución de Cimentación</b> .....	49
<b>Figura No. 11</b>	<b>Estado Actual de la Edificación</b> .....	62
<b>Figura No. 12</b>	<b>Localización General del Proyecto.</b> .....	63
<b>Figura No. 13</b>	<b>Precipitación promedio mensual – multianual.</b> .....	67
<b>Figura No. 14</b>	<b>Comparación entre la evapotranspiración y precipitación.</b> .....	68
<b>Figura No. 15</b>	<b>Mapa de remoción en masa, SIMMA</b> .....	82
<b>Figura No. 16</b>	<b>Mapa susceptibilidad de deslizamientos.</b> .....	83
<b>Figura No. 17</b>	<b>Catálogo e inventario de procesos de remoción en masa (Base de datos SCG)</b> .....	84
<b>Figura No. 18</b>	<b>Fotografía aérea año 2015 (Google Earth, 2020)</b> .....	85
<b>Figura No. 19</b>	<b>Catálogo e inventario de procesos de remoción en masa (Base de datos SCG)</b> .....	87
<b>Figura No. 20</b>	<b>Visión de la jerarquización geomorfológica (Servicio Geológico Colombiano, 2012)</b> .....	88
<b>Figura No. 21</b>	<b>Provincias y cuencas geomorfológicas (Servicio Geológico Colombiano, 2012)</b> .....	90
<b>Figura No. 22</b>	<b>Geomorfología de la zona de estudio (Servicio Geológico Colombiano, s.f.)</b> .....	92
<b>Figura No. 23</b>	<b>Ladera estructural sinclinal de la zona.</b> .....	93
<b>Figura No. 24</b>	<b>Localización geológica área de estudio (Servicio Geológico Colombiano, s.f.)</b> .....	100
<b>Figura No. 25</b>	<b>Afloramientos Formación La Cira.</b> .....	103
<b>Figura No. 26</b>	<b>Geología estructural del área de estudio (Acosta &amp; Ulloa, 2002)</b> .....	104
<b>Figura No. 27</b>	<b>Zonas hidrogeológicas de Colombia</b> .....	106
<b>Figura No. 28</b>	<b>Precipitación promedio mensual – multianual.</b> .....	108
<b>Figura No. 29</b>	<b>Demolición Placa De Contrapiso – Apique De Cimentación 1</b> .....	109
<b>Figura No. 30</b>	<b>Apique De Cimentación 1</b> .....	110
<b>Figura No. 31</b>	<b>Apique De Cimentación 2</b> .....	110
<b>Figura No. 32</b>	<b>Capacidad Portante Neta última para varios tamaños de cimentación (Condición Drenada)</b> .....	111



<b>Figura No. 33</b>	<i>Esquema en planta de localización de Ensayos de Patología.....</i>	<i>116</i>
<b>Figura No. 34</b>	<i>Extracción Núcleo No. 1 – Columna Rampa.....</i>	<i>118</i>
<b>Figura No. 35</b>	<i>Extracción Núcleo No. 2 – Zona de Archivo Columna .....</i>	<i>119</i>
<b>Figura No. 36</b>	<i>Extracción Núcleo No. 3 – Muro de Contención.....</i>	<i>120</i>
<b>Figura No. 37</b>	<i>Extracción Núcleo No. 4 – Zona de Ropas Columna .....</i>	<i>121</i>
<b>Figura No. 38</b>	<i>Sismicidad Histórica de Colombia (Servicio Geológico Colombiano, s.f.)</i>	<i>132</i>
<b>Figura No. 39</b>	<i>Comparación de Espectros de Diseño.....</i>	<i>144</i>
<b>Figura No. 40</b>	<i>Espectro de Derivas.....</i>	<i>151</i>
<b>Figura No. 41</b>	<i>Espectro de Diseño .....</i>	<i>152</i>
<b>Figura No. 42</b>	<i>Espectro de Umbral de Daño .....</i>	<i>153</i>
<b>Figura No. 43</b>	<i>Modelo Estructural.....</i>	<i>160</i>
<b>Figura No. 44</b>	<i>Secciones y Numeración de Elementos.....</i>	<i>160</i>
<b>Figura No. 45</b>	<i>Carga Muerta D distribuida Sobre la Cubierta (KN/m<sup>2</sup> – KN/m).....</i>	<i>161</i>
<b>Figura No. 46</b>	<i>Carga Viva y Viva de Cubierta Distribuida (KN/m<sup>2</sup> – KN/m).....</i>	<i>162</i>
<b>Figura No. 47</b>	<i>Cargas de viento por Succión SUCC.....</i>	<i>162</i>
<b>Figura No. 48</b>	<i>Cargas de Por efectos Sísmicos SH.....</i>	<i>163</i>
<b>Figura No. 49</b>	<i>Reacciones en la Base Sentido Z.....</i>	<i>163</i>
<b>Figura No. 50</b>	<i>Momentos Modal Periodo 1 .....</i>	<i>164</i>
<b>Figura No. 51</b>	<i>Esfuerzo Axiales Modal Periodo 1 .....</i>	<i>164</i>
<b>Figura No. 52</b>	<i>Deformaciones Cargas Sísmicas .....</i>	<i>165</i>
<b>Figura No. 53</b>	<i>Numeración de Nudos en el Modelo Estructural .....</i>	<i>167</i>
<b>Figura No. 54</b>	<i>Columna fuerte Viga Débil.....</i>	<i>172</i>
<b>Figura No. 55</b>	<i>Demolición para Construcción de Columna en Concreto. ....</i>	<i>175</i>
<b>Figura No. 56</b>	<i>Instalación de Refuerzo, Formaleta y Vaciado del Concreto en Columnas.</i>	<i>176</i>
<b>Figura No. 57</b>	<i>Demolición para Construcción de Vigas en Concreto. ....</i>	<i>178</i>
<b>Figura No. 58</b>	<i>Instalación de Refuerzo, Formaleta y Vaciado del Concreto en Vigas..</i>	<i>179</i>
<b>Figura No. 59</b>	<i>Esquema Final del Reforzamiento en Pórtico de Concreto. ....</i>	<i>180</i>
<b>Figura No. 60</b>	<i>Modelo Estructural.....</i>	<i>181</i>
<b>Figura No. 61</b>	<i>Secciones y Numeración de Elementos.....</i>	<i>182</i>
<b>Figura No. 62</b>	<i>Carga Muerta D distribuida Sobre la Cubierta (KN/m<sup>2</sup> – KN/m).....</i>	<i>183</i>
<b>Figura No. 63</b>	<i>Carga Viva y Viva de Cubierta Distribuida (KN/m<sup>2</sup> – KN/m).....</i>	<i>184</i>
<b>Figura No. 64</b>	<i>Cargas de viento por Succión SUCC.....</i>	<i>184</i>
<b>Figura No. 65</b>	<i>Cargas de Por efectos Sísmicos SH.....</i>	<i>185</i>
<b>Figura No. 66</b>	<i>Reacciones en la Base Sentido Z.....</i>	<i>185</i>
<b>Figura No. 67</b>	<i>Momentos Modal Periodo 1 .....</i>	<i>186</i>
<b>Figura No. 68</b>	<i>Esfuerzo Axiales Modal Periodo 1 .....</i>	<i>186</i>
<b>Figura No. 69</b>	<i>Deformaciones Cargas Sísmicas .....</i>	<i>187</i>
<b>Figura No. 70</b>	<i>Numeración de Nudos en el Modelo Estructural .....</i>	<i>189</i>
<b>Figura No. 71</b>	<i>Demolición para Instalación de Columna Metálica. ....</i>	<i>195</i>



<b>Figura No. 72</b>	<b>Instalación de Vigas Columnas Metálica.</b>	<b>196</b>
<b>Figura No. 73</b>	<b>Demolición para Instalación de Vigas Metálica.</b>	<b>198</b>
<b>Figura No. 74</b>	<b>Izaje de Vigas Metálicas.</b>	<b>199</b>
<b>Figura No. 75</b>	<b>Esquema Final del Reforzamiento en Pórtico Metálico.</b>	<b>200</b>
<b>Figura No. 76</b>	<b>Grafica de Porcentajes Reforzamiento Metálico.</b>	<b>202</b>
<b>Figura No. 77</b>	<b>Grafica de Porcentajes Reforzamiento en Concreto</b>	<b>203</b>
<b>Figura No. 78</b>	<b>Grafica de Reforzamiento en Concreto Vs Metálica</b>	<b>205</b>



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 6-1</b> Lesiones Erosión Sector Archivo .....	52
<b>Tabla 6-2</b> Lesiones Humedad en Sector Archivo.....	53
<b>Tabla 6-3</b> Lesiones Agentes Atmosféricos en Sector Deposito Farmacia .....	54
<b>Tabla 6-4</b> Lesiones Vegetación Cercana en Sector Acceso Vehicular .....	55
<b>Tabla 6-5</b> Lesiones Humedad en Sector Farmacia.....	56
<b>Tabla 6-6</b> Lesiones Grietas en Sector Parquadero.....	57
<b>Tabla 6-7</b> Lesiones Humedad en Sector Lockers.....	58
<b>Tabla 6-8</b> Lesiones Grietas en Sector Archivo .....	59
<b>Tabla 6-9</b> Lesiones Suciedad en Sector Archivo.....	60
<b>Tabla 6-10</b> Lesiones Grietas en Sector Archivo .....	61
<b>Tabla 6-11</b> Cuadro de Coordenadas .....	64
<b>Tabla 6-12</b> Delimitación Municipal.....	64
<b>Tabla 6-13</b> Descripción general y climatológica .....	66
<b>Tabla 6-14</b> Sistema Estructural de Muros de Carga.....	74
<b>Tabla 6-15</b> Sistema Estructural de Muros de Carga.....	75
<b>Tabla 6-16</b> Lista de factores causales de movimientos .....	79
<b>Tabla 6-17.</b> Principales datos de caracterización geoambiental. ....	80
<b>Tabla 6-18</b> Información secundaria recopilada de diferentes entidades públicas y privadas.....	81
<b>Tabla 6-19.</b> Rangos pendientes empleados con propósitos de análisis de ingeniería y zonificación de amenazas por movimientos en masa.....	86
<b>Tabla 6-20</b> Unidades geomorfológicas para el área de estudio.....	92
<b>Tabla 6-21</b> Elementos de Investigación empleados.....	98
<b>Tabla 6-22.</b> Elementos de Investigación empleados.....	100
<b>Tabla 6-23</b> Localización de Núcleos de Concreto Extraídos .....	117
<b>Tabla 6-24</b> Características Dimensionales Núcleos.....	121
<b>Tabla 6-25</b> Defectología E Irregularidades Núcleos.....	121
<b>Tabla 6-26</b> Resultados Ensayo a Compresión Simple .....	125
<b>Tabla 6-27</b> Chequeo de Núcleos Sometidos a Compresión Simple Según NSR-10.....	126
<b>Tabla 7-1</b> Valores Sísmicos de la Zona de Estudio. ....	133
<b>Tabla 7-2</b> Sistema Estructural de Muro de Carga Tabla A.3-1 NSR-10.....	134
<b>Tabla 7-3</b> Chequeo de irregularidades (A.3.3) - NSR - 10.....	136
<b>Tabla 7-4</b> Avalúo de carga muerta cubierta.....	138
<b>Tabla 7-5</b> Cargas vivas por uso.....	139
<b>Tabla 7-6</b> Cargas vivas para cubierta .....	139
<b>Tabla 7-7</b> Separación mínima en la cubierta entre edificaciones colindantes.....	140
<b>Tabla 8-1</b> Movimientos Sísmicos de Diseño (A.2.2).....	142
<b>Tabla 8-2</b> Clasificación Sistema Estructural (A.3).....	143
<b>Tabla 8-3</b> Parámetros de Espectro de NSR-10.....	144



<b>Tabla 8-4</b>	<i>Avalúo de carga muerta cubierta</i> .....	146
<b>Tabla 8-5</b>	<i>Cargas vivas por uso</i> .....	148
<b>Tabla 8-6</b>	<i>Cargas vivas para cubierta</i> .....	148
<b>Tabla 8-7</b>	<i>Cortante de Derivas</i> .....	154
<b>Tabla 8-8</b>	<i>Cortante de Diseño</i> .....	154
<b>Tabla 8-9</b>	<i>Cortante de Umbral de Daño</i> .....	155
<b>Tabla 8-10</b>	<i>Cargas sísmicas de Derivas</i> .....	155
<b>Tabla 8-11</b>	<i>Cargas sísmicas de Diseño</i> .....	156
<b>Tabla 8-12</b>	<i>Cargas Sísmicas de Umbral de Daño</i> .....	157
<b>Tabla 8-13</b>	<i>Coficiente de disipación de Energía</i> .....	159
<b>Tabla 8-14</b>	<i>Límites de Deriva de la Edificación</i> .....	166
<b>Tabla 8-15</b>	<i>Sismo Derivas en dirección X</i> .....	167
<b>Tabla 8-16</b>	<i>Sismo Derivas en dirección Y</i> .....	168
<b>Tabla 8-17</b>	<i>Sismo Diseño en dirección X</i> .....	169
<b>Tabla 8-18</b>	<i>Sismo Diseño en dirección Y</i> .....	170
<b>Tabla 8-19</b>	<i>Sismo Umbral de Daño en Dirección X</i> .....	170
<b>Tabla 8-20</b>	<i>Sismo Umbral de daño en dirección Y</i> .....	171
<b>Tabla 8-21</b>	<i>Límites de Deriva de la Edificación</i> .....	188
<b>Tabla 8-22</b>	<i>Sismo Derivas en dirección X</i> .....	189
<b>Tabla 8-23</b>	<i>Sismo Derivas en dirección Y</i> .....	190
<b>Tabla 8-24</b>	<i>Sismo Diseño en dirección X</i> .....	191
<b>Tabla 8-25</b>	<i>Sismo Diseño en dirección Y</i> .....	192
<b>Tabla 8-26</b>	<i>Sismo Umbral de Daño en Dirección X</i> .....	192
<b>Tabla 8-27</b>	<i>Sismo Umbral de daño en dirección Y</i> .....	193



## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se busca presentar los resultados visuales y analizar el estado actual, en cuanto a patologías, para el proyecto “Trabajo Profesional Integrado I-20211 para el Posterior Estudio y Diseño De Vulnerabilidad Sísmica Del Hospital San Vicente De Paúl En El Municipio De San Juan De Rioseco, Departamento De Cundinamarca”. Así mismo, se muestra la información referente a los trabajos de campo desarrollados de las patologías presentadas por la edificación y proceder con ensayos de laboratorio y cálculos considerados que se requieren para el análisis del sistema de cimentación y estructural.

Los aspectos naturales o geológicos (como lejanía, cercanía y profundidad de fallas geológicas, inundaciones y niveles freáticos debido a fuentes hídricas, corrientes de viento o las aceleraciones del terreno respecto a la aceleración en roca) son indispensables para comprender la posible interacción y correspondiente respuesta de una estructura durante su vida útil. Sumado a los aspectos mencionados anteriormente, como menciona Ramos (2003), es de vital importancia los aspectos estructurales, como el uso de la edificación, tipo y calidad de materiales, su ajuste estructural, calidad de diseño y aspectos técnicos de construcción e instalación de la edificación.

Siguiendo a Donini (2017), en diversas edificaciones existentes en Colombia no se dan cumplimiento a las normativas técnicas del Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), es decir, no se asegura un buen funcionamiento de las mismas en consecuencia de un evento natural, lo cual se traduce en vulnerabilidades altas



por ende su riesgo exceden niveles aceptables actualmente; Por lo tanto, es indispensable tomar respectivas medidas de mitigación con base a los requerimientos ingenieriles con la finalidad de reducir riesgos.

Cuando una estructura tiene una vulnerabilidad alta se requiere reestructurarla o rehabilitarla para aumentar su resistencia, minimizar los desplazamientos, aumentar la ductilidad por curvatura y lograr adecuada distribución de fuerzas entre los diversos elementos resistentes, tanto en planta como en altura.

La necesidad de realizar un estudio patológico permite al Hospital de San Vicente de Paul, conocer de primera mano el estado actual de la edificación estudiada. Del mismo modo, las normas vigentes presentan requisitos mínimos de durabilidad y resistencia ante eventos extremos (sismos) que exigen a los dueños de las edificaciones contar con planes de contingencia y manejo según los resultados que arrojen las actividades propias de la evaluación.

Asimismo, los estudios patológicos enmarcan una secuencia de actividades las cuales permiten determinar las causas de deterioros, mediante propiedades físicas y mecánicas de los materiales, análisis de cargas e información detallada de las diferentes sintomatologías. Sumado a lo anterior, permite caracterizar la estructura a través de inspecciones y ensayos que permiten configurar y conformar los elementos estructurales.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Mejorar las condiciones socio sanitarias, ambientales y económicas que impacten positivamente en la Salud de los Sanjuaneros. Siguiendo el plan territorial de salud, el municipio de San Juan de Rioseco tendrá mejores condiciones de salud y bienestar, con reducción progresiva de la carga de morbi-mortalidad en la población; y será reconocido por la implementación de estrategias intersectoriales que impacten positivamente en el desarrollo integral del ser humano. Cabe resaltar que la administración actual del municipio se proyecta para el año 2023.

Este estudio de patología permitirá a la administración del municipio conocer de manera técnica y rigurosa el estado actual de la edificación estudiada y sus posibles intervenciones. Hoy en día las normas vigentes exigen requisitos mínimos de durabilidad y resistencia ante eventos extremos (sismos), con los que probablemente la construcción, por su antigüedad, no tiene, y que requieren a los dueños de las edificaciones contar con planes de contingencia y manejo según los resultados que arrojen las actividades propias de la evaluación.

Asimismo, los estudios patológicos enmarcan una secuencia de actividades las cuales permiten determinar las causas de deterioros, mediante propiedades físicas y mecánicas de los materiales, análisis de cargas e información detallada de las diferentes sintomatologías. Sumado a lo anterior, permite caracterizar la estructura a través de inspecciones y ensayos que permiten configurar y conformar los elementos estructurales.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. General

Realizar el estudio de Patología de la estructura a intervenir del centro de hospital SAN VICENTE DE PAUL en el municipio de San Juan de Rioseco, con base a los trabajos de optimización y ampliación de dicha institución de la salud y cumpliendo los requisitos del Título A de la Norma Sismo Resistente del 2010 NSR-10.

#### 3.2. Específicos

- Seleccionar y estudiar la información existente acerca del diseño y construcción de las estructuras del Hospital San Vicente de Paul en el municipio de San Juan de Rioseco, así mismo, realizar las auscultaciones necesarias para establecer el estado general de la misma.
- Revisar y evaluar el comportamiento de los sistemas de servicios como son hidrosanitarios, eléctrico voz y datos y demás.
- Definir las modificaciones a realizar a la estructura teniendo en cuenta las condiciones en las cuales debe quedar funcionando desde el punto de vista estructural. he incluido dentro del plan desarrollo del municipio.
- Evaluar la condición actual de los elementos estructurales y arquitectónicos que componen la edificación evaluada en el presente informe según el reglamento Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes NSR-2010.



- Identificar las lesiones presentadas en el paciente objeto de estudio para determinar bajo criterio técnico y profesional las posibles soluciones para su futura intervención.
- Determinar dos sistemas de reforzamiento seleccionado el que presente mejores alternativas en presupuesto, ejecución y agilidad en la construcción.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1. Marco Teórico

Tomando como referencia bibliografía a Broto (2006), y basados en los conceptos generales y fundamentos para el reconocimiento de las lesiones presentadas en la edificaciones u obras civiles clasificándolas las causa o alteraciones de la durabilidad de los materiales, diseños o defectos constructivos de un proyecto de construcción dentro de su vida útil, se tuvieron en cuenta los siguientes términos teóricos.

#### 4.1.1. Patología Estructural

Con la finalidad de establecer cumplimientos o trasgresiones normativas es indispensable definir la intervención o no de cierta edificación con base a criterios de importante prioridad como lo es el proceso de inspección estructural, así como la evaluación y diagnóstico de patologías. Tener un adecuado diagnóstico de la estructura equivale a una buena inversión y apropiadas soluciones de las patologías que ocasionan problemas o deficiencias constructivas.

Establecer la metodología única para evaluar y diagnosticar una estructura no es tan sencillo en contraste con, a manera de ejemplo, el diseño estructural de un proyecto nuevo en donde se realiza una serie de pasos coherentes y sistemáticas dependiendo de las propiedades particulares de la edificación. Para evaluar las patologías en las estructuras de concreto se facilita indicar una única interpretación del deterioro con base a las fisuras, anomalías o manchas. El daño estructural se interpreta hacia una causa la cual cambia dependiendo a las diversas circunstancias que se engloban en las mecánicas estructurales.



Se entiende por lesiones estructurales a las manifestaciones de los problemas constructivos o de diseño, es decir, el síntoma final de la patología. Las diversas lesiones que suelen manifestarse en edificaciones se clasifican dependiendo a la diversidad de materiales y constructivas y, en general, se clasifican en tres familias:

- Físicas
- Mecánicas
- Químicas

Para establecer La patología estructural se deben evaluar las lesiones estructurales y de los materiales, y son ocasionadas principalmente por:

- Causas físicas: Como humedad, procesos biofísicos, erosiones y suciedad.
- Causas mecánicas: Como grietas, fisuras, deformaciones, erosión mecánica y desprendimientos.
- Causas químicas: Como eflorescencias, oxidación y corrosión, erosión química y procesos bioquímicos.

Para evidenciar las patologías mencionadas, se debe establecer las características los componentes estructurales con base a los materiales de estos, lo cual se realiza mediante la observación detallada de la estructura (elementos principales como prioridad) y ensayos destructivos. Por otro lado, algunas patologías se presentan debido a ambientes agresivos (como húmedos o salinos) hacia los elementos estructurales.



#### 4.1.2. Propiedades y Características de los Materiales de Construcción

La caracterización de los materiales estructurales se determina mediante ensayos de laboratorio y de campo. Para este caso se consideran:

- Regatas para identificación de refuerzo.
- Detección del refuerzo a través del uso del detector de metales.
- Esclerometría para estimar la resistencia a la compresión del concreto.
- Verificación de Resistencia del concreto mediante Extracción de núcleos y falla.

#### 4.1.3. Tipología y sus Causas.

Según Broto (2006), las lesiones constructivas se manifiestan de diversas maneras en una edificación debido a los numerosos materiales y unidades constructivo que se emplean; se establecen tres familias de procesos patológicos: físicas, mecánicas y químicas. Se consideran el punto de partida y por ende base importante para el diagnóstico del proceso patológico.

##### 4.1.3.1. Lesiones Físicas.

Con base a Broto (2006), en las lesiones físicas se agrupan las lesiones de carácter físico en las cuales el problema patológico se basa en, por ejemplo, partículas, condensaciones, entre otras; evoluciona netamente en un sentido físico sin reacciones químicas que afecten los materiales, sin embargo, se consideran también el cambio de forma y color, o humedad. Se encuentran lesiones físicas como erosión, suciedad y humedad.



#### 4.1.3.2. Lesiones Mecánicas

Siguiendo a Broto (2006), este tipo de lesiones se definen de acuerdo a las condiciones de cada estructura en particular en torno al material, al uso, unidad constructiva, entre otros.

Se tiene grietas, fisuras, deformaciones, erosiones mecánicas o desprendimientos.

#### 4.1.3.3. Lesiones Químicas

Las lesiones químicas, según Broto (2006), son los procesos patológicos que se generan en presencia de álcalis o sales ácidos los cuales generan reacciones químicas ocasionando descomposición de materiales afectando su durabilidad; se tienen oxidaciones, erosiones químicas, corrosiones y eflorescencias

#### 4.1.4. Patologías.

La patología, según Broto (2006), está definida etimológicamente de las raíces griegas *pathos* y *logos*, donde el primero se refiere a *enfermedades* y el segundo término es *estudio*, con lo cual la patología de las construcciones se considera la ciencia que estudia problemáticas constructivas en las edificaciones en términos de su diseño, construcción y vida útil.

#### 4.1.4.1. Humedad.

Se considera la humedad como la presencia de agua en un porcentaje mayor al óptimo en un materia o elemento constructivo. Afecta las características físicas de los materiales. Se diferencian los siguientes tipos de humedad en función de las causas Broto (2006):

- De obra: se genera durante los procesos constructivos debido a inadecuada evaporación por falta de elementos de barrera.
- Humedad capilar: es causada debido al agua del suelo que sube por elementos verticales.
- Humedad de filtración: se trata de la humedad que ingresa en la edificación a través de fachadas o cubiertas.
- Humedad de condensación: se produce debido a la condensación de vapor de agua desde ambientes con mayor presión hacia menor presión.
- Condensación superficial interior: se genera debido a encerramientos.
- Condensación intersticial: se genera en el centro de los cerramientos o entre sus capas.
- Condensación higroscópica: ocurre dentro de la porosidad del material que contiene sales lo que facilita la condensación del vapor de agua presente en el ambiente.
- Humedad accidental: como su descripción lo sugiere es la ocasionada debido a roturas de conducción de agua o desagües, se caracteriza por ser focos puntuales.

#### **4.1.4.2. Erosión Atmosférica.**

En el libro de Broto (2006), la erosión atmosférica se genera debido a la meteorización de materiales pétreos debido a la absorción de agua, generalmente de lluvia, que por acción



de fríos y temperaturas altas que generan dilatación, ocasionan rupturas superficiales del material constructivo.

#### 4.1.4.3. Suciedad.

La suciedad, como indica Broto (2006), es la acumulación de partículas suspendidas sobre las superficies, pueden quedar incrustadas en los poros de los diversos materiales. Se consideran los dos siguientes tipos de suciedad:

- Ensuciamiento por depósito: es la acumulación, en las superficies, de partículas suspendidas debido a efectos de la gravedad.
- Ensuciamiento por lavado diferencial: se produce por partículas que se incrustan o penetran los poros de la superficie de los materiales; se evidencian, generalmente, en los exteriores de las edificaciones debido al efecto de aguas lluvia.

#### 4.1.4.4. Deformaciones.

Como sugiere Broto (2006), es el cambio de forma del material constructivo ocasionados en elementos estructurales o cerramientos debido a esfuerzos. Se dividen en cuatro subgrupos que desencadenan en lesiones secundarias como desprendimientos, fisuras o grietas:

- Se consideran *Flechas* a la consecuencia de la flexión de elementos horizontales en consecuencia de exceso de cargas ortogonales o debido a diversos elementos en los que los elementos horizontales se encuentran en empotramiento.



- Son *Pandeos* los ocasionados por esfuerzos de compresión que deforman elementos verticales ya que sobrepasa la capacidad de deformación.
- Los *Desplomes* se ocasionan debido a los empujes horizontales en la punta o cabeza de elementos verticales.
- Se consideran *Alabeos*. a la rotación de elementos ocasionada comúnmente por esfuerzos horizontales.

#### 4.1.4.5. Grietas.

Siguiendo a Broto (2006), son aperturas las cuales intervienen el espesor de los elementos constructivos, estructurales o de cerramientos. Las fisuras difieren de las grietas ya que se generan en la superficie o acabados superpuestos en un elemento constructivo. Se distinguen 2 grupos de grietas en términos de los esfuerzos, generalmente mecánicos, que las originan:

- Ocasionadas por *exceso de carga*, son grietas que se ocasionan cuando se sobrepasan las cargas para las cuales se generan los diseños de los elementos estructurales. Cuando se ocasionan este tipo de grietas se requiere debe establecer un esfuerzo con la finalidad de asegurar la unidad constructiva.
- Las grietas ocasionadas por dilataciones y contracciones higrótérmicas: se tratan de grietas que se ocasionan en cerramientos de fachada o cubierta y a su vez afectan la estructura cuando no se prevén las juntas de dilataciones.

#### **4.1.4.6.Desprendimiento.**

Según Broto (2006), es la separación entre el soporte y el material de acabado por la carencia de adherencia, y, comúnmente, se generan por lesiones previas como humedades, grietas o deformaciones. Afectan tanto a los acabados continuos como por elementos. Requieren gran atención ya que son un peligro para la seguridad del transeúnte.

#### **4.1.4.7.Erosiones Mecánicas.**

Sugiere Broto (2006) que son la pérdida de material superficial por esfuerzos mecánicos tales como rozamientos o golpes. Cabe resaltar que se producen, generalmente, en pavimento sin embargo se pueden manifestar erosiones en zonas bajas de fachadas y tabiques, así como en las partes altas y cornisas en consecuencia del transporte de partículas presente el viento.

#### **4.1.4.8.Erosiones químicas.**

Como expone Broto (2006), la erosión química es la transformación en la superficie de los materiales pétreos, en términos moleculares, debido a la reacción de los insumos del componente constructivo con otras sustancias.

#### **4.1.4.9.Eflorescencias.**

Se definen, según Broto (2006), como un proceso patológico ocasionado en consecuencia previa a la aparición de humedad. Algunos materiales constructivos contienen sales

solubles los cuales son desplazados por el agua hacia el exterior por efecto de la evaporación generando cristalización en superficies. Se consideran en dos grupos:

- Eflorescencia ocasionada por sales cristalizadas que no están presentes en los materiales por lo cual son consecuencia de materiales adyacentes. Se encuentran, comúnmente, sobre morteros protegidos o unidos por ladrillos.
- Se considera Criptoflorescencia a las sales cristalizadas en oquedades donde se esperan desprendimientos.

#### **4.1.4.10. Oxidación.**

Como su nombre lo indica y siguiendo a Broto (2006), se trata de la reacción química donde los metales se oxidan en presencia de altos contenidos de oxígeno. Las superficies de metal puro se transforman en óxido protegiendo el resto de la estructura.

#### **4.1.4.11. Corrosión.**

Broto (2006) contempla la progresiva pérdida de superficie del metal en términos de partículas. Se basa en una acción electroquímica en la cual el metal actúa como ánodo y pierde electrones a merced de un cátodo.

#### **4.1.4.12. Organismos.**

Como se menciona en Broto (2006), los animales y los vegetales pueden afectar la superficie de los materiales. El proceso patológico se puede considerar químico ya que se

puede producir debido a la segregación de sustancias que afectan al material en su estructura física. Se diferencian dos grupos entre los organismos:

- **Animales:** se consideran debido a ciertos organismos, como los insectos, que se alojan en los materiales y que se alimentan de este; así mismo, se consideran los animales más grandes como aves o pequeños mamíferos que pueden ocasionar lesiones erosivas en la estructura.
- **Plantas:** se consideran las plantas que pueden generar lesiones debido a su peso en torno a sus raíces, por otro lado también se consideran las plantas microscopias que pueden causar lesiones de índole químico; las plantas microscópicas se consideran en dos grupos: mohos (se alojan, generalmente, en los pozos de los materiales y allí se generan sustancias químicas que se traducen en cambios de color, color, aspecto e incluso erosión) y los hongos (se presentan, generalmente, en la madera donde ocasionan un progresivo deterioro)

#### **4.1.5. Causas de la Lesión.**

Según Broto (2006), se debe aclarar que un proceso patológico se debe resolver hasta que la causa sea anulada por lo cual la causa es el objetivo principal de estudio ya que es el verdadero origen de las lesiones; si solo se centra en reducir las lesiones dejando de lado las causa, aparecerán nuevamente.

Las lesiones pueden tener varias causas por lo cual es importante dar prioridad a identificar y estudiar la tipología de las mismas. Las causas se dividen en dos:

- Las *causas directas* son el origen intrínseco del proceso patológico tales como esfuerzos mecánicos, contaminación, sustancias atmosféricas, etc.
- Las *causas indirectas*, se consideran cuando son errores o defectos de diseño e inclusive en la ejecución. Son las causas que deben estudiar y prevenir en primera instancia.

#### 4.2. Marco Legal

A continuación, se listan las leyes y normatividad técnica que se tuvieron en cuenta en el desarrollo del presente trabajo profesional integrado:

- Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10. Norma Colombiana vigente de sismo resistencia.
- Guía técnica para la inspección después del sismo del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias – FOPAE y Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS. Define los aspectos de los cuales depende la vulnerabilidad en una edificación, es decir, la geometría de la estructura, aspectos constructivos y aspectos estructurales.
- Decreto Ley 1400 de 1997. Establece las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistentes – NSR-98, que fijan los requisitos que deben cumplir las edificaciones nuevas y las edificaciones existentes que son intervenidas estructuralmente por modificaciones, cambio en su uso o por problemas patológicos dentro de su estructura.
- Decreto 926 del 19 de marzo de 2010. Establece los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10,



actualización que contempla como prioridad salvaguardar la vida de las personas y como efecto indirecto la protección de las edificaciones.

#### 4.3. Marco Histórico

La edificación existente fue construida hace aproximadamente 60 años (en febrero de 1965, como consta en la placa conmemorativa). Se contó con un número limitado de planos estructurales originales con los que se construyó la edificación por lo que el conocimiento estructural de esta, se basó en una inspección visual, además de exploraciones, sondeos, ejecución de apiques y regatas para tratar de encontrar cuantías y elementos estructurales alrededor de toda la edificación.

Está a presentado durante su vida útil solo una remodelación importante que consistió en la construcción de una rampa peatonal alrededor del año 1997 ya que se encontraron planos estructurales de esta edificación y la construcción de cubiertas de pasarelas de la edificación.

La edificación no se encuentra expuesta a la intemperie, de acuerdo a lo observado está ha presentado trabajos de impermeabilización de zonas como cubierta.

En búsqueda de la información se hallaron el nombre de los profesionales que intervinieron en el proceso del diseño inicial y la remodelación:

- Diseñadores:
  - Ingeniero Carlos Hernández / Año 1958 / Edificación Hospital
  - Ingeniero Nohora P Carrillo / Año 1997 / Rampa peatonal y cubierta zona perimetral peatonal.

## 5. ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente informe está enfocado en analizar desde la patología los daños y las causas de la estructura a intervenir como parte del proyecto “Trabajo Profesional Integrado I-20211 para el Posterior Estudio y Diseño De Vulnerabilidad Sísmica Del Hospital San Vicente De Paúl En El Municipio De San Juan De Rioseco, Departamento De Cundinamarca” para lograr que cumpla las exigencias de las Norma vigente Sismorresistente NSR 10.

El alcance para la entidad contratante del estudio patológico es el diagnóstico del estado actual de la edificación a través de: un inventario de fisuras, agrietamientos y otras lesiones, registro fotográfico, evaluación de calidad del concreto –resistencia y durabilidad – a través de ensayos, análisis sobre la naturaleza de los daños, todo con el fin de generar una o diversas propuestas de rehabilitación o remodelación.

La recolección de la información del registro patológico, se realizó a partir de visitas periódicas a la edificación, donde la información se procesó mediante formatos de toma de datos, especificando la localización y probables causas asociadas a las no conformidades halladas.

Por otro lado, la calidad del concreto se establece sobre ensayos en núcleos extraídos de los elementos estructurales (vigas, placas, muros y columnas), posteriormente llevados a un laboratorio para ser examinados según normativa colombiana.

Adicional a las pruebas mencionados anteriormente, se complementó la caracterización estructural con ensayos de esclerometría para obtener una medida indirecta de la resistencia a la compresión, ensayos de regatas para la verificación del potencial de



corrosión estudiando así la probabilidad de que se haya iniciado el fenómeno de la corrosión en el acero de refuerzo y, escáner de refuerzo para localizar el refuerzo en los elementos estructurales seleccionados.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. Descripción De La Selección Del Paciente

Al realizar la revisión estructural y la inspección de la edificación en términos de sus elementos estructurales, nos encontramos con un sistema estructural ineficiente, que no es capaz de resistir las cargas sísmicas, esto debido al material usado y la disposición y características técnicas de este.

No se presenta un refuerzo estructural en los elementos verticales de la edificación, ya que esta esta conformad por muros de ladrillo macizo armados en soga y tizón.

#### 6.1.1. De La Cimentación:

La auscultación de la cimentación se pudo identificar un sistema de cimentación superficial a una profundidad de desplante de zapatas a 80 cm en concreto ciclópeo formando vigas Tee con secciones de 0.30 m. de ancho x 1 m. de alto en algunos sectores muretes en mampostería como elementos de transferencia de cargas al suelo de secciones de 0.30 m de ancho y altura de 0.45 m.

Se considera que el modelo de cimentación superficial de apoyo está apoyado mediante resortes que reemplazan el efecto no rígido del suelo. Placa de contrapiso en concreto de un espesor de 15 cm apoyada sobre una capa de material granular no tratado La cimentación de la edificación está conformada por medio de un sistema de cimientos corridos los cuales se encuentran a lo largo de los muros de carga como se evidencian en los planos estructurales.



Se presenta una rampa peatonal que está conformada por medio de un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado con una losa maciza peatonal, se evidencia que la construcción de esta estructura se presentó alrededor del año 1997 ya que se encontraron planos estructurales de esta edificación.

La rampa está constituida por un sistema de vigas y columnas de concreto estructural, esta estructura presenta unas luces de aproximadamente 6.00 m con columnas de sección de 0.70x0.35m y vigas de 0.35x0.50m. Esta estructura se encuentra cimentada por medio de zapatas de sección de 2.30m a 2.50m aisladas unidas por medio de vigas de amarre tal como se evidencia en los planos estructurales del reconocimiento estructural.

#### 6.1.2. De la Estructura:

Estudio tienen alrededor de unos 60 años de construcción, por lo cual se considera que muchos de sus componentes estructurales se deben revisar considerando los movimientos sísmicos y requisitos de la NSR 10 considerando la relevancia de dichas estructuras y que en su periodo de trabajo o vida útil ya han estado sometido a un historial de temblores.

La edificación de servicios para la salud se encuentra conformada por un volumen de estructura. La estructura está construida sin un sistema de resistencia sísmica ya que presenta muros de mampostería no reforzada en capacidad moderada de disipación de energía (DMO).

La configuración geométrica de la edificación está conformada por muros en mampostería sin reforzar de secciones de 30 y 40 cm. muros divisorios de secciones 30 cm y formado parte integral de la resistencia sísmica de la estructura analizada, los muros son en



mampostería en arcilla la cual no presenta refuerzo o haber sido intervenida como elementos no estructurales.

### 6.1.3. Los Entrepisos:

El entrepiso se trata de placas rígidas con el cual se fundamenta como elemento estructural para la construcción de losas, y tiene como función la separación de piso (un piso del otro), así mismo, soporta las cargas como el mobiliario, personas, su propio peso y el de los acabados (pisos y retoques).

La identificación de la placa se realizó por medio de mediciones e inspección visual identificando una de placa en concreto aligerada que presenta alturas variables de elementos de 0.25 a 0.35m, los elementos internos de la parrilla del entrepiso están conformados por medio de un sistema de viguetas con un espesor aproximado de 0.08m y una altura de 0.25m, adicionalmente se presentan unos elementos principales tipo viga o elementos colectores, los cuales se encuentran por encima de los muros de mampostería estructural., con acabados en baldosa de granito de mármol.

### 6.1.4. De la Cubierta

Está compuesta en cubierta liviana en estructura metálica a dos aguas, formada por cerchas en celosía en perfiles en ángulo y correa en varilla en celosía que soportan la teja de asbesto cemento tipo canaleta 90. La teja descansa sobre los muros perimetrales los cuales están sujetando canales en lámina galvanizada que posteriormente descargan en las bajantes ubicadas en los extremos y centro de la edificación.



## 6.2. Antecedentes

La edificación de servicios del hospital se encuentra conformada por tres sectores de volúmenes estructurales, que no se evidencian divididos por medios de juntas de construcción.

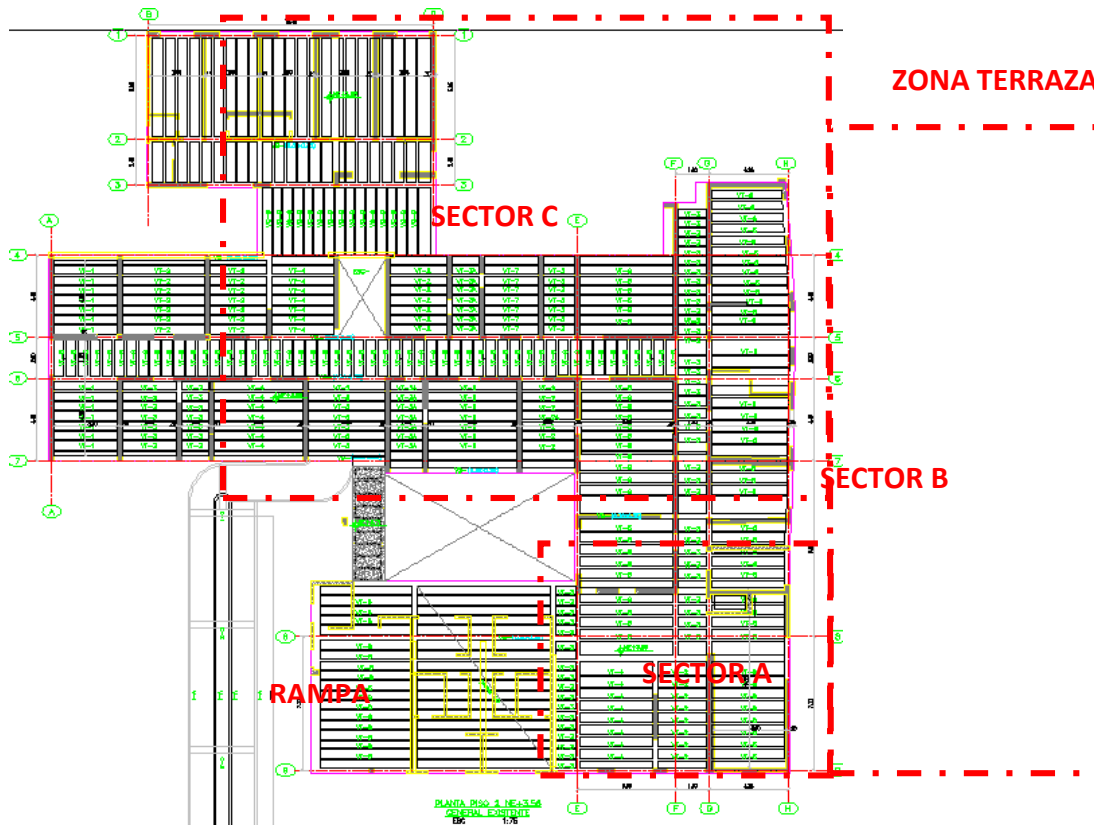


Figura No. 1. Planta y Ubicación de Sectores

Fuente: Propia

Como se evidencio en la información encontrada la edificación se comprende de dos etapas de construcción y dos sistemas estructurales diferentes.

- Tipo de estructura:
  - Edificación Hospital / Muros De Mampostería No Reforzada Sin Capacidad De Disipación De Energía (NSR-10).
  - Rampa Peatonal / Pórtico En Concreto Reforzado Con Capacidad Moderada De Disipación De Energía.
  - Zona Terrazas / Muros De Mampostería No Reforzada Sin Capacidad De Disipación De Energía (Nsr-10). Y Muros De Muro De Contención.

Adicionalmente las losas aéreas del piso dos del sector A, B y C y las de cubierta del sector C se encuentran apoyadas por medio de un sistema de mampostería de muros de carga que no presentan elemento tipo columnetas o refuerzos que puedan ayudar a homologar este sistema estructural por algún sistema de resistencia sísmica dado por la norma para el tipo de uso de esta estructura.

El sistema estructural encontrado para esta edificación según la NSR-10 y el CDDP-98 es un sistema a porticado de resistencia sísmica (DMO).

### **6.3. Preparación y Planteamiento del Estudio**

Los trabajos se iniciaron con la visita inicial a la administración municipal con la solicitud del permiso para la intervención del paciente, se realizaron visitas previas con el fin de evidenciar el estado actual de patologías de la estructura, se solicitó la información existente del paciente se generó el plan de inspección visual y auscultaciones determinando ubicación de cada uno de los ensayos a realizar incluyendo apiques para la verificación de la cimentación.

### 6.3.1. Inspección preliminar del paciente

Se evidencio que se presentaban unos planos estructurales de los años 60 de la etapa constructiva de la edificación en donde no se pudo obtener detalles algunos elementos estructurales presentes en la actualidad como lo son la rampa de acceso en concreto reforzado y las cubiertas peatonales en el contorno de la edificación que se presumen fueron diseñados y construidos en el año de 1997 según los planos encontrados de versiones más recientes y un registro fotográfico.

### 6.3.2. Recopilación De Información Necesaria Para El Estudio.

Durante la visita técnica planteadas se pudo evidenciar que la edificación no presenta humedades internas debido a paso de agua entre la losa aérea, esto debido muy posiblemente a las intervenciones correctivas que ha presentado la edificación debido a cambio de acabados en mal estado que han mejorado la capa pasivadora del refuerzo.

Se evidenció en la losa aérea de la edificación que interceptan los bloques de la edificación C una fisura debida muy posiblemente a el asentamiento diferencial presente entre las edificaciones.

Se evidencia que en la zona trasera del hospital se presentan losas de contrapiso fisuradas que generan pozos de agua que ocasionan muy posiblemente filtraciones en el suelo de cimentación de edificio y el tanque de péndulo invertido generan así ablandamiento del suelo y movimiento relativo de las edificaciones como el que se observa en el Bloque C.

En la zona de lavandería del hospital, este se encuentra ubicado de nivel inferior, se evidenció presencia de capa vegetal y deterioro de los elementos tipo columnas y muros

de carga, adicionalmente se pudo observar presencia de refuerzo expuesto y degradado por los agentes ambientales.

En la zona de lavandería adicionalmente se pudo observar un movimiento relativo de la estructura de losa de cubierta, evidenciándose este por medio del aplastamiento de los calaos presentes en la zona de fachada de esta edificación.

En la zona de apoyo del crematorio se pudo evidenciar<sup>3</sup> el ataque de agentes biológicos que ocasionaron el deterioro del acabado de los muros de carga y oxidación del refuerzo de los elementos tipo columna.

### **6.3.3. Permisos y Autorizaciones Para Abordar El Estudio Del Paciente**

Con la autorización de la Alcaldía municipal de San Juan de Rioseco a través de su alcalde Camilo Andrés Mogollón Amaso, se realizó la solicitud para la intervención del paciente, el cual la autoriza mediante el oficio citado a continuación:

San Juan de Rioseco, 27 de abril 2021

Ingeniero  
**ALUEN DAVID RONCANCIO BECERRA**

**REFERENCIA:** Autorización para realizar análisis patológico y vulnerabilidad sísmica a estructura correspondiente a la ESE Hospital San Vicente de Paul – Municipio de San Juan de Rioseco.

Reciba un cordial saludo,

Mediante la presente y en virtud del asunto de la referencia, me permito autorizar la realización del análisis patológico y estudio de vulnerabilidad sísmica de la edificación correspondiente a la E.S.E Hospital San Vicente de Paul de San Juan de Rioseco, esto con el fin de apoyar en su requisito del curso Trabajo Profesional Integrado I-20211 y adicionalmente, actualizar la edificación cumpliendo con la Norma Sismo Resistente NSR – 10.

Cordialmente,



**CAMILO ANDRÉS MOGOLLÓN AMAZO**  
ALCALDE MUNICIPIO DE SAN JUAN DE RIOSECO

JUNTOS HACIENDO HISTORIA  
Casa de Gobierno Municipal – Calle 4 N° 6 – 06 – Telefax: 846 5052  
E-mail: [alcaldia@sanjuanderioseco-cundinamarca.gov.co](mailto:alcaldia@sanjuanderioseco-cundinamarca.gov.co)

**Figura No. 2 Carta de Aprobación para Realizar los Trabajos.**  
**Fuente: Propia.**

### 6.3.4. Definición Del Equipo De Trabajo Que Realizará La Exploración.

Con el apoyo de la empresa **Solincon Ltda. Soluciones Integrales de Ingeniería y**

**Consultoría** se realizaron las auscultaciones con apoyo de sus colaboradores:



Aluen David Roncancio Becerra	Ingeniero
John Alexander Diopasa Rodríguez	Técnico
Andrés Felipe Forero Soto	Técnico
Samuel Jiménez Flórez	Operativo
Andrés Stevan García Castellanos	Operativo
Esteban Santamaria Ortiz	Operativo
Cristian Camilo Santamaria Ortiz	Operativo
Leidy Viviana Viviana Yaima Gonzalez	Laboratorista

### 6.3.5. Definición De Los Medios Para Realizar La Exploración.

De la misma manera se realizaron las auscultaciones con el apoyo de la empresa **Solincon Ltda. Soluciones Integrales de Ingeniería y Consultoría**, certificada con ISO 9001-2015, suministro equipos y herramientas para la toma de muestras e información, que se contó con los siguientes equipos:

- Herramienta menor
- Martillo de Rebote Esclerómetro Proceq N / L
- Localizador de Barras de Refuerzo Ferrosan Profoscope
- Extractor de Núcleo HILTI DD – 150 – U

De la misma manera la administración municipal y del hospital nos suministró el transporte y personal para la logística



## 6.4. Historia Clínica

La historia clínica de un paciente permite diagnosticar las enfermedades de las cuales posiblemente padece, con lo cual se realiza un análisis importante de la obra donde se localiza y del mismo. Lo anterior permite establecer importancia de novedad lógica de la metodología para proceder con un adecuado diagnóstico.

### 6.4.1. Responsables del Estudio.

El presente estudio se realizó con base en la información suministrada por el municipio y obtenida en campo, de esta forma se proyectó el alcance del estudio Patológico y de Vulnerabilidad, por lo cual, sirve como herramienta académica, si se piensa utilizar para fines aplicativos se debe solicitar el aval de un profesional, se tendrá que informar al ingeniero que presenta el informe final y evaluar la nueva situación para ser puesto en práctica.

Las dimensiones finales de la estructura y demás obras (si es el caso), provendrán de la decisión del municipio, de igual manera, el presente estudio sirve como herramienta fundamental para el análisis real del estado de la estructura en general, más no conlleva a la geometría definitiva para el reforzamiento de la estructura, la cual no hace parte de los estudios realizados.

---

**Ing. Aluen David Roncancio Becerra**  
**Ingeniero Civil Ucc**  
**Esp. Estructuras Uptc**  
**Msc Estructuras Metálicas Y Mixtas (Ub)**  
**Esp. (C) Patología De La Construcción (Usta)**  
**M. P. 25202-181871 CND**

#### 6.4.2. Fecha de Realización del Estudio

Se hizo una programación para realizar el proceso de desarrollos del proyectos, el día 23 de abril 2021 se realizó una visita al municipio para el reconocimiento del paciente radicación de la autorización de solicitud para la intervención, posteriormente el día el 27 de abril 2021 el municipio da la aceptación de la solicitud, se realiza una segunda visita el día 4 de mayo 2021 con el personal técnico y operativo para realizar las auscultaciones definidas en el anteproyecto de las cuales se realizaron en tres días con 1 profesional, 2 técnicos y 4 operativos. se pasan las muestras de núcleos al laboratorio el 7 de mayo 2021. recibida la información del laboratorio y de las auscultaciones se procede con la digitalización y procesamiento de la información y edición del informe terminando el día 20 julio 2021.

#### 6.4.3. Datos Generales del Paciente:

<b>NOMBRE</b>	HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL DE SAN JUAN DE RIOSECO
<b>DIRECCIÓN</b>	CALLE 4 No. 1 - 52, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE RIOSECO EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.
<b>GRUPO DE USO</b>	GRUPO IV EDIFICACIONES INDISPENSABLES
<b>USO</b>	INSTITUCIONAL SALUD
<b>PROPIETARIO</b>	ESE HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL DE SAN JUAN DE RIOSECO
<b>NUMERO DE NIVELES</b>	3
<b>ÁREA DE CONSTRUCCIÓN</b>	9000 m <sup>2</sup> aproximada.
<b>ALTURA DESDE LA BASE</b>	12 m
<b>EDAD DE LA EDIFICACION</b>	60 Años
<b>CÓDIGOS QUE RIGEN EL ANÁLISIS Y DISEÑO</b>	N.P.
<b>MATERIALES</b>	MAMPOSTERIA 15 MPa CONCRETO 21 MPa CONCRETO 21 MPa ZAPATAS CONCRETO 21 MPa VIGUETAS ACERO REFUERZO 420 MPa



	ACERO GRADO 50 PERFILES VIGAS Y COLUMNAS ACERO A36 PERFILES LAMINADOS
<b>CUBIERTA</b>	TEJA ASBESTO CEMENTO CANALETA 90
<b>TIPO CIMENTACIÓN</b>	SUPERFICIAL CIMENTOS CORRIDOS PROFUNDIDAD CIMENTACIÓN: 1.8 m máx.
<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b> SUELO TIPO D.
<b>PARÁMETROS ZONA SÍSMICAS</b>	ZONA DE AMENAZA SÍSMICA ALTA Aa = 0.20 Av = 0.20 Fa = 1.3 Fv = 1.9
<b>SISTEMA ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA ACTUAL</b>	N.P. Ro = N.P. Ω <sub>0</sub> = N.P.
<b>GRADO DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA</b>	MODERADO (DMO)
<b>INGENIERO DE SUELOS</b>	N.P.

#### 6.4.1. En la Edificación y/o Construcción civil

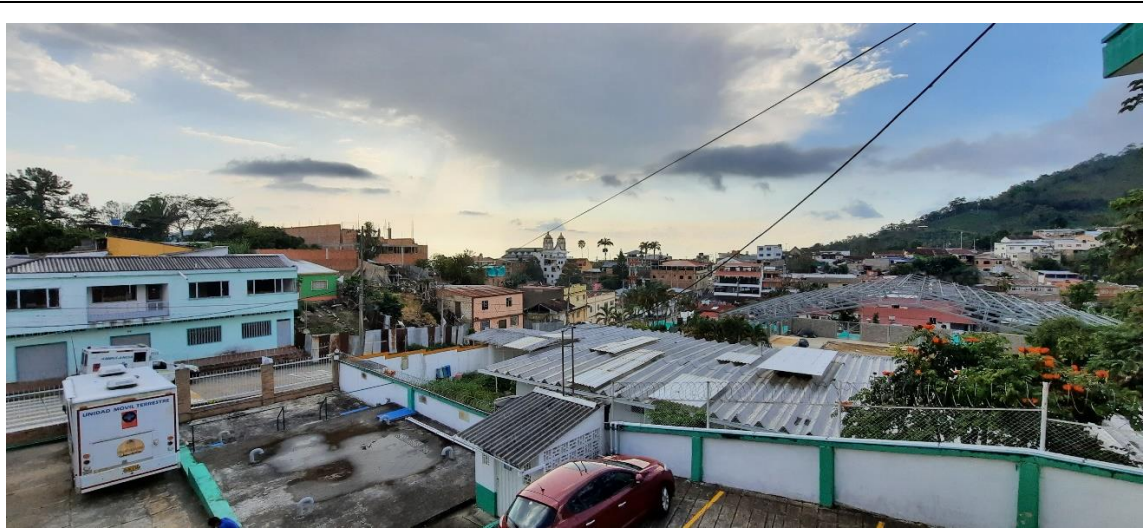
<b>PROPIETARIO</b>	ESE HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL DE SAN JUAN DE RIOSECO
<b>TIPO CIMENTACIÓN</b>	SUPERFICIAL CIMENTOS CORRIDOS PROFUNDIDAD CIMENTACIÓN: 1.8 m máx.
<b>NUMERO DE NIVELES</b>	3
<b>ÁREA DE CONSTRUCCIÓN</b>	9000 m <sup>2</sup> aproximada.
<b>ALTURA DESDE LA BASE</b>	12 m
<b>ESTADO GENERAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	MALO



*Figura No. 3 Vista Fachas Principal.*  
*Fuente: Propia.*



*Figura No. 4 Vista Fachada Sur.*  
*Fuente: Propia*



*Figura No. 5 Vista Planta Sector Nor-Occidente.  
Fuente: Propia.*

#### 6.4.1.1. Información Existente

De acuerdo con la información de la administración municipal y la dirección del hospital San Vicente de Paul no se cuenta con información primaria por tal motivo se hace un reconocimiento y un levantamiento de la condición estructural y arquitectónica que posteriormente se digitaliza y se plasma en planos.

- Planos Estructurales del Proyecto en General
- Planos Arquitectónicos del Proyecto en General

#### 6.4.1.2. Fidelidad de los planos

Al no tener información primaria se realiza levantamiento estructural y arquitectónico de todo el hospital San Vicente de Paul, los cuales se presentan a continuación.

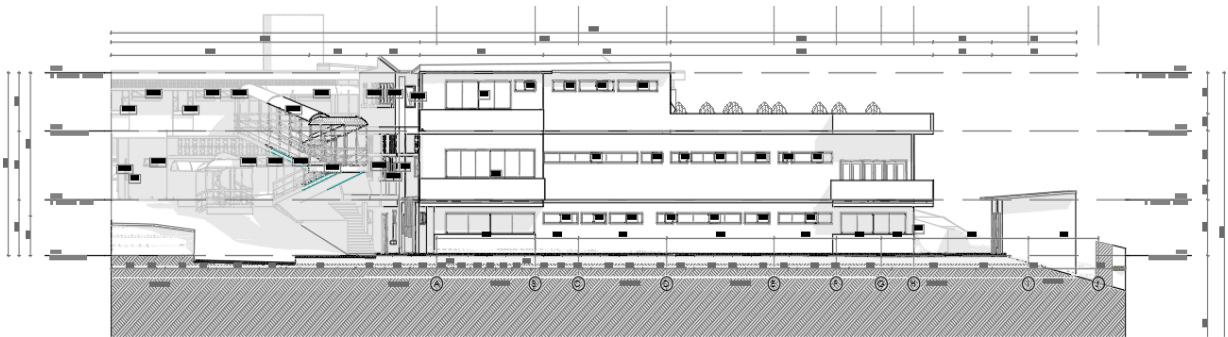


**Figura No. 6** Levantamiento Arquitectónico.  
**Fuente:** Propia.



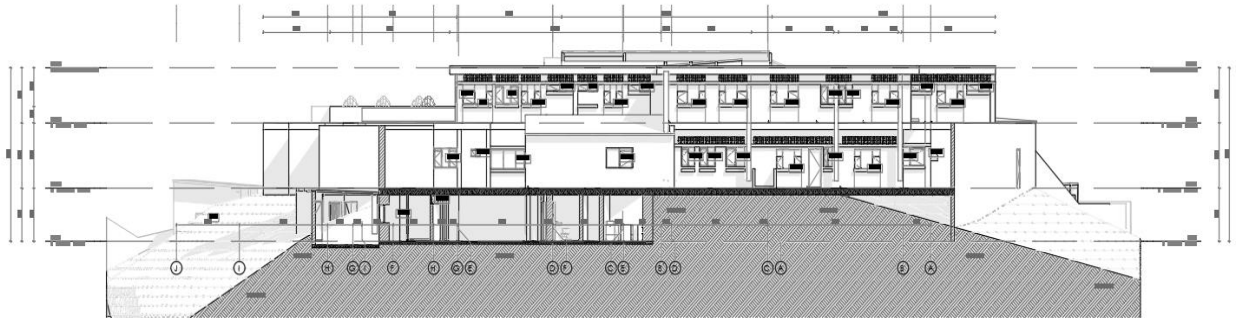
*Figura No. 7 Levantamiento Estructural Nivel 2.*

**Fuente:** Propia.

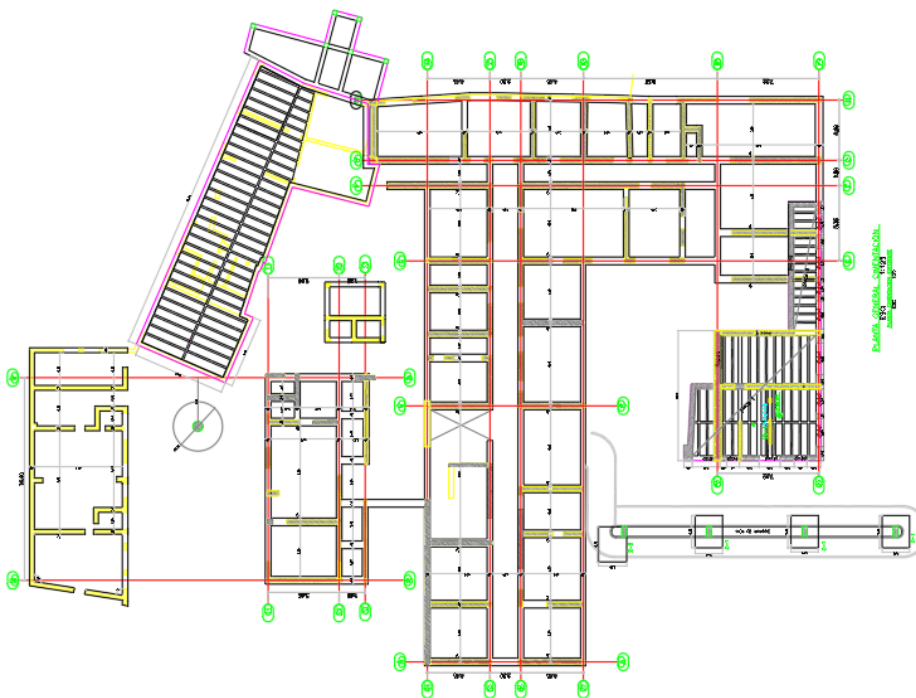


*Figura No. 8 Levantamiento Fachada Sur*

**Fuente:** Propia.



**Figura No. 9** Levantamiento Fachada Norte  
**Fuente:** Propia.



**Figura No. 10** Levantamiento Distribución de Cimentación  
**Fuente:** Propia.

#### 6.4.1.3. Constatación del Estado del Paciente

En la institución de salud escogida se evidenció, durante la visita técnica planteada, que la edificación no presenta humedades internas debido a paso de agua entre la losa aérea, esto debido muy posiblemente a las intervenciones correctivas que ha presentado la edificación debido a cambio de acabados en mal estado que han mejorado la capa pasivadora del refuerzo.

Se evidencio en la losa aérea de la edificación que interceptan los bloques de la edificación C una fisura debida muy posiblemente a el asentamiento diferencial presente entre las edificaciones.

Se evidencia que en la zona trasera del hospital se presentan losas de contrapiso fisuradas que generan pozos de agua que ocasionan muy posiblemente filtraciones en el suelo de cimentación de edificio y el tanque de péndulo invertido generan así ablandamiento del suelo y movimiento relativo de las edificaciones como el que se observa en el Bloque C.

En la zona de lavandería del hospital, este se encuentra ubicado de nivel inferior, se evidenció presencia de capa vegetal y deterioro de los elementos tipo columnas y muros de carga, adicionalmente se pudo observar presencia de refuerzo expuesto y degradado por los agentes ambientales.

En la zona de lavandería adicionalmente se pudo observar un movimiento relativo de la estructura de losa de cubierta, evidenciándose este por medio del aplastamiento de los calaos presentes en la zona de fachada de esta edificación.

En la zona de apoyo del crematorio se pudo evidencia el ataque de agentes biológicos que ocasionaron el deterioro del acabado de los muros de carga y oxidación del refuerzo de los elementos tipo columna.

#### **6.4.2. Aplicación Patológica**

El hospital San Vicente de Paul no presenta una edad pediátrica por la edad que se refleja en la construcción y por su estado y edad de construcción se puede catalogar en una etapa geriátrica, como se ha documentado en el presente informe no está regida por normatividad, ni de la época y no ha presentado intervenciones en cuanto a reforzamiento. La posibilidad de una patología forense se puede presentar sobre en el sector B donde se presentó torsionalidad de la estructura generando una gran inestabilidad de la esta estructura se evidencia grandes grietas, desplazamientos, asentamientos donde se pueden clasificar las lesiones como altas y, este tipo de lesiones son agravante para la estabilidad de la estructura y seguridad de los trabajadores y usuarios. Se ha determinado como patología general preventiva, el porcentaje del estado del paciente se clasifica como Severo a Moderado y en todos los sectores las patologías son notables.

##### **6.4.2.1. Geriátrica.**

Como aplicación general de las patologías presentadas en el hospital San Vicente de Paul del municipio de San Juan de Rioseco se definió como Geriátrica, la funcionalidad y servicio que le presta a la comunidad no puede catalogarse como forense, la administración municipal se ha tomado a la tarea en la recuperación y actualización estructura, de igual manera los ensayos realizados a la estructura evidencian que los elementos y materiales de la constructivos que componen la estructura conservan una funcionalidad aceptable.




Adicionalmente es necesario conocer el proceso, origen, causas, evolución, síntomas y estado de la edificación para la definición del diagnóstico patológico; de esta manera, se podrá establecer tanto la estrategia de reparación como la hipótesis de prevención.

### 6.4.3. Datos específicos de las lesiones

Es necesario detallar las lesiones en cuanto a su localización y afectaciones.


**Tabla 6-1**  
*Lesiones Erosión Sector Archivo*

TIPO DE LESIÓN:	LOCALIZACIÓN DE LESIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN
EROSIÓN	VIGA	El desprendimiento de la capa de recubrimiento del acero y pedida de sección del elemento sobre la venta se evidencia que existen agentes
	<b>CLASIFICACIÓN DE LA CAUSA</b>	
	<b>DIRECTA</b>	<b>INDIRECTA</b>
	Física Erosión	Mantenimiento
	<b>PREDIAGNÓSTICO</b>	
	1. - La despasivación es la pérdida de la capa protectora que rodea la armadura 2. - La entrada de cloruros 3. - La carbonatación del recubrimiento de concreto	
	<b>PRONOSTICO:</b>	
1. - Carencia de adhesión entre el concreto y el acero de refuerzo. 2. - Formación de fisuras y grietas en el concreto 3. - De laminación del concreto por presiones expansivas debido a la formación del óxido. 4. - Pérdida de sección de la estructura 5. - Sobrecosto en reparaciones. 6. - Pérdidas económicas.		
<b>PREVENCIÓN / INTERVENCIÓN</b>		
<b>Eliminar Causa</b>	<b>Reparación Efecto</b>	<b>Prevención</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Intervención y/o aumento de sección del material.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reemplazo del elemento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La estructura renovada quedara oculta o aparente. Sin dejar de lado su misión.</li> </ul>

**Fuente:** Propia



**Tabla 6-2**  
*Lesiones Humedad en Sector Archivo*


TIPO DE LESIÓN:	LOCALIZACIÓN DE LESIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN	
HUMEDAD	REJA	La presencia de agua y mezcla con el aire generan una reacción en los metales causando la oxidación.	
		<b>CLASIFICACIÓN DE LA CAUSA</b>	
		<b>DIRECTA</b>	<b>INDIRECTA</b>
		<b>Física Humedad</b>	<b>Mantenimiento</b>
		<b>PREDIAGNÓSTICO</b>	
		<ol style="list-style-type: none"> <li>- Aceleración de corrosión de la estructura metálica y cerramiento y posible afectación del concreto</li> <li>- Falencia en el mantenimiento y limpieza de los elementos metálicos</li> <li>- Corrosión por inmersión, debido a la permanencia de parte del elemento metálico en ambiente saturado (terreno húmedo, por ejemplo) y ausencia de protección antioxidante, lo que puede llegar a formar hidróxido y disolverlo, según el pH del agua.</li> </ol>	
<b>PRONOSTICO:</b>			
		<ol style="list-style-type: none"> <li>- Corrosión y pérdida de sección de elementos metálicos.</li> <li>- Posible generación de oxidación en la armadura del concreto.</li> <li>- Acción química de cloruros u otros agentes provenientes del hormigón que rodea a las armaduras, en función del tipo de cemento y, sobre todo, de los áridos, así como la propia carbonatación del hormigón que deja de proteger a las armaduras al perder alcalinidad</li> <li>- Sobrecosto en reparaciones.</li> <li>- Pérdidas económicas.</li> </ol>	
<b>PREVENCIÓN / INTERVENCIÓN</b>			
<b>Eliminar Causa</b>	<b>Reparación Efecto</b>	<b>Prevención</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Limpieza de corrosión de elementos identificados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reemplazo del elemento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reemplazar los elementos por una estructura metálica. La nueva estructura podrá hacerse de fábrica idéntica con las dimensiones necesarias para su estabilidad, visto como una clara aportación actual a la obra.</li> </ul>	

**Fuente:** Propia



**Tabla 6-3**


*Lesiones Agentes Atmosféricos en Sector Deposito Farmacia*

TIPO DE LESIÓN:	LOCALIZACIÓN DE LESIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN		
AGENTES ATMOSFÉRICOS	CUBIERTAS	Los cambios de temperatura la exposición directa a los rayos UV son factores detonantes para el mal estado de la cubierta		
				
			<b>CLASIFICACIÓN DE LA CAUSA</b>	
			<b>DIRECTA</b>	<b>INDIRECTA</b>
			Física Agentes Atmosféricos	Mantenimiento
<b>PREDIAGNÓSTICO</b>				
<p>1. - Falencia en el normal mantenimiento de la estructura.                  2. - El proceso patológico más frecuente aparece en aquellos contactos de agua, generando condiciones de humedad y temperatura generando proliferación de hongos de pudrición y de los insectos.                  3. -Zona próxima a conducciones susceptibles de producir humedades de condensación, filtración o accidentales.                  4. - Agentes climáticos Aparte de los cambios de humedad que pueden ser consecuencia de las condiciones climáticas, otros factores climáticos importantes son la radiación solar y la lluvia.</p>				
<b>PRONOSTICO:</b>				
<p>1. - Lesiones Generales en toda el área de la cubierta de suciedad.                  2. – Solución a la causa que han favorecido a la lesión y desarrollo de los agentes causantes de la degradación. Esto llevará, en algunos casos, a la reparación de elementos constructivos dañados (conducciones de agua, tejas, etc) y, en otros, a la adopción de soluciones constructivas apropiadas que, de haberse llevado a cabo en su momento, hubieran evitado o retardado el proceso patológico.                  3. - Sobrecosto en reparaciones.                  4. - Pérdidas económicas.</p>				
<b>PREVENCIÓN / INTERVENCIÓN</b>				
<b>Eliminar Causa</b>	<b>Reparación Efecto</b>	<b>Prevención</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrodispersables o emulsiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reemplazo del elemento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nuevo no tiene por qué ser el mismo que el del existente</li> </ul>		

**Fuente:** Propia



**Tabla 6-4**  
*Lesiones Vegetación Cercana en Sector Acceso Vehicular*

TIPO DE LESIÓN:	LOCALIZACIÓN DE LESIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN	
VEGETACIÓN CERCANA	MURO DE COTENCION	La presencia de humedad generada por la precipitación y fenómenos de capilaridad ascendente son los principales agentes	
		<b>CLASIFICACIÓN DE LA CAUSA</b>	
		<b>DIRECTA</b>	<b>INDIRECTA</b>
		<b>Biológicos Vegetación Cercana</b>	<b>Mantenimiento</b>
		<b>PREDIAGNÓSTICO</b>	
		1. - Falencia en el normal mantenimiento de la estructura. 2. - Evidencia de termitas las cuales generan erosión Isópteros en la madera así mismo, presentan colonias situadas en la cimentación. 3. - Localización cercana a desagües o transporte de agua susceptible a producir humedades de condensación, filtración o accidentales. 4. - Agentes climáticos Aparte de los cambios de humedad que pueden ser consecuencia de las condiciones climáticas, otros factores climáticos importantes son la radiación solar y la lluvia.	
<b>PRONOSTICO:</b>		1. - Lesiones Generales en toda el área de la cubierta de sujeción. 2. - Ataque del hormigón por aguas puras Es un proceso por el cual un agua poco ionizada es capaz de disolver el hidróxido cálcico del hormigón, provocando un aumento de la porosidad y de la permeabilidad y una disminución de la resistencia. 3. - Oxidación y corrosión de las armaduras. 4. - Pérdidas económicas. 5. - Sobrecosto en reparaciones.	
<b>PREVENCIÓN / INTERVENCIÓN</b>			
<b>Eliminar Causa</b>	<b>Reparación Efecto</b>	<b>Prevención</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de material biológico de la estructura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puede picar el hormigón viejo para eliminar la capa superficial de lechada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puede hacer uso de adhesivos como resinas epoxi, para lo cual hay que proceder igualmente al picado de toda la superficie del soporte</li> </ul>	

**Fuente:** Propia



**Tabla 6-5**  
*Lesiones Humedad en Sector Farmacia*

TIPO DE LESIÓN:	LOCALIZACIÓN DE LESIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN		
HUMEDAD	MURO EN LADRILLO	Presencia de humedad generada por la precipitación y fenómenos de capilaridad ascendente		
				
			<b>CLASIFICACIÓN DE LA CAUSA</b>	
			<b>DIRECTA</b>	<b>INDIRECTA</b>
			Físicos Humedad	Mantenimiento
			<b>PREDIAGNÓSTICO</b>	
		<ol style="list-style-type: none"> <li>- Falencia en el normal mantenimiento de la estructura.</li> <li>- El proceso patológico más frecuente aparece en aquellos contactos de agua lo que genera espacios de humedad donde propicia la proliferación de hongos e insectos.</li> <li>- Zonas cercanas a conducción de fluidos lo que puede generar humedades de condensación.</li> <li>- factores climáticos como radiación solar y lluvia.</li> </ol>		
		<b>PRONOSTICO:</b>		
		<ol style="list-style-type: none"> <li>- Lesiones Generales en toda el área de mampostería de suciedad.</li> <li>- Realizar la erradicación necesaria para eliminar los agentes (organismos) que han generado la degradación de la estructura. Lo que conllevara a posibles arreglos en zonas de conducción de agua y a la reparación de elementos constructivos.</li> <li>- Proceso patológico desde los inicios de la obra hasta la realización del proyecto.</li> <li>- Es la disfuncionalidad de una obra, tanto en proceso constructivo como ya construida. Los procesos constructivos seguidos</li> <li>- Sobrecosto en reparaciones.</li> </ol>		
<b>PREVENCIÓN / INTERVENCIÓN</b>				
<b>Eliminar Causa</b>	<b>Reparación Efecto</b>	<b>Prevención</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrodispersables o emulsiones Utiliza,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recomienda concentrar las actividades de LAVADO e HIDROFUGADO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternativas con inyección de productos consolidantes que, además de una mejora de cohesión, permite una hidrofugación en masa de los muros.</li> </ul>		

**Fuente:** Propia



**Tabla 6-6**


*Lesiones Grietas en Sector Parquadero*

TIPO DE LESIÓN:	LOCALIZACIÓN DE LESIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN
GRIETAS	PLACA DE CONTRAPISO	Presencia de grietas generada por empujes de tierra y deformaciones de placa
	<b>CLASIFICACIÓN DE LA CAUSA</b>	
	<b>DIRECTA</b>	<b>INDIRECTA</b>
	<b>Mecánicos – Empujes</b>	<b>Procedimientos</b>
	<b>PREDIAGNÓSTICO</b>	
<p>1. - Daños en los sitios cercanos a la junta y posible desintegración de las aristas de la misma.                  2. - Reparación inadecuada de fisuras afectando la junta e impidiendo su función en las deformaciones.                  3. - Malos procedimientos en la generación o corte de junta.                  4. - Socavación de la parte inferior del muro de mampostería.                  5. - Fallas constructivas y de supervisión.</p>		
<b>PRONOSTICO:</b>		
<p>1. - Posible generación de más fisuras y grietas                  2. - Desgaste y pérdida de material.                  3. - Desgaste Verticales, debido a otros muros o por esfuerzo de tierras. -Horizontales.                  4. - Es la disfuncionalidad de una obra, tanto en proceso constructivo como ya construida. Los procesos constructivos seguidos.                  5. - Sobrecosto en reparaciones.                  6. - Pérdidas económicas.</p>		
<b>PREVENCIÓN / INTERVENCIÓN</b>		
<b>Eliminar Causa</b>	<b>Reparación Efecto</b>	<b>Prevención</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Generación de junta de construcción y/o dilatación con las medidas respectivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reparación superficial localizada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar la capacidad portante del terreno</li> </ul>

**Fuente:** Propia



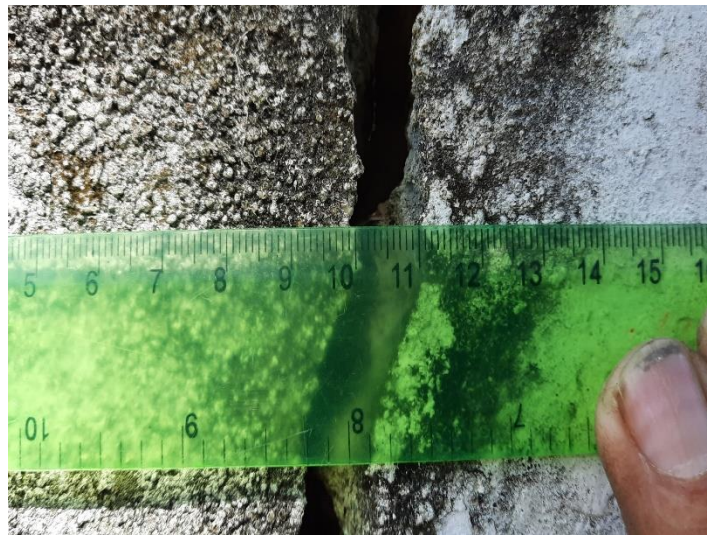
**Tabla 6-7**  
*Lesiones Humedad en Sector Lockers*

TIPO DE LESIÓN:	LOCALIZACIÓN DE LESIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN		
HUMEDAD	MURO DE MAMPOSTERIA	Presencia de humedad generada por fenómenos de capilaridad ascendente por tal motivo se presenta acumulación de suciedad.		
				
			<b>CLASIFICACIÓN DE LA CAUSA</b>	
			<b>DIRECTA</b>	<b>INDIRECTA</b>
			<b>Físicos – Humedad</b>	<b>Mantenimiento</b>
			<b>PREDIAGNÓSTICO</b>	
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. - Falencia en el normal mantenimiento de la estructura.</li> <li>2. - El proceso patológico más frecuente aparece en aquellos contactos de agua, generando espacios de humedad donde se potencia la proliferación de vectores y hongos.</li> <li>3. - Zonas aptas de generación de humedades ya que están cerca de conducción de fluidos.</li> <li>4. - Factores climáticos como brillo solar y exposición a la lluvia.</li> </ol>		
		<b>PRONOSTICO:</b>		
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. - Lesiones Generales en toda el área de mampostería de suciedad.</li> <li>2. - Generar limpieza y generar mejoras para evitar la proliferación de agentes biológicos que interfieran en las lesiones de la obra.</li> <li>3. - Hacer el seguimiento del proceso patológico desde los inicios hasta la realización del proyecto.</li> <li>4. - Es la disfuncionalidad de una obra, tanto en proceso constructivo como ya construida. Los procesos constructivos seguidos.</li> <li>5. - Sobrecosto en reparaciones.</li> <li>6. - Pérdidas económicas.</li> </ol>		
<b>PREVENCIÓN / INTERVENCIÓN</b>				
<b>Eliminar Causa</b>	<b>Reparación Efecto</b>	<b>Prevención</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrodispersables o emulsiones Utiliza,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recomienda concentrar las actividades de LAVADO e HIDROFUGADO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternativas con inyección de productos consolidantes que, además de una mejora de cohesión, permite una hidrofugación en masa de los muros.</li> </ul>		

**Fuente:** Propia




**Tabla 6-8**  
*Lesiones Grietas en Sector Archivo*

TIPO DE LESIÓN:	LOCALIZACIÓN DE LESIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN
GRIETAS	MURO DE MAMPOSTERIA	Presencia de grietas en el muro oriental del cuarto de archivo, producido por un fenómeno de remociones de masa presentado en este constado del paciente
		<b>CLASIFICACIÓN DE LA CAUSA</b>
		<b>DIRECTA</b>
		<b>Mecánico – Empujes</b>
		<b>INDIRECTA</b>
		<b>Diseño Constructivo</b>
		<b>PREDIAGNÓSTICO</b>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>- Cargas laterales excesivas en los muros generadas por movimientos de tierra generando torsionalidad en la estructura.</li> <li>- Presencia de asentamientos diferenciales del terreno, provocando desplazamiento de la cimentación.</li> <li>- Deformaciones mecánicas del suelos de fundación de la estructura.</li> </ol>
		<b>PRONOSTICO:</b>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>- Posible generación de más fisuras y grietas</li> <li>- Desgaste y pérdida de material.</li> <li>- Desgaste Verticales.</li> <li>- Es la disfuncionalidad de una obra, tanto en proceso constructivo como ya construida. Los procesos constructivos seguidos.</li> <li>- Sobrecosto en reparaciones.</li> <li>- Perdidas económicas.</li> </ol>
<b>PREVENCIÓN / INTERVENCIÓN</b>		
<b>Eliminar Causa</b>	<b>Reparación Efecto</b>	<b>Prevención</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de junta de construcción y/o dilatación con las medidas respectivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación superficial localizada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de los elementos, prever un diseño estructural de contención del suelos y de estabilidad de la estructura..</li> </ul>

**Fuente:** Propia




**Tabla 6-9**  
*Lesiones Suciedad en Sector Archivo*

TIPO DE LESIÓN:	LOCALIZACIÓN DE LESIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN	
SUCIEDAD	PLACA ENTRE PISO	En las cubiertas planas se evidencia la pérdida del foil de aluminio de la capa impermeabilizante,	
		<b>CLASIFICACIÓN DE LA CAUSA</b>	
		<b>DIRECTA</b>	<b>INDIRECTA</b>
		<b>Física – Suciedad</b>	<b>Mantenimiento</b>
		<b>PREDIAGNÓSTICO</b>	
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. - La adherencia de partículas a la superficie de la placa producidas por gravedad y electro estática.</li> <li>2. - Arrastre por el viento mezclado con la lluvia de partículas por la ubicación geográfica.</li> <li>3. - Se introducen las partículas en los poros del material, quedan expuestos al perder la capa de protección.</li> <li>4. - La humedad es uno de los agentes externos principales para generar este tipo de patologías.</li> </ol>	
<b>PRONOSTICO:</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. - Pérdida total de la capa impermeabilizante</li> <li>2. - Generar humedades dentro del recinto donde está ubicada la placa</li> <li>3. - Es la disfuncionalidad de una obra, tanto en proceso constructivo como ya construida. Los procesos constructivos seguidos.</li> <li>4. - Sobre costo en reparaciones.</li> <li>5. - Pérdidas económicas.</li> </ol>	
<b>PREVENCIÓN / INTERVENCIÓN</b>			
<b>Eliminar Causa</b>	<b>Reparación Efecto</b>	<b>Prevención</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de junta de construcción y/o dilatación con las medidas respectivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación superficial localizada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de los elementos, prever un diseño estructural de contención del suelos y de estabilidad de la estructura..</li> </ul>	

**Fuente:** Propia



**Tabla 6-10**  
Lesiones Grietas en Sector Archivo

TIPO DE LESIÓN:	LOCALIZACIÓN DE LESIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN	
GRIETAS	MUROS EN MAMPOSTERIA	Presencia de grietas en el muro oriental del cuarto de archivo, producido por un fenómeno de remociones de masa	
		<b>CLASIFICACIÓN DE LA CAUSA</b>	
		<b>DIRECTA</b>	<b>INDIRECTA</b>
		<b>Mecánicas – Empujes</b>	<b>Diseño Constructivo</b>
		<b>PREDIAGNÓSTICO</b>	
		<ol style="list-style-type: none"> <li>- Cargas laterales excesivas en los muros generadas por movimientos de tierra generando torcionalidad en la estructura.</li> <li>- Presencia de asentamientos diferenciales del terreno, provocando desplazamiento de la cimentación.</li> <li>- Deformaciones mecánicas del suelos de fundación de la estructura.</li> </ol>	
<b>PRONOSTICO:</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>- Posible generación de más fisuras y grietas</li> <li>- Desgaste y pérdida de material.</li> <li>- Desgaste Verticales.</li> <li>- Es la disfuncionalidad de una obra, tanto en proceso constructivo como ya construida. Los procesos constructivos seguidos.</li> <li>- Sobrecosto en reparaciones.</li> <li>- Pérdidas económicas.</li> </ol>	
<b>PREVENCIÓN / INTERVENCIÓN</b>			
<b>Eliminar Causa</b>	<b>Reparación Efecto</b>	<b>Prevención</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de junta de construcción y/o dilatación con las medidas respectivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación superficial localizada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de los elementos, prever un diseño estructural de contención del suelos y de estabilidad de la estructura..</li> </ul>	

**Fuente:** Propia

#### 6.4.4. Descripción de la patología más relevante en el paciente

La patología más relevante de la institución de salud hospital San Vicente de Paul se ha presentado por un fenómeno natural denominad remoción de masa, la edificación esta recostada hacia el costado oriente donde la topografía está bastante empinada ubicada en la orilla de la ladera obligando a la montaña general empujes del suelo presenta el cual le genero a una parte del paciente patologías tan delicadas como asentamientos diferenciales, torsionalidad, y en consecuencia se presentó grietas de más de 20 mms. en muros, pisos y placa convirtiendo esta parte del hospital San Vicente de Paul en una estructura inestable



y muy propensa al colapso si no se toman medidas correctivas inmediatas. Como se evidenció en la visita del día 4 de mayo 2021, en esta zona existen ya muchas edificaciones construidas, entre ellas edificaciones de dos y tres pisos, y, ni el área de proyecto objeto de este estudio ni los predios vecinos, todos construidos, poseen taludes, cambios de pendiente abrupta en el terreno, deslizamiento de suelo o roca, reptación, flujos de material ó caídas y volcamiento de material que sea determinante para definir la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de remoción en masa.



*Figura No. 11 Estado Actual de la Edificación*  
*Fuente: Propia.*

#### 6.4.5. Clasificación y Origen de las Patología

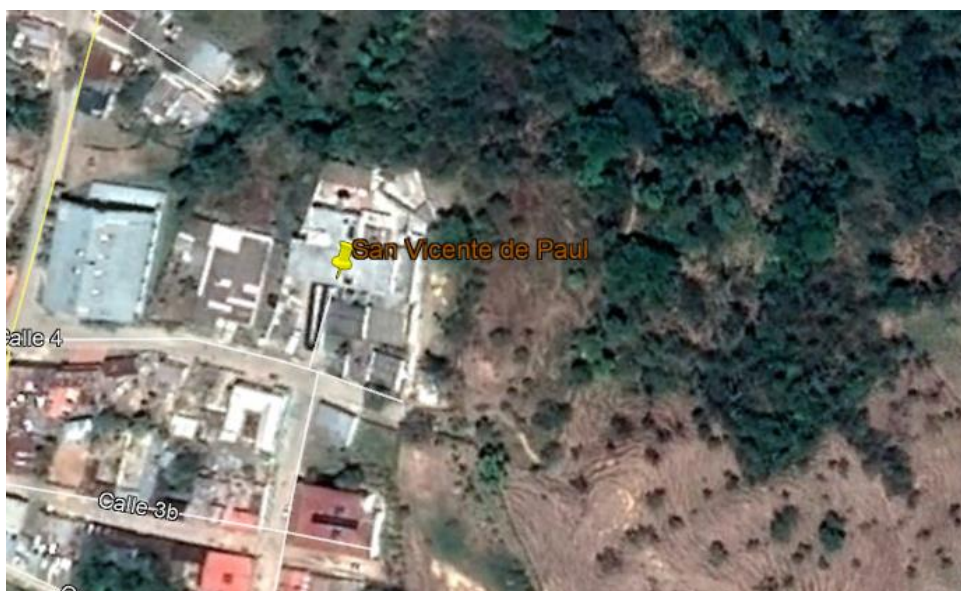
La historia clínica del paciente, después de realizar la visita y recopilación de la información procesado los datos ser realizaron fichas resumen en las cuales se clasifican

sus antecedentes, se diagnostica los posibles daños y se califican visualmente las lesiones halladas. como se refleja en las fichas patológicas del Anexo 5 Fichas De Historia Clínica.

#### 6.4.6. Datos Generales del Entorno

##### 6.4.6.1. Localización

El Municipio de San Juan de Rioseco está ubicado en la provincia de Magdalena Centro a una distancia de 117 kilómetros de Bogotá, cuenta con una extensión de 323 Km<sup>2</sup>, altura de 1303 m.s.n.m. y su altitud de 4°50.



**Figura No. 12** Localización General del Proyecto.  
**Fuente:** Google Earth.



**Tabla 6-11**

Cuadro de Coordenadas

Origen (Gauss-Krüger Colombia)	Coordenadas Elipsoidales		Coordenadas (Gauss- Krüger)		Altitud (m.s.n.m.)
	LATITUD (N)	LONGITUD (W)	NORTE (m)	ESTE (m)	
<b>Bogotá – MAGNA</b>					
<b>Latitud (N)</b>					
<b>4°35'46.3215"</b>	4°50'44.83"N	74°37'13.19"O	1027623,730	939786,913	1264
<b>Longitud (W)</b>					
<b>74°04'39.0285"</b>					

**Fuente:** Propia

## 6.5. Límites

San Juan de Rioseco se encuentra delimitado por los siguientes municipios:

**Tabla 6-12**

*Delimitación Municipal*

<b>Hacia el Norte</b>	<b>Municipio de Chaguaní.</b>
<b>Hacia el Sur</b>	Municipios de Beltrán y Pulí.
<b>Hacia el Oriente</b>	Municipios de Vianí y Quipile.
<b>Hacia el Occidente</b>	Departamento del Tolima, río Magdalena de por medio.

**Fuente:** (Wikipedia, s.f.)

### 6.5.1. Edificaciones u Obras Vecinas Medio Ambiente

El área de proyecto se encuentra en un terreno inclinado con pendientes que no superan el 17% (10°) dentro del área de proyecto y se encuentra ubicado en el municipio de San Juan De Rioseco (Cundinamarca).

San Juan de Rioseco tiene clima oceánico. Presenta una temperatura anual promedio de 19° y la precipitación media anual es 1216 mm. La humedad media es del 83% y el Índice UV es 4.

En cuanto a la hidrología, presenta un comportamiento bimodal el cual corresponde en los meses de octubre hasta noviembre y de abril a mayo.

Las condiciones ambientales del municipio afectan la estabilidad del paciente debido a la temperatura de la zona por lo cual se requiere ventilación apropiada, disminuyendo el calor, la humedad, vapores, polución y olores acumulados en el interior del edificio.

Con la visita de campo se evidencio en el costado oriente que se presentan Movimientos en Masa, clasificando como un deslizamiento que está asociado con la mecánica específica de fallas por la pendiente y las propiedades del tipo de suelos; este tipo de falla se determina como deslizamiento de traslación. (Departamento del Interior de los EE.UU., 2008, pág. 14).

### **6.5.1.1. Temperatura**

La altitud del área varía entre 600 metros sobre el nivel del mar (msnm) en el valle del río Apulo y 3.150 msnm en el Cerro Juarica, en la Serranía de Tabío. La temperatura varía entre 24° y 8°C, y presenta climas meso-térmicos y de tundra (IGAC, 1980). La vegetación es de bosque tropical, ombrófilo montano y submontano, ombrófilo nublado y de matorral denso (IGAC, 1980). La principal actividad del área es la agricultura y la ganadería; la minería se soporta básicamente en los materiales de construcción.

La temperatura media anual para el municipio presenta dos franjas diferenciadas, una al oriente y otra al occidente. En la zona oriental de San Juan de Rioseco la temperatura promedio es de entre 18°C y 24°C, a excepción de una parte al suroriente, en límites con

Pulí, donde la temperatura es mayor a 24°C. En la parte occidental, correspondiente en gran parte al sector de Cambao, la temperatura es mayor a 24°C.

Los pisos térmicos presentes en el municipio también corresponden a las zonas oriental y occidental. Al oriente del municipio se encuentran los pisos térmicos de templado semiárido y templado semi húmedo con una pequeña franja de cálido árido. En el occidente del municipio el piso térmico predominante es cálido árido.

Por último, el municipio corresponde los climas semiárido y semi húmedo.

**Tabla 6-13**

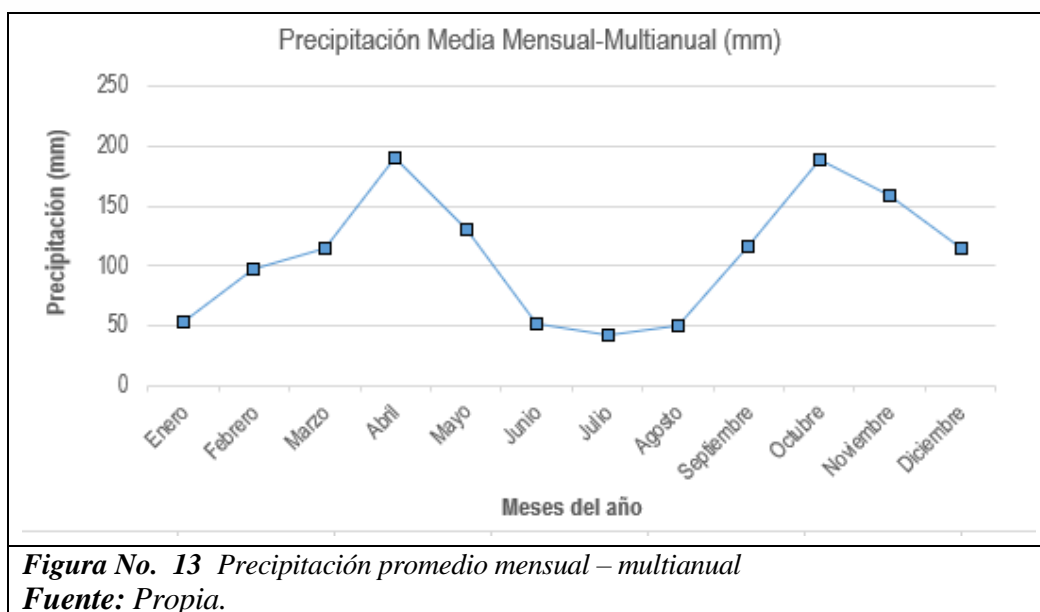
*Descripción general y climatológica*

<b>Altura (m.s.n.m)</b>	<b>1.303</b>
<b>Temperatura</b>	21°C.
<b>Pisos térmicos</b>	Templado.

**Fuente:** Wikipedia, s.f.

### 6.5.1.2.▪ Precipitaciones

En el municipio de San Juan de Río seco, se registran valores, con precipitaciones mensuales que varían entre los 40 mm y los 200 mm, donde se caracteriza por presentar dos periodos lluviosos intercalados por uno seco, con una precipitación anual de aproximadamente 1.300 mm/año.



### 6.5.1.3. Evaporación

La evaporación en el área es de 1744.8 mm al año, lo que implica un déficit de más de 116 mm anuales. Las mayores tasas de evaporación se dan entre julio y septiembre, que corresponden a los meses de menores precipitaciones.

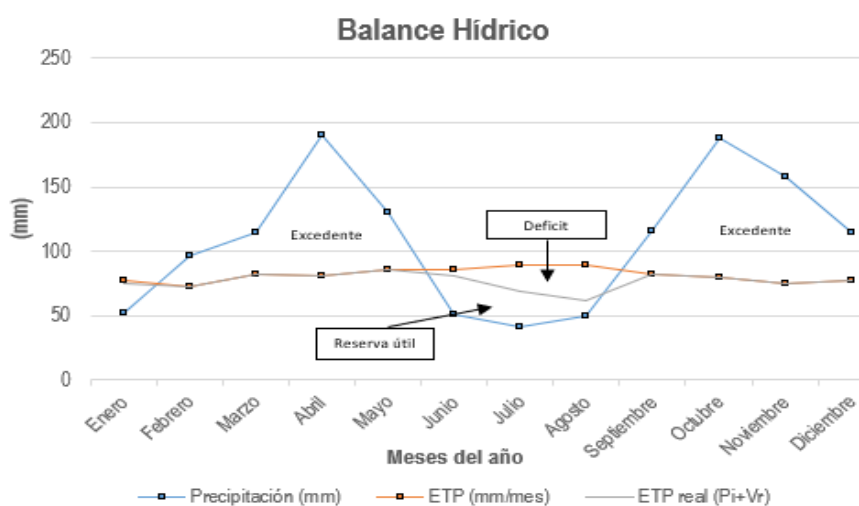
### 6.5.1.4. Humedad relativa

Durante el invierno la humedad relativa es 95% y en verano mínimo 75%.

### 6.5.1.5. Nivel freático y escorrentías

En general todo lo que corresponde a la zona que enmarca el occidente del departamento de Cundinamarca está bajo condición de recarga y déficit de humedad el cual es marcado en la temporada de mitad de año, donde las condiciones de recarga se encuentran sectorizadas, debido a esto se ve la distribución de los cultivos, ya que algunos demandan

más agua que otros, influyendo el estado de saturación de los suelos aportando desecación de los suelos. En la **Figura No. 13** Precipitación promedio mensual – multianual **Figura No. 13** se aprecia que la precipitación en la mayoría del año es mayor que la evapotranspiración con lo que el suelo permanece parte del año en condición saturada. En la temporada donde la evapotranspiración es mayor que la precipitación en la zona (junio a agosto), permite que el suelo tenga una pérdida continua de humedad y su recarga siempre se encuentre en déficit exceptuando los periodos bimodales, produciendo desecación en los estratos superiores del perfil estratigráfico, existiendo una pérdida de humedad del suelo.



**Figura No. 14** Comparación entre la evapotranspiración y precipitación.  
**Fuente:** Propia.

### 6.5.2. Arquitectura Calificación

El proyecto Hospital San Vicente de Paul del municipio de San Juan de Rioseco, dentro del casco urbano. Tipológicamente como prestador indispensable para la necesidad de la comunidad, presenta una arquitectura ajustada a la época de 1960 con las distribuciones



sin contemplación de alguna normativa. Cuenta además con un área de intervención de cirugías menores, dentro de sus espacios tienen, resección, urgencias, administración, áreas para procedimientos, farmacia, lavandería, depósito de cadáveres, etc, debido que el hospital está en unas condiciones no aceptables la administración municipal con la ayuda de Gobernación de Cundinamarca ha decidido realizar una actualización en la parte arquitectónica como en su sistema estructural.

#### **6.5.2.1. Calificación.**

En términos generales el estado arquitectónico del hospital San Vicente de Paul está de acuerdo a la época de su construcción. Para que sea funcional y cumpla con la normativa marco del sector salud Norma Para Diseño Y Construcción De Hospitales Y Establecimientos De Salud se parte de que el estado actual con la arquitectura y su funcionalidad se clasifica como MALA.

#### **6.5.2.2. Estilo Arquitectónico.**

Las características arquitectónicas del proyecto no permiten catalogarlo dentro de un estilo arquitectónico específico. Se enmarca dentro de una arquitectura de estilo contemporáneo convencional, en donde predomina la volumetría sencilla, que responde en mayor medida a la ubicación más provechosa dentro del lote, la topografía, las áreas y alturas mínimas.

### 6.5.2.3. Contexto Histórico.

El hospital tiene un criterio definido en lo social, económico, geográfico, ideológico político y jurídico del municipio, también tiene instalaciones para atender urgencias, bebés recién nacidos y contemplan consultas ambulatorias llamadas “hospital de día” donde se preocupan en dar diagnósticos sin necesidad de hospitalizaciones.

El florecimiento de las directivas monacales entregó, además, a la construcción de hospitales, que, junto con los hospicios y escuelas, funcionaron como parte integral de los monasterios. A lo largo de las cruzadas, la tarea primordial de las directivas religiosas era proteger de los enfermos y estas directivas construyeron un enorme conjunto de hospitales, en especial en el sector del Mediterráneo. En el siglo XVIII, se construyeron los primeros hospitales municipales dirigidos por autoridades civiles. Desde medio siglo XIX, el número de hospitales creció, debido más que nada al hallazgo de la anestesia y de las técnicas quirúrgicas asépticas. El alojamiento de los pacientes se apoya en aulas, habitaciones semiprivadas (dos a 6 camas) y habitaciones privadas, aulas de aislamiento, aulas de recién nacidos y aulas especiales para prematuros, aulas para enfermos y aulas de espera.

#### 6.5.2.4. Materiales, Sistema Constructivo, Proceso Constructivo

El paciente hospital San Vicente de Paul está construido. Por lo anterior se evidenció que la estabilidad global de la estructura está dada por un sistema de muros de mampostería no reforzado en algunas zonas ubicadas en sogá y tizón con espesores de aproximadamente 0.30m y muros simples con espesor de 0.15m en ladrillo recocido, No presenta diseños complementarios como, diseño eléctrico, diseño hidrosanitario y de gases medicinales. Las principales características del proyecto se describen a continuación:

- Cimentación, La cimentación de la edificación está conformada por medio de un sistema de cimientos corridos los cuales se encuentran a lo largo de los muros de carga como se evidencian en los planos estructurales
- Estructura y Mampostería, Se construyeron los muros recocidos que hacen parte del sistema estructural y como muros divisorios en el interior y ladrillo a la vista para los paños de cerramiento en el exterior, debidamente adoveladas y reforzadas horizontal y verticalmente, apoyadas sobre la estructura en concreto.
- Cubierta, La cubierta de la edificación en el sector A está conformada por medio de un sistema de cubierta liviana el cual está apoyado por medio de un sistema de mampostería no reforzada, en el sector B y C se presenta una cubierta maciza que está conformada por un sistema de placa aligerada igual que en los pisos inferiores.

- Acabados, Los acabados del hospital son básicos. Dentro de los elementos más significativos se encuentra la ventanearía en lamina cold rolled pintadas de color blanco, puertas y barandas de puntos fijos metálicas, puertas de acceso a apartamentos metálicas, y enchape cerámico para las circulaciones de zonas comunes, y baños públicos.

### **6.5.3. Estructura Calificación**

El proyecto concebido como construcción institucional servicios de salud, fue construido con el sistema estructural que por la época no lo regía ninguna normatividad, al no estar construida con parámetros de ninguna norma la estructura está en una calificación MALA.

#### **6.5.3.1. Calificación.**

La clasificación de la estructura se define por diseño y construcción, por estado de la propia estructura y por la evaluación de la estructura en general.

#### **6.5.3.2. Por Diseño y Construcción (A. 10.2.2.1-NSR10).**

De acuerdo a lo establecido en la calificación Por Calidad de Diseño y la construcción de la estructura original A.10.2.2.1 la Calificación del conjunto es: REGULAR, No se encuentra información del seguimiento de procesos constructivos y calidad del material, no fue sometido al proceso de supervisión técnica especificada no estaba vigente esta normativa en el momento de la construcción.

No se cuenta con información técnica ni de su diseño y posterior construcción no se evidencia Licencia de Construcción:

- Control de planos: No se evidencia información.
- Control de Especificaciones: No se evidencia información.
- Control de Materiales: No se evidencia registro de ensayos ni información.
- Control de calidad: No se evidencia registro de ensayos ni información.
- Control de la ejecución: No se evidencia registro de ensayos ni información.
- Elementos no estructurales: No se evidencia diseños ni información

#### **6.5.3.3. Por Estado de la Estructura (A. 10.2.2.1-NSR10).**

De acuerdo a lo establecido en la calificación Por Estado de la Estructura A.10.2.2.2 la Calificación del conjunto es: **REGULAR**, teniendo en cuenta que no se encuentra registros en el archivo ni información aportados por la Administración del municipio y del hospital en relación a la trazabilidad que le no se han realizado intervenciones a la estructura; independiente de la construcción de la rampa en el año de 1997 y tampoco se ha venido realizando los trabajos de control topográfico para teniendo en cuenta que se el paciente se encuentra en una zona de amenaza de remoción de masa, para los que sería indispensable en realizar mediciones topográficas de control planimétrico y altimétrico en los sectores que se encuentran aldaños a la ladera de la montaña.

#### 6.5.3.4. Evaluación de la Estructura en general

Debido que el hospital San Vicente de Paul del municipio de San Juan de Rioseco no presenta un sistema estructural acorde a lo impuesto en el Reglamentos Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Titulo A.10.4.3.4 resistencia efectiva se puede clasificar como MALA, por lo anterior, el hospital San Vicente de Paul no presenta un sistema de resistencia sísmica.

**Tabla 6-14**

*Sistema Estructural de Muros de Carga*

	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
$\phi_c$ o $\phi_e$	1.0	0.8	0.6

*Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*

#### 6.5.1. Análisis de Vulnerabilidad

##### 6.5.1.1. Identificación de Sistema Estructural

Al realizar la inspección de la edificación y al no tener un sistema estructural competente y homologado por la norma debido a la zona de amenaza sísmica en la que se encuentra (DMO), no es válido el análisis de vulnerabilidad sísmica (revisión de parámetros de sobreesfuerzo y de deformación), debido a que este sistema estructural no tiene opción de reforzamiento para mejorar su ductilidad y mejorar su capacidad de decoración.



**Tabla 6-15**  
*Sistema Estructural de Muros de Carga*

A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA		Valor $R_0$ (Nota 2)	Valor $\Omega_0$ (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			alta		intermedia		Baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	Altura máx.
1. Paneles de cortante de madera	muros ligeros de madera laminada	3.0	2.5	si	6 m	si	9 m	si	12 m
<b>2. Muros estructurales</b>									
a. Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	5.0	2.5	si	50 m	si	sin limite	si	Sin limite
b. Muros de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	4.0	2.5	no se permite		si	50 m	si	Sin limite
c. Muros de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	el mismo	2.5	2.5	no se permite		no se permite		si	50 m
d. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DES) con todas las celdas rellenas	el mismo	3.5	2.5	si	50 m	si	sin limite	si	Sin limite
e. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO)	el mismo	2.5	2.5	si	30 m	si	50 m	si	Sin limite
f. Muros de mampostería parcialmente reforzada de bloque de perforación vertical	el mismo	2.0	2.5	Grupo I	2 pisos	si	12 m	si	18 m
g. Muros de mampostería confinada	el mismo	2.0	2.5	Grupo I	2 pisos	Grupo I	12 m	Grupo I	18 m
h. Muros de mampostería de cavidad reforzada	el mismo	4.0	2.5	si	45 m	si	60 m	si	Sin limite
i. Muros de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía)	el mismo	1.0	2.5	no se permite		no se permite		Grupo I (Nota 3)	2 pisos

**Fuente:** Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10

En la tabla A.3.1 de la NSR-10 que se muestra, se puede observar que los sistemas estructurales posibles en mampostería para usar como sistema estructural (a,b,c,d,e y h) son de muros con unidades de mampostería de cavidad vertical que no corresponden con los presentes en la edificación o con una cavidad entre muros para la inyección y reforzamiento entre estos.

Mientras que los muros sistemas estructurales (f y g) no son permitidos para el tipo de uso de la edificación.

De esta forma el correcto procedimiento a seguir es la incorporación de un sistema de resistencia sísmica permitido por la norma para la zona de amenaza sísmica, por lo anterior se procede a realizar un diagnóstico general y recomendaciones finales y



proponer en los planos de reforzamiento un sistema de resistencia sísmica avalado por la norma.

#### 6.5.1.2. Caracterización Geoambiental

Dado la importancia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes (NSR-10), Servicio Geológico Colombiano (SIMMA), e Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático (IDIGER), para el estudio de estabilidad global del área de influencia del proyecto basados en la información disponible en las entidades del gobierno (entes productores de información), para el presente estudio se formuló un plan para la adopción de un sistema de información que sirva como herramienta para la coordinación, integración, disposición, mejoramiento de la información geográfica y toma de decisiones para la mitigación de posibles riesgos naturales sobre las estructuras mediante estudios de planificación de gestión del riesgo.

Teniendo en cuenta que el SIG es un medio sistemático para la recolección de la información disponible sobre una unidad de espacio geográfico, para el presente estudio de caso se identifica cada dato sobre un aspecto en particular (geología, uso del suelo, hidrología, precipitación, etc.), se genera un mapa con la información que revela las relaciones espaciales entre los distintos atributos y se evalúa el impacto de los eventos naturales sobre las actividades de desarrollos existentes, a través de la formulación y



comprobación de una hipótesis con la que se pueda establecer la relación entre diferentes factores geoambientales y la ocurrencia de movimientos en masa.

Para la presente caracterización geoambiental del área del proyecto, se empleará el enfoque propuesto por la Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, donde la caracterización geoambiental para zonificación de amenaza por movimientos en masa comprende el levantamiento de la información referente tanto del perfil estratigráfico del sitio de trabajo como al inventario de procesos morfodinámicos que brinda información sobre la ubicación de los procesos, tipos y frecuencia de ocurrencia, entre otros, asimismo, abarca los factores condicionantes los cuales tienen un efecto en la ocurrencia de movimientos en masa y son empleados tanto en la explicación de los procesos existentes, como en los que se esperan puedan ocurrir en el área de influencia. En cuanto a los factores detonantes estos se refieren a los estímulos externos sobre el terreno que modifican sus condiciones de estabilidad tales como lluvias intensas, sismos, erupciones volcánicas o erosiones de cauces (Wieczorek, 1996).

Es de anotar que las relaciones de causalidad entre la ocurrencia de movimientos en masa, los factores condicionantes y los factores detonantes, depende de las particularidades geoambientales de la zona de estudio, por tal a continuación se presenta de manera detallada el levantamiento y caracterización de los factores condicionantes (geología, geomorfología, cobertura de la tierra y uso de suelo), así como los factores detonantes (lluvia y sismo) para la zonificación del área de influencia del estudio que se adelanta.

### 6.5.1.3. Metodología y Desarrollo

En el presente trabajo se realizó la compilación de datos, con el fin de abordar tanto la caracterización geológica – geotécnica como el fenómeno de remoción en masa en la zona de estudio, a través de información primaria de campo, uso del software ArcGIS y las bases de datos nacionales y regionales, cuyo objetivo es el análisis de información geográfica, diagnosticar los riesgos y la vulnerabilidad a la que están expuestos la comunidad y los recursos naturales de dicha zona; este software fue empleado para la visualización de datos correspondientes a los factores causales de movimientos en masas como el caso de cobertura de suelo, geología, geomorfología, hidrología y nivel de erosión, entre otros.

Dado que dentro de los objetivos del estudio es brindar herramientas para el seguimiento y comparación de los resultados tanto de campo como de análisis, en **Tabla 6-16** *Lista de factores causales de movimientos* **Tabla 6-16** se presenta la selección de los factores condicionantes y detonantes mínimos para el cálculo de susceptibilidad y amenaza del área de estudio, de acuerdo con la disponibilidad de la información.



**Tabla 6-16**

*Lista de factores causales de movimientos*

1 CONDICIONES GEOLÓGICAS
Materiales plásticos débiles Materiales sensitivos Materiales colapsables Materiales meteorizados Materiales cizallados Materiales fisurados o diaclasados Discontinuidades en macizos o masas de suelo orientadas en la misma dirección de la ladera Discontinuidades estructurales Contraste en permeabilidades y de rigidez
2 CONDICIONES GEOMORFOLÓGICAS
Levantamiento tectónico Levantamiento volcánico Rebote glacial Erosión fluvial de la base del talud Erosión costera de laderas Erosión glacial de laderas Erosión de márgenes laterales Erosión subterránea Depósitos de material transportado en la base o cresta de la ladera Remoción de vegetación
3 PROCESOS FÍSICOS
Periodos de lluvia intensos Derretimiento súbito de hielo Precipitación prolongada Descenso de niveles de inundación o mareas altas Sismos Erupciones volcánicas Rompimiento de reservorios Contracción y expansión de suelos expansivos
4 PROCESOS ANTRÓPICOS
Excavación de laderas Imposición de cargas en el borde de laderas Desocupar reservorios Irrigación de laderas Sistemas de drenaje defectuosos Deforestación Minería Rellenos no técnicos Vibración artificial

**Fuente:** *Adaptada y modificada de* (van Westen, Rengers, & Soeters, Use of geomorphological Information in Indirect Landslide Susceptibility Assesment, 2003).

Como puede observarse en la **Tabla 6-16**, las características morfométricas que pueden obtenerse del DEM han sido incluidas en la temática de Geomorfología; los factores relacionados con los materiales ingenieriles tipo suelo y roca se agruparon en la temática de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) y caracterización geotécnica y los factores de uso del suelo, vegetación y actividad antrópica se agruparon en la temática de cobertura de la tierra y uso del suelo.



De otro lado, en la **Tabla 6-16** se muestra una representación esquemática de los principales datos de caracterización geoambiental para zonificación de amenaza por movimientos en masa.

**Tabla 6-17.**  
*Principales datos de caracterización geoambiental.*

DATOS	
TIPO	SUBTIPO
Inventario de procesos morfodinámicos	Inventario de procesos morfodinámicos
	Actividad de movimientos en masa
	Monitoreo de movimientos en masa
Factores condicionantes	DEM
	Morfología de las laderas
	Relieve interno
	Acumulación de Flujo
	Litología
	Estructura
	Fallas
	Tipos de suelo
	Profundidad del suelo
	Hidrología de la ladera
	Principales unidades geomorfológicas
	Unidades geomorfológicas detalladas
	Tipos de uso del suelo
Cambios en el uso del suelo	
Factores detonantes	Lluvia
	Temperatura / Evapotranspiración
	Catálogo de sismos
	Aceleración del terreno

**Fuente:** *Adaptada y modificada de* (van Westen, Castellanos, & Kuriakose, Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assesment: An overview, 2008)

#### 6.5.1.4.Fuentes de Información

Se tomó como base la información obtenida por consulta en entidades estatales del orden nacional, regional y local, así como en organizaciones que forman parte del Comité Nacional para el Manejo de Desastres, la cual ha sido continuamente depurada y

compilada para diferentes áreas como consta en la **Tabla 6-17** y que además en su gran mayoría se encuentra disponible en base de datos siendo algunas de libre acceso en la Web.

**Tabla 6-18**

*Información secundaria recopilada de diferentes entidades públicas y privadas*

TIPO DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	ENTIDADES
Geología y Geomorfología Regional y Local	SGC, CAR´s, IDEAM, IGAC, Universidades Públicas y Privadas, Empresas Consultoras
Bases de datos e Inventarios de Movimientos en Masa	SIMMA (Base de datos del SGC), DESINVENTAR (Base de datos), INVIAS, CAR´s, Planeación Municipal y Departamental, UNGRD, CAR's, Empresas consultoras
Informes y Mapas de Movimientos en Masa	SGC, CAR´s, Universidades Públicas y Privadas, Planeación Municipal y Departamental, Empresas Consultoras
Reportes de emergencias por Movimientos en Masa	UNGRD, SGC, INVIAS, Defensa Civil, Cuerpo de Bomberos, Ejército Nacional, Policía Nacional, CMGRD

**Fuente:** (Servicio Geológico Colombiano, 2017)

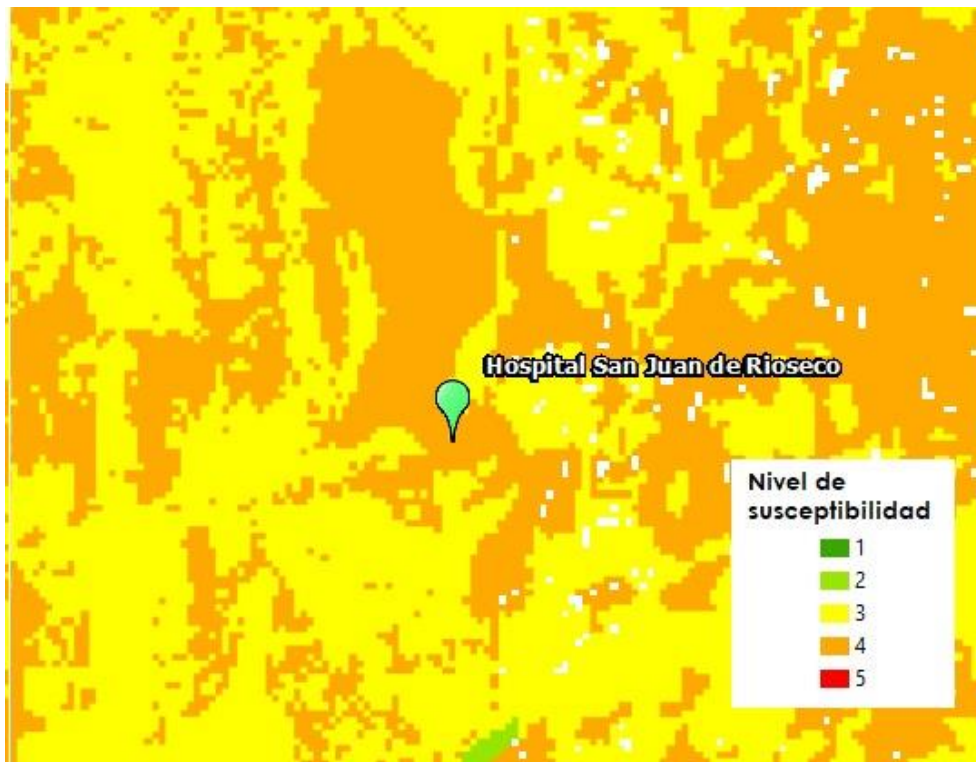
### 6.5.1.5. Evaluación de Procesos Morfodinámicos

La investigación y el análisis de los procesos morfodinámicos permite entender y comparar la ocurrencia de los movimientos en masa y sus características más importantes en el área de influencia del proyecto (Servicio Geológico Colombiano, 2017).



**Figura No. 15** Mapa de remoción en masa, SIMMA

**Fuente:** (Servicio Geológico Colombiano, s.f.)



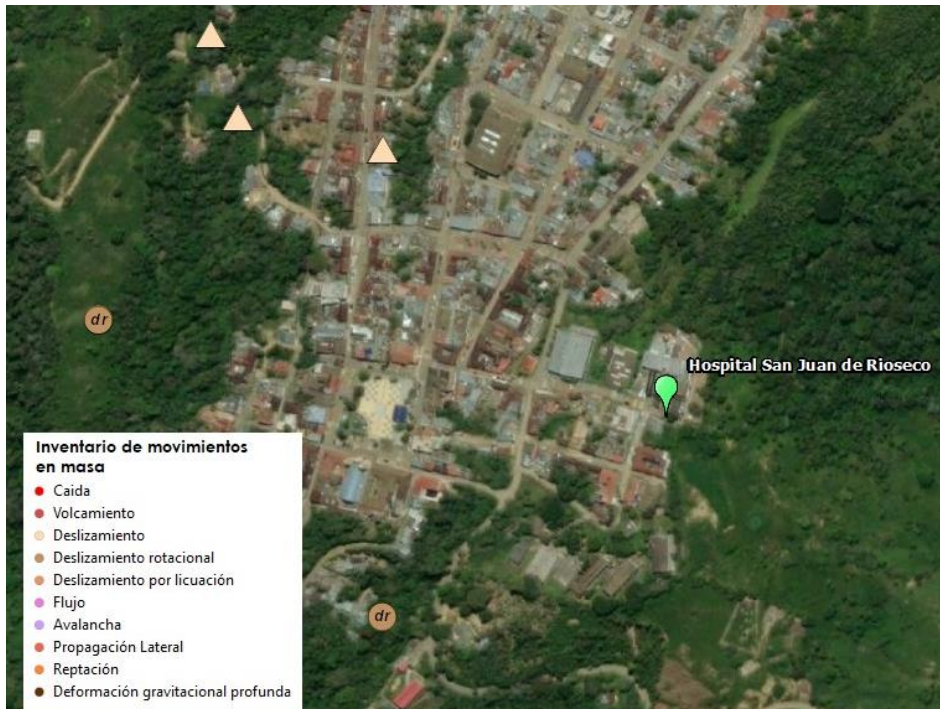
**Figura No. 16** Mapa susceptibilidad de deslizamientos.

**Fuente:** (Servicio Geológico Colombiano, s.f.)

En la información obtenida del Sistema de Información Movimientos en Masa (SIMMA) se establece que el área de estudio se encuentra en una zona de amenaza alta por procesos de movimientos en masa tal como lo deja ver la **Figura No. 15** teniendo en cuenta la información contenida en el catálogo de procesos de remoción en masa de SIMMA. Asimismo, de acuerdo con la **Figura No. 16**, la zona de susceptibilidad ante deslizamiento es media ( $>3.0$ ), sin embargo, en sitios aledaños a la zona de estudio no se han presentado procesos morfodinámicos importantes, como se observa en la **Figura No. 17**, por lo que podemos concluir desde el punto de vista de los fenómenos de afectación por movimientos en masa, se deduce que el lote de terreno no se encuentra en un lugar



específico dentro de un área crítica de amenaza o que pueda conllevar a recomendaciones específicas para este capítulo, dada su geomorfología.



**Figura No. 17** Catálogo e inventario de procesos de remoción en masa (Base de datos SCG)

**Fuente:** (Servicio Geológico Colombiano, s.f.)

La revisión de imágenes satelitales del sector, permitió la identificación de procesos morfodinámicos en la parte media de la geoforma montañosa y zonas con procesos de erosión severos, producto de acciones antrópicas.



Figura No. 18 Fotografía aérea año 2015 (Google Earth, 2020)

### 6.5.1.6. Geomorfología

Así como la zonificación de amenazas por movimientos en masa, la geomorfología constituye uno de los factores más importante para el análisis de la evolución del territorio y su relación con la ocurrencia de procesos con características definidas. A continuación, se presenta el análisis de las pendientes que presentan las geo-formas del área de estudio, ya que a través de esta herramienta se puede deducir la potencialidad que un terreno posee a ser susceptible a problemas de estabilidad. A partir del plano topográfico de curvas de nivel bajo representación matricial (ráster) se generó un mapa de pendientes y según la clasificación de las pendientes se puede evidenciar que el lote de terreno se encuentra en



un terreno con unas pendientes menores al 2% de inclinación lo cual indica un perfil o superficie plano a casi plano (*Tabla 6-19*).

**Tabla 6-19.**

*Rangos pendientes empleados con propósitos de análisis de ingeniería y zonificación de amenazas por movimientos en masa*

INCLINACIÓN (°)	PROCESOS CARACTERÍSTICOS Y CONDICIONES DEL TERRENO
0-2	Plano a casi plano. No hay denudación apreciable.
2-4	Suavemente inclinado. Movimientos en masa de baja velocidad y procesos erosivos de diferentes tipos, especialmente bajo condiciones periglaciares (soliflucción) y fluviales (erosión laminar y en surcos). Susceptible a desarrollar procesos erosivos.
4-8	Inclinado. Condiciones similares a las anteriores. Alta susceptibilidad a desarrollar procesos erosivos.
8-16	Moderadamente abrupto. Movimientos en masa de todos los tipos, especialmente soliflucción periglaciares, reptación y ocasionalmente deslizamientos, también erosión de tipo laminar y en surcos. Susceptible a erosión y deslizamientos.
16-35	Abrupto. Procesos denudacionales intensos de diferentes tipos (erosión bajo cubierta forestal, reptación, deslizamientos). Alta propensión al desarrollo de procesos erosivos.
35-55	Muy abrupto. Afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, depósitos granulares caóticos de poco espesor.
> 55	Extremadamente abrupto. Afloramientos rocosos. Procesos denudacionales muy fuertes, especialmente "denudación de escarpe"; susceptible a rodamiento de rocas.

**Fuente:** Tomado de (van Zuidam, 1986)

Para facilitar el análisis geomorfológico se adoptó la jerarquización geomorfológica propuesta por (Servicio Geológico Colombiano, 2012), la cual relaciona las escalas de trabajo con la subdivisión geomorfológica, la génesis y los ambientes morfogenéticos, según se muestra en la **Tabla 6-1**



Figura No. 19 Catálogo e inventario de procesos de remoción en masa (Base de datos SCG)



Geomorfo estructura	Provincia	Región	Unidades	Subunidades	Componentes
Sistema montañoso de la Guyana Sistema orogénico Andino Sistema orogénico costero y márgenes continentales	Peniplanicies de la Orinoquía Peniplanicies de la Amazonia	Ambiente denudacional Serranías denudacionales	Inselbergs Glacis Cerros residuales	Glacis erosión Deslizamientos Ladera denudada Conos deslizamiento	Barrancos Escarpes Coronas deslizamiento
		Ambiente fluvial Planicies Aluviales	Llanuras Inundación Abanico fluvial Terrazas fluviales	Basines Terrazas fluviales Deltas desborde Deltas lagunares Barras	Escarpe terraza Albardones Cauces
	Cinturón montañoso de San Jacinto Cinturón montañoso del Sinú	Ambiente marino Planicies Costeras	Espigas Terraza marina Tómbolo Plataformas de abrasión elevadas Isla Barrera	P. Abrasión Playas Llanuras intermareales	Acanitizados Crestas de playa Frente de playa Paleoacantilados
		Ambiente eólico Planicies desérticas	Planos de deflación Dunas Parabólicas Salares Wadis	Yardangs Hoyos de deflación Dunas de sombra	Planos interdunares Planos de Tafoni
		Ambiente estructural Serranías estructurales	Sierras homocinales Sierras anticlinales Espinazos Cuestas	Laderas estructurales Laderas de contrapendiente Comisas estructurales	Escarpes de falla Facetas Triangulares Lagos de falla Trincheras de falla
	Cordillera Central Plataforma Continental Pacífica	Ambiente volcánico Edificios volcánicos	Cráter volcánico Cono volcánico Flujo de lava Lahar	Ladera interna de cráter Cuello volcánico Ladera volcánica	Túnel de lava Cuello volcánico
		Ambiente glacial Serranías glaciadas	Kames Morrenas Sierras glaciadas	Arista glaciada Ladera estructura glaciada	Circo glaciar Planos de estrías glaciaria
		Ambiente kárstico Serranías karstificadas	Pojos Torres kársticas Cerro Pepino	Cañadas karstificadas Fondo de Poje	Dolinas Llaves Depresión kárstica
		Ambiente antropogénico Planicies antrópicas	Lóbulos de escombros Embalses Canteras	Flancos de cantera Planos de explanación	Canales Esplores Banca de caminos

Figura No. 20 Visión de la jerarquización geomorfológica (Servicio Geológico Colombiano, 2012)

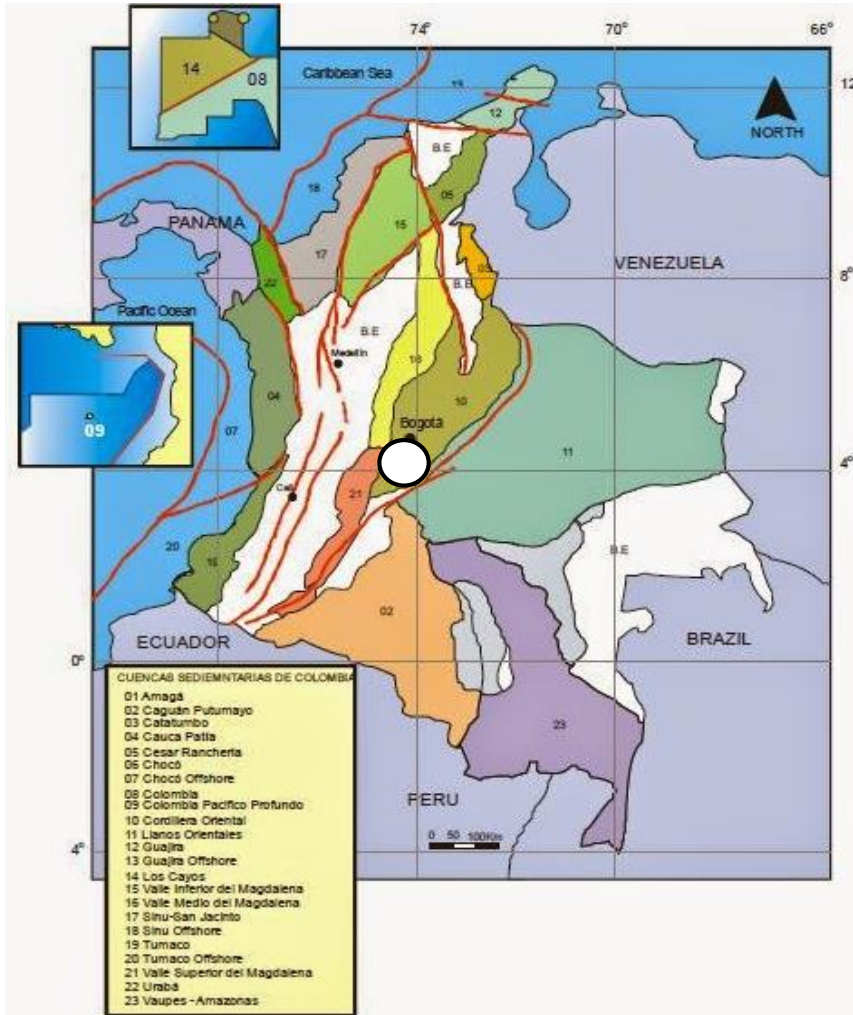


#### 6.5.1.6.1. Geomorfoestructura

Hace referencia a las grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales que han tenido deformación o basculamiento y posiblemente metamorfismo o intrusión ígnea (Megageoformas de origen tectónico) que para el área de influencia del proyecto corresponde al Sistema orogénico Andino.

#### 6.5.1.6.2. Provincias Geomorfólicas

Corresponde a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Localmente se relacionan con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia los cuales están delimitados por el trazo de megafacturas y suturas definidas o inferidas. El área de estudio se encuentra principalmente sobre las provincias geomorfológicas de la Cuenca superior del Magdalena.



**Figura No. 21** Provincias y cuencas geomorfológicas (Servicio Geológico Colombiano, 2012)

### 6.5.1.6.3. Regiones Morfogenéticas

Es la agrupación de las geoformas relacionadas genética y geográficamente. Están definidas por los ambientes morfogenéticos y geológicos afectados por procesos geomórficos parecidos y hacen alusión a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se generaron las geoformas, los cuales se determinan con base



en la interpretación de los procesos geomorfológicos registrados tanto de origen endógeno como exógeno, que dieron a la formación, evolución y modificación de las mismas. En el área de estudio se identificó un ambiente morfogenético de ambiente Estructural (E) que corresponde a las geoformas por la dinámica interna de la tierra, especialmente la asociada a plegamientos y fallamientos debido a la actividad tectónica, generando expresiones en el terreno que se combinan con los procesos de inundaciones posteriores.

#### 6.5.1.6.4. Subunidades Geomorfológicas

El término de unidad geomorfológica se define como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico constructivo a destructivo (acumulación o erosión) y está determinada por criterios genéticos, morfológicos y geomáticos.

Como se observa en la *Tabla 6-19* y *Tabla 6-20*, la zona de estudio se encuentra en la geoforma de ladera estructural de sierra sinclinal (Ssslc), que corresponde a remanente de estructuras sinclinales que por procesos de erosión sobre la alternancia de rocas intermedias (areniscas y conglomerados). La ladera de sierra sinclinal generalmente desnuda, está definida por estratos inclinados en favor de la pendiente del terreno, siendo de longitud corta, con forma cóncava y pendientes inclinadas a abruptas.

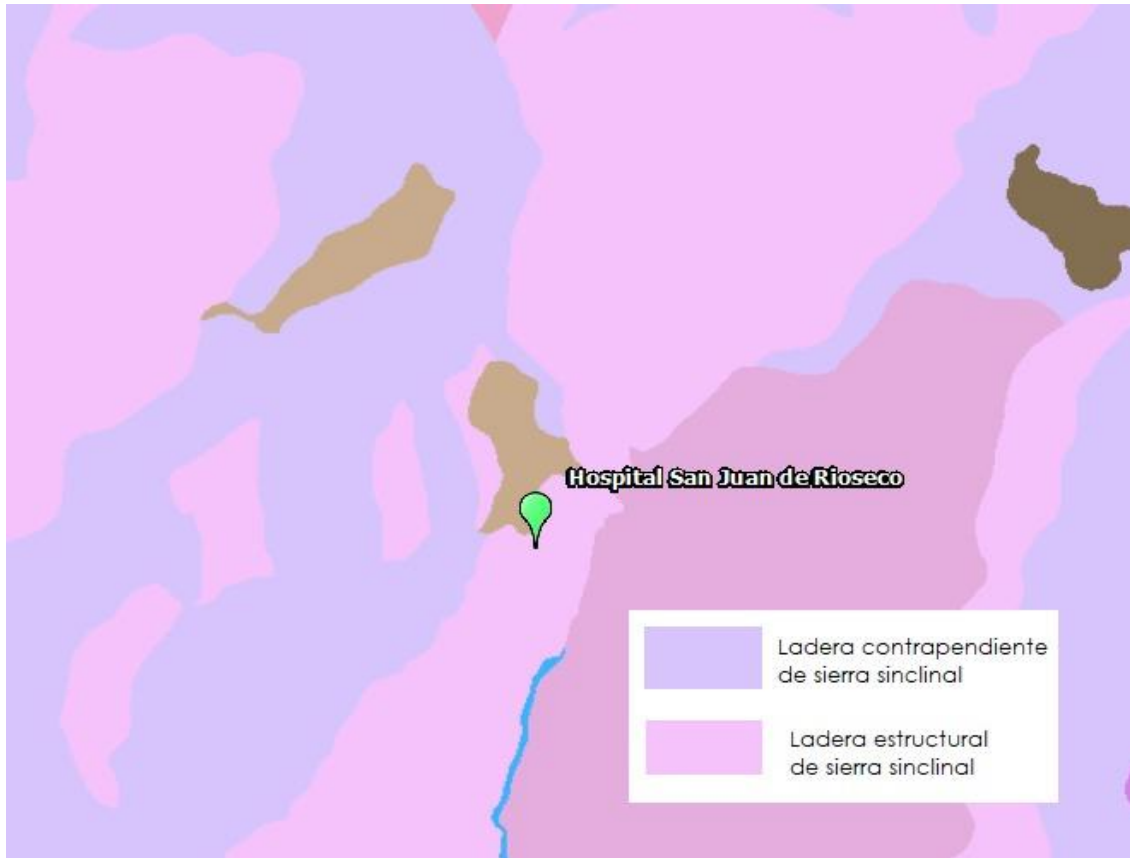


Figura No. 22 Geomorfología de la zona de estudio (Servicio Geológico Colombiano, s.f.)

Tabla 6-20

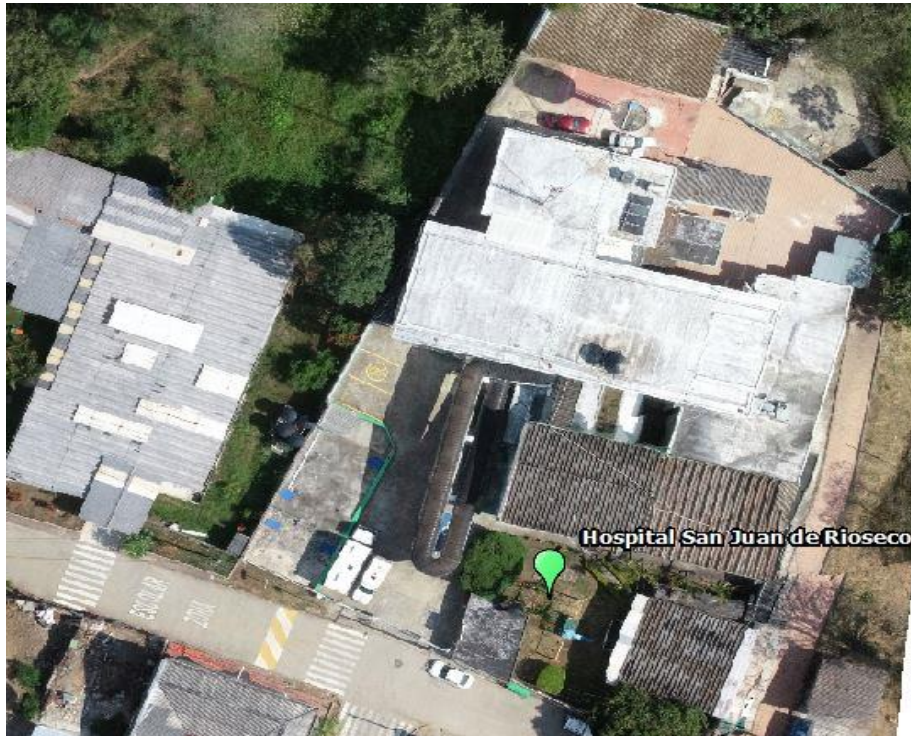
Unidades geomorfológicas para el área de estudio.

Geomorfoestructura	Provincia	Región	Unidad	Símbolo	Subunidad	Símbolo
CINTURÓN OROGÉNICO ANDINO	CUENCA INFERIOR DEL MAGDALENA	Estructural (E)	Ladera Estructural	Sle	Ladera estructural de sierra sinclinal	Sssle

Fuente: elaboración propia.



Correspondiente a la morfodinámica de la zona, en algunos lugares se observa la ocurrencia de flujos y movimientos en masa de tipo traslacional favorecidos por los planos de estratificación.





**Figura No. 23** Ladera estructural sinclinal de la zona.




**Fuente:** elaboración propia



6.5.1.7. Matriz de Vulnerabilidad

MATRIZ DE VULNERABILIDAD								
Estructura	Suelos	Materiales	Sismo	Agrietamiento	Humedad	Proceso remoción masa	Calificación	Color
 <p>Se Presenta humedad en el elemento generando el desprendimiento de la capa de recubrimiento del acero y pérdida de sección de la viga sobre la venta se evidencia que existen agentes oxidante y carbonatación del recubrimiento de concreto se evidencia falta de mantenimiento y exceso de humedad</p>	<p>En esta zona de estudio según el estudio Geotecnico se encuentra en la siguiente estratigrafía Arcilla limo-arenosa a una profundidad de 17 m. con Una <math>w=17\%</math> en promedio L.L.=43% en promedio IP= 25% en Promedio <math>\gamma=1.65</math> t/m<sup>3</sup> Promedio Clasificado en un tipo de suelo D</p>	<p>Concreto Reforzado de Resistencia 3000 PSI y Acero Corrugado de 60000 Psi</p>	<p>No Se han evidenciado sismos fuertes que sean protagonistas de la Patología presente</p>	<p>Las Fisuras y agrietamientos, son producidas por cargas laterales excesivas en los muros generadas por movimientos de tierra generando torcionalidad en la estructura.</p>	<p>La humedad presentada en el elemetos se debe a los apozamientos en la cubierta y el arrastre por el viento mezclado con la lluvia de partículas por la ubicación geografica.</p>	<p>Presencia de asentamientos diferenciales del terreno, provocando desplazamiento de la cimentación. Evidenciado en la información secundaria</p>	Alto	
 <p>Se evidencia aplastamiento de la columna en la zona de confinamiento causas que se presenta mala concecion de los diseos y moviemntos excesivos que producen el desprendimiento de la capa de recubrimiento del acero y pedida de sección del elemento sobre la venta se evidencia que existen agentes</p>	<p>En esta zona de estudio según el estudio Geotecnico se encuentra en la siguiente estratigrafía Arcilla limo-arenosa a una profundidad de 17 m. con Una <math>w=17\%</math> en promedio L.L.=43% en promedio IP= 25% en Promedio <math>\gamma=1.65</math> t/m<sup>3</sup> Promedio Clasificado en un tipo de suelo D</p>	<p>Concreto Reforzado de Resistencia 3000 PSI y Acero Corrugado de 60000 Psi</p>	<p>No Se han evidenciado sismos fuertes que sean protagonistas de la Patología presente</p>	<p>Las Fisuras y agrietamientos, son producidas por cargas laterales excesivas en los muros generadas por movimientos de tierra generando torcionalidad en la estructura.</p>	<p>La humedad presentada en el elemetos se debe a los apozamientos en la cubierta y el arrastre por el viento mezclado con la lluvia de partículas por la ubicación geografica.</p>	<p>Presencia de asentamientos diferenciales del terreno, provocando desplazamiento de la cimentación. Evidenciado en la información secundaria</p>	Alto	



 <p>Los cambios de temperatura la exposición directa a los rayos UV son factores detonantes para el mal estado de la cubierta, los vientos con llevan a una acumulación de suciedad en cada uno de los elementos de la cubierta.</p>	<p>En esta zona de estudio según el estudio Geotecnico se encuentra en la siguiente estratigrafía Arcilla limo-arenosa a una profundidad de 17 m. con Una <math>\omega=17\%</math> en promedio L.L.=43% en promedio IP=25% en Promedio <math>\nu=1.65</math> t/m<sup>3</sup> Promedio Clasificado en un tipo de suelo D</p>	<p>Cubierta liviana en estructura metálica cubierta con teja en Asbesto cemento</p>	<p>No Se han evidenciado sismos fuertes que sean protagonistas de la Patología presente</p>	<p>N/A</p>	<p>El proceso patológico más frecuente aparece en aquellos contactos de agua, pues generan las condiciones de humedad y temperatura necesarias para el desarrollo de los hongos de pudrición y de los insectos.</p>	<p>N/A</p>	<p>Medio</p>	<p></p>
 <p>En el muro de contención ubicado en el costado Oriental del Hospital la presencia de humedad es evidente que se genera por capilaridad ascendente son los principales agentes, Ataque del hormigón por aguas puras Es un proceso por el cual un agua poco ionizada es capaz de disolver el hidróxido cálcico del hormigón, provocando un aumento de la porosidad y de la permeabilidad y una disminución de la resistencia.</p>	<p>En esta zona de estudio según el estudio Geotecnico se encuentra en la siguiente estratigrafía Arcilla limo-arenosa a una profundidad de 17 m. con Una <math>\omega=17\%</math> en promedio L.L.=43% en promedio IP=25% en Promedio <math>\nu=1.65</math> t/m<sup>3</sup> Promedio Clasificado en un tipo de suelo D</p>	<p>Concreto Reforzado de Resistencia 3000 PSI y Acero Corrugado de 60000 Psi</p>	<p>No Se han evidenciado sismos fuertes que sean protagonistas de la Patología presente</p>	<p>Las Fisuras y agrietamientos, son producidas por cargas laterales excesivas en los muros generadas por movimientos de tierra generando torcionalidad en la estructura.</p>	<p>La humedad presentada en el elementos se debe a los apozamientos en la cubierta y el arrastre por el viento mezclado con la lluvia de partículas por la ubicación geográfica.</p>	<p>Presencia de asentamientos diferenciales del terreno, provocando desplazamiento de la cimentación. Evidenciado en la información secundaria</p>	<p>Alto</p>	<p></p>
 <p>Grietas en el muro oriental del cuarto de archivo, producido por un fenómeno de remociones de masa, se genero un fenómeno de deslizamiento se produce por el mal manejo de las aguas, no se genero una canalizacion y se vierten las aguas a la ladera contigua al Hospital</p>	<p>En esta zona de estudio según el estudio Geotecnico se encuentra en la siguiente estratigrafía Arcilla limo-arenosa a una profundidad de 17 m. con Una <math>\omega=17\%</math> en promedio L.L.=43% en promedio IP=25% en Promedio <math>\nu=1.65</math> t/m<sup>3</sup> Promedio Clasificado en un tipo de suelo D</p>	<p>Muros en Mampostería en arcilla con una resistencia 1500 PSI</p>	<p>No Se han evidenciado sismos fuertes que sean protagonistas de la Patología presente</p>	<p>Las Fisuras y agrietamientos, son producidas por cargas laterales excesivas en los muros generadas por movimientos de tierra generando torcionalidad en la estructura.</p>	<p>La humedad presentada en el elementos se debe a los apozamientos en la cubierta y el arrastre por el viento mezclado con la lluvia de partículas por la ubicación geográfica.</p>	<p>Presencia de asentamientos diferenciales del terreno, provocando desplazamiento de la cimentación. Evidenciado en la información secundaria</p>	<p>Muy Alto</p>	<p></p>



MATRIZ DE VULNERABILIDAD								
Elemento	Suelos	Materiales	Sismo	Agrietamiento	Proceso remoción masa	Inundación	Calificación	Color
Viga	BAJO	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO	BAJO	ALTO	ALTO
Columna	BAJO	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO	BAJO	ALTO	ALTO
Cubierta	BAJO	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO
Muro de Contencion	BAJO	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO	BAJO	ALTO	ALTO
Muros de Manpostería	BAJO	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO	BAJO	MUY ALTO	MUY ALTO

Etapas de vulnerabilidad		
Probabilidad de ocurrencia	Definición	Categoría
Frecuente	Significativa probabilidad de ocurrencia	A
Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia	B
Remota	Baja probabilidad de ocurrencia	C
Extremadamente remota	Difícil que ocurra	D

Clasificación del riesgo	
Categoría	Riesgo
1	Muy alto
2	Alto
3	Medio
4	Bajo

PROBABILIDAD						
SEVERIDAD		NADA PROBABLE	LIGERAMENTE PROBABLE	UN POCO PROBABLE	MUY PROBABLE	EXTREMADAMENTE PROBABLE
	INSIGNIFICANTE	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO
	MENOR	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	MODERADO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	CRÍTICO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	CATASTRÓFICO	MEDIO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO

### 6.5.1.8. Conclusiones del Análisis de Vulnerabilidad

1. La edificación está conformada por un sistema de resistencia sísmica que no es admitido por las normas vigentes para el tipo de uso que presentara la edificación y la zona de amenaza sísmica.
2. En el sitio crítico ubicado de estudio se ha identificado un fenómeno de flujo de tierras que afecta la ladera donde se ubica el Hospital San Vicente de Paul, muy probablemente iniciado por el movimiento entre los contactos de las capas y agravado debido a la infiltración significativa de agua en el subsuelo y al alta pendiente en el costado Oriente de la edificación.



3. En la zona se presentan suelos superficiales de tipo sedimentario, derivadas de rocas in situ por la acción de los agentes meteorológicos (precipitación, insolación, viento, acción de los seres vivos, etc.). Esta categoría de rocas lodosas como las lutitas, son altamente meteorizadas, de resistencia moderadamente blandas (resistencia de baja a intermedia) dado su proceso de litificación. Son friables en estratificaciones muy delgadas, plano no paralelas y en general de moderada a altamente fracturadas, cuya falla en excavaciones no está controlada estructuralmente, por lo que su falla se propaga predominantemente a través del material rocoso.
4. En la información obtenida del Sistema de Información Movimientos en Masa (SIMMA) se establece que el área de estudio se encuentra en una zona de amenaza alta por procesos de movimientos en masa teniendo en cuenta la información contenida en el presente informe con base del catálogo de procesos de remoción en masa de SIMMA.

## 6.5.2. Suelos y Cimentaciones:

### 6.5.2.1. Geología General del Paciente

Para la realización del presente trabajo se realizó por parte del personal técnico, una metodología de tipo Síntesis Progresiva, en donde las diferentes etapas desarrolladas previamente en cada nuevo avance del estudio, se constituyen en la base para las siguientes fases o labores de desarrollo del mismo. En el presente trabajo se han realizado labores de recopilación y análisis de la información secundaria a nivel regional y local tomando como fuente principal INGEOMINAS, correspondiente al sitio de estudio;



información bibliográfica y cartográfica existente en el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad o municipio:

**Tabla 6-21**

*Elementos de Investigación empleados*

ELEMENTO	ESCALA
Plano topográfico (Altimetría y Planimetría)	1 : 1000
Planchas topográficas y Cartográficas (IGAC)	1 : 25.000
Mapa Geológico de Colombia 2007 (2da Edición)	1 : 2.800.000
Planchas Geológicas Atlas Digital 2015	1 : 500.000

Una vez revisada la información existente como la que aparece sobre la **Tabla 6-21** del área de interés, se procede a la visita de campo, en la cual se identifican las unidades estratigráficas presentes y las principales estructuras regionales aflorantes en el sitio de estudio vinculado al proyecto, donde como apoyo se revisaron los mapas geomorfológicos existentes, toma de datos geológicos regionales en puntos de afloramiento para determinar características litológicas y estructurales (rumbo y buzamiento donde sea posible), verificación de estabilidad del terreno, evaluación de características geodinámicas (procesos activos de superficie) y evaluación de campo del panorama de amenazas naturales potenciales, asimismo, se realizaron exploraciones al subsuelo y toma de registro fotográfico, con el fin de identificar la secuencia estratigráfica local, espesor y su continuidad entre otros.

Para la unificación y análisis de las unidades roca, se ha seguido la metodología y nomenclatura utilizada en la realización del Atlas Geológico Digital de Colombia de 2015, el cual sigue las recomendaciones de la Comisión Internacional de Estratigrafía y



Cartografía Geológica; para lo cual se ha prestado especial énfasis en la definición de la edad relativa de la unidad roca, así como de las características litológicas que la definen, dando un segundo lugar a la definición de la denominación o nomenclatura estratigráfica formal de tipo local o regional (nombre de la Formación).

Después de la caracterización técnica de la geología y geomorfología de la zona, se hace una evaluación de los principales elementos del paisaje que de acuerdo a las construcciones a realizar van a ser afectados.

#### **6.5.2.2. Unidades Geológicas Básicas (UGB)**

Tomando como base los estudios hechos para el Departamento de Cundinamarca logró establecer que la zona de estudio se encuentra en la Provincia Litosférica Continental Mesoproterozoica Grenvillana (PLCMG), asimismo, se tomó como base la plancha geológica 226 (Líbano) del INGEOMINAS a (escala 1:100.000), y se determinó se presentan básicamente rocas moderadamente blandas del periodo Cenozoico y edades del terciario superior (Neógeno) donde afloran lutitas rojas con intercalaciones de areniscas de la Formación La Cira (Tsc).



Figura No. 24 Localización geológica área de estudio (Servicio Geológico Colombiano, s.f.)

### 6.5.2.3. Unidades Geológicas Superficiales (UGS)

Una formación superficial se puede definir como el “conjunto de materiales que conforman la superficie del terreno hasta profundidades del orden de decenas de metros, las cuales incluyen rocas con diferentes grados de meteorización, suelos y depósitos no consolidados según su origen...” (Hermelin, 1987), las cuales están asociados a procesos morfodinámicos debido a la acción de agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre y por lo tanto son unidades cartografiables.

En la **Tabla 6-22** se presentan las unidades geológicas superficiales (UGS) propuestas por (Hermelin, 1987) y (Salazar, 1995), comprendida por rocas y sus estructuras, así como suelos.

Tabla 6-22.

Elementos de Investigación empleados

Origen de la UGS	Tipo de UGS
Derivadas de roca In situ	Roca Inalterada
	Saprolito
	Suelos residuales
Depósitos Aluviales	Aluviones recientes o de lecho de río
	Llanuras aluviales



	Abanicos o cono aluviales
	Terrazas aluviales
	Depósitos torrenciales
	Depósitos fluviotorrenciales
	Colusiones
<b>Depósitos de ladera, de vertiente o coluviales</b>	Talus
	Flujos (de lodo, tierra y de escombros)
	Derrubios de pendiente
	Tetras
	Surges
	Flujos de piroclastos
<b>Depósitos volcánicos</b>	Ignimbritas
	Flujos de lodos volcánicos
	Lahares
	Cenizas
	Coladas de lava
<b>Depósitos eólicos</b>	Dunas
	Loess
	Cenizas volcánicas
<b>Depósitos glaciares</b>	Morrenas y Tillitas
	Fluvioglaciares
<b>Depósitos antrópicos</b>	Rellenos sanitarios o de basuras
	Rellenos de excavaciones
	Escombreras o botaderos

**Fuente:** (Hermelin, 1987)

En la zona se presentan suelos superficiales de tipo sedimentario, derivadas de rocas *in situ* por la acción de los agentes meteorológicos (precipitación, insolación, viento, acción de los seres vivos, etc.). Esta categoría de rocas lodosas como las lutitas, son altamente meteorizadas, de resistencia moderadamente blandas (resistencia de baja a intermedia) dado su proceso de litificación. Son friables en estratificaciones muy delgadas, plano no paralelas y en general de moderada a altamente fracturadas, cuya falla en excavaciones no está controlada estructuralmente, por lo que su falla se propaga predominantemente a través del material rocoso.



#### 6.5.2.3.1. Formación La Cira (Tic)

El nombre de la Formación La Cira fue originalmente empleado por Wheeler (1935), para designar la parte superior de lo que se conoce con el nombre de Formación Colorado, en el Valle Medio del Magdalena. Este término proviene del campo petrolero La Cira, ubicado en la Concesión De Mares, Santander (De Porta, 1974). Este nombre luego se extendió por todo el Valle del Magdalena.

Para el área del Sinclinal de Jerusalén – Guaduas, Raasveldt y Carvajal (1957), utilizaron este nombre para designar así al conjunto de estratos que se encuentran por encima del conglomerado superior de la Formación Gualanday; allí describieron esa unidad como “un complejo de arcillas azulosas alternadas con areniscas, que presentan varios horizontes de gasterópodos y lamelibranquios, en capas margosas o en calizas impuras”.



*Figura No. 25 Afloramientos Formación La Cira.*

#### 6.5.2.4. Geología Estructural

El departamento de Cundinamarca está localizado en la parte central del país y de la cordillera Oriental. La cordillera en esta región presenta una dirección regional N-S a NE y un marcado estrechamiento hacia la parte sur del departamento, con relación a su parte norte.

Estas características generales, junto con la posición geográfica de las diferentes unidades litológicas, dan lugar a los diferentes estilos estructurales presentes en el departamento, los cuales están relacionados con los bloques en los que se ha dividido el departamento (Acosta & Ulloa, 2002), estos bloques son: Bloque del Valle Medio del Magdalena -



Guaduas, Bloque del Anticlinorio de Villeta, Bloque de la Sabana de Bogotá, Anticlinorio de los Farallones y Bloque del Piedemonte Llanero. En el área objeto de estudio se identifica el Valle Medio del Magdalena.

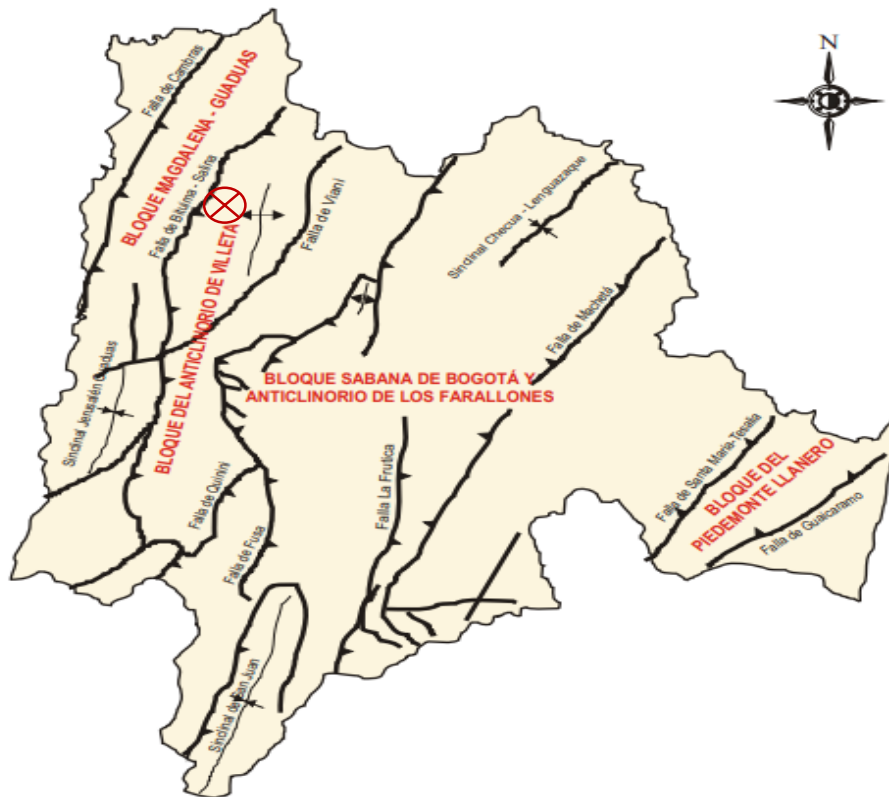


Figura No. 26 Geología estructural del área de estudio (Acosta & Ulloa, 2002)

#### 6.5.2.4.1. Bloque del Valle Medio del Magdalena - Guaduas

Se encuentra localizado entre el límite occidental del departamento y la falla de Bituma – La Salina. Este bloque puede ser dividido en dos regiones, una occidental llamada Valle Medio del Magdalena y una oriental llamada bloque del sinclinal de Guaduas; estas dos regiones están separadas entre sí por la Falla de Cambrás.

### 6.5.2.5. Tectónica

El occidente de Cundinamarca presenta una directriz tectónica N-S claramente observable en el sinclinal de San Juan de Rioseco. El plegamiento parece haber ocurrido durante el Terciario Inferior, ya que esta directriz es típica en el Alto Magdalena, en los pliegues anteriores a la depositación de la Formación Honda; algo similar se observa en los mapas de contornos estructurales preterciarios del Valle Medio del Magdalena. Hay cuatro (4) fallas semiparalelas que afectan el bloque occidental de Cundinamarca y que posiblemente produjeron su desplazamiento a la posición actual.

#### 6.5.2.5.1. Falla de la Sierra

Partiendo del Este, se encuentra en primer lugar la Falla de la Sierra; está en la población del mismo nombre y pone en contacto la Formación Olini con la Formación Villeta, enfrentando un paisaje geológico del Alto Magdalena, con el típico entorno de Cundinamarca Centro – Oriental (Formación Villeta, Formación Guadalupe y Formación Guaduas). Esta falla parece continuar al sur entre Carmen de Apicalá y Cunday; allí pone en contacto la Formación Honda al occidente con la Formación Guadalupe.

#### 6.5.2.5.2. Falla de Bituima

Se pone en contacto con la Formación San Juan de Rioseco con el Grupo Olini en la región de Vianí. Esta falla se une a la Sierra cerca de Guaduas (al norte).

#### 6.5.2.5.3. Falla de Cambrás

Se pone en contacto a las Formaciones Seca y Hoyón en la región de Cambao, con la Formación Honda y al norte la Formación de San Juan de Rioseco con la Formación



Cimarrona. Más al occidente se encuentra la Falla de Honda, a cuál se encuentra fuera del área de influencia del proyecto.

Existen algunas fallas más recientes que cortan diagonalmente, en dirección NE – SW, el sinclinal de San Juan de Rioseco; de estas tal vez la más notable cruza entre la población el mismo nombre y Vianí.

### 6.5.3. Hidrogeología

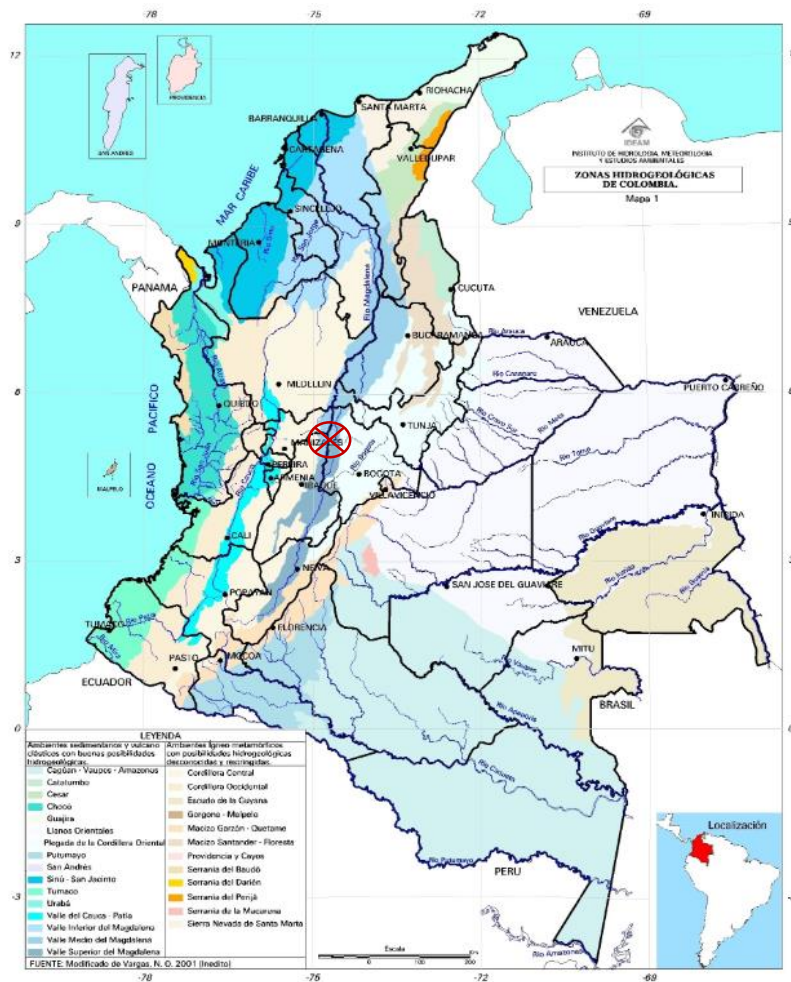


Figura No. 27 Zonas hidrogeológicas de Colombia

Fuente: (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, s.f.)



La cuenca hidrogeológica del área de influencia del proyecto pertenece a la plegada de la Cordillera Oriental, donde se presentan secuencias clásticas en depresión tectónica del terciario (areniscas y conglomerados) que forman acuíferos libres a confinados y depósitos de terrazas y abanicos aluviales y de lahar, donde se estiman caudales entre 10 y 90 l/s, transmisividades entre 50 y 500 m<sup>2</sup>/día y capacidades específicas entre 0.1 y 6.2 l/s/m, con una producción de 50 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/año.

#### 6.5.3.1. Estudio de Suelos Realizado en el Paciente.

Se cuenta con la información suministrada por la administración municipal realizada por la empresa DAPCIL S.A.S. Ingenieros Consultores Suelos y Pavimentos en el octubre de 2013, firmado por el ingeniero geotecnista Maximiliano Villadiego Estrada, se define un el siguiente perfil estratigráfico:



of(m)	Descripción
0.00	Arcilla limo-arenosa de plasticidad media a alta (CL/CH) color habano amarillento con motes rojizos $\omega = 19\%$ L.L. = 58% IP = 34% PT200 > 50% $\gamma = 1.65 \text{ t/m}^3$ Cc=0.432 Cs=0.043 $e_0=0.947$
1	Arcilla limo-arenosa de plasticidad media a alta (CL/CH) color habano y/o amarillo y/o café $\omega = 18\%$ L.L. = 43% IP = 25% PT200 > 50% $\gamma = 1.70 \text{ t/m}^3$ Cc=0.297 Cs=0.030 $e_0=0.947$ Ed=1050 $\text{t/m}^3$ Resistencia Penetración Estándar: $N_{SPT}=7$ Golpes/pie ( $N_{SPT\min}=6$ Golpes/pie) Resistencia al corte no drenado: $C_u=0.42 \text{ kg/cm}^2$ ( $C_{u\min}=0.36 \text{ kg/cm}^2$ ) Corte Directo: $C=0.0 \text{ kg/cm}^2$ , $\gamma$ , $\phi'=18^\circ$ Parámetros de esfuerzos efectivos: $C'=0.18 \text{ kg/cm}^2$ , $\gamma$ , $\phi'=23^\circ$ ( $\phi_{eq\min}=23^\circ$ )
2.5	Arcilla limo-arenosa de plasticidad media a alta (CL/CH) color habano y/o amarillo y/o café $\omega = 15\%$ L.L. = 43% IP = 26% PT200 > 50% $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ Cc=0.297 Cs=0.030 $e_0=0.725$ Ed=2700 $\text{t/m}^3$ Resistencia Penetración Estándar: $N_{SPT}=18$ Golpes/pie ( $N_{SPT\min}=12$ Golpes/pie) Resistencia al corte no drenado: $C_u=1.08 \text{ kg/cm}^2$ ( $C_{u\min}=0.72 \text{ kg/cm}^2$ ) Parámetros de esfuerzos efectivos: $C'=0.36 \text{ kg/cm}^2$ , $\gamma$ , $\phi'=31^\circ$ ( $\phi_{eq\min}=25^\circ$ )
17.0	<b>N.F. = No se presentó durante las perforaciones</b>

**Figura No. 28** Precipitación promedio mensual – multianual

**Fuente:** Estudio geotécnico DAPCIL S.A.S. Ingenieros Consultores Suelos y Pavimentos en el octubre de 2013

### 6.5.3.2. Tipo De Cimentación Realizada

La cimentación actual de las estructuras consta de una cimentación superficial conformada por zapatas unidas mediante vigas de cimentación 40 cm de altas y secciones variables a profundidades entre los 2.0 a 2.5 m. Estos datos se obtuvieron de información secundaria suministrada por la administración municipal.



Con el fin de conocer las condiciones actuales de la cimentación, se realizaron dos apiques de cimentación en los dos tipos de columnas más representativas de las estructuras.

El primer apique se realizó en la zona interna de la estructura de edificio de hospitalización. Allí se tenía previsto conocer la cimentación de la columna de sección 30x30 cm.



**Figura No. 29** Demolición Placa De Contrapiso – Apique De Cimentación 1



*Figura No. 30 Apique De Cimentación 1*

El segundo apique se realizó en una de las columnas exteriores de la estructura 2. La columna tiene una sección transversal de 40x70 cm.



*Figura No. 31 Apique De Cimentación 2*



Al evaluar las dimensiones de la cimentación, se confirmó que esta se encuentra conforme a los planos entregados por la administración municipal.

Ya confirmada la cimentación y con los datos del estudio de suelos se hace el cálculo de la tabla de pilotes presentada a continuación.

$$\sigma_{nu} = C \cdot N_c \cdot l_c \cdot \delta_c \cdot d_c \cdot C_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q \cdot l_q \cdot \delta_q \cdot d_q \cdot C_q + 0.5 \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot l_{\gamma} \cdot \delta_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot C_{\gamma} - q$$

CAPACIDAD PORTANTE EN T/M2 (ESFUERZO NETO ULTIMO  $\sigma_{nu}$ )

LARGO (L)	ANCHO (B)					
	1	1.25	1.5	4	6	8
1	35.6					
1.25	33.7	34.5				
1.5	32.4	32.9	35.5			
8	27.4	26.8	27.8	25.4	26.3	27.6
12	27.0	26.3	27.2	24.1	24.4	25.1
16	26.8	26.1	26.9	23.5	23.5	23.9
Infinito	26.5	25.7	26.5	22.4	21.9	21.7

**Figura No. 32** Capacidad Portante Neta última para varios tamaños de cimentación (Condición Drenada)

**Fuente:** Estudio geotécnico DAPCIL S.A.S. Ingenieros Consultores Suelos y Pavimentos en el octubre de 2013.

Teniendo en cuenta que la carga de servicio (Muerta + Viva) más grande presentada en todas las estructuras es aproximadamente 700 KN, se puede afirmar que la cimentación existente tiene la capacidad para soportar las cargas impuestas. Aun teniendo pilotes más cortos de 5m estos pueden soportar la carga promedio transmitida al suelo y son suficientes para soportar las cargas impuestas. Esto se evidencia también con el uso de la edificación, el cual a través de los años no evidencia ningún problema por baja capacidad de la cimentación. Por lo tanto, no es necesario un reforzamiento de la cimentación existente.



Únicamente se intervendrá de la manera indicada en los planos de reforzamiento estructural para dar anclaje a los reforzamientos de columnas y los muros estructurales de reforzamiento que se diseñaron. Por lo tanto, se conservará el esquema de cimentación actual sin intervención ni reforzamiento.

## 6.6. Diagnóstico

### 6.6.1. Lesiones mecánicas, físicas y químicas (origen, causa, evolución y estado actual de las lesiones)

Al realizar las visitas, levantamiento de datos de las patologías para realizar el análisis de la estructura de la edificación del Hospital San Vicente de Paul y constatar las hipótesis planteadas inicialmente, se establecieron las causas que han dado principio a las diferentes lesiones patológicas encontradas de forma puntual y en la edificación:

La principal causa que se refleja en las lesiones más pronunciada y localizadas en la zona nororiental del hospital se puede evidenciar por un fenómeno de remoción de masa, denominado por Flujos y Reptaciones presentados por acciones de gravedad y esfuerzo hídricos, según el Manual de Derrumbes: Una Guía para Entender Todo Sobre Derrumbes (Departamento del Interior de los EE.UU. Servicio Geológico de los EE.UU.). Los cuales son producto de los cambios de las propiedades mecánicas del suelo repercutiendo a las estructuras aledañas; se ven reflejados en las columnas y muros con grietas con espesores mayores de 30 mms. y longitudes sobre toda la sección transversal de los elementos, por lo



tal ya se considera como elementos deteriorados sin funcionalidad en la parte estructural se cataloga como una patología forense como se evidencia el estado.

Las calificaciones conferidas en las lesiones estudiadas en el hospital se han considerado el grado de daño severas en la zona nor-oriental, y en el resto del hospital presentan lesiones moderadas y leves, con afectaciones en prestar el servicio, estética, funcionamiento y aparecía del municipio que se refleja principalmente en la falta de mantenimiento y control de la gerencia del hospital y la administración municipal.

El análisis de las presentadas son humedades por capilaridad se observan en la base de los muros y en las placas de contrapiso, que se mezclan con fisuras y grietas causas por el agua del terreno natural que asciende por la cimentación y genera empujes del terreno, presentado efectos de contracción y expansión del terreno sobre el que se encuentra el hospital y, las humedades se encuentran en zonas comunes donde no se cuenta con protecciones y de acuerdo con exploración de la cimentación es bastante deficiente, la afectación de los muros no estructurales se aprecia en la zonas inferiores con prolongación de la humedad ascendente de 35 a 60 cm tomando como base la raíz del muro; las lesión presentadas por condensación su principal causa se debe al poco flujo de ventilación en estas zonas como archivos y vestier, la falta de mantenimiento y cuidados preventivos generan la afectación a los elementos estructurales y no estructurales del hospital.

Otra lesión encontrada son los organismos, suciedad, vegetación, presentes en las cubiertas de asbesto cementos muro de contención del costado oriental y en las fachadas,



se presenta por la pérdida de la superficie de recubrimiento como es la pintura y el pañete, atacada por los agentes atmosféricos se produce un ensuciamiento por depósito. Sumando la falta de mantenimiento falta de poda y limpieza en las zonas donde se presenten los agentes biológicos. Es muy importante realizar limpiezas y mantenimientos para minimizar el daño en los elementos de protección y estructurales.

Las calificaciones conferidas a las patologías estudiadas en el hospital se han considerado el grado de daño severas en la zona nor-oriental, y en el resto del hospital presentan patologías moderadas y leves, con afectaciones en prestar el servicio, estética, funcionamiento y aparecía del municipio.

La edificación está conformada por un sistema de resistencia sísmica que no es admitido por las normas vigentes para el tipo de uso que presentara la edificación y la zona de amenaza sísmica.

La cimentación existente no cumple con las recomendaciones del estudio de suelos en cuanto dimensiones para los valores de carga en los muros, la resistencia a flexión de los elementos de cimentación (concreto ciclópeo), la presencia de un acero de refuerzo de baja resistencia (20.000Psi), y el tamaño y calidad del concreto usado.

Lo sistemas de losas de entrepiso se encuentran diseñados únicamente para soportar las cargas verticales teniendo en cuenta que las cargas de los materiales no cumplen con las especificaciones exigidas por la norma. con base en esto se supone en la revisión de la cimentación como un elemento que soporta solo cargas verticales.

El procedimiento adecuado para el reforzamiento de la edificación es el de proveerle un sistema estructural nuevo que sea capaz de resistir las solicitaciones de carga tanto verticales como horizontales de sismo y que tenga la rigidez adecuada que impida las deformaciones y desplazamientos producidas por dichas cargas, de tal forma que cumpla con la reglamentación actualmente vigente, y así obtener un nivel de seguridad adecuado. así mismo, calcular, diseñar y construir un sistema de cimentación según las recomendaciones y especificaciones del estudio de suelos, que garantice un adecuado comportamiento de la edificación.

Se presentan estructuras adicionales en uso que presentan un sistema de resistencia sísmica de solo muros en mampostería, sean reforzadas con un sistema de resistencia sísmica adecuado para el tipo de edificación presente.

Al realizar una revisión estructura del sistema de entrepiso se observó que la losa maciza de entrepiso es capaz de soportar las cargas actuales con las características de los materiales con que fueron construidos y su geometría, pero que los materiales usados no son los convenientes a la luz de la norma sísmo resistente para ser usados en un elemento estructural

### 6.6.2. Ensayos Destructivos y no Destructivos

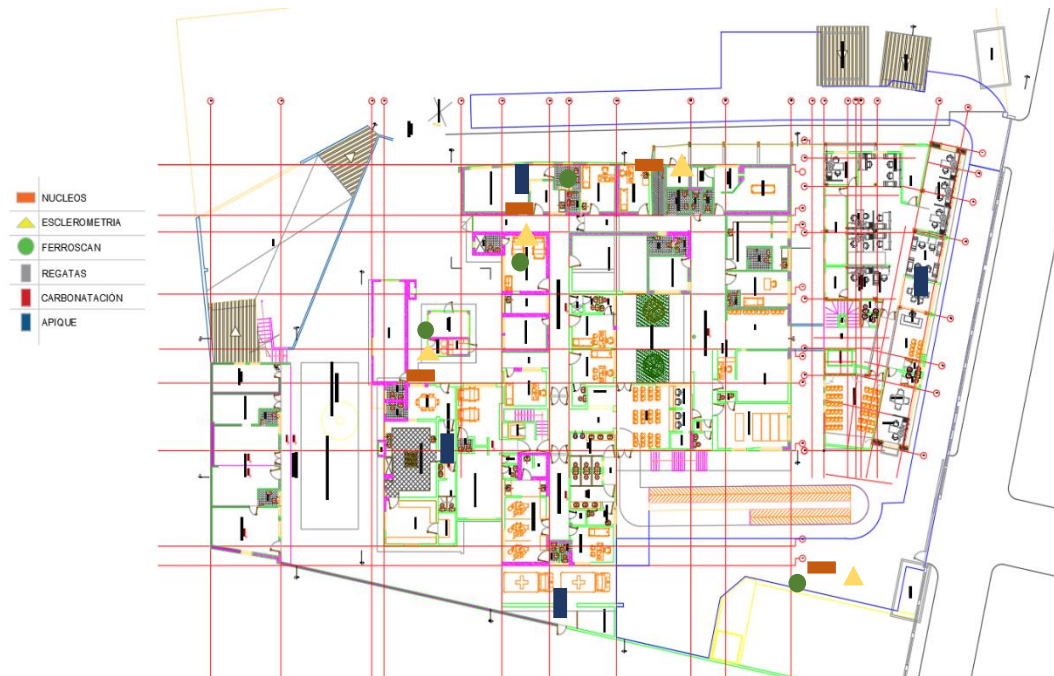
Para conocer las características de los materiales de las estructuras es necesaria la realización de ensayos de campo y de laboratorio con el fin de estimar sus propiedades mecánicas. Se realizaron las siguientes actividades:

- Extracción de núcleos de concreto.



- Ensayos de compresión simple sobre muestras de concreto recuperadas.
- Regatas para identificación de refuerzo.
- Ensayos de detección del refuerzo mediante el uso del detector de metales.
- Estimativo de la resistencia a la compresión del concreto mediante

Esclerometría.



*Figura No. 33 Esquema en planta de localización de Ensayos de Patología*

### 6.6.2.1.Extracción de Núcleos de Concreto

Debido a que no se cuenta con información directa sobre la resistencia de diseño y/o constructiva del concreto, se hizo necesario realizar extracción de núcleos normalizados de concreto.



Para la aplicación de este ensayo destructivo, se escogieron sitios en los elementos estructurales que no comprometían la integridad estructural del elemento. La selección de los elementos fue aleatoria, buscando eso sí cubrir con los ensayos todos los tipos de elementos principales, tales como vigas, muros, losas, viguetas y columnas.

La extracción de dichos núcleos se realizó en concordancia con la norma técnica NTC 3658, la toma de núcleos siempre fue supervisada por dos ingenieros en campo con amplia experiencia y conocimiento del procedimiento técnico de extracción. Para el transporte de los núcleos se utilizaron cajas adecuadas con protección de bolsas plásticas con burbujas de aire y rellenos de icopor, el transporte fue realizado por los propios custodios y de manera adecuada, en el laboratorio se ensayaron siguiendo los procedimientos indicados en la norma técnica NTC 673. En las siguientes figuras se muestra, el proceso general para la toma de núcleos y algunos especímenes de concreto ensayados.

**Tabla 6-23**

*Localización de Núcleos de Concreto Extraídos*

NÚCLEO No.	LOCALIZACIÓN	FECHA DE EXTRACCIÓN
1	Columna Rampa	09/03/2021
2	Zona de Archivo	09/03/2021
3	Muro de Contención	09/03/2021
4	Zona de Ropas	09/03/2021



*Figura No. 34 Extracción Núcleo No. 1 – Columna Rampa*



*Figura No. 35 Extracción Núcleo No. 2 – Zona de Archivo Columna*



*Figura No. 36 Extracción Núcleo No. 3 – Muro de Contención*



Figura No. 37 Extracción Núcleo No. 4 – Zona de Ropas Columna

### 6.6.2.2. Caracterización Por Inspección De Núcleo Y Defectología

Tabla 6-24

Características Dimensionales Núcleos

ID Núcleo	Localización	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Observación
1	Columna Rampa	7,30	18,55	Buen Estado
2	Zona de Archivo	7,30	18,55	Buen Estado
3	Muro de Contención	7,30	18,55	Buen Estado
4	Zona de Ropas	7,30	18,55	Buen Estado

Tabla 6-25

Defectología E Irregularidades Núcleos

NÚCLEOS					
Característica	Núcleo No. 1	Núcleo No. 2	Núcleo No. 3	Núcleo No. 4	Observación Calificación
Porosidad	No	No	No	No	
Oquedades	No	No	No	No	-
Fisuras En El Núcleo	No	No	No	No	-
Manchas, Decoloración	No	No	No	No	-
Fisuras Material Parental	No	No	No	No	-



Sobre Tamaños	No	No	No	No	-
Presencia De Materia Orgánica	Si	Si	Si	Si	Baja (En Las Superficies)
Perdida De Material Cementante	No	No	No	No	-
Deslabilidad	No	No	No	No	-
Porosidad De Los Agregados	No	No	No	No	-
Dureza Visual	Si	Si	Si	Si	Buena
Otro	No-	No-	No-	No-	-

### 6.6.2.3. Determinación del Refuerzo Actual de los Elementos Estructurales

#### 6.6.2.3.1. Localización de Refuerzo con Ferroskan

Con el mapeo del refuerzo en el concreto, se puede evidenciar la distribución de los aceros de acuerdo con el título C de la NSR-10, observando si cumplen o no con los requisitos que se establecen en la norma, tanto en las dimensiones principales de los elementos y si su distribución es conforme con los planos de diseño estructural. Lo que se busca básicamente es realizar una comparación entre los lineamientos de la norma (NSR 10), con lo que realmente se construyó. De esta manera, se evalúan diferentes características del refuerzo y del elemento, tales como: área mínima de la sección, cuantía de acero longitudinal y transversal, y separaciones o espaciamiento máximo entre barras. Comparando la distribución real de los elementos con la NSR 10 y los diseños estructurales (si se encuentran), se puede establecer si el elemento está conforme o no a dichos parámetros y si el constructor materializo la obra con estricto apego a los planos de diseño estructural como lo exige la NSR-10.

Como se puede observar en los mapeos presentados, ninguno de las secciones examinadas cumple con la dimensión mínima exigida por la NSR 10. Por ende, sería necesario



intervenir estos elementos para que se encuentren conforme a las disposiciones presentadas en la NSR 10.

#### 6.6.2.4.Exploración del Acero

Para hacer una caracterización de los elementos principales de la estructura es necesario conocer las dimensiones de los elementos estructurales, el material constituyente, los recubrimientos y en el caso del concreto reforzado la cantidad y dimensión del acero de refuerzo suministrado a estos elementos estructurales.

Para establecer el tipo, cantidad y dimensiones del refuerzo de los elementos principales de la estructura, se realiza el mapeo con ferroskan, sin embargo aspectos como corrugación del acero, estado del mismo, oxidación, detalles de ganchos sísmicos no pueden ser detectados ni estudiados con el detector de metales y se hace necesario realizar una inspección por medio de la observación visual y/o regatas de exploración en los elementos que se consideraron son representativos en la estructura y que permitan inferir como se encuentra el resto de la estructura, para la ejecución de las regatas en general se emplean equipos mecánicos como: Cortadora de concreto, taladro percutor demoledor, y herramientas manuales como punteros, macetas y cinceles. Una vez ejecutada la regata, se procede a hacer una limpieza manual para remover el polvo y residuos de demolición, para permitir la inspección directa visual por parte del especialista estructural. Se deben tomar las medidas respectivas de las variables estructurales de interés, entre otras: posición, diámetro, cuantía, calidad, recubrimiento, y estado actual del acero de refuerzo



de los elementos de la estructura, tamaño del agregado grueso, detección de síntomas patológicos en el concreto tales como presencia de manchas, carbonatación, lixiviación u otros y detección de problemas en el acero de refuerzo tales como oxidación, falta de amarre, errores constructivos como desplazamientos y desplomes de los puntos teóricos de posición contra la posición encontrada en campo o falta o ausencia de ganchos sísmicos, etc.

Todos los sitios donde se realizaron la inspección de aceros son lugares en dónde para no causar mayor afectación al acero de refuerzo no se genera la abertura del concreto sin embargo se hace con el ferroskan el mapeo y la detección aproximada del acero, verificando además los recubrimientos considerados, y considerando que con la extracción de núcleos también se evidencio cuál era el tipo y diámetro de la varilla de refuerzo del muro o la losa inclinada.

#### **6.6.2.5. Determinación de la Resistencia a Compresión del Concreto**

De acuerdo con los parámetros establecidos por la NSR-10, se procede con el análisis respectivo de los resultados obtenidos según el ensayo a compresión simple realizado por el laboratorio de Solincon Ltda.

La NSR-10 dicta criterios y parámetros que se deben de cumplir, dichas especificaciones se pueden encontrar en el numeral C.5.6.5.4. El cual establece:

- ✓ NSR-10 numeral C.5.6.5.4: El concreto de la zona representada por los núcleos es estructuralmente adecuado, si el promedio de los tres núcleos resulta por lo menos



igual al 85% de  $f'c$  y si ningún núcleo presenta una resistencia menor del 75% de  $f'c$ . Cuando los núcleos dan valores erráticos, se debe permitir extraer núcleos adicionales de la misma zona.

Con el fin de disminuir la incertidumbre en la evaluación de la resistencia del concreto, se tomaron muestras en cada tipo de elemento y se promediaron por tipo de elementos, este es se promediaron los núcleos extraídos de la placa y se compararon dichos promedios con el 46% de  $f'c$  como parámetro de control de resistencia (1500 psi). Adicionalmente el núcleo extraído deberá tener una resistencia inferior al 75% de  $f'c$ , esto es se considera que el concreto cumple con la resistencia mínima requerida, si la resistencia obtenida en núcleos individuales es por lo menos de 3000 psi (75%\*4000 psi).

En el caso de que las muestras no alcancen este valor mínimo se tomara un segundo núcleo como testigo final de la resistencia evaluada al 75% de  $f'c$  para verificar la aceptabilidad del concreto.

#### 6.6.2.5.1. Resultados de Resistencia

La resistencia de diseño son 3000 psi, resistencia mínima establecida por la NSR-10 para este tipo de estructuras.

#### 6.6.2.5.2. Chequeos de Resultados de Resistencia

##### **Tabla 6-26**

*Resultados Ensayo a Compresión Simple*



Núcleo No.	Localización	Elemento	Esfuerzo		Criterio de Aceptación
			PSI	% f'c	
1	Costado Nor-Oriente Archivo	Columna	2422.75	2250	No Cumple
2	Costado Oriente Ingreso	Muro	19745.83	3000	No Cumple
3	Costado Sur Rampa	Columna	3080.90	3000	No Cumple
4	Costado Norte Cuarto de Ropas	Columna	2079.37	2250	No Cumple

Para núcleos de concreto extraídos de los elementos existentes la NSR-10, fija la resistencia aceptable como el promedio de mínimo 3 núcleos los cuales deben obtener al menos el 85% de f'c (3400 psi) y que ningún núcleo se encuentre por encima del 75% de f'c (3000 psi).

Por lo tanto, ningún núcleo individual deberá tener una resistencia del 75% de f'c (3000 psi) para dar por aceptado el concreto.

En este caso se observa que ninguno de los cuatro núcleos ensayados en la placa de la cancha presenta resistencia superior del 75% de f'c.

**Tabla 6-27**

*Chequeo de Núcleos Sometidos a Compresión Simple Según NSR-10*

Núcleo #	Localización	Elemento	Esfuerzo		Promedio Esf. psi	Condición ≥85 %f'c	Condición ≥75 %f'c
			psi	% f'c			
1	Costado Nor-Oriente Archivo	Columna	2422.75	80.76	2250	No Cumple	No Cumple
2	Costado Oriente Ingreso	Muro	19745.83	48.65	3000	No Cumple	No Cumple
3	Costado Sur Rampa	Columna	3080.90	77.02	3000	Cumple	Cumple
4	Costado Norte Cuarto de Ropas	Columna	2079.37	69.31	2250	No Cumple	No Cumple



- El chequeo del  $\geq 85\% f'c$  aplica para el promedio de las resistencias de un mismo tipo de elemento.
- El chequeo de  $\geq 75\% f'c$  se realiza a cada uno de los núcleos por separado.
- ✓ Según el chequeo realizado, se evidencia que el promedio del grupo de muros No cumple con lo estipulado en la NSR 10 con respecto al chequeo del 48%  $f'c$ .
- ✓ Se evidencia también que todos los núcleos tienen una variación en la resistencia con lo estipulado con un promedio del 70%  $f'c$ .
- ✓ El núcleo con resistencia más alta es el número 3, que corresponde al elemento columna de la rampa de ingreso al hospital. Este núcleo alcanzo una resistencia de 3090 psi, lo que se traduce en un 77.00% de la resistencia de referencia (4000 psi).

#### 6.6.2.6. Determinación de la Homogeneidad del Concreto

El ensayo para el cálculo del índice de rebote del concreto consiste en la estimación de la dureza superficial basado en la determinación de la energía residual de impacto sobre una superficie de concreto endurecido. El aparato utilizado para este tipo de ensayos es el esclerómetro (Martillo de Schmidt). Este, posee una masa conocida impulsada por una energía determinada que choca contra el concreto sobre una superficie de contacto. La cantidad de energía recuperada en el rebote de la masa permite obtener un índice de dureza de superficie (índice de rebote) sobre una escala graduada del instrumento. Se aclara que el objetivo principal de este ensayo no es determinar la resistencia del concreto, sino dar a conocer la uniformidad de dicha resistencia en los elementos



estructurales que se evalúen. Por lo tanto, los resultados obtenidos se deben tomar como un indicativo de la homogeneidad del concreto presente en la obra, más no como prueba alguna de resistencia del concreto de la obra.

En algunas lecturas puede existir una sobre estimación en el valor de la resistencia a compresión calculada con la prueba de esclerometría, la razón principal de dicha sobre estimación es la cercanía del acero de refuerzo a la superficie del elemento, lo que genera un rebote elástico del esclerómetro mayor al que se presenta cuando el refuerzo se encuentra profundo.

Los factores que influyen en los resultados obtenidos en los ensayos con el esclerómetro son:

- Tipo de cemento.

Las diferencias con cemento portland pueden provenir de las diferentes finuras de molido, aunque las diferencias son pequeñas. Los resultados con los cementos con alto contenido en alúmina, sobresulfatados o con adiciones pueden ser muy diferentes a los cementos portland.

- Cantidad de cemento.**

Altas dosificaciones subestiman los resultados mientras que bajas dosificaciones dan resultados mejores que los reales.

- Tipo y granulometría de los áridos.

- Carbonatación.



Eleva la dureza superficial y por lo tanto eleva la estimación de resistencia. Es conveniente eliminar la capa carbonatada antes de realizar el ensayo.

- Humedad superficial.

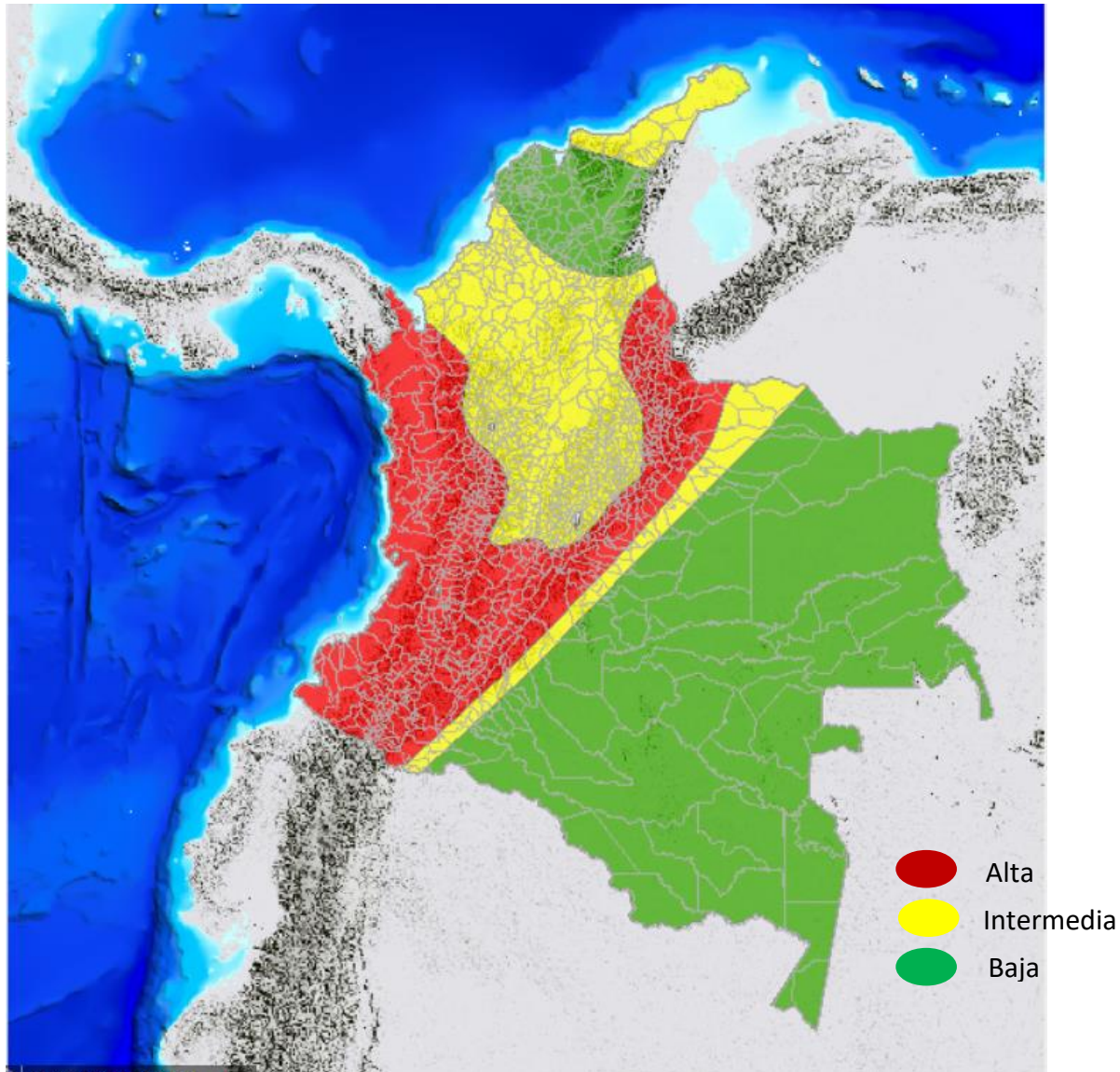
La humedad tiende a subestimar la resistencia.

- Tipo y geometría de la superficie.
- El tipo de encofrado o que la superficie sea encofrada o no encofrada o su curvatura influyen en la correlación.
- Condiciones de curado.
- Compactación.



## 7. ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

### 7.1. Mapa de Ubicación del Paciente en la Microzonificación Sísmica de la Ciudad

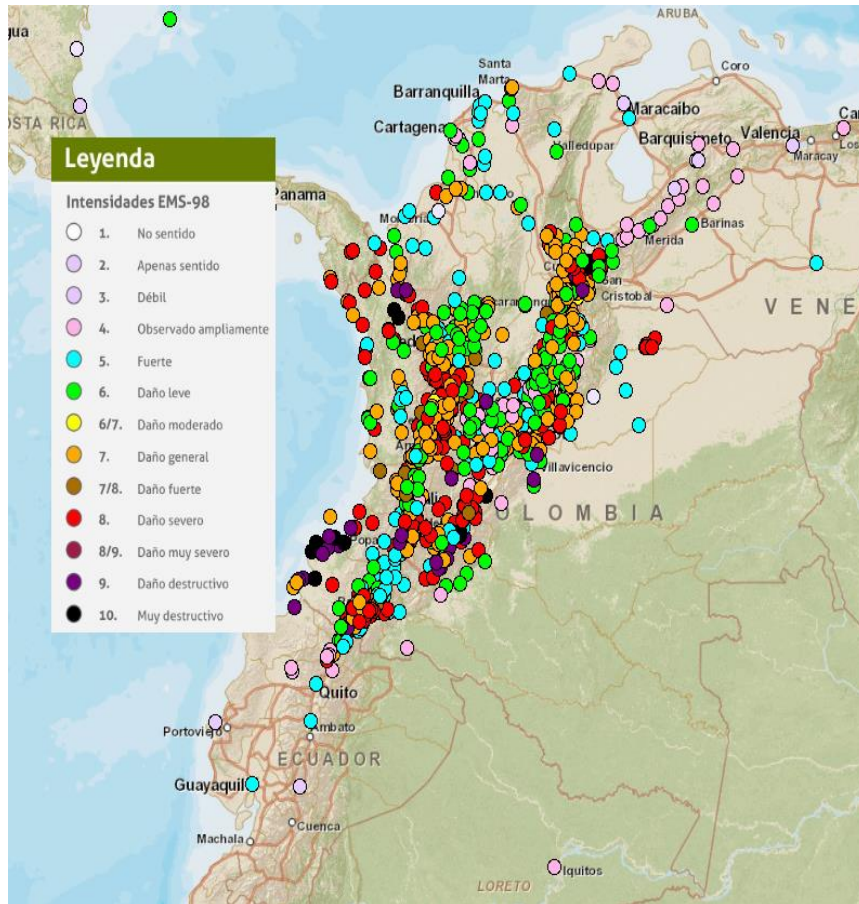


## **7.2. Determinación de la Zona Sísmica, El Valor De Aa Y Ad**

### **7.2.1. Amenaza y Localización Sísmica**

El estudio de la amenaza sísmica comprende la determinación de los mecanismos de producción y propagación de ondas sísmicas a través de la corteza hasta el sitio estudiado, con el fin de evaluar la intensidad con que la vibración sísmica la pueda afectar.

Colombia está ubicada en una zona tectónicamente activa, por ser el límite donde chocan las placas de Nazca, Sur América y Caribe, los movimientos entre placas son generadores de esfuerzos que producen actividad sísmica y de acuerdo con el conocimiento que se tenga de tal actividad, se pueden realizar estudios de zonificación regional o local. En el mapa de Sismicidad Histórica de Colombia (SGC, 202). Teniendo en cuenta el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia (Comité AIS-300, 1996), el municipio de San Juan de Rioseco se encuentra localizado en una zona de amenaza sísmica Intermedia con valores de aceleración máxima probable (As) en roca entre 0,15 a 0,2 g, teniendo como fuente sismogénica principal el sistema de Fallas del Bloque del Valle del Magdalena, con proyecciones de sismo con magnitudes como máximo de 7.5 en la Escala de Richter.



**Figura No. 38** Sismicidad Histórica de Colombia (Servicio Geológico Colombiano, s.f.)

En cuanto a la localización sísmica, de acuerdo a lo contemplado en el Capítulo A.2 de la NSR-10 (Zonas de Amenaza Sísmica y Movimientos Sísmicos de Diseño) y la localización geodésica del proyecto, para efectos del diseño sísmico de las estructuras previstas a continuación se presenta la caracterización sísmica del sitio:



**Tabla 7-1**

*Valores Sísmicos de la Zona de Estudio.*

DESCRIPCIÓN	NOMENCLATURA	VALOR
San Juan de Rioseco	Código	25662
Zona de Amenaza Sísmica (Apéndice A-4)	-	Intermedia
<b>Movimientos Sísmicos de Diseño (A.2.2) NSR – 10</b>		
Coefficiente aceleración horizontal pico efectiva, para diseño (Apéndice A-4)	Aa	0,20
Coefficiente velocidad horizontal pico efectiva, para diseño (Apéndice A-4)	Av	0,20
Coefficiente aceleración horizontal pico efectiva, para seguridad limitada (Apéndice A-4)	Ae	0,16
Coefficiente aceleración horizontal pico efectiva, para umbral de daño (Apéndice A-4)	Ad	0,06

### 7.3. Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Paciente

Por lo anterior la edificación al no tener un sistema estructural competente y homologado por la norma debido a la zona de amenaza sísmica en la que se encuentra (DMO), no es válido el análisis de vulnerabilidad sísmica (revisión de parámetros de sobreesfuerzo y de deformación), debido a que este sistema estructural no tiene opción de reforzamiento para mejorar su ductilidad y mejorar su capacidad de deformación.

En la tabla A.3.1 de la NSR-10 que se muestra, se puede observar que los sistemas estructurales posibles en mampostería para usar como sistema estructural (a,b,c,d,e y h) son de muros con unidades de mampostería de cavidad vertical que no corresponden con los presentes en la edificación o con una cavidad entre muros para la inyección y reforzamiento entre estos.

Mientras que los muros sistemas estructurales (f y g) no son permitidos para el tipo de uso de la edificación.



De esta forma el correcto procedimiento a seguir es la incorporación de un sistema de resistencia sísmica permitido por la norma para la zona de amenaza sísmica, por lo anterior se procede a realizar un diseño estructural implementado a la edificación existente de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados, el diagnóstico general, recomendaciones finales y proponer en los planos de reforzamiento un sistema de resistencia sísmica avalado por la norma.

**Tabla 7-2**

*Sistema Estructural de Muro de Carga Tabla A.3-1 NSR-10.*

**Tabla A.3-1**

**Sistema estructural de muros de carga (Nota 1)**

A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA		Valor $R_0$ (Nota 2)	Valor $\Omega_0$ (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
				alta		intermedia		Baja	
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	Altura máx.
1. Paneles de cortante de madera	muros ligeros de madera laminada	3.0	2.5	si	6 m	si	9 m	si	12 m
<b>2. Muros estructurales</b>									
a. Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	5.0	2.5	si	50 m	si	sin límite	si	Sin límite
b. Muros de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	4.0	2.5	no se permite		si	50 m	si	Sin límite
c. Muros de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	el mismo	2.5	2.5	no se permite		no se permite		si	50 m
d. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DES) con todas las celdas rellenas	el mismo	3.5	2.5	si	50 m	si	sin límite	si	Sin límite
e. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO)	el mismo	2.5	2.5	si	30 m	si	50 m	si	Sin límite
f. Muros de mampostería parcialmente reforzada de bloque de perforación vertical	el mismo	2.0	2.5	Grupo I	2 pisos	si	12 m	si	18 m
g. Muros de mampostería confinada	el mismo	2.0	2.5	Grupo I	2 pisos	Grupo I	12 m	Grupo I	18 m
h. Muros de mampostería de cavidad reforzada	el mismo	4.0	2.5	si	45 m	si	60 m	si	Sin límite
i. Muros de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía)	el mismo	1.0	2.5	no se permite		no se permite		Grupo I (Nota 3)	2 pisos

### 7.3.1. Coeficiente de capacidad de disipación de energía básico ( $R'_0$ )

El valor del coeficiente de disipación de energía básico para la estructura se consideró como Muro de mampostería no reforzada (No Tiene Capacidad de Disipación de Energía (DMO));  $R'_0 = 1.0$  (NSR-10 Tabla A.3-3).

Asimismo, de acuerdo a lo contemplado en el numeral (b) del Capítulo A.10.4.2.4 de la NSR-10, cuando no se dispone de buena información sobre el diseño original, o éste sea incompleta o fragmentaria, el ingeniero que lleve a cabo la evaluación debe definir un valor de  $R'$ , de acuerdo con su mejor criterio. Por tal motivo tomando como base los requisitos antes expuestos tomamos como  $R_0=0.75$  el cual se comparará con el valor que se obtenga del análisis inelástico (Ver anexo formato verificación Irregularidades Estructura).

### 7.3.2. Configuración en planta y en altura (A.3.3)

Para efectos de diseño sísmico la edificación debe clasificarse como regular o irregular en planta y en altura, de acuerdo con los requisitos de la normatividad precitada, por lo que la estructura se considera como irregular ver *Tabla 7-3*.



**Tabla 7-3**

*Chequeo de irregularidades (A.3.3) - NSR - 10*

**1. IRREGULARIDADES EN PLANTA**

TIPO DE IREGULARIDAD	$\phi_p$	SI	NO	$\phi_p$ ADOPTADO	
Irregularidad Torsional.....	1P	0.8		X	1.0
Retrocesos en las Esquinas.....	2P	0.9		X	1.0
Irregularidad del Diafragma.....	3P	0.9		X	1.0
Desplazamiento de los Planos de Acción....	4P	0.8		X	1.0
Sistemas no Paralelos.....	5P	0.9		X	1.0

$\phi_p$ DEFINITIVO =	1.00
-----------------------	------

**2. IRREGULARIDADES EN ALTURA**

TIPO DE IREGULARIDAD	$\phi_a$	SI	NO	$\phi_a$ ADOPTADO	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez).....	1A	0.9		X	1.0
Distribución de Masa.....	2A	0.9		X	1.0
Irregularidad Geométrica.....	3A	0.9		X	1.0
Desplazamiento del Plano de Acción.....	4A	0.8		X	1.0
Piso Débil - Discontinuidad en la Resistencia	5A	0.8		X	1.0

$\phi_a$ DEFINITIVO =	1.0
-----------------------	-----

**7.3.3. Redundancia en el Sistema Estructural de Resistencia Sísmica (A.3.3.8)**

Debe asignarse un factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica,  $\Phi_r$  en las dos (2) direcciones principales, para lo cual dado que la edificación cuenta con un sistema estructural de un material que cumple los requisitos de capacidad de disipación de energía moderada (DMO), asumimos un factor  $\Phi_r=0.75$  (A.3.3.8.2).

**7.3.4. Fuerza Sísmicas (A.10.4.2.5)**

Las Fuerzas Sísmicas,  $F_s$ , se determinaron por medio del método de la Fuerza Horizontal Equivalente (FHE) de acuerdo a lo contemplado en el Capítulo A.4, donde la carga de



sismo corresponde a la carga establecida por medio de los espectros de diseño preestablecidos por la NSR – 10 para esta zona del país, que, para el municipio de San Juan de Rioseco, este espectro de diseño se encuentra en una Zona de Amenaza Sísmica Intermedia.

### 7.3.5. Cargas diferentes a las solicitudes Sísmicas (A.10.4.2.6)

Las solicitudes de carga a las cargas sísmicas se determinaron siguiendo los requisitos del Título B de la NSR-10, donde las cargas muertas se evaluaron con base en la observación y mediciones efectuadas en el trabajo de campo, tomando como valores mínimos las cargas prescritas en el Título B.

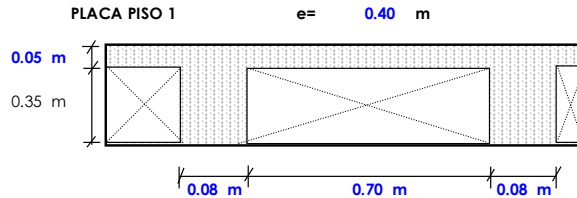
### 7.3.6. Cargas Muertas (D – Muerta)

La carga muerta de la estructura la constituye el peso propio de los elementos, el peso de la placa de concreto, acabados (pisos, cielo raso y mortero de nivelación, entre otros), muros y otros (luminarias), que corresponden a los elementos que permanecen fijos durante la vida útil de la edificación.



**Tabla 7-4**

*Avalúo de carga muerta cubierta*



**Carga Muerta**

Placa	0.050 x 2.4	=	0.120 T/m <sup>2</sup>
Viguetas	0.080 x 0.35 m x 2.4 / 0.78	=	0.086 T/m <sup>2</sup>
Acab.+C. Raso		=	0.160 T/m <sup>2</sup>
Muros		=	0.280 T/m <sup>2</sup>
Caseton		=	0.020 T/m <sup>2</sup>
Otros	(Ductos y Redes de Servicio)	=	0.030 T/m <sup>2</sup>
		C.M.=	0.696 T/m <sup>2</sup>
		C.V.=	0.500 T/m <sup>2</sup>
		CT=	1.196 T/m <sup>2</sup>

Carga Viva Máx (Residencial)

Carga Total (Servicio)

Carga Última de Diseño

$$C.U. = 1.2 C.M. + 1.6 C.V. = 1.635 \text{ T/m}^2 \quad \text{Para cargar las vigas}$$

### 7.3.7. Cargas Vivas (L – Viva)

Las cargas vivas de la edificación corresponden a las debidas por el uso y ocupación de la edificación, sin incluir las cargas ambientales tales como sismo y viento. Por tal motivo de acuerdo a lo contemplado en el Capítulo B.4 de la NSR-10 (Cargas Vivas) se establece que la carga viva uniformemente repartida máxima que se espera pueda ocurrir en la edificación debido al uso que pueda tener, es de 400 Kg/m<sup>2</sup> (Cargas mínimas área de oficinas Tabla B.4.2.1-1 de la NSR-10).



**Tabla 7-5**  
Cargas vivas por uso

Ocupación o uso		Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta	Carga uniforme (kgf/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta
Reunión	Balcones	5.0	500
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Silletería fija (fijada al piso)	3.0	300
	Gimnasios	5.0	500
	Vestíbulos	5.0	500
	Silletería móvil	5.0	500
	Áreas recreativas	5.0	500
	Plataformas	5.0	500
	Escenarios	7.5	750
Oficinas	Corredores y escaleras	3.0	300
	Oficinas	2.0	200
	Restaurantes	5.0	500
Educativos	Salones de clase	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Bibliotecas		
	Salones de lectura	2.0	200
Fábricas	Estanterías	7.0	700
	Industrias livianas	5.0	500
Institucional	Industrias pesadas	10.0	1000
	Cuartos de cirugía, laboratorios	4.0	400
Comercio	Cuartos privados	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Minorista	5.0	500
Residencial	Mayorista	6.0	600
	Balcones	5.0	500
	Cuartos privados y sus corredores	1.8	180
	Escaleras	3.0	300
Almacenamiento	Liviano	6.0	600
	Pesado	12.0	1200
Garajes	Garajes para automóviles de pasajeros	2.5	250
	Garajes para vehículos de carga de hasta 2,000 kg de capacidad.	5.0	500
Coliseos y Estadios	Graderías	5.0	500
	Escaleras	5.0	500

**Tabla 7-6**  
Cargas vivas para cubierta

Tipo de cubierta	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta	Carga uniforme (kgf/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta
Cubiertas, Azoteas y Terrazas	la misma del resto de la edificación (Nota-1)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)
Cubiertas usadas para jardines de cubierta o para reuniones	5.00	500
Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.35	35
Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.50	50

**Nota-1** — La carga viva de la cubierta no debe ser menor que el máximo valor de las cargas vivas usadas en el resto de la edificación, y cuando esta tenga uso mixto, tal carga debe ser la mayor de las cargas vivas correspondientes a los diferentes usos.

**Nota (1):** De acuerdo con lo observado en la visita de campo, se aprecia que la carga viva de uso no aplica debido que no se tiene placas de entrepiso.



### 7.3.8. Separación Estructuras Adyacentes por consideraciones Sísmicas

De acuerdo a lo contemplado en el Capítulo A.6.5 de la NSR-10, las edificaciones de más de tres (3) pisos aéreos en la colindancia que no coincidan con las losas de entrepiso de la edificación vecina, debe tener una separación sísmica del 3% de la altura de la edificación nueva entre las estructuras.

**Tabla 7-7**

*Separación mínima en la cubierta entre edificaciones colindantes*

Altura de la edificación nueva	Tipo de Colindancia		
	Existe edificación vecina que no ha dejado la separación sísmica requerida		No existe edificación vecina o la que existe ha dejado la separación sísmica requerida
	Coinciden las losas de entrepiso	No coinciden las losas de entrepiso	
1 y 2 pisos	no requiere separación	no requiere separación	no requiere separación
3 pisos	no requiere separación	0.01 veces la altura de la edificación nueva (1% de $h_n$ )	no requiere separación
Más de 3 pisos	0.02 veces la altura de la edificación nueva (2% de $h_n$ )	0.03 veces la altura de la edificación nueva (3% de $h_n$ )	0.01 veces la altura de la edificación nueva (1% de $h_n$ )

$\approx 4 \text{ cm. (Medición en campo)} \leq 3\%h_p \text{ (60 cm.)}$ .

## 8. PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

En busca de los objetivos del presente trabajo y en vista que el paciente no cuenta con un sistema estructural admitido por el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistente NSR-10, en busca de una actualización y cumplimiento de la edificación con la NSR-10, basados en los datos de la investigación, resultados de ensayos realizados, historia clínica del paciente y análisis obtenidos, se determina en implementar un sistema sísmico estructural, la causa principal de la patología la ausencia de un sistema estructural el cual no fue concebido desde el inicio de la construcción de tal manera que se ve reflejado en la sintomatología presentada en los elementos que conforman la estructura actual, por tal motivo se presenta la propuesta de intervención la cual consiste en el reforzamiento estructural definido a continuación:

### 8.1. Memoria de Cálculo Diseño en Concreto

#### 8.1.1. Evaluación e Intervención de Edificaciones construidas Antes de la NSR-10 (Capítulo A.10)

El Capítulo A.10 de la NSR-10 establece los criterios y procedimientos que se deben seguir para evaluar la vulnerabilidad sísmica y adicionar, modificar o remodelar el sistema estructural de edificaciones existentes diseñadas y construidas con anterioridad a la vigencia de la presente versión del Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes.

### 8.1.1.1. Alcance (A.10.1.3 - Etapa 1)

Los requisitos dados en el Capítulo A.10 de la NSR-10 deben ser utilizados para llevar a cabo la evaluación del comportamiento sísmico y el diseño de la intervención, reparación o refuerzo de la estructura de edificaciones existentes antes de la vigencia de la presente versión del Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes que se modifiquen o rehabiliten en el territorio Nacional.

Sin embargo, según lo contemplado en el Capítulo A.10.1.3.1 (Reparaciones y cambios menores), se considera que el sistema estructural de la edificación no sufre modificación cuando se hacen reparaciones y cambios menores que no afecten el sistema de resistencia sísmica ni la integridad estructural de la edificación. En este caso no hay necesidad de llevar a cabo los estudios a que hace referencia el capítulo antes referenciado, con la excepción anotada en A.10.1.3.2. (Cambio de uso)

#### Tabla 8-1

##### Movimientos Sísmicos de Diseño (A.2.2)

Coeficiente aceleración horizontal pico efectiva, para diseño (Apéndice A-4)	<b>Aa</b>	<b>0,15</b>
Coeficiente velocidad horizontal pico efectiva, para diseño (Apéndice A-4)	<b>Av</b>	<b>0,20</b>

Fuente: NSR - 10

### 8.1.1.2. Clasificación del Sistema Estructural (A.10.4.2.3)

De acuerdo a lo dispuesto en el Capítulo A.3 (Requisitos Generales de Diseño Sismo-Resistente), el sistema estructural de la edificación se clasifica de la siguiente manera:



**Tabla 8-2**

*Clasificación Sistema Estructural (A.3)*

SISTEMA ESTRUCTURAL		CAPACIDAD DE DISIPACIÓN	VALOR $R_0$	VALOR $\Omega_0$
<b>Dirección x-x</b>	Sistema de pórticos resistente a momentos con capacidad moderada de disipación de energía	DMO	5.0	3.0
<b>Dirección y-y</b>	Sistema de pórticos resistente a momentos con capacidad moderada de disipación de energía	DMO		

Fuente: NSR - 10

### 8.1.1.3.Fuerza Sísmicas (A.10.4.2.5)

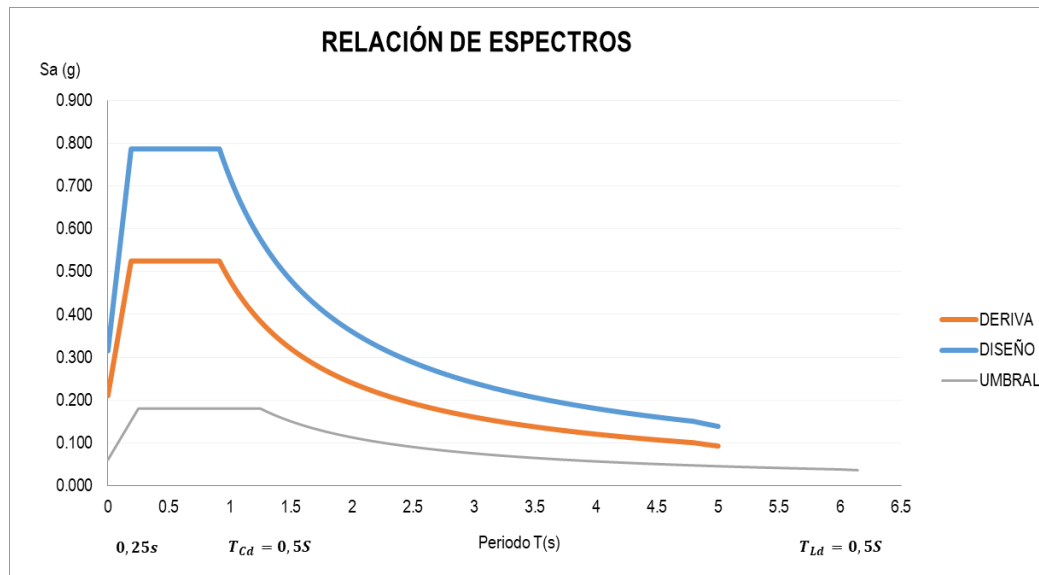
Las Fuerzas Sísmicas,  $F_s$ , se determinaron por medio del método de la Fuerza Horizontal Equivalente (FHE) de acuerdo a lo contemplado en el Capítulo A.4, donde la carga de sismo corresponde a la carga establecida por medio de los espectros de diseño preestablecidos por la NSR – 10 para esta zona del país, que, para el municipio de San Juan de Rioseco, este espectro de diseño se encuentra en una Zona de Amenaza Sísmica Intermedia.



**Tabla 8-3**

*Parámetros de Espectro de NSR-10*

Parámetros Espectro Microzonificación Sísmica (Decreto 523 de 2010)		
Microzonificación Sísmica	=	No
Ubicación de la estructura	=	SAN JUAN DE RIO SECO
Zona de Amenaza Sísmica	=	Intermedia
Grupo de uso	=	IV
Coef. de Importancia, I	=	1.50
Coef. de acel. pico efectiva, $A_a$	=	0.15 g
Coef. Vel. Horiz. pico efectiva, $A_v$	=	0.20 g
Coeficiente de Umbral de Daño	=	
Factor de amplif. acel., $F_a$	=	1.25
Fact. de amplif. acel.(rango vel.), $F_v$	=	2.50
Período inicial, $T_0$	=	0.00 s
Período corto, $T_c$	=	0.96 s
Período largo, $T_L$	=	3.50 s
Máx. acel. en el espectro ( $S_a$ )	=	0.41 g



**Figura No. 39** Comparación de Espectros de Diseño



### 8.1.2. Cargas diferentes a las solicitudes Sísmicas (A.10.4.2.6)

Las solicitudes de carga a las cargas sísmicas se determinaron siguiendo los requisitos del Título B de la NSR-10, donde las cargas muertas se evaluaron con base en la observación y mediciones efectuadas en el trabajo de campo, tomando como valores mínimos las cargas prescritas en el Título B.

#### 8.1.2.1. Cargas Muertas (D – Muerta)

La carga muerta de la estructura la constituye el peso propio de los elementos, el peso de la placa de concreto, acabados (pisos, cielo raso y mortero de nivelación, entre otros), muros y otros (luminarias), que corresponden a los elementos que permanecen fijos durante la vida útil de la edificación.



**Tabla 8-4**  
**Avalúo de carga muerta cubierta**

PLACA PISO 1		e= 0.40 m	
0.05 m			
0.35 m			
<b>Carga Muerta</b>			
Placa	0.050 x 2.4	=	0.120 T/m <sup>2</sup>
Viguetas	0.100 x 0.35 m x 2.4 / 0.8	=	0.105 T/m <sup>2</sup>
Acab.+C. Razo		=	0.160 T/m <sup>2</sup>
Fachadas y Muros		=	0.172 T/m <sup>2</sup>
Caseton		=	0.020 T/m <sup>2</sup>
Otros	(Ductos y Redes de Servicio)	=	0.030 T/m <sup>2</sup>
			C.M.= 0.607 T/m <sup>2</sup>
<b>Carga Viva Máx (Residencial)</b>			C.V.= 0.500 T/m <sup>2</sup>
<b>Carga Total (Servicio)</b>			<b>CT= 1.107 T/m<sup>2</sup></b>
<b>Carga Ultima de Diseño</b>			
C.U. = 1.2 C.M. + 1.6 C.V. = <b>1.528 T/m<sup>2</sup></b> Para cargar las vigas			
ρ vigas = 0.130 T/m <sup>2</sup>			
ρ columnas = 0.424 T/m <sup>2</sup>			
ρ vigas + columnas = 0.555 T/m <sup>2</sup>			
<b>C.Servicio = 1.16 T/m<sup>2</sup></b>		Carga Real de Servicio	
<b>M.Sismo = 0.12 T/m<sup>2</sup></b>		Masa Total para Análisis Sísmico	

PLACA PISO 2		e= 0.40 m	
0.05 m			
0.35 m			
0.00 m			
<b>Carga Muerta</b>			
Placa	0.050 x 2.4	=	0.120 T/m <sup>2</sup>
Viguetas	0.100 x 0.35 m x 2.4 / 0.8	=	0.105 T/m <sup>2</sup>
Acab.+C. Razo		=	0.160 T/m <sup>2</sup>
Casetón		=	0.020 T/m <sup>2</sup>
Fachadas y Muros		=	0.172 T/m <sup>2</sup>
Otros		=	0.030 T/m <sup>2</sup>
			C.M.= 0.607 T/m <sup>2</sup>
<b>Carga Viva Máx (Residencial)</b>			C.V.= 0.500 T/m <sup>2</sup>
<b>Carga Total (Servicio)</b>			<b>CT= 1.107 T/m<sup>2</sup></b>
<b>Carga Ultima de Diseño</b>			
C.U. = 1.2 C.M. + 1.6 C.V. = <b>1.53 T/m<sup>2</sup></b> Para cargar las vigas			
ρ vigas = 0.13 T/m <sup>2</sup>			
ρ columnas = 0.424 T/m <sup>2</sup>			
ρ vigas + columnas = 0.555 T/m <sup>2</sup>			
<b>C.Real = 1.662 T/m<sup>2</sup></b>		Carga Real para cimentación	
<b>C.Sismo = 1.162 T/m<sup>2</sup></b>		Carga Muerta Total para Análisis Sísmico	



**PISO 3**  $e = 0.15 \text{ m}$

**Carga Muerta**

Placa	0.150	x	2.4	=	0.360	T/m <sup>2</sup>	
Acab.+C. Razo	0.050	x	2	=	0.100	T/m <sup>2</sup>	
Fachadas y Muros				=	0.172	T/m <sup>2</sup>	
Otros				=	0.030	T/m <sup>2</sup>	
					<b>C.M. =</b>	<b>0.662</b>	<b>T/m<sup>2</sup></b>

Carga viva (Vivienda) **C.V. = 0.300 T/m<sup>2</sup>**  
 Carga Total de Servicio (CM+CV) **CT = 0.962 T/m<sup>2</sup>**  
 Carga viva (Escaleras) **C.V. = 0.300 T/m<sup>2</sup>**

**Carga Ultima**  
 $C.U. = 1.2 \text{ C.M.} + 1.6 \text{ C.V.} = 1.27 \text{ T/m}^2$  Para cargar la Losa

$\rho$  vigas = **0.130 T/m<sup>2</sup>**  
 $\rho$  columnas = **0.424 T/m<sup>2</sup>**  
 $\rho$  vigas + columnas = **0.555 T/m<sup>2</sup>**

**C.Real = 1.217 T/m<sup>2</sup>** Carga Real para cimentación  
**C.Total = 1.771 T/m<sup>2</sup>** Carga Muerta Total para Análisis Sísmico

---

**Cubierta**  $e = 0.15 \text{ m}$

**Carga Muerta**

Placa	0.150	x	2.4	=	0.360	T/m <sup>2</sup>	
Acab.+C. Razo	0.050	x	2	=	0.100	T/m <sup>2</sup>	
Fachadas y Muros				=	0.172	T/m <sup>2</sup>	
Otros				=	0.030	T/m <sup>2</sup>	
					<b>C.M. =</b>	<b>0.662</b>	<b>T/m<sup>2</sup></b>

Carga viva **C.V. = 0.180 T/m<sup>2</sup>**  
 Carga Total **CT = 0.842 T/m<sup>2</sup>**  
 Carga viva (Corredores y Escaleras) **C.V. = 0.500 T/m<sup>2</sup>**

**Carga Ultima**  
 $C.U. = 1.2 \text{ C.M.} + 1.6 \text{ C.V.} = 1.08 \text{ T/m}^2$  Para cargar las viguetas

$\rho$  vigas = **0.130 T/m<sup>2</sup>**  
 $\rho$  columnas = **0.077 T/m<sup>2</sup>**  
 $\rho$  vigas + columnas = **0.207 T/m<sup>2</sup>**

<b>C.Real = 1.049 T/m<sup>2</sup></b>	Carga Real para cimentación
<b>C.Sismo = 0.869 T/m<sup>2</sup></b>	Carga Muerta Total para Análisis Sísmico

### 8.1.2.2. Cargas Vivas (L – Viva)

Las cargas vivas de la edificación corresponden a las debidas por el uso y ocupación de la edificación, sin incluir las cargas ambientales tales como sismo y viento. Por tal motivo de acuerdo a lo contemplado en el Capítulo B.4 de la NSR-10 (Cargas Vivas) se establece



que la carga viva uniformemente repartida máxima que se espera pueda ocurrir en la edificación debido al uso que pueda tener, es de 200 Kgf/m<sup>2</sup> (Cargas mínimas área de oficinas Tabla B.4.2.1-1 de la NSR-10).

**Tabla 8-5**  
*Cargas vivas por uso*

Ocupación o uso		Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta	Carga uniforme (kgf/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta
Reunión	Balcones	5.0	500
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Silletería fija (fijada al piso)	3.0	300
	Gimnasios	5.0	500
	Vestibulos	5.0	500
	Silletería móvil	5.0	500
	Áreas recreativas	5.0	500
	Plataformas	5.0	500
	Escenarios	7.5	750
Oficinas	Corredores y escaleras	3.0	300
	Oficinas	2.0	200
	Restaurantes	5.0	500
Educativos	Salones de clase	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Bibliotecas		
	Salones de lectura	2.0	200
Fábricas	Estanterías	7.0	700
	Industrias livianas	5.0	500
	Industrias pesadas	10.0	1000
Institucional	Cuartos de cirugía, laboratorios	4.0	400
	Cuartos privados	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
Comercio	Minorista	5.0	500
	Mayorista	6.0	600
Residencial	Balcones	5.0	500
	Cuartos privados y sus corredores	1.8	180
	Escaleras	3.0	300
Almacenamiento	Liviano	6.0	600
	Pesado	12.0	1200
Garajes	Garajes para automóviles de pasajeros	2.5	250
	Garajes para vehículos de carga de hasta 2.000 kg de capacidad.	5.0	500
Coliseos y Estadios	Graderías	5.0	500
	Escaleras	5.0	500

Fuente: (Tabla B.4.2.1-1 NSR-10)

**Tabla 8-6**  
*Cargas vivas para cubierta*

Tipo de cubierta	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta	Carga uniforme (kgf/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta
Cubiertas, Azoteas y Terrazas	la misma del resto de la edificación (Nota-1)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)
Cubiertas usadas para jardines de cubierta o para reuniones	5.00	500
Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.35	35
Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.50	50

**Nota-1** — La carga viva de la cubierta no debe ser menor que el máximo valor de las cargas vivas usadas en el resto de la edificación, y cuando esta tenga uso mixto, tal carga debe ser la mayor de las cargas vivas correspondientes a los diferentes usos.

Fuente: (Tabla B.4.2.1-2 NSR-10)



**Nota (1):** De acuerdo con lo observado en la visita de campo, se aprecia que la carga viva de uso no aplica debido que no se tiene placas de entrepiso.

### 8.1.3. Análisis Estructural (A.10.4.2.7)

Con el fin de evaluar la estructura de manera global y los elementos estructurales en los cuales se apoyara la cubierta, a continuación se verifica los requisitos mínimos previstos en el Título C.9 de la NSR-10 (Requisitos de Resistencia y funcionamiento) y apoyados en Metodologías alternas aprobadas por la NSR-10 (FEMA 310 - *Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings*, 1998), en cuanto a resistencia y capacidad de funcionamiento la cual debe ser por lo menos igual a la resistencia requerida, calculada esta última para las cargas verticales y fuerzas mayoradas en las condiciones establecidas por las Normas antes descritas, de la cual obtenemos los siguientes resultados:

#### 8.1.3.1. Fase Tamizado (Fase 1) – FEMA 310

El objetivo de la fase de tamizado del proceso de evaluación de la estructura es el de identificar rápidamente que la edificación objeto del presente estudio cumpla con las provisiones de este manual, de igual manera, busca de manera rápida familiarizarse con las condiciones de la estructura, así como identificar sus falencias y establecer su comportamiento potencial ante nuevas solicitudes.

**Nota:** Para un análisis más detallado que implique la intervención, reparación o refuerzo de la estructura se recomienda la aplicación de la Fase 2 (Evaluación) y Fase 3



(Evaluación Detallada) enfocándose de manera detallada en las deficiencias potenciales identificadas en la presente Fase.

#### 8.1.4. Método De Análisis Por Software.

El método estructural de diseño utilizado es el de Resistencia Última, donde el análisis de la estructura tridimensional se realizó mediante el programa ETABS V. 16, el cual aplica las combinaciones básicas de carga (muerta, viva, viento, granizo, sismos, etc.) calculando los desplazamiento máximos de cada entrepiso o diafragma, lo cual se utiliza para deducir las derivas máximos y comparar que su valor no exceda lo establecido en el numeral A.2.6 de la NSR 10 , por otro lado el software permite obtener las momentos, cortantes, fuerzas axiales y reacciones que se generan por la estructura, donde se puede aprobar la capacidad de los elementos promedio de los índices de sobreesfuerzo lo cual se traduce en que su sección es suficiente para resistir la cargas aplicadas.

Las fuerzas horizontales del sismo se generaron a través del espectro de diseño del sitio del proyecto. El método de análisis empleado (se selecciona en el programa) fue el del Análisis Modal Dinámico y para la comprobación de algunos resultados se hizo análogamente en se hizo con el método de la Fuerza Horizontal Equivalente a través de Hoja de Cálculo del paquete Microsoft Excel.

#### 8.1.5. Espectro De Respuesta Sísmica

Para la utilización del método Modal Espectral se necesita introducir el espectro de respuesta sísmica para la estructura de acuerdo al estudio de suelos y la norma NSR-10, los cuales se muestran a continuación:

### 8.1.5.1. Espectro de Derivas

Este espectro es utilizado tomando un factor de Importancia de 1.50 para el cálculo de los desplazamientos de la estructura.

UBICACIÓN	USO	TIPO DE SUELO
Departamen: <b>Cundinamarca</b>	Grupo <b>I</b>	Perfil Tipo: <b>C</b>
Ciudad <b>San Juan de Rioseco</b>	Coefficiente de Importancia I <b>1.00</b>	Fa <b>1.4</b>
Aa <b>0.15</b>	Zona de Amenaza Sísmica <b>Intermedia</b>	Fv <b>2</b>
Av <b>0.20</b>		T Modelo <b>0.578</b>
		Sa <b>0.525</b>
To (s) <b>0.19</b>	Tl (s) <b>4.80</b>	Tc (s) <b>0.91</b>

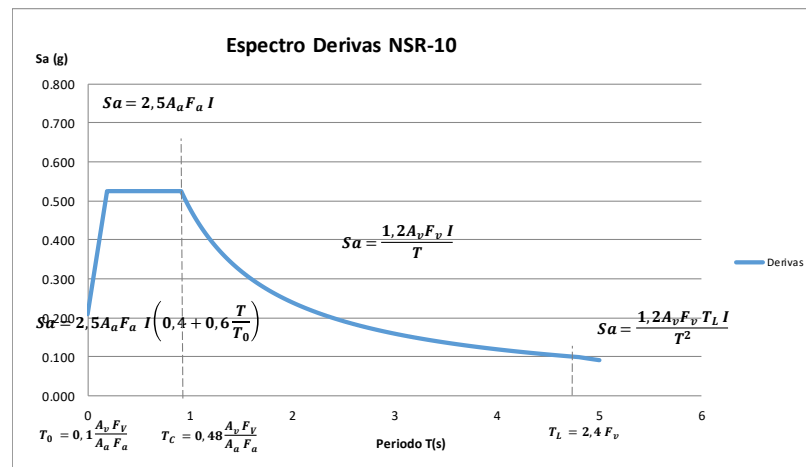


Figura No. 40 Espectro de Derivas

### 8.1.5.2. Espectro de Diseño

Este espectro es utilizado tomando un factor de Importancia de la edificación de acuerdo a su uso para el diseño de los diferentes elementos de la estructura.



UBICACIÓN		USO		TIPO DE SUELO	
Departamento	Cundinamarca	Grupo	IV	Perfil Tipo:	C
Ciudad	San Juan de Rioseco	Coefficiente de Importancia I	1.50	Fa	1.4
Aa	0.15	Zona de Amenaza Sísmica	Intermedia	Fv	2
Av	0.20			T Modelo	0.578
				Sa	0.788
To (s)	0.19	Tl (s)	4.80	Tc (s)	0.91

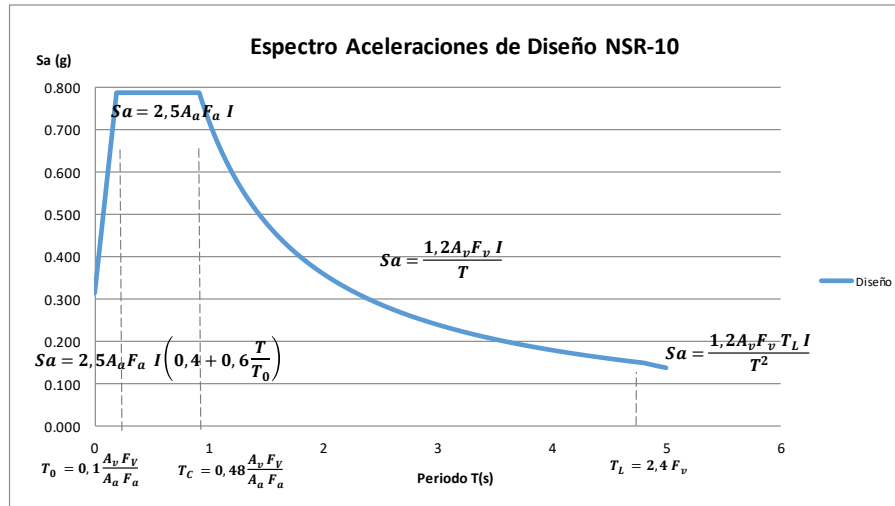


Figura No. 41 Espectro de Diseño

### 8.1.5.3. Espectro de Umbral de Daño

Este espectro es utilizado tomando un factor de Importancia de 1.00 para el cálculo de los desplazamientos de la estructura.



UBICACIÓN		USO		TIPO DE SUELO	
Departamento	Cundinamarca	Grupo	IV	Perfil Tipo:	C
Ciudad	San Juan de Rioseco	Coefficiente de Importancia I	1.50	Fa	1.4
Aa	0.15	Zona de Amenaza Sísmica	Intermedia	Fv	2
Av	0.20			T Modelo	0.528
Ad	0.06			Sa	0.180
S	2.5	To (s)	0.06	Tcd (s)	1.25
				Tld (s)	6.00

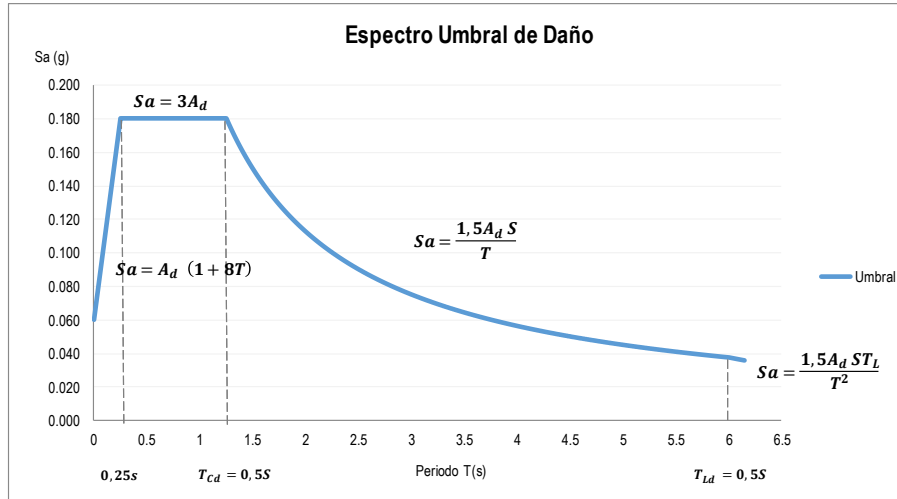


Figura No. 42 Espectro de Umbral de Daño

### 8.1.6. Ajuste Al Cortante Dinámico

Es necesario hacer un ajuste a los resultados del análisis modal. Éste se realiza amplificando el espectro para alcanzar el 90 % del cortante basal obtenido por el método de la FHE, ya que la estructura es Irregular. En la siguiente tabla se muestra el ajuste que se hizo al análisis modal.

### 8.1.6.1. Ajuste a Cortante Dinámico Espectro de Derivas

**Tabla 8-7**  
*Cortante de Derivas*

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	kN	kN	kN
CP	LinStatic		-	-	28,538.95
CV	LinStatic		-	-	-
SX	LinRespSpec	Max	9,146.35	-	-
SY	LinRespSpec	Max	-	7,489.72	-
FHE (%) =			61%	50%	
Sa =			0.525		
Fact =			1.47	1.80	
FHE (Sa W) =			14,982.95		
Factor Ajuste (90 %) del Sismo=			14.46	17.66	
Cortante Din. Corregido =			13484.65	13,484.65	

### 8.1.6.2. Ajuste a Cortante Dinámico Espectro de Diseño

**Tabla 8-8**  
*Cortante de Diseño*

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	kN	kN	kN
CP	LinStatic		-	-	28,538.95
CV	LinStatic		-	-	-
SX	LinRespSpec	Max	13,290.47	-	-
SY	LinRespSpec	Max	-	11,234.78	-
FHE (%) =			59%	50%	
Sa =			0.788		
Fact =			1.52	1.80	
FHE (Sa W) =			22,474.42		
Factor Ajuste (90 %) del Sismo=			14.93	17.66	
Cortante Dina. Corregido =			20226.98	20,226.98	



### 8.1.6.3. Ajuste a Cortante Dinámico Espectro de Umbral de Daño

**Tabla 8-9**

*Cortante de Umbral de Daño*

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	kN	kN	kN
CP	LinStatic		-	-	28,538.95
CV	LinStatic		-	-	-
SX	LinRespSpec	Max	2,964.75	-	-
SY	LinRespSpec	Max	-	2,549.26	-
FHE (%) =			58%	50%	
Sa =			0.180		
Fact =			1.56	1.81	
FHE (Sa W) =			5,137.01		
Factor Ajuste (90 %) del Sismo=			15.30	17.79	
Cortante Dina.Corregido =			4623.31	4,623.31	

### 8.1.7. Cargas Sísmicas

Las cargas sísmicas son tenidas en cuenta a partir de los espectros de diseño. A continuación, se presentan las cargas sísmicas obtenidas en la base, es decir el cortante dinámico.

#### 8.1.7.1. Cargas sísmicas de Derivas

**Tabla 8-10**

*Cargas sísmicas de Derivas*

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Base	1	3	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	159.0843	40.938	69.1028	66.4089	260.8229	2.1509
Base	1	3	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	335.0184	135.5989	149.6466	219.074	549.8269	8.6836
Base	2	5	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	163.6503	50.5953	80.8821	74.9977	261.0976	2.3007
Base	2	5	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	277.587	169.5282	133.813	249.1868	444.3131	9.6308
Base	3	7	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	155.7553	55.0688	64.3723	79.1224	251.223	2.3153
Base	3	7	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	196.4997	179.1707	110.5404	257.9447	314.3168	9.7177



Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Base	4	9	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	156.9998	55.0042	76.1635	79.1076	251.4589	2.3177
Base	4	9	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	158.6622	178.9172	106.4102	257.8078	253.6283	9.7235
Base	5	11	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	148.7841	52.8195	49.2829	77.5157	243.9324	2.3148
Base	5	11	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	86.9242	170.469	30.2141	251.6158	140.7099	9.7168
Base	6	13	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	150.0828	53.043	41.3298	77.8166	245.8705	2.3097
Base	6	13	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	47.3382	173.6935	15.9782	254.3589	77.4096	9.7246
Base	7	15	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	163.922	51.56	81.0899	76.5417	259.5324	2.2474
Base	7	15	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	94.9676	170.828	46.6414	251.5745	148.8731	9.5144
Base	8	17	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	161.5402	41.7852	85.6254	67.6904	260.4617	2.0732
Base	8	17	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	185.0354	126.3081	90.0108	211.0406	298.6756	8.7066
Base	41	81	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	139.3661	74.5711	119.3114	115.0639	209.014	2.4319
Base	41	81	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	179.014	262.7656	479.3173	411.7177	295.2254	10.2094
Base	42	83	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	130.7698	98.1063	179.9905	175.7927	199.0698	2.6413
Base	42	83	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	73.059	391.6332	767.6255	710.2731	114.5683	11.055
Base	46	88	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	184.4438	117.5325	71.6269	182.6835	276.4778	2.609
Base	46	88	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	59.5289	479.664	298.827	749.7275	88.69	10.9415
Base	47	90	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	141.9274	107.9831	30.6917	174.8009	209.6372	2.5677
Base	47	90	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	45.7613	428.2602	130.4884	699.2043	67.2582	10.7761
Base	48	92	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	139.8224	88.3409	15.2974	141.1245	207.7689	2.4912
Base	48	92	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	44.2947	341.7701	64.0053	548.2163	65.7965	10.464
Base	51	102	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	173.4959	58.2441	15.0137	86.0227	267.0304	2.4299
Base	51	102	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	154.7865	197.1394	62.8246	297.9683	278.7817	10.2005
Base	53	103	DERV SX CORR	LinRespSpec	Max	143.7772	64.5195	109.0951	98.0918	211.2279	2.4137
Base	53	103	DERV SY CORR	LinRespSpec	Max	153.9969	213.6915	101.1574	324.9022	240.7102	10.1383

### 8.1.7.2.Cargas sísmicas de Diseño

Tabla 8-11

Cargas sísmicas de Diseño

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Base	1	3	SX CORR	LinRespSpec	Max	246.3826	63.403	107.0233	102.8511	403.9509	3.3312
Base	1	3	SY CORR	LinRespSpec	Max	502.5276	203.3983	224.4698	328.6109	824.7403	13.0254
Base	2	5	SX CORR	LinRespSpec	Max	253.4543	78.3597	125.2666	116.1531	404.3763	3.5632
Base	2	5	SY CORR	LinRespSpec	Max	416.3805	254.2924	200.7196	373.7802	666.4697	14.4462
Base	3	7	SX CORR	LinRespSpec	Max	241.2269	85.2881	99.6969	122.5413	389.0829	3.5858
Base	3	7	SY CORR	LinRespSpec	Max	294.7496	268.7561	165.8106	386.917	471.4752	14.5766
Base	4	9	SX CORR	LinRespSpec	Max	243.1542	85.188	117.9586	122.5183	389.4482	3.5895
Base	4	9	SY CORR	LinRespSpec	Max	237.9933	268.3758	159.6153	386.7117	380.4424	14.5853
Base	5	11	SX CORR	LinRespSpec	Max	230.4302	81.8045	76.3271	120.0528	377.7915	3.5851



Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Base	5	11	SY CORR	LinRespSpec	Max	130.3863	255.7035	45.3212	377.4237	211.0649	14.5751
Base	6	13	SX CORR	LinRespSpec	Max	232.4415	82.1507	64.0097	120.5188	380.7932	3.5772
Base	6	13	SY CORR	LinRespSpec	Max	71.0073	260.5402	23.9673	381.5383	116.1144	14.5869
Base	7	15	SX CORR	LinRespSpec	Max	253.8751	79.8539	125.5885	118.5443	401.9522	3.4806
Base	7	15	SY CORR	LinRespSpec	Max	142.4514	256.242	69.9621	377.3618	223.3096	14.2716
Base	8	17	SX CORR	LinRespSpec	Max	250.1862	64.715	132.6127	104.8359	403.3914	3.2108
Base	8	17	SY CORR	LinRespSpec	Max	277.5531	189.4622	135.0162	316.5609	448.0133	13.0599
Base	41	19	SX CORR	LinRespSpec	Max	257.9339	70.4852	85.0542	108.0702	410.3268	3.269
Base	41	19	SY CORR	LinRespSpec	Max	286.648	205.4011	136.2414	327.1676	456.1288	13.2594
Base	42	21	SX CORR	LinRespSpec	Max	259.1279	72.6721	178.7916	111.148	409.4014	3.6494
Base	42	21	SY CORR	LinRespSpec	Max	164.6816	243.5513	95.0432	365.9867	285.1274	14.9611
Base	46	23	SX CORR	LinRespSpec	Max	263.5872	69.5264	31.3223	115.1573	414.5381	3.8198
Base	46	23	SY CORR	LinRespSpec	Max	165.9656	241.8098	117.6945	399.2245	288.9066	15.5981
Base	47	25	SX CORR	LinRespSpec	Max	268.9442	65.7804	65.5886	121.9668	419.7159	3.8685
Base	47	25	SY CORR	LinRespSpec	Max	175.1958	233.8917	265.9988	441.0642	298.9978	15.7906
Base	48	27	SX CORR	LinRespSpec	Max	267.539	100.302	114.0274	174.3614	419.0289	3.9771
Base	48	27	SY CORR	LinRespSpec	Max	186.1166	373.0642	470.7374	663.4683	312.0016	16.2135
Base	51	29	SX CORR	LinRespSpec	Max	273.0221	134.3301	247.1741	240.7863	423.7254	4.0571
Base	51	29	SY CORR	LinRespSpec	Max	187.9317	521.7419	1015.7387	950.6742	315.8956	16.5249
Base	53	31	SX CORR	LinRespSpec	Max	233.6397	125.4285	94.6423	246.9736	388.8074	4.0685
Base	53	31	SY CORR	LinRespSpec	Max	143.3189	497.0867	356.359	987.4979	276.2021	16.5985

### 8.1.7.3.Cargas Sísmicas De Umbral De Daño

Tabla 8-12

Cargas Sísmicas de Umbral de Daño

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Base	1	3	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	57.6453	14.8485	25.0313	24.0872	94.5122	0.7802
Base	1	3	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	115.6888	46.7316	51.6691	75.5003	189.8668	2.9984
Base	2	5	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	59.2974	18.3508	29.3076	27.2022	94.6073	0.8346
Base	2	5	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	95.8579	58.4246	46.2047	85.8783	153.4327	3.3254
Base	3	7	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	56.4388	19.9745	23.3223	28.6992	91.0299	0.8398
Base	3	7	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	67.8576	61.7502	38.1305	88.8993	108.543	3.3555
Base	4	9	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	56.8887	19.9511	27.6074	28.6939	91.1144	0.8407
Base	4	9	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	54.79	61.6647	36.7122	88.8539	87.584	3.3575
Base	5	11	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	53.9175	19.159	17.8658	28.1167	88.393	0.8397
Base	5	11	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	30.0126	58.7528	10.4335	86.7203	48.5815	3.3551
Base	6	13	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	54.39	19.2395	14.9839	28.2254	89.0988	0.8378
Base	6	13	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	16.316	59.8624	5.5034	87.6641	26.6798	3.3578



Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Base	7	15	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	59.4044	18.7015	29.3893	27.7629	94.0517	0.8152
Base	7	15	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	32.7615	58.8767	16.0986	86.7056	51.3566	3.2852
Base	8	17	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	58.5468	15.1568	31.0365	24.5532	94.3982	0.7519
Base	8	17	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	63.8681	43.531	31.0756	72.7331	103.0922	3.0063
Base	41	19	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	60.3595	16.5086	19.8859	25.311	96.0208	0.7656
Base	41	19	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	65.9608	47.2156	31.3238	75.196	104.9594	3.0521
Base	42	21	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	60.5593	17.0171	41.8516	26.0289	95.7384	0.8547
Base	42	21	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	37.7991	55.8698	21.8743	84.0336	65.5328	3.444
Base	46	23	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	61.6033	16.28	7.3358	26.9682	96.9416	0.8947
Base	46	23	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	38.0932	55.5059	27.0987	91.7411	66.4039	3.5908
Base	47	25	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	62.8617	15.4009	15.33	28.5625	98.1571	0.9061
Base	47	25	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	40.2291	53.6941	61.246	101.4055	68.7355	3.6352
Base	48	27	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	62.5306	23.488	26.7058	40.8358	97.9944	0.9315
Base	48	27	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	42.7552	85.7986	108.3888	152.6645	71.74	3.7327
Base	51	29	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	63.8171	31.4586	57.8156	56.3952	99.0957	0.9502
Base	51	29	UMB SY CORR	LinRespSpec	Max	43.1806	120.0483	233.8742	218.8135	72.6445	3.8044
Base	53	31	UMB SX CORR	LinRespSpec	Max	54.5766	29.3708	22.0582	57.8429	90.9088	0.9528

### 8.1.8. Coeficiente De Disipación De Energía

En resumen, los factores de reducción de disipación de energía para planta y para altura son los siguientes:



**Tabla 8-13**

*Coefficiente de disipación de Energía*

**Coefficiente de Capacidad de Disipación de Energía**

	$R' = \phi_p * \phi_\alpha * \phi_r * R_0$	(NSR-10 A.3.3.3)
donde:	$\phi_p = 0.65$	Irregularidad en Planta
	$\phi_\alpha = 0.90$	Irregularidad en Altura
	$\phi_r = 1.00$	Irregularidad por Redundancia
Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO) de Concreto.	$R_0 = 5.0$	
DMO	<b>R' = 2.92</b>	
Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO) de Concreto.	$R'_0 = 5.0$	
DMO	<b>R = 2.92</b>	
	$R_c = 0.0 < R$	
	<b>Rdef = 2.92</b>	

Se realiza el ajuste del coeficiente de disipación de energía, para poder obtener de manera análoga las combinaciones de carga, para diseñar cada uno de los elementos de la estructura.

### 8.1.9. Modelo Estructural En Concreto

El modelo de la estructura se realizó con elementos tipo Frame para las vigas y columnas y tipo Membrane para las placas y la cubierta liviana, las cuales se cargaron por metro cuadrado, los apoyos de la estructura son empotrados en la base. En la siguiente imagen se muestra el modelo realizado.

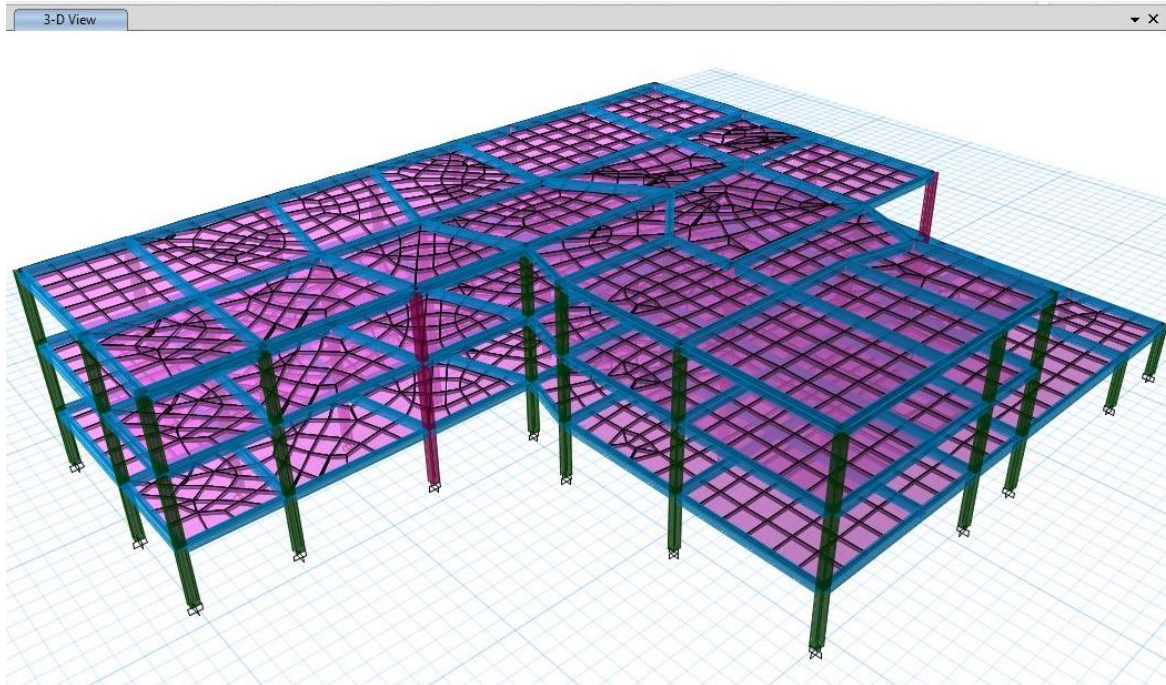


Figura No. 43 Modelo Estructural

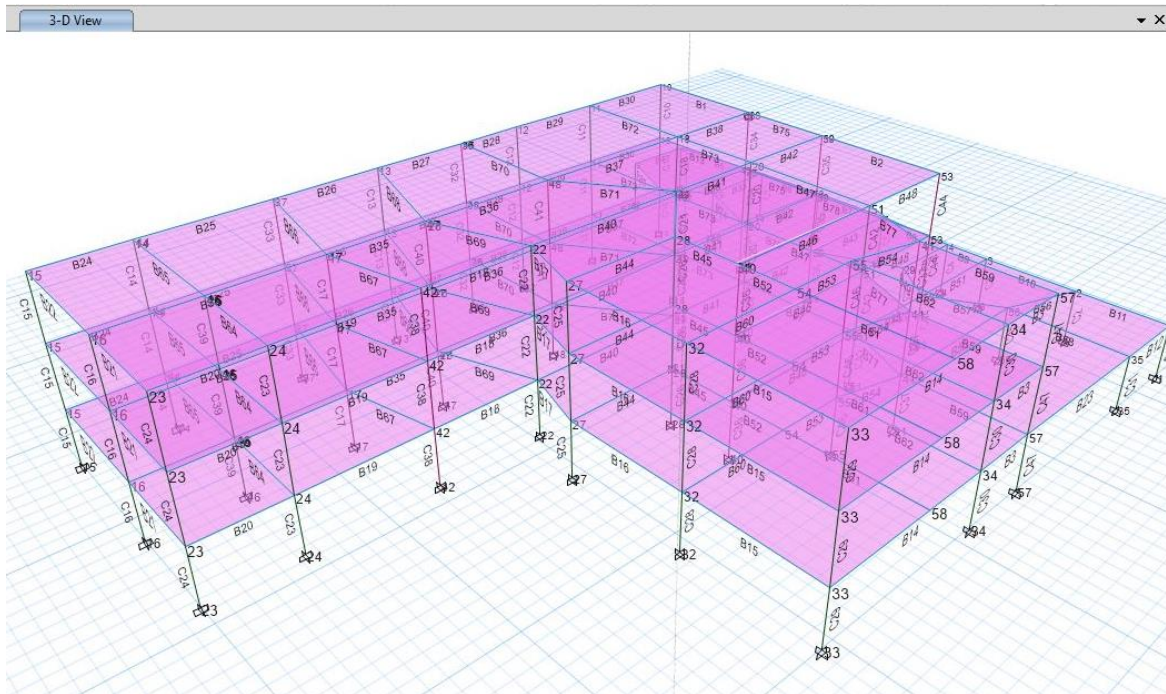
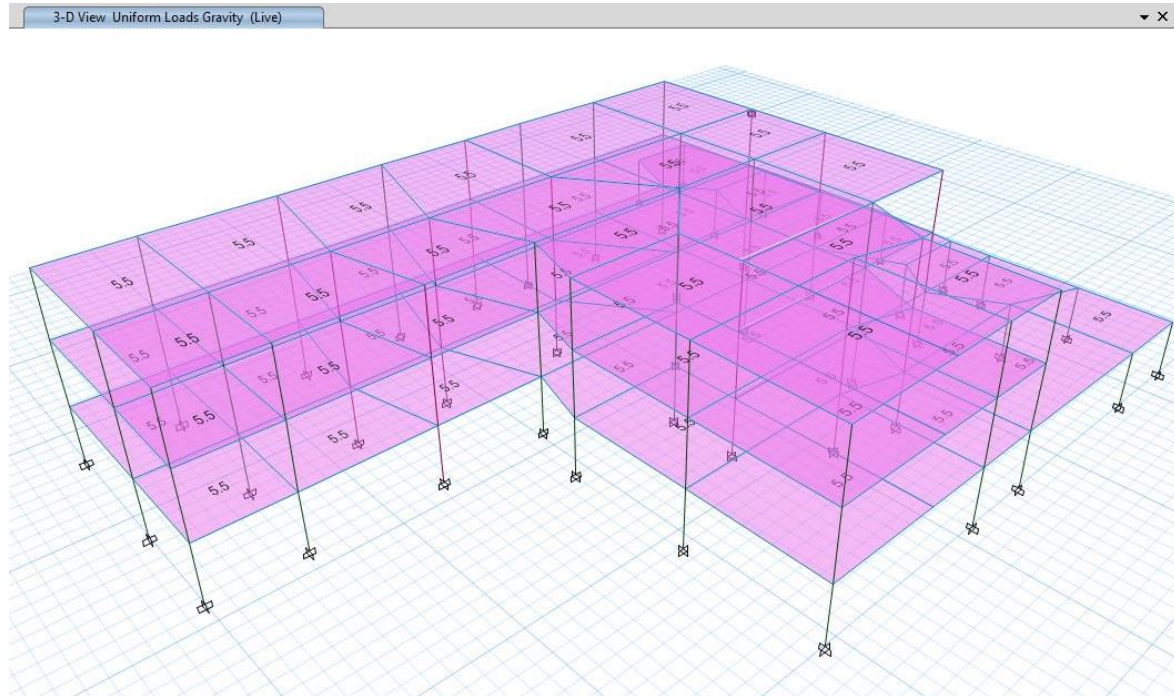


Figura No. 44 Secciones y Numeración de Elementos



### 8.1.10. Cargas De Servicio En El Modelo Estructural

A continuación, se presenta el modelo cargado considerando los casos de carga muerta, viva de cubierta.



*Figura No. 45 Carga Muerta D distribuida Sobre la Cubierta (KN/m<sup>2</sup> – KN/m)*

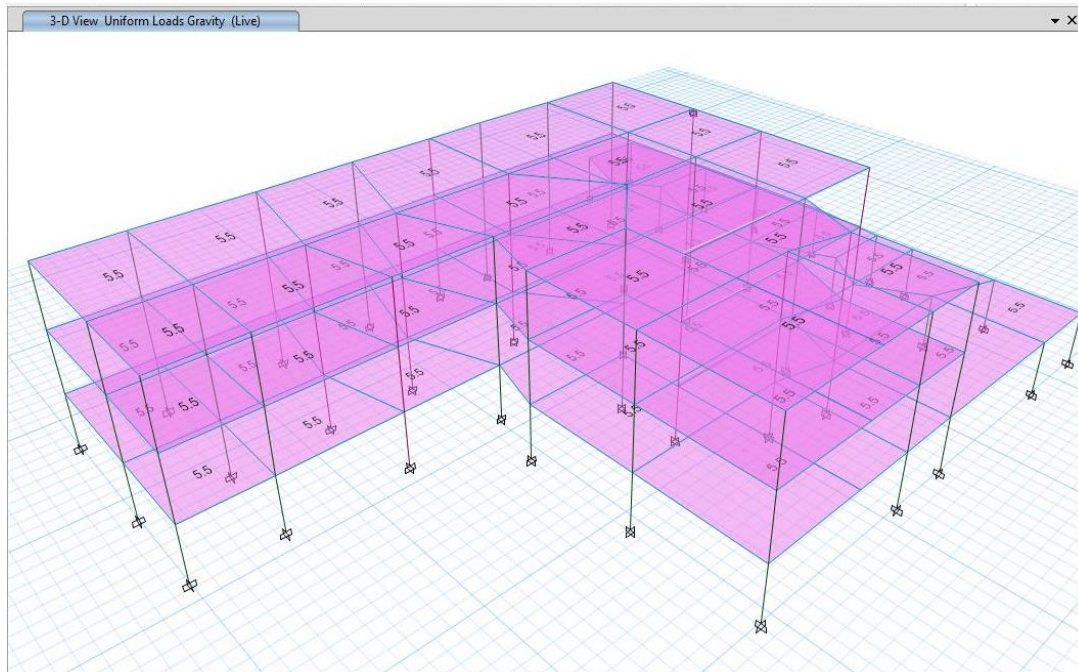


Figura No. 46 Carga Viva y Viva de Cubierta Distribuida ( $KN/m^2 - KN/m$ )

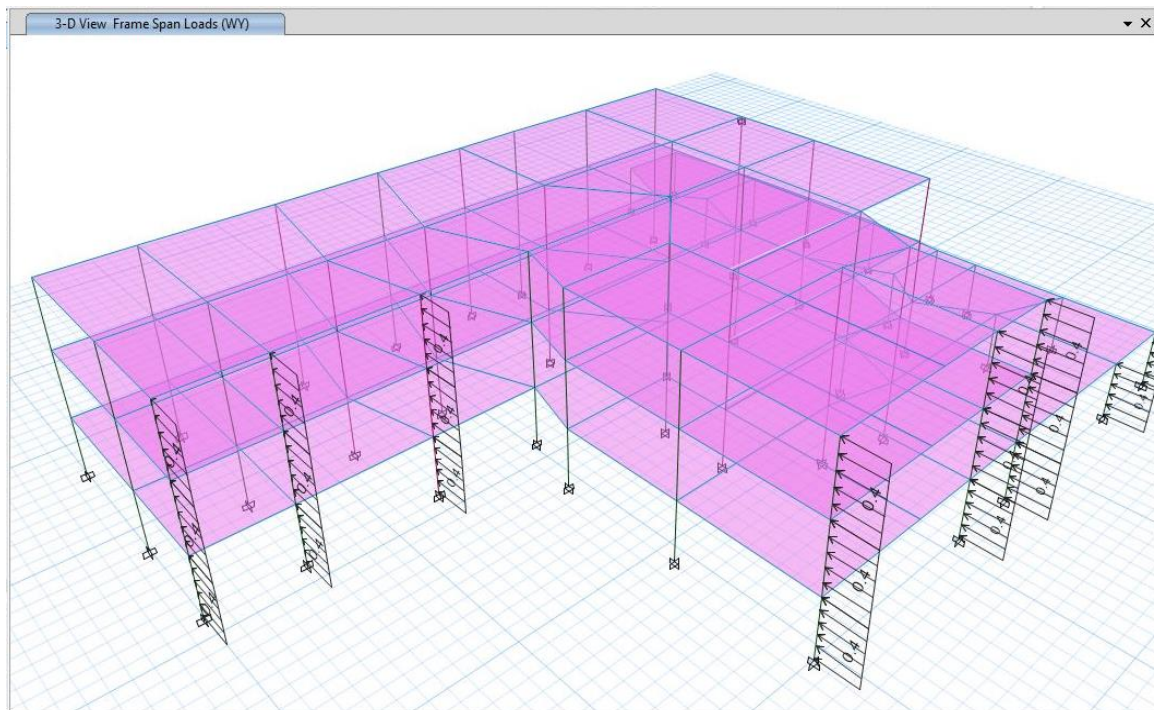


Figura No. 47 Cargas de viento por Succión SUCC

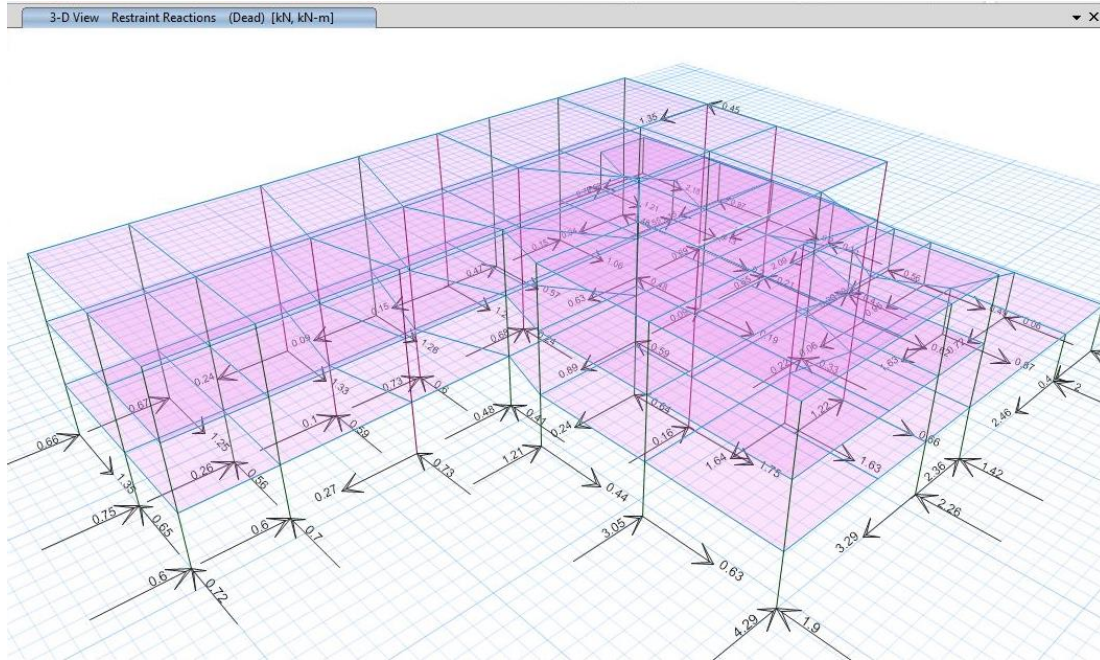


Figura No. 48 Cargas de Por efectos Sísmicos SH

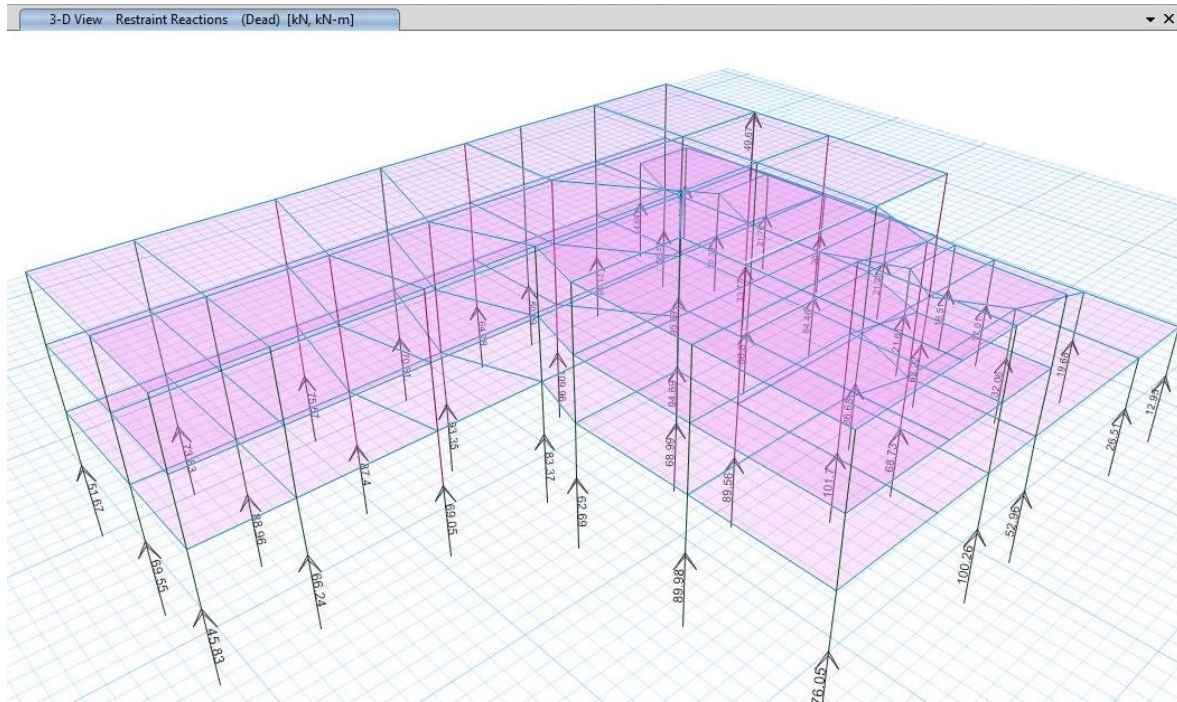


Figura No. 49 Reacciones en la Base Sentido Z

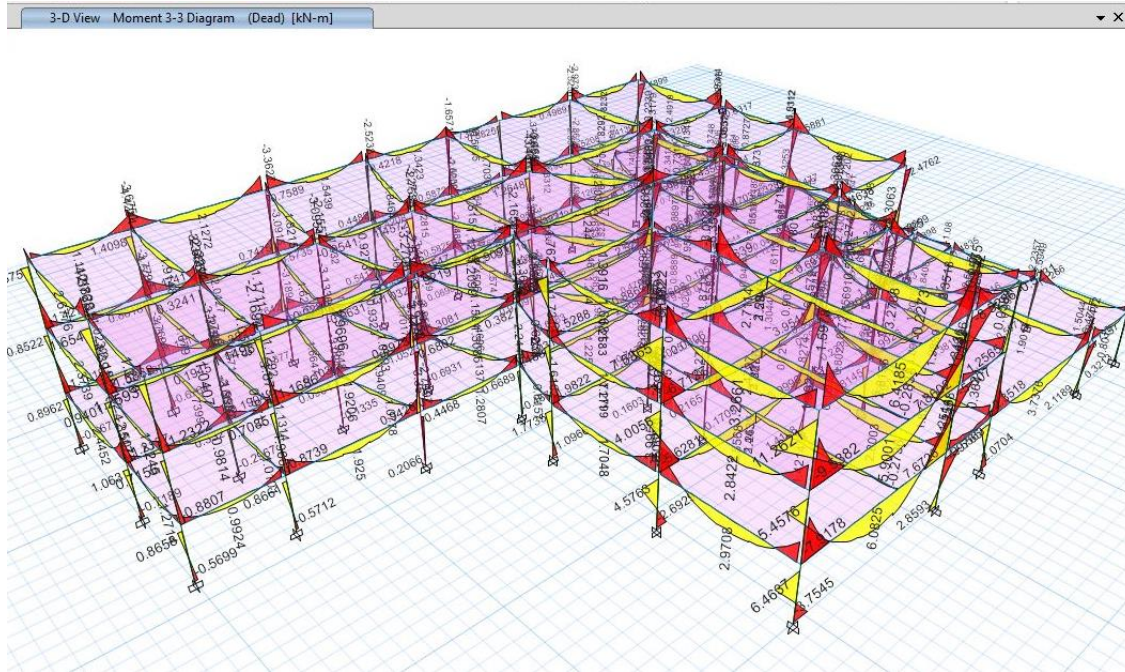


Figura No. 50 Momentos Modal Periodo 1

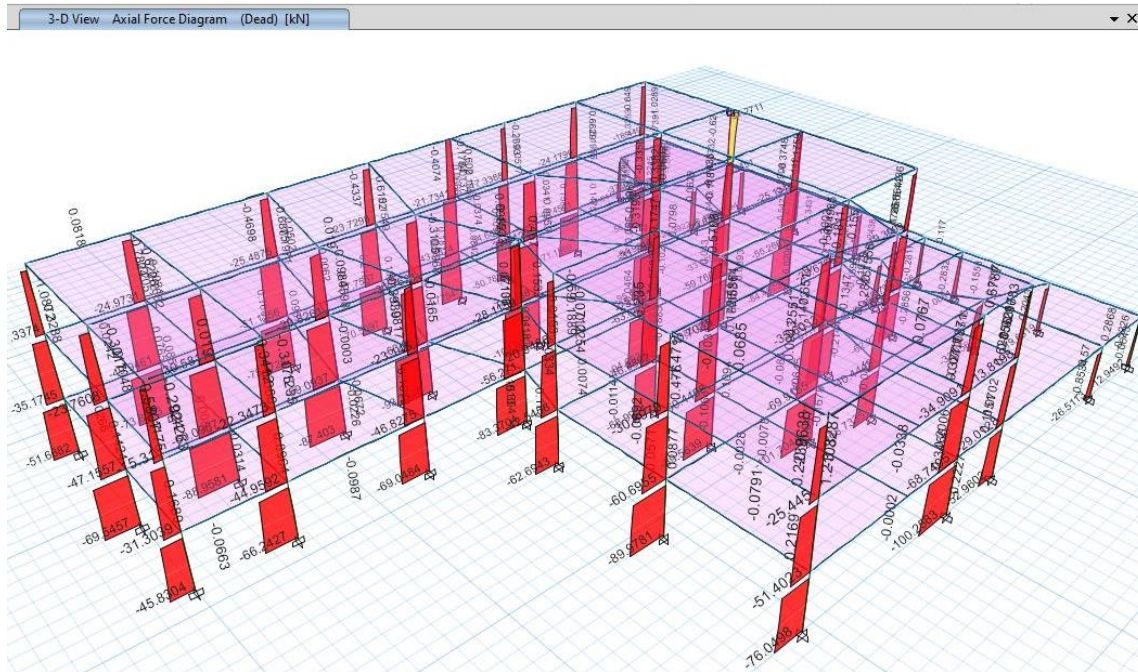


Figura No. 51 Esfuerzo Axiales Modal Periodo 1

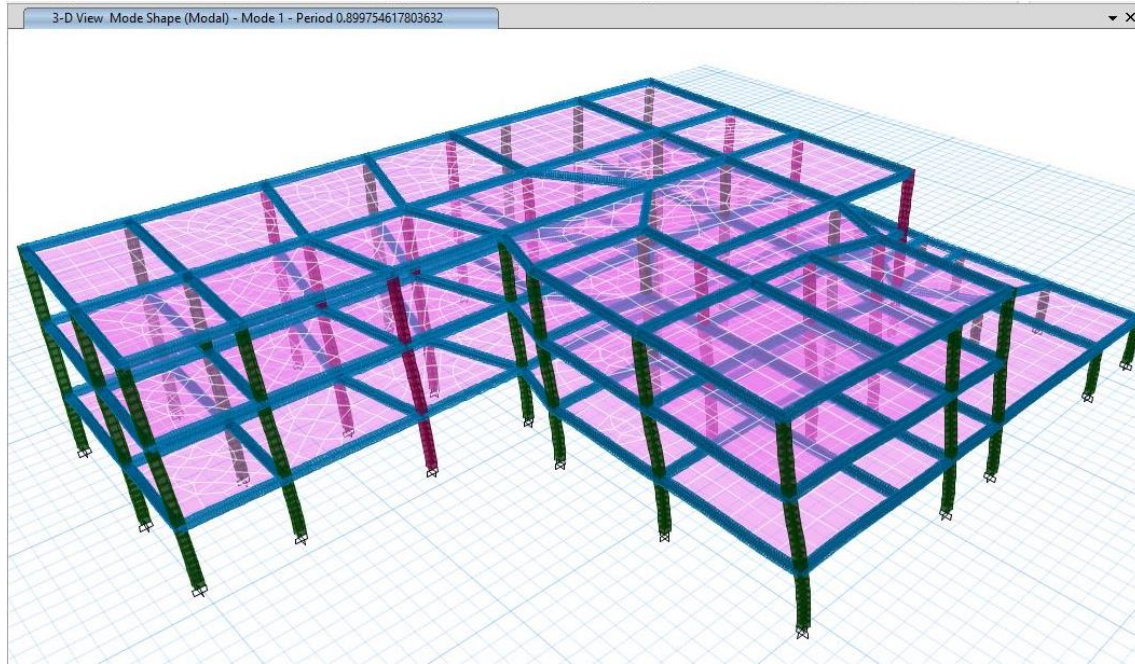


Figura No. 52 Deformaciones Cargas Sísmicas

### 8.1.11. Desplazamientos Máximos

De acuerdo a la NSR-10, la deriva máxima en cualquier punto del piso  $i$ , se obtiene como la diferencia entre los desplazamientos horizontales totales máximos del punto en el piso  $i$  y los desplazamientos horizontales totales máximos de un punto localizado en el mismo eje vertical en el piso  $i-1$ , por medio de la siguiente ecuación:

$$\Delta_{\max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 (\delta_{\text{tot},j}^i - \delta_{\text{tot},j}^{i-1})^2}$$

La deriva máxima evaluada en cualquier punto de la estructura, no puede exceder los límites establecidos en la siguiente tabla, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso  $h_{pi}$ :

**Tabla 8-14**  
*Límites de Deriva de la Edificación*

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% ( $\Delta_{\max}^i \leq 0.010 h_{pi}$ )
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% ( $\Delta_{\max}^i \leq 0.005 h_{pi}$ )

Además de la verificación de las derivas se calculó el índice de flexibilidad el cual indica la susceptibilidad de la estructura a tener deflexiones o derivas excesivas, con respecto a las permitidas.

El índice de flexibilidad del piso, se define como el cociente entre la deflexión o deriva obtenida del análisis de la estructura, y la permitida por el Reglamento, para cada uno de los pisos de la edificación, y el índice de flexibilidad de la estructura se define como el mayor valor de los índices de flexibilidad de piso de toda la estructura.

Como se realiza un análisis modal espectral, se verifican las derivas aplicando el sismo en su totalidad en cada una de las direcciones, es decir sismo en la dirección X y sismo en la dirección Y. A continuación, se muestran las tablas en donde se verificaron las derivas, de acuerdo a los resultados obtenidos en la modelación en el programa de análisis.

La verificación de derivas se realizó para la totalidad del sismo aplicado en la dirección X y en la dirección Y, cumple con los requisitos establecidos por el reglamento NSR-10. A continuación se muestran las tablas con los resultados obtenidos. Para facilitar la localización de los nudos en el modelo, se planteó la numeración presentada en la siguiente figura.

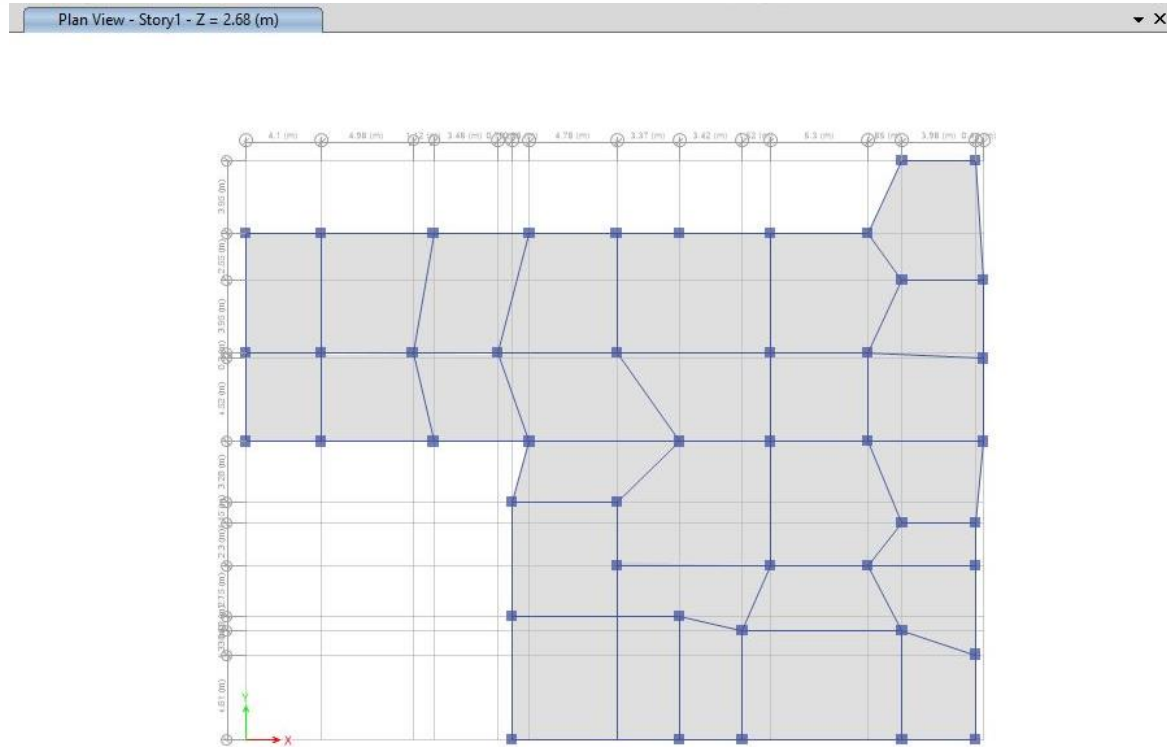


Figura No. 53 Numeración de Nudos en el Modelo Estructural

### 8.1.11.1. Verificación De Desplazamientos Espectro De Derivas.

#### 8.1.11.1.1. Sismo En Dirección X- Y Derivas

Tabla 8-15

Sismo Derivas en dirección X

Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
1	DERV SX CORR	Story1	3.15	0.002861	0.000346	0.2861	3.15	0.091	OK
1	DERV SX CORR	Base	3.15	0	0	0.2936	3.15	0.093	OK
4	DERV SX CORR	Story1	3.15	0.002944	0.0004	0.2944	3.15	0.093	OK
4	DERV SX CORR	Base	3.15	0	0	0.2968	3.15	0.094	OK
15	DERV SX CORR	Story3	3.15	0.015397	0.00339	0.5418	3.15	0.172	OK
15	DERV SX CORR	Story2	3.15	0.009979	2.12E-03	0.6857	3.15	0.218	OK
35	DERV SX CORR	Story1	3.15	0.002926	0.000347	0.2926	3.15	0.093	OK
35	DERV SX CORR	Base	3.15	0	0	1.5367	3.15	0.488	OK
37	DERV SX CORR	Story3	3.15	0.015401	0.00186	0.5404	3.15	0.172	OK



Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
37	DERV SX CORR	Story2	3.15	0.009997	0.001196	0.6887	3.15	0.219	OK
37	DERV SX CORR	Story1	3.15	0.00311	0.000389	0.311	3.15	0.099	OK
37	DERV SX CORR	Base	3.15	0	0	1.6234	3.15	0.515	OK
38	DERV SX CORR	Story3	3.15	0.016234	0.003655	0.5854	3.15	0.186	OK
38	DERV SX CORR	Story2	3.15	0.01038	0.002067	0.7377	3.15	0.234	OK
38	DERV SX CORR	Story1	3.15	0.003003	0.000381	0.3003	3.15	0.095	OK
47	DERV SX CORR	Story3	3.15	0.010431	0.000999	0.7235	3.15	0.230	OK
47	DERV SX CORR	Story2	3.15	0.003196	0.000335	0.3196	3.15	0.101	OK
47	DERV SX CORR	Story1	3.15	0	0	1.6202	3.15	0.514	OK
47	DERV SX CORR	Base	3.15	0.016202	0.001592	0.5774	3.15	0.183	OK
56	DERV SX CORR	Story1	3.15	0	0	1.9133	3.15	0.607	OK

Maximo	0.6133
--------	--------

Tabla 8-16

Sismo Derivas en dirección Y

Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
1	DERV SY CORR	Story1	3.15	0.001614	0.001603	0.1614	3.15	0.0512	OK
1	DERV SY CORR	Base	3.15	0	0	0.1622	3.15	0.0515	OK
4	DERV SY CORR	Story3	3.15	0.003401	0.023677	0.8053	3.15	0.2557	OK
4	DERV SY CORR	Story2	3.15	0.002367	1.56E-02	1.0456	3.15	0.3319	OK
15	DERV SY CORR	Story1	3.15	0.000882	0.005168	0.5168	3.15	0.1641	OK
15	DERV SY CORR	Base	3.15	0	0	2.3662	3.15	0.7512	OK
35	DERV SY CORR	Story3	3.15	0.0017	0.023662	0.8021	3.15	0.2546	OK
35	DERV SY CORR	Story2	3.15	0.001167	0.015641	1.0454	3.15	0.3319	OK
37	DERV SY CORR	Story1	3.15	0.000429	0.005187	0.5187	3.15	0.1647	OK
37	DERV SY CORR	Base	3.15	0	0	2.1314	3.15	0.6766	OK
37	DERV SY CORR	Story3	3.15	0.001698	0.021314	0.7348	3.15	0.2333	OK
37	DERV SY CORR	Story2	3.15	0.001166	0.013966	0.941	3.15	0.2987	OK
38	DERV SY CORR	Story1	3.15	0.000432	0.004556	0.4556	3.15	0.1446	OK
38	DERV SY CORR	Story1	3.15	0.000923	0.004465	0.4465	3.15	0.1417	OK
38	DERV SY CORR	Base	3.15	0	0	1.521	3.15	0.4829	OK
47	DERV SY CORR	Story3	3.15	0.001696	0.01521	0.5932	3.15	0.1883	OK
47	DERV SY CORR	Story2	3.15	0.00116	0.009278	0.7	3.15	0.2222	OK
47	DERV SY CORR	Story1	3.15	0.000441	0.002278	0.2278	3.15	0.0723	OK
47	DERV SY CORR	Base	3.15	0	0	1.5209	3.15	0.4828	OK
56	DERV SY CORR	Story3	3.15	0.001564	0.015209	0.5931	3.15	0.1883	OK



Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
------------	-----------------	-------	-------	---------	---------	---------	---------	----------------	----------

Maximo	0.7517
--------	--------

De acuerdo a la anterior revisión, todas las columnas cumplen con los límites de derivas.

### 8.1.11.2. Verificación De Desplazamientos Espectro De Diseño.

#### 8.1.11.2.1. Sismo En Dirección X- Y Diseño

**Tabla 8-17**

*Sismo Diseño en dirección X*

Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
1	SX CORR	Story1	3.15	0.004292	0.000519	0.4292	3.15	0.136	OK
1	SX CORR	Base	3.15	0	0	0.4404	3.15	0.140	OK
4	SX CORR	Story1	3.15	0.004404	0.000552	0.4404	3.15	0.140	OK
4	SX CORR	Base	3.15	0	0	0.4416	3.15	0.140	OK
15	SX CORR	Story1	3.15	0.004416	0.000599	0.4416	3.15	0.140	OK
15	SX CORR	Base	3.15	0	0	0.4452	3.15	0.141	OK
35	SX CORR	Story2	3.15	0.015655	0.002575	1.0788	3.15	0.342	OK
35	SX CORR	Story1	3.15	0.004867	0.000808	1.9401	3.15	0.616	OK
37	SX CORR	Story3	3.15	0.024268	0.002281	0.8617	3.15	0.274	OK
37	SX CORR	Story2	3.15	0.017776	0.001465	1.2884	3.15	0.409	OK
37	SX CORR	Story1	3.15	0.004892	0.000497	0.4892	3.15	0.155	OK
37	SX CORR	Base	3.15	0	0	2.8731	3.15	0.912	OK
38	SX CORR	Story3	3.15	0.028731	0.002959	1.0956	3.15	0.348	OK
38	SX CORR	Story2	3.15	0.017775	0.001773	1.2955	3.15	0.411	OK
38	SX CORR	Story1	3.15	0.00482	0.000457	0.482	3.15	0.153	OK
47	SX CORR	Base	3.15	0	0	0.4388	3.15	0.139	OK
47	SX CORR	Story1	3.15	0.004388	0.000521	0.4388	3.15	0.139	OK
47	SX CORR	Base	3.15	0	0	2.305	3.15	0.732	OK
47	SX CORR	Base	3.15	0.028795	0.002395	1.0994	3.15	0.349	OK
56	SX CORR	Story3	3.15	0.017801	0.001513	1.2965	3.15	0.412	OK

Maximo	0.9147
--------	--------



**Tabla 8-18**  
*Sismo Diseño en dirección Y*

Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
1	SY CORR	Story1	3.15	0.002421	0.002405	0.2421	3.15	0.0769	OK
1	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.2434	3.15	0.0773	OK
4	SY CORR	Story1	3.15	0.001754	0.002434	0.2434	3.15	0.0773	OK
4	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.2485	3.15	0.0789	OK
15	SY CORR	Story1	3.15	0.000783	0.002485	0.2485	3.15	0.0789	OK
15	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.247	3.15	0.0784	OK
35	SY CORR	Story1	3.15	0.000383	0.00247	0.247	3.15	0.0784	OK
35	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.2471	3.15	0.0784	OK
37	SY CORR	Story1	3.15	0.000628	0.002471	0.2471	3.15	0.0784	OK
37	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.2466	3.15	0.0783	OK
37	SY CORR	Story1	3.15	0.001151	0.002466	0.2466	3.15	0.0783	OK
37	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.2518	3.15	0.0799	OK
38	SY CORR	Story1	3.15	0.001921	0.002518	0.2518	3.15	0.0799	OK
38	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.2985	3.15	0.0948	OK
38	SY CORR	Story1	3.15	0.001925	0.002985	0.2985	3.15	0.0948	OK
47	SY CORR	Base	3.15	0	0	2.2832	3.15	0.7248	OK
47	SY CORR	Story3	3.15	0.005303	0.022832	0.8966	3.15	0.2846	OK
47	SY CORR	Story2	3.15	0.003764	0.013866	1.053	3.15	0.3343	OK
47	SY CORR	Story1	3.15	0.001524	0.003336	0.3336	3.15	0.1059	OK
56	SY CORR	Base	3.15	0	0	2.4613	3.15	0.7814	OK

Maximo 0.9586

De acuerdo a la anterior revisión, todas las columnas cumplen con los límites de derivas.

### 8.1.11.3. Verificación De Desplazamientos De Umbral De Daño

#### 8.1.11.3.1. Sismo En Dirección X – Umbral De Daño

**Tabla 8-19**  
*Sismo Umbral de Daño en Dirección X*

Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
1	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000877	0.000104	0.0877	1.26	0.0696	OK
1	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0901	1.26	0.0715	OK
4	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000901	0.00011	0.0901	1.26	0.0715	OK
4	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0905	1.26	0.0718	OK
15	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000905	0.00012	0.0905	1.26	0.0718	OK
15	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0914	1.26	0.0725	OK



Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
35	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000914	0.00013	0.0914	1.26	0.0725	OK
35	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0903	1.26	0.0717	OK
37	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000903	0.000143	0.0903	1.26	0.0717	OK
37	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0866	1.26	0.0687	OK
37	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000866	0.000156	0.0866	1.26	0.0687	OK
37	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0748	1.26	0.0594	OK
38	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000748	0.000169	0.0748	1.26	0.0594	OK
38	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0752	1.26	0.0597	OK
38	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000752	0.000118	0.0752	1.26	0.0597	OK
47	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.4791	1.26	0.3802	OK
47	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.005539	0.001135	0.2075	1.26	0.1647	OK
47	UMB SX CORR	Story3	3.15	0.003464	0.000631	0.253	1.26	0.2008	OK
47	UMB SX CORR	Story2	3.15	0.000934	0.00011	0.0934	1.26	0.0741	OK
56	UMB SX CORR	Story1	3.15	0	0	0.5673	1.26	0.4502	OK

Maximo 0.5556

Tabla 8-20

Sismo Umbral de daño en dirección Y

Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
1	UMB SY CORR	Story1	3.15	0.000551	0.00053	0.0551	1.26	0.0437	OK
1	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0	0.0537	1.26	0.0426	OK
4	UMB SY CORR	Story1	3.15	0.0004	0.000537	0.0537	1.26	0.0426	OK
4	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0	0.0548	1.26	0.0435	OK
15	UMB SY CORR	Story1	3.15	0.000178	0.000548	0.0548	1.26	0.0435	OK
15	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0	0.0545	1.26	0.0433	OK
35	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0.00E+00	0.6043	1.26	0.4796	OK
35	UMB SY CORR	Story3	3.15	0.001204	0.006043	0.2223	1.26	0.1764	OK
37	UMB SY CORR	Story2	3.15	0.000852	0.00382	0.2688	1.26	0.2133	OK
37	UMB SY CORR	Story1	3.15	0.000344	0.001132	0.1132	1.26	0.0898	OK
37	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0	0.6749	1.26	0.5356	OK
37	UMB SY CORR	Story3	3.15	0.001188	0.006749	0.2379	1.26	0.1888	OK
38	UMB SY CORR	Story2	3.15	0.000837	0.00437	0.2987	1.26	0.2371	OK
38	UMB SY CORR	Story1	3.15	0.000327	0.001383	0.1383	1.26	0.1098	OK
38	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0	0.7749	1.26	0.6150	OK
47	UMB SY CORR	Story3	3.15	0.001168	0.007749	0.2651	1.26	0.2104	OK
47	UMB SY CORR	Story2	3.15	0.000815	0.005098	0.3425	1.26	0.2718	OK



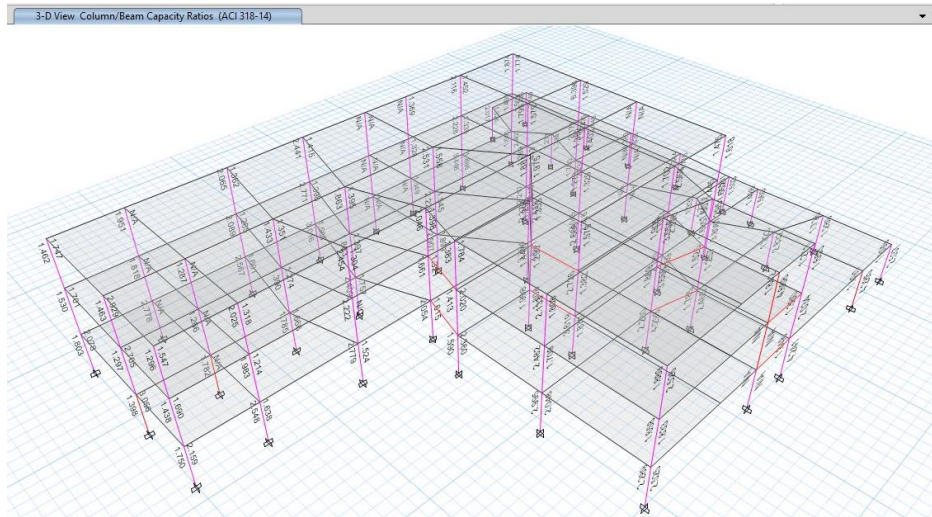
Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
47	UMB SY CORR	Story1	3.15	0.000306	0.001673	0.1673	1.26	0.1328	OK
47	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0	0.8117	1.26	0.6442	OK
56	UMB SY CORR	Story3	3.15	0.001166	0.008117	0.2762	1.26	0.2192	OK

Maximo	0.6442
--------	--------

De acuerdo a la anterior revisión, todas las columnas cumplen con los límites de desplazamientos para umbral de daño.

### 8.1.12. Columna Fuerte – Viga Débil

Se realiza la revisión de Columna Fuerte – Viga Débil a través del programa ETABS, encontrando índices de sobreesfuerzo los cuales se muestran a continuación:



**Figura No. 54** Columna fuerte Viga Débil

Al realizar la revisión de la resistencia a cortante en elementos de vigas/columnas que resistan efectos sísmicos de acuerdo con NSR-10 – Capítulo C - C.21.3.3. La resistencia a la flexión de las columnas de pórtico con capacidad moderada de energía (DMO). Debe satisfacer la ecuación C.21.4 NSR-10. En donde el momento resistente de columna sea >

1.2 veces el momento actuante de las vigas en el nudo. /columna fuerte – Viga débil)

Título C.21.3.6.2 NSR-10. Esta dentro los lineamientos exigidos por la norma NSR-10.

La estructura actualmente no cumple con este lineamiento con respecto de la resistencia que debería tener si hubiese sido diseñada y construida con los lineamientos de la

precitada normatividad vigente Reglamento Colombiano de Construcción Sismo

Resistente NSR-10. Se recomienda realizar una intervención de la estructura y obtener las sollicitaciones de a las condiciones que se requiere este hospital y cumplimiento de la normativa.

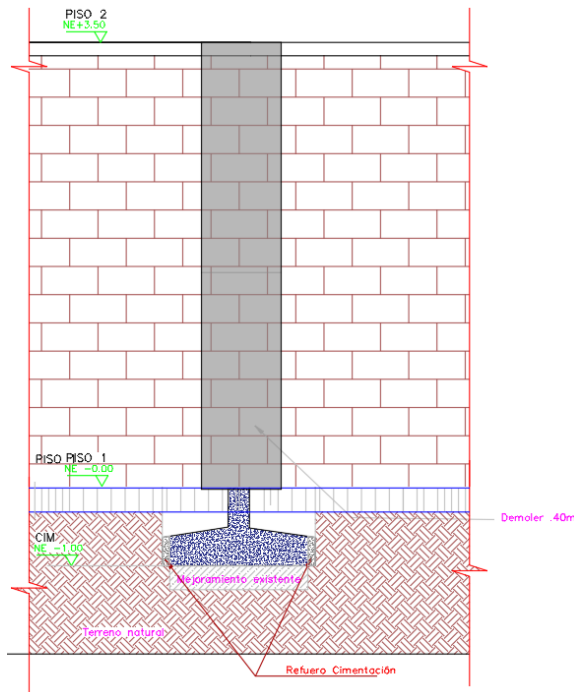
## **8.2. Proceso Constructivo Reforzamiento En Concreto**

### **8.2.1. Construcción de Columnas**

De acuerdo con el estudio presentado los muros de mampostería que presenten carencia en el acero transversal o longitudinal o la mezcla de ambos se propone la alternativa del reforzamiento de la construcción de columnas intermedias que aporten un sistema sísmico a la construcción y ayuden a transmitir las cargas que son aplicadas directamente a la mampostería a la cimentación. Esta alternativa se propone utiliza tanto para muros internos o externos de la construcción como para muros de retención, ya que el principio es el mismo, minimizar las cargas al paño.

- El reforzamiento de los muros en mampostería se prepara con un apuntalamiento de la placa de entepiso con el fin de evitar que el muro se encuentre cargado a la hora de realizar la obra.

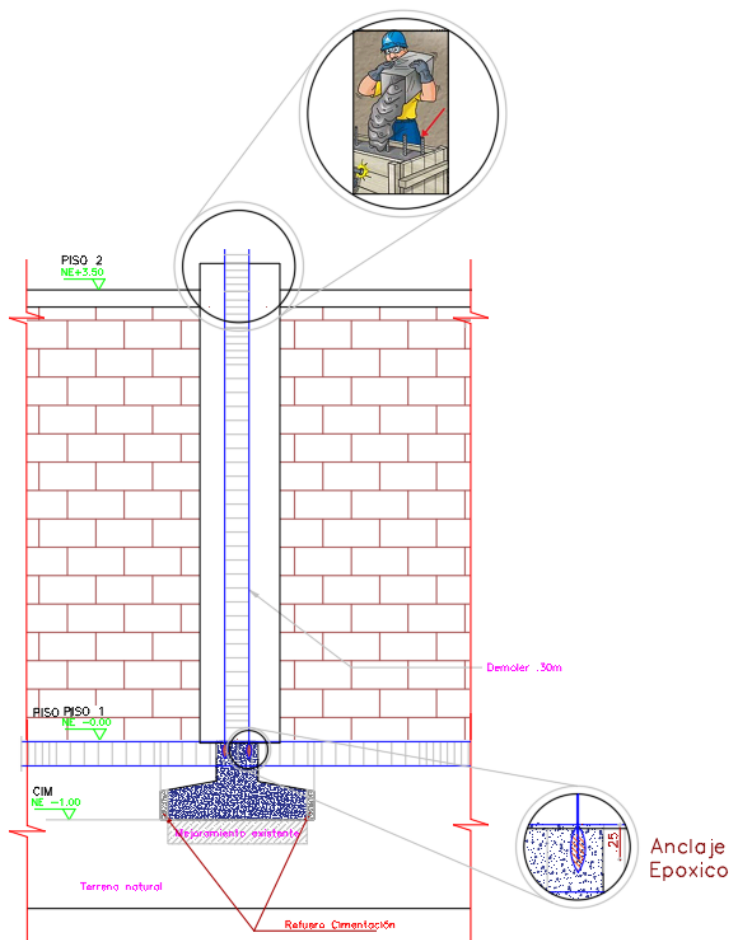
- Se identifica y marca donde se van a instalar las columnas y se inicia una demolición controlada partiendo de la parte superior hasta llegar a la corona del cimiento, se debe realizar la demolición con ayuda de equipo mecánico ejecutando muescas longitudinales para lograr el ancho requerido.
- Después de realizar la demolición se realiza una limpieza de la zona, verificando que queden segmentos de la demolición que perjudiquen el resto de las actividades.
- Consecutivamente se realizan las perforaciones para el anclaje de las varillas del refuerzo de la columna en el cimiento, limpiar muy bien las perforaciones y rellenar con una tercera parte de su espacio con epóxico, se debe realizar perforación en la placa para la continuación de columna, e inmediatamente insertar las varillas que servirán como refuerzo vertical, según diseño estructural.



**Figura No. 55** Demolición para Construcción de Columna en Concreto.

- Los estribos se instalan y se distribuyen según el diseño de una columna que harán parte del reforzamiento.
- La aplicación de la soldadura entre concreto nuevo y existente, para mejorar la unión es únicamente necesaria en la base de la columna.
- Posteriormente se realiza el armado de la formaleta
- Por último, vaciado del concreto de la columna se realiza por encima de la placa dejando una perforación en la placa con el espacio suficiente para que el concreto tenga fluidez y se pueda generar un vibrado correcto sin una posibilidad de patología formada en la construcción dejado oquedades y perdiendo la resistencia

de la columna sin cumplir el objeto para la que fue diseñada. Como todo elemento de concreto deberá llevar un proceso de curado.



**Figura No. 56** Instalación de Refuerzo, Formaleta y Vaciado del Concreto en Columnas.

### 8.2.1. Construcción de Viga

Otra manera de mejorar el comportamiento de la edificación es completar el sistema sísmico adicionando una viga que ayude a distribuir de mejor manera los esfuerzos a las columnas y no cargar los muros de mampostería. Además de la técnica antes indicada, asimismo se utilizan sobre anchos de los muros,



- De la misma manera que el procedimiento de la construcción de las columnas el reforzamiento con las vigas se prepara con un apuntalamiento de la placa de entrepiso con el fin de evitar el desplome de la placa a la hora de realizar la obra.
- Por consiguiente, la ubicación de las vigas se dispondrá entre las columnas ya definidas anteriormente y se inicia una demolición controlada partiendo de la parte central hasta llegar a los extremos encontrando con las columnas, se debe realizar la demolición con ayuda de equipo mecánico ejecutando cortes longitudinales para lograr el alto requerido.
- Después de realizar la demolición se realiza una limpieza de la zona, verificando que queden segmentos de la demolición que perjudiquen el resto de las actividades.
- Seguidamente se realizan las instalaciones del refuerzo la viga en uniando las columnas previamente instaladas, se debe garantizar la transición del refuerzo entre las columnas, y la prolongación de las mismas unidas a la placa mediante conectores transfiriendo mediante uniones en epoxico, según diseño estructural.
- Los estribos se instalan y se distribuyen según el diseño de una columna que harán parte del reforzamiento.
- Posteriormente se realiza el armado de la formaleta
- Por último, vaciado del concreto de la viga se realiza por los constados del encofrado dejando una perforación con el espacio suficiente para que el concreto tenga fluidez y se pueda generar un vibrado correcto sin una posibilidad de



patología formada en la construcción dejado oquedades y perdiendo la resistencia de la columna sin cumplir el objeto para la que fue diseñada. Como todo elemento de concreto deberá llevar un proceso de curado.

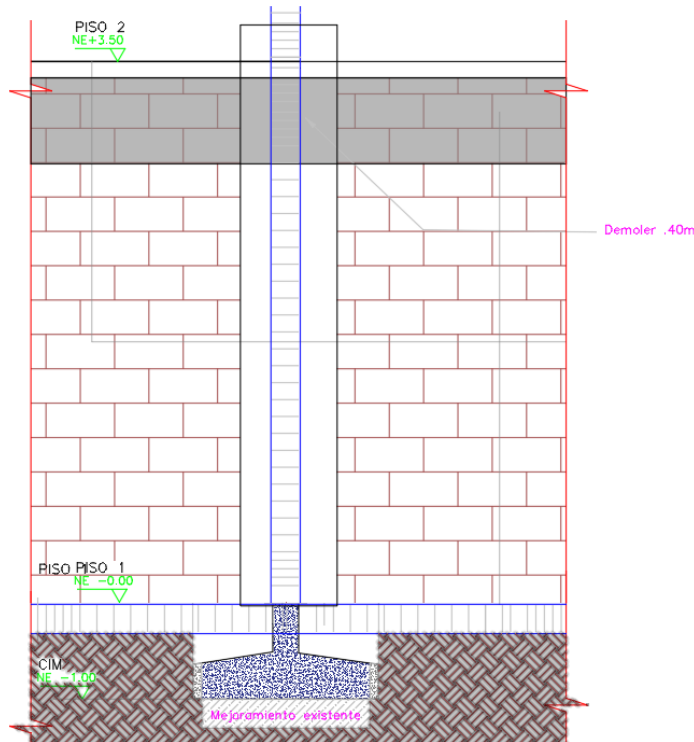


Figura No. 57 Demolición para Construcción de Vigas en Concreto.

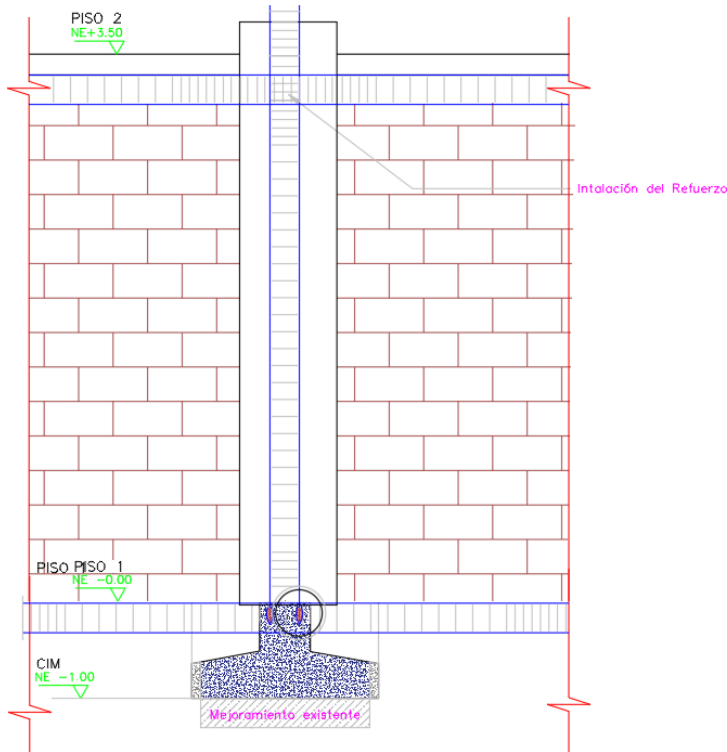


Figura No. 58 Instalación de Refuerzo, Formaleta y Vaciado del Concreto en Vigas.

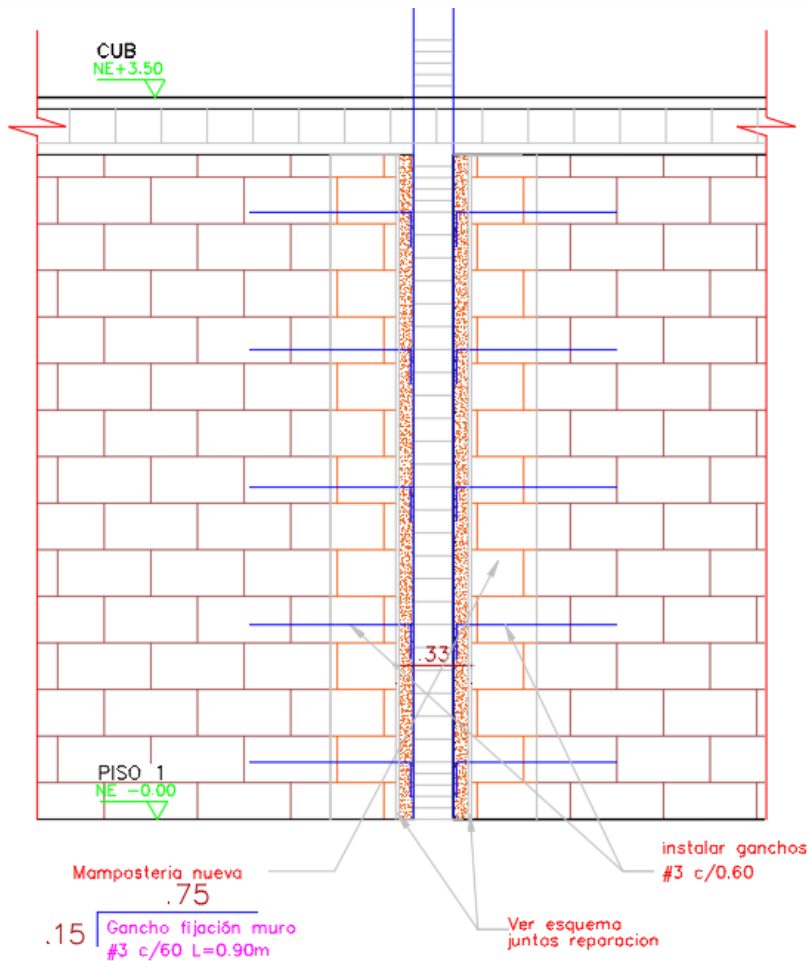


Figura No. 59 Esquema Final del Reforzamiento en Pórtico de Concreto.



### 8.3. Memoria de Cálculo Reforzamiento en Estructura Metálica

#### 8.3.1. Modelo Estructural Estructura Metálica

Como segunda alternativa de reforzamiento se opta en un modelo en estructura metálica se realizó con elementos tipo Frame para las vigas y columnas y tipo Membrane para las placas y la cubierta liviana, las cuales se cargaron por metro cuadrado, los apoyos de la estructura son empotrados en la base. En la siguiente imagen se muestra el modelo realizado.

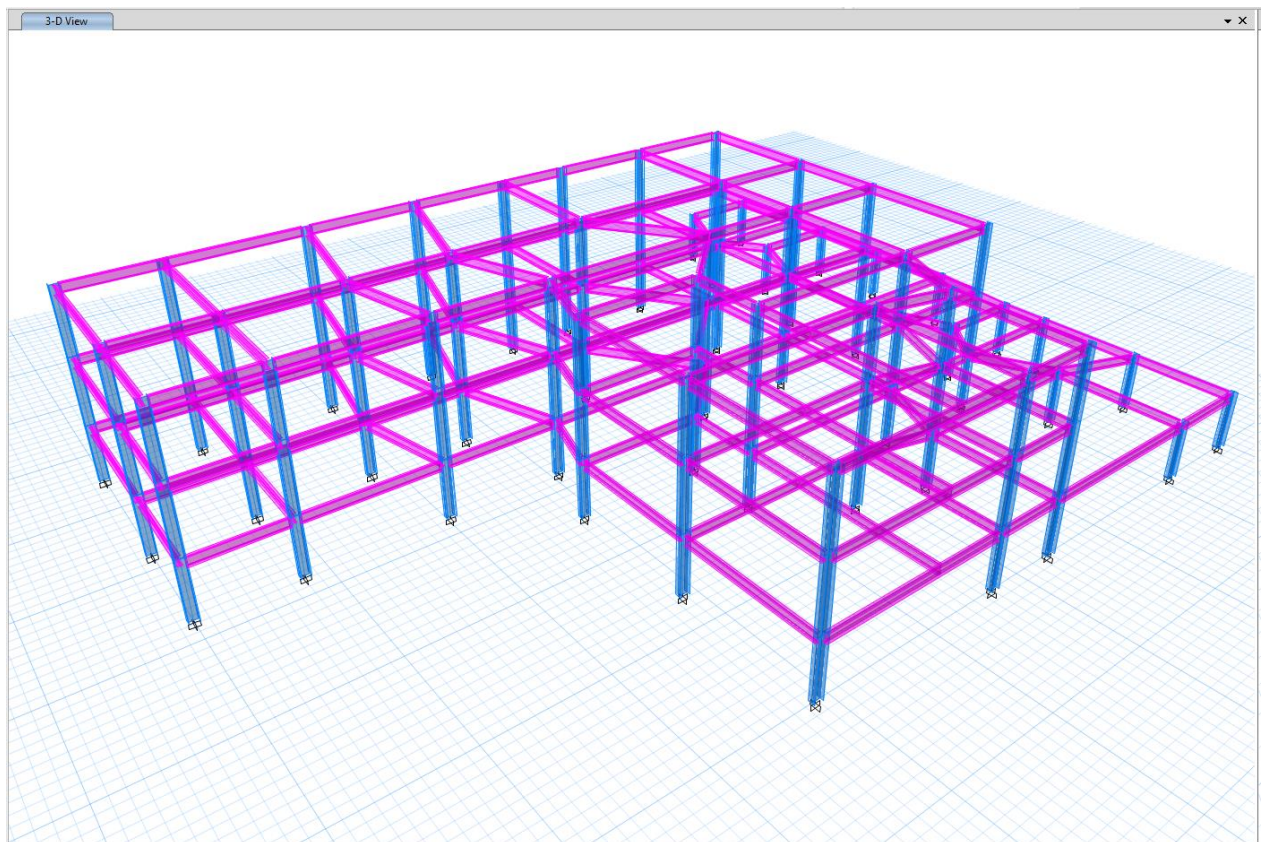
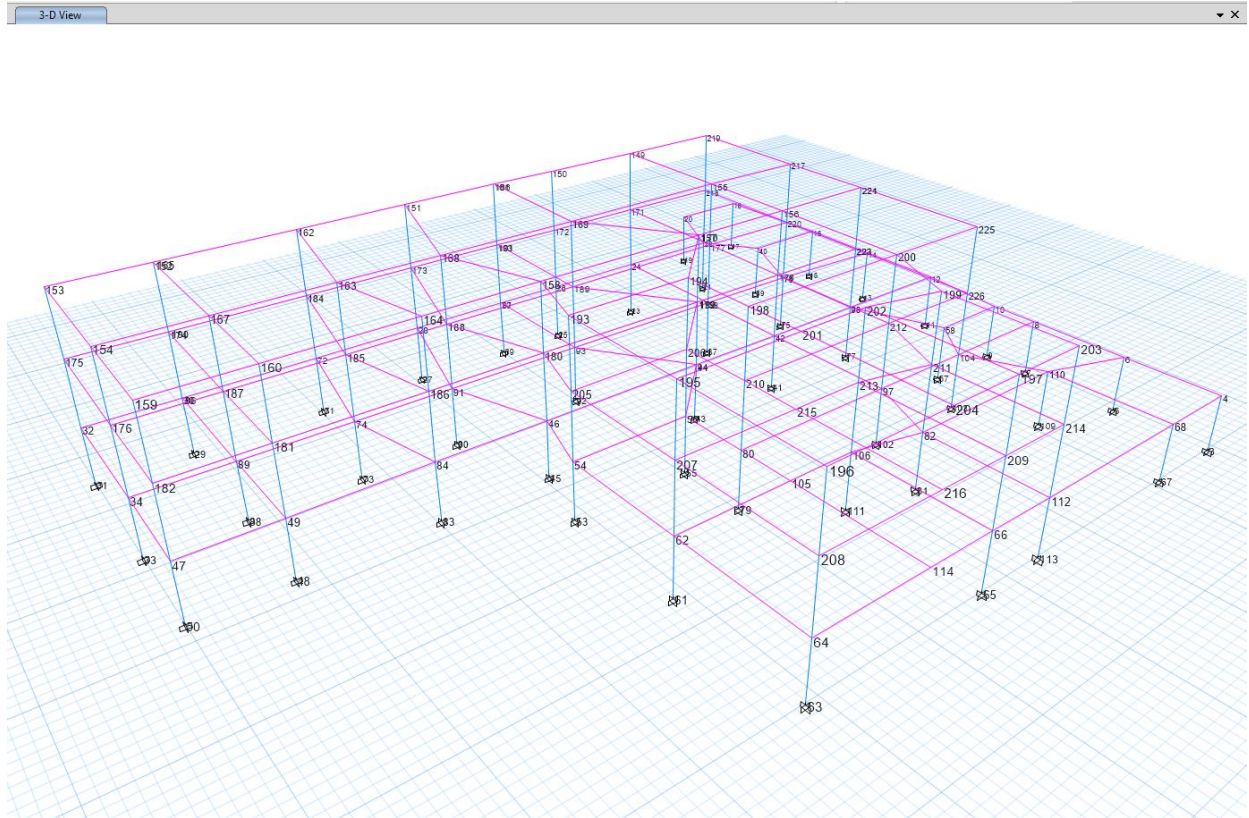


Figura No. 60 Modelo Estructural



*Figura No. 61 Secciones y Numeración de Elementos*

### 8.3.2. Cargas De Servicio En El Modelo Estructural

A continuación, se presenta el modelo cargado considerando los casos de carga muerta, viva de cubierta.

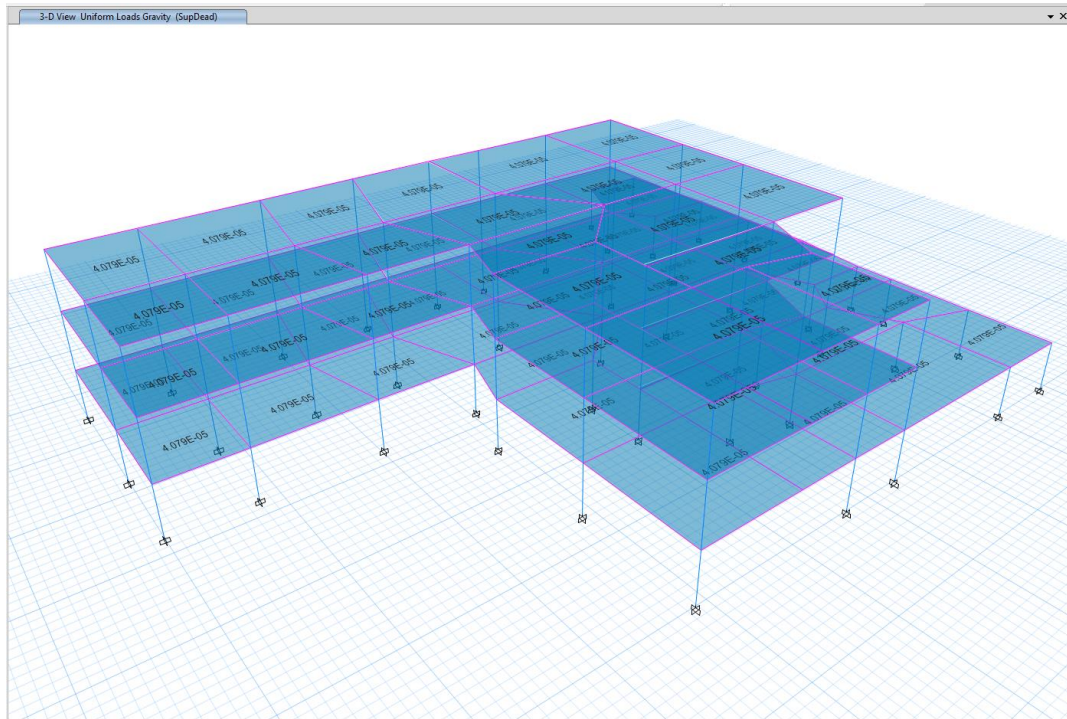


Figura No. 62 Carga Muerta D distribuida Sobre la Cubierta ( $KN/m^2 - KN/m$ )

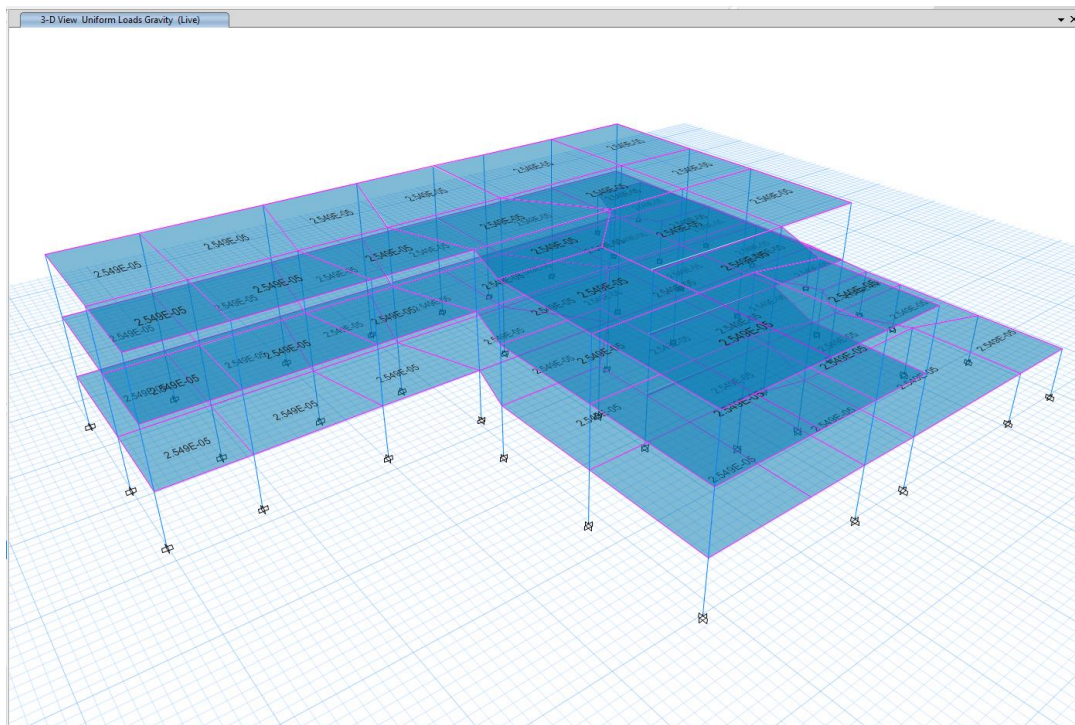




Figura No. 63 Carga Viva y Viva de Cubierta Distribuida ( $KN/m^2 - KN/m$ )

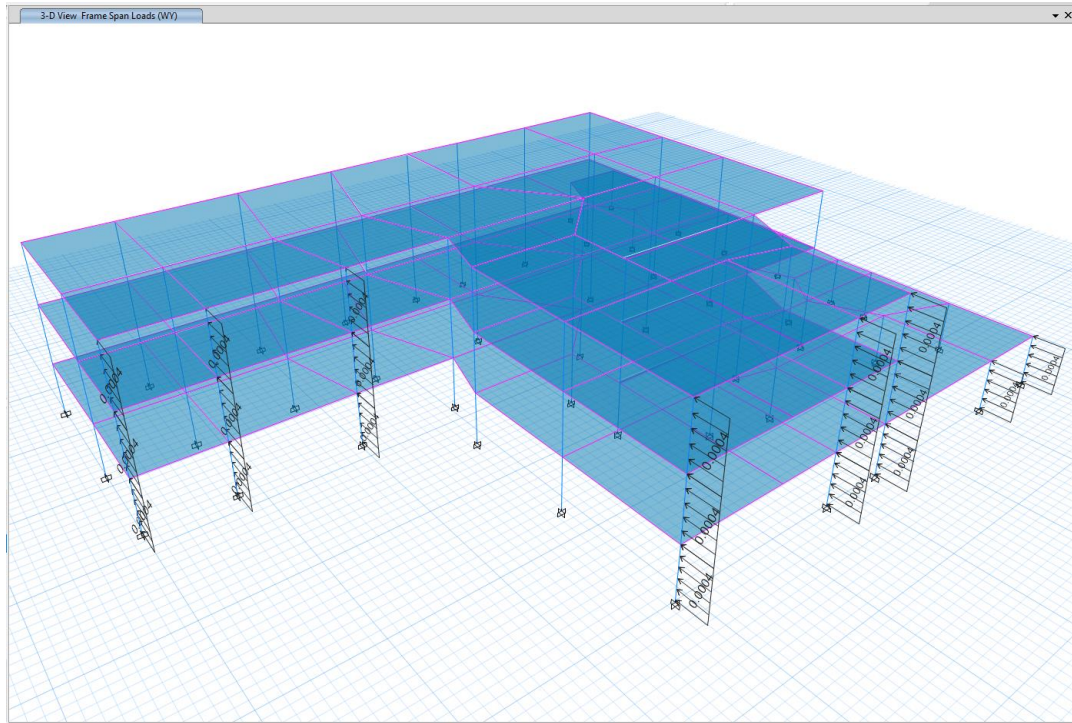
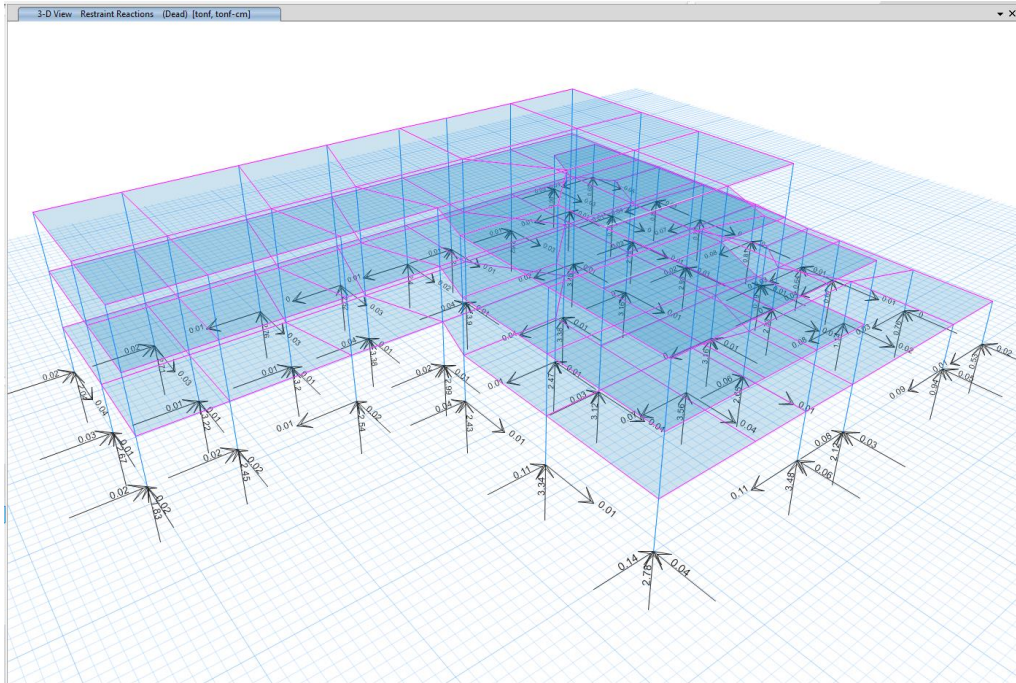


Figura No. 64 Cargas de viento por Succión SUCC





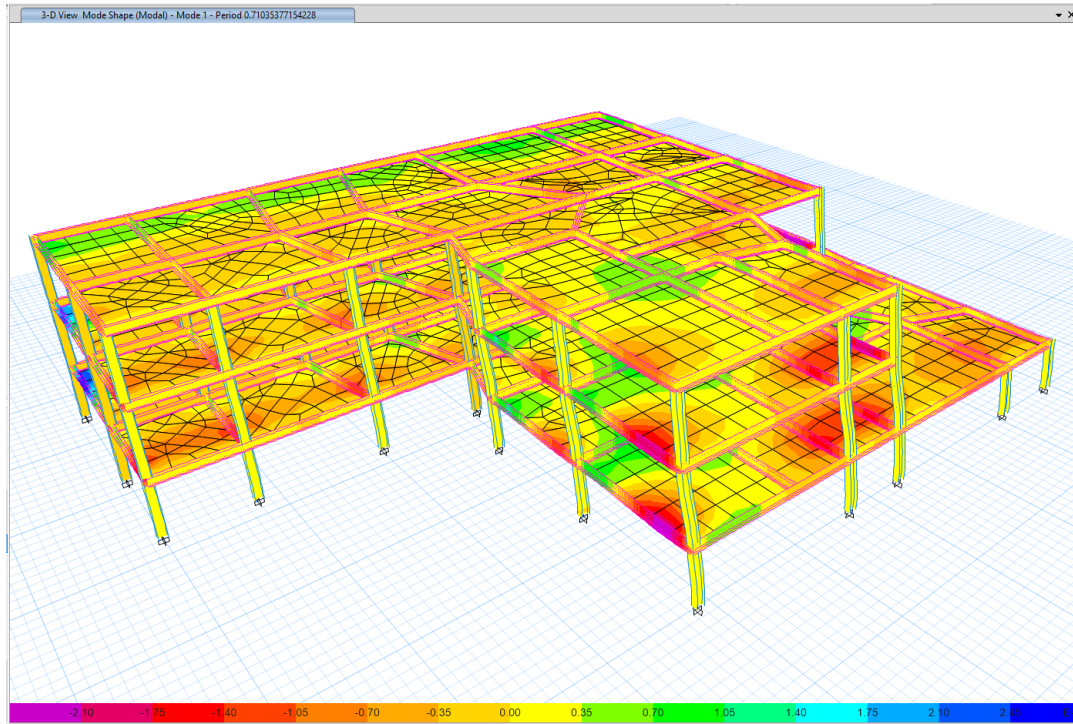


Figura No. 69 Deformaciones Cargas Sísmicas

### 8.3.3. Desplazamientos Máximos

De acuerdo a la NSR-10, la deriva máxima en cualquier punto del piso  $i$ , se obtiene como la diferencia entre los desplazamientos horizontales totales máximos del punto en el piso  $i$  y los desplazamientos horizontales totales máximos de un punto localizado en el mismo eje vertical en el piso  $i-1$ , por medio de la siguiente ecuación:

$$\Delta_{\max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 (\delta_{\text{tot},j}^i - \delta_{\text{tot},j}^{i-1})^2}$$

La deriva máxima evaluada en cualquier punto de la estructura, no puede exceder los límites establecidos en la siguiente tabla, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso  $h_{pi}$ :

**Tabla 8-21**  
*Límites de Deriva de la Edificación*

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% ( $\Delta_{max}^i \leq 0.010 h_{pi}$ )
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% ( $\Delta_{max}^i \leq 0.005 h_{pi}$ )

Además de la verificación de las derivas se calculó el índice de flexibilidad el cual indica la susceptibilidad de la estructura a tener deflexiones o derivas excesivas, con respecto a las permitidas.

El índice de flexibilidad del piso, se define como el cociente entre la deflexión o deriva obtenida del análisis de la estructura, y la permitida por el Reglamento, para cada uno de los pisos de la edificación, y el índice de flexibilidad de la estructura se define como el mayor valor de los índices de flexibilidad de piso de toda la estructura.

Como se realiza un análisis modal espectral, se verifican las derivas aplicando el sismo en su totalidad en cada una de las direcciones, es decir sismo en la dirección X y sismo en la dirección Y. A continuación, se muestran las tablas en donde se verificaron las derivas, de acuerdo a los resultados obtenidos en la modelación en el programa de análisis.

La verificación de derivas se realizó para la totalidad del sismo aplicado en la dirección X y en la dirección Y, cumple con los requisitos establecidos por el reglamento NSR-10. A



continuación se muestran las tablas con los resultados obtenidos. Para facilitar la localización de los nudos en el modelo, se planteó la numeración presentada en la siguiente figura.



Figura No. 70 Numeración de Nudos en el Modelo Estructural

### 8.3.3.1. Verificación De Desplazamientos Espectro De Derivas.

#### 8.3.3.1.1. Sismo En Dirección X- Y Derivas

Tabla 8-22

Sismo Derivas en dirección X

Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
1	DERV SX CORR	Story1	3.15	0.002861	0.000346	0.2861	3.15	0.091	OK
1	DERV SX CORR	Base	3.15	0	0	0.2936	3.15	0.093	OK
4	DERV SX CORR	Story1	3.15	0.002944	0.0004	0.2944	3.15	0.093	OK
4	DERV SX CORR	Base	3.15	0	0	0.2968	3.15	0.094	OK
15	DERV SX CORR	Story3	3.15	0.015397	0.00339	0.5418	3.15	0.172	OK



Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
15	DERV SX CORR	Story2	3.15	0.009979	2.12E-03	0.6857	3.15	0.218	OK
35	DERV SX CORR	Story1	3.15	0.002926	0.000347	0.2926	3.15	0.093	OK
35	DERV SX CORR	Base	3.15	0	0	1.5367	3.15	0.488	OK
37	DERV SX CORR	Story3	3.15	0.015401	0.00186	0.5404	3.15	0.172	OK
37	DERV SX CORR	Story2	3.15	0.009997	0.001196	0.6887	3.15	0.219	OK
37	DERV SX CORR	Story1	3.15	0.00311	0.000389	0.311	3.15	0.099	OK
37	DERV SX CORR	Base	3.15	0	0	1.6234	3.15	0.515	OK
38	DERV SX CORR	Story3	3.15	0.016234	0.003655	0.5854	3.15	0.186	OK
38	DERV SX CORR	Story2	3.15	0.01038	0.002067	0.7377	3.15	0.234	OK
38	DERV SX CORR	Story1	3.15	0.003003	0.000381	0.3003	3.15	0.095	OK
47	DERV SX CORR	Story3	3.15	0.010431	0.000999	0.7235	3.15	0.230	OK
47	DERV SX CORR	Story2	3.15	0.003196	0.000335	0.3196	3.15	0.101	OK
47	DERV SX CORR	Story1	3.15	0	0	1.6202	3.15	0.514	OK
47	DERV SX CORR	Base	3.15	0.016202	0.001592	0.5774	3.15	0.183	OK
56	DERV SX CORR	Story1	3.15	0	0	1.9133	3.15	0.607	OK

<b>Maximo</b>	0.6133
---------------	--------

**Tabla 8-23**

*Sismo Derivas en dirección Y*

Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
1	DERV SY CORR	Story1	3.15	0.001614	0.001603	0.1614	3.15	0.0512	OK
1	DERV SY CORR	Base	3.15	0	0	0.1622	3.15	0.0515	OK
4	DERV SY CORR	Story3	3.15	0.003401	0.023677	0.8053	3.15	0.2557	OK
4	DERV SY CORR	Story2	3.15	0.002367	1.56E-02	1.0456	3.15	0.3319	OK
15	DERV SY CORR	Story1	3.15	0.000882	0.005168	0.5168	3.15	0.1641	OK
15	DERV SY CORR	Base	3.15	0	0	2.3662	3.15	0.7512	OK
35	DERV SY CORR	Story3	3.15	0.0017	0.023662	0.8021	3.15	0.2546	OK
35	DERV SY CORR	Story2	3.15	0.001167	0.015641	1.0454	3.15	0.3319	OK
37	DERV SY CORR	Story1	3.15	0.000429	0.005187	0.5187	3.15	0.1647	OK
37	DERV SY CORR	Base	3.15	0	0	2.1314	3.15	0.6766	OK
37	DERV SY CORR	Story3	3.15	0.001698	0.021314	0.7348	3.15	0.2333	OK
37	DERV SY CORR	Story2	3.15	0.001166	0.013966	0.941	3.15	0.2987	OK
38	DERV SY CORR	Story1	3.15	0.000432	0.004556	0.4556	3.15	0.1446	OK
38	DERV SY CORR	Story1	3.15	0.000923	0.004465	0.4465	3.15	0.1417	OK
38	DERV SY CORR	Base	3.15	0	0	1.521	3.15	0.4829	OK
47	DERV SY CORR	Story3	3.15	0.001696	0.01521	0.5932	3.15	0.1883	OK



Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
47	DERV SY CORR	Story2	3.15	0.00116	0.009278	0.7	3.15	0.2222	OK
47	DERV SY CORR	Story1	3.15	0.000441	0.002278	0.2278	3.15	0.0723	OK
47	DERV SY CORR	Base	3.15	0	0	1.5209	3.15	0.4828	OK
56	DERV SY CORR	Story3	3.15	0.001564	0.015209	0.5931	3.15	0.1883	OK

Maximo	0.7517
--------	--------

De acuerdo a la anterior revisión, todas las columnas cumplen con los límites de derivas.

### 8.3.3.2. Verificación De Desplazamientos Espectro De Diseño.

#### 8.3.3.2.1. Sismo En Dirección X- Y Diseño

Tabla 8-24

Sismo Diseño en dirección X

Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
1	SX CORR	Story1	3.15	0.004292	0.000519	0.4292	3.15	0.136	OK
1	SX CORR	Base	3.15	0	0	0.4404	3.15	0.140	OK
4	SX CORR	Story1	3.15	0.004404	0.000552	0.4404	3.15	0.140	OK
4	SX CORR	Base	3.15	0	0	0.4416	3.15	0.140	OK
15	SX CORR	Story1	3.15	0.004416	0.000599	0.4416	3.15	0.140	OK
15	SX CORR	Base	3.15	0	0	0.4452	3.15	0.141	OK
35	SX CORR	Story2	3.15	0.015655	0.002575	1.0788	3.15	0.342	OK
35	SX CORR	Story1	3.15	0.004867	0.000808	1.9401	3.15	0.616	OK
37	SX CORR	Story3	3.15	0.024268	0.002281	0.8617	3.15	0.274	OK
37	SX CORR	Story2	3.15	0.017776	0.001465	1.2884	3.15	0.409	OK
37	SX CORR	Story1	3.15	0.004892	0.000497	0.4892	3.15	0.155	OK
37	SX CORR	Base	3.15	0	0	2.8731	3.15	0.912	OK
38	SX CORR	Story3	3.15	0.028731	0.002959	1.0956	3.15	0.348	OK
38	SX CORR	Story2	3.15	0.017775	0.001773	1.2955	3.15	0.411	OK
38	SX CORR	Story1	3.15	0.00482	0.000457	0.482	3.15	0.153	OK
47	SX CORR	Base	3.15	0	0	0.4388	3.15	0.139	OK
47	SX CORR	Story1	3.15	0.004388	0.000521	0.4388	3.15	0.139	OK
47	SX CORR	Base	3.15	0	0	2.305	3.15	0.732	OK
47	SX CORR	Base	3.15	0.028795	0.002395	1.0994	3.15	0.349	OK
56	SX CORR	Story3	3.15	0.017801	0.001513	1.2965	3.15	0.412	OK

Maximo	0.9147
--------	--------



**Tabla 8-25**

*Sismo Diseño en dirección Y*

Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
1	SY CORR	Story1	3.15	0.002421	0.002405	0.2421	3.15	0.0769	OK
1	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.2434	3.15	0.0773	OK
4	SY CORR	Story1	3.15	0.001754	0.002434	0.2434	3.15	0.0773	OK
4	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.2485	3.15	0.0789	OK
15	SY CORR	Story1	3.15	0.000783	0.002485	0.2485	3.15	0.0789	OK
15	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.247	3.15	0.0784	OK
35	SY CORR	Story1	3.15	0.000383	0.00247	0.247	3.15	0.0784	OK
35	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.2471	3.15	0.0784	OK
37	SY CORR	Story1	3.15	0.000628	0.002471	0.2471	3.15	0.0784	OK
37	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.2466	3.15	0.0783	OK
37	SY CORR	Story1	3.15	0.001151	0.002466	0.2466	3.15	0.0783	OK
37	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.2518	3.15	0.0799	OK
38	SY CORR	Story1	3.15	0.001921	0.002518	0.2518	3.15	0.0799	OK
38	SY CORR	Base	3.15	0	0	0.2985	3.15	0.0948	OK
38	SY CORR	Story1	3.15	0.001925	0.002985	0.2985	3.15	0.0948	OK
47	SY CORR	Base	3.15	0	0	2.2832	3.15	0.7248	OK
47	SY CORR	Story3	3.15	0.005303	0.022832	0.8966	3.15	0.2846	OK
47	SY CORR	Story2	3.15	0.003764	0.013866	1.053	3.15	0.3343	OK
47	SY CORR	Story1	3.15	0.001524	0.003336	0.3336	3.15	0.1059	OK
56	SY CORR	Base	3.15	0	0	2.4613	3.15	0.7814	OK

Maximo 0.9586

De acuerdo a la anterior revisión, todas las columnas cumplen con los límites de derivas.

### 8.3.3.3. Verificación De Desplazamientos De Umbral De Daño

#### 8.3.3.3.1. Sismo En Dirección X – Umbral De Daño

**Tabla 8-26**

*Sismo Umbral de Daño en Dirección X*

Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
1	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000877	0.000104	0.0877	1.26	0.0696	OK
1	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0901	1.26	0.0715	OK
4	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000901	0.00011	0.0901	1.26	0.0715	OK
4	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0905	1.26	0.0718	OK
15	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000905	0.00012	0.0905	1.26	0.0718	OK
15	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0914	1.26	0.0725	OK



Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
35	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000914	0.00013	0.0914	1.26	0.0725	OK
35	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0903	1.26	0.0717	OK
37	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000903	0.000143	0.0903	1.26	0.0717	OK
37	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0866	1.26	0.0687	OK
37	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000866	0.000156	0.0866	1.26	0.0687	OK
37	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0748	1.26	0.0594	OK
38	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000748	0.000169	0.0748	1.26	0.0594	OK
38	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.0752	1.26	0.0597	OK
38	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.000752	0.000118	0.0752	1.26	0.0597	OK
47	UMB SX CORR	Base	3.15	0	0	0.4791	1.26	0.3802	OK
47	UMB SX CORR	Story1	3.15	0.005539	0.001135	0.2075	1.26	0.1647	OK
47	UMB SX CORR	Story3	3.15	0.003464	0.000631	0.253	1.26	0.2008	OK
47	UMB SX CORR	Story2	3.15	0.000934	0.00011	0.0934	1.26	0.0741	OK
56	UMB SX CORR	Story1	3.15	0	0	0.5673	1.26	0.4502	OK

Maximo 0.5556

Tabla 8-27

Sismo Umbral de daño en dirección Y

Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
1	UMB SY CORR	Story1	3.15	0.000551	0.00053	0.0551	1.26	0.0437	OK
1	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0	0.0537	1.26	0.0426	OK
4	UMB SY CORR	Story1	3.15	0.0004	0.000537	0.0537	1.26	0.0426	OK
4	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0	0.0548	1.26	0.0435	OK
15	UMB SY CORR	Story1	3.15	0.000178	0.000548	0.0548	1.26	0.0435	OK
15	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0	0.0545	1.26	0.0433	OK
35	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0.00E+00	0.6043	1.26	0.4796	OK
35	UMB SY CORR	Story3	3.15	0.001204	0.006043	0.2223	1.26	0.1764	OK
37	UMB SY CORR	Story2	3.15	0.000852	0.00382	0.2688	1.26	0.2133	OK
37	UMB SY CORR	Story1	3.15	0.000344	0.001132	0.1132	1.26	0.0898	OK
37	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0	0.6749	1.26	0.5356	OK
37	UMB SY CORR	Story3	3.15	0.001188	0.006749	0.2379	1.26	0.1888	OK
38	UMB SY CORR	Story2	3.15	0.000837	0.00437	0.2987	1.26	0.2371	OK
38	UMB SY CORR	Story1	3.15	0.000327	0.001383	0.1383	1.26	0.1098	OK
38	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0	0.7749	1.26	0.6150	OK
47	UMB SY CORR	Story3	3.15	0.001168	0.007749	0.2651	1.26	0.2104	OK
47	UMB SY CORR	Story2	3.15	0.000815	0.005098	0.3425	1.26	0.2718	OK



Joint Text	OutputCase Text	Story	h (m)	d x (m)	d y (m)	Da (cm)	Dp (cm)	I <sub>r</sub>	CRITERIO
47	UMB SY CORR	Story1	3.15	0.000306	0.001673	0.1673	1.26	0.1328	OK
47	UMB SY CORR	Base	3.15	0	0	0.8117	1.26	0.6442	OK
56	UMB SY CORR	Story3	3.15	0.001166	0.008117	0.2762	1.26	0.2192	OK

Maximo	0.6442
--------	--------

De acuerdo a la anterior revisión, todas las columnas cumplen con los límites de desplazamientos para umbral de daño.

## 8.4. Proceso Constructivo Reforzamiento En Metálica

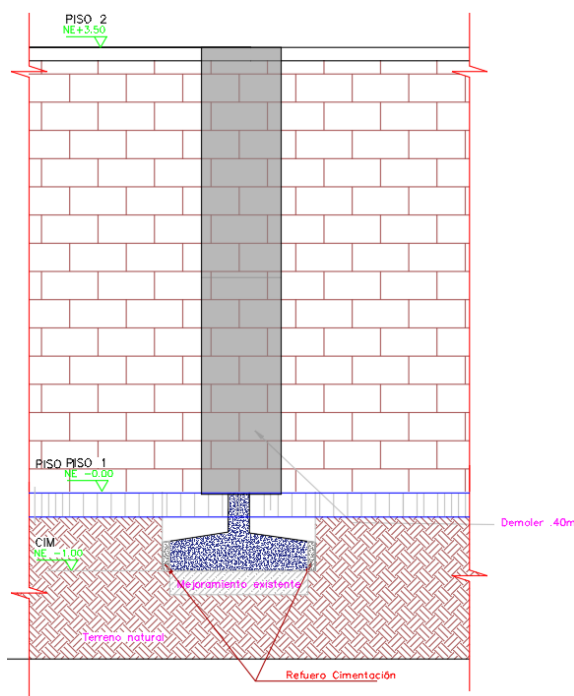
### 8.4.1. Instalación de Columnas Metálicas

De acuerdo con el estudio presentado los muros de mampostería que presenten carencia en el acero transversal o longitudinal o la mezcla de ambos se propone la alternativa del reforzamiento de la construcción de columnas intermedias que aporten un sistema sísmico a la construcción y ayuden a transmitir las cargas que son aplicadas directamente a la mampostería a la cimentación. Esta alternativa se propone utiliza tanto para muros internos o externos de la construcción como para muros de retención, ya que el principio es el mismo, minimizar las cargas al paño.

- El reforzamiento de los muros en mampostería se prepara con un apuntalamiento de la placa de entrepiso con el fin de evitar que el muro se encuentre cargado a la hora de realizar la obra.
- Se identifica y marca donde se van a instalar las columnas y se inicia una demolición controlada partiendo de la parte superior hasta llegar a la corona del

cimiento, se debe realizar la demolición con ayuda de equipo mecánico ejecutando muescas longitudinales para lograr el ancho requerido.

- Después de realizar la demolición se realiza una limpieza de la zona, verificando que queden segmentos de la demolición que perjudiquen el resto de las actividades.
- Consecutivamente se realizan la instalación de la placa base en los anclajes previamente instalados con la cimentación y de los diseños.



**Figura No. 71** Demolición para Instalación de Columna Metálica.

- Con la ayuda de herramienta y equipos especializados se procede a la instalación de los perfiles definidos en el diseño estructural como columnas, se fijan y soldan



a la platina de placa base ubicada en la parte inferior, para la continuación de la columna se realizan empalmes definidos en el diseño estructural.

- La aplicación de pinturas protectoras contra la corrosión y posible ensuciamiento por el proceso de la obra.

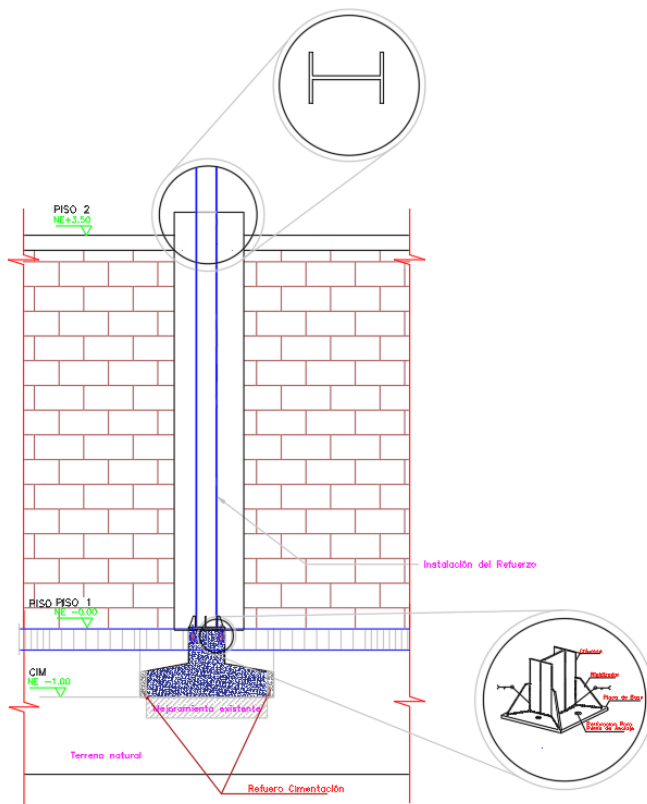


Figura No. 72 Instalación de Vigas Columnas Metálica.

#### 8.4.2. Instalación de Vigas Metálicas

Otra manera de mejorar el comportamiento de la edificación es completar el sistema sísmico adicionando una viga que ayude a distribuir de mejor manera los esfuerzos a las columnas y no cargar los muros de mampostería. Además de la técnica antes indicada, asimismo se utilizan sobre anchos de los muros.



- De la misma manera que el procedimiento de la construcción de las columnas el reforzamiento con las vigas se prepara con un apuntalamiento de la placa de entepiso con el fin de evitar el desplome de la placa a la hora de realizar la obra.
- Por consiguiente, la ubicación de las vigas se dispondrá entre las columnas ya definidas anteriormente y se inicia una demolición controlada partiendo de la parte central hasta llegar a los extremos encontrando con las columnas, se debe realizar la demolición con ayuda de equipo mecánico ejecutando cortes longitudinales para lograr el alto requerido.
- Después de realizar la demolición se realiza una limpieza de la zona, verificando que queden segmentos de la demolición que perjudiquen el resto de las actividades.
- Seguidamente se realizan el izaje la viga en uniendo las columnas previamente instaladas, se debe garantizar la transición del refuerzo ente las columnas, y la prolongación de las mismas unidas a la placa mediante conectores transfiriendo mediante uniones en epoxico, según diseño estructural.
- Por último, se instalas las platinas de refuerzo y conexiones precalificas por el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10 en el titulo F definida en el diseño estructural.
- La aplicación de pinturas protectoras contra la corrosión y posible ensuciamiento por el proceso de la obra.

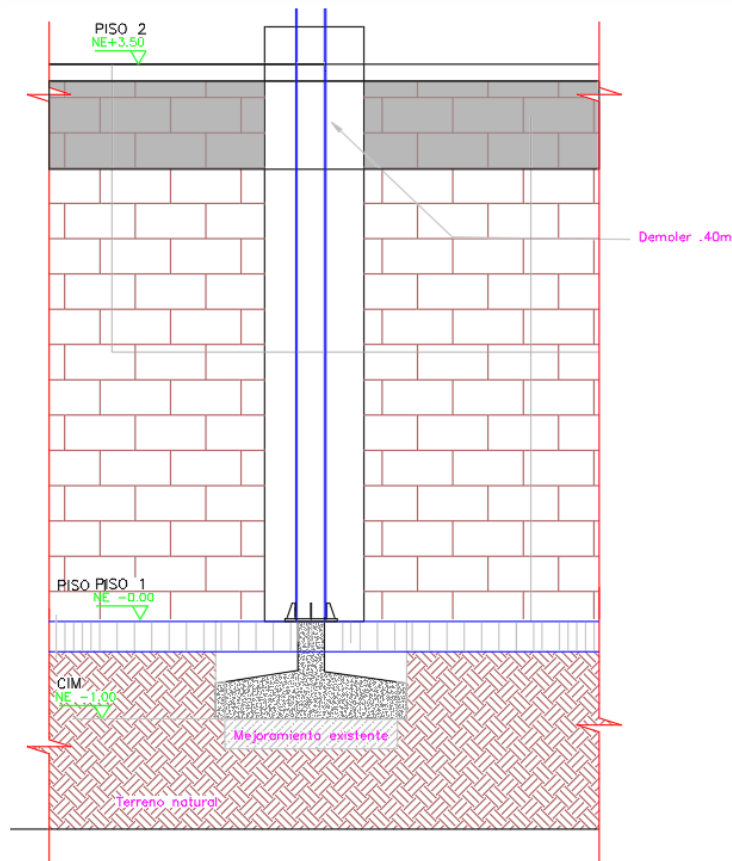


Figura No. 73 Demolición para Instalación de Vigas Metálica.

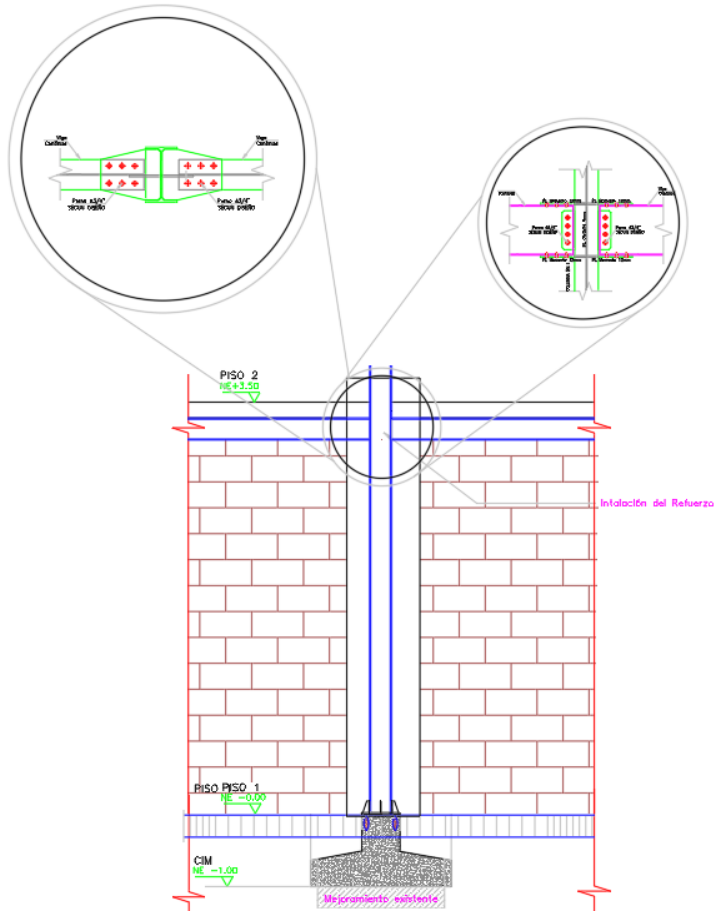
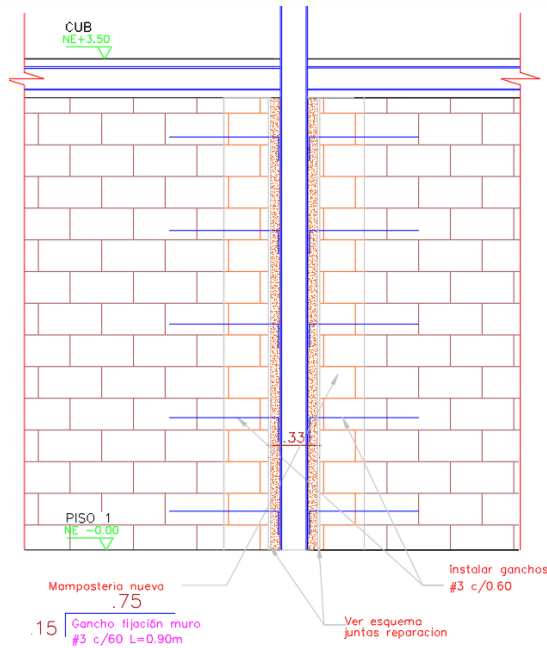


Figura No. 74 Izaje de Vigas Metálicas.



**Figura No. 75** Esquema Final del Reforzamiento en Pórtico Metálico.



## 9. PRESUPUESTO

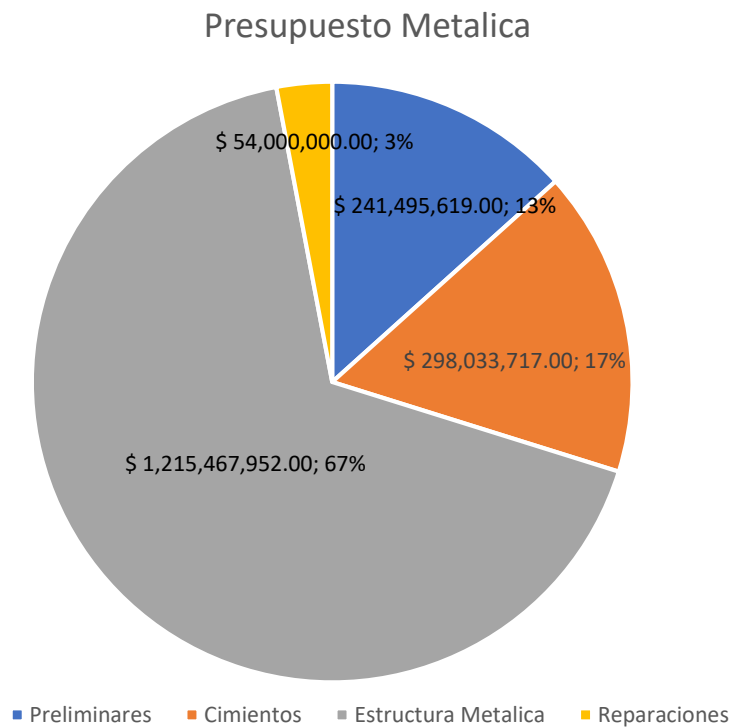
El presente presupuesto del Anexo 5 se ha realizado con base a la información procesada y desarrollada bajo un trabajo de investigación, información secundaria y análisis matemáticos. El que se concluye en el reforzamiento estructural, el cual se dé discriminan las cantidades y valores:

Al realizar la comparación de los dos sistemas estructurales implementados como solución a las lesiones y patologías, se realiza un paralelo del pro y contra que presentan los dos sistemas estructurales tanto en presupuesto, programación, dificultad de la ejecución de la obra, para poder tomar alternativas de ejecución en la realización de las actividades de constructivas que tengan el menor impacto y no interrumpir la funcionalidad del hospital, lo cual se pretende instalar carpas provisionales adaptadas para prestar un buen servicio a los pacientes.

Otra de las medidas para adelantar los trabajos del reforzamiento es la implementación de un edificio nuevo para la ampliación de hospital construyendo un edificio para atención de medicina interna, partos, consulta externa y administración, El Hospital actualmente tiene algunos sectores deshabilitados donde se pueden realizar los trabajos sin entorpecer los servicios del hospital.

Los presupuestos realizados para las dos alternativas de reforzamiento se tomaron precios base suministrados por la Gobernación de Cundinamarca a través del Instituto de Infraestructura y Concesiones de Cundinamarca - ICCU los cuales son el resultado de estudios de mercado a nivel Cundinamarca.

De lo que se puede concluir que el incremento del presupuesto está por encima de un 25% en la construcción en estructura metálica en comparación con la construcción de concreto, la viabilidad por costos no es más factible en concreto.



**Figura No. 76** Grafica de Porcentajes Reforzamiento Metálico



### Presupuesto Concreto

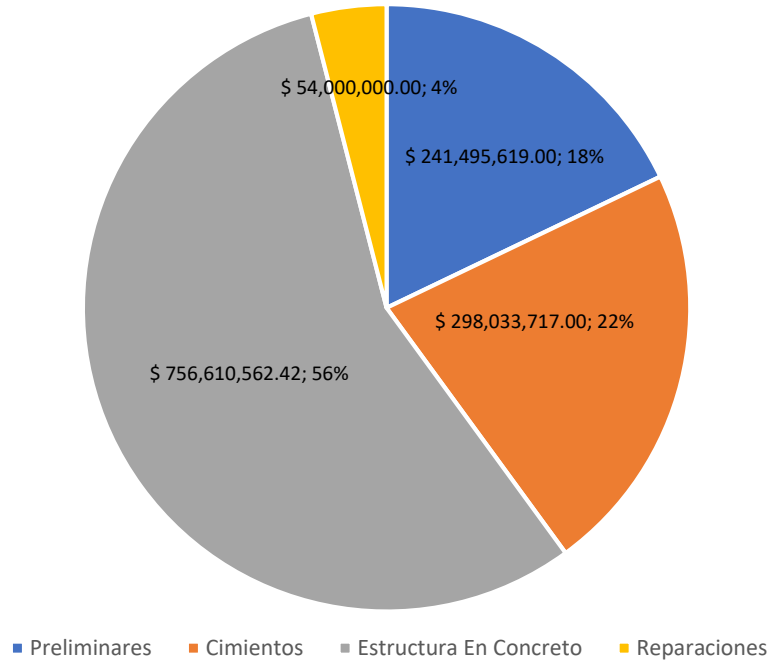
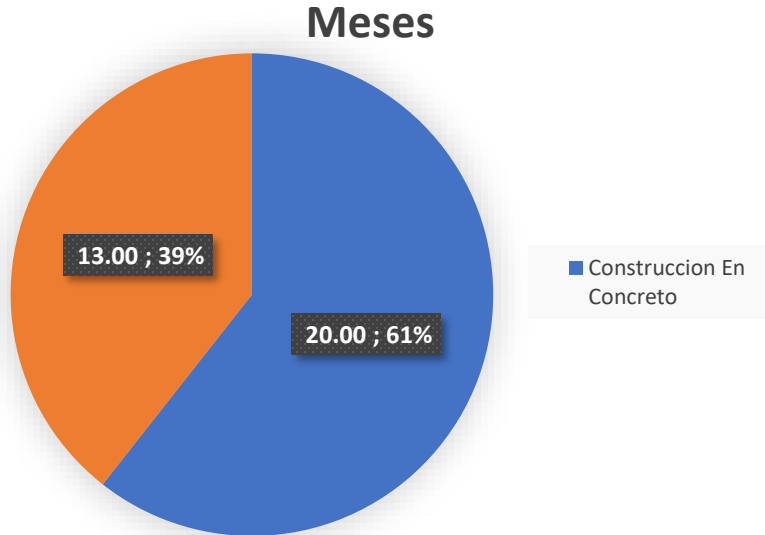


Figura No. 77 Grafica de Porcentajes Reforzamiento en Concreto

## 10. PROGRAMACIÓN

El Diagrama Gantt se puede consultar en el Anexo 5. El cual contiene la siguiente información: Identificación y nombre de la actividad, duración en días enteros, holgura total, fechas tempranas y tardías (de iniciación y terminación), las actividades predecesoras y las actividades sucesoras. Se han señalado claramente las actividades críticas (RUTA CRITICA). Con cada una de las fechas, y están consignadas en fechas calendarizadas, teniendo como inicio la fecha estimada del acta de inicio del contrato. Se precisan las convenciones usadas. Se utilizó un tamaño de impresión que permita fácilmente la lectura.

Para efectos de implementación y selección de la correcta alternativa de reforzamiento se realizó una programación que se tuvo en cuenta la duración total de cada alternativa y de esa manera de determina el costo beneficio con relación al presupuesto y será determinada por la diferencia entre la iniciación temprana y la terminación tardía de cada una de las alternativas.



**Figura No. 78** *Grafica de Reforzamiento en Concreto Vs Metálica*

Es evidente que se el tiempo del reforzamiento en estructura metálica es más corto con relación al de concreto el cual se puede promediar con el costo y el sistema constructivo metálico por ser una obra más ágil y sin traumatismos de ejecución tan largos. Se opta por el reforzamiento metálico.



## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en las características de la edificación existente descritas anteriormente, junto con los resultados de los ensayos de las propiedades de los materiales, podemos emitir y concluir las siguientes consideraciones:

- a. Después de realizar la recopilación de información existente, levantamientos arquitectónicos y estructurales, toma de ensayos análisis del paciente se evidencia que el promedio del grupo de elementos estructurales de concreto la resistencia de los materiales no cumple con lo estipulado en la NSR 10 con respecto al chequeo del se obtienen valores promedios de 65% f<sup>o</sup>c. en vigas, columnas y muros.
- b. En la búsqueda de planos estructurales, arquitectónicos y redes, solicitados a la Administración municipal, no existe un registro actual de dichos planos, se realizó un levantamiento de las principales redes eléctricas, gases, hidrosanitarias y red contraincendios, de lo que se puede concluir la deficiencia y el no cumplimiento de cada una de las redes estudias.
- c. El procedimiento as adecuado para el reforzamiento de la edificación es el de proveerle un sistema estructural nuevo que sea capaz de resistir las solicitudes de carga tanto verticales como horizontales de sismo y que tenga la rigidez adecuada que impida las deformaciones y desplazamientos producidas por dichas cargas, de tal forma que cumpla con la reglamentación actualmente vigente, y así obtener un nivel de seguridad adecuado. así mismo, calcular, diseñar y construir un sistema de



cimentación según las recomendaciones y especificaciones del estudio de suelos, que garantice un adecuado comportamiento de la edificación.

- d. La edificación está conformada por un sistema de resistencia sísmica que no es admitido por las normas vigentes para el tipo de uso que presentara la edificación y la zona de amenaza sísmica.
- e. La cimentación existente no cumple con las recomendaciones del estudio de suelos en cuanto dimensiones para los valores de carga en los muros, la resistencia a flexión de los elementos de cimentación (concreto ciclópeo), la presencia de un acero de refuerzo de baja resistencia (20.000Psi), y el tamaño y calidad del concreto usado.
- f. Lo sistemas de losas de entrepiso se encuentran diseñados únicamente para soportar las cargas verticales teniendo en cuenta que las cargas de los materiales no cumplen con las especificaciones exigidas por la norma. con base en esto se supone en la revisión de la cimentación como un elemento que soporta solo cargas verticales.
- g. Se recomienda el diseño y construcción de las nuevas vigas de cimentación que presenten el material competente para resistir las cargas debidas al apuntalamiento sísmico y a las deformaciones diferenciales entre los distintos tipos de la edificación debido a las características del suelo y cargas actuantes.
- h. Al realizar una revisión estructura del sistema de entrepiso se observó que la losa maciza de entrepiso es capaz de soportar las cargas actuales con las características de los materiales con que fueron construidos y su geometría, ver calculo que se



presenta a continuación, pero que los materiales usados no son los competentes a la luz de la norma sismo resistente para ser usados en un elemento estructural.

- i. El proyecto arquitectónico contempla la optimización y adecuación de algunas zonas internas que proveen una mejor funcionalidad de los espacios lo que requiere la modificación de algunos muros internos.
- j. Se presentan estructuras adicionales en uso que presentan un sistema de resistencia sísmica de solo muros en mampostería, sean reforzadas con un sistema de resistencia sísmica adecuado para el tipo de edificación presente.
- k. Es evidente que se el tiempo del reforzamiento en estructura metálica es más corto con relación al de concreto, el cual se puede promediar con el costo y el sistema constructivo metálico por ser una obra más ágil y sin traumatismos de ejecución tan largos. Se opta por el reforzamiento metálico.



## 12. BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFIA

- Acosta, J., & Ulloa, C. (2002). Memoria explicativa - Mapa geológico del Departamento de Cundinamarca, escala 1:250.000. INGEOMINAS.
- American Institute of Steel Construction (AISC). (2010). Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero. Asociación Latinoamericana del Acero.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS. (2020). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. 3. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Broto, C. (2006). Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Barcelona, España.
- Carrió, J. M. (10 de Febrero de 1997). Patología de Cerramientos y Acabados Arquitectónicos. Madrid, España: Munillalera.
- Departamento del Interior de los EE.UU. (2008). Manual de derrumbes. Virginia, Reston, Estados Unidos: Mary Kidd.
- Hermelin, M. (1987). Bases de geología ambiental. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Hugo Juan Donini, R. O. (Marzo de 2017). Análisis en las Patologías en las Estructuras de Hormigón. Bogotá D.C., Colombia: Ediciones de la U.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (s.f.). [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co/). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/>
- MAZO, C. O. (2018). Manual de Patología Geotécnica Recalce y Refuerzo del Terreno. Madrid, Colombia: Universidad Politécnica de Madrid.
- Palencia, F. A. (2019). Guía para el Control de Calidad en la Construcción de Estructuras Metálicas. Bucaramanga, Santander, Colombia : CRAI-Biblioteca Universidad Santo Tomás.
- Salazar, J. (1995). Propuesta Metodológica en los estudios geológico-ambientales. *Revista Ingeniería Geológica, No. 1*. U. P. T. C.
- Servicio Geológico Colombiano. (2012). Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. *Colección Guías y Manuales*. Bogotá D. C.
- Servicio Geológico Colombiano. (2017). Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:25.000. *Dirección de Geoamenazas*.
- Servicio Geológico Colombiano. (s.f.). <http://simma.sgc.gov.co/#/>. Recuperado el Marzo de 2020, de SIMMA Sistema de Información de Movimientos en Masa.
- Servicio Geológico Colombiano. (s.f.). [http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Estado\\_Cartografia\\_Geologica/](http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Estado_Cartografia_Geologica/). Obtenido de Estado de la Cartografía Geológica Escala 1:100.000.
- Universidad Complutense Madrid. (s.f.). *Proyecto de Innovación Atlas Metalográfico*. Obtenido de 2021: <https://www.ucm.es/>
- Universidad de Cambridge. (2004-2020). *DoITPoMS*. Obtenido de <https://www.doitpoms.ac.uk>



Universidad de Cambridge. (2004-2020).

<https://www.doitpoms.ac.uk/miclib/browse.php?cat=1&sys=13&list=cmp>.

Obtenido de <https://www.doitpoms.ac>.

van Westen, C., Castellanos, E., & Kuriakose, S. (2008). *Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assesment: An overview*, 102(3-4), 112-131. Engineering Geology.

van Westen, C., Rengers, N., & Soeters, R. (Noviembre de 2003). Use of geomorphological Information in Indirect Landslide Susceptibility Assesment. 3, 30, 339-419. Natural Hazards.

van Zuidam, R. (1986). *Aerial Photointerpretetion in Terrain Analysis and Geomorphological Mapping*. Tha Hague: Smiths Publishers.

Wieczorek, G. (1996). Landslide triggering mechanisms. *Landslides Investigation and Mitigation - Special Report(247)*, 76-90. (T. R.-N. Council, Ed.)



## 13. ANEXOS



### 13.1. Anexo 1. Ensayos Realizados



## 13.2. Anexo 2. Análisis Estructural



### 13.3. Anexo 3. Estudio de Suelos



#### 13.4. Anexo 4. Fichas de Historia Clínica



### 13.5. Anexo 5. Presupuesto y Programación



### 13.6. Anexo 6. Fichas de Productos Recomendados



### 13.7. Anexo 8. Registro Fotográfico