



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR: DANIEL FERNANDO MOSQUERA ANDRADE

**TEMA: EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES Y
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES DEL HOSPITAL
REGIONAL MILITAR DE GUAYAQUIL (II-DE“LIBERTAD”)
ANTE UN POTENCIAL PELIGRO SÍSMICO SEGÚN FEMA E-
74, FEMA 396 Y FEMA 577**

**DIECTOR: DR. ING. ROBERTO AGUIAR
CODIRECTOR: ING. ESTUARDO PEÑAHERRERA**

SANGOLQUÍ

2015

CERTIFICADO

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

INGENIERIA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Daniel Fernando Mosquera Andrade

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES Y ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES DEL HOSPITAL REGIONAL MILITAR DE GUAYAQUIL (II-DE“LIBERTAD”) ANTE UN POTENCIAL PELIGRO SÍSMICO SEGÚN FEMA E-74, FEMA 396 Y FEMA 577”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 11 de Marzo del 2015



Daniel Fernando Mosquera Andrade

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

INGENIERIA CIVIL

CERTIFICADO

Dr. Ing. Roberto Aguiar y Ing. Estuardo Peñaherrera

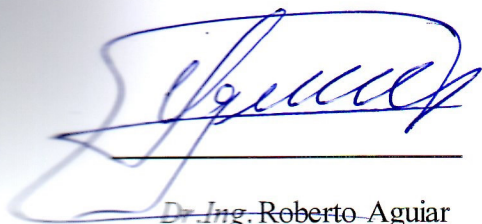
CERTIFICAN

Que el trabajo titulado "Evaluación de los componentes y elementos no estructurales del Hospital regional Militar de Guayaquil (II-de "Libertad") ante un potencial peligro sísmico según FEMA E-74, FEMA 396 y FEMA 577" realizado por Daniel Mosquera, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que se trata de un trabajo de investigación, recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de *un* documento empastado y *un* disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a *Daniel Mosquera* que lo entregue a *Dr. Ing. Pablo Caiza*, en su calidad de Director/a de la Carrera.

Sangolquí, 11 de Marzo del 2015



Dr. Ing. Roberto Aguiar

DIRECTOR



Ing. Estuardo Peñaherrera

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

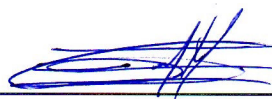
INGENIERIA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, Daniel Mosquera

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas -ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Evaluación de los componentes y elementos no estructurales del Hospital regional Militar de Guayaquil (II-de “Libertad”) ante un potencial peligro sísmico según FEMA E-74, FEMA 396 y FEMA 577”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 11 de Marzo del 2015



Daniel Fernando Mosquera Andrade

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, que siempre ha estado a mi lado.

A mi novia, quien me ha apoyado y me ha dado ánimo.

A todos mis amigos, que siempre he podido contar con ellos.

Y en especial a Enrique, mentor y amigo que me ha enseñado y guiado en este proyecto.

Agradecimientos

Agradezco a mis profesores que me han enseñado además de los conocimientos, el cómo ser una persona que se esfuerza para lograr los objetivos.

Agradezco a mis padres por el apoyo que me han brindado en cada etapa de mi vida, buscando lo mejor para mi hermana y para mí.

Agradezco en especial al Teniente Coronel Enrique Morales, que gracias a su ayuda y conocimientos me ha enseñado y guiado a desarrollar este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO	II
AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
RESUMEN	XXIII
ABSTRACT	XXIV
CAPÍTULO 1.....	1
DESASTRES NATURALES.....	1
1.1. DESASTRES NATURALES EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE	1
1.2. DESASTRES NATURALES EN ECUADOR.....	2
1.3. AFECTACIONES EN EL ÁREA HOSPITALARIA	3
1.4. PELIGROSIDAD SÍSMICA	6
CAPÍTULO 2.....	11
METODOLOGÍA DE FEMA E-74	11
2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL	11
2.2. METODOLOGÍA.....	18
CAPÍTULO 3.....	27
HOSPITAL MILITAR II-DE “LIBERTAD” DE GUAYAQUIL	27
3.1. UBICACIÓN	27
3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL HOSPITAL	27
3.3. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA	28
3.4. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL.....	30
3.5. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS Y COMPONENTES NO ESTRUCTURALES.....	30

3.6. DESCRIPCIÓN DE SU EQUIPAMIENTO	31
CAPÍTULO 4.....	32
EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES Y ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES DEL HOSPITAL MILITAR CON LA METODOLOGÍA DE FEMA E-74	32
LISTA DE COMPONENTES Y ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES EVALUADOS	33
FORMATO DE INSPECCIÓN VISUAL	37
APÉNDICE D	77
APÉNDICE E	91
CAPÍTULO 5.....	94
IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES A LOS COMPONENTES NO-ESTRUCTURALES.....	94
5.1. IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES.....	94
<i>Parapeto</i>	95
<i>Parapeto</i>	97
<i>Parapeto Metálico</i>	99
<i>Ventanería (Vidrios)</i>	101
<i>Mampostería</i>	103
<i>Cielo Raso (Gypsum)</i>	105
<i>Ventanería interior (aluminio y vidrio)</i>	107
<i>Mamparas (aluminio y vidrio)</i>	109
<i>Mamparas (aluminio y vidrio)</i>	111
<i>Caldero</i>	113
<i>Generador de emergencia</i>	115
<i>Tanque de combustible</i>	117
<i>Tubería</i>	119
<i>Transformador</i>	121
<i>Tubería</i>	123

<i>Equipos de climatización</i>	125
<i>Equipos de climatización</i>	127
<i>Ascensores</i>	129
<i>Caja de distribución eléctrica</i>	131
<i>Tubería de aire</i>	133
<i>Computadoras y accesorios</i>	135
<i>Televisiones, monitores (montados sobre la pared)</i>	137
<i>Estanterías</i>	139
<i>Estanterías</i>	141
<i>Tanque de gas medico (oxigeno liquido)</i>	143
<i>Tanque de gas medico (oxígeno)</i>	145
<i>Unidad de consulta Externa</i>	147
<i>Unidad de Emergencias</i>	149
<i>Unidad de Imagenología</i>	151
<i>Unidad de Laboratorios</i>	153
<i>Unidad de Hospitalización</i>	155
<i>Unidad de Quirófano</i>	157
<i>Unidad de Quirófano áreas anexas y equipos de esterilización</i>	159
<i>Unidad de cuidados intensivos</i>	161
<i>Unidad de sala de recuperación</i>	163
<i>Unidad de Neonatología</i>	165
<i>Unidad de Hemodiálisis</i>	167
<i>Unidad de Odontología</i>	169
<i>Unidad de Odontología Estanterías con dimensiones variables y televisión</i>	171
<i>Unidad de Odontología Equipos de Rayos x</i>	172
5.2. COMPROBACIÓN Y DISEÑO DE ANCLAJES PARA IMPLEMENTACIÓN DE REFORZAMIENTO DE COMPONENTES	173
<i>Tanque de Oxígeno</i>	174
<i>Caldero</i>	178
<i>Generador de Emergencia</i>	181

<i>Parapeto</i>	184
CAPÍTULO 6	193
ANÁLISIS COMPLEMENTARIO	193
6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL	193
6.2. VALIDACIÓN (ANÁLISIS SÍSMICO MODAL)	194
6.3. ANÁLISIS MODAL ELÁSTICO.....	204
6.4. ANÁLISIS ELÁSTICO HISTORIA EN EL TIEMPO	207
6.5. COMPARACIÓN DE VALORES Y EXPECTATIVA DE DESEMPEÑO	212
CAPÍTULO 7	215
PRESUPUESTO	215
CAPÍTULO 8	217
CONCLUSIONES.....	217
RECOMENDACIONES	220
BIBLIOGRAFÍA	221

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ocurrencia de desastres naturales y fatalidades – Latinoamérica y el Caribe. (OFDA/CRED).....	2
Figura 2. Algunos hospitales afectados por sismos. PAHO, 1997.....	5
Figura 3. Zonificación sísmica del Ecuador. NEC, 2011.....	7
Figura 4. Izq. Foto Hospital Militar de Guayaquil, Unidad de Hemodiálisis. Der. Ejemplo daño (FEMA-E74, 2011).....	8
Figura 5. Daño estructural en la propiedad del Hospital Miguel H. Alcívar- Bahía de Caráquez, Manabí. (Cuerpo de Ingenieros del Ejército, 2000).....	9
Figura 6. Carpa de atención temporal del Hospital Miguel H. Alcívar- Bahía de Caráquez, Manabí. (Hurtado, 2010).....	10
Figura 7. Descripción de los Elementos Estructurales.....	11
Figura 8. Descripción de elementos y componentes no estructurales.....	14
Figura 9. Valores porcentuales del costo total para diferentes edificaciones. (Miranda & Taghavi, 2003).....	15
Figura 10. IZQ. Daño de particiones, cielo raso e iluminación en el terremoto de Northridge. (FEMA-E74, 2011). DER. Daño de tubería del Hospital Miguel Alcívar en el sismo de Bahía de Caráquez de 1998. (Morales, Espín, Mier, & Vargas, 2000).....	16
Figura 11. IZQ. Daño de pared en cuarto de hospitalización en el Hospital Félix Bulnes de Santiago en el sismo de Chile 2010. (FEMA-E74, 2011). DER. Daño de pared en el Hospital Miguel Alcívar en el sismo de Bahía de Caráquez de 1998. (Morales, Espín, Mier, & Vargas, 2000).....	17
Figura 12. Diagrama de Flujo. (FEMA-E74, 2011).....	19
Figura 13. Apéndice C, Formulario de inventario. (FEMA-E74, 2011).....	21

Figura 14. Apéndice D, Lista de preguntas para control de Componentes no estructurales. (FEMA-E74, 2011)	22
Figura 15. Apéndice E, Ejemplo de niveles de riesgo. (FEMA-E74, 2011).....	23
Figura 16. Mapa de probables intensidades sísmicas en Estados Unidos. (FEMA-E74, 2011).....	24
Figura 17. Ubicación del Hospital General II-DE “Libertad” (Google MAP).....	27
Figura 18. Hospital General de la Segunda División de Ejército “LIBERTAD”	28
Figura 19. Guía de implementación	94
Figura 20. Último piso bloque lateral izquierdo	95
Figura 21. Izq. Posible Falla. Desprendimiento del parapeto. Der. Foto FEMA E74	95
Figura 22. Foto FEMA E74 (6.3.5.1-7).....	96
Figura 23. Foto Ejemplo FEMA E74 (6.3.5.1-6).....	96
Figura 24. Parapeto, último piso bloque lateral derecho. Hospital Militar de Guayaquil.....	97
Figura 25. Izq. Último piso bloque lateral derecho. Der. Foto FEMA E74	97
Figura 26. Foto FEMA E74 (6.3.5.1-7).....	98
Figura 27. Foto Ejemplo FEMA E74 (6.3.5.1-4).....	98
Figura 28. Parapeto sobre el último piso del bloque lateral derecho, Hospital Militar de Guayaquil	99
Figura 29. Izq. Foto FEMA 6.3.1.3-1. Der. E74 Foto FEMA E74 6.3.1.3-5 ..	99
Figura 30.FEMA E74 (6.3.1.3-9).....	100
Figura 31 Ejemplo FEMA E74 (6.3.1.3-8)	100

Figura 32. Fachada, Bloque lateral izquierdo. Hospital Militar Guayaquil ..	101
Figura 33. Izq. Fachada, Bloque central Hospital Militar de Guayaquil. Der. Foto FEMA E74.....	101
Figura 34. GHI Swiss Safety Manual	102
Figura 35. FEMA E74 (6.3.1.4-7).....	102
Figura 36. Área de hospitalización. Hospital Militar de Guayaquil	103
Figura 37. Izq. Área Quirófanos. Der. Foto FEMA E74 6.3.2.1-5.....	103
Figura 38. FEMA E74 (6.3.2.1-9).....	104
Figura 39. FEMA E74 (6.3.2.1-8).....	104
Figura 40. Área de recaudación. Hospital Militar de Guayaquil	105
Figura 41. Der. Foto Hospital Militar de Guayaquil. Izq. Foto FEMA E74 6.3.4.1-2.....	105
Figura 42. FEMA E74 (6.3.4.1-10).....	106
Figura 43. FEMA E74 (6.3.4.1-9).....	106
Figura 44. Foto FEMA E74 (6.3.4.1-5).....	106
Figura 45. Área de recaudación. Hospital Militar de Guayaquil	107
Figura 46. Izq. Estación de enfermería. Segundo piso. Der. Foto FEMA E74 6.3.2.3-3	107
Figura 47. FEMA E74 (6.3.2.3-6).....	108
Figura 48. Foto FEMA E74 (6.3.2.3-5).....	108
Figura 49. Área de Quirófanos. Hospital Militar Guayaquil	109
Figura 50. Izq. Segundo piso. Área de consultas. Der. Foto FEMA E74 6.3.2.3-3.....	109
Figura 51. FEMA E74 (6.3.2.3-6).....	110
Figura 52. FEMA E74 (6.3.2.3-4).....	110

Figura 53. Áreas administrativas. Hospital Militar de Guayaquil	111
Figura 54. Izq. Mampara. Hospital Militar de Guayaquil. Der. Foto FEMA E74 6.3.2.3-2	111
Figura 55. FEMA E74 (6.3.2.3-6)	112
Figura 56. FEMA 767	112
Figura 57. Casa de máquinas. Hospital Militar de Guayaquil	113
Figura 58. Izq. Conexiones Caldero. Der. Foto FEMA E74 6.4.1.1-1	113
Figura 59. FEMA E74 (6.4.1.1-7)	114
Figura 60. FEMA E74 (6.4.1.1-4)	114
Figura 61. Casa de máquinas. Foto Hospital Militar de Guayaquil	115
Figura 62. Izq. Anclaje Generador Hospital Militar de Guayaquil. Der. Foto FEMA E74 6.4.1.1-1	115
Figura 63. FEMA E74 (6.4.7.2-3)	116
Figura 64. Izq. FEMA E74 (6.4.1.1-4). Der. FEMA 767	116
Figura 65. Exterior. Hospital Militar de Guayaquil	117
Figura 66. Izq. Apoyos. Tanque de combustible. Der. Foto FEMA E74	117
Figura 67. Tanque de combustible	118
Figura 68. Casa de máquinas-Exterior. Hospital Militar de Guayaquil	119
Figura 69. Foto FEMA E74	119
Figura 70. FEMA E74 (6.4.3.5-7)	120
Figura 71. FEMA E74 (6.4.3.5-6)	120
Figura 72. Planta baja. Bloque central. Hospital Militar de Guayaquil	121
Figura 73. Foto FEMA E74 6.4.7.3-1	121
Figura 74. FEMA E74 (6.4.7.3-2)	122
Figura 75. FEMA E74 (6.4.1.1-4)	122

Figura 76. Planta Baja. Tubería entre bloques.....	123
Figura 77. Foto FEMA E74 6.4.3.1-1	123
Figura 78. FEMA E74 (6.4.3.5-7).....	124
Figura 79. FEMA 767.....	124
Figura 80. Equipos suspendidos. Bloque Central	125
Figura 81. Izq. Equipo consulta externa. Der. Foto FEMA E74 6.4.1.6-1 .	125
Figura 82. FEMA E74 (6.4.1.6-2).....	126
Figura 83. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual	126
Figura 84. Segundo piso. Exterior terraza.	127
Figura 85. Izq. Terraza Hospital Militar de Guayaquil. Der. Foto FEMA E74 6.4.1.4-3	127
Figura 86. FEMA E74 (6.4.1.4-4).....	128
Figura 87. Foto Hospital Militar de Guayaquil	129
Figura 88. Foto FEMA E74. 6.4.10.2-1	129
Figura 89. FEMA E74 (6.4.10.2-7).....	130
Figura 90. FEMA E74 (6.4.10.2-6).....	130
Figura 91. Tercer piso. Corredor. Hospital Militar de Guayaquil	131
Figura 92. Foto FEMA E74	131
Figura 93. Foto Hospital Militar de Guayaquil	132
Figura 94. Bloque central. Hospital Militar de Guayaquil	133
Figura 95. Foto FEMA E74 6.4.6.1-1	133
Figura 96. Foto FEMA E74 (6.4.6.1-7).....	134
Figura 97. Foto FEMA E74 (6.4.6.1-4).....	134
Figura 98. Área Imagenología. Oficinas.....	135

Figura 99. Izq. Área Imagenología. Der. Foto FEMA E74 6.5.3.3-1.....	135
Figura 100. FEMA E74 (6.5.3.3-3).....	136
Figura 101. Foto GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual.....	136
Figura 102. Área de Hemodiálisis.....	137
Figura 103. Izq. Área de cuidados intensivos . Der. Foto FEMA E74 6.5.3.4-1.....	137
Figura 104. FEMA E74 (6.5.3.4-4).....	138
Figura 105. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual.....	138
Figura 106. Planta baja. Sección de archivo.....	139
Figura 107. Izq. Registro de historias médicas. Der. Foto FEMA E74 6.5.2.2-1.....	139
Figura 108. FEMA 767.....	140
Figura 109. Foto FEMA 767.....	140
Figura 110. Farmacia. Exterior. Hospital Militar Guayaquil.....	141
Figura 111. Izq. Área Emergencia. Der. Foto FEMA E74 6.5.4.1-2.....	141
Figura 112. Foto Notas de Dr. Filiatrault.....	142
Figura 113. Izq. Foto Notas de Dr. Filiatrault. Der. Foto FEMA 767.....	142
Figura 114. Tanque de Oxígeno, exterior Hospital Militar Guayaquil.....	143
Figura 115. Izq. Señalética de seguridad industrial. Der. FEMA E74 6.4.2.1-2.....	143
Figura 116. FEMA E74 (6.4.2.1-7).....	144
Figura 117. Foto FEMA E74 (6.4.2.1-6).....	144
Figura 118. Planta baja. Hospital Militar de Guayaquil.....	145
Figura 119. Izq. Conexiones de gas médico. Der. Foto FEMA E74 6.4.2.3-1.....	145

Figura 120. FEMA E74 (6.4.2.3-8).....	146
Figura 121. Foto FEMA E74 (6.4.2.3-3).....	146
Figura 122. Planta baja. Consultorio Medicina General.....	147
Figura 123. Equipos médicos. Electrocardiógrafo.....	147
Figura 124. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual	148
Figura 125. Planta baja. Área de Emergencias.....	149
Figura 126. Estantería con medicamentos.	149
Figura 127. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual	150
Figura 128. Planta baja. Equipo de rayos X.....	151
Figura 129. Izq. Equipo de rayos X. Der. Foto GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual.....	151
Figura 130. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual	152
Figura 131. Foto GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual.....	152
Figura 132. Planta baja. Área de Laboratorios.....	153
Figura 133. Equipos laboratorio	153
Figura 134. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual	154
Figura 135. Primer piso. Área de hospitalización.....	155
Figura 136. Camas hospitalización.	155
Figura 137. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual	156
Figura 138. Primer piso. Área de quirófanos	157
Figura 139. Izq. Equipos médicos en quirófano. Der. Foto GHI Swiss manual safety earthquakes manual	157
Figura 140. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual	158
Figura 141. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual	158
Figura 142. Primer piso. Área de quirófanos	159

Figura 143. Equipo de esterilización	159
Figura 144. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual	160
Figura 145. Equipo de esterilización. Foto FEMA 767	160
Figura 146. Primer piso. Área de Cuidados intensivos	161
Figura 147. Equipo médico. Monitor	161
Figura 148. GHI Swiss manual safety earthquakes manual	162
Figura 149. Primer piso. Área de hospitalización.....	163
Figura 150. Equipos médicos conectados al paciente	163
Figura 151. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual	164
Figura 152. Segundo piso. Área de Neonatología	165
Figura 153. Equipo médico. Termocunas	165
Figura 154. GHI Swiss manual safety earthquakes manual	166
Figura 155. Segundo piso. Área de Hemodiálisis	167
Figura 156. Paciente en tratamiento, y en riesgo de caída del televisor...	167
Figura 157. GHI Swiss manual safety earthquakes manual	168
Figura 158. Primer piso. Área de Odontología.....	169
Figura 159. GHI Swiss manual safety earthquakes manual	170
Figura 160. Primer piso. Área de Odontología. Equipos e implementos....	171
Figura 161. Equipo de Rayos X.	172
Figura 162. Espectro de diseño NEC.....	174
Figura 163. Detalles tanque de oxígeno	174
Figura 164. Tanque de Oxígeno	175
Figura 165. Caldero	178
Figura 166. Esquema del caldero	179

Figura 167. Generador de Emergencia.....	181
Figura 168. Centro de masa del Generador de Emergencia	181
Figura 169. Detalles de parapeto.....	184
Figura 170. Dimensiones de anclaje, Fuerza actuante, Reacciones.	186
Figura 171. Fuerzas internas actuantes en el arriostramiento por m. de muro.....	186
Figura 172. Diseño de arriostramiento de parapeto.....	192
Figura 173. Deformación de la estructura.....	195
Figura 174. Vista 3D del modelo del hospital <i>Análisis Modal</i>	204
Figura 175. Espectro de Diseño elástico según NEC-11	205
Figura 176. Derivas de piso modal	206
Figura 177. Aceleraciones modales.....	206
Figura 178. Espectro elástico según NEC-11	209
Figura 179. Derivas de piso Análisis Historia en el Tiempo	209
Figura 180. Aceleraciones Análisis Historia en el Tiempo	210
Figura 181. Aceleración espectral del 1er piso	211
Figura 182. Aceleración espectral del 2do piso	211
Figura 183. Aceleración espectral del 3er piso	211
Figura 184. Aceleración espectral del 4to piso	211
Figura 185. Derivas de piso comparación.....	212
Figura 186. Aceleraciones comparación.....	212

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de componentes y elementos no estructurales Arquitectónicos	33
Tabla 2. Lista de componentes y elementos no estructurales Mecánicos, Eléctricos y Plomería	34
Tabla 3. Lista de componentes y elementos no estructurales Mobiliario, Equipos y Contenido	35
Tabla 4. Lista de componentes y elementos no estructurales Equipo Medico	36
Tabla 5. Formato de Inspección Visual Parapeto	37
Tabla 6. Formato de Inspección Visual Parapeto	38
Tabla 7. Formato de Inspección Visual Parapeto Metálico	39
Tabla 8. Formato de Inspección Visual Ventanería	40
Tabla 9. Formato de Inspección Visual Mampostería	41
Tabla 10. Formato de Inspección Visual Cielo Raso y Gypsum	42
Tabla 11. Formato de Inspección Visual Ventanas Interiores	43
Tabla 12. Formato de Inspección Visual Mamparas de Aluminio y Vidrio ...	44
Tabla 13. Formato de Inspección Visual Mamparas	45
Tabla 14. Formato de Inspección Visual Caldero	46
Tabla 15. Formato de Inspección Visual Generador	47
Tabla 16. Formato de Inspección Visual Tanque de Combustible	48
Tabla 17. Formato de Inspección Visual Tubería.....	49
Tabla 18. Formato de Inspección Visual Transformador	50
Tabla 19. Formato de Inspección Visual Tubería.....	51
Tabla 20. Formato de Inspección Visual Equipo de Climatización.....	52

Tabla 21. Formato de Inspección Visual Equipo de Climatización.....	53
Tabla 22. Formato de Inspección Visual Ascensor	54
Tabla 23. Formato de Inspección Visual Caja de Distribución Eléctrica	55
Tabla 24. Formato de Inspección Visual Tubería de Aire	56
Tabla 25. Formato de Inspección Visual Computadoras y Accesorios	57
Tabla 26. Formato de Inspección Visual Televisores, Videos, Monitores	58
Tabla 27. Formato de Inspección Visual Estanterías de Documentos.....	59
Tabla 28. Formato de Inspección Visual Estanterías de Medicamentos.....	60
Tabla 29. Formato de Inspección Visual Tanque de Oxígeno	61
Tabla 30. Formato de Inspección Visual Tanques Médicos.....	62
Tabla 31. Formato de Inspección Visual Unidad de consulta externa	63
Tabla 32. Formato de Inspección Visual Unidad de emergencia.....	64
Tabla 33. Formato de Inspección Visual Unidad de Imagenología.....	65
Tabla 34. Formato de Inspección Visual Unidad de Laboratorio	66
Tabla 35. Formato de Inspección Visual Unidad de Hospitalización.....	67
Tabla 36. Formato de Inspección Visual Unidad de Quirófano.....	68
Tabla 37. Formato de Inspección Visual Unidad de Quirófano, áreas anexas y equipos de esterilización	69
Tabla 38. Formato de Inspección Visual Unidad de Sala de Cuidados Intensivos.....	70
Tabla 39. Formato de Inspección Visual Unidad de Sala de Recuperación.....	71
Tabla 40. Formato de Inspección Visual Unidad de Neonatología	72
Tabla 41. Formato de Inspección Visual Unidad de Hemodiálisis	73
Tabla 42. Formato de Inspección Visual Unidad de Odontología	74

Tabla 43. Formato de Inspección Visual Unidad de Odontología	75
Tabla 44. Formato de Inspección Visual Unidad de Odontología	76
Tabla 45. Apéndice D. Componentes Arquitectónicos	77
Tabla 46. Apéndice D. Componentes Mecánicos, Eléctricos y Plomería.....	81
Tabla 47. Apéndice D. Mobiliarios, Equipos y Contenido	86
Tabla 48. Apéndice D. Gases y Equipo Medico	89
Tabla 49. Apéndice E.....	91
Tabla 50. Comprobación resistencia de anclaje del tanque de oxigeno	177
Tabla 51. Comprobación resistencia de anclaje del caldero	180
Tabla 52. Comprobación resistencia de anclaje del generador.	183
Tabla 53. Propiedades del parapeto	184
Tabla 54. Comprobación de resistencia de pernos de anclaje parapeto ...	187
Tabla 55. Propiedades de sección metálica	190
Tabla 56. Resumen del cálculo de rigideces	196
Tabla 57. Propiedades de la estructura.	196
Tabla 58. Resumen Análisis sísmico modal	203
Tabla 59. Información del espectro	205
Tabla 60. Información de los registros.	207
Tabla 61. Factores de escalamiento	208
Tabla 62. Parámetros óptimos de nivel de desempeño para un hospital..	213
Tabla 63. Parámetros obtenidos de nivel de desempeño del Hospital Militar de Guayaquil	214
Tabla 64. Presupuesto	216
Tabla 65. Relación de costos.....	216

RESUMEN

En el presente proyecto se realiza la evaluación de los componentes y elementos no estructurales con la finalidad de reducir la vulnerabilidad sísmica en el Hospital Regional Militar de Guayaquil, para ello se detalla las consecuencias de los desastres naturales en Latinoamérica y el Caribe con claros ejemplos, Haití 2010 y Chile 2010, en donde los desastres tipo terremoto dejaron grandes pérdidas tanto de vidas como económicas. En el Ecuador tenemos eventos de significativos que dejaron al país gran destrucción y pérdidas como son; Esmeraldas 1906, Baeza 1987 y Bahía de Caráquez 1998. El área hospitalaria es la más afectada por este tipo de desastres, debido a la complejidad de las estructuras y a los servicios que ofrecen estas instalaciones, los daños provocados por sismos son muy extensos y han quedado demostrados con hospitales a nivel mundial, por ejemplo, en el sismo de Northridge 1994, donde el hospital de Veteranos debió ser evacuado por los daños en el sistema contra incendios. Sismo de México 1985, hubo gran destrucción incluso colapsaron edificios y hospitales. Terremoto de Chile 2010, 17 hospitales no soportaron las fuerzas sísmicas por lo que debieron ser evacuados perdiendo toda su funcionalidad. El Hospital Regional Militar de Guayaquil (II-DE "Libertad"), se encuentra en 5ta zona del mapa de zonificación sísmica, es decir tiene una alta peligrosidad sísmica, cubre la región centro-sur del país. En un hospital los costos que representan los componentes y elementos no estructurales alcanzan al 92% del costo total de la edificación por lo que es necesario reducir la vulnerabilidad en estos componentes.

PALABRAS CLAVES

- **COMPONENTES Y ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**
- **DESASTRES NATURALES**
- **PELIGRO SÍSMICO**
- **HOSPITALES**
- **TERREMOTOS**

ABSTRACT

The main emphasis of this project is to evaluate the non-structural components of the Regional Military Hospital in Guayaquil to reduce the risk of non-structural damage in case of an earthquake - such risk being the result of seismic hazard and vulnerability. The consequences of natural disasters have been demonstrated in various events, for example, Haiti 2010 and Chile 2010, which had led to many fatalities and significant economic loss to both countries. Ecuador has the significant events, Esmeraldas 1906, Baeza 1987 and Bahía de Caráquez 1998, which left great destruction and loss. Undoubtedly, one of the worst affected places in this kind of disasters are the hospitals, due to the complexity of the structures and services offered by these facilities, damage caused by earthquakes are very extensive and they have been demonstrated with hospitals around the world, for example, the veterans hospital has been evacuated for the damage in the fire sprinkler lines. The 1985 earthquake in Mexico, there was much destruction and even collapsed buildings and hospitals. In Chile 2010, 17 hospitals were completely disabled. The Regional Military Hospital in Guayaquil is located in the 5th zone of the seismic hazard map and this region has a high seismic risk, this hospital covers the central south of the country in terms of health network. The cost of non-structural components represents the 92% of the total cost of the building so it is necessary to reduce vulnerability in these elements.

KEYWORDS

- **NON-STRUCTURAL COMPONENTS**
- **NATURAL DISASTERS**
- **SEISMIC HAZARDS**
- **HOSPITALS**
- **EARTHQUAKES**

EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES Y ELEMENTOS NO
ESTRUCTURALES DEL HOSPITAL REGIONAL MILITAR DE GUAYAQUIL
(II-DE“LIBERTAD”) ANTE UN POTENCIAL PELIGRO SÍSMICO SEGÚN
FEMA E-74, FEMA 396 Y FEMA 577

Las edificaciones destinadas a la salud escasamente cuentan con protección tanto en su equipamiento y funcionalidad como en su infraestructura, ya que de acuerdo a la información de la Organización Panamericana y Mundial de la Salud, un 67 % de la infraestructura sanitaria se encuentra en áreas de riesgo ante desastres naturales, lo que ha determinado, por ejemplo que en la década pasada al menos 200 000 personas se quedaron sin servicios de salud por no contar con centros de salud operables, la pérdida de estos servicios, básicamente resta la posibilidad de salvar vidas.

Terremotos recientes como los de Chile, en febrero 2010 y de Nueva Zelanda, en septiembre 2010 han demostrado que, incluso modernos códigos han limitado los daños en elementos estructurales, pero en los componentes y elementos no estructurales los daños son más extensos y costosos. Ante esta realidad, es importante considerar la reducción de los riesgos existentes, siguiendo lineamientos ya propuestos, los cuales deben ser considerados he implementados, adaptándose a la realidad Ecuatoriana.

La Agencia Federal de Manejo de Emergencias de los Estados Unidos FEMA, mediante las guías FEMA E-74“Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide” y FEMA 396 “Risk Management Series, Incremental Seismic Rehabilitation of Hospital Buildings, Providing Protection to People and Buildings, December 2003”, propone cierta metodología a seguir con la finalidad de reducir los riesgos de daño no estructural ante terremotos, riesgo que está en función del peligro sísmico y la vulnerabilidad. Hay que considerar que se tomó como base lo establecido principalmente en los documentos FEMA E-74, pero es importante dejar

constancia que se utilizó material bibliográfico adicional, con respecto al tema propuesto.

La edificación seleccionada para el presente estudio es parte de la red sanitaria de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas; el Hospital Regional de la II División de Ejército “LIBERTAD” ubicado en la ciudad de Guayaquil, en este caso, servirá como proyecto tipo, siendo una estructura considerada esencial, la misma que cuenta con una capacidad hospitalaria de 81 camas.

En lo que concierne al tema hospitalario, es importante indicar que las consecuencias de una deficiente respuesta de los elementos y componentes no estructurales recaen en la seguridad de sus ocupantes y usuarios, en costos de reparación y en pérdida de operatividad.

Consecuencias que son inaceptables en hospitales, básicamente por:

- El rol que juega este tipo de estructuras al brindar la facilidad de operación a los profesionales de la salud en la atención integral a pacientes y usuarios afectados por terremotos.
- Existen pacientes que no pueden ser evacuados ante un desastre, como un terremoto, ya sea por incapacidades físicas o por que se encuentran con medidas de soporte vital.
- Los hospitales tienen un complejo y muy costoso sistema mecánico, eléctrico y de equipamiento, que es necesario garantizar su funcionalidad, ya que de esto depende la operatividad del hospital.

El presente estudio inicia con una breve descripción de los desastres naturales en Latinoamérica y en el país, sobre sus afectaciones en el corto, mediano y largo plazo, principalmente en el área hospitalaria; información que permite analizar lo sucedido y dejar constancia de la importancia de este tipo de evaluaciones.

Como parte del análisis técnico, se determina el peligro sísmico, base sustancial de las siguientes etapas del trabajo.

Descripción general del Hospital, en forma detallada, de sus elementos y componentes no estructurales, los mismos que han sido clasificados de acuerdo a lo que establece la guía FEMA 396 y FEMA E-74.

- Arquitectónicos
- Mecánicos, eléctricos y plomería
- Mobiliario, equipos y contenido
- Equipo y gases médicos

A posterior, se realiza un análisis complementario con un breve estudio de la ingeniería de la estructura global y de ciertos elementos esenciales determinados, para al final establecer la implementación, sus costos, las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 1

DESASTRES NATURALES

1.1. Desastres naturales en Latinoamérica y el Caribe

América Latina y el Caribe son regiones que, a lo largo de su historia han sufrido eventos devastadores, en los ámbitos: social, económico, ambiental y político, entre otros. Su vulnerabilidad se ha demostrado en los diferentes desastres naturales de origen meteorológico, sísmológico y vulcanológico. La población más pobre y las etnias minoritarias son las más frágiles y vulnerables. Los efectos de estos eventos, normalmente, son considerados de corto, mediano y largo plazo.

Los países de Latinoamérica tienen un alto riesgo a enfrentar desastres naturales provocados por huracanes, terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, flujos de lodos, inundaciones, deslizamientos, desprendimientos de tierras, etc. Lo que se ve reflejado que en los últimos años se han perdido más de 45000 vidas y afectando a más de 40 millones de personas, causando más de 20 billones de dólares en pérdidas. La región tiene un promedio de 40 eventos de desastres naturales al año. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2000)

En América Latina, podríamos citar las dos tragedias más significativas en los últimos cinco años: los terremotos de Haití, 2010 y Chile, 2010 que dejaron víctimas mortales y pérdidas económicas significativas para los dos países. Haití perdió más de 250 000 vidas y 14.000 millones de dólares, Chile con 800 víctimas y 30.000 millones de dólares aproximadamente.

La Figura 1, muestra la ocurrencia de los desastres naturales y fatalidades en Latinoamérica y el Caribe. La información fue obtenida de EM-DAT, una base de datos actualizada sobre los desastres ocurridos alrededor del mundo, la cual registra datos desde 1900 hasta la fecha actual.

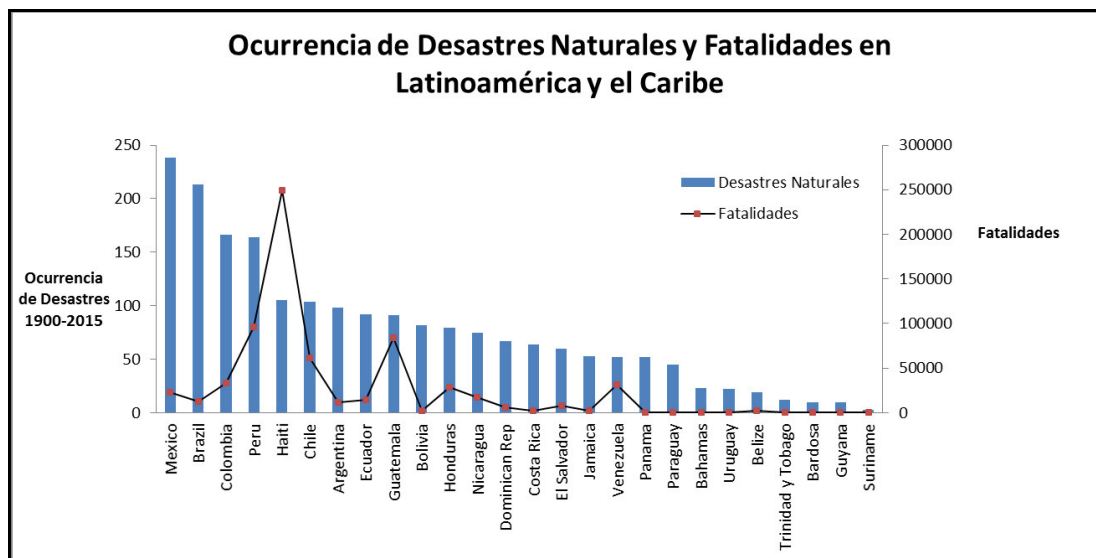


Figura 1. Ocurrencia de desastres naturales y fatalidades – Latinoamérica y el Caribe. (OFDA/CRED)

1.2. Desastres naturales en Ecuador

El Ecuador, se podría indicar primero que está ubicado entre los países más vulnerables y de riesgo del mundo, al encontrarse atravesado por el cinturón de fuego del pacífico y estar próximo a la unión de las placas de Nazca y Sud-americana (la placa de nazca se encuentra dentro de la zona de subducción bajo la placa Sudamericana, que da origen a la cordillera de los andes), además, por sus condiciones geomorfológicas y el efecto de la actividad humana, es propenso a procesos como deslizamientos, avalanchas de lodo y erosión cuando se producen episodios climáticos de intensas lluvias.

Considerando principalmente los desastres naturales por terremotos. De acuerdo al USGS, entre los 10 terremotos más fuertes en la historia del planeta están el sucedido en 1906, con una magnitud de 8.8 frente a las costas de Ecuador y, entre los más recientes sucedidos en Ecuador podemos citar el sismo del Tena de 1987 y el sismo de Bahía de Caráquez de 1998, con magnitudes de 6.9 y 7.1 en la escala Richter, respectivamente.

En el terremoto de 1987, de acuerdo a un informe desarrollado por las Naciones Unidas en 1987 (PAHO, 1997), las pérdidas de vidas humanas sobrepasaron las mil y se estima que existió, aproximadamente, 400.000

personas afectadas directamente. En lo económico se considera una pérdida superior a mil millones de dólares americanos, siendo notorio la destrucción del oleoducto transecuatoriano y parte de la infraestructura, principalmente las vías de comunicación entre las provincias orientales y el resto del país.

El terremoto de Bahía de Caráquez ocurrido el 4 de agosto de 1998, ocasionó severas consecuencias en la provincia de Manabí, principalmente en ciudades como: Bahía de Caráquez, Canoa, San Vicente.

En Bahía de Caráquez, el terremoto causó destrucción en muchas infraestructuras, llegando a colapsar un edificio. El sector más afectado fue el turístico (Aguiar, Romo, Torres, & Caiza, 1998)

1.3. Afectaciones en el Área Hospitalaria

En el área hospitalaria, sin lugar a dudas una de las áreas más afectadas en este tipo de desastres, como así lo demuestran pasados terremotos Northridge 1994, Kobe 1995, Chi 1999, Haití y Chile 2010, Bahía de Caráquez 1998, entre otros. La PAHO/WHO, en su informe “Guide for Evaluators of Safe Hospitals” 2008, indica que en los últimos 15 años, los daños en el área de salud sobrepasaron al menos de 3.2 billones de dólares (PAHO/WHO, 2008). En el terremoto de Chile del 2010, según el “PLAN DE RECONSTRUCCIÓN TERREMOTO Y MAREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010” AGOSTO DE 2010, del Gobierno de Chile, se indica que “En total, 18 servicios de Salud fueron afectados, que comprenden al 71 por ciento de la red hospitalaria del país, lo que representa un total de 133 hospitales repartidos entre las regiones de Valparaíso y La Araucanía. De estos, sólo 51 hospitales pudieron seguir operando sin mayores problemas, 17 resultaron completamente inhabilitados y 62 con serios daños, ocho de ellos de tipo estructural: Curicó, Talca, Parral, Cauquenes, Constitución, Hualañé, Phillipe Pinel, de Putaendo, y Curanilahue, de los anteriores, seis pertenecen al Servicio de Salud Maule” (Gobierno de Chile, 2010).

La Organización Panamericana de la Salud en su informe “Lecciones Aprendidas en América Latina de Mitigación de Desastres en Instalaciones

de la Salud” indica que “...los desastres naturales representan un elevado costo para los países afectados, su impacto es proporcionalmente mucho mayor en los países en desarrollo. Se estima que las pérdidas en el producto interno bruto debidas a desastres superan en 20 veces al que experimentan los países industrializados. Entre los efectos de estos fenómenos, los daños ocasionados sobre la infraestructura de salud de América Latina y el Caribe han sido particularmente severos. Aproximadamente un 50% de los 150000 hospitales existentes en la región están ubicados en zonas de alto riesgo. En los últimos 15 años un total de 93 hospitales y 538 centros de salud han sido dañados sensiblemente a consecuencia de desastres naturales, ya sea por haber colapsado o quedado en condiciones vulnerables que obligaron a su desalojo” (PAHO, 1997).

En el terremoto que afectó a la ciudad de México, fueron 13 los hospitales que salieron de funcionamiento, ya sea por colapso total o parcial de la estructura, se perdieron 4387 camas, lo que significó que una de cada cuatro camas de la Ciudad de México quede fuera de uso y 1107 personas perdieron su vida (de los cuales 100 eran médicos) en el interior de los establecimientos hospitalarios mexicanos. Las pérdidas directas del sector salud a causa del terremoto varían según la fuente consultada, desde 300 millones a 550 millones de dólares.

De igual manera la PAHO en su informe al respecto indica “La necesidad de que los establecimientos de la salud estén preparados y en capacidad para actuar en caso de situaciones de emergencia es un aspecto de especial importancia en América Latina. En el pasado el impacto de sismos, huracanes e inundaciones (fenómeno de El Niño), entre otras amenazas naturales, ha demostrado que los hospitales y los establecimientos de la salud son vulnerables a dichos eventos, razón por la cual no siempre están en capacidad para responder adecuadamente” (PAHO, 1997), además, anexa un cuadro en el que citan ejemplos de hospitales que han sufrido daños estructurales o colapsos. Figura 2.

Cuadro 1.
Algunos hospitales afectados por sismos recientes

HOSPITAL	PAÍS	SISMO
Hospital de Kern	EEUU	Kern County, 1952
Hospital Traumatológico	Chile	Chile, 1960
Hospital de Valdivia	Chile	Chile, 1960
Hospital Elmendorf	EEUU	Alaska, 1964
Hospital Santa Cruz	EEUU	San Fernando, 1971
Hospital Olive View	EEUU	San Fernando, 1971
Hospital Veterans Administ.	EEUU	San Fernando, 1971
Seguro Social	Nicaragua	Managua, 1972
Hospital Escalante Padilla	Costa Rica	San Isidro, 1983
Hospital Benito Juárez	México	México, 1985
Centro Médico	México	México, 1985
Hospital Benjamin Bloom	El Salvador	San Salvador, 1986
Hospital San Rafael	Costa Rica	Piedras Negras, 1990
Hospital Tony Facio	Costa Rica	Limon, 1991
Hospital Olive View	EEUU	Northridge, 1994
Hospital Municipal	Japón	Kobe, 1995
Hospital Antofagasta	Chile	Antofagasta, 1995
Hospital de Tena	Ecuador	Ecuador, 1995
Hospital Coquimbo	Chile	Chile, 1997
Hospital Antonio P. de Alcalá	Venezuela	Cumana, 1997
Hospital Miguel H. Alcívar	Ecuador	Bahía Caráquez, 1998

Figura 2. Algunos hospitales afectados por sismos. PAHO, 1997

Además, un aspecto determinante que señala la Organización Panamericana de la Salud, en referencia al área hospitalaria y su necesidad de operatividad es que el tratamiento de los pacientes debe continuar durante y después de la ocurrencia de una emergencia o desastre.

En el Ecuador podríamos citar como ejemplo, afectaciones muy graves en la red sanitaria, como se constató en los hospitales José María Velasco Ibarra, de la ciudad del Tena y Miguel Alcívar, de la ciudad de Bahía de Caráquez (Cuerpo de Ingenieros del Ejército), que fueron evacuados debido a la magnitud de los daños. Estos hospitales al no prestar la atención debida y de manera oportuna, forman un escenario propicio para el aumento de la morbilidad de la población, ubicada en la zona expuesta al desastre.

Las Fuerzas Armadas Ecuatorianas cuentan entre sus instalaciones, con hospitales: generales, regionales y de brigada; infraestructura que debe ser intervenida, al menos, realizando estudios de sus elementos estructurales y no estructurales ante posible riesgo sísmico, a fin de diseñar alternativas de solución, que permitan garantizar la seguridad y operatividad de las mismas, ante eventos naturales. Es prioritario que estas instalaciones, de tipo vital,

brinden una atención oportuna y adecuada a las personas víctimas de estos desastres.

Se enfoca el estudio al área de salud, como área prioritaria, debiéndose extender a otras edificaciones también importantes para la vida humana.

1.4. Peligrosidad sísmica

Según Aguiar R, 2013 en su libro Microzonificación sísmica de Quito, indica que terremotos como el de Chile 2010, tendrían consecuencias graves en el país, cuyos efectos representarían el doble o el triple en daños y pérdidas de lo obtenido en Chile, considerando como antecedente que el Ecuador registró un sismo similar de 8.8 en 1906. (Aguiar, 2013)

Ante el evidente peligro sísmico del Ecuador, las autoridades ecuatorianas realizaron una actualización del Código Ecuatoriano de la Construcción y es así que se publica la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción clasifica al Ecuador en 6 zonas según la intensidad de aceleración del sismo esperado para un periodo de retorno de 475 años. De esta norma, se toma la zonificación sísmica, en particular de la Ciudad de Guayaquil, que en este caso, determina una aceleración de 0.4 de g. La ciudad de Guayaquil, en donde se encuentra la estructura en estudio, tiene un alto riesgo sísmico. Figura 3.

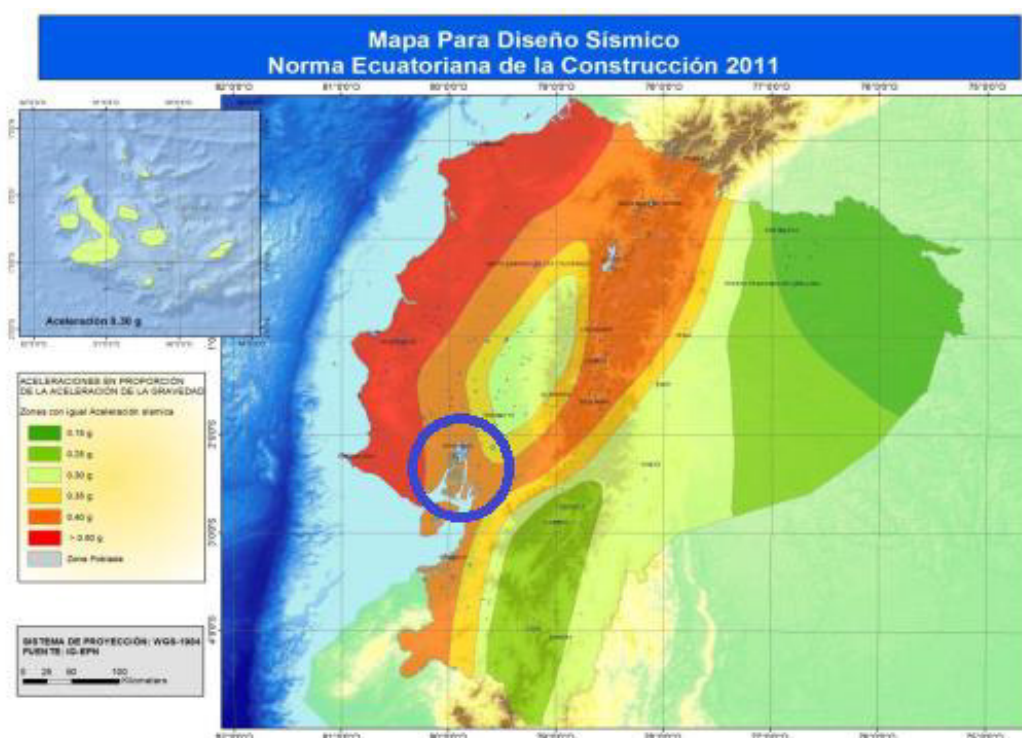


Figura 3. Zonificación sísmica del Ecuador. NEC, 2011.

El riesgo es la cuantificación de las pérdidas o/y daños de vidas, materiales y económicas que se podrían producir ante un movimiento sísmico; está en función de la vulnerabilidad (nivel de daño de la estructura al estar expuesta a fuerzas sísmicas) y el peligro sísmico (probabilidad de un desastre sísmico).

Con la finalidad de tener una correcta comprensión del riesgo en hospitales es importante comprender lo relacionado al peligro sísmico y la vulnerabilidad de la edificación. Ante esto se podría plantear las siguientes tres preguntas:

- ¿Está el hospital localizado en una zona sísmica?
- ¿Es el edificio vulnerable ante terremotos?
- ¿Qué acciones se deberían seguir para reducir el riesgo?

Considerando las consecuencias en los componentes no estructurales se podría clasificar al riesgo en tres categorías:

- Seguridad de Vida (Life Safety)
- Pérdida de la propiedad (Property Loss)

- Pérdida de Funcionalidad (Functional Loss)

Seguridad de Vida (Life Safety). En este caso se tiene que comprender y hacer ciertas interrogantes e ideas relacionadas como son:

- ¿Podría existir muerte o lesiones del personal: médicos, enfermeras; pacientes y público en general, debido a...?
- ¿Qué pasaría si existe interrupción de equipos médicos esenciales para el mantenimiento de funciones vitales?
- Proveer el funcionamiento de quirófanos, áreas de emergencia, etc.
- Servicios críticos, para pacientes que tienen que ser transferidos, evacuados, por ejemplo funcionalidad de ascensores.

En la Figura 4, se puede observar el riesgo del paciente, cuando una televisión se encuentra en una posición inadecuada y tiene el riesgo de caerse.



Figura 4. Izq. Foto Hospital Militar de Guayaquil, Unidad de Hemodiálisis. Der. Ejemplo daño (FEMA-E74, 2011).

Pérdida de la propiedad (Property Loss): Está relacionado con la reparación o la restitución de la estructura y el contenido que resultara afectado. En la Figura 5, se puede apreciar, una foto del Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez, cuyo reforzamiento según el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, representó un costo que superó el millón de dólares y un tiempo sin operar de aproximadamente 5 años.



Figura 5. Daño estructural en la propiedad del Hospital Miguel H. Alcívar- Bahía de Caráquez, Manabí. (Cuerpo de Ingenieros del Ejército, 2000)

Pérdida de Funcionalidad (Functional Safety): La continuidad de la operación depende de la integridad de todos los sistemas de un hospital, en este caso pueden ser, eléctricos y mecánicos, pero también todos los subsistemas como son las baterías y conexiones. Puede existir la fuga de líquidos, fuga de gases médicos, colapso en el sistema eléctrico, etc. Todo lo señalado y muchas otras situaciones pueden ser motivo de interrupción temporal o permanente de los servicios de salud. Como se indicó anteriormente, el Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez, perdió total funcionalidad después del terremoto (Figura 6), debido a los daños

estructurales, y también a los daños en los elementos y componentes no estructurales.



Figura 6. Carpa de atención temporal del Hospital Miguel H. Alcívar- Bahía de Caráquez, Manabí. (Hurtado, 2010)

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA DE FEMA E-74

2.1. Descripción General

En una edificación, existen los elementos estructurales y los componentes no estructurales, se puede indicar que; los elementos estructurales son aquellos que forman parte de la estructura y por ende soportan solicitaciones en los elementos, están compuestos principalmente de las siguientes partes, como consta en la Figura 7:

- Fundaciones
- Columnas
- Vigas
- Losas
- Techos
- Muros y Mampostería reforzada

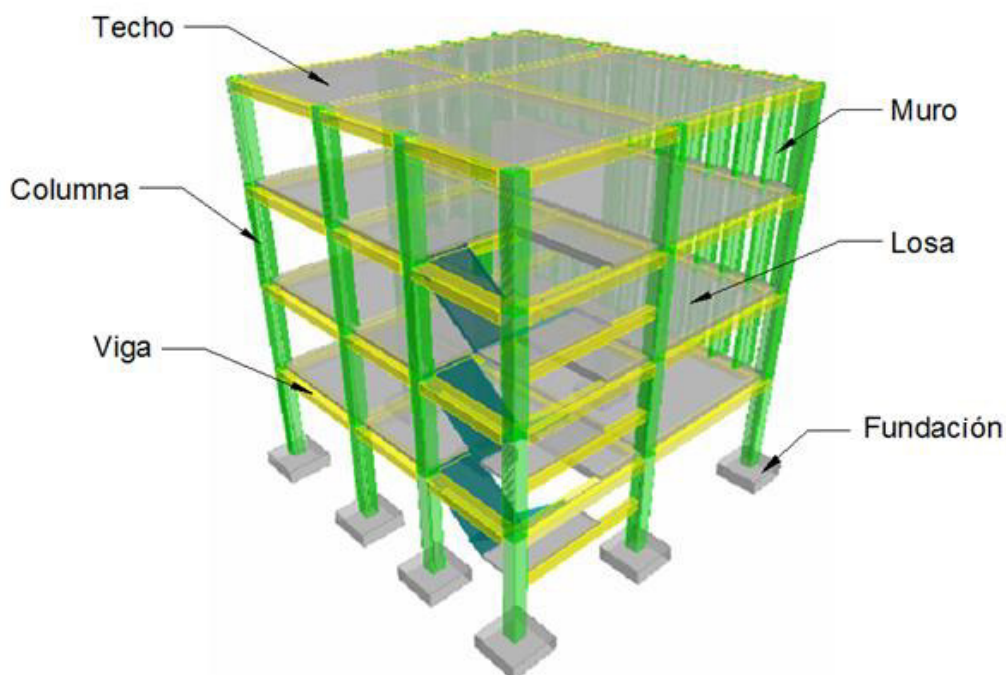


Figura 7. Descripción de los Elementos Estructurales

Los componentes y elementos no estructurales son elementos que forman parte de la estructura pero no están sujetos directamente a solicitaciones, es decir, toda parte de una edificación y todo contenido dentro de la misma con excepción de la estructura; son elementos que no han sido analizados por ingenieros civiles pero han sido especificados por arquitectos, ingenieros mecánicos, ingenieros eléctricos, diseñadores de interiores, etc., o también colocados por los propietarios o arrendatarios de las edificaciones después de su construcción. (FEMA-E74, 2011). Se puede clasificar a estos elementos en tres categorías: arquitectónicos, sistemas útiles del edificio y contenido o equipamiento del edificio; para el caso de hospitales aumenta la categoría de equipamiento médico.

Se clasifican en:

- Componentes Arquitectónicos
 - o Cielo Razo.
 - o Divisiones
 - o Luminarias
 - o Recubrimientos
 - o Antepechos
 - o Accesos y corredores
- Mecánicos, eléctricos y plomería
 - o Sistema Eléctrico
 - Generador de Emergencia
 - Baterías
 - Depósitos
 - Silenciador
 - Sistema de Combustible
 - Equipo de Control
 - Motor control
 - Conmutadores

- Transformadores
- Tableros
- Cables
- Bus duct
- UPS / battery racks
- o Sistema de Protección contra incendios
 - Bombas
 - Tuberías Verticales
 - Tubería de Distribución
 - Rociadores
 - Válvulas
 - Extinguidores
- o Sistema de Comunicaciones
 - Teléfonos
 - Ordenadores
 - Baterías
 - Radios
 - Antenas
- o Sistemas Mecánicos y Plomería
 - Calderos
 - Sistema de Enfriamiento
 - Unidades de tratamiento de aire
 - Ventiladores
 - Calentamiento de agua
 - Torres de refrigeración
 - Sistemas de conductos
 - Tubería
- Mobiliario, equipos y contenidos
 - o Computadoras
 - o Libreros

- o Gabinetes de Almacenamiento
- o Televisiones
- o Monitores
- o Carros de transporte
- Equipo Médico & Gases médicos
 - o Angio Suite
 - o CT Scan
 - o Equipo de emergencia
 - o Registro de Endoscopia
 - o Instrumental medico
 - o MRI
 - o Unidades de cirugía
 - o Radiología/ Rayos x
 - o Ultrasonido

En la Figura 8, se pueden observar ciertos componentes no estructurales.

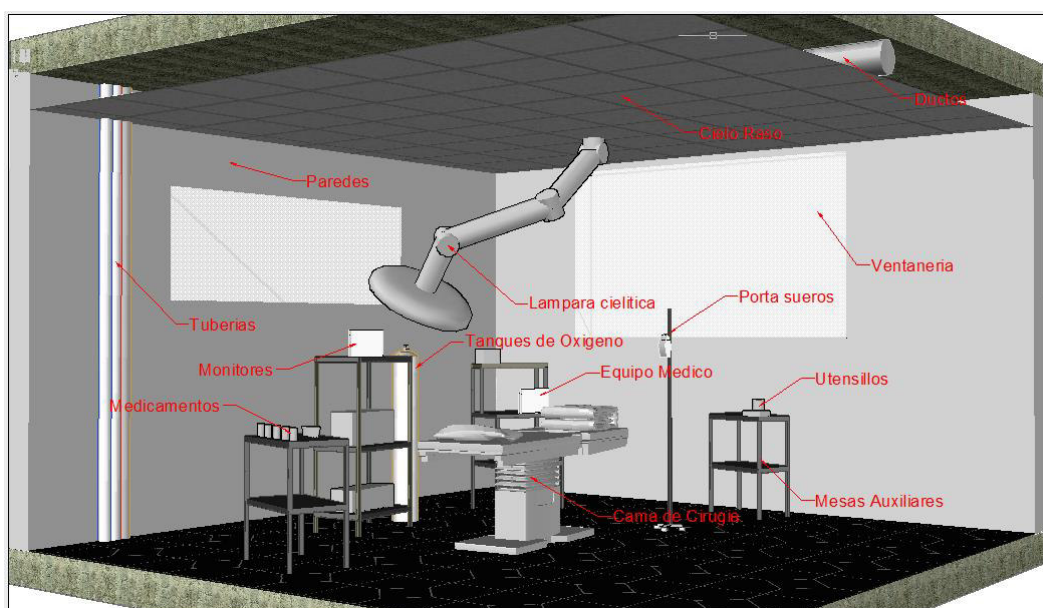


Figura 8. Descripción de elementos y componentes no estructurales.

A pesar que, modernos códigos a nivel mundial han podido disminuir los daños estructurales, como se ha demostrado en los terremotos de Chile 2010 o Nueva Zelanda 2010, donde las estructuras han tenido un buen comportamiento durante los sismos, pero, estos códigos no dan la debida importancia, a los componentes y elementos no estructurales.

Se debe reducir el daño en los componentes no estructurales ya que la mayor parte de la inversión de una edificación se encuentra en ellos, como se muestra en la Figura 9 (FEMA-E74, 2011), donde se observan los costos de diferentes tipos de construcciones y los valores porcentuales que representan lo estructural, los componentes y los elementos no estructurales.

En lo que concierne a Hospitales se puede apreciar que, el 8% del costo total de la edificación es la parte estructural, en cambio el 92% corresponde a los componentes y elementos no estructurales.

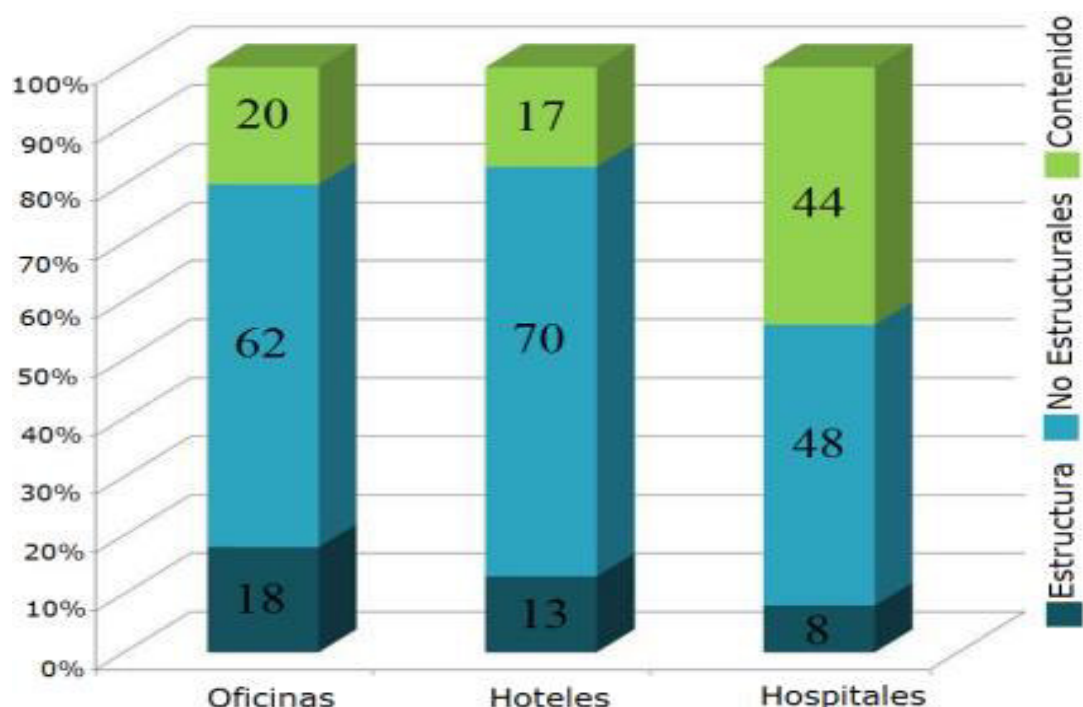


Figura 9. Valores porcentuales del costo total para diferentes edificaciones. (Miranda & Taghavi, 2003)

EL daño en los componentes y elementos no estructurales puede ocurrir en respuestas estructurales menores de las requeridas para producir un

daño estructural, por ejemplo; en la norma ecuatoriana de la construcción limita las derivas de piso en 2% (NEC, 2011), siendo que una partición de gypsum puede mostrar agrietamiento con derivas menores al 0.25%. (Fialtrault, 2014). El cielo raso así como los componentes suspendidos en losas superiores son afectados tanto por aceleraciones como por derivas, lo que provoca que las placas se separen de sus soportes, caigan afectando a equipos o a personas. Las paredes de bloque o ladrillo están principalmente afectadas por las derivas de entrepiso, estos componentes pueden sufrir agrietamientos en el plano con derivas menores a las que puede soportar la estructura. (FEMA 356, 2000)

En terremotos pasados, las pérdidas debido a los daños en los componentes no estructurales han sido mucho más costosos, además que en el momento de evacuación se han convertido en elementos inseguros, por un lado; hiriendo a las personas, obstaculizando las rutas de escape e impidiendo la evacuación de los ocupantes del edificio, como se muestra en las Figuras 10 y 11. Por otro lado han provocado pérdidas en el funcionamiento y operatividad de las estructuras.



Figura 10. IZQ. Daño de particiones, cielo raso e iluminación en el terremoto de Northridge. (FEMA-E74, 2011). DER. Daño de tubería del Hospital Miguel Alcívar en el sismo de Bahía de Caráquez de 1998. (Morales, Espín, Mier, & Vargas, 2000)



Figura 11. IZQ. Daño de pared en cuarto de hospitalización en el Hospital Félix Bulnes de Santiago en el sismo de Chile 2010. (FEMA-E74, 2011). DER. Daño de pared en el Hospital Miguel Alcívar en el sismo de Bahía de Caráquez de 1998. (Morales, Espín, Mier, & Vargas, 2000)

Por lo tanto, es necesario proteger este tipo de componentes, principalmente por que los hospitales son edificaciones cuyas estructuras deben ser capaces de soportar sollicitaciones sísmicas fuertes, que protejan la vida de las personas dentro de ellas como son; pacientes, doctores, enfermeros, enfermeras, etc. Deben ser capaces de responder a las sollicitaciones sísmicas con un mínimo de daños tanto en componentes estructurales como en no estructurales, para que garantice su funcionamiento en un evento sísmico. Este tipo de edificación debe ser la última estructura en colapsar, es decir, luego de un terremoto, los hospitales deben tener la capacidad para atender a las personas damnificadas, heridos y evitar pérdidas de vidas.

La Agencia Federal De Manejo de Emergencias (FEMA) de Estados Unidos, ha desarrollado las guías; FEMA E-74“Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practica Guide” y FEMA 396 “Risk Management Series, Incremental Seismic Rehabilitation of Hospital Buildings, Providing Protection to People and Buildings, December 2003”, con el fin de disminuir el daño en los componentes no estructurales.

El FEMA E-74 es una guía práctica, en la cual explica la fuente del daño que podría ocurrir en los componentes y elementos no estructurales, además, provee información de la metodología para reducir el riesgo asociado con el daño sísmico no estructural. Está diseñada para ser utilizada

por un público sin conocimientos de ingeniería que incluyen a los propietarios de edificios, arrendatarios, personal de mantenimiento, gerentes, jefes de empresa, y los propietarios de viviendas. También detalla un reporte de setenta y dos ejemplos completos con fotos del daño causado y la ilustración de cómo se puede proceder a mitigarlos de forma correcta. (FEMA-E74, 2011).

Es importante considerar que se seguirán los lineamientos propuestos por las guías FEMA, los cuales deben ser considerados he implementados, adaptándose a la realidad ecuatoriana.

2.2. Metodología

El FEMA E-74 es una guía desarrollada por la Agencia Federal de Manejo de Emergencias de Estados Unidos, la cual recoge información de experiencias pasadas; en este documento se ilustra daños en elementos y componentes no estructurales en base a experiencia sucedidas e información sobre los métodos efectivos para reducir el riesgo sísmico no estructural. La guía está encaminada no solo para ingenieros o personas con conocimientos en estos campos, sino también para dueños, arrendatarios, profesionales en otras áreas, etc.

Es así que propone lineamientos para el reconocimiento de los elementos y componentes no estructurales, describe lo forma para el inventario, la lista de control y el grado de riesgo que se incluyen en la guía.

Para el análisis de los componentes hay que hacerse unas preguntas:

- ¿Qué tipo de componentes se encuentran en la edificación?
- ¿Estos componentes se encuentra debidamente arriestrados o anclados?
- ¿Cómo sería el comportamiento de este componente en un terremoto? Y ¿Cuáles serían las consecuencias de la falla de este componente debido a la seguridad de vida, a la perdida de propiedad y a la pérdida de funcionalidad?

La metodología del FEMA E-74 se resume en el siguiente Flujograma (Figura 12), el cual tiene la intención de ilustrar los pasos a seguir de acuerdo a esta guía.

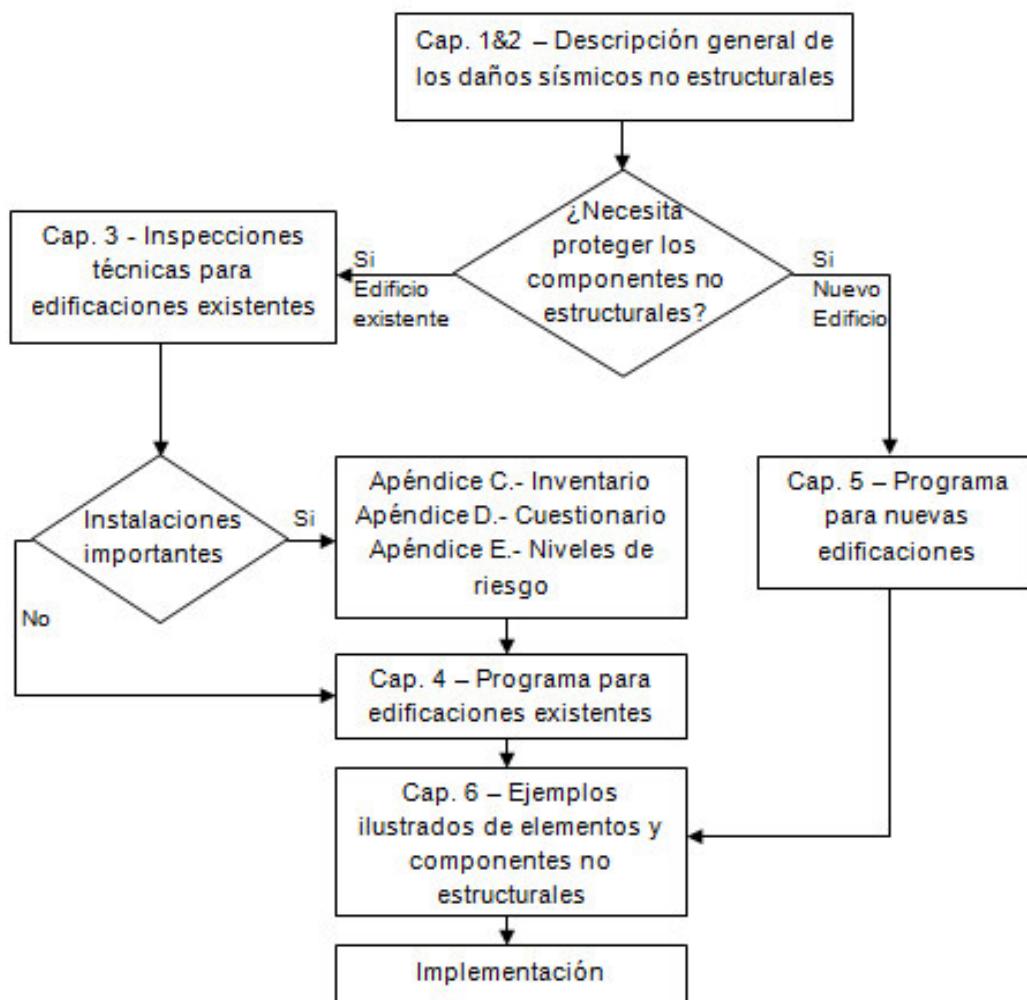


Figura 12. Diagrama de Flujo. (FEMA-E74, 2011)

Cabe mencionar que el trabajo se lo puede realizar mediante el uso de los formularios y listas de comprobación en los Apéndices C, D y E como indica en el flujograma.

El apéndice C, es el Formulario de Inventario, que se muestra en la Figura 13. Se utiliza para registrar los componentes y las observaciones de campo. Este formulario debe ser llenado para identificar las instalaciones de los componentes. Además, proporciona un lugar para registrar las observaciones de campo hechas a las instalaciones y revisar las preguntas

de la lista de verificación en el Apéndice D. Cuando un elemento de la lista no cumple, debe introducirse en una línea en forma de inventario. El formulario también contiene un espacio para agregar calificaciones de riesgo del Apéndice E de acuerdo con la intensidad sísmica que afecta a la instalación; esto se podría hacer durante el estudio de campo o se podría agregar a la forma posteriormente. El espacio previsto para las notas puede ser usado para identificar el tipo de problema observado, por ejemplo, "sin anclaje" o "tornillos de tamaño insuficiente." (FEMA-E74, 2011)

Apéndice D, Lista de control no estructural, que se muestra en la Figura 14, es una lista de verificación con preguntas diseñadas para ayudar a identificar los elementos no estructurales vulnerables y los riesgos potenciales asociados con cada elemento. La lista de verificación se debe realizar durante el estudio de campo para ayudar a identificar los elementos vulnerables. Las preguntas de la lista de verificación están expresados en una forma tal que un "Noncompliance (NC)" de respuesta es indicativo de un problema potencial. Cada componente no estructural con un problema potencial debe aparecer en una línea en el formulario de inventario no estructural del Apéndice C muestra la ubicación y la cantidad del artículo con las observaciones pertinentes. (FEMA-E74, 2011)

Apéndice E, Calificaciones de Riesgo Sísmico, como se muestra en la Figura 15, resume las calificaciones estimadas de riesgo sísmico declarados como Baja, Media y Alta para muchos componentes comunes en función de su exposición en los niveles bajos, moderados o altos de intensidad sísmica (Shaking Intensity) según el mapa de intensidad. Las calificaciones de riesgo se basan en el riesgo para seguridad de la vida, la pérdida de la propiedad y la pérdida funcional de los elementos no anclados o sin refuerzo situados en o cerca de la base de un edificio de poca altura, de ocupación ordinaria. (FEMA-E74, 2011)

PRIORITIZED INVENTORY										Rank by LS	Rank by PL	Rank by LF	Rank by Highest Rank
ID	Description	Location	Quantity	Units	LS	PL	LF	Detail Type	Notes				
						"H", "M", or "L"		NE, PR, ER					
1	Bookcase in the south east corner	Room 13	2	each	H	M	M	NE	The two wooden bookcases are unanchored and could tip over during an earthquake blocking egress. Relocate the bookcases away from the doorway or anchor them to the supporting floor or adjacent wall.				
6	Computer monitor	04-N3	1	each	H	H	L	NE	Equipment stored less than four feet above the floor, like this computer monitor, is not a significant life safety hazard. However consideration should be made to securing these types of equipment to the desk top or adjacent wall.				
82	Bookcase	02-12 South Elevation	3	each	H	M	M	NE	Tall shelving or bookcases that have width to height ratios greater than four should be attached to the supporting floor or adjacent wall.				
182	Unreinforced Masonry parapet	Elevation	50	LF	H	H	L	ER					
13	File cabinets	04-W4	3	each	M	M	M	NE	These flat files are three individual units stacked on top of each other. Without lateral restraints, they can easily slide off each other.				
16	Hot water heater	04-W7	1	each	M	H	L	PR	Gas hot water heaters should be anchored to the floor or adjacent wall to prevent tipping and damage to water and gas lines.				
65	Vending machine	02-15	1	each	M	M	L	NE					
83	Suspended ceiling	02-12	150	SF	M	M	M	PR	The suspended ceiling tiles are supported vertically to the roof structure. There are no lateral tie wires to compensate for lateral loads due to seismicity.				
85	Natural gas supply line	02 North Elevation	200	each	M	M	M	ER	Each gas line that enters the building should have an automatic shutoff valve to prevent escaping gas from feeding a potential fire.				
138	Credenza	04-N4	1	each	M	M	L	NE	The credenza should be anchored to the desk top or adjacent wall to prevent a potential falling hazard.				
63	Computer cabinet	02-14a	1	each	L	H	M	NE	Computer hub should be anchored to the floor or adjacent wall to limit potential damage.				
86	Communication hub	04-W8	1	each	L	L	L	NE	The communication equipment should be stored inside of protective cabinets to prevent potential damage from falling debris.				
178	Desktop computer with monitor	04-E110	2	each	L	M	L	NE	Computers could be placed on the floor to limit potential damage to stored data or the computer's electrical components. The monitor should also be anchored to the desk.				

Figura 13. Apéndice C, Formulario de inventario. (FEMA-E74, 2011)

6.3 Architectural Components							
Item No.	Component Name	Principal Concerns	Example	C	NC	NA	Checklist Questions (Yes=Compliance; No or Unknown=Noncompliance; NA=Not Applicable)
6.3.1	Exterior Wall Components						<i>[Exterior falling hazards are a primary concern, especially items situated above 10 feet and items that may fall over exits, walkways, or sidewalks.]</i>
	Adhered veneer	Falling hazard	6.3.1.1				Is the adhered veneer adequately attached to the structure? [This includes relatively thin sections of tile, masonry, stone, terra cotta, ceramic tile, glass mosaic units, stucco, or similar materials attached to a structural wall or framework by means of an adhesive].
						Based on visual observations and/or tapping, is the veneer free of cracked or loose sections that may fall during an earthquake?	
	Anchored veneer	Falling hazard	6.3.1.2				Is the anchored veneer adequately attached to the structure? [This includes thicker masonry, stone, or stone slab units that are attached to the structure by mechanical anchors].
						Is the masonry or other veneer supported by shelf angles or other elements at each floor?	
						Is the masonry or other veneer connected to a structural back-up wall at adequate spacing?	
						Has the veneer been adequately maintained? Are the anchors in good condition, free of significant corrosion, and inspected regularly?	
	Prefabricated panels	Falling hazard, damage to panels and connections, broken glass	6.3.1.3				Were the panels and connections designed by an architect or engineer to accommodate the expected seismic distortion of the surrounding structure?
						Are prefabricated cladding panels detailed to allow relative movement between the panel and the structure?	

Figura 14. Apéndice D, Lista de preguntas para control de Componentes no estructurales. (FEMA-E74, 2011)

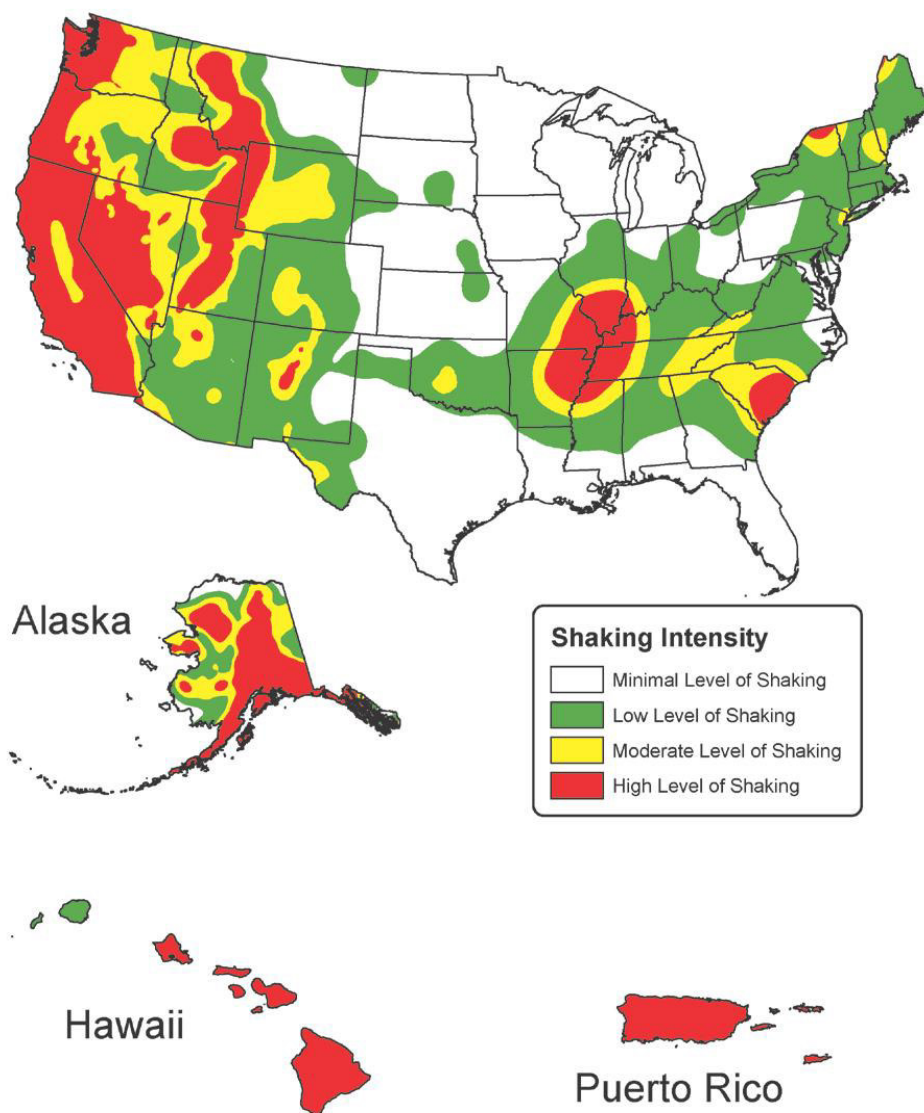
6.3	Architectural Components					
Example No.	Example Name	Shaking Intensity	Life Safety (LS)	Property Loss (PL)	Functional Loss (FL)	Type of Detail
6.3.1	Exterior Wall Components					
6.3.1.1	Adhered veneer	Low	M	M	L	ER
		Mod	H	H	L	
		High	H	H	L	
6.3.1.2	Anchored veneer	Low	M	M	L	ER
		Mod	H	H	L	
		High	H	H	L	
6.3.1.3	Prefabricated panels	Low	M	M	L	ER
		Mod	H	H	L	
		High	H	H	L	

Figura 15. Apéndice E, Ejemplo de niveles de riesgo. (FEMA-E74, 2011)

La estimación de la intensidad sísmica (Shaking Intensity), puede ser un problema, requiriendo varios factores a tomarse en cuenta. Para propósitos de la guía, la intensidad sísmica estará basada en la zonificación sísmica. Para una localización en particular, los niveles de intensidad sísmica pueden ser usados los del mapa de la Figura 16, donde muestra las áreas que podrían sufrir intensidades de probables eventos sísmicos máximos considerados. (FEMA-E74, 2011).

La estimación de la calificación de riesgo sísmico de los componentes no estructurales, está basada en los registros de daño no estructural de anteriores terremotos. Las aproximaciones que se toman en la guía son para tener facilidad y realizar una primera evaluación. El riesgo sísmico para seguridad de vida, pérdida de propiedad, y pérdida de funcionalidad se los ha simplificado en niveles Alto, Medio y Bajo, dependiendo de la intensidad sísmica de la zona, los cuales se encuentra en el Apéndice E de la Guía FEMA E-74.

Una vez que se tiene completado el estudio de campo, con los respectivos formularios e identificados los componentes más vulnerables. Se continua con la identificación del riesgo sísmico de la estructura, determinando; la intensidad de movimiento sísmico esperado en el sitio de la edificación y la calificación de riesgo sísmico, para un determinado nivel de movimiento, de un elemento no estructural dada en términos de seguridad de vida, la pérdida de la propiedad y pérdida de funcionalidad.



The above figure was prepared by Ken Rukstales of the USGS and is based on the Figure R301.2(2) that was developed by the USGS for the 2006 International Residential Code where the Minimal Level = SDC A, Low Level = SDC B, Moderate Level = SDC C and the High Level = SDC D. Figure R301.2(2) was based on the MCE Design Value Maps prepared by the USGS for the 2003 NEHRP Recommended Provisions and presumes that the site soil classification is Site Class D and structure has Normal Occupancy (II).

Figura 16. Mapa de probables intensidades sísmicas en Estados Unidos. (FEMA-E74, 2011)

Al igual que en el Ecuador, Estados Unidos está definido por zonas de intensidades sísmicas como se muestra en el mapa de la Figura 16, el cual tiene 4 zonas de intensidad de movimiento esperada, desde color rojo el nivel más alto de vibración, hasta el blanco el nivel más bajo de vibración. Relacionando con el mapa del Ecuador de la Figura 3, tenemos 6 zonas de intensidad de movimiento esperada, desde el color rojo, la zona de más alta intensidad y de color verde la más baja intensidad.

La priorización sirve para identificar los elementos más vulnerables en los cuales se puede producir más daño y cuyo fallo es más probable que tenga consecuencias graves. Todos los componentes se podrían asignar una alta, media o baja prioridad, o de cada elemento o tipo de elemento podría ser clasificado en orden de mayor a menor. La asignación de prioridades puede variar ampliamente para diferentes tipos de instalaciones, pero esta guía se limita a establecer algunas pautas que pueden ser utilizados para establecer un sistema de clasificación.

Al asignar niveles de priorización a los componentes más vulnerables al daño sísmico, tomando en cuenta las limitaciones presupuestarias, consideraciones de riesgo (seguridad de vida, pérdida de la propiedad y pérdida de funcionamiento), disponibilidad de espacio o para obtener el mejor costo vs el beneficio.

La implementación debe ser coherente con el alcance y los objetivos del proyecto. Algunas soluciones de diseño pueden aplicarse sin consideración del código de construcción y sin experiencia en ingeniería. Otras soluciones de diseño se basan en los códigos y estándares de construcción, que contienen todos los elementos de los métodos de diseño.

En el caso de la guía se definen tres tipos de categorías:

- No necesita ingeniería (Non-Engineered) (NE), Son detalles simples, o medidas de sentido común que pueden ser implementadas por un personal sin nada de experiencia, utilizando herramienta menor y elementos estándar de cualquier ferretería.
- Prescriptivo (prescriptive) (PR), Son detalles de diseño prescriptivos y son de dominio público, han sido diseñados para cumplir o exceder los requisitos del código para un conjunto de condiciones comunes y se puede utilizar directamente en muchas situaciones.
- Necesita ingeniería (Engineering required) (ER), Son los detalles de anclaje para los componentes no estructurales que necesitan ser diseñados por un profesional.

Una vez definidas las soluciones de la implementación, hay unas diferentes formas para hacerlo. La implementación de las medidas de protección se puede hacer inmediatamente, en fases, como parte del mantenimiento de rutina o remodelación programada. (FEMA-E74, 2011)

CAPÍTULO 3

HOSPITAL MILITAR II-DE “LIBERTAD” DE GUAYAQUIL

3.1. Ubicación

Hospital General II-DE “LIBERTAD” se encuentra ubicado en la Provincia del Guayas, en la zona urbana Centro-norte de la ciudad de Santiago de Guayaquil, en la Avenida Pedro José Menéndez Gilbert (Frente a la Puerta # 13 del Cementerio General) y Avenida de la Democracia.

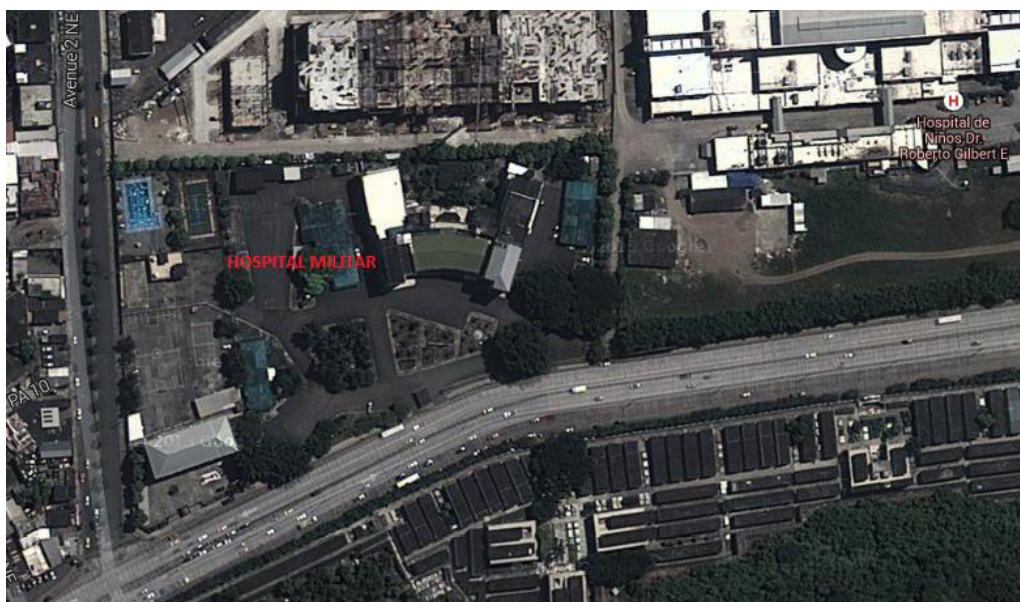


Figura 17. Ubicación del Hospital General II-DE “Libertad” (Google MAP)

3.2. Descripción general del Hospital

Fue construido en el año 1958, es un hospital de segundo nivel de atención por ser especializado en la atención general de varias especialidades, además, cubre la región centro-sur del país en lo referente a la red sanitaria. Los servicios que ofrece son la atención en Consulta Externa, los servicios de apoyo en Laboratorio, Imagenología, Odontología, Rehabilitación así como servicios clínicos y servicios quirúrgicos con la capacidad hospitalaria de 81 camas. La capacitación al personal en

emergencias es aceptable, cuenta con planes de emergencia y tienen autonomía en agua potable y energía eléctrica.

En el año 2012 se atendieron 236,658 consultas y con un 101.8% de ocupación de camas, según el informe de Plan Médico Funcional Hospital General de la Segunda División de Ejército “LIBERTAD”

La principal causa para el deterioro del hospital se debe al clima de la región, por ser cálido- húmedo, consta con 2 estaciones (Invierno y Verano), por la temperatura y humedad ambiental elevada genera un deterioro más acelerado en la parte arquitectónica de la edificación, también con los equipos especialmente los sistemas de climatización (aire acondicionado, ventiladores).

3.3. Descripción arquitectónica



Figura 18. Hospital General de la Segunda División de Ejército “LIBERTAD”

El hospital está constituido por tres bloques independientes en forma de H, los bloques laterales son de cuatro plantas y el bloque intermedio de tres, cuya altura de entrepiso es de 4.00 m. cuenta con 2 ascensores uno a cada extremo del bloque intermedio.

La distribución espacial de los servicios es:

Planta Baja: Consulta Externa

- Medicina Interna
- Oftalmología
- Gastroenterología
- Nefrología
- Otorrinolaringología
- Dermatología
- Urología
- Estadística
- Anestesiología
- Farmacia
- Emergencia
- Consultorios de traumatología, medicina interna, neurología, dermatología, nutrición, consulta clínica, urología, oftalmología, cirugía general, otorrinolaringología, neurociencias y pediatría.

Primer Piso

- Hospitalización
- Quirófano
- Sala de Recuperación
- Unidad de Cuidados Intensivos.
- Enfermería
- Consultorios de urología, cardiología, cirugía, psicología clínica y psiquiatría

Segundo Piso

- Hospitalización
- Ginecología
- Dormitorio Oficiales
- Área Administrativa

- Unidad de Diálisis

Tercer Piso

- Comunicaciones
- Auditórium
- Aula de Clases
- Casino de Oficiales
- Casino de Voluntarios
- Capilla
- Biblioteca

3.4. Descripción estructural

Los dos bloques laterales están constituidos por una estructura de hormigón y el bloque intermedio es una estructura mixta de hormigón en las dos primeras plantas y en la segunda planta alta de acero donde funciona actualmente el área administrativa. La cimentación de la edificación es de tipo superficial con pilotes y sin sótano, el sistema de soporte de la estructura es a través de vigas y columnas de hormigón armado con losas alivianadas nervadas. Las juntas entre bloques internamente han sido cubiertas por recubrimientos, lo que ocasionará, en caso de un sismo, la rotura o fisuramiento. La zona de los ascensores está formada por muros.

3.5. Descripción de los elementos y componentes no estructurales

Los componentes no estructurales, como se detalló en el capítulo anterior, son elementos que forman parte de la estructura pero no están sujetos directamente a solicitaciones sísmicas. En el hospital se encuentran elementos como: parapetos, ventanería exterior, Parapetos metálicos, Gypsum y cielo raso, Ventanería interior, Mamparas, Caldera, Generador de emergencia, Tuberías, Transformadores, Protecciones, Ventiladores, Aire acondicionado, Tubería de aire Particiones y equipamiento, de forma

general; para la clasificación de los componentes se toman los más representativos de cada piso.

3.6. Descripción de su equipamiento

Dado que es un Hospital especializado de segundo nivel de atención, cuenta con varios servicios anteriormente descritos, el equipo médico es indispensable para la atención de los pacientes: camillas, cama de ginecología, copos copio, Scanner rayos x, impresora rayos x, Rayos x, camas, cama de cirugía, equipo de ventilación mecánica, lámpara de quirófano, electrocardiograma, mesas de material quirúrgico, termo cunas, incubadoras, tallmetro, etc. Cuenta con equipamiento mecánico médico como son: bomba de vacío, tanque de oxígeno líquido (se encuentran en la parte exterior del hospital). Además tiene equipos de ventilación y aire acondicionado, para la climatización del hospital.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES Y ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES DEL HOSPITAL MILITAR CON LA METODOLOGÍA DE FEMA E-74

La guía FEMA E74 propone lineamientos y la metodología para la evaluación y posterior implementación de las recomendaciones que se pueden dar a los componentes no estructurales de una edificación. Esta metodología es realizada a través de las experiencias de anteriores terremotos, desarrollando así la guía aplicable principalmente para los Estados Unidos, pero puede ser utilizada y adaptada para los demás países.

La evaluación de los componentes y elementos no estructurales del Hospital Militar de Guayaquil sigue esta metodología del FEMA E-74, la cual se adapta a la realidad ecuatoriana y se modifican algunos formatos para tener mayor facilidad en el trabajo.

Dado la ubicación del hospital en la ciudad de Guayaquil, se realizaron tres visitas para la realización del trabajo de campo, la primera y segunda fueron para reconocer el hospital y sus instalaciones, tomar las respectivas fotos y observaciones de los componentes no estructurales. El hospital estaba en proceso de remodelación, con lo que el jefe del área de mantenimiento nos facilitó los planos (As-Built) arquitectónicos del hospital (el hospital no contaba con los planos estructurales ni con memorias de cálculo). La tercera visita fue para obtener datos como medidas, cuantificación de componentes, equipos, etc., datos importantes para la realización de la implementación y presupuesto que se verán en los posteriores capítulos.

Como se detalló en el capítulo 2, la metodología se basa en llenar los Apéndices C, D y E, con los respectivos datos de campo que se puedan obtener, es así que, con las fotografías de los componentes no estructurales

del hospital y las observaciones de las posibles vulnerabilidades de cada uno de estos, se pudo llenar los distintos formularios,

El Apéndice C, que es el formulario de inventario se lo modifiqué en dos formatos; el primero es un inventario simplificado de todos los componentes existentes y el segundo es un formato de inspección visual, en el cual se colocan las fotografías de cada componente y los datos como ubicación, orden de inventario, número de ejemplo existente en la Guía FEMA E-74, descripción y observaciones de riesgo.

Lista de componentes y elementos no estructurales evaluados (NS Component assessed List Format)

Tabla 1.

Lista de componentes y elementos no estructurales Arquitectónicos

HOSPITAL REGIONAL MILITAR DE GUAYAQUIL (II-DE "LIBERTAD")	
Evaluación elementos no estructurales	
Componente ID	Nombre del Componente
1	Componentes Arquitectónicos
1.1	Exterior
1.1.1	Entrada Principal
1.1.2	Parapeto
1.1.3	Parapeto
1.1.4	Parapeto Metálico
1.1.5	Parapeto Metálico
1.1.6	Ventanería.
1.1.7	Paredes de Mampostería.
1.2	Primer Piso
1.2.1	Paredes de Mampostería similar 1.1.7
1.2.2	Cielo raso con Gypsum
1.2.3	Ventanas
1.3	Segundo Piso
1.3.1	Paredes de Mampostería similar 1.1.7
1.3.2	Cielo raso con Gypsum similar 1.2.2
1.3.3	Ventanas similar 1.2.3
1.3.4	Mampara
1.4	Tercer Piso
1.4.1	Paredes de Mampostería similar 1.1.7
1.4.2	Cielo raso con Gypsum similar 1.2.2
1.4.3	Ventanas similar 1.2.3
1.4.4	Particiones
1.5	Cuarto Piso
1.5.1	Paredes de Mampostería similar 1.1.7
1.5.2	Cielo raso con Gypsum similar 1.2.2
1.5.3	Ventanas similar 1.2.3

Tabla 2.
Lista de componentes y elementos no estructurales Mecánicos, Eléctricos y Plomería

HOSPITAL REGIONAL MILITAR DE GUAYAQUIL (II-DE "LIBERTAD")	
Evaluación elementos no estructurales	
Componente ID	Nombre del Componente
2	Mecánicos, eléctricos y plomería
2.1	Exterior
2.1.1	Caldero (h:1.75, L:2.62, diametro:1.20 m)
2.1.2	Caldero (h:1.45, L:2.20, diametro:1.20 m)
2.1.3	Generador ((h:1.20, L:2.00, b:0.85 m)
2.1.4	Tanque de diésel (h: 2.20, L: 4.00, diámetro: 1.92 m)
2.1.5	Tuberías
2.2	Primer Piso
2.2.1	Transformadores
2.2.2	Tubería
2.2.3	Equipo de climatización suspendido
2.2.4	Equipo de climatización en piso
2.2.5	Ascensor
2.3	Segundo Piso
2.3.1	Tuberías similar 2.2.2
2.3.2	Equipo de climatización similar 2.2.3
2.3.3	Equipo de climatización similar 2.2.4
2.3.4	Ascensor similar 2.2.5
2.3.5	Caja de distribución eléctrica
2.4	Tercer Piso
2.4.1	Tuberías similar 2.2.2
2.4.2	Equipo de climatización similar 2.2.3
2.4.3	Equipo de climatización similar 2.2.4
2.4.4	Ascensor similar 2.2.5
2.4.5	Tubería de aire
2.5	Cuarto Piso
2.5.1	Equipo de climatización similar 2.2.3
2.5.2	Equipo de climatización similar 2.2.4

Tabla 3.
Lista de componentes y elementos no estructurales Mobiliario, Equipos y Contenido

HOSPITAL REGIONAL MILITAR DE GUAYAQUIL (II-DE "LIBERTAD")	
Evaluación elementos no estructurales	
Componente ID	Nombre del Componente
3	Mobiliario, equipos y contenido
3.1	Todas las plantas
3.1.1	Escritorios
3.1.2	Computador y accesorios
3.1.3	Televisión
3.1.4	Estanterías para almacenamiento de documentos

Tabla 4.
Lista de componentes y elementos no estructurales Equipo Medico

HOSPITAL REGIONAL MILITAR DE GUAYAQUIL (II-DE "LIBERTAD")	
Evaluación elementos no estructurales	
Componente ID	Nombre del Componente
4	Equipo y gases médicos
4.1	Exterior
4.1.1	Tanque de Oxigeno Liquido
4.1.2	Tanques de gas medico
4.1.3	Farmacia: Estanterías
4.1.4	Unidad de Consulta Externa
4.1.5	Unidad de Emergencias
4.1.6	Unidad de Rayos X
4.1.7	Unidad de Laboratorios
4.2	Primer Piso
4.2.1	Unidad de Hospitalización
4.2.2	Unidad de Quirófanos
4.2.3	Unidad de Quirófanos áreas anexas
4.2.4	Unidad de Quirófanos áreas anexas equipos de esterilización
4.2.5	Unidad de Quirófanos áreas anexas almacenamiento de material para cirugías
4.2.6	Unidad de Sala de Cuidados Intensivos
4.2.7	Unidad de Sala de Cuidados Intensivos, estanterías metálicas y de aluminio y vidrio
4.2.8	Unidad de Sala de Cuidados Intensivos, monitor
4.2.9	Unidad de Sala de Recuperación
4.3	Segundo Piso
4.3.1	Unidad de Neonatología
4.3.2	Unidad de Hospitalización similar a 4.2.1
4.3.3	Unidad de Hemodiálisis
4.3.4	Unidad de Hemodiálisis, Televisión
4.3.5	Unidad de Odontología, sillón dental y lámpara dental
4.3.6	Unidad de Odontología, Estanterías con medicinas
4.3.7	Unidad de Odontología, Equipo de rayos X

Formato de Inspección Visual

Tabla 5.

Formato de Inspección Visual Parapeto

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.3.5.1
1.1	Exterior	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente	Unreinforced masonry parapet	
1.1.2	Parapeto	Forma Adicional	N

			
Vista Frontal			
			
Vista lateral Izquierda		Vista lateral Derecha	
Descripción	Ubicación: Sobre el cuarto piso (casino de oficiales), Dimensiones: 2.17 X 0.15 m		
Riesgo-Observación	Típicamente parapetos fallan fuera del plano y caen ante la acción sísmica.		

Tabla 6.
Formato de Inspección Visual Parapeto

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.3.5.1
1.1	Exterior	Nombre del ejemplo: Unreinforced masonry parapets	
ID Componente	Nombre del Componente		
1.1.3	Parapeto	Forma Adicional	N
			
Vista General			
			
Parapeto perimetral		Parapeto perimetral	
Descripción	Ubicación: Sobre el cuarto piso (casino de oficiales), Dimensiones: 1.00 X 0.15 m		
Riesgo-Observación	Típicamente parapetos fallan fuera del plano y caen ante la acción sísmica.		

Tabla 7.
Formato de Inspección Visual Parapeto Metálico

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.3.1.3
1.1	Exterior	Nombre del ejemplo: Prefabricated panels	
ID Componente	Nombre del Componente		
1.1.4	Parapeto Metálico	Forma Adicional	N
			
Vista de parapeto sobre bodega			
			
Conexión		Vista inferior de conexiones	
Descripción	Ubicación: Sobre el cuarto piso (bodega)		
Riesgo-Observación	Típicamente parapetos metálicos fallan ante la acción sísmica cuando las conexiones pueden estar dañadas o corroídas.		

Tabla 8.
Formato de Inspección Visual Ventanería

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.3.1.4
1.1	Exterior	Nombre del ejemplo: Glazed exterior wall system	
ID Componente	Nombre del Componente		
1.1.6	Ventanería	Forma Adicional	N
			
Vista Frontal			
			
Vista de Bloque lateral izquierdo		Vista fachada izquierda	
Descripción	Vidrio común, las dimensiones varían de acuerdo a la distribución arquitectónicas.		
Riesgo-Observación	Estos elementos están sujetos a fallas fuera del plano. El vidrio es particularmente vulnerable en estructuras flexibles con valores altos de deriva, pueden caer grandes y pequeños pedazos de vidrio.		

Tabla 9.
Formato de Inspección Visual Mampostería

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.3.2.1
1.1	Todas las áreas	Nombre del ejemplo: Heavy (CMU, brick, hollow clay tile)	
ID Componente	Nombre del Componente		
1.1.7	Mampostería	Forma Adicional	N
			
Vista en quirófano			
			
Detalle de la mampostería en la junta.		Detalle de mampostería en hospitalización	
Descripción	Existen divisiones de mampostería en todo el hospital bajo consideraciones arquitectónicas.		
Riesgo-Observación	La mampostería es sensible tanto a aceleraciones como a desplazamientos, fallando principalmente fuera del plano cuando no poseen correctos detalles constructivos.		

Tabla 10.
Formato de Inspección Visual Cielo Raso y Gypsum

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.3.4.1
1.2	Todas las áreas	Nombre del ejemplo: Suspended acoustic lay-in tile ceiling	
ID Componente	Nombre del Componente		
1.2.2	Cielo raso con gypsum	Forma Adicional	N
			
Vista en área de recaudación			
			
Detalle de cielo raso corredor		Detalle de cielo raso dormitorio	
Descripción	Localización: En la planta baja, primer, segundo y tercer piso. Dimensiones: Diferentes.		
Riesgo-Observación	La falla en el cielo raso puede resultar que el hospital deba ser evacuado y pierda funcionalidad hasta que no se repare.		

Tabla 11.
Formato de Inspección Visual Ventanas Interiores

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.3.2.3
1.2	Planta Baja y otras áreas	Nombre del ejemplo: Glazed	
ID Componente	Nombre del Componente		
1.2.3	Ventanas interiores, de aluminio y vidrio	Forma Adicional	N
			
Ventanas de recaudación			
			
Ventanería estación de enfermería		Ventanas de tarjeta	
Descripción	Mamparas en áreas como estación de enfermeras, corredores y otros.		
Riesgo-Observación	Mamparas pueden ser dañadas como resultado de cargas en y fuera del plano, a menos que tengas detalles adecuados de ensamblaje. Puede existir riesgo si fallan en áreas como corredores, o cuando necesiten ser evacuados utilizando estas áreas. Son vulnerables cuando no existe el suficiente espaciamiento y aislamiento para acomodarse a los desplazamientos que se produzcan.		

Tabla 12.
Formato de Inspección Visual Mamparas de Aluminio y Vidrio


ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.3.2.3
1.3	Todas las áreas.	Nombre del ejemplo: Glazed	
ID Componente	Nombre del Componente		
1.3.4	Mamparas aluminio y vidrio	Forma Adicional	N
			
Mampara en corredor			
			
Mamparas en consultorios segundo piso		Mampara en estación de enfermería.	
Descripción	Mamparas en áreas como consultorios, estación de enfermeras, corredores y otros.		
Riesgo-Observación	Mamparas pueden ser dañadas como resultado de cargas en y fuera del plano a menos que tengan detalles adecuados de ensamblaje. Puede existir riesgo si fallan en áreas como corredores, o cuando necesiten ser evacuados utilizando estas áreas. Son vulnerables cuando no existe el suficiente espaciamiento y aislamiento para acomodarse a los desplazamientos que se produzcan.		

Tabla 13.
Formato de Inspección Visual Mamparas

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.3.2.3
1.4	Segundo Piso	Nombre del ejemplo: Glazed	
ID Componente	Nombre del Componente		
1.4.4	Mamparas	Forma Adicional	N
			
Divisiones de área administrativa			
			
Mamparas área administrativa		Acceso a dormitorios de oficiales	
Descripción	Sector administrativo, divisiones de oficinas.		
Riesgo-Observación	<p>Mamparas de madera pueden ser dañadas como resultado de cargas en y fuera del plano a menos que tengas detalles adecuados de ensamblaje. Puede existir riesgo si fallan en áreas como corredores, o cuando necesiten ser evacuados utilizando estas áreas. Son vulnerables cuando no existe el suficiente espaciado y aislamiento para acomodarse a los desplazamientos que se produzcan.</p>		

Tabla 14.
Formato de Inspección Visual Caldero

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.4.1.1
2.1	Exterior, Casa de máquinas	Nombre del ejemplo: Boilers, furnaces, pumps and hillers (HVACwet side)	
ID Componente	Nombre del Componente		
2.1.2	Caldero	Forma Adicional	N



Vista general de calderos



 <p>Empotramiento</p>	 <p>Tuberías</p>
Descripción	El caldero esta sobre una estructura de acero empotrada sobre una base de hormigón, con las siguientes dimensiones: aprox. 2.20m Long X 1.20m ancho y 1.45m altura.
Riesgo-Observación	Adecuado anclaje se observa. Riesgo puede ocurrir en el momento que exista una falla en la conexión entre el acero y el hormigón. Fuertes movimientos pueden causar que el caldero se mueva y rompa las tuberías y las conexiones; siendo importante chequear las mismas.

Tabla 15.
Formato de Inspección Visual Generador

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.4.7.2
2.1	Exterior, Casa de máquinas	Nombre del ejemplo: Emergency generator	
ID Componente	Nombre del Componente		
2.1.3	Generador	Forma Adicional	N

	
Vista general	
	
Sujeción	Detalle de pernos
Descripción	El generador de emergencia es necesario en casos de que exista algún problema en el sistema eléctrico, en este caso solo cubre ciertas áreas. Se encuentra sobre un marco de acero, vigas tipo I de 150 mm de altura. Sus dimensiones son 1.60m ancho X 4.80m Long X 1.90m altura.
Riesgo-Observación	Es necesario este sistema para suplir la falta de electricidad causada por alguna interrupción. Fuertes movimientos pueden causar que el generador se desplace y rompa las conexiones, siendo importante chequear las mismas.

Tabla 16.
Formato de Inspección Visual Tanque de Combustible

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.4.2.1
2.1	Exterior	Nombre del ejemplo: Structurally supported tanks and vessels	
ID Componente	Nombre del Componente		
2.1.4	Tanque de combustible	Forma Adicional	N
			
Vista general			
		NO DETALLES	
Apoyos		N/A	
Descripción	Tanque de forma cilíndrica, apoyado sobre 2 muros de h:0.5, b:1.73, esp:0.29 m con una separación de 2.41 m.		
Riesgo-Observación	No hay problema ya que por la forma de los apoyos impediría el movimiento del tanque.		

Tabla 17.
Formato de Inspección Visual Tubería



ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.4.3.4
2.1	Exterior	Nombre del ejemplo: Pipe Risers	
ID Componente	Nombre del Componente		
2.1.5	Tubería	Forma Adicional	N
			
Vista general			
		NO DETALLES	
Entrada de tubería al edificio		N/A	
Descripción	Tubería que conecta la casa de máquinas con la estructura hospitalaria, hay varios tubos con diferentes dimensiones y su longitud es mayor a los 6 m.		
Riesgo-Observación	Tuberías son particularmente vulnerables al daño en las uniones, curvas, ingresos de paredes o a elementos estructurales y a conexiones con equipos. La tubería se puede dañar como resultado de los desplazamientos.		

Tabla 18.
Formato de Inspección Visual Transformador

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.4.7.3
2.2	Primer Piso	Nombre del ejemplo: Transformers	
ID Componente	Nombre del Componente		
2.2.1	Transformador	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Protección de transformadores		Cables eléctricos	
Descripción	El transformador no es pesado. Es pequeño y ancho, por lo tanto no es susceptible a volcamiento sus dimensiones son: 0.80 x 1.20 x 0.30 m, Esta sobre una loseta de hormigón.		
Riesgo-Observación	Movimientos fuertes pueden causar desplazamientos y que se rompan sus conexiones.		

Tabla 19.
Formato de Inspección Visual Tubería



ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.4.3.4
2.2	Primer Piso	Nombre del ejemplo: Pipe Risers	
ID Componente	Nombre del Componente		
2.2.2	Tubería	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Tubería horizontal		Tubería vertical	
Descripción	Tubería de diferentes dimensiones, conecta los bloques del hospital.		
Riesgo-Observación	Tuberías son particularmente vulnerables al daño en las uniones, curvas, ingresos de paredes o a elementos estructurales y a conexiones con equipos. La tubería se puede dañar como resultado de los desplazamientos.		

Tabla 20.
Formato de Inspección Visual Equipo de Climatización

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.4.1.6
2.2	Diferentes áreas.	Nombre del ejemplo: Suspended equipment	
ID Componente	Nombre del Componente	Forma Adicional	N
2.2.3	Equipo de climatización		
			
Vista general			
			
Vista en consultorio		Apoyos	
Descripción	Unidades de aire acondicionado u otros equipos similares están típicamente montados sobre livianos marcos metálicos o soportes.		
Riesgo-Observación	Fuertes movimientos pueden causar que estas unidades se separen de sus soportes y caigan en el interior o exterior del hospital. La caída de un equipo puede causar un grave accidente o la muerte a quien este debajo.		

Tabla 21.
Formato de Inspección Visual Equipo de Climatización




ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.4.1.4
2.2	Diferentes áreas.	Nombre del ejemplo: HVAC equipment without vibration isolation (rigid mount)	
ID Componente	Nombre del Componente		
2.2.4	Equipos de climatización	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Vista de sujeción y apoyos		Vista de sujeción y apoyos	
Descripción	Unidades de aire acondicionado u otros equipos similares están típicamente montados sobre livianos marcos metálicos o soportes.		
Riesgo-Observación	Movimientos fuertes pueden causar desplazamientos y que se rompan sus conexiones. La caída de un equipo puede causar un grave accidente o el daño del mismo.		

Tabla 22.
Formato de Inspección Visual Ascensor

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.4.10.2
2.2	Planta Baja-Segunda planta alta.	Nombre del ejemplo: Traction Elevator (elevador cab)	
ID Componente	Nombre del Componente		
2.2.5	Ascensor	Forma Adicional	N
			
Vista de entrada al ascensor			
			
Rieles de cabina		Cabina y guías de contrapesa	
Descripción	Este elevador va desde la planta baja hasta la tercera planta alta.		
Riesgo-Observación	El ascensor se puede atascar y atrapar a las personas en el interior en caso de terremoto.		

Tabla 23.

Formato de Inspección Visual Caja de Distribución Eléctrica

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	N/A
2.3	Segundo Piso	Nombre del ejemplo: N/A	
ID Componente	Nombre del Componente		
2.3.5	Caja de distribución eléctrica	Forma Adicional	N
			
Vista general			
NO DETALLES		NO DETALLES	
N/A		N/A	
Descripción	Convergen varios circuitos, donde se distribuyen a diferentes partes del hospital.		
Riesgo-Observación	Fuertes movimientos pueden causar que la tubería conduit falle o se separe de sus acoplamientos.		

Tabla 24.
Formato de Inspección Visual Tubería de Aire

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.4.6.1
2.4	Segundo Piso	Nombre del ejemplo: Suspended Ductwork	
ID Componente	Nombre del Componente	Forma Adicional	N
2.4.5	Tubería de aire		
			
Vista general			
			
Apoyo corredor central izquierda		Apoyo corredor central derecha	
Descripción	Tubería cuadrada, atraviesa desde el último piso, sujetado con perfiles angulares a los dos bloques.		
Riesgo-Observación	En un movimiento sísmico, los apoyos pueden deslizarse haciendo perder la sujeción al elemento y este caiga.		

Tabla 25.
Formato de Inspección Visual Computadoras y Accesorios

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.5.3.3
3.1	Diferentes áreas.	Nombre del ejemplo: Desktop computers and accessories	
ID Componente	Nombre del Componente		
3.1.2	Computadoras y accesorios	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Equipo de Computación emergencia		Equipo de impresión rayos X	
Descripción	Equipos colocados sobre escritorios, sin ningún tipo de sujeción.		
Riesgo-Observación	En un movimiento sísmico, los equipos pueden desplazarse y caer perdiendo información y daño en los mismos.		

Tabla 26.
Formato de Inspección Visual Televisores, Videos, Monitores




ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.5.3.4
3.1	Diferentes áreas.	Nombre del ejemplo: Television and video monitors, cameras, wall-mounted	
ID Componente	Nombre del Componente		
3.1.3	Televisión, videos, monitores, cámaras (montados sobre la pared)	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Monitor en cuidados intensivos		Televisión	
Descripción	Equipos colocados a una altura de 2.00 m, fijados a la pared o sobre estanterías.		
Riesgo-Observación	En un movimiento sísmico, los equipos pueden caer sobre los pacientes. Los monitores en unidades de cuidados intensivos pueden quedar sin operación.		

Tabla 27.
Formato de Inspección Visual Estanterías de Documentos

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.5.2.2
3.1	Planta Baja.	Nombre del ejemplo: Library and other shelving	
ID Componente	Nombre del Componente		
3.1.4	Estanterías para almacenamiento de documentos	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Archivo de historias medicas		Archivo de historias medicas	
Descripción	Dimensiones: 0.25 x 2.00 x 3.00 m, colocado sobre la losa sin ningún tipo de anclaje.		
Riesgo-Observación	En un movimiento sísmico, los elementos se volcaran y provocaran daños.		

Tabla 28.
Formato de Inspección Visual Estanterías de Medicamentos

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.5.4.1
3.1	Diferentes áreas.	Nombre del ejemplo: Hazardous materials storage, cabinet and contents	
ID Componente	Nombre del Componente		
3.1.5	Estanterías para almacenamiento de medicamentos.	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Estantería en estación de enfermería		Estantería en unidad de emergencias	
Descripción	Contienen medicamentos y utensilios, no tienen ningún tipo de sujeción para evitar el movimiento.		
Riesgo-Observación	En un movimiento sísmico, los elementos pueden volcarse, provocar daño y pérdida de los medicamentos.		

Tabla 29.
Formato de Inspección Visual Tanque de Oxígeno




ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.4.2:
4.1	Exterior	Nombre del ejemplo: Storage Tanks and Water Heaters	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.1.1	Tanque de gas medico (Oxígeno liquido)	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Soporte del tanque		Placa informativa	
Descripción	Contienen Oxígeno líquido, las dimensiones son (h: 4.00, Diam: 1.60 m), tiene 4 patas de 0.60 x 0.15 x 0.15 m, con un perno en cada pata.		
Riesgo-Observación	Fueres movimientos pueden causar que los soportes del tanque de oxígeno fallen y este puede caer, rompiendo sus conexiones y la distribución del gas médico. Hay que verificar sus empotramientos y estabilidad.		

Tabla 30.
Formato de Inspección Visual Tanques Médicos


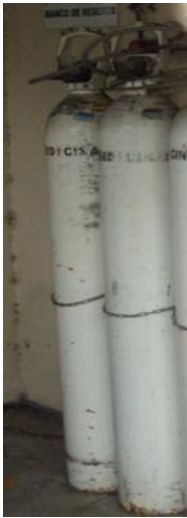
ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	6.4.2.3
4.1	Exterior y Segundo Piso	Nombre del ejemplo: Compressed gas cylinders	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.1.2	Tanques de gas médico	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Soporte intermedio del tanque con cadena		Tanque sin soporte Segundo piso.	
Descripción	Contienen gas médico, las dimensiones (h:1.80, Diam: 0.25 m)		
Riesgo-Observación	Fuertes movimientos pueden hacer que cilindros no bien sujetos caigan y rompan sus conexiones.		

Tabla 31.

Formato de Inspección Visual Unidad de consulta externa

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.1	Planta Baja	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.1.4	Unidad de Consulta Externa	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Equipo de oficina		Equipo médico Electrocardiograma	
Descripción	Existen paredes de mampostería, cielo raso con gypsum y estuco, lámparas, piso, insumos, computadoras, impresoras, mesas como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en este cuarto.		
Riesgo-Observación	Fueres movimientos pueden hacer que equipos no bien sujetos se desplacen y caigan.		

Tabla 32.
Formato de Inspección Visual Unidad de emergencia




ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.1	Planta Baja	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.1.5	Unidad de Emergencias	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Estantería		Cama móvil	
Descripción	Existen paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, soportes verticales para sueros, camillas, computadoras, impresoras, mesas como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en esta área.		
Riesgo-Observación	Fuertes movimientos pueden hacer que los suministros se deslicen y caigan al piso, equipos que no estén adecuadamente anclados de igual manera se deslizarán y caerán desde sus soportes.		

Tabla 33.
Formato de Inspección Visual Unidad de Imagenología




ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.1	Planta Baja	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.1.6	Unidad de Imagenología Rayos X Equipo	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Soporte de Maquina		Escáner	
Descripción	Existen paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros equipos de Rayos X, scanners como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en esta área.		
Riesgo-Observación	El equipo puede caer o en el caso de equipos que son altos y delgados, caerán durante un movimiento fuerte. Los brazos de los equipos de scanners pueden vibrar en exceso produciéndose daño o ruptura.		

Tabla 34.
Formato de Inspección Visual Unidad de Laboratorio

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.1	Planta Baja	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.1.7	Unidad de Laboratorios	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Equipo sobre mesones		Equipo con ruedas	
Descripción	Laboratorios suelen tener una gran variedad de equipos pequeños y medianos localizados sobre mesas o bancos como centrifugadoras, microscopios, autoclaves, esterilizadores, entre otros.		
Riesgo-Observación	Fuertes movimientos pueden hacer que los equipos que no estén debidamente anclados o sujetos puedan deslizarse y caer al piso. Estas fallas producirán graves daños a la propiedad.		

Tabla 35.
Formato de Inspección Visual Unidad de Hospitalización




ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.2	Primer Piso	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.2.1	Unidad de Hospitalización	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Dormitorio tipo		Soporte Vertical de medicamentos	
Descripción	Existen paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, soportes verticales para sueros, camillas, mesas como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en esta área.		
Riesgo-Observación	Fueres movimientos pueden hacer que equipos que no estén adecuadamente anclados se deslicen y caigan desde sus soportes.		

Tabla 36.
Formato de Inspección Visual Unidad de Quirófano

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.2	Primer Piso	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.2.2	Unidad de Quirófano	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Equipo Adicional		Equipo de anestesia	
Descripción	Existen lámparas, equipo de anestesia, mesa de quirófano, ventilador mecánico, medicamentos varios, instrumental quirúrgico, electrocauterio, entre otros además de paredes de mampostería, piso con vinil conductivo, suministros, porta sueros, camilla, mesas como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en esta área.		
Riesgo-Observación	Fueres movimientos pueden ocasionar como ejemplo, el equipo de anestesia se deslice y caiga. Lámpara de operación puede romperse de sus brazos y caer sobre el paciente. Los tanques de gases médicos pueden caer fácilmente.		

Tabla 37.

Formato de Inspección Visual Unidad de Quirófano, áreas anexas y equipos de esterilización




ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.2	Primer Piso	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.2.3 , 4.2.4,4.2.5	Unidad de Quirófanos áreas anexas y equipos de esterilización	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Equipo de esterilización		Insumos sobre mesones	
Descripción	Existen equipos de esterilización, tanques de gases médicos (oxígeno) e insumos.		
Riesgo-Observación	Fuertes movimientos pueden causar que los equipos de esterilización se desplacen y rompan sus conexiones, los tanques de gases médicos pueden caer fácilmente. Los suministros están adecuadamente colocados.		

Tabla 38.

Formato de Inspección Visual Unidad de Sala de Cuidados Intensivos

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.2	Primer Piso	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.2.6 , 4.2.7,4.2.8	Unidad de Sala de Cuidados intensivos	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Monitor FEMA 6.5.3.4		Estanterías metálicas de aluminio y vidrio FEMA 6.5.4.1:	
Descripción	Existen paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, soportes verticales para infusiones, camillas, mesas, ventiladores mecánicos, monitores cardiacos, tomas de oxigeno de red central, bomba de infusión, carro de paro con desfibrilador, entre otros como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en la Unidad de Sala de Cuidados intensivos.		
Riesgo-Observación	Fuertes movimientos pueden hacer que los suministros sobre carritos rueden y golpeen a otros objetos; equipos o monitores que no estén adecuadamente anclados de igual manera se deslizarán y caerán desde sus soportes sobre los pacientes o al suelo.		

Tabla 39.

Formato de Inspección Visual Unidad de Sala de Recuperación




ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.2	Primer Piso	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.2.9	Unidad de Sala de Recuperación	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Soporte Vertical de equipo		Mesas con equipo	
Descripción	Existen paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, soportes verticales para infusiones, camillas, mesas, monitores cardiacos, bombas de infusión, como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en la Unidad de Sala de Recuperación		
Riesgo-Observación	Fueres movimientos pueden hacer que los suministros sobre carritos rueden y golpeen a otros objetos; equipos o monitores que no estén adecuadamente anclados de igual manera se deslizarán y caerán desde sus soportes sobre sus pacientes o al suelo.		

Tabla 40.
Formato de Inspección Visual Unidad de Neonatología

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.3	Segundo Piso	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.3.1	Unidad de Neonatología (Termocunas, estantería y mesas)	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Soporte Vertical de equipo		Mesas con equipo	
Descripción	Existen paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, soportes verticales para infusiones, lámparas verticales, equipos de neonatología como son las termo cunas, bombas de infusión, soportes para sueros, mesas como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en la Unidad de Neonatología.		
Riesgo-Observación	Fuertes movimientos pueden causar que las termocunas se deslicen y se rompan sus conexiones. Bebés podrían salir lesionados o incluso morir por la falta de suministro eléctrico o de gases médicos.		

Tabla 41.
Formato de Inspección Visual Unidad de Hemodiálisis

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.3	Segundo Piso	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.3.3 , 4.3.4	Unidad de Hemodiálisis	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Equipo de diálisis		Televisión	
Descripción	Existen paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, equipos de Hemodiálisis, como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en la Unidad de Hemodiálisis.		
Riesgo-Observación	Fueres movimientos pueden causar que los equipos de Hemodiálisis se deslicen y se rompan sus conexiones. Paciente críticos podrían salir lesionados o incluso morir por la falta de suministro eléctrico o de falta de sangre. Si la televisión cae podría causar la muerte del paciente.		

Tabla 42.
Formato de Inspección Visual Unidad de Odontología




ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.3	Segundo Piso	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.3.5	Unidad de Odontología	Forma Adicional	N
			
Vista general			
NO DETALLES		NO DETALLES	
N/A		N/A	
Descripción	Existen paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, sillón dental simplificado, lámpara dental, como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en la Unidad de Odontología		
Riesgo-Observación	Deben ser sujetados y limitar su desplazamiento, el sillón dental y la lámpara dental ya que pueden caer si falla el soporte.		

Tabla 43.
Formato de Inspección Visual Unidad de Odontología

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.3	Segundo Piso	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.3.6	Unidad de Odontología, estanterías.	Forma Adicional	N
			
Vista general			
			
Estanterías con medicinas		Estanterías con medicinas	
Descripción	Estanterías con dimensiones variables y televisión.		
Riesgo-Observación	Estanterías deben estar correctamente fijadas, además, en este caso la televisión que se observa, debe ser retirada y colocada en otro lugar, podría ocasionar un accidente.		

Tabla 44.
Formato de Inspección Visual Unidad de Odontología

ESPACIO N°	UBICACIÓN	Ejemplo N°	
4.3	Segundo Piso	Nombre del ejemplo:	
ID Componente	Nombre del Componente		
4.3.7	Unidad de Odontología, Equipos de Rayos x	Forma Adicional	N
			
Vista general			
		NO DETALLE	
Equipo de rayo x		N/A	
Descripción	Equipo de imagen		
Riesgo-Observación	Fuerte movimiento puede causar que el equipo de imagen no anclado se deslice y caiga		

Apéndice D

Identificados los problemas y los ejemplos en la guía FEMA E-74, se responde las preguntas del Apéndice D, originalmente se encuentran en inglés, para el trabajo las preguntas se las ha traducido.

Tabla 45.
Apéndice D. Componentes Arquitectónicos

6.3 Componentes Arquitectónicos						
Ítem No.	Detalles		C	N C	N A	Registro de Preguntas (C=Cumple; NC = No Cumple; NA= No Aplica)
1.1	EXTERIOR					
1.1.2 1.1.3	Nombre Comp. FEMA	Unreinforced masonry parapet		X		¿Están los parapetos de mampostería no reforzada arriostrados adecuadamente?
				X		¿Están los parapetos y cornisas reforzadas y adecuadamente arriostrados?
	Riesgo	Riesgo de caída			X	¿Los otros elementos decorativos y accesorios tienen anclaje positivo para el edificio?
	Ejem. FEMA	6.3.5.1			X	¿Son accesorios que cuelgan arriostrados o asegurados con un cable de seguridad?
1.1.4	Nombre Comp. FEMA	Prefabricated panels		X		¿Fueron los paneles y conexiones diseñadas por un arquitecto o ingeniero para dar cabida a la distorsión sísmica esperada de la estructura que lo rodea?
	Riesgo	Riesgo de caída, el daño a los paneles y conexiones	X			¿Son detallados los paneles de revestimiento prefabricados para permitir al movimiento relativo entre el panel y la estructura?
			X			¿Los paneles prefabricados son apoyados para cargas verticales con al menos dos conexiones por panel?

	Ejem. FEMA	6.3.1.3		X	¿Se han mantenido adecuadamente los paneles? ¿Están las conexiones del panel en buenas condiciones, libre de corrosión significativa, e inspeccionados con regularidad?
				X	¿Hay las adecuadas separaciones entre los paneles para que no entren en contacto entre sí durante un terremoto?
1.1.5	Nombre Comp. FEMA	Prefabricated panels		X	¿Fueron los paneles y conexiones diseñadas por un arquitecto o ingeniero para dar cabida a la distorsión sísmica esperada de la estructura que lo rodea?
	Riesgo	Riesgo de caída, el daño a los paneles y conexiones		X	¿Son detallados los paneles de revestimiento prefabricados para permitir al movimiento relativo entre el panel y la estructura?
			X		¿Los paneles prefabricados son apoyados para cargas verticales con al menos dos conexiones por panel?
	Ejem. FEMA	6.3.1.3		X	¿Se han mantenido adecuadamente los paneles? ¿Están las conexiones del panel en buenas condiciones, libre de corrosión significativa, e inspeccionados con regularidad?
				X	¿Hay las adecuadas separaciones entre los paneles para que no entren en contacto entre sí durante un terremoto?
1.1.6	Nombre Comp. FEMA	Glazed exterior wall system		X	¿Sabe que los cristales fueron diseñados por un arquitecto o el ingeniero para acomodar la distorsión esperada sísmica de la estructura circundante?

	Riesgo	Riesgo de caída, vidrios rotos		X	¿Cristales grandes y ventanas de escaparates tienen el cristal inastillable? [Todos los cristales exteriores deberían ser laminados, templados o laminados al calor, el cristal inastillable reforzado u otro sistema de cristales que permanecerá en el marco cuando el cristal es rajado. Esto es en particular importante para vidrios localizados a más de 10 pies encima de una superficie exterior].
	Ejem. FEMA	6.3.1.4			
1.1.7	Nombre Comp. FEMA	Heavy (CMU, brick, hollow clay tile)		X	¿Están reforzadas las particiones de pared de bloque? [Esto incluiría la unidad concreta de mampostería (CMU), ladrillo y teja de barro tabiques huecos.]
	Riesgo	Riesgo de caída; colapso, el desprendimiento de escombros en salidas de emergencia; grandes grietas a menudo confundido con el daño estructural		X	¿Están los muros de mampostería no reforzados arriostrados a intervalos regulares? [En las zonas de baja y moderada sismicidad, ¿están arriostradas las particiones a intervalos de 10 pies o menos? En zonas de alta sismicidad, ¿están arriostradas las particiones en intervalos de 6 pies o menos?]
	Ejem. FEMA	6.3.2.1			
1.2	Primer Piso				
1.2.2	Nombre Comp. FEMA	Suspended acoustic lay-in tile ceiling		X	¿El cielo raso tiene cables de arriostamiento diagonal adecuados y puntales de compresión para soportar cargas sísmicas de la rejilla del techo y además tienen las placas soportes laterales independientes?

	Riesgo	Placas caídas, Daños en el perímetro, separación de las correas, correas transversales; Riesgo de caída de la red y si las luces caen		X		Si el cielo raso soporta la iluminación o difusores, ¿es que todos tienen soportes verticales que consisten en cables localizados en dos esquinas opuestas y diagonales?
				X		¿Están los adornos que pesan más de 50 libras adicionales con arriostramientos laterales de cables en todas las 4 esquinas?
	Ejem. FEMA	6.3.4.1		X		Si se encuentra en una zona de alta sismicidad, ¿está el cielo raso soportado por una rejilla de alta resistencia que incluye cables de suspensión suplementarios en la iluminación u otros equipos mecánicos?
1.2.3	Nombre Comp. FEMA	Glazed	X			¿Están los vidrios interiores o las particiones de vidrio arriostradas lateralmente a la estructura?
	Riesgo	Vidrio roto				
	Ejem. FEMA	6.3.2.3				
1.3	Segundo Piso					
1.3.4	Nombre Comp. FEMA	Glazed	X			¿Están los vidrios interiores o las particiones de vidrio arriostradas lateralmente a la estructura?
	Riesgo	Vidrio roto				
	Ejem. FEMA	6.3.2.3				
1.4	Tercer piso					
1.4.4	Nombre Comp. FEMA	Glazed	X			¿Están los vidrios interiores o las particiones de vidrio arriostradas lateralmente a la estructura?
	Riesgo	Vidrio roto				
	Ejem. FEMA	6.3.2.3				

Tabla 46.
Apéndice D. Componentes Mecánicos, Eléctricos y Plomería

6.4 Componentes Mecánicos, Eléctricos y Plomería						
Ítem No.	Detalles		C	NC	NA	Registro de Preguntas (C=Cumple; NC = No Cumple; NA= No Aplica)
2.1	EXTERIOR					
2.1.1 2.1.2	Nombre Comp. FEMA	Boilers, furnaces, pumps and chillers (HVAC wet side)	X			¿Están los calderos, bombas, enfriadores y similares a los condensadores del aire acondicionado, bien anclados al piso o a la pared con pernos de tamaño adecuado?
	Riesgo	Deslizamiento, volcamiento, rotura de tubería de gas o combustible, fuga de líquidos, pérdida de funcionamiento			X	¿Es que los condensadores de los equipos de climatización que se han colocado sobre aisladores tienen restricción lateral adecuada dada por los amortiguadores, topes o restringidos por los aisladores de vibración?
			X			¿Están las losetas de anclaje bajo las calderas y equipos similares anclados a la losa de piso?
			X			¿Las líneas de gas tienen una conexión flexible al calentador de agua o la caldera que es capaz de acomodarse al movimiento?
	Ejem. FEMA	6.4.1.1	X			¿Están los calentadores o las bases de la caldera, construidas sin utilizar mampostería no reforzada
2.1.3	Nombre Comp. FEMA	Emergency generator		X		¿Está el generador de emergencia debidamente asegurado, sobre todo si el motor está montado sobre aisladores de resortes para las vibraciones?

	Riesgo	Falla de los aisladores de vibración, rotura de las líneas de combustible, explosión y escape de tuberías, pérdida de funcionamiento	X		¿Está la loseta de anclaje adecuadamente anclada a la losa estructural?
			X		¿Está el tanque de combustible adecuadamente arriostrado y anclado?
				X	¿Están las líneas de combustible, líneas de agua de refrigeración y conductos de escape del generador de emergencia conectados con conexiones flexibles que sean capaces de adaptarse al movimiento en las uniones de los equipos sobre resortes, en los puntos de entrada y salida del edificio, y en las juntas de expansión dentro del edificio?
	Ejem. FEMA	6.4.7.2	X		¿Se han revisado todos los componentes del sistema de generación de emergencia y el sistema de distribución eléctrica como parte de esta encuesta?
2.1.4	Nombre Comp. FEMA	Structurally supported tanks and vessels	X		¿Está el tanque firmemente sujeto a los apoyos?
				X	¿Están los soportes del tanque arriostrados en ambas direcciones?
	Riesgo	Rotura del tanque o de la cisterna, rotura de las tuberías	X		¿Están los soportes del tanque unidos con pernos de anclaje a los muros de hormigón o a la loseta de cimentación?
				X	¿Es la cimentación lo suficientemente grande como para mantener que el tanque no se deslice o vuelque

	Ejem. FEMA	6. 4.2.1	X			¿Son los muros lo suficientemente fuertes para soportar al tanque?
2.1.5	Nombre Comp. FEMA	Pipe Risers		X		¿Están las tuberías (Tubería vertical) lateralmente restringidas en cada nivel de piso o aproximadamente en intervalos de 20 pies?
	Riesgo	Roturas, fugas, perdidas de funcionamiento		X		Para las tuberías sujetas a expansión y contracción térmica, ¿los apoyos han sido diseñados para permitir el movimiento térmico?
	Ejem. FEMA	6.4.3.4				
2.2	Primer Piso					
2.2.1	Nombre Comp. FEMA	Transformers				¿Están los transformadores adecuadamente anclados al suelo o la pared?
	Riesgo	Deslizamiento , Fugas de aceite, rotura del bushing, perdida de funcionalidad	X			
	Ejem. FEMA	6.4.7.3				
2.2.2	Nombre Comp. FEMA	Pipe Risers		X		¿Están las tuberías (Tubería vertical) lateralmente restringidas en cada nivel de piso o aproximadamente en intervalos de 20 pies?
	Riesgo	Roturas, fugas, perdidas de funcionamiento		X		Para las tuberías sujetas a expansión y contracción térmica, ¿los apoyos han sido diseñados para permitir el movimiento térmico?
	Ejem. FEMA	6.4.3.4				

2.2.3	Nombre Comp. FEMA	Suspended equipment		X	¿Están los aparatos de calefacción en suspensión, especialmente los de gas, apoyados lateralmente?
	Riesgo	Caída, separación de ductos, pérdida de funcionamiento o		X	¿Son los calefactores a gas dotados de conexiones de gas flexibles?
	Ejem. FEMA	6.4.1.6			
2.2.4	Nombre Comp. FEMA	HVAC equipment without vibration isolation (rigid mount)		X	¿Está el equipo (por ejemplo, calderas de gas, calentador de agua, aire acondicionado, etc.) montado de forma segura al suelo, pared o techo con pernos de tamaño adecuado?
	Riesgo	Deslizamiento, vuelco, rotura de líneas de combustible o gas, fuga de líquidos, pérdida de función		X	Si los equipos grandes se montan sobre una loseta de anclaje, ¿está la loseta anclada adecuadamente en la losa estructural?
			X		¿Las tuberías de gas o las líneas de combustible tienen una conexión flexible que son capaces de adaptarse al movimiento?
				X	Para las unidades montadas en el techo, ¿están los bordillos que soportan los aisladores de vibración firmemente unidos al marco estructural del techo?
Ejem. FEMA	6.4.1.4		X	¿Están en las paredes o en las ventanas, unidades de aire acondicionado montado de manera segura a la pared o un estante?	
2.2.5	Nombre Comp. FEMA	Traction Elevator (elevator cab)		X	¿Están los cables instalados de tal manera que quedan protegidos contra la desalineación durante un terremoto?

	Riesgo	Perdida de función, contrapesa fuera de guías, Cables fuera de las poleas	X			¿Está la cabina del elevador correctamente fijado a los raíles de guía?
			X			¿Están los contrapesos adecuadamente fijados a los raíles de guía?
	Ejem. FEMA	6.4.10.2	X			¿Están las guías bien fijadas en el edificio?
2.3	Segundo Piso					
2.3.5	Nombre Comp. FEMA	Electrical distribution box			X	¿Hay algún ejemplo en FEMA E74 que se puede seguir como guía para este elemento?
	Riesgo	Riesgo eléctrico, perdida de función			X	¿El ejemplo proporciona información suficiente para mitigar todos los riesgos potenciales observados para el elemento?
	Ejem. FEMA	N/A				
2.4	Tercer Piso					
2.4.5	Nombre Comp. FEMA	Suspended Ductwork	X			¿Están los ductos de distribución rectangulares de más de 6 pies cuadrados de sección transversal apoyados lateralmente en ambas direcciones?
	Riesgo	Roturas, fugas, perdida de función			X	¿Son ductos circulares de más de 28 pulgadas de diámetro apoyados lateralmente en ambas direcciones?
					X	¿Están los soportes y colgantes bien sujetos a la estructura?
	Ejem. FEMA	6.4.6.1			X	¿Son los ductos capaces de acomodarse el movimiento en los lugares donde se cruzan las separaciones entre edificios?

Tabla 47.
Apéndice D. Mobiliarios, Equipos y Contenido

6.3 Mobiliario, equipos y contenido						
Ítem No.	Detalles		C	N C	N A	Registro de Preguntas (C=Cumple; NC = No Cumple; NA= No Aplica)
3.1	Primer, segundo, tercer Piso					
3.1.2	Nombre Comp. FEMA	Desktop computers and accessories		X		¿Están las computadoras y monitores anclados a los escritorios?
	Riesgo	Riesgo de caída, pérdida de información o daño del equipo		X		¿Están las computadoras y las impresoras de escritorio con una sujeción firme y que descansa sobre almohadillas de goma de alta fricción o localizados suficientemente lejos de los bordes de escritorios y mesas para evitar que se deslice y caiga en caso de terremoto?
	Ejem. FEMA	6.5.3.3				
3.1.3	Nombre Comp. FEMA	Television and video monitors, cameras, wall-mounted		X		¿Están en la pared o en aéreas montadas, aparatos de televisión, monitores de vídeo, cámaras de vigilancia o los altavoces del sistema de sonido de forma segura arriostrados y anclados a la pared o en el techo o equipados con cables de seguridad?
	Riesgo	Riesgo de caída				
	Ejem. FEMA	6.5.3.4				
3.1.4	Nombre Comp. FEMA	Library and other shelving		X		¿Se sabe si los soportes laterales para los estantes de la biblioteca y estanterías han sido diseñados por un arquitecto o ingeniero?
				X		¿Está la estantería para bibliotecas y los estantes adecuadamente arriostrados y anclado al suelo y a las paredes, incluyendo refuerzos a la planta de arriba, si la estantería es alta y delgada que aseguran las estanterías juntas?

				X	Si todas las unidades de estantería no son independientemente arriostradas o ancladas, ¿están las unidades adyacentes sujetas entre sí con pernos u otros sujetadores mecánicos?
	Riesgo	Caída de contenido, daño de estanterías		X	¿Los muros o tabiques utilizados para anclar los estantes tienen una resistencia adecuada para resistir las cargas laterales impuestas?
				X	¿Las estanterías están equipadas con restricciones de borde o cuerdas elásticas para evitar que los libros caigan?
	Ejem. FEMA	6.5.2.2		X	¿Están los libros grandes y pesados ubicados en los estantes más bajos?
				X	¿Están los libros importantes o frágiles con una protección extra para evitar la caída y el daño por agua?
3.1.5	Nombre Comp. FEMA	Hazardous materials storage, cabinet and contents		X	¿Están asegurados los suministros químicos con los labios sujetadores de varias pulgadas de altura, o están almacenadas en contenedores en cajones, por lo que los contenedores no se vuelquen o se caigan y se derramen?
	Riesgo Ejem. FEMA	Caída de materiales peligrosos, Mezcla de sustancias		X	¿Están los productos químicos almacenados de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes?

			X	¿Están las sustancias químicas incompatibles almacenadas a una distancia apropiada la una de la otra para que no se mezcle si los contenedores se rompen?
			X	¿Están los productos químicos en cada gabinete, catalogados correctamente y claramente marcados?
			X	¿Están las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (MSDs) almacenados en un lugar separado de los productos químicos?
Ejem. FEMA	6.5.4.1		X	¿Están los gabinetes para materiales peligrosos bien sujetos en el piso o en una pared resistente?
			X	¿Se ha retirado el aislamiento de asbesto, o ha sido cubierto para reducir la posibilidad de daños en un terremoto?
			X	¿Está la institución libre de asbesto que tendría que ser remitida antes de cualquier trabajo de adaptación?

Tabla 48.
Apéndice D. Gases y Equipo Médico

6.3		Gases y Equipo Médico				
Ítem No.	Detalles		C	NC	NA	Registro de Preguntas (C=Cumple; NC = No Cumple; NA= No Aplica)
4.1	Exterior, Primer, segundo, tercer Piso					
4.1.1	Nombre Comp. FEMA	Structurally supported tanks and vessels	X			¿Está el tanque firmemente sujeto a los apoyos?
				X		¿Están los soportes del tanque arriostrados en ambas direcciones?
	Riesgo	Rotura del tanque o de la cisterna, rotura de las tuberías	X			¿Están los soportes del tanque unidos con pernos de anclaje a los muros de hormigón o a la loseta de cimentación?
			X			¿Es la cimentación lo suficientemente grande como para mantener que el tanque no se deslice o vuelque
Ejem. FEMA	6.4.2.1	X			¿Son los muros lo suficientemente fuertes para soportar al tanque?	
4.1.2	Nombre Comp. FEMA	Compressed gas cylinders (oxygen, CO2, ammonia, etc.)		X		¿Están todos los cilindros de gas firmemente asegurados con una cadena en la parte superior e inferior o están restringidos para el movimiento en cada dirección?
	Riesgo	Fuga de Gas	X			¿Son las cadenas o sistemas de retención firmemente anclados a una pared o mostrador con tornillos o pernos en lugar de abrazaderas?
	Ejem. FEMA	6.4.2.3		X		Si los cilindros de gas están conectados a la tubería, ¿Están los sistemas de retención adecuados para prevenir daños en las conexiones de las tuberías?

3.1.5	Nombre Comp. FEMA	Hazardous materials storage, cabinet and contents		X	¿Están asegurados los suministros químicos con los labios sujetadores de varias pulgadas de altura, o están almacenadas en contenedores en cajones, por lo que los contenedores no se vuelquen o se caigan y se derramen?
				X	¿Están los productos químicos almacenados de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes?
				X	¿Están las sustancias químicas incompatibles almacenadas a una distancia apropiada la una de la otra para que no se mezcle si los contenedores se rompen?
	Riesgo	Caída de materiales peligrosos, Mezcla de sustancias		X	¿Están los productos químicos en cada gabinete, catalogados correctamente y claramente marcados?
				X	¿Están las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (MSDs) almacenados en un lugar separado de los productos químicos?
				X	¿Están los gabinetes para materiales peligrosos bien sujetos en el piso o en una pared resistente?
	Ejem. FEMA	6.5.4.1		X	¿Se ha retirado el aislamiento de asbesto, o ha sido cubierto para reducir la posibilidad de daños en un terremoto?
				X	¿Está la institución libre de asbesto que tendría que ser remitida antes de cualquier trabajo de adaptación?

4.2	Segundo Piso				
4.2.8	Nombre Comp. FEMA	Television and video monitors, cameras, wall-mounted			¿Están en la pared o en aéreas montadas, aparatos de televisión, monitores de vídeo, cámaras de vigilancia o los altavoces del sistema de sonido de forma segura arriostrados y anclados a la pared o en el techo o equipados con cables de seguridad?
	Riesgo	Riesgo de caída		X	
	Ejem. FEMA	6.5.3.4			

Apéndice E

En este apéndice se detallan cada uno de los ejemplos del FEMA E74 que hacen referencia a los componentes analizados en el hospital, la intensidad de vibración de la zona, en el caso del Hospital se encuentra en la zona V según el mapa de aceleraciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y con aceleraciones de 0.4g, por tanto es una zona de alta intensidad de vibración. La Tabla 49 también detalla el rango de afectación entre Alto (H), Medio (M) y bajo (L), refiriéndose a la seguridad de vida (LS), pérdida de la propiedad (PL) y pérdida de funcionalidad (FL), además se detalla el tipo de categoría para el diseño de la sujeción o anclaje del elemento (TD) detallado en el capítulo 2.

Tabla 49.
Apéndice E

Ejemplo No.	Nombre Ejemplo	Intensidad de vibración	LS	PL	FL	TD
6.3	Componentes Arquitectónicos					
6.3.1	Componentes exteriores de pared					
6.3.1.3	Paneles Prefabricados	High	H	M	L	ER
6.3.1.4	Sistema de Vidriado exterior	High	H	H	M	ER
6.3.2	Particiones					
6.3.2.1	Pared (Bloque, Ladrillo, Teja de barro)	High	H	H	H	ER

6.3.2.3	Vidriería	High	H	H	M	ER
6.3.4	Techado					
6.3.4.1	Paneles suspendidos de cielo raso	High	H	H	M	PR
6.3.5	Parapetos, adornos, tejas					
6.3.5.1	Parapeto no reforzado	High	H	M	L	ER
6.4	Componentes Mecánicos, Eléctricos y Plomería					
6.4.1	Equipo Mecánico					
6.4.1.1	Calderos, hornos, bombas, condensadores de aire acondicionado	High	L	M	M	ER
6.4.1.4	Equipos de climatización sin aislamiento para la vibración	High	M	M	M	ER
6.4.1.6	Equipo suspendido	High	H	M	M	ER
6.4.2	Tanques de almacenamiento y calentadores de agua					
6.4.2.1	Tanques y contenedores estructuralmente soportados	High	L	M	M	ER
6.4.3	Tuberías de presión					
6.4.3.4	Tubería	High	L	L	H	ER
6.4.6	Ductos					
6.4.6.1	Ductos suspendidos	High	L	L	M	ER
6.4.7	Equipamiento eléctrico y de comunicación					
6.4.7.2	Generador de emergencia	High	L	H	H	ER
6.4.7.3	Transformadores	High	M	M	M	ER
N/A	Equipo de distribución eléctrica	High	M	M	M	ER

6.4.10	Elevadores y escaleras eléctricas					
6.4.10.2	Elevador de tracción	High	H	H	H	ER
6.5	Mobiliario, Equipo y Contenido					
6.5.2	Libreros, estantes					
6.5.2.2	Libreros y estantes	High	M	M	M	ER
6.5.3	Equipo informático y de comunicaciones					
6.5.3.3	Computadoras de escritorio y accesorios	High	M	H	H	NE
6.5.3.4	Televisores y monitores de video, cámaras, apoyadas en la pared	High	H	M	L	NE
6.5.4	Almacenamiento de materiales peligrosos					
6.5.4.1	Almacenamiento de materiales peligrosos, gabinetes y contenedores	High	M	H	M	NE
	Gases médicos y equipo medico					
6.4.2	Tanques de almacenamiento y calentadores de agua					
6.4.2.1	Tanques y contenedores estructuralmente soportados	High	L	H	H	ER
6.4.2.3	Cilindros de gas comprimido (oxígeno, CO2, amoníaco, etc.)	High	L	L	L	NE
6.5.3	Equipo informático y de comunicaciones					
6.5.3.4	Televisores y monitores de video, cámaras, apoyadas en la pared	High	M	M	H	NE
6.5.4	Almacenamiento de materiales peligrosos					
6.5.4.1	Almacenamiento de materiales peligrosos, gabinetes y contenedores	High	M	H	M	NE

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES A LOS COMPONENTES NO-ESTRUCTURALES

5.1. Implementación de las soluciones de los elementos no estructurales

Basado en las recomendaciones y soluciones planteadas en el FEMA E-74, capítulo 6, en el cual se detallan los problemas y soluciones de cada uno de los componentes, se buscó realizar una guía adecuada al hospital, cuyo propósito es indicar los problemas, consecuencias y las acciones a realizar con la finalidad de disminuir la vulnerabilidad de cada elemento y componente no estructural.

La guía consta de las siguientes partes (Figura 19):

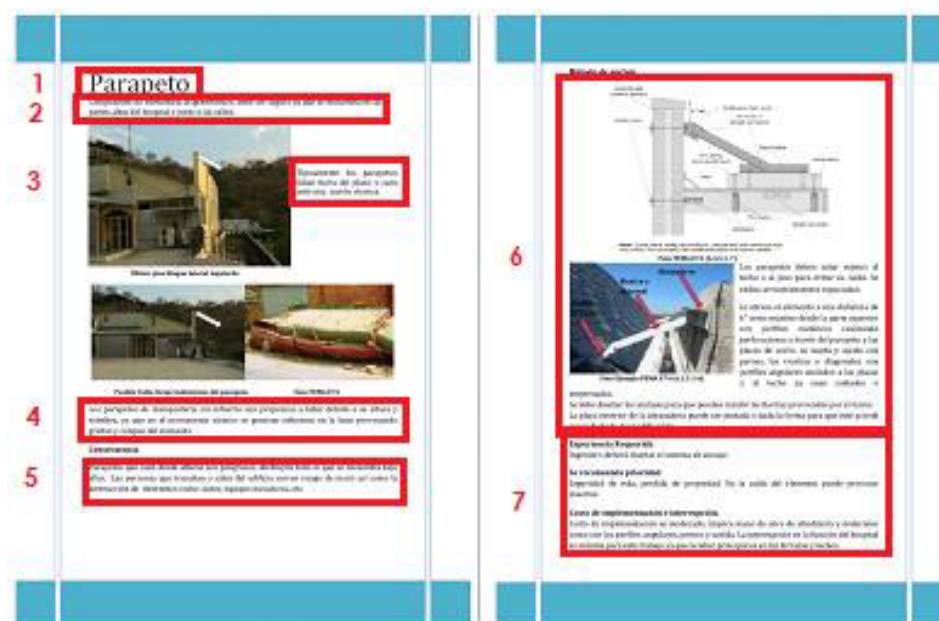


Figura 19. Guía de implementación

- 1.- Nombre del componente
- 2.- Tipo de componente
- 3.- Principal problema
- 4.- Causa del Problema
- 5.- Posible consecuencia

- 6.- Recomendación para disminuir el riesgo
- 7.- Recomendaciones para la implementación

Parapeto

Componente no estructural arquitectónico, debe ser seguro ya que se encuentra en las partes altas del hospital y junto a las calles.



Típicamente los parapetos fallan fuera del plano y caen ante una acción sísmica.

Figura 20. Último piso bloque lateral izquierdo



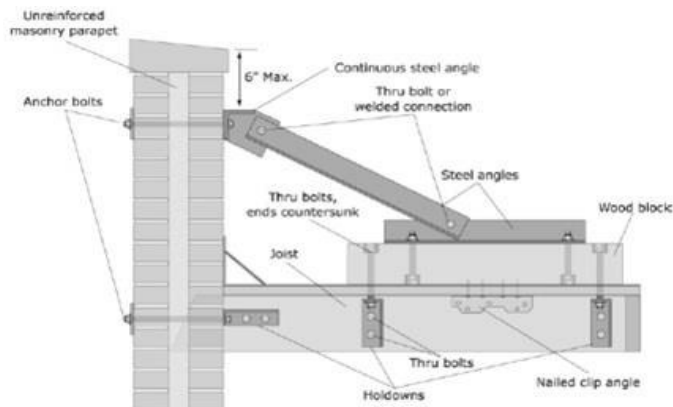
Figura 21. Izq. Posible Falla. Desprendimiento del parapeto. Der. Foto FEMA E74

Los parapetos de mampostería sin refuerzo son propensos a fallar debido a su altura y esbeltez, ya que en el movimiento sísmico se generan esfuerzos en la base provocando grietas y colapso del elemento.

Consecuencia

Parapetos que caen desde alturas son peligrosos, destruyen todo lo que se encuentra bajo ellos. Las personas que transitan o salen del edificio corren riesgo de morir así como la destrucción de elementos como: autos, equipos mecánicos, etc.

Método de anclaje



Note: Typical brace configuration shown; parapet and roof conditions may vary widely. Provide appropriate weatherproofing and flashing details.

Figura 22. Foto FEMA E74 (6.3.5.1-7)



Figura 23. Foto Ejemplo FEMA E74 (6.3.5.1-6)

Los parapetos deben estar sujetos al techo o al piso para evitar su caída. Se utiliza arriostramientos espaciados.

Se abraza el elemento a una distancia de 6" como máximo desde la parte superior con perfiles metálicos realizando perforaciones a través del parapeto y las placas de acero, se sujeta y ajusta con pernos, las riostras o diagonales son perfiles angulares anclados a las placas y al techo ya sean soldados o empernados.

Los parapetos deben estar sujetos al techo o al piso para evitar su caída. Se utiliza arriostramientos espaciados.

Se debe diseñar los anclajes para que puedan resistir las fuerzas provocadas por el sismo.

La placa exterior de la abrazadera puede ser pintada o dada la forma para que esté acorde con la fachada de la edificación.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar el sistema de anclaje.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de propiedad. En la caída del elemento puede provocar muertes.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es moderado. Implica mano de obra de albañilería y materiales como son los perfiles angulares, pernos y suelda. La interrupción en la función del hospital es mínima para este trabajo ya que la labor principal es en las terrazas y techos.

Parapeto

Componente no estructural arquitectónico, debe ser seguro ya que se encuentra en las partes altas del hospital y junto a las calles.

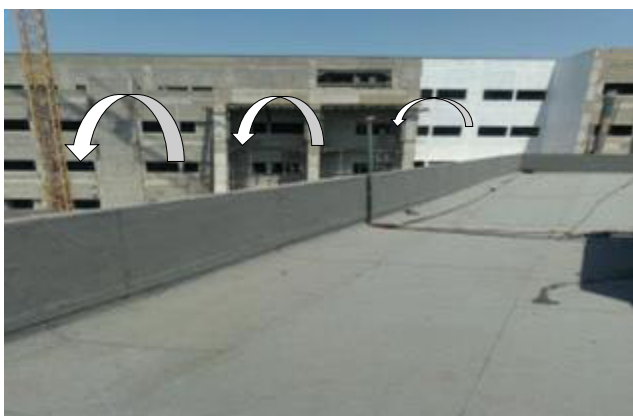


Figura 24. Parapeto, último piso bloque lateral derecho. Hospital Militar de Guayaquil

Típicamente los parapetos fallan fuera del plano y caen ante una acción sísmica.



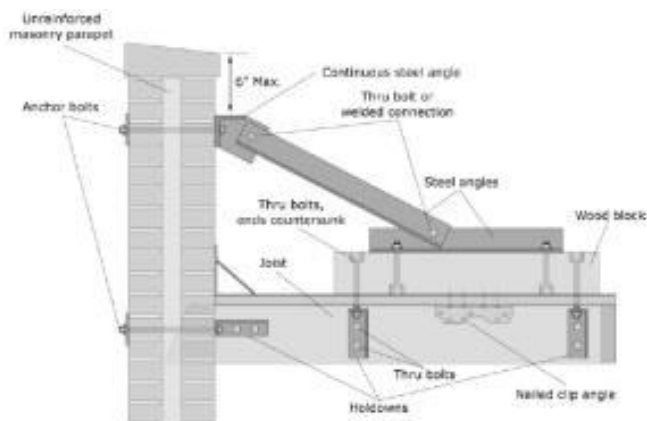
Figura 25. IZQ. Último piso bloque lateral derecho. DER. Foto FEMA E74

Los parapetos de mampostería sin refuerzo son propensos a fallar debido a su altura y esbeltez, ya que en el movimiento sísmico se generan esfuerzos en la base provocando grietas y colapso del elemento.

Consecuencia

Parapetos que caen desde alturas son peligrosos, destruyen todo lo que se encuentra bajo ellos. Las personas que transitan o salen del edificio corren riesgo de morir así como la destrucción de elementos como: autos, equipos mecánicos, etc.

Método de anclaje



Note: Typical brace configuration shown; parapet and roof conditions may vary widely. Provide appropriate weatherproofing and flashing details.

Figura 26. Foto FEMA E74 (6.3.5.1-7)

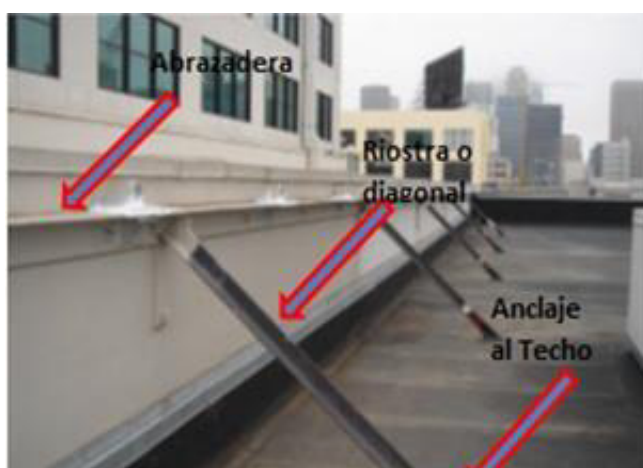


Figura 27. Foto Ejemplo FEMA E74 (6.3.5.1-4)

Los parapetos deben estar sujetos al techo o al piso para evitar su caída. Se utiliza arriostramientos espaciados.

Se abraza el elemento a una distancia de 6" como máximo desde la parte superior con perfiles metálicos realizando perforaciones a través del parapeto y las placas de acero, se sujeta y ajusta con pernos, las riostras o diagonales son perfiles angulares anclados a las placas y al techo ya sean soldados o empernados.

Se debe diseñar los anclajes para que puedan resistir las fuerzas provocadas por el sismo esperado.

La placa exterior de la abrazadera puede ser pintada o dada la forma para que esté acorde con la fachada de la edificación.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar el sistema de anclaje.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de propiedad. En la caída del elemento puede provocar muertes.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es moderado. Implica mano de obra de albañilería y materiales como son los perfiles angulares, pernos y suelda. La interrupción en la función del hospital es mínima para este trabajo ya que la labor principal es en las terrazas y techos.

Parapeto Metálico

Componente no estructural arquitectónico, debe ser seguro ya que se encuentra en las partes altas del hospital y junto a las calles.



Típicamente los parapetos fallan fuera del plano y caen ante una acción sísmica.

Figura 28. Parapeto sobre el último piso del bloque lateral derecho, Hospital Militar de Guayaquil



Figura 29. Izq. Foto FEMA 6.3.1.3-1. Der. E74 Foto FEMA E74 6.3.1.3-5

Los parapetos prefabricados y parapetos metálicos están expuestos a fallar debido a sus conexiones en mal estado, principalmente por la corrosión provocando la caída del elemento.

Consecuencia

Parapetos que caen desde alturas son peligrosos, destruyen todo lo que se encuentra bajo ellos. Las personas que transitan o salen del edificio corren riesgo de morir así como la destrucción de elementos como: autos, equipos mecánicos, etc.

Método de anclaje

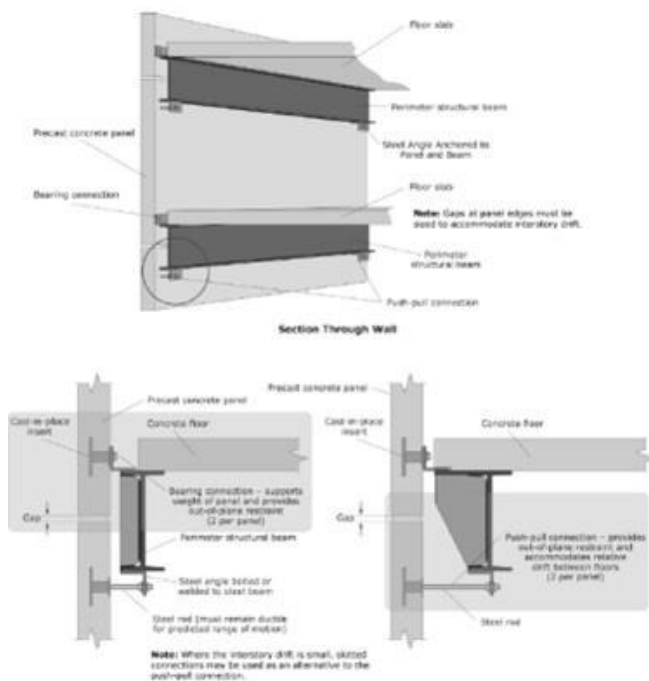


Figura 30.FEMA E74 (6.3.1.3-9)



Figura 31 Ejemplo FEMA E74 (6.3.1.3-8)

Los parapetos metálicos deben estar sujetos a la estructura. Las conexiones y las juntas requieren un diseño (conexiones).

Las conexiones de estos elementos deben ser reforzadas y libres de óxido, utilizando placas empernadas o soldadas a la estructura, deben ser pintadas con epóxidos para evitar que la humedad vuelva a corroer.

Debe existir espaciamientos entre elementos que se encuentren perpendiculares entre si ya sea la deriva calculada del piso o 0.5 de pulgada (lo que sea mayor).

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar las conexiones.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de propiedad. Por la caída del elemento puede provocar muertes.

Costo de implementación e interrupción.

El costo de implementación es moderado. Implica mano de obra de albañilería y materiales como son placas, pernos, suelda, etc. La interrupción en la función del hospital es mínima para este trabajo ya que la labor principal es en las terrazas y techos.

Ventanería (Vidrios)

Componente no estructural arquitectónico, se debe tener cuidado con estos elementos debido a su fragilidad.



Figura 32. Fachada, Bloque lateral izquierdo. Hospital Militar Guayaquil

Estos elementos están sujetos a fallas fuera del plano. El vidrio es particularmente vulnerable en estructuras flexibles con valores altos de deriva, pueden caer grandes y pequeños trozos de vidrio.



Figura 33. Izq. Fachada, Bloque central Hospital Militar de Guayaquil. Der. Foto FEMA E74

Los vidrios son elementos frágiles y sensibles a las deformaciones y aceleraciones de la estructura. El vidrio puede romperse en trozos grandes o pequeños, existen varios tipos de vidrios utilizados en ventanerías, puertas, etc., el vidrio normal que se rompe en forma de fragmentos grandes afilados, vidrio recocido y templado al romperse forman fragmentos pequeños tipo granizo, vidrios laminados y con láminas de seguridad para mantener a los trozos rotos en su lugar.

Consecuencia

La caída de los trozos de vidrio puede provocar cortaduras y lesiones a los ocupantes de la edificación y transeúntes de las entradas y salidas principales.

Método de anclaje

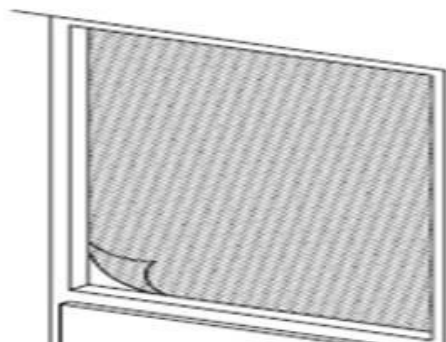


Figura 34. GHI Swiss Safety Manual

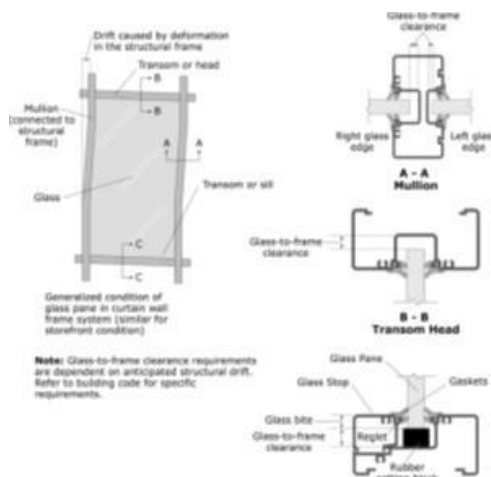


Figura 35. FEMA E74 (6.3.1.4-7)

Los vidrios deben ser elementos seguros, se debe reemplazar los vidrios normales por vidrios de seguridad como: vidrios templados o laminados. La utilización de láminas plásticas, ayudan a que los trozos de vidrio se queden atrapados y no puedan caer, se debe colocar principalmente en las ventanas sobre las salidas principales y de emergencia donde hay mayor probabilidad de lesiones en la caída de pedazos de vidrio.

Debe evitarse el que los cristales se rompan, para ello debe diseñarse un sistema de sujeción que permita que las deformaciones de la estructura no afecten al vidrio, calculando las derivas y deformaciones en cada piso causadas por el movimiento, el marco de la ventana constara con tres partes principales, travesaños superiores,

inferiores y laterales, los cuales tendrá espacios que permitirán la interacción y deformación del marco con la estructura pero existirá la holgura necesaria para evitar que los cristales se rompan.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar el sistema

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de propiedad. En la caída del elemento puede provocar heridos y muertes.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es costoso, se debe implementar especialmente en las zonas donde exista concentración de personas, entradas y salidas principales. La interrupción del hospital es moderada ya que se paralizaría momentáneamente la atención en las áreas de trabajo. En las zonas donde no existe concentración de personas se pueden crear jardines o espacios donde puedan caer los pedazos sin ocasionar más peligro.

Mampostería

Componente no estructural utilizado para crear divisiones bajo los requerimientos arquitectónicos.



Figura 36. Área de hospitalización. Hospital Militar de Guayaquil

La mampostería es sensible tanto a aceleraciones como a desplazamientos, fallando principalmente fuera del plano cuando no posee correctos detalles constructivos.



Figura 37. Izq. Área Quirófanos. Der. Foto FEMA E74 6.3.2.1-5

La mampostería no reforzada de bloque o ladrillo puede sufrir rajaduras y caer en forma de pedazos, grandes bloques e incluso toda la pared dentro o fuera de las habitaciones, esto ocurre cuando la pared no se encuentra anclada a las vigas y a las columnas.

Consecuencia

La caída de la pared o sus pedazos pueden herir y lastimar a las personas, puede provocar la obstaculización principalmente en las gradas y salidas de emergencia. Además de dañar sistemas eléctricos y sanitarios.

Método de anclaje

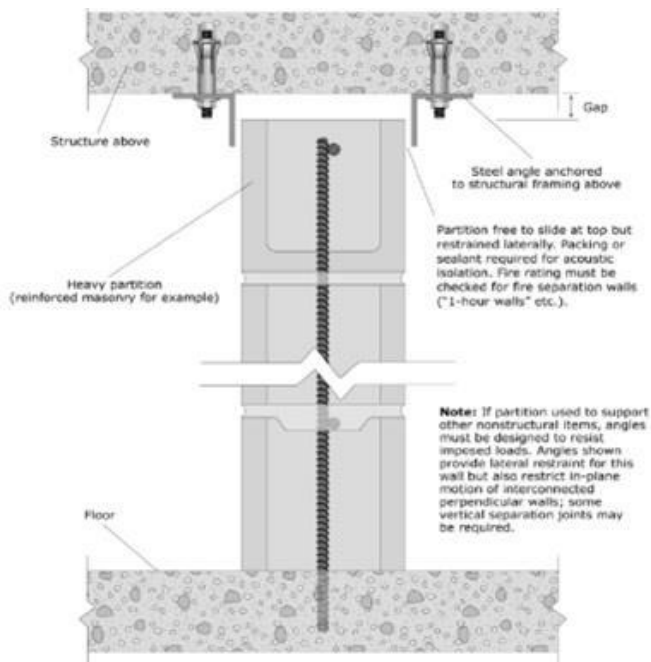


Figura 38. FEMA E74 (6.3.2.1-9)



Figura 39. FEMA E74 (6.3.2.1-8)

Generar espaciamientos entre la mampostería y la estructura, donde la estructura pueda deformarse libremente. En la parte superior se colocan perfiles angulares que restringen el movimiento de la mampostería. Los perfiles angulares deben ser capaces de soportar las fuerzas de volcamiento.

Si está sujeto a soportar

otros elementos, deben considerarse estas cargas.

Los espacios pueden ser rellenados con materiales flexibles como aisladores acústicos, espuma Flex, etc.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar el sistema.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de propiedad. En la caída del elemento puede provocar heridos y muertes.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es alto, se debe implementar especialmente en mampostería junto a gradas y salidas de emergencia. Implica mano de obra de albañilería y materiales como son mallas, perfiles, pernos, etc. La interrupción en la función del hospital es alta ya que se paralizaría la atención en las áreas de trabajo.

Cielo Raso (Gypsum)

Componente no estructural arquitectónico, utilizado para ocultar las instalaciones y crear ambientes agradables bajo las condiciones arquitectónicas.



Figura 40. Área de recaudación. Hospital Militar de Guayaquil

La falla en el cielo raso puede resultar a que el hospital pueda ser evacuado y pierda funcionalidad hasta que no se repare.



Figura 41. Der. Foto Hospital Militar de Guayaquil. Izq. Foto FEMA E74 6.3.4.1-2

Los paneles de cielo raso son ligeros, se encuentran suspendidos del techo y pueden caer por la separación que se genera entre los soportes y los paneles en el movimiento de la estructura. Elementos como las luces, ventilación, aspersores, etc., pueden oscilar y dañar el cielo raso.

Consecuencia

La caída de estos paneles, provocan lesiones a las personas, obstaculiza los corredores y salidas de emergencia dificultando la evacuación del edificio. Interrumpe el trabajo en áreas críticas como quirófanos, cuidados intensivos, etc. pueden golpear a pacientes y a equipos sensibles dejándolos sin funcionar.

Método de anclaje

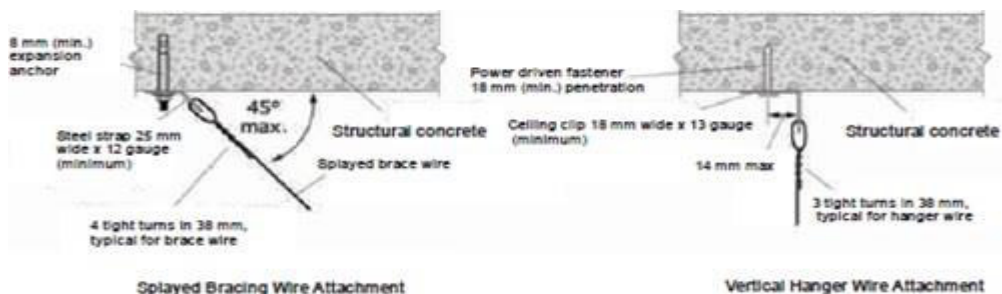


Figura 42. FEMA E74 (6.3.4.1-10)

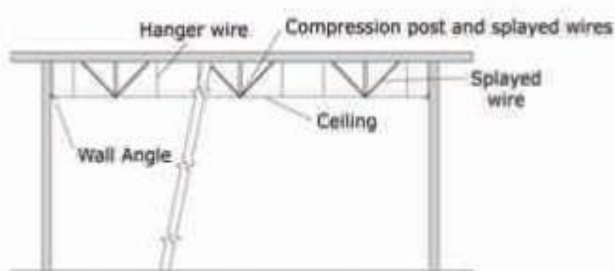


Figura 43. FEMA E74 (6.3.4.1-9)



Figura 44. Foto FEMA E74 (6.3.4.1-5)

El sistema de suspensión debe acoplarse al movimiento de la estructura con templadores y vástagos anclados a los elementos estructurales.

Los vástagos están empotrados a la losa con separaciones entre ellos de máximo 12' y 8' desde la pared. Los templadores estarán conectados de forma diagonal desde la conexión del vástago con el sistema de suspensión.

Los cables de suspensión se los coloca de forma vertical con una separación máxima de 4' entre ellos y de 8" con la pared.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar el sistema.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de la propiedad. En la operatividad del hospital ya que sus funciones no pueden ser interrumpidas.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería y materiales como son cables, tubos, tornillos, etc., La interrupción en el hospital es moderada ya que se paralizaría la atención en las áreas de trabajo.

Ventanería interior (aluminio y vidrio)

Componente no estructural arquitectónico.

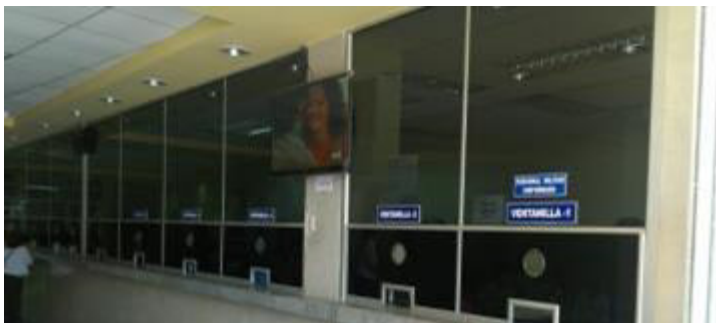


Figura 45. Área de recaudación. Hospital Militar de Guayaquil

Los vidrios pueden ser dañados por cargas en y fuera del plano. Pueden fallar, provocar daños y obstaculizar los sectores de evacuación.

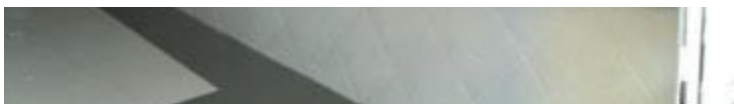


Figura 46. Izq. Estación de enfermería. Segundo piso. Der. Foto FEMA E74 6.3.2.3-3

Las ventanas interiores tienen un alto riesgo de daño por el movimiento sísmico de la estructura, ya que por lo general no cuentan con soportes apropiados de aislación que permitan las deformaciones del edificio sin afectar a estos elementos. Pueden ser muy peligrosos si se encuentran ubicados en las partes superiores ya que pueden caer trozos de vidrio.

Consecuencia

Provoca daños en las conexiones, en el techo, deformaciones en los marcos de aluminio dejándolos inservibles, y más peligroso, vidrios rotos que pueden herir al personal, si caen de lugares altos pueden incluso matar.

Método de anclaje

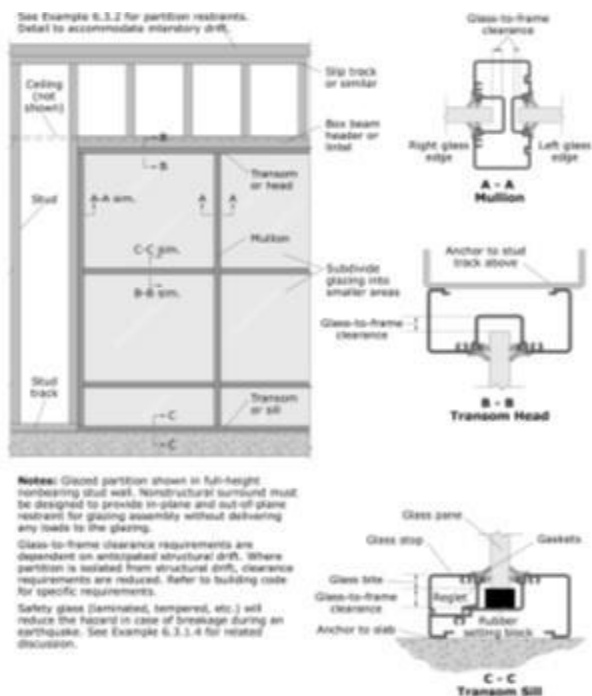


Figura 47. FEMA E74 (6.3.2.3-6)



Figura 48. Foto FEMA E74 (6.3.2.3-5)

Debe evitarse el que los cristales se rompan, para ello el sistema de sujeción debe permitir que las deformaciones de la estructura no afecten al vidrio.

El marco de la ventana constara con tres partes principales, travesaños superiores, inferiores y laterales, los cuales tendrá espacios que permitirán la deformación del marco junto con la estructura pero existirá la holgura para evitar la fracturación de los cristales

Los vidrios deben ser elementos seguros, por lo tanto, se debe reemplazar por vidrios de seguridad como: vidrios templados o laminados.

La utilización de láminas plásticas, ayudan a que los trozos de vidrio se queden atrapados y no puedan caer.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar el sistema.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de la propiedad. En la caída del elemento puede provocar heridos y muertes.

Costo de implementación e interrupción.

El costo de implementación es costoso, se debe reemplazar la ventanería con marcos apropiados o por vidrios de seguridad o colocar láminas de seguridad con el personal calificado. La interrupción en la función del hospital es moderada. Paralizaría momentáneamente la atención en las áreas de trabajo.

Mamparas (aluminio y vidrio)

Componente no estructural arquitectónico



**Figura 49. Área de Quirófanos.
Hospital Militar Guayaquil**

Mamparas pueden ser dañadas como resultado de cargas en y fuera del plano a menos que tengan detalles adecuados de ensamblaje. Puede existir riesgo si fallan en áreas como corredores, o cuando necesiten ser evacuados utilizando estas áreas. Son vulnerables cuando no existe el suficiente espaciamiento y aislamiento para acomodarse a los desplazamientos que se produzcan.



Figura 50. Izq. Segundo piso. Área de consultas. Der. Foto FEMA E74 6.3.2.3-3

Las mamparas tienen un alto riesgo de daño por el movimiento sísmico de la estructura, ya que por lo general no cuentan con soportes apropiados de aislación que permitan las deformaciones del edificio sin afectar a estos elementos. Pueden ser muy peligrosas si se encuentran ubicadas en las partes superiores ya que pueden caer trozos de vidrio.

Consecuencia

Provoca daños en las conexiones, en el techo, deformaciones en los marcos de aluminio dejándolos inservibles, y más peligroso, vidrios rotos que pueden herir al personal, si caen de lugares altos pueden incluso matar.

Método de anclaje

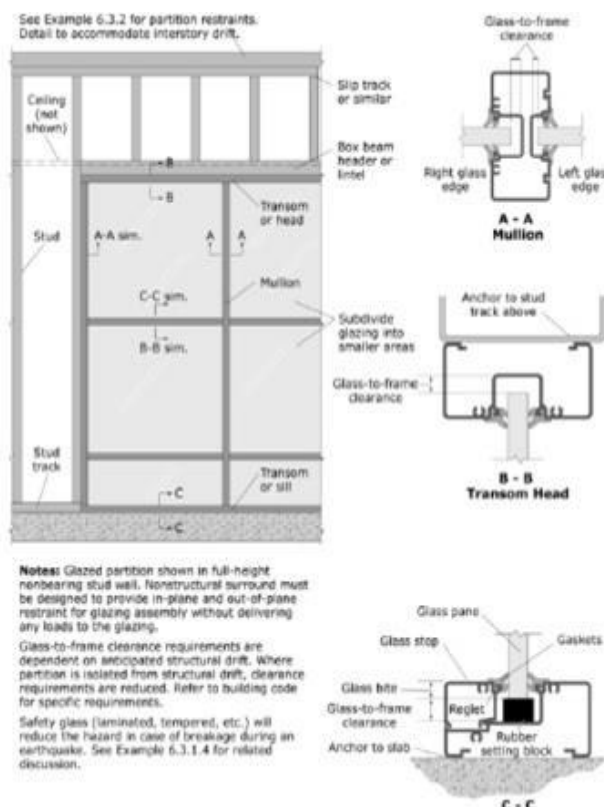


Figura 51. FEMA E74 (6.3.2.3-6)



Figura 52. FEMA E74 (6.3.2.3-4)

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar el sistema.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de la propiedad. En la caída del elemento puede provocar heridos y muertes.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es costoso, se debe reemplazar las mamparas con marcos apropiados y por vidrios de seguridad o colocar láminas de seguridad con el personal calificado. La interrupción en la función del hospital es moderada. Paralizaría momentáneamente la atención en las áreas de trabajo.

Debe evitarse el que los cristales se rompan, para ello el sistema de sujeción debe permitir que las deformaciones de la estructura no afecten al vidrio.

El marco de la ventana constara con tres partes principales, travesaños superiores, inferiores y laterales, los cuales tendrán espacios que permitirán la deformación del marco junto con la estructura pero existirá la holgura para evitar la fracturación de los cristales.

Los vidrios deben ser elementos seguros, por lo tanto, se debe reemplazar por vidrios de seguridad como: vidrios templados o laminados.

La utilización de láminas plásticas, ayudan a que los trozos de vidrio se queden atrapados y no puedan caer.

Mamparas (aluminio y vidrio)

Componente no estructural arquitectónico, utilizado para dividir espacios, mejorar la visibilidad, la entrada de luz y como protección en ciertos sectores.



Figura 53. Áreas administrativas. Hospital Militar de Guayaquil

Mamparas pueden ser dañadas como resultado de cargas en y fuera del plano a menos que tengan detalles adecuados de ensamblaje. Puede existir riesgo si fallan en áreas como corredores, o cuando necesiten ser evacuados utilizando estas áreas. Son vulnerables cuando no existe el suficiente espaciamiento y aislamiento para acomodarse a los



Figura 54. Izq. Mampara. Hospital Militar de Guayaquil. Der. Foto FEMA E74 6.3.2.3-2

Las mamparas tienen un alto riesgo de daño debido a que al existir deformación de la estructura y al no haber soportes adecuados hace que sufra fisuración y daño. Pueden ser muy peligrosos si se encuentran ubicados en las partes superiores ya que pueden caer trozos de vidrio.

Consecuencia

Provoca deformaciones en los marcos de aluminio dejándolos inservibles, vidrios rotos que pueden herir al personal, si caen de lugares altos pueden incluso matar.

Método de anclaje

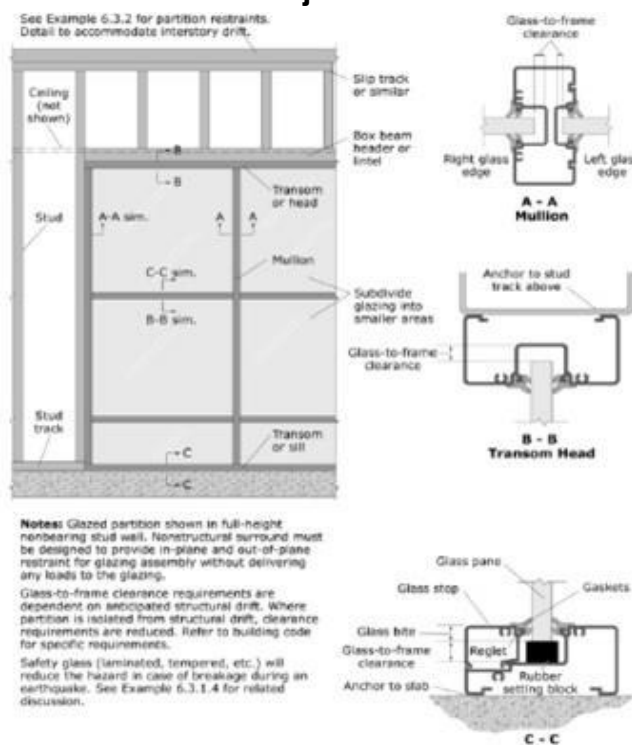


Figura 55. FEMA E74 (6.3.2.3-6)



Figura 56. FEMA 767

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar el sistema

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida. En la caída del elemento puede provocar heridos y muertes.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es costoso, se debe arriostrar y colocar marcos apropiados con vidrios de seguridad o colocar láminas de seguridad con el personal calificado. La interrupción en la función del hospital es moderada. Paralizaría momentáneamente la atención en las áreas de trabajo.

Debe evitarse el que los cristales se rompan, para ello el sistema de sujeción debe permitir que las deformaciones de la estructura no afecten al vidrio, calculando las derivas y deformaciones en cada piso.

El marco de la ventana constara con tres partes principales, travesaños superiores, inferiores y laterales, los cuales tendrá espacios que permitirán la deformación del marco con la estructura pero existirá la holgura para evitar la fracturación de los cristales.

Mamparas que sirven como divisiones interiores necesitan ser estabilizadas con arriostramientos fijados en la estructura del edificio.

Caldero

Componente no estructural mecánico, utilizado para calentar el agua.



Se observa un adecuado anclaje. Riesgo puede ocurrir en el momento que exista una falla en la conexión entre el acero y el hormigón. Fuertes movimientos pueden causar que el caldero se mueva y rompa las tuberías y las conexiones; siendo importante revisar las mismas.

Figura 57. Casa de máquinas. Hospital Militar de Guayaquil



Figura 58. Izq. Conexiones Caldero. Der. Foto FEMA E74 6.4.1.1-1

Los calderos son equipos útiles para la operación del hospital. Si no cuentan con un buen anclaje, estos pueden deslizarse o volcarse.

Consecuencia

Provoca daños en las conexiones de tubería, daños internos y la operación del equipo queda comprometida o fuera de servicio.

Método de anclaje

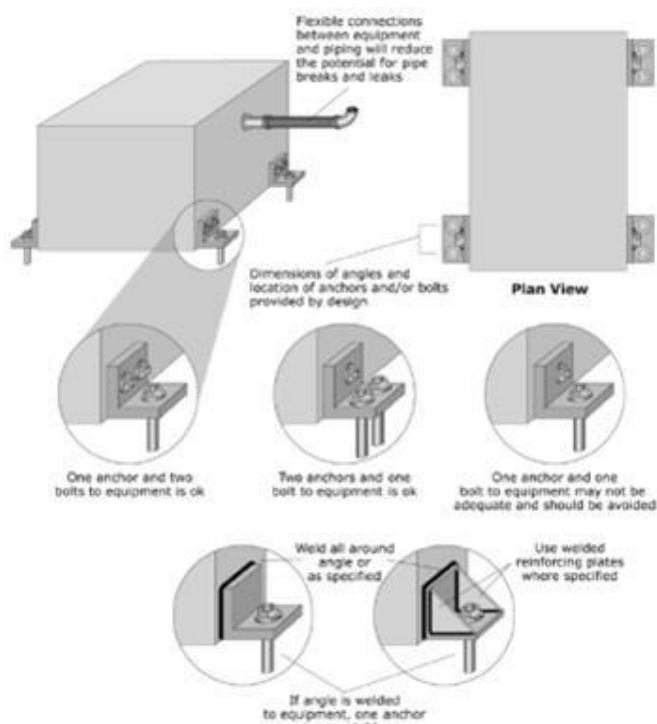


Figura 59. FEMA E74 (6.4.1.1-7)

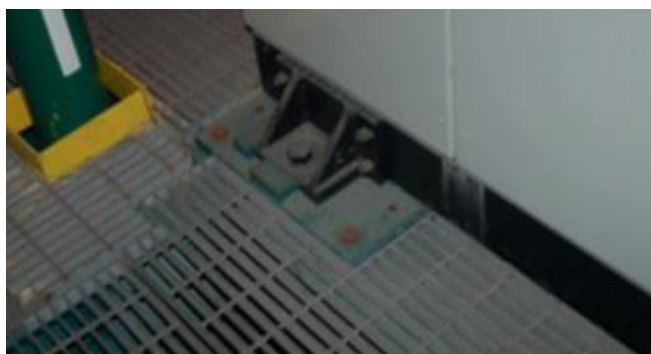


Figura 60. FEMA E74 (6.4.1.1-4)

Las calderas deben colocarse sobre una loseta de hormigón armado, en las zonas de los apoyos se dejan pernos salidos para anclar el equipo.

Se debe considerar para el diseño del anclaje las fuerzas inerciales provocadas por el sismo esperado.

Las conexiones de tuberías deben ser flexibles para impedir su ruptura.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá calcular el anclaje.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de función, la utilidad del equipo en el hospital es alta.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería, acero de refuerzo, pernos, etc. La interrupción en la función del hospital es nula y del equipo es mínima.

Generador de emergencia

Componente no estructural mecánico, utilizado para obtener energía eléctrica en caso de emergencia.



Figura 61. Casa de máquinas. Foto Hospital Militar de Guayaquil

Es necesario este sistema para suplir la falta de electricidad causada por alguna interrupción. Fuertes movimientos pueden causar que el generador se desplace y rompa las conexiones; siendo importante revisar las mismas.



Figura 62. Izq. Anclaje Generador Hospital Militar de Guayaquil. Der. Foto FEMA E74 6.4.1.1-1

Los generadores de emergencia son equipos esenciales para el hospital, si no cuentan con un buen anclaje, estos puede deslizarse o volcarse.

Consecuencia

Provoca daños en las conexiones eléctricas, tuberías de combustible, etc., La función y operación del equipo queda comprometida o fuera de servicio provocando falla en el sistema eléctrico y complicando la operatividad del hospital después de un sismo.

Método de anclaje

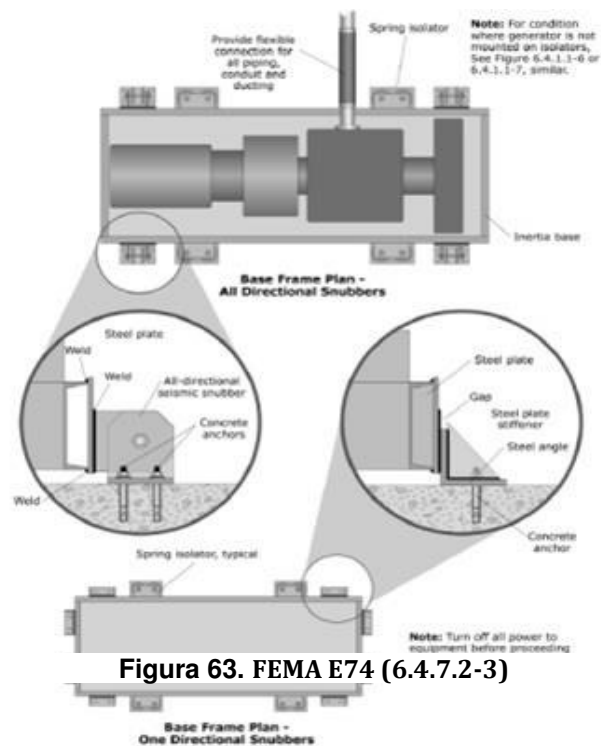


Figura 63. FEMA E74 (6.4.7.2-3)

Los generadores deben colocarse sobre una loseta de hormigón armado, las bases ancladas a la loseta deben resistir las fuerzas sísmicas.

Colocar aisladores de base para controlar el movimiento, disminuir las deformaciones y las fuerzas, garantiza la conservación y funcionamiento del equipo.

Las tuberías deben tener conexiones flexibles para impedir su ruptura.



Figura 64. Izq. FEMA E74 (6.4.1.1-4). Der. FEMA 767

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá calcular el anclaje.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de función, la utilidad del equipo en un post terremoto es alta.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería, acero de refuerzo, pernos, etc. La interrupción en la función del hospital es nula y del equipo es mínima.

Tanque de combustible

Componente no estructural mecánico, utilizado para almacenamiento y despacho de combustible diésel.



Figura 65. Exterior. Hospital Militar de Guayaquil

No hay problema ya que por la forma de los apoyos impediría el movimiento del tanque.



Figura 66. Izq. Apoyos. Tanque de combustible. Der. Foto FEMA E74

Debido a la masa y volumen de combustible si no cuenta con buenos apoyos estos elementos pueden rodar y golpear otros equipos y personas.

Consecuencia

Provoca daños en las conexiones, tuberías de combustible, etc. Puede romperse dejando regado el combustible y en el peor de los casos provocar un incendio.

Método de anclaje



Figura 67. Tanque de combustible

Los apoyos impedirían el movimiento del tanque debido a su forma.

Experiencia Requerida

No aplica.

Se recomienda prioridad

No aplica.

Costo de implementación e interrupción.

No aplica.

Tubería

Componente no estructural para la conducción de líquidos y gases, utilizado para conducir agua, oxígeno, gases médicos, etc.



Figura 68. Casa de máquinas-Exterior. Hospital Militar de Guayaquil

Tuberías son particularmente vulnerables al daño en las uniones, curvas, ingresos de paredes o a elementos estructurales y a conexiones con equipos. La tubería se puede dañar como resultado de los desplazamientos.



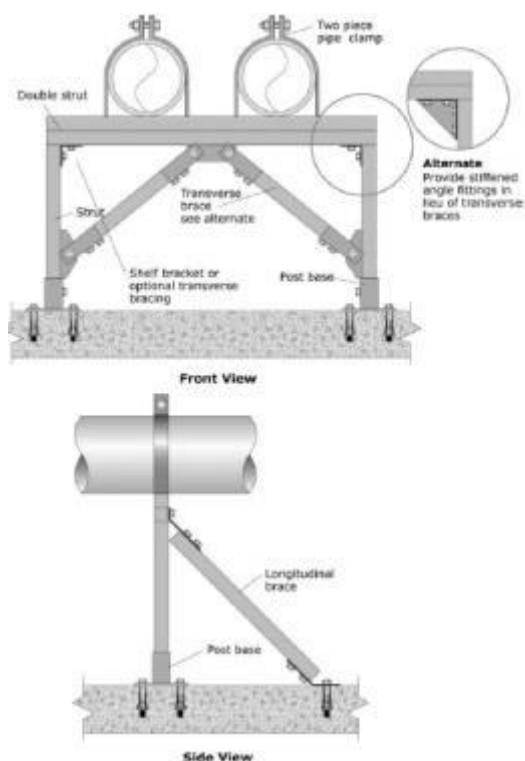
Figura 69. Foto FEMA E74

Tuberías verticales son vulnerables al daño en las intersecciones con las losas. Las derivas de piso a los elementos verticales son el factor de respuesta estructural que más afecta.

Consecuencia

Provoca daños en las conexiones, pérdida de tuberías, pérdida en la función de los servicios de operación, comprometiendo la operatividad del hospital después de un sismo.

Método de anclaje



En casos donde la estética y la necesidad de las instalaciones se deberá soterrar y acoplar en los extremos ductos flexibles los mismos que absorban las deformaciones.

Se debe restringir el movimiento horizontal y vertical de la tubería, utilizando soportes anclados al suelo y abrazaderas que sujeten la tubería.

Los soportes pueden ser diseñados de diferentes configuraciones, siendo capaces de resistir las cargas y las fuerzas generadas por el sismo.

Figura 70. FEMA E74 (6.4.3.5-7)



Figura 71. FEMA E74 (6.4.3.5-6)

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá calcular los soportes y los anclajes.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de función. La utilidad de la tubería es alta.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es moderado. Implica la fabricación de los soportes, excavación para soterramiento, etc. La interrupción en la función del hospital es mínima y de la tubería es mínima.

Transformador

Componente no estructural eléctrico, utilizado para la transformación de la energía eléctrica.



Figura 72. Planta baja. Bloque central. Hospital Militar de Guayaquil
Movimientos fuertes pueden causar desplazamientos y ruptura en sus conexiones.



Figura 73. Foto FEMA E74 6.4.7.3-1

Los transformadores son equipos indispensables para la funcionalidad del hospital que al no estar anclados pueden desplazarse o volcarse.

Consecuencia

Provoca daños en los componentes internos del transformador, pérdida de funcionalidad, pérdida de energía eléctrica, comprometiendo la operatividad del hospital.

Método de anclaje

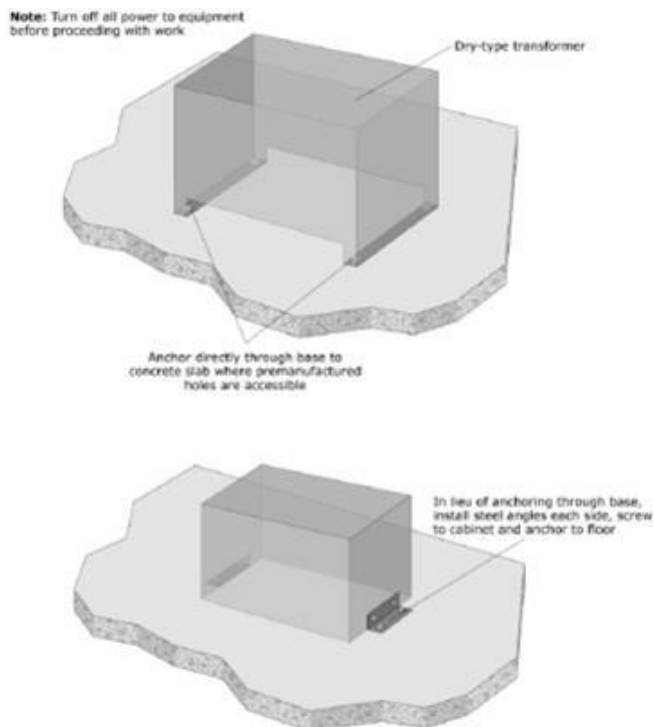


Figura 74. FEMA E74 (6.4.7.3-2)



Figura 75. FEMA E74 (6.4.1.1-4)

Los generadores deben colocarse sobre una loseta de hormigón armado, las bases ancladas a la loseta deben resistir las fuerzas sísmicas.

Colocar aisladores de base para controlar el movimiento, disminuir las deformaciones y las fuerzas, garantiza la conservación y funcionamiento del equipo.

Las tuberías deben tener conexiones flexibles para impedir su ruptura.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá calcular los anclajes.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de función, la utilidad del equipo es alta.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería, acero de refuerzo, pernos, etc. La interrupción en la función del hospital es mínima y del equipo es mínima.

Tubería

Componente no estructural para la conducción de líquidos y gases, utilizado para conducir agua, oxígeno, gases médicos, etc.



Figura 76. Planta Baja. Tubería entre bloques.

Tuberías son particularmente vulnerables al daño en las uniones, curvas, ingresos de paredes o a elementos estructurales y a conexiones con equipos. La tubería se puede dañar como resultado de los desplazamientos.

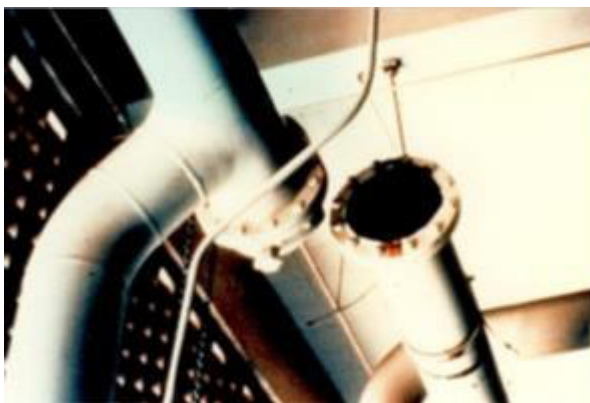


Figura 77. Foto FEMA E74 6.4.3.1-1

La tubería no resiste los desplazamientos de la estructura especialmente cuando a traviesan juntas constructivas y pisos.

Consecuencia

Provoca daños en las conexiones, pérdida de tuberías, pérdida en la función de los servicios de operación, comprometiendo la operatividad del hospital después de un sismo.

Método de anclaje

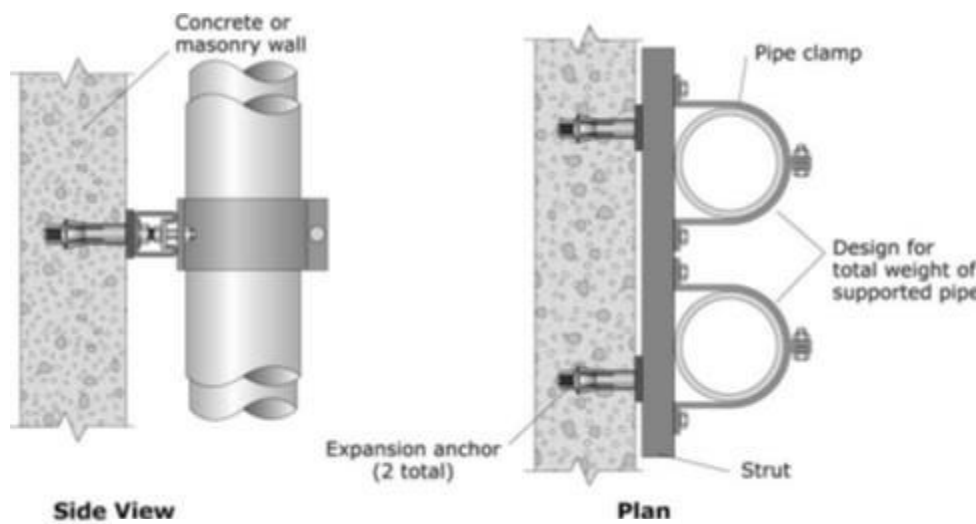


Figura 78. FEMA E74 (6.4.3.5-7)



Figura 79. FEMA 767

Se debe restringir el movimiento horizontal y vertical de la tubería, utilizando soportes anclados a las paredes y abrazaderas que sujeten la tubería.

Los soportes pueden ser diseñados de diferentes configuraciones, siendo capaces de resistir el peso y las vibraciones de las tuberías.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar los soportes y los anclajes.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de función, la utilidad de la tubería es alta.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica la fabricación de los soportes. La interrupción en la función del hospital es nula y de la tubería es nula.

Equipos de climatización

Componente no estructural mecánico, utilizado para climatizar el ambiente.



Figura 80. Equipos suspendidos. Bloque Central

Fuertes movimientos pueden causar que estas unidades se separen de sus soportes y caigan en el interior o exterior del hospital. La caída de un equipo puede causar un grave accidente o la muerte a quien este debajo.

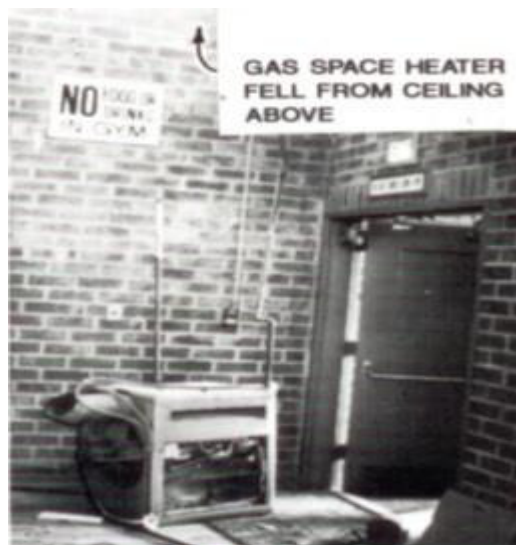


Figura 81. Izq. Equipo consulta externa. Der. Foto FEMA E74 6.4.1.6-1

Estos equipos se encuentran distribuidos en todas las áreas del hospital y al no contar con soportes anclados pueden desplazarse y caer.

Consecuencia

En su caída puede dañarse el equipo y además provocar daños a otras estructuras o instalaciones incluyendo accidentes personales y hasta la muerte.

Método de anclaje

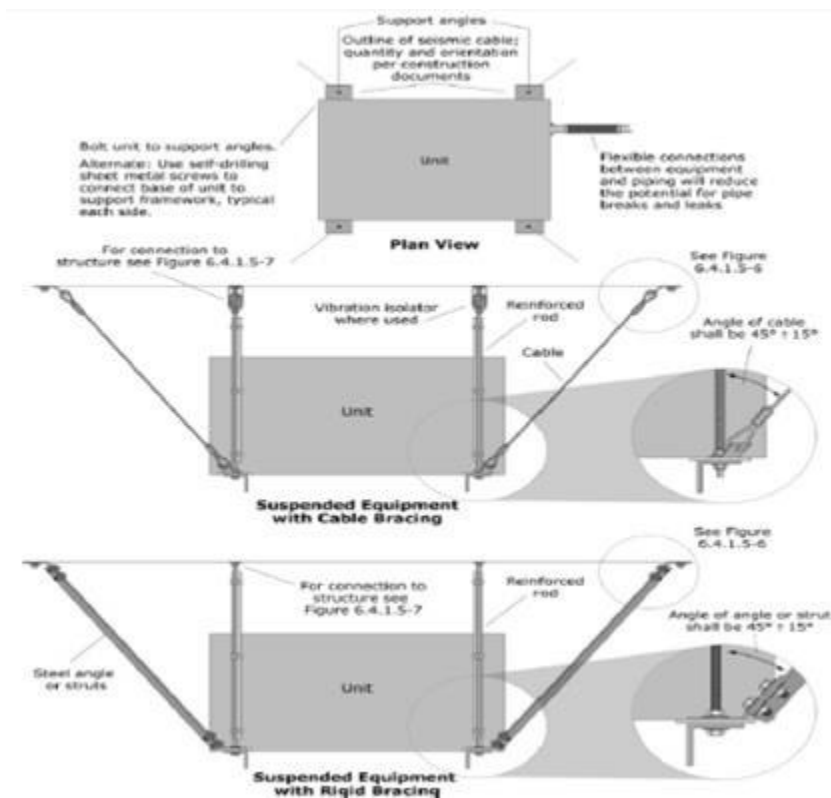


Figura 82. FEMA E74 (6.4.1.6-2)

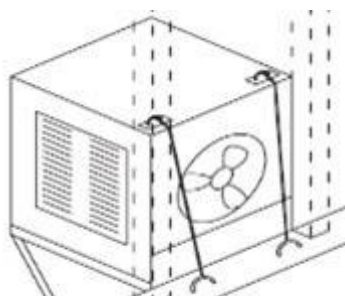


Figura 83. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual

Los equipos deben ser arriostrados y anclados a la estructura con tensores y soportes que impidan su vibración, de tal forma que se desplacen con la estructura y no sufran daño sus componentes.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá calcular el anclaje.

Se recomienda prioridad

Perdida de función, pérdida de la propiedad. Es necesario mantener una temperatura moderada dentro del hospital.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería, perfilaría metálica, soldadura, pernos, etc. La interrupción en la función del hospital es nula y del equipo es mínima.

Equipos de climatización

Componente no estructural mecánico, utilizado para climatizar el ambiente.



Movimientos fuertes pueden causar desplazamientos y que se rompan sus conexiones. La caída de un equipo puede causar un grave accidente o la muerte a quien este debajo.

Figura 84. Segundo piso. Exterior terraza.



Figura 85. Izq. Terraza Hospital Militar de Guayaquil. Der. Foto FEMA E74 6.4.1.4-3

Estos equipos se encuentran distribuidos en diferentes plantas del hospital, al no contar con soportes y anclajes en su estructura al piso, estos equipos pueden sufrir desplazamientos y volcamientos.

Consecuencia

En sus desplazamientos pueden provocar daños en las instalaciones que afecten a su funcionamiento ocasionando daños en sus componentes internos dejando inservible al equipo.

Método de anclaje

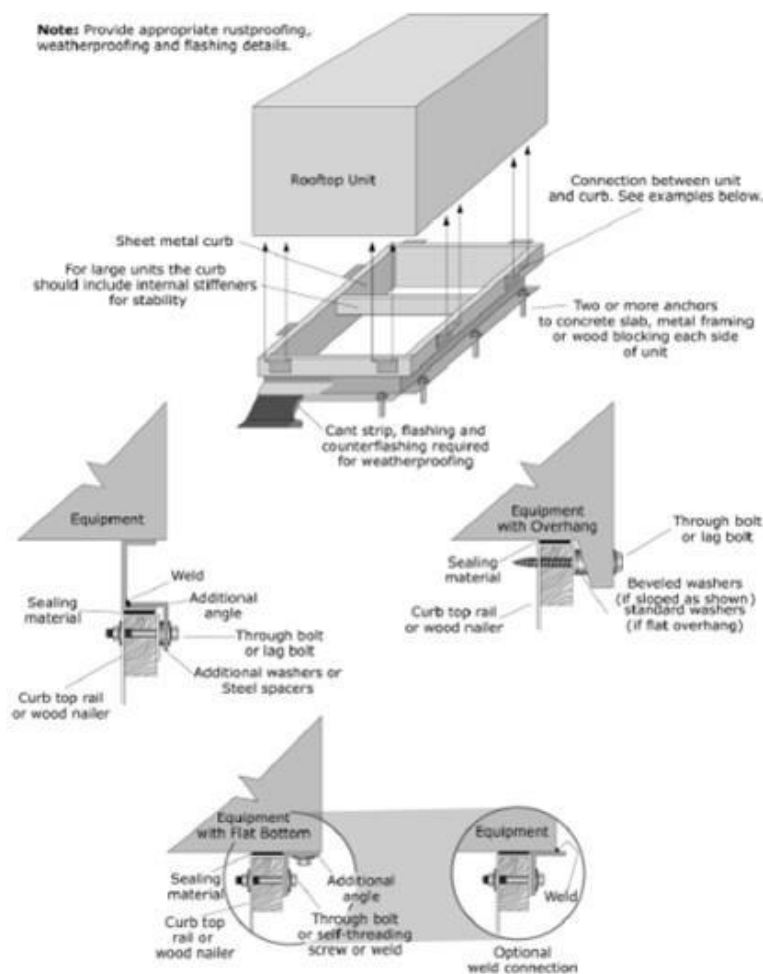


Figura 86. FEMA E74 (6.4.1.4-4)

Estos equipos deben estar sujetos a soportes anclados al piso, y cubiertos para evitar su deterioro.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá calcular el anclaje.

Se recomienda prioridad

Perdida de función, pérdida de propiedad, son necesarios por la ubicación geográfica del hospital.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería, perfilaría metálica, soldadura, pernos, etc. La interrupción en la función del hospital es nula y del equipo es mínima.

Ascensores

Componente no estructural mecánico, utilizado para movilizar personal y pacientes.



Figura 87. Foto Hospital Militar de Guayaquil

El ascensor se puede atascar y atrapar a las personas en el interior en caso de terremoto.



Figura 88. Foto FEMA E74. 6.4.10.2-1

Debido al oscilamiento de la estructura, el cubículo de transporte puede atascarse ocasionando la ruptura de los cables y provocar una caída libre de sus componentes.

Consecuencia

Posible accidente debido a la caída del cubículo, provocando heridos y muertes por el impacto.

Método de anclaje

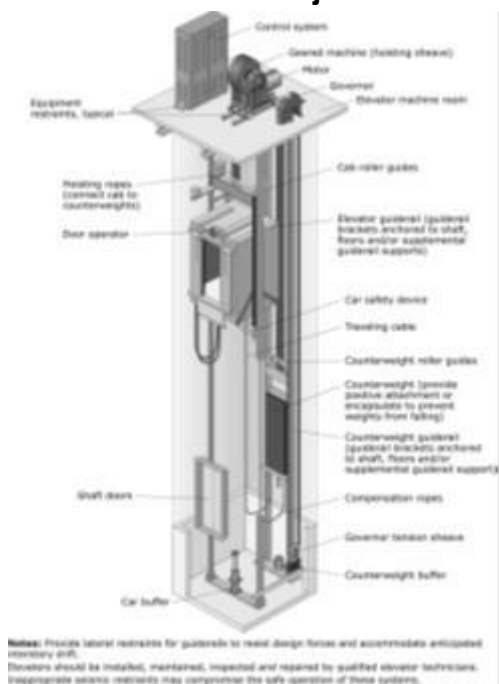


Figura 89. FEMA E74 (6.4.10.2-7)

Todos los componentes del sistema deben tener restricción para los movimientos laterales causados por un sismo.

Las rieles de la cabina y contrapesa deben tener arriostramientos que los mantengan en su lugar.



Figura 90. FEMA E74 (6.4.10.2-6)

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá calcular los arriostramientos.

Se recomienda prioridad

Perdida de función. Es necesario para poder transportar a los usuarios.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es moderada, implica mano de obra de carpintería metálica, perfilería, soldadura, pernos, etc. La interrupción en la función del hospital es mínima y del equipo es alta.

Caja de distribución eléctrica

Componente no estructural eléctrico, utilizado para la distribución de cables.



**Figura 91. Tercer piso. Corredor.
Hospital Militar de Guayaquil**

Fuertes movimientos pueden causar que la tubería de los conectores falle o se separe de sus acoplamientos.



Figura 92. Foto FEMA E74

Debido al movimiento de la estructura las instalaciones pueden sufrir deformaciones y causar inclusive circuitos dentro de la tubería, y en el mismo panel de control.

Consecuencia

Falla en el funcionamiento de todo el aparataje eléctrico, dejando inoperativo al hospital.

Método de anclaje



Figura 93. Foto Hospital Militar de Guayaquil

Todos los componentes del sistema deben tener restricción para los movimientos y evitar las deformaciones excesivas.

Para ello se debe usar anclajes rígidos acoplados directamente a los elementos estructurales y sujetando los cables con abrazaderas.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá calcular los anclajes.

Se recomienda prioridad

Perdida de función. Es indispensable para el funcionamiento del hospital.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de tecnicada, perfilaría metálica, pernos, etc. La interrupción en la función del hospital es mínima y del equipo es mínima.

Tubería de aire

Componente no estructural para la conducción de líquidos y gases, utilizado para la ventilación del hospital.



Figura 94. Bloque central. Hospital Militar de Guayaquil

En un movimiento sísmico, los apoyos pueden flejar haciendo perder la sujeción del elemento y provocar su caída.



Figura 95. Foto FEMA E74 6.4.6.1-1

Si el ducto no se encuentra anclado a la estructura puede oscilar y fatigar las conexiones ocasionando su ruptura y caída.

Consecuencia

El desprendimiento del ducto puede afectar a otros equipos y sobre todo perder su funcionalidad.

Método de anclaje

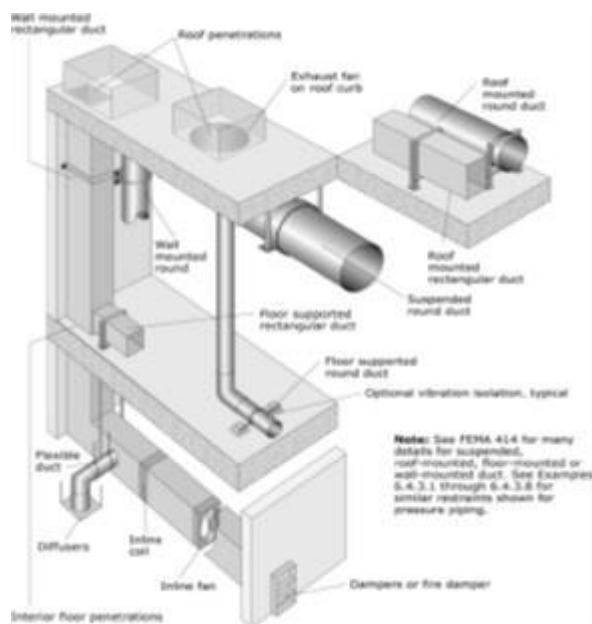


Figura 96. Foto FEMA E74 (6.4.6.1-7)

Todos los elementos del ducto deben estar anclados y sujetos a la estructura.

A través de arriostramientos que deberán estar sujetos a las vigas y losas con cables templadores que controlarán los desplazamientos del ducto.

Debe colocarse tubería flexible especialmente en la unión entre edificios.

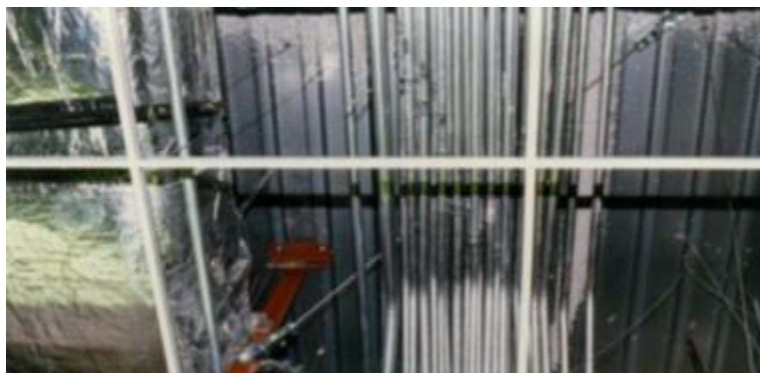


Figura 97. Foto FEMA E74 (6.4.6.1-4)

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar los anclajes y riostras.

Se recomienda prioridad

Perdida de función. Es necesario para controlar la temperatura del edificio.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería, perfilaría metálica, pernos, cables, etc. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es nula.

Computadoras y accesorios

Componente no estructural de contenido en equipos, utilizado para el registro y desenvolvimiento del personal.



Figura 98. Área Imagenología. Oficinas.

En un movimiento sísmico, los equipos pueden desplazarse, caer perdiendo información y daño en los mismos.



Figura 99. Izq. Área Imagenología. Der. Foto FEMA E74 6.5.3.3-1

Estos equipos contienen información esencial sobre el personal y los pacientes, debido al movimiento de la estructura, los equipos pueden deslizarse y caer.

Consecuencia

Al caer pueden dañar sus componentes internos, dejándolos inservibles y provocar pérdida de información y registro de pacientes.

Método de anclaje



Figura 100. FEMA E74 (6.5.3.3-3)

Los equipos deben estar sujetos a los escritorios, para ello debe utilizarse láminas o bloques adhesivos que impidan el desplazamiento de los mismos, y eviten su caída.



Figura 101. Foto GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual

Experiencia Requerida

Puede hacerlo cualquier persona.

Se recomienda prioridad

Perdida de función, pérdida de propiedad. Es necesario por la información, registro y atención de personal, pacientes y usuarios en general.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica los sujetadores y un personal no calificado. La interrupción hospitalaria es nula y del equipo es nula.

Televisiones, monitores (montados sobre la pared)

Componente no estructural de contenido en equipos, utilizado para la distracción y desenvolvimiento del personal.



Figura 102. Área de Hemodiálisis

En un movimiento sísmico, los equipos pueden caer sobre los pacientes. Los monitores en unidades de cuidados intensivos pueden quedar inoperantes.



Figura 103. Izq. Área de cuidados intensivos . Der. Foto FEMA E74 6.5.3.4-1

Por el movimiento de la estructura, los soportes inadecuados y la ubicación de los mismos, los anclajes pueden sufrir fatiga y los equipos desprenderse.

Consecuencia

Pueden caer provocando daño interno en sus componentes, dejándolos inservibles, daño a otros equipos, lesiones al personal y a pacientes.

Método de anclaje

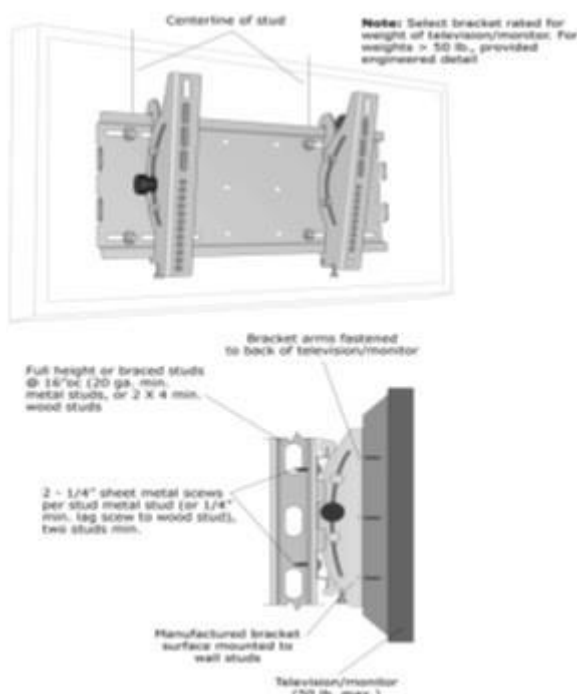


Figura 104. FEMA E74 (6.5.3.4-4)



Figura 105. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual

Los televisores deben montarse de manera segura sobre soportes específicos y estos deben estar anclados en paredes.

Reemplazar por equipos más livianos.

Experiencia Requerida

Puede hacerlo personal técnico.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida pérdida de propiedad, pueden lesionar a profesionales y pacientes.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica los sujetadores, tornillos y un personal técnico. La interrupción hospitalaria es nula y del equipo es mínima.

Estanterías

Componente no estructural mobiliario, utilizado para el almacenamiento de registros e información.



En un movimiento sísmico, las estanterías se volcaran y provocarían daño.

Figura 106. Planta baja. Sección de archivo



Figura 107. Izq. Registro de historias médicas. Der. Foto FEMA E74 6.5.2.2-1

Las estanterías son muy vulnerables a movimientos sísmicos, por ser altas y esbeltas pueden volcarse. Contienen información importante y útil para el hospital que podría dañarse.

Consecuencia

Pueden provocar el colapso de la estantería, pérdida y mezcla de información y registros, provocar lesiones si una persona se encuentra atrapada.

Método de anclaje

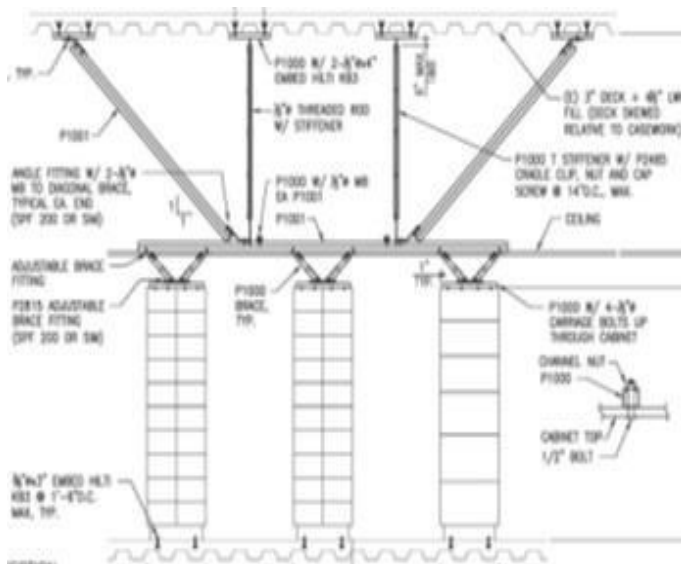


Figura 108. FEMA 767



Figura 109. Foto FEMA 767

Las estanterías deben estar ancladas fijamente al piso y también en la parte superior con arriostramientos a la estructura del edificio.

Arriostrar los estantes, primero hasta el nivel del cielo falso, de esta manera pueden esconderse los arriostramientos en la mampara de la estantería, otros arriostramientos se colocaran desde los soportes del cielo falso hasta la estructura.

El resultado puede ser estéticamente agradable, técnico, funcional y cumple con los objetivos de seguridad.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar las conexiones y apoyos necesarios.

Se recomienda prioridad

Perdida de función. La información de los pacientes es necesaria para el hospital.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es moderado. Implica mano de obra en carpintería metálica, perfiles, pernos, etc. La interrupción hospitalaria es nula y del equipo es moderada.

Estanterías

Componente no estructural mobiliario, utilizado para el almacenamiento de medicamentos.



Figura 110. Farmacia. Exterior. Hospital Militar Guayaquil

En un movimiento sísmico, los elementos pueden volcarse, provocar daño y pérdida de los medicamentos.



Figura 111. Izq. Área Emergencia. Der. Foto FEMA E74 6.5.4.1-2

Las estanterías son muy vulnerables a movimientos sísmicos, por ser altas y esbeltas pueden volcarse. Contienen medicamentos y productos necesarios para los pacientes.

Consecuencia

Pueden provocar el colapso de la estantería, pérdida, destrucción de ciertos medicamentos y desorden de todos los productos.

Método de anclaje

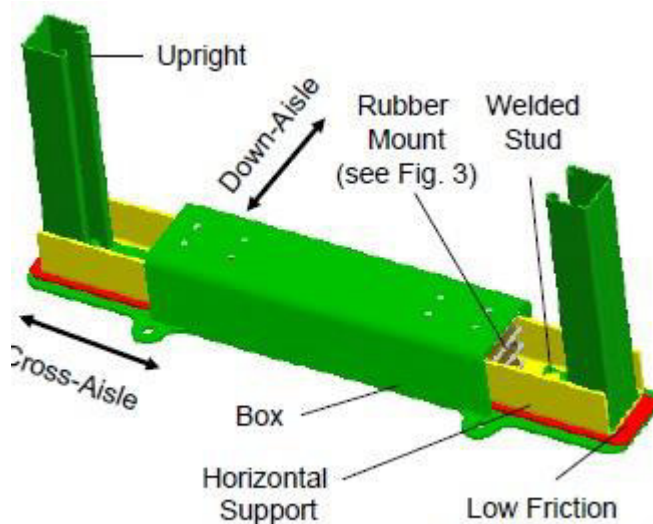


Figura 112. Foto Notas de Dr. Filiatrault

Las estanterías deben estar ancladas fijamente al piso y también en la parte superior con arriostramientos a la estructura del edificio.

Colocar los aisladores de base diseñados para las estanterías reduce el efecto del sismo en el elemento.

Con la colocación de correas simples o protectores de plástico se evita que los elementos se deslicen, caigan y derramen en el suelo.



Figura 113. Izq. Foto Notas de Dr. Filiatrault. Der. Foto FEMA 767

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar las conexiones y anclajes de los elementos.

Se recomienda prioridad

Perdida de función y pérdida de la propiedad. Medicamentos son necesarios para los pacientes.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería, perfilería metálica, pernos, etc. La interrupción hospitalaria es nula y del equipo es moderada.

Tanque de gas medico (oxigeno liquido)

Componente no estructural médico, utilizado para el almacenamiento de oxígeno.



Figura 114. Tanque de Oxígeno, exterior Hospital Militar Guayaquil.

Fuertes movimientos pueden causar que los soportes del tanque de oxígeno fallen y este puede volcarse, rompiendo sus conexiones y la distribución del gas médico.

Hay que verificar sus empotramientos y verificar estabilidad.



Figura 115. Izq. Señalética de seguridad industrial. Der. FEMA E74 6.4.2.1-2

El tanque contiene oxigeno esencial para los pacientes y al no estar debidamente anclado puede producirse una volcadura.

Consecuencia

Puede dañar el contenedor dejando escapar el gas, dañar las conexiones de tubería, perder la funcionalidad de equipos que funcionan con este gas.

Método de anclaje

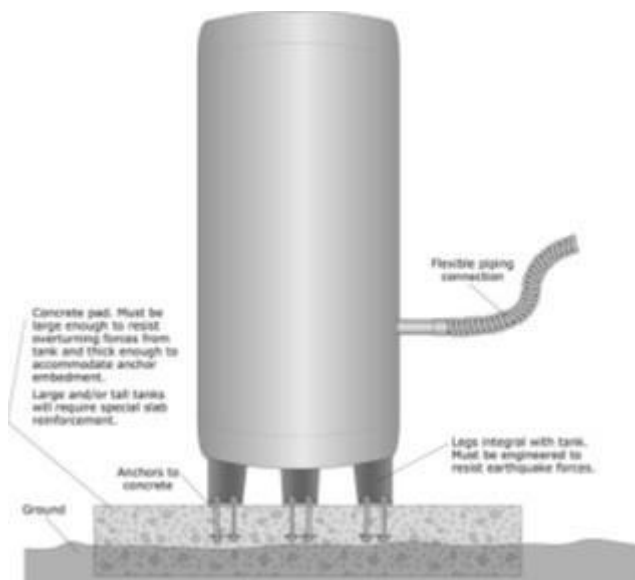


Figura 116. FEMA E74 (6.4.2.1-7)



Figura 117. Foto FEMA E74 (6.4.2.1-6)

Los tanques deben ser colocados sobre losas armadas. La losa debe tener pernos de anclaje para sujetar las bases del tanque. El anclaje debe resistir las fuerzas del terremoto.

Las conexiones de tuberías deben ser flexibles para evitar roturas en ellas.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar los anclajes de los elementos.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de función. La interrupción del suministro de gases médicos puede provocar la muerte de pacientes críticos.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es moderado. Implica mano de obra de albañilería, pernos, etc. La interrupción hospitalaria es nula y del equipo es mínima.

Tanque de gas medico (oxígeno)

Componente no estructural médico, utilizado para el almacenamiento de oxígeno.



Figura 118. Planta baja. Hospital Militar de Guayaquil

Fuertes movimientos pueden hacer que cilindros no sujetos caigan y rompan sus conexiones.



Figura 119. Izq. Conexiones de gas médico. Der. Foto FEMA E74 6.4.2.3-1

Los tanques sin sujetadores pueden caer.

Consecuencia

Pueden dañar tanto el o los tanques como los objetos o instalaciones que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje

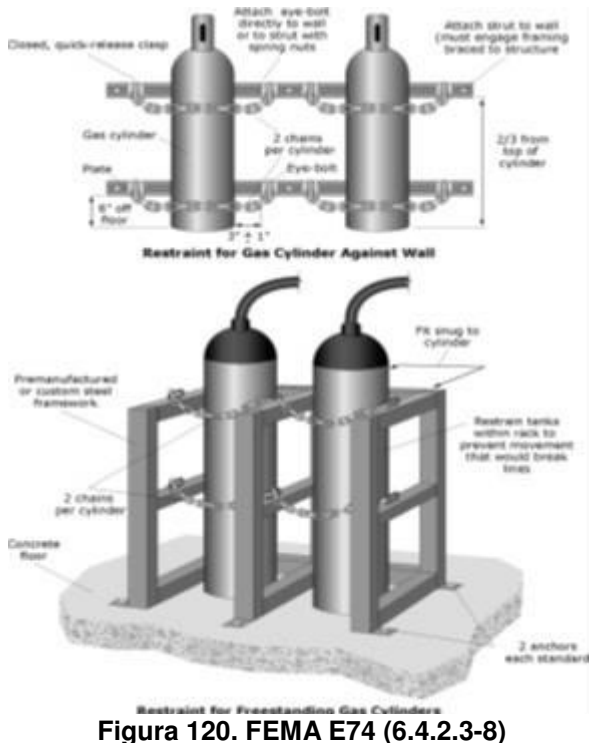


Figura 120. FEMA E74 (6.4.2.3-8)

Los cilindros de gases deben estar sujetos a estructuras y soportes que garanticen su estabilidad, usando sujeciones en la parte superior e inferior, como muestra en los ejemplos.

Las conexiones de tuberías deben ser flexibles para evitar roturas en ellas.



Figura 121. Foto FEMA E74 (6.4.2.3-3)

Experiencia Requerida

Técnico para la instalación.

Se recomienda prioridad

Seguridad de vida, pérdida de función. La interrupción del suministro de gases médicos puede provocar la muerte en pacientes críticos.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería, pernos, etc. La interrupción hospitalaria es nula y del equipo es nulo.

Unidad de consulta Externa

Existe paredes de mampostería, cielo raso con gypsum y estuco, lámparas, piso, insumos, computadoras, impresoras, mesas como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en estas áreas.

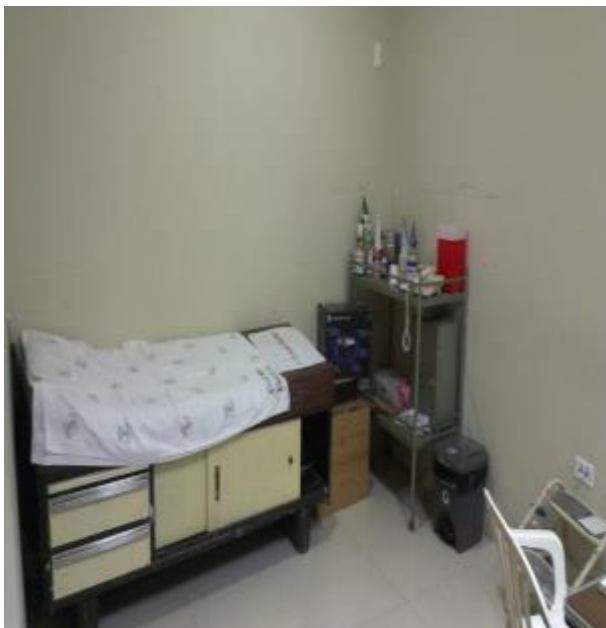


Figura 122. Planta baja. Consultorio Medicina General

Fuertes movimientos pueden hacer que los equipos no bien sujetos se desplacen y caigan.



Figura 123. Equipos médicos.
Electrocardiógrafo.

Los equipos sin sujetadores pueden caer y sufrir roturas.

Consecuencia

Pueden caer y dañar tanto el o los equipos e insumos importantes como los objetos o instalaciones que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje

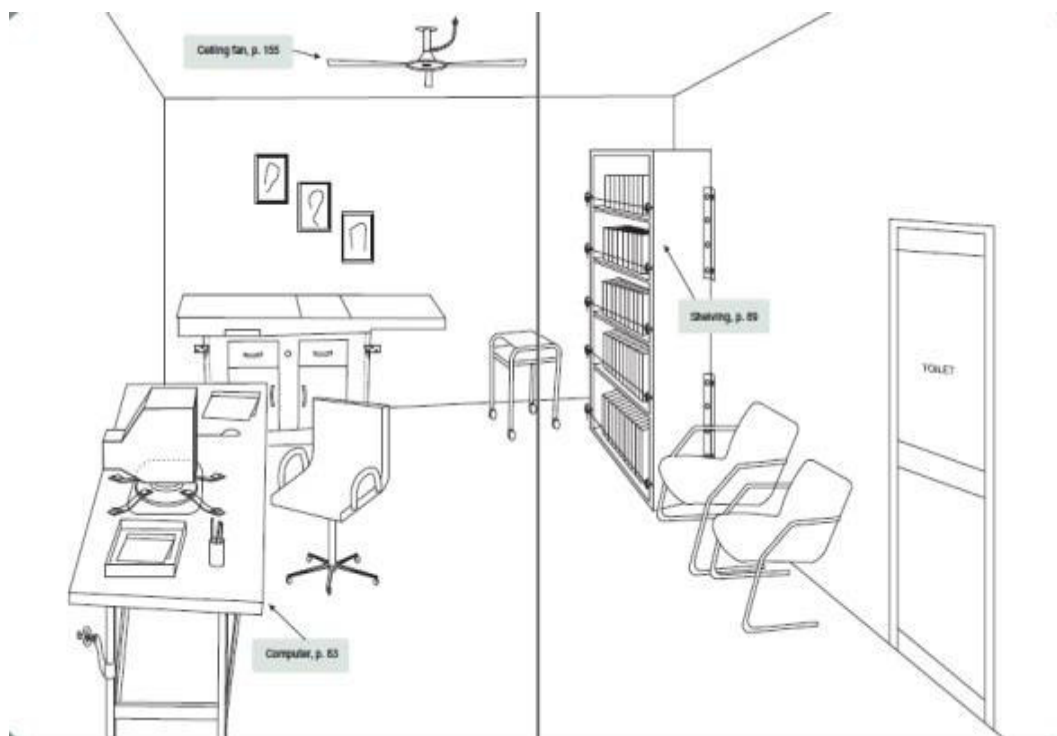


Figura 124. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual

Revisar elementos ya detallados dentro del área de consulta externa.

Equipos móviles; como: camillas, sillas, coches de medicamentos, lámparas, paraban, mesas, entre otros, deben ser sujetas a las paredes con soportes adecuados para evitar su movimiento.

Experiencia Requerida

Puede hacerlo cualquier persona.

Se recomienda prioridad

Perdida de función. Evitar la interrupción de atención en el post terremoto.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería, pernos, etc. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

Unidad de Emergencias

Existe paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, soportes verticales para sueros, camillas, computadoras, impresoras, mesas como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en esta área.



Figura 125. Planta baja. Área de Emergencias

Fuertes movimientos pueden hacer que los suministros se deslicen y caigan al piso, equipos que no estén adecuadamente anclados de igual manera se deslizaran y caerán desde sus soportes.



Figura 126. Estantería con medicamentos.

Los equipos sin sujetadores pueden caer y sufrir roturas.

Consecuencia

Pueden dañar tanto el o los equipos e insumos importantes como los objetos o instalaciones que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje

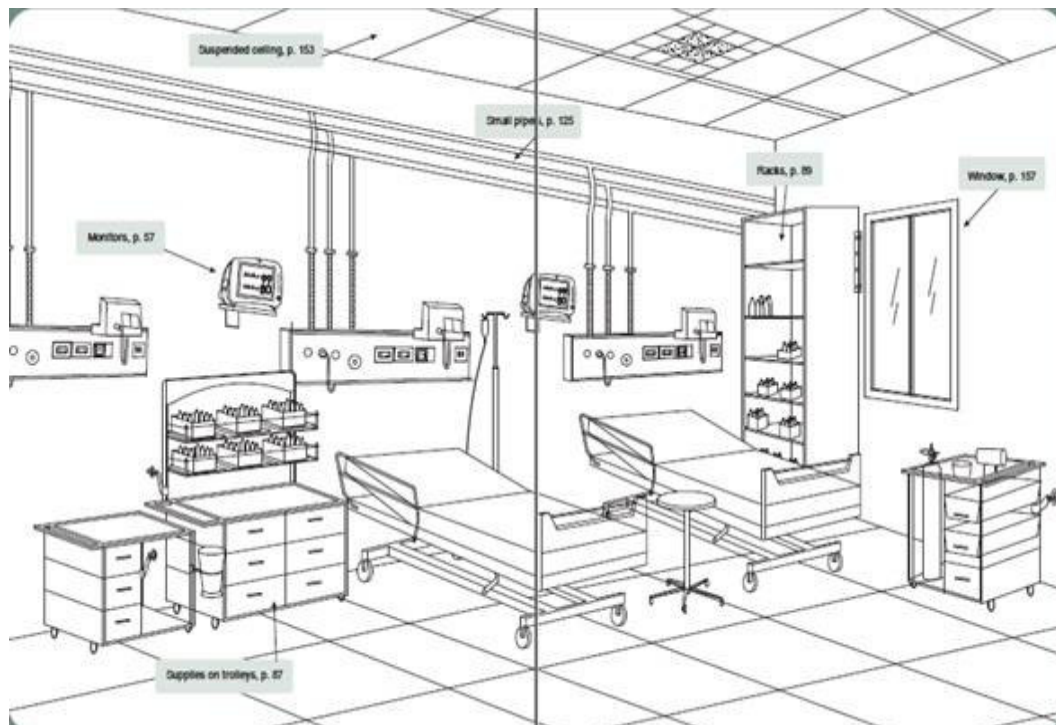


Figura 127. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual

Revisar elementos ya detallados dentro del área de emergencia.

Equipos móviles; como: camillas, tensiómetros, coches de paro, soportes para suero, coches de medicamentos, camillas de observación, camas hospitalarias, veladores, mesas, entre otros deben ser sujetos a las paredes con soportes adecuados para evitar su movimiento.

Experiencia Requerida

Puede hacerlo cualquier persona.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitara interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería, pernos, etc. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

Unidad de Imagenología

Existe paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros equipos de Rayos X, Scanners como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en esta área.



Figura 128. Planta baja. Equipo de rayos X

El equipo puede caer o en el caso de equipos que son altos y delgados, caerán durante un movimiento fuerte. Los brazos de los equipos de scanners pueden vibrar en exceso produciendo daño o ruptura.



Figura 129. Izq. Equipo de rayos X. Der. Foto GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual

Los equipos sin un buen anclaje pueden caer y sufrir roturas.

Consecuencia

Equipos de Imagenología son muy costosos, pueden caer y dañar tanto el o los equipos e insumos importantes como los objetos o instalaciones que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje

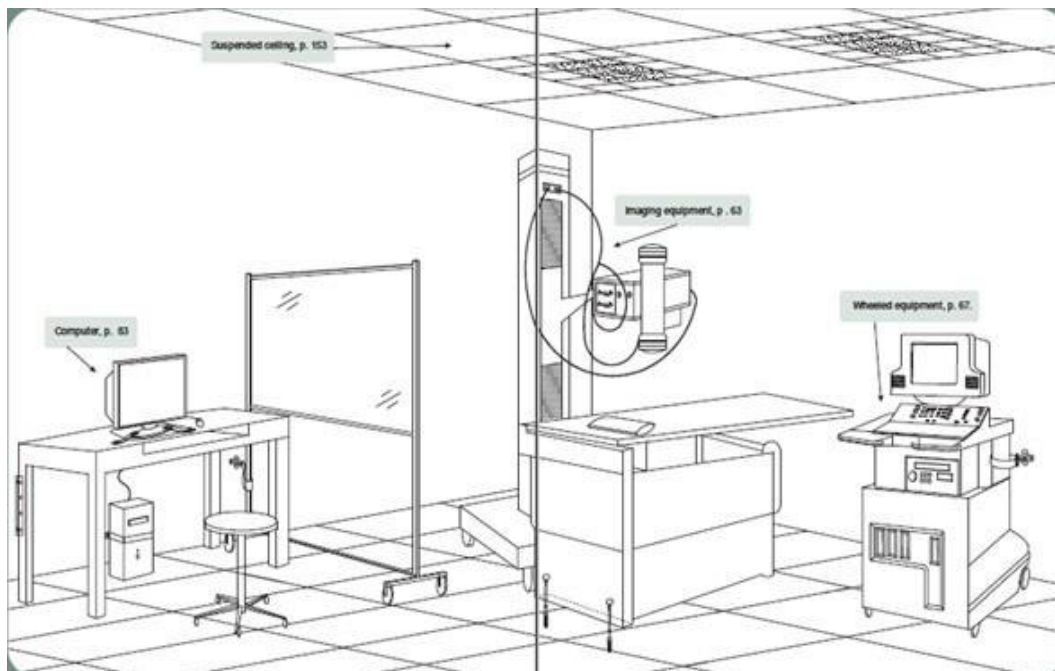


Figura 130. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual



Figura 131. Foto GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual

Revisar elementos ya detallados dentro del área de Imagenología.

Equipos móviles; como: mesas, bancos, etc., deben ser sujetos a las paredes con soportes adecuados para evitar su movimiento.

Los equipos de rayos X deben estar anclados al suelo o sujetos a la pared para evitar su volcamiento y desplazamiento. Equipos colocados a nivel del cielo falso deben tener arriostramientos anclados a la estructura para evitar su caída.

Estos equipos son esenciales y costosos, es necesario protegerlos con los debidos anclajes.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar el anclaje de los elementos.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitara interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es medio. Implica mano de obra de albañilería, pernos, etc. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

Unidad de Laboratorios



Figura 132. Planta baja. Área de Laboratorios

Laboratorios suelen tener una gran variedad de equipos pequeños y medianos localizados sobre mesas o bancos como centrifugadoras, microscopios, autoclaves, esterilizadores, entre otros.



Figura 133. Equipos laboratorio

Fuertes movimientos pueden hacer que los equipos que no estén debidamente anclados o sujetos puedan deslizarse y caer al piso. Estas fallas producirán graves daños a la propiedad.

Los equipos sin un buen anclaje pueden caer y sufrir roturas.

Consecuencia

Pueden dañar tanto el o los equipos e insumos importantes como los objetos o instalaciones que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje



Figura 134. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual

Revisar elementos ya detallados anteriormente que existen dentro del área de laboratorio.

Equipos móviles; como: mesas, sillas, etc., deben ser sujetos a las paredes con soportes adecuados para evitar su movimiento.

Equipos que se encuentren sobre las mesas de laboratorios deben ser sujetos de forma igual que las computadoras.

Experiencia Requerida

Puede hacerlo cualquier persona.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitara interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica sujetadores y personal no calificado. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

Unidad de Hospitalización

Existen paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, soportes verticales para sueros, camillas, mesas como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en esta área.



Figura 135. Primer piso. Área de hospitalización

Fuertes movimientos pueden hacer que equipos que no estén adecuadamente anclados de igual manera se deslicen y caerán desde sus soportes.



Figura 136. Camas hospitalización.

Los equipos sin sujetadores pueden caer y sufrir roturas.

Consecuencia

Pueden dañar tanto el o los equipos e insumos importantes como los objetos o pacientes que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje

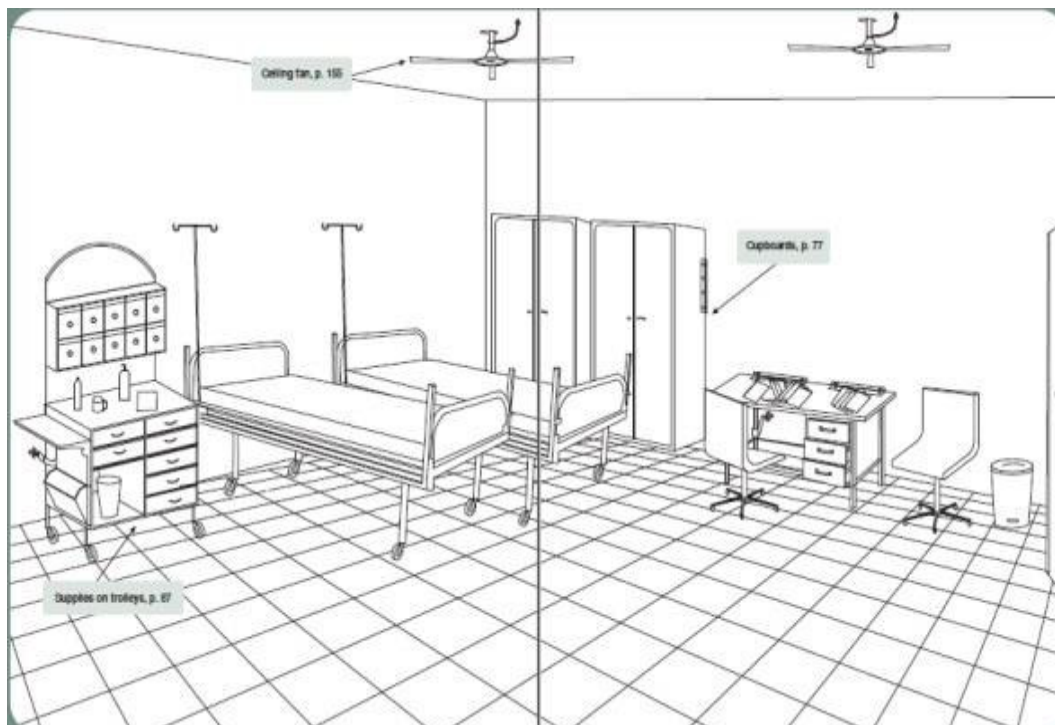


Figura 137. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual

Revisar elementos ya detallados anteriormente que existen dentro del área de hospitalización.

Equipos móviles; como: soportes de suero, bombas de infusión, camas, mesas, sillas, entre otros, deben ser sujetos a las paredes con soportes adecuados para evitar su movimiento.

Experiencia Requerida

Puedo hacerlo cualquier persona.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitara interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica sujetadores y personal no calificado. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

Unidad de Quirófano

Existe: lámparas, equipo de anestesia, mesa de quirófano, ventilador mecánico, medicamentos varios, instrumental quirúrgico, electrocauterio, entre otros, además de paredes de mampostería, cielo raso con gypsum y estuco, piso con vinil conductivo, suministros, soportes verticales para sueros, camilla, mesas como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en esta área.



Figura 138. Primer piso. Área de quirófanos

Fuertes movimientos pueden ocasionar que por ejemplo el equipo de anestesia se deslice y caiga. Lámpara de operación pueden romperse de sus brazos y caer sobre el paciente. Los tanques de gases médicos pueden caer fácilmente



Figura 139. Izq. Equipos médicos en quirófano. Der. Foto GHI Swiss manual safety earthquakes manual

Los equipos sin sujetadores pueden caer y sufrir roturas.

Consecuencia

Pueden caer y dañar tanto el o los equipos e insumos importantes como los objetos y pacientes que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje

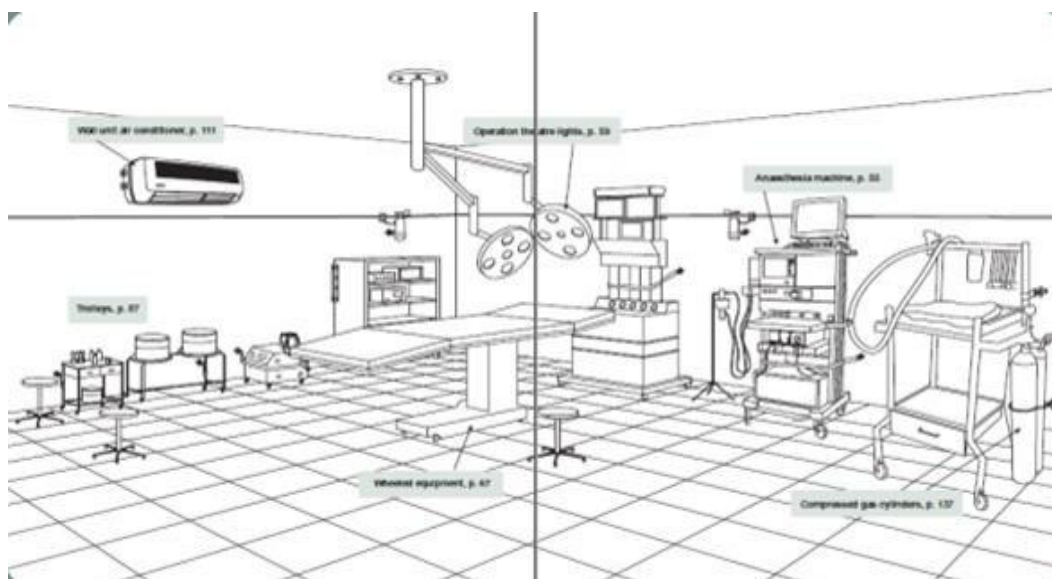


Figura 140. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual

Revisar elementos ya detallados anteriormente que existen dentro del área de Quirófano.

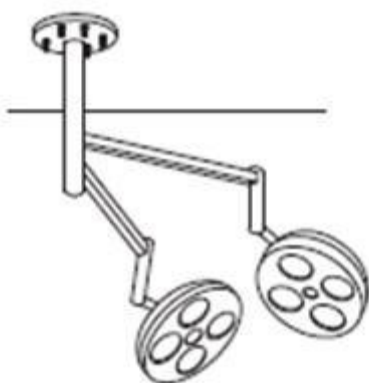


Figura 141. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual

Las luces de quirófano deben estar ancladas a la estructura del edificio ya sea con arriostramientos o directamente a la estructura del hospital. Equipos móviles; como: coche de medicamentos electrocauterio, mesas de instrumentación, equipos de soporte vital, cama de quirófano, entre otros, deben ser sujetos a las paredes con soportes adecuados para evitar su movimiento.

Equipos que se encuentren sobre las mesas deben ser sujetos de forma igual que las computadoras.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar los soportes y el anclaje de los elementos, principalmente de las lámparas.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitará interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería, pernos, etc. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

Unidad de Quirófano áreas anexas y equipos de esterilización

Existen equipos de esterilización, tanques de gases médicos (oxígeno) e insumos.



Figura 142. Primer piso. Área de quirófanos

Fuertes movimientos pueden causar que los equipos de esterilización se desplacen y rompan sus conexiones, los tanques de gases médicos pueden caer fácilmente, los suministros están adecuadamente colocados.



Figura 143. Equipo de esterilización

Los equipos sin sujetadores pueden caer y sufrir roturas.

Consecuencia

Pueden caer y dañar tanto el o los equipos e insumos importantes como los objetos e instalaciones que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje

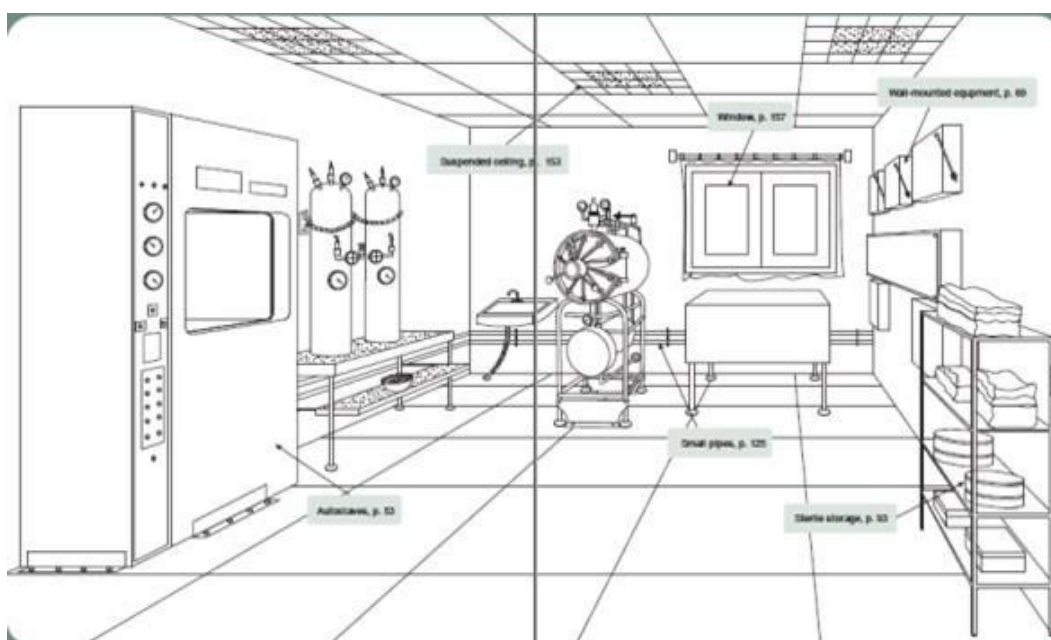


Figura 144. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual



Figura 145. Equipo de esterilización. Foto FEMA 767

Revisar elementos ya detallados anteriormente que existen dentro del área de Quirófano áreas anexas y equipos de esterilización.

Las mesas deben ser sujetas a las paredes o ancladas al suelo, los equipos deben estar sujetos a las paredes, a las mesas o al suelo con soportes adecuados

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar los soportes y el anclaje de los elementos.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitara interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica mano de obra de albañilería, pernos, etc. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

Unidad de cuidados intensivos

Existe paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, soportes verticales para infusiones, camillas, mesas, ventiladores mecánicos, monitores cardíacos, tomas de oxígeno de red central, bomba de infusión, carro de paro con desfibrilador, entre otros como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en la Unidad de Sala de Cuidados intensivos.



Figura 146. Primer piso. Área de Cuidados intensivos

Fuertes movimientos pueden hacer que los suministros sobre carritos rueden y golpeen a otros objetos; equipos o monitores que no estén adecuadamente anclados de igual manera se deslizaran y caerán desde sus soportes sobre sus pacientes o al suelo.



Figura 147. Equipo médico. Monitor

Los equipos sin sujetadores pueden caer y sufrir roturas.

Consecuencia

Pueden caer y dañar tanto el o los equipos e insumos importantes como los objetos e instalaciones que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje

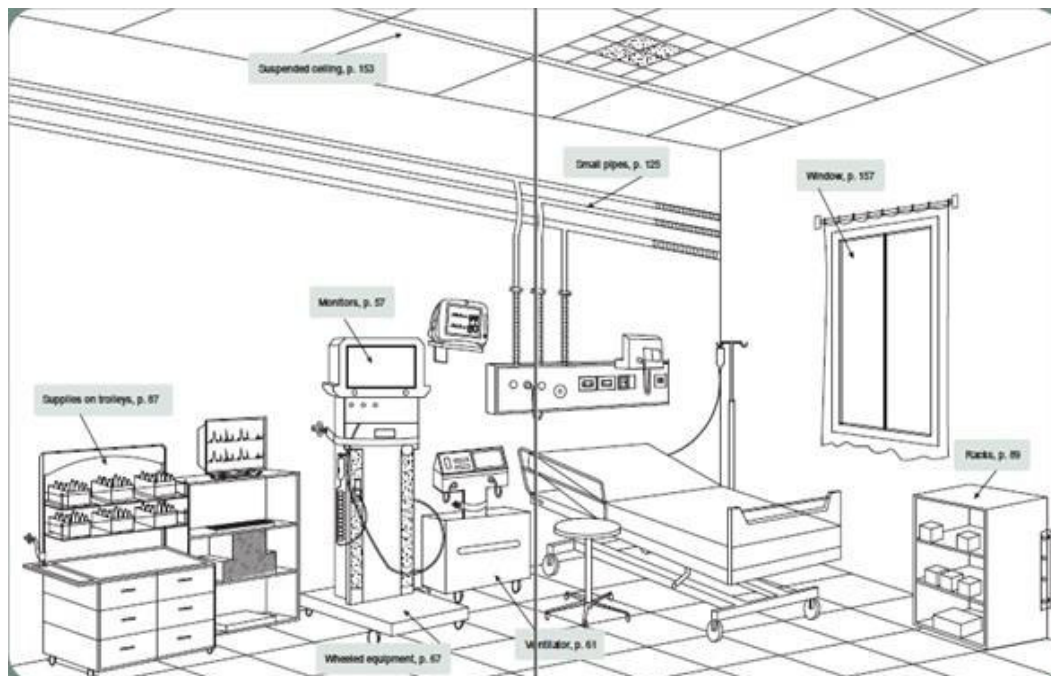


Figura 148. GHI Swiss manual safety earthquakes manual

Revisar elementos ya detallados anteriormente que existen dentro del área de Cuidados Intensivos.

Equipos móviles; como: coche de medicamentos, mesas de instrumentación, equipos de soporte vital, camas hospitalarias, mesas, entre otros, deben ser sujetos a las paredes con soportes adecuados para evitar su movimiento.

Equipos que se encuentren sobre las mesas deben ser sujetos de forma igual que las computadoras.

Experiencia Requerida

Puedo hacerlo cualquier persona.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitara interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica sujetadores y personal no calificado. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

Unidad de sala de recuperación

Existe paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, soportes verticales para infusiones, camillas, mesas, monitores cardiacos, bombas de infusión, como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en la Unidad de Sala de Recuperación



Figura 149. Primer piso. Área de hospitalización.

Fuertes movimientos pueden hacer que los suministros sobre carritos rueden y golpeen a otros objetos; equipos o monitores que no estén adecuadamente anclados de igual manera se deslizaran y caerán desde sus soportes sobre sus pacientes o al suelo.



Figura 150. Equipos médicos conectados al paciente

Los equipos sin sujetadores pueden deslizarse, caer y sufrir roturas.

Consecuencia

Pueden golpear, caer y dañar tanto el o los equipos e insumos importantes como los objetos e instalaciones que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje

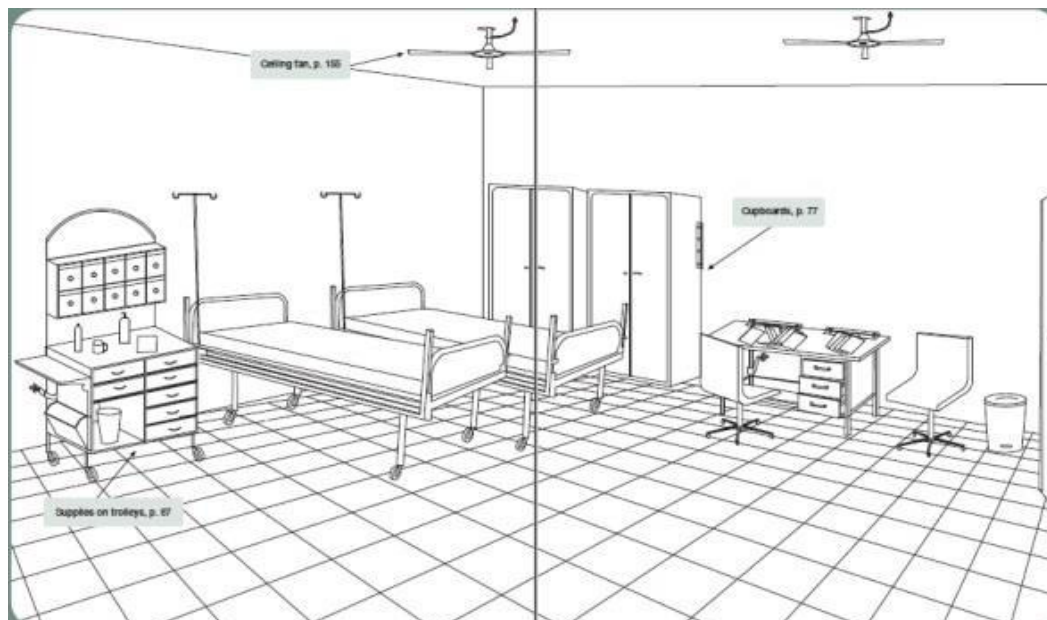


Figura 151. GHI Swiss Hospital Earthquake Safety Manual

Revisar elementos ya detallados anteriormente que existen dentro del área de Recuperación.

Equipos móviles; como: coche de medicamentos, mesas de instrumentación, equipos de soporte vital, camas hospitalarias, mesas, entre otros, deben ser sujetos a las paredes con soportes adecuados para evitar su movimiento.

Equipos que se encuentren sobre las mesas deben ser sujetados de forma igual que las computadoras.

Experiencia Requerida

Puedo hacerlo cualquier persona.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitara interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica sujetadores y personal no calificado. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

Unidad de Neonatología

Existe paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, soportes verticales para infusiones, lámparas verticales, equipos de neonatología como son las termo cunas, bombas de infusión, soportes para sueros, mesas como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en la Unidad de Neonatología

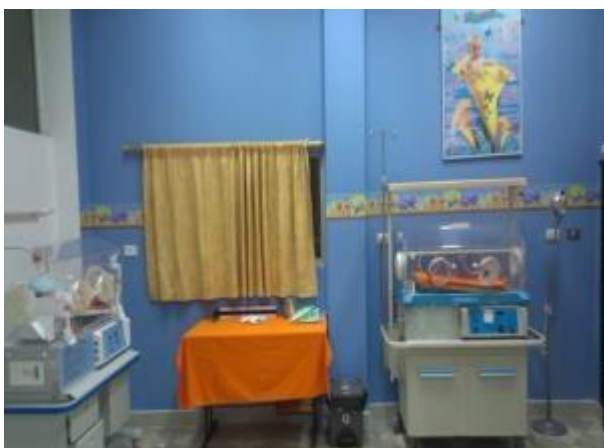


Figura 152. Segundo piso. Área de Neonatología

Fuertes movimientos pueden causar que las termocunas se deslicen y se rompan sus conexiones. Bebes podrían salir lesionados o incluso morir por la falta de suministro eléctrico o de gases médicos.

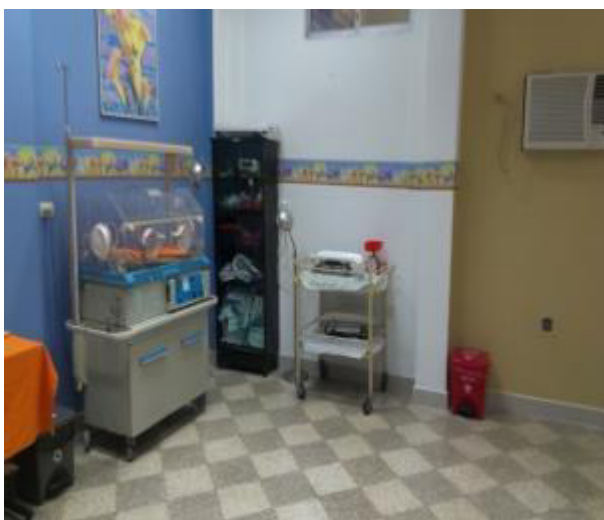


Figura 153. Equipo médico. Termocunas

Los equipos sin sujetadores pueden deslizarse, caer y sufrir roturas.

Consecuencia

Pueden golpear, caer y dañar tanto el o los equipos e insumos importantes como los objetos e instalaciones que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje

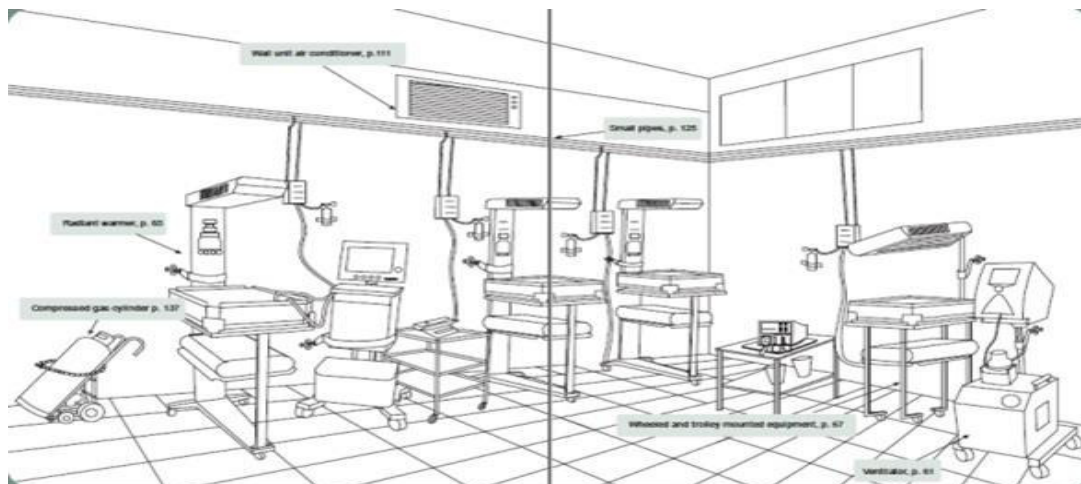


Figura 154. GHI Swiss manual safety earthquakes manual

Revisar elementos ya detallados anteriormente que existen dentro del área de Neonatología.

Las mesas deben ser sujetas a las paredes o ancladas al suelo, los equipos deben estar sujetos a las paredes, a las mesas o al suelo con soportes adecuados para evitar su movimiento.

Equipos móviles; como: termocunas, coche de paro, soportes de sueros, equipo de soporte vital, sillas, mesas, entre otros., deben ser sujetos a las paredes con soportes adecuados para evitar su movimiento.

Equipos que se encuentren sobre las mesas deben ser sujetados de forma igual que las computadoras.

Experiencia Requerida

Puedo hacerlo cualquier persona.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitara interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica sujetadores y personal no calificado. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

Unidad de Hemodiálisis

Existen paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, equipos de Hemodiálisis, como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en la Unidad de Hemodiálisis.



Figura 155. Segundo piso. Área de Hemodiálisis

Fuertes movimientos pueden causar que los equipos de Hemodiálisis se deslicen y se rompan sus conexiones. Pacientes críticos podrían salir lesionados o incluso morir por la falta de suministro eléctrico o de falta de sangre. Si la televisión cae podría causar la muerte del paciente.



Figura 156. Paciente en tratamiento, y en riesgo de caída del televisor

Los equipos sin sujetadores y anclajes pueden deslizarse, caer y sufrir roturas.

Consecuencia

Pueden golpear, caer y dañar tanto el o los equipos e insumos importantes como los objetos e instalaciones que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje

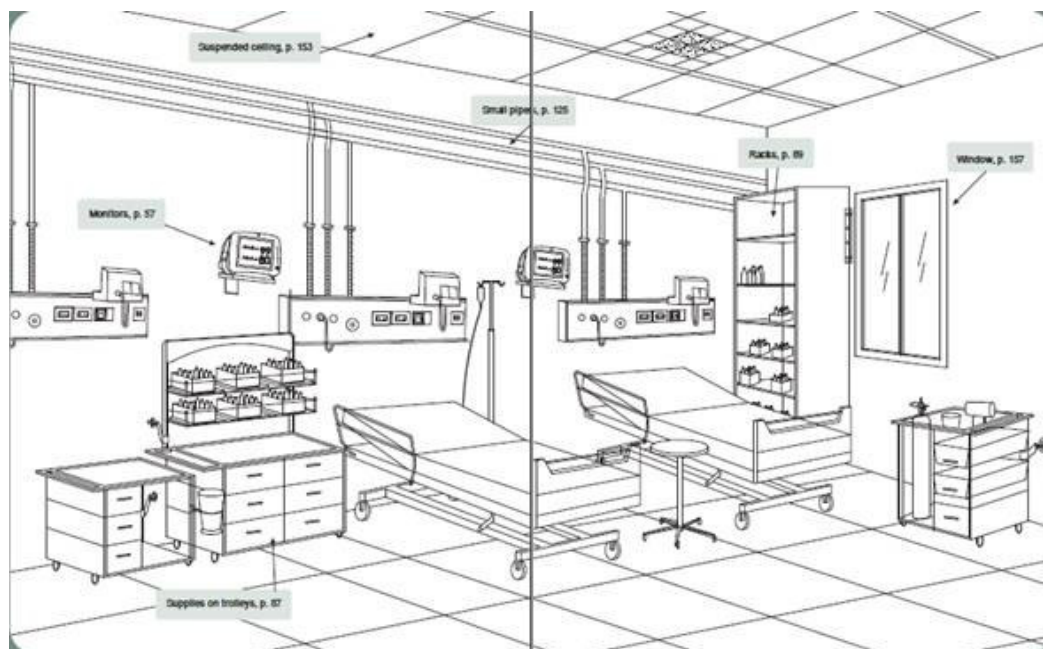


Figura 157. GHI Swiss manual safety earthquakes manual

Revisar elementos ya detallados anteriormente que existen dentro del área de hemodiálisis.

Equipos móviles; como: equipo para hemodiálisis, sillas de diálisis, mesas, entre otros, deben ser sujetos a las paredes con soportes adecuados para evitar su movimiento.

Equipos que se encuentren sobre las mesas deben ser sujetos de forma igual que las computadoras.

Experiencia Requerida

Puedo hacerlo cualquier persona.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitara interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica sujetadores y personal no calificado. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

Unidad de Odontología

Existe paredes de mampostería, cielo raso con gypsum, lámparas, piso, suministros, sillón dental simplificado, lámpara dental, como parte de consideraciones arquitectónicas y requerimientos médicos en la Unidad de Odontología.



Figura 158. Primer piso. Área de Odontología

Deben ser sujetos y limitar su desplazamiento, el sillón dental y la lámpara dental ya que pueden caer si falla el soporte.

Los equipos sin sujetadores y anclajes pueden deslizarse, caer y sufrir roturas.

Consecuencia

Pueden golpear, caer y dañar tanto el o los equipos e insumos importantes como los objetos e instalaciones que se encuentren junto a ellos.

Método de anclaje

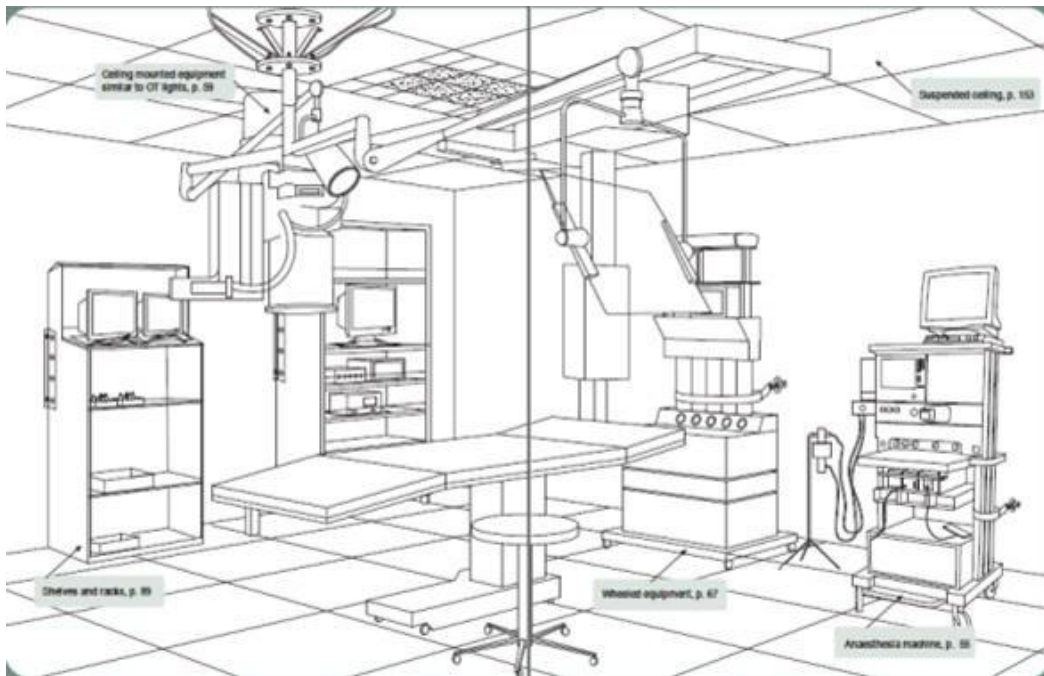


Figura 159. GHI Swiss manual safety earthquakes manual

Revisar elementos ya detallados anteriormente que existen dentro del área de Odontología.

Equipos móviles; como: sillón de odontología, lámparas, mesas, sillas, entre otros, deben ser sujetos a las paredes con soportes adecuados para evitar su movimiento.

Equipos que se encuentren sobre las mesas deben ser sujetos de forma igual que las computadoras.

Experiencia Requerida

Puedo hacerlo cualquier persona.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitara interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica sujetadores y personal no calificado. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

Unidad de Odontología Estanterías con dimensiones variables y televisión



Figura 160. Primer piso. Área de Odontología. Equipos e implementos

Esta estantería debe estar empotrada y la televisión que se observa, debe ser retirada y colocada en otro lugar, podría ocasionar un accidente.

Método de anclaje

Revisar elementos ya detallados anteriormente que existen dentro del área de Odontología.

Experiencia Requerida

Ingeniero deberá diseñar los soportes y el anclaje de los elementos.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitara interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. La interrupción hospitalaria es nula y del equipo es mínima.

Unidad de Odontología Equipos de Rayos x



Figura 161. Equipo de Rayos X.

Fuerte movimiento puede causar que el equipo de imagen no anclado se deslice y caiga.

Consecuencia

Equipos pueden golpear, descalibrarse o dañarse sus componentes internos que dando inservibles.

Método de anclaje

Deben ser sujetados a la pared con soportes adecuados para evitar el deslizamiento.

Experiencia Requerida

Puedo hacerlo cualquier persona.

Se recomienda prioridad

Perdida de funcionalidad, se evitara interrupción de la atención.

Costo de implementación e interrupción.

Costo de implementación es bajo. Implica sujetadores y personal no calificado. La interrupción hospitalaria es mínima y del equipo es mínima.

5.2. Comprobación y diseño de anclajes para implementación de reforzamiento de componentes

En el capítulo 2, se explicó que el FEMA E-74, clasifica en 3 tipos de categorías para la implementación en referencia a la evaluación; NE (No necesita personal calificado), PR (Detalles prescriptivos) y ER (Necesita la intervención de un ingeniero). En la siguiente sección se detallan la implementación para los equipos que necesitan un detalle de ingeniería como anteriormente se indicó ER.

La vulnerabilidad sísmica (de componentes no estructurales y de equipos) ha sido demostrada en innumerables casos, con costos elevados de reparación. En este proyecto se seleccionarán cuatro elementos no estructurales a los cuales se les realizara el " Diseño de Ingeniería".

Con la finalidad de calcular las fuerzas y diseñar su anclaje, se tomará como referencia la norma Norteamericana ASCE 7-10, ya que en la Norma Ecuatoriana de la Construcción no existe normativa similar a lo existente en el capítulo 13 del ASCE 7-10, donde este capítulo detalla el diseño sísmico de los elementos y componentes no estructurales. En muchos casos el diseño de los componentes no estructurales está basado en la respuesta espectral de piso o en un análisis en el tiempo (el cual se detalla en el capítulo 6).

Los componentes no estructurales analizados son:

- Tanque de Oxígeno : Localización (Exterior)
- Caldero : Localización (Planta baja)
- Generador : Localización (Exterior)
- Parapeto : Localización (Cuarto Piso)

De acuerdo al NEC-11, los siguientes parámetros fueron aplicados a este proyecto:

Tipo de perfil del suelo D; Zona sísmica V

Factor de Importancia $I_p = 1.5$

Se determinó en base al NEC-11, el espectro de diseño el cual se muestra en la Figura 162.

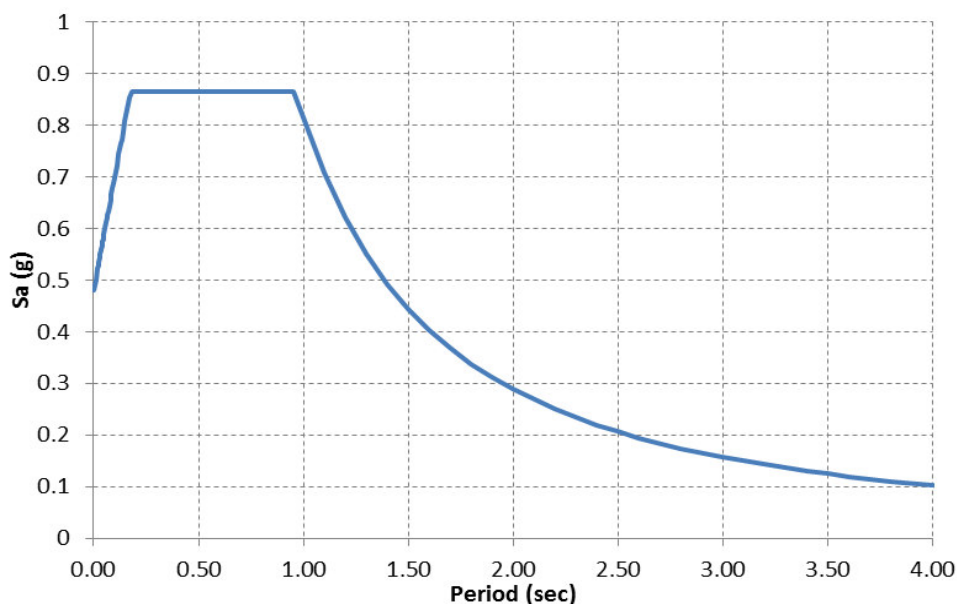


Figura 162. Espectro de diseño NEC

Tanque de Oxígeno

Ubicación: Exterior

Dimensiones: (h: 4.00, Φ : 1.60 m); Peso del oxígeno: 39.53 KN, Peso del Tanque: 24.52 KN

Observaciones: Tiene 4 apoyos de 0.60 x 0.15 x 0.15 m, con un perno en cada apoyo, hay que verificar sus empotramientos. El hormigón de la losa de empotramiento se asume de $F'c$ 210 kg/cm².

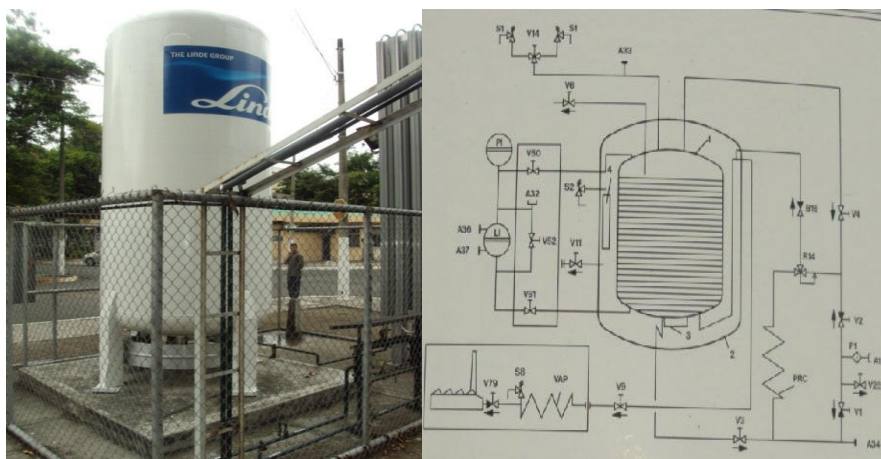


Figura 163. Detalles tanque de oxígeno

Diseño:

Las principales partes del tanque son las siguientes:

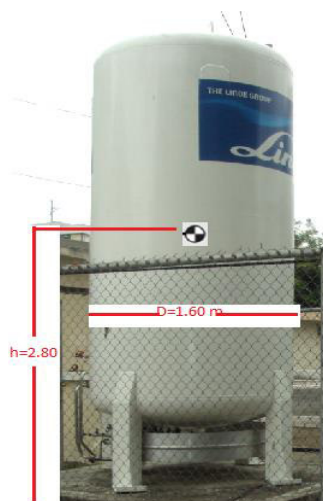


Figura 164. Tanque de Oxígeno

Definir demanda de fuerza sísmica de acuerdo al ASCE 7-10, Cap. 13.

De acuerdo al ASCE 7-10, capítulo 13, la fuerza sísmica horizontal de diseño, debe ser aplicada en el centro de gravedad y distribuida de acuerdo a la distribución relativa de la masa, como lo determina la siguiente ecuación:

$$F_p = \frac{0.4 a_p \cdot S_{DS} W_p}{\frac{R_p}{I_p}} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right)$$

$$0.3 S_{DS} I_p W_p \leq F_p \leq 1.6 S_{DS} I_p W_p$$

Dónde:

F_p : Fuerza Sísmica de diseño.

S_{DS} : Aceleración espectral en el período corto, de acuerdo a la norma NEC

a_p : Componente de amplificación que varía de 1.00 a 2.50 (Tabla 13.5-1 o 13.6-1 ASCE 7-10).

I_p : Componente de Importancia de 1.00 a 1.50 (Sec. 13.1.3 ASCE 7-10).

W_p : Peso operacional.

R_p : Componente de modificación de la respuesta que varía de 1 a 12 (Tablas 13.5-1 o 13.6-1 ASCE 7 -10).

z: Altura del componente estructural (CG) con respecto a la base, este valor no puede exceder de 1

$$SDS = 0.8154 \text{ g}$$

$$a_p = 1$$

$$R_p = 2.5$$

$$l_p = 1.5$$

$$z = 1 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$$F_p = \frac{0.4 (1)(0.8154)(64.05)}{\frac{2.5}{1.5}} \left(1 + 2 \frac{1}{1}\right) = 37.60 \text{ kN}$$

$$0.3 (0.8154)(1.5)(64.05) \leq F_p \leq 1.6 (0.8154)(1.5)(64.05)$$

$$23.50 \text{ kN} \leq F_p \leq 125.29 \text{ kN} \text{ Hence OK.}$$

$$F_{pv} = \pm 0.2 S_{DS} W_p = \pm 0.2(0.8154)(64.05) = 10.44 \text{ kN}$$

Demanda a corte del perno:

$$V_m = \frac{F_{ph}}{n} = \frac{37.60}{4} = 9.4 \text{ kN}$$

Momento de Volcamiento en la esquina de la base del elemento M_o :

$$M_o = 37.60(2.80) = 105.28 \text{ kN.m}$$

Momento mínimo (resistente):

$$M_r = (64.05 - 10.44) \frac{1.60}{2} = 42.88 \text{ kN.m}$$

Fuerza de tensión en los pernos:

$$T_m = \frac{(M_o - M_r)}{1.60(2)} = \frac{105.28 - 42.88}{1.60(2)} = 19.5 \text{ kN}$$

Comprobación y diseño de pernos

Se utilizó las formulas y metodología del ACI 318 en la Sección D, diseño de anclajes, con el sistema de unidades MKS donde los esfuerzos están en kgf/cm^2 .

Asumiendo pernos de anclaje, $\Phi = 1/2"$ y Grado 8.

La metodología de diseño es por esfuerzos admisibles, en donde los esfuerzos del acero son reducidos por factores de diseño, obteniendo las siguientes resistencias:

$$\text{Resistencia nominal a tracción del perno de anclaje } N_{sa} = A_{se} f_{uta}$$

$$\text{Resistencia de diseño a tracción del perno de anclaje } 0.75 \phi N_{sa}$$

$$\text{Resistencia nominal a corte del perno de anclaje } V_{sa} = A_{se} f_{uta}$$

$$\text{Resistencia de diseño a corte del perno de anclaje } 0.75 \phi V_{sa}$$

Donde

A_{se} = área de la sección efectiva de un anclaje.

En regiones de riesgo sísmico moderado o alto, o para estructuras asignadas como de comportamiento sísmico intermedio o especial, la resistencia de diseño de los anclajes debe tomarse como $0.75\phi N_n$ y $0.75\phi V_n$.

Los factores de reducción de resistencia ϕ para anclajes en concreto deben ser:

Anclaje controlado por la resistencia de un elemento de acero frágil

Cargas de tracción = 0.65

Fuerza cortante = 0.60

Resistencia de diseño a tracción del perno de anclaje = 5416.62 kgf

Resistencia de diseño a corte del perno de anclaje = 2999.97 kgf

Tabla 50.
Comprobación resistencia de anclaje del tanque de oxígeno

	N° pernos	Diámetro (pulg)	Área (cm ²)	Área total (cm ²)	Fuerza (Kn)	Fuerza (Kgf)	Fuerza admisible (Kgf)
Corte	1	1/2	1.267	1.27	9.4	958.20	< 2999.97
Tracción	1	1/2	1.267	1.27	19.5	1987.76	< 5416.62

Las fuerzas actuantes provocadas por la acción sísmica son menores a las fuerzas admisibles que pueden resistir los pernos, por lo tanto es necesario que los pernos asumidos en esta comprobación se encuentren colocados en el anclaje del elemento.

Observaciones: Los pernos deben estar empotrados a la losa de anclaje a una profundidad mayor de 2", siendo importante revisar la profundidad real a la que se encuentran los pernos y la resistencia a la compresión del hormigón para tener una mejor evaluación del anclaje.

Debido a que este tipo de elementos son colocados e instalados por las empresas distribuidoras, estas tienen sus propios métodos y diseños de anclajes, por lo cual se recomienda realizar ensayos no destructivos para comprobar la resistencia del hormigón, armadura de acero y profundidad de anclaje de los pernos.

Caldero

Ubicación: Casa de máquinas Exterior

Dimensiones: h: 1.45 m, L: 2.20 m, diámetro: 1.20 m

Observaciones: Empotrada sobre el contra piso.



Figura 165. Caldero

Diseño: Los principales componentes del caldero son los siguientes,
 Figura 166:

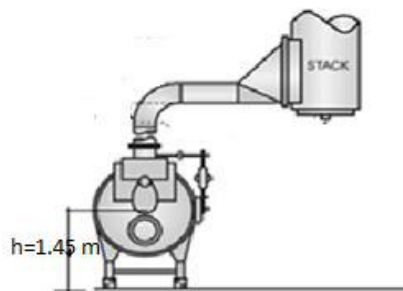


Figura 166. Esquema del caldero

Definir demanda de fuerza sísmica de acuerdo al ASCE 7-10, Cap. 13.

$$F_p = \frac{0.4 a_p \cdot S_{DS} W_p}{\frac{R_p}{I_p}} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right)$$

$$0.3 S_{DS} I_p W_p \leq F_p \leq 1.6 S_{DS} I_p W_p$$

$$S_{DS} = 0.8154 g$$

$$a_p = 1$$

$$R_p = 2.5$$

$$I_p = 1.5$$

$$z = 1 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$$F_p = \frac{0.4 (1)(0.8154)(24.88)}{\frac{2.5}{1.5}} \left(1 + 2 \frac{1.00}{1.00}\right) = 14.607 \text{ kN}$$

$$0.3 (0.8154)(1.5)(24.88) \leq F_p \leq 1.6 (0.8154)(1.5)(24.88)$$

$$9.12 \text{ kN} \leq F_p \leq 48.69 \text{ kN} \text{ Hence OK}$$

$$F_{pv} = \pm 0.2 S_{DS} W_p = \pm 0.2(0.8154)(24.88) = 4.05 \text{ kN}$$

Demanda a corte:

$$V_m = \frac{F_{ph}}{2} = \frac{14.607}{2} = 7.3035 \text{ kN}$$

Momento de Volcamiento en la esquina de la base del elemento Mo:

$$M_0 = 14.607(1.45) = 21.18 \text{ kN.m}$$

Momento mínimo (resistente):

$$M_r = (24.88 - 4.05) \frac{1.20}{2} = 12.49 \text{ kN.m}$$

Comprobación y diseño de anclaje

Los apoyos son en forma de "C" con dimensiones 850 x 200 x 6 mm, el esfuerzo de fluencia del acero es $F_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$.

Usando la metodología de diseño de acero del AISC, se obtuvieron los siguientes esfuerzos.

$$\text{Esfuerzo cortante admisible } (0.4 F_y) = 960 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo a tracción admisible } (0.6 F_y) = 1440 \text{ kgf/cm}^2$$

El esfuerzo a la tracción es provocado por la acción de momento en la fibra más extrema de la sección en la base del elemento.

Tabla 51.
Comprobación resistencia de anclaje del caldero

	Fuerza (Kn)	Fuerza (Kgf)	A (cm ²)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Admisible (Kgf/cm ²)
Corte	7.3035	744.495	74.28	10.022	960
	Dist. fibra más extrema	Inercia Cm ⁴	Momento Kg.cm		
Esfuerzo tracción	42.5	72164.9	88673.46	52.22	1440

Los esfuerzos actuantes en la sección de apoyo son menores a los provocados por la acción sísmica, siendo suficientes las secciones actuales de los apoyos.

Los apoyos se encuentran empotrados y anclados bajo una loseta de hormigón, es necesario conocer la profundidad de anclaje y la resistencia a la compresión del hormigón para tener una mejor valoración. Con las dimensiones de la loseta y las características geométricas de la sección de

apoyo se podría decir que el anclaje resiste la acción sísmica, pero sin tomar en cuenta la real profundidad ni la resistencia del hormigón.

Generador de Emergencia

Ubicación: Casa de máquinas Exterior

Dimensiones: h: 1.20, L: 2.00, b: 0.85 m

Observaciones: Empernada sobre una loseta, con 3 pernos de 1/2" a cada lado con una separación de 0.68m. Empotrada sobre el contra piso.

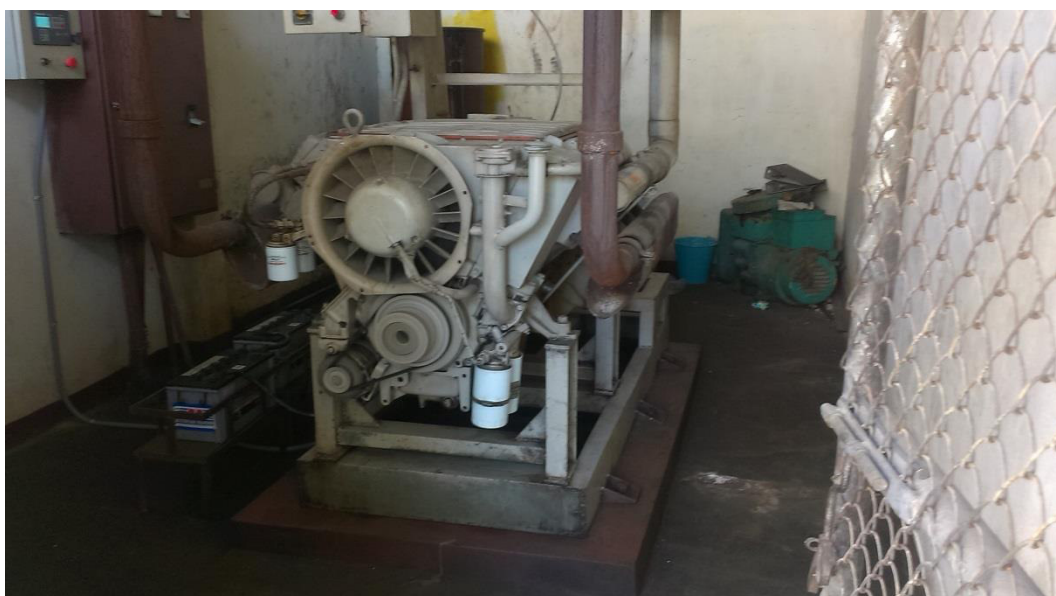


Figura 167. Generador de Emergencia

Diseño:

El centro de masas de del generados se detalla en la siguiente Figura 168.

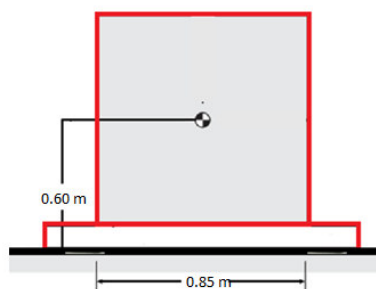


Figura 168. Centro de masa del Generador de Emergencia

Definir demanda de fuerza sísmica de acuerdo al ASCE 7-10, Cap. 13.

$$F_p = \frac{0.4 a_p \cdot S_{DS} W_p}{\frac{R_p}{I_p}} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right)$$

$$0.3 S_{DS} I_p W_p \leq F_p \leq 1.6 S_{DS} I_p W_p$$

SDS= 0.8154 g

$a_p = 1$

$R_p = 2.5$

$I_p = 1.5$

$z = 1 \text{ m}$

$h = 1 \text{ m}$

$$F_p = \frac{0.4 (1)(0.8154)(25)}{\frac{2.5}{1.5}} \left(1 + 2 \frac{1.00}{1.00}\right) = 14.67 \text{ kN}$$

$$0.3 (0.8154)(1.5)(25) \leq F_p \leq 1.6 (0.8154)(1.5)(25)$$

$$9.17 \text{ kN} \leq F_p \leq 48.92 \text{ kN} \text{ Hence OK}$$

$$F_{pv} = \pm 0.2 S_{DS} W_p = \pm 0.2(0.8154)(25) = 4.077 \text{ kN}$$

Demanda a corte del perno:

$$V_m = \frac{F_{ph}}{6} = \frac{14.67}{6} = 2.45 \text{ kN}$$

Momento de Volcamiento en la esquina de la base del elemento M_0 :

$$M_0 = 14.67(0.60) = 8.80 \text{ kN.m}$$

Momento mínimo (resistente):

$$M_r = (25 - 4.077) \frac{0.85}{2} = 8.89 \text{ kN.m}$$

Comprobación y diseño de pernos

Se utilizó las formulas y metodología del ACI 318 en la Sección D, diseño de anclajes, con el sistema MKS donde los esfuerzos están en kgf/cm².

Asumiendo pernos de anclaje, $\Phi = 1/2''$ y Grado 8.

La metodología de diseño es por esfuerzos admisibles, en donde los esfuerzos del acero son reducidos por factores de diseño, obteniendo las siguientes resistencias:

Resistencia nominal a tracción del perno de anclaje $N_{sa} = A_{se}f_{uta}$, ACI Section D.5.1.2

Resistencia de diseño a tracción del perno de anclaje $0.75 \phi N_{sa}$, ACI Section D.3.3.4.4

Resistencia nominal a corte del perno de anclaje $V_{sa} = 0.6A_{se}f_{uta}$, ACI Section D.6.1.2

Resistencia de diseño a corte del perno de anclaje $0.75 \phi V_{sa}$, ACI Section D.6.1.2

Resistencia de diseño a tracción del perno de anclaje = 5416.62 kgf

Resistencia de diseño a corte del perno de anclaje = 2999.97 kgf

El momento resistente es mayor al momento de volcamiento por lo tanto no hay fuerza de tensión en los pernos.

Tabla 52.
Comprobación resistencia de anclaje del generador.

	N° pernos	Diámetro (pulg)	Área (cm ²)	Área total(cm ²)	Fuerza (KN)	Fuerza (Kgf)	Fuerza admisible (Kgf)
Corte	1	1/2	1.267	1.27	2.45	249.75	< 2999.97

Las fuerzas actuantes provocadas por la acción sísmica son menores a las fuerzas admisibles que pueden resistir los pernos.

Los pernos deben estar empotrados a la losa de anclaje a una profundidad mayor de 2", siendo importante revisar la profundidad real a la que se encuentran los pernos y la resistencia a la compresión del hormigón para tener una mejor evaluación del anclaje de este elemento.

Al accionar un equipo mecánico, en este caso el motor del generador, provoca vibraciones que deben ser absorbidas por bases de cacho ubicadas en la unión del motor con el chasis a la falta de esto, las vibraciones se transmiten a los pernos de anclaje, puede provocar fisuración en la losa de anclaje y aflojar las tuercas de los pernos como es el caso.

Parapeto

Ubicación: cuarto piso del bloque derecho

Observaciones: se encuentra sobre el área de emergencias, cuenta con chicotes de la continuación del acero de las columnas.

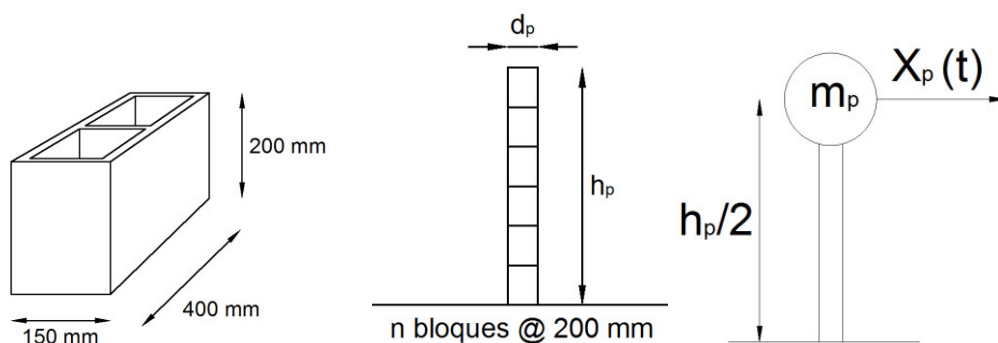


Figura 169. Detalles de parapeto

Tabla 53.
Propiedades del parapeto

Propiedades del parapeto	
Altura h_p	1000 mm
Espesor d_p	150 mm
Peso Bloque (NEC)	16 KN/m^3
Peso Bloque 15x20x40 cm	$0.48 \text{ KN} \times n$ (m de muro)
Número de Bloques n	5
Módulo de elasticidad E_p	9000MPa
Módulo de Poisson ν_p	0.3
Momento de inercia I_p	$4.14 \times 10^6 \text{ mm}^4$ (m de muro)
Peso w_p	$5 \times 0.48 \text{ kN} = 2.4 \text{ KN}$ (m muro)

Se realizó un análisis modal (detallado de manera más amplia en el Capítulo 6), el cual permitió determinar las aceleraciones que afectan a al parapeto.

Los cálculos de comprobación son realizados para un metro de muro, siendo que los chicotes se encuentran cada dos metros es necesario determinar la resistencia del anclaje en las zonas intermedias.

Rigidez del Parapeto

$$K_p = \frac{3EI}{h_p^3 \left(1 + 0.6(1 + \nu_p) \left(\frac{d_p}{h_p} \right)^2 \right)}$$

$$K_p = \frac{3(9Kn/mm^2)(414 * 10^6 mm^4)}{(400 mm)^3 \left(1 + 0.6(1 + 0.3) \left(\frac{150}{400} \right)^2 \right)}$$

$$= 157.40 Kn/mm/m \text{ de longitud}$$

Fuerza máxima lateral

$$V_p = \frac{S_{ap}}{g} m_p g = (1.22)(2.4Kn (m \text{ de muro})) = 2.93kN(m \text{ de muro})$$

$$= 298.77 kgf(m \text{ de muro})$$

Momento máximo

$$M_{bp} = V_p h_p = 2.93 \times 0.50 = 1.465 kN.m(m \text{ de muro})$$

$$= 149.33 kgf.m(m \text{ de muro})$$

$$|X_p|_{max} = \frac{V_p}{K_p} = \frac{2.93Kn(m \text{ de muro})}{157.40Kn/mm(m \text{ de muro})} = 0.018 mm$$

Comprobación de anclaje del parapeto

Se utilizó las formulas y metodología del ACI 318 con el sistema de unidades MKS donde los esfuerzos están en kgf/cm². Aproximadamente la resistencia a la compresión del mortero es $(f'm) = 50 \text{ a } 150 \text{ Kgf}/(cm^2)$, utiliza la resistencia más baja $50 \text{ Kgf}/(cm^2)$. Obteniendo como resultado las siguientes resistencias:

$$\text{Esfuerzo admisible de corte del mortero } (v_c = 0.53\sqrt{f'm})$$

$$= 3.74Kg/cm^2$$

$$\text{Esfuerzo cortante actuante} = \frac{\text{fuerza maxima}}{\text{Area seccion}} = \frac{298.77 kgf(m \text{ de muro})}{15 cm * 100 cm(m \text{ de muro})}$$

$$\text{Esfuerzo de corte actuante} = 0.199 kgf/cm^2 \text{ **Menor al admisible**}$$

$$\text{Esfuerzo admisible a tension } \sqrt{f'm/1.8} = 3.92 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Esf. actuante fibra a traccion} = \frac{\text{Momento} * y}{\text{Inercia}} = \frac{14933.7 \text{ kgf.cm} (\text{m de muro}) * 7.5 \text{ cm}}{\frac{100 \text{ cm} * (15)^3}{12} \text{ cm}^4 (\text{m de muro})}$$

$$\text{Esf. actuante fibra a tension} = 3.98 \text{ kgf/cm}^2 \text{ Mayor al admisible}$$

El esfuerzo a tensión es provocado por el momento de volcamiento, siendo ligeramente mayor el esfuerzo actuante del admisible. Al asumir una resistencia en la mampostería no hay confiabilidad en los resultados obtenidos ya que está en función del control en la construcción y estos valores podrían reducirse.

Diseño del arriostramiento

Fuerzas actuantes en el sistema de anclaje por m de muro.

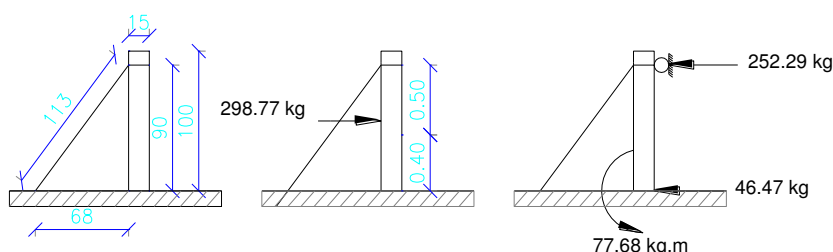


Figura 170. Dimensiones de anclaje, Fuerza actuante, Reacciones.

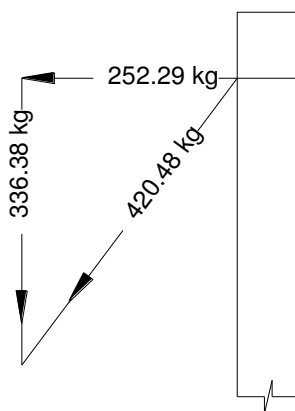


Figura 171. Fuerzas internas actuantes en el arriostramiento por m. de muro.

Se utilizó las formulas y metodología del ACI 318 en la Sección D, diseño de anclajes, con el sistema MKS donde los esfuerzos están en kgf/cm².

Utilizando pernos de anclaje, $\Phi = 1/2"$ y Grado 8, asumiendo la resistencia del hormigón $F'c = 210$ kgf/cm²

La metodología de diseño es por esfuerzos admisibles, en donde los esfuerzos del acero son reducidos por factores de diseño, obteniendo los siguientes resultados y la separación del arriostramiento:

Para 1.8 m de separación:

Resistencia de diseño a tracción del perno de anclaje = 5416.62 kgf

Resistencia de diseño a corte del perno de anclaje = 2999.97 kgf

Tabla 54.
Comprobación de resistencia de pernos de anclaje parapeto

	N° pernos	Diámetro (pulg)	Área (cm ²)	Área total(cm ²)	Fuerza (Kgf)	Fuerza admisible (Kgf)
Corte	1	1/2	1.267	1.27	499.53	< 2999.97
Tracción	1	1/2	1.267	1.27	666.04	< 5416.62

Resistencia al arrancamiento del concreto de un anclaje en tracción

$$Resistencia\ nominal\ de\ arrancamiento\ N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \psi_{sd,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b$$

Dónde:

A_{Nc} = área proyectada de la superficie de falla para un solo anclaje o grupo de anclajes.

A_{Nco} = el área proyectada de la superficie de falla de un solo anclaje con una distancia del borde igual o mayor a $1.5h_{ef}$.

$$A_{Nco} = 9 h_{ef}^2$$

$\psi_{sd,N}$ = El factor de modificación para los efectos del borde para anclajes solos o grupos de anclajes en tracción $\psi_{sd,N} = 1$ si $C_{a,min} \geq 1.5 h_{ef}$

$\psi_{c,N} = 1.4$ para anclajes pos instalados

$\psi_{cp,N} =$ El factor de modificación para anclajes pos instalados diseñados para concreto no fisurado de acuerdo con D.5.2.6 sin refuerzo suplementario para controlar el hendimiento, para todos los demás casos, incluyendo los anclajes preinstalados, $\psi_{cp,N}$, debe tomarse como 1.0.

Resistencia basica al arrancamiento N_b no debe exceder de $K_c \sqrt{f'_c} \cdot h_{ef}^{1.5}$;

Dónde:

$K_c = 7$ para los anclajes pos instalados

$f'_c = 210$ kgf/cm² resistencia de la losa de hormigón

$h_{ef} =$ Profundidad de anclaje 2"

Entonces:

$$N_b = 7 * \sqrt{210} * (5.08)^2 = 1161.45 \text{ kgf}$$

$$\begin{aligned} \text{Resistencia nominal de arrancamiento } N_{cb} &= 1 * 1 * 1.4 * 1 * 1161.45 \text{ kgf} \\ &= 1626.04 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\text{Resistencia de diseño al arrancamiento} = 0.75 \phi N_{cb}$$

$$\begin{aligned} \text{Resistencia de diseño al arrancamiento} &= 0.75 * 0.65 * 2272.46 \text{ kgf} \\ &= 792.69 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\text{Resistencia de diseño al arrancamiento} = 792.69 \text{ kgf}$$

$$792.69 \text{ kg} > 666.04 \text{ kgf (para 1.80 m de muro)}$$

Resistencia al arrancamiento del concreto de un anclaje sometido a cortante

Resistencia nominal al arrancamiento V_{cb} no debe exceder $\frac{A_{vc}}{A_{vco}} \psi_{ed,v} \psi_{c,v} V_b$

Dónde:

$A_{vc} =$ área proyectada de la superficie de falla para un solo anclaje o grupo de anclajes.

A_{Nco} = el área proyectada de la superficie de falla de un solo anclaje con una distancia del borde igual o mayor a $1.5C_{a1}$.

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2$$

$\psi_{sd,V}$ = El factor de modificación para los efectos del borde para anclajes solos o grupos de anclajes en cortante $\psi_{sd,V} = 1$ si $C_{a2} \geq 1.5 C_{a1}$

$\psi_{c,V}$ = 1 para anclajes en concreto fisurado sin refuerzo suplementario o refuerzo de borde menor que una barra de diámetro No. 13

$$\text{Resistencia básica al arrancamiento } V_b \text{ no debe exceder de } 1.86 \left(\frac{le}{d_o} \right)^{0.2} \sqrt{d_o} \sqrt{f'c} \cdot C_{a1}^{1.5};$$

Dónde:

K_c = 7 para los anclajes pos instalados

$f'c$ = 210 kg/cm² resistencia de la losa de hormigón

C_{a1} = Distancia al borde 90 cm

le = $2d_o$ para anclajes de expansión de torque controlado con una camisa distanciadora separada de la camisa de expansión = 2.54 cm

Entonces:

$$V_b = 1.86 \left(\frac{2.54}{1.27} \right)^{0.2} \sqrt{1.27} \sqrt{210} \cdot 90^{1.5} = 29791.62 \text{ kgf}$$

$$\begin{aligned} \text{Resistencia nominal de arrancamiento } V_{cb} &= 1 * 1 * 29791.62 \text{ kgf} \\ &= 29791.62 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\text{Resistencia de diseño al arrancamiento} = 0.75 \phi V_{cb}$$

$$\begin{aligned} \text{Resistencia de diseño al arrancamiento} &= 0.75 * 0.60 * 29791.62 \text{ kgf} \\ &= 13406.23 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\text{Resistencia de diseño al arrancamiento por corte} = 13406.23 \text{ kgf}$$

$$13406.23 \text{ kg} > 499.54 \text{ kgf (para 1.80 m de muro)}$$

Resistencia al desprendimiento del concreto por cabeceo del anclaje sometido a cortante

Resistencia nominal al desprendimiento por cabeceo V_{cp} no debe exceder $k_{cp}N_{cb}$

$$k_{cp} = 1 \text{ para } h_{ef} < 65 \text{ mm} \text{ donde } V_{cp} = 1626.04 \text{ kgf}$$

$$\text{Resistencia de diseño al desprendimiento} = 0.75 \phi V_{cp}$$

$$\text{Resistencia de diseño al desprendimiento} = 731.71 \text{ kgf}$$

$$\text{Resistencia de diseño al desprendimiento} = 731.71 \text{ kgf}$$

$$731.71 \text{ kgf} > \text{fuerza actuante} = 499.53 \text{ kgf (para 1.80 m de muro)}$$

Interacción de las fuerzas de tracción y cortante

$$\phi V_n = 0.60 * 1626.04 = 975.62 \text{ kgf} \quad \text{y} \quad \phi N_n = 0.65 * 1626.04 \\ = 1056.92 \text{ kgf}$$

Como actúan fuerzas de tensión y de corte simultáneamente tiene que cumplirse que la suma de las fuerzas actuantes sobre las fuerzas nominales no pase de 1.2

$$\phi V_n = 0.60 * 1626.04 = 975.62 \text{ kgf} \quad \text{y} \quad \phi N_n = 0.65 * 1626.04 \\ = 1056.92 \text{ kgf}$$

$$\frac{N_{ua}}{\phi N_n} + \frac{V_{ua}}{\phi V_n} \leq 1.2$$

$$0.512 + 0.63 = 1.14 \leq 1.2 \text{ Cumple con separacion 1.80 m}$$

Usando la metodología de diseño de acero del AISC, se utilizó el siguiente perfil con sus características:

Tabla 55.
Propiedades de sección metálica

Denominación	Dimensiones		Área	Eje x-x = eje y-y		Eje w-w		Eje z-z	
	(mm)			l	r	l	r (máx)	l	r (mín)
(mm)	a	E	(cm ²)	(cm ⁴)	(cm)	(cm ⁴)	(cm)	(cm ⁴)	(cm)
L 40 X 3	40	3	2.31	3.58	1.24	5.71	1.57	1.45	0.79

Esbeltez

$$\frac{K.L}{r} = \frac{1 * 113}{0.79} = 143.03$$

Dónde:

K= Factor de longitud efectiva

L= longitud del elemento

.r = radio de giro menor entre los ejes

Esfuerzo de diseño

$$\text{Si } \frac{531}{\sqrt{F_y}} \leq \frac{w}{t} \leq \frac{1208}{\sqrt{F_y}} \text{ entonces } F_c = F_y \left(0.767 - 3.15 \times 10^{-4} \frac{w}{t} \sqrt{F_y} \right)$$

Dónde:

.w= Ancho efectivo de diseño

.t= espesor de la lamina

F_y= Esfuerzo admisible del acero =2400 Kgf/cm²

$$\frac{w}{t} = \frac{40}{3} = 13.33$$

Como,

$$10 \leq 13.33 \leq 24$$

Entonces

$$F_c = 2400(0.767 - 3.15 \times 10^{-4}(13.33) \sqrt{2400})$$

$$F_c = 1463.73 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Q = \frac{F_c}{F} \text{ Donde } F = 0.6 F_y = 1440 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Q = 1.0159$$

$$\text{Si } \frac{K.L}{r} \geq \frac{C_c}{\sqrt{Q}} \text{ entonces } F_c = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \left(\frac{K.L}{r} \right)^2}$$

Dónde:

$$C_c = \text{Esbeltez crítica por deformación por pandeo } C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{F_y}} = 131$$

E=Modulo de elasticidad del acero (2100000 kgf/cm²)

$$143.03 \geq 129.97 \text{ Entonces } F_c = 528.53 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$P_{\text{admisible}} = \text{area seccion} \times F_c$$

$$\begin{aligned} P_{\text{admisible}} &= 1220.90 \text{ Kgf} \geq P \text{ actuante} \\ &= 420.48 \text{ Kgf (m de muro)} \end{aligned}$$

Para arriostramiento cada 1.80 m de muro:

$$\begin{aligned} P_{\text{admisible}} &= 1220.90 \text{ Kgf} \geq P \text{ actuante} \\ &= 756.86 \text{ Kgf (para 1.80 m de muro)} \end{aligned}$$

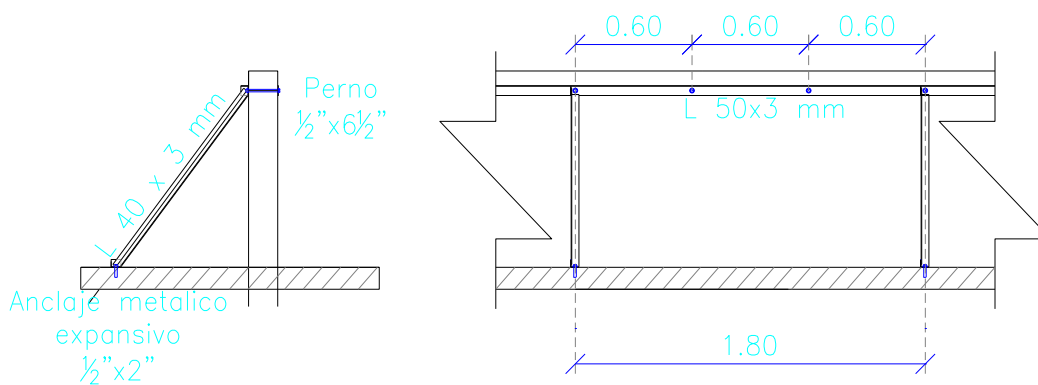


Figura 172. Diseño de arriostramiento de parapeto.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS COMPLEMENTARIO

6.1. Descripción General

Sin ser parte esencial del presente trabajo, se ha considerado un análisis complementario, con la finalidad de contar con respuestas estructurales, principalmente valores de deriva y aceleraciones, que permitan cuantificar y trasladar lo realizado en el análisis en parámetros relativamente más comprensibles, como se ha mencionado, se presenta una posible matriz para el cálculo del nivel de desempeño llamado “RPI” la cual, permita contar con un criterio más objetivo de medición, en base a niveles de desempeño deseado. Matriz que dependerá de muchos factores, entre los cuales se deberá analizar: tipo de estructura, funcionalidad, equipos esenciales existentes, ocupación, etc. Observándose en este caso, que indudablemente existirá un nivel de desempeño de Seguridad de Vida, sin llegar al colapso, pero existirá daño.

Para el diseño de los elementos no estructurales existe dos metodologías, (Fialtrault, 2014), Análisis Directo (Direct analysis method) y el análisis denominado “Cascadian” (Floor Response Spectrum Method).

Para realiza el análisis directo (Direct Analysis Method) se considera la interacción entre lo estructural y no estructural, para lo cual se requiere de modelos con gran cantidad de grados de libertad, además es necesario determinar las propiedades reales de la estructura como es: resistencias a la compresión, fluencia del acero, método constructivo y calidad de la construcción, para lo cual es necesario realizar ensayos, y debido a que no es el objetivo de este proyecto no se lo realizó.

El “Cascading Analysis Method”, utiliza las respuestas estructurales para la obtención de espectros de piso, los mismos que servirán para diseñar los elementos y componentes no estructurales, de acuerdo a su ubicación; espectros en este caso, que permitan un diseño adecuado en relación con

su ubicación y propiedades del elemento o componente no estructural, como es, rigidez y masa. Este es el método que realizaremos siguiendo los siguientes pasos: primero, la obtención de respuestas estructurales en cada piso y segundo diseño de los componentes y elementos no estructurales.

En este capítulo, de un bloque lateral del hospital en mención en base a propiedades, dimensiones y cargas establecidas se realiza los siguientes análisis y comparación:

Las partes fundamentales son las siguientes:

- Parte 6.2: Validación (Análisis Sísmico Modal)
- Parte 6.3: Análisis Modal Elástico, Sap 2000
- Parte 6.4: Análisis Elástico Historia en el tiempo
- Parte 6.5: Comparación de valores y expectativa de desempeño

Existen tres bloques estructurales rectangulares en planta, los dos bloques laterales están constituidos por una estructura de hormigón y el bloque intermedio es una estructura mixta de hormigón en las dos primeras plantas y en la segunda planta alta es de acero. La cimentación de la edificación es de tipo superficial con pilotes y sin sótano, el sistema de soporte de la estructura es a través de vigas y columnas de hormigón armado con losas alivianadas. Las juntas entre bloques internamente han sido cubiertas por recubrimientos, lo que ocasionará en caso de un sismo, la rotura o el fisuramiento. La zona de los ascensores está formada por muros.

6.2. Validación (Análisis sísmico modal)

Es importante considerar que previo a la utilización de cualquier tipo de software, por ejemplo SAP2000, se debe realizar una comprobación de lo que se espera obtener en estos programas, utilizando la teoría básica de dinámica de estructuras para obtener parámetros y poder comprobar o validar los resultados obtenidos.

Se realiza un análisis modal del bloque lateral de cuatro pisos donde se encuentra el parapeto, con la finalidad de obtener las respuestas

estructurales, puntualmente aceleraciones de piso con lo cual se diseña el componente no estructural, (en este caso el parapeto). También sirve para validar el modelo de Sap 2000 en el análisis en Modal y comparar con el Análisis de Historia en el tiempo (Time History Análisis).

Ecuación de movimiento de la estructura

Ecuación de Movimiento: $m * \ddot{u} + c * \dot{u} + k * u = f(t)$

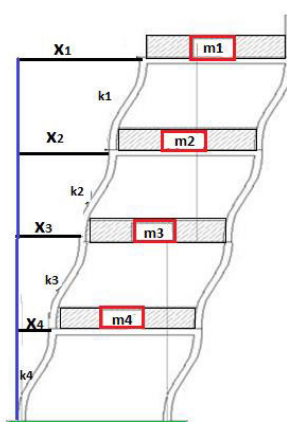


Figura 173. Deformación de la estructura

Se asumió un peso de 1.2 T/m² o 11.77 KN/m² entre carga muerta y carga viva, siendo que el primero, segundo y tercer piso tienen un área de 597 m² cada piso, el cuarto piso tiene un área de 514 m². Se determinó las masas correspondientes para cada piso.

$$\text{Masa 2, Masa 3, Masa 4} = \frac{11.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 597 \text{m}^2}{9810 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2}} = 0.716 \frac{\text{kN} \cdot \text{s}^2}{\text{mm}}$$

$$\text{Masa 1} = \frac{11.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 514 \text{m}^2}{9810 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2}} = 0.616 \frac{\text{kN} \cdot \text{s}^2}{\text{mm}}$$

Para calcular la rigidez de cada piso, se determinaron el número de columnas de cada piso con sus respectivas dimensiones del plano arquitectónico, se calcularon las rigideces de cada columna y se las sumaron para obtener las rigideces de cada piso, en la Tabla 56 se presenta un resumen del cálculo de las rigideces, la altura de entre piso es de 4 m.

Asumiendo que el módulo de elasticidad del hormigón de 2.2×10^{10} Pascales (22 Kn/mm^2).

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} ; E = 22 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}^2} ; K = \frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3}$$

Tabla 56.
Resumen del cálculo de rigideces

Resumen		
Piso	N. Columnas	Rigidez (Kn/mm)
1	86	1163.19
2	85	666.30
3	92	392.07
4	91	368.55

Tabla 57.
Propiedades de la estructura.

Resumen de propiedades de la estructura	
Masa 2=Masa3=Masa 4	$0.716 \text{ kN} \cdot \text{s}^2 / \text{mm}$
Masa 1	$0.616 \text{ kN} \cdot \text{s}^2 / \text{mm}$
Rigidez K_4	1163.19 kN/mm
Rigidez K_3	666.30 kN/mm
Rigidez K_2	392.07 kN/mm
Rigidez K_1	368.55 kN/mm
$E_c =$	$2.2 \text{ E } 10 \text{ Pascal}$

Matriz de masas

$$m_1 = 0.616 \text{ KN} \cdot \frac{\text{s}^2}{\text{mm}} ; m_2, m_3, m_4 = 0.716 \text{ KN} \cdot \frac{\text{s}^2}{\text{mm}}$$

$$[m] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_4 \end{bmatrix} \rightarrow [m] = \begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \text{ KN} \cdot \frac{\text{s}^2}{\text{mm}}$$

Matriz de rigidez

$$[k] = \begin{bmatrix} K_1 & -K_1 & 0 & 0 \\ -K_1 & K_1 + K_2 & -K_2 & 0 \\ 0 & -K_2 & K_2 + K_3 & -K_3 \\ 0 & 0 & -K_3 & K_3 + K_4 \end{bmatrix}$$

$$[k] = \begin{bmatrix} 368.55 & -368.55 & 0 & 0 \\ -368.55 & 760.62 & -392.07 & 0 \\ 0 & -392.07 & 1058.37 & -666.30 \\ 0 & 0 & -666.30 & 1829.49 \end{bmatrix} \frac{kN}{mm}$$

Frecuencias naturales

$$[[k] - w^2 [m]] = \begin{bmatrix} 368.55 - 0.616 w^2 & -368.55 & 0 & 0 \\ -368.55 & 760.62 - 0.716 w^2 & -392.07 & 0 \\ 0 & -392.07 & 1058.37 - 0.716 w^2 & -666.30 \\ 0 & 0 & -666.30 & 1829.49 - 0.716 w^2 \end{bmatrix} = 0$$

$$\begin{aligned} & (368.55 - 0.616 w^2)[(760.62 - 0.716 w^2)(1058.37 - 0.716 w^2)(1829.49 - 0.716 w^2) \\ & - (-666.30)(-666.30)(760.62 - 0.716 w^2) \\ & - (1829.49 - 0.716 w^2)(-392.07)(-392.07)] \\ & - (-368.55)[(-368.55)(1058.37 - 0.716 w^2)(1829.49 - 0.716 w^2) \\ & - (-666.30)(-666.30)(-368.55)] = 0 \end{aligned}$$

$$0.2261 w^8 - 1287.45 w^6 + 2.1789 \times 10^6 w^4 - 1.780 \times 10^9 w^2 + 1.1199 \times 10^{11} = 0$$

$$w_1^2 = 3132.36 \frac{rad}{s^2} \quad w_1 = 55.96 \frac{rad}{s} \quad T_1 = 0.1193s$$

$$w_2^2 = 1633.58 \frac{rad}{s^2} \quad w_2 = 40.41 \frac{rad}{s} \quad T_2 = 0.1555s$$

$$w_3^2 = 808.22 \frac{rad}{s^2} \quad w_3 = 28.42 \frac{rad}{s} \quad T_3 = 0.2211s$$

$$w_4^2 = 119.76 \frac{rad}{s^2} \quad w_4 = 10.94 \frac{rad}{s} \quad T_4 = 0.5743s$$

Modos de vibración

Modo 1

$$\begin{bmatrix} 368.55 - 0.616(3132.36) & -368.55 & 0 & 0 \\ -368.55 & 760.62 - 0.716(3132.36) & -392.07 & 0 \\ 0 & -392.07 & 1058.37 - 0.716(3132.36) & -666.30 \\ 0 & 0 & -666.30 & 1829.49 - 0.716(3132.36) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Si A_2^{(1)} = 1.00$$

$$A^{(1)} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0.799 \\ 0.436 \\ 0.166 \end{bmatrix}$$

Modo 2

$$\begin{bmatrix} 368.55 - 0.616(1633.58) & -368.55 & 0 & 0 \\ -368.55 & 760.62 - 0.716(1633.58) & -392.07 & 0 \\ 0 & -392.07 & 1058.37 - 0.716(1633.58) & -666.30 \\ 0 & 0 & -666.30 & 1829.49 - 0.716(1633.58) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1^{(2)} \\ A_2^{(2)} \\ A_3^{(2)} \\ A_4^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Si } A_2^{(2)} = 1.00$$

$$A^{(2)} = \begin{bmatrix} 1 \\ -0.35 \\ -1.02 \\ -0.58 \end{bmatrix}$$

Modo 3

$$\begin{bmatrix} 368.55 - 0.616(808.22) & -368.55 & 0 & 0 \\ -368.55 & 760.62 - 0.716(808.22) & -392.07 & 0 \\ 0 & -392.07 & 1058.37 - 0.716(808.22) & -666.30 \\ 0 & 0 & -666.30 & 1829.49 - 0.716(808.22) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1^{(3)} \\ A_2^{(3)} \\ A_3^{(3)} \\ A_4^{(3)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$A^{(3)} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1.73 \\ 0.86 \\ 0.87 \end{bmatrix}$$

Modo 4

$$\begin{bmatrix} 368.55 - 0.616(119.76) & -368.55 & 0 & 0 \\ -368.55 & 760.62 - 0.716(119.76) & -392.07 & 0 \\ 0 & -392.07 & 1058.37 - 0.716(119.76) & -666.30 \\ 0 & 0 & -666.30 & 1829.49 - 0.716(119.76) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1^{(4)} \\ A_2^{(4)} \\ A_3^{(4)} \\ A_4^{(4)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$A^{(4)} = \begin{bmatrix} 1 \\ -4.23 \\ 15.07 \\ -24.29 \end{bmatrix}$$

Masas generalizadas ($kN * \frac{s^2}{m}$)

$$M_1^* = (A^{(1)T})[m](A^{(1)})$$

$$[1 \quad 0.799 \quad 0.436 \quad 0.166] \begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0.799 \\ 0.436 \\ 0.166 \end{bmatrix} = 1.23$$

$$M_2^* = (A^{(2)T})[m](A^{(2)})$$

$$[1 \quad -0.35 \quad -1.102 \quad -0.587] \begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -0.35 \\ -1.102 \\ -0.587 \end{bmatrix} = 1.822$$

$$M_3^* = (A^{(3)T})[m](A^{(3)})$$

$$[1 \quad -1.73 \quad 0.865 \quad 0.873] \begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -1.73 \\ 0.865 \\ -0.873 \end{bmatrix} = 3.842$$

$$M_4^* = (A^{(4)T})[m](A^{(4)})$$

$$[1 \quad -4.235 \quad 15.071 \quad -24.298] \begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -4.235 \\ 15.071 \\ -24.298 \end{bmatrix} = 598.8$$

Factor de participación modal

$$\alpha_1 = \frac{(A^{(1)T})[m](I)}{M1}$$

$$\frac{[1 \quad 0.799 \quad 0.436 \quad 0.166] \begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}}{1.23} = 1.317$$

$$\alpha_2 = \frac{(A^{(2)T})[m](I)}{M2}$$

$$\frac{[1 \quad -0.35 \quad -1.102 \quad -0.587] \begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}}{1.822} = -0.464$$

$$\alpha_3 = \frac{(A^{(3)T})[m](I)}{M3}$$

$$\frac{[1 \quad -1.73 \quad 0.865 \quad 0.873] \begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}}{3.842} = 0.161$$

$$\alpha_4 = \frac{(A^{(3)T})[m](I)}{M3}$$

$$\frac{[1 \quad -4.235 \quad 15.071 \quad -24.298] \begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}}{598.83} = -0.015$$

Respuesta modal

Modo 1

$$w_1^2 = 3132.36 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \quad w_1 = 55.96 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$T_1 = 0.1193 \text{ s}, \text{ Del espectro de diseno } S_{a1} = 0.864 \text{ g}$$

$$\mu_1(t) = [A^1] y_{gmax} = [A^1] \alpha_1 \frac{S_{a1}}{w_1^2}$$

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 0.799 \\ 0.436 \\ 0.166 \end{bmatrix} * 1.317 * \frac{0.864 * 9810}{119.8} = \begin{bmatrix} 93.22 \\ 74.56 \\ 40.71 \\ 15.56 \end{bmatrix} \text{ mm}$$

$$\text{Deriva} = \begin{bmatrix} 18.66 \\ 33.85 \\ 25.16 \\ 15.56 \end{bmatrix} \text{ mm}$$

$$[F^1] = [m][A^1] \alpha_1 S_{a1}$$

$$\begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0.799 \\ 0.436 \\ 0.166 \end{bmatrix} 1.317 * 0.864 * 9810 = \begin{bmatrix} 6877.2 \\ 6393.5 \\ 3491.1 \\ 1334.0 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

La aceleración es la Fuerza (kN) dividido para la masa:

$$[Aceleracion^1] = \begin{bmatrix} 1.138 \\ 0.910 \\ 0.497 \\ 0.189 \end{bmatrix} g$$

Modo 2

$$w_2^2 = 1633.58 \frac{rad}{s^2} \quad w_2 = 40.41 \frac{rad}{s}$$

$$T_2 = 0.1555 s, Del espectro de diseño S_{a2} = 0.864 g$$

$$\mu_2(t) = [A^2] y_{gmax}$$

$$[A^2] \alpha_1 \frac{S_{a2}}{w_2^2} = \begin{bmatrix} 1 \\ -0.350 \\ -1.102 \\ -0.587 \end{bmatrix} * -0.464 * \frac{0.864 * 9810}{808.82} = \begin{bmatrix} -4.87 \\ 1.71 \\ 5.37 \\ 2.86 \end{bmatrix} mm$$

$$Deriva = \begin{bmatrix} 6.57 \\ 3.66 \\ 2.51 \\ 2.86 \end{bmatrix} mm$$

$$[F^2] = [m][A^2] \alpha_2 S_{a2}$$

$$\begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -0.350 \\ -1.102 \\ -0.587 \end{bmatrix} * -0.464 * 0.864 * 9810 = \begin{bmatrix} -2422.7 \\ 988.1 \\ 3105.6 \\ 1654.3 \end{bmatrix} kN$$

La aceleración es la Fuerza (kN) dividido para la masa:

$$[Aceleración^2] = \begin{bmatrix} -0.40 \\ 0.14 \\ 0.44 \\ 0.23 \end{bmatrix} g$$

Modo 3

$$w_3^2 = 808.22 \frac{rad}{s^2} \quad w_3 = 28.42 \frac{rad}{s}$$

$$T_3 = 0.2211 s \text{ Del espectro de diseño } S_{a3} = 0.864g$$

$$\mu_3(t) = [A^3] y_{gmax} = [A^3] \alpha_3 \frac{S_{a3}}{w_3^2}$$

$$\begin{bmatrix} 1 \\ -1.73 \\ 0.86 \\ 0.87 \end{bmatrix} * 0.161 * \frac{0.864 * 9810}{1633.6} = \begin{bmatrix} 0.84 \\ -1.45 \\ 0.73 \\ 0.73 \end{bmatrix} mm$$

$$Deriva = \begin{bmatrix} 2.29 \\ 2.18 \\ 0.01 \\ 0.73 \end{bmatrix} mm$$

$$[F^3] = [m][A^3] \alpha_3 S_{a3}$$

$$\begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -1.73 \\ 0.86 \\ 0.87 \end{bmatrix} * 0.161 * 0.864 * 9810 = \begin{bmatrix} -845.3 \\ 1700.2 \\ 850.1 \\ 858.5 \end{bmatrix} kN$$

La aceleración es la Fuerza (kN) dividido para la masa:

$$[Aceleración^3] = \begin{bmatrix} 0.14 \\ -0.24 \\ 0.12 \\ 0.12 \end{bmatrix} g$$

Modo 4

$$w_4^2 = 119.76 \frac{rad}{s^2} \quad w_4 = 10.94 \frac{rad}{s}$$

$$T_4 = 0.574 s \text{ Del espectro de diseño } S_{a4} = 0.864g$$

$$\mu_4(t) = [A^4] y_{gmax} = [A^4] \alpha_4 \frac{S_{a4}}{w_4^2}$$

$$\begin{bmatrix} 1 \\ -4.235 \\ 15.071 \\ -24.29 \end{bmatrix} * -0.0151 * \frac{0.864 * 9810}{3132.4} = \begin{bmatrix} -0.04 \\ 0.17 \\ -0.61 \\ 0.99 \end{bmatrix} mm$$

$$Deriva = \begin{bmatrix} 0.21 \\ 0.79 \\ 1.61 \\ 0.99 \end{bmatrix} mm$$

$$[F^4] = [m][A^4] \alpha_4 S_{a4}$$

$$\begin{bmatrix} 0.616 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.716 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -4.235 \\ 15.071 \\ -24.29 \end{bmatrix} * -0.0151 * 0.864 * 9810 = \begin{bmatrix} -78.7 \\ 387.3 \\ -1378.2 \\ 2221.9 \end{bmatrix} kN$$

La aceleración es la Fuerza (kN) dividido para la masa:

$$[Aceleración^4] = \begin{bmatrix} -0.01 \\ 0.055 \\ -0.196 \\ 0.316 \end{bmatrix} g$$

Tabla 58.
Resumen Análisis sísmico modal

Modo		1	2	3	4	SRSS
Periodo (s)		0.574	0.221	0.155	0.112	
Factores de participación modal		1.317	-0.464	0.161	-0.0151	
Masa Generalizadas	$(kn * \frac{s^2}{m})$	1.23	1.822	3.842	598.83	
Desplazamiento s(mm)	μ_4	93.22	-4.87	0.84	-0.04	93.35
	μ_3	74.56	1.71	-1.45	0.17	74.6
	μ_2	40.71	5.37	0.73	-0.61	41.08
	μ_1	15.56	2.86	0.73	0.99	15.87
Derivas (mm)	$\mu_4 - \mu_3$	18.66	6.57	2.29	0.21	19.92
	$\mu_3 - \mu_2$	33.85	3.66	2.18	0.79	34.12
	$\mu_2 - \mu_1$	25.16	2.51	0.01	1.61	25.33
	μ_1	15.56	2.86	0.73	0.99	15.87
Aceleraciones de piso (g)	a_4	1.14	-0.4	0.14	-0.01	1.22
	a_3	0.9102	0.1407	-0.2421	0.0551	0.95
	a_2	0.497	0.4421	0.121	-0.1962	0.7
	a_1	0.1899	0.2355	0.1222	0.3163	0.45

Aplicando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de cada modo de vibración, se obtuvieron los valores máximos estimados de respuesta de la estructura. Con este análisis se obtuvo la aceleración de diseño del parapeto que es de 1.22 g

6.3. Análisis Modal Elástico

Se realizó un modelo en base a la geometría y parámetros de diseño. Al no contar con planos estructurales as built se optó por colocar columnas de 30 X 40 cm y vigas de 20 X 55 cm según información obtenida del estudio “Vulnerabilidad Estructural de Hospitales de Guayaquil-Ecuador” (Argudo & Yela, 2004). En lo referente al hormigón, se utilizó un valor de $F'c$ 210.

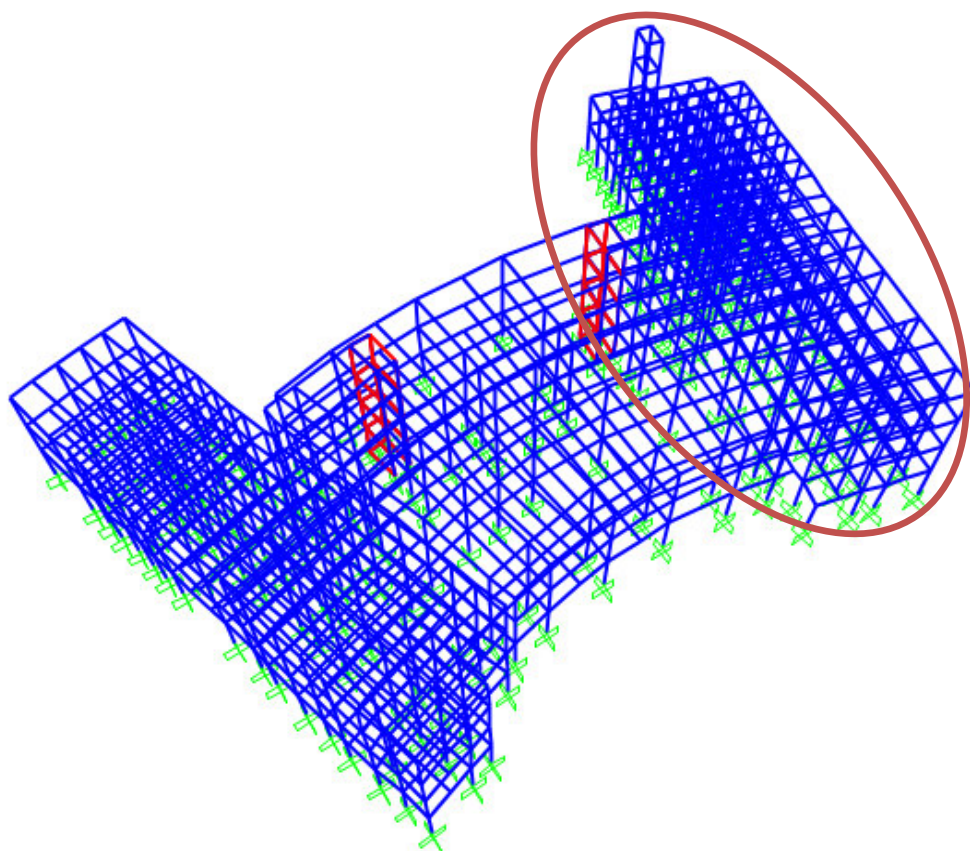


Figura 174. Vista 3D del modelo del hospital *Análisis Modal*

Se realizó un análisis modal espectral en el programa SAP2000, utilizando el espectro de diseño, el cual se lo obtuvo de acuerdo lo que estipula el NEC-11. Los datos utilizados para obtener el espectro fueron:

Tabla 59.
Información del espectro

Suelo Tipo	D
Factor de Zona (z)	0.4
Fa	1.2
Fd	1.4
Fs	1.5
n	1.8
r	1.5
to	0.175
tc	0.9625

El espectro elástico según el NEC-11, se presenta en la Figura 175, el mismo que está relacionado a una probabilidad de 10% de excedencia en 50 años, es decir un período de retorno de 475 años.

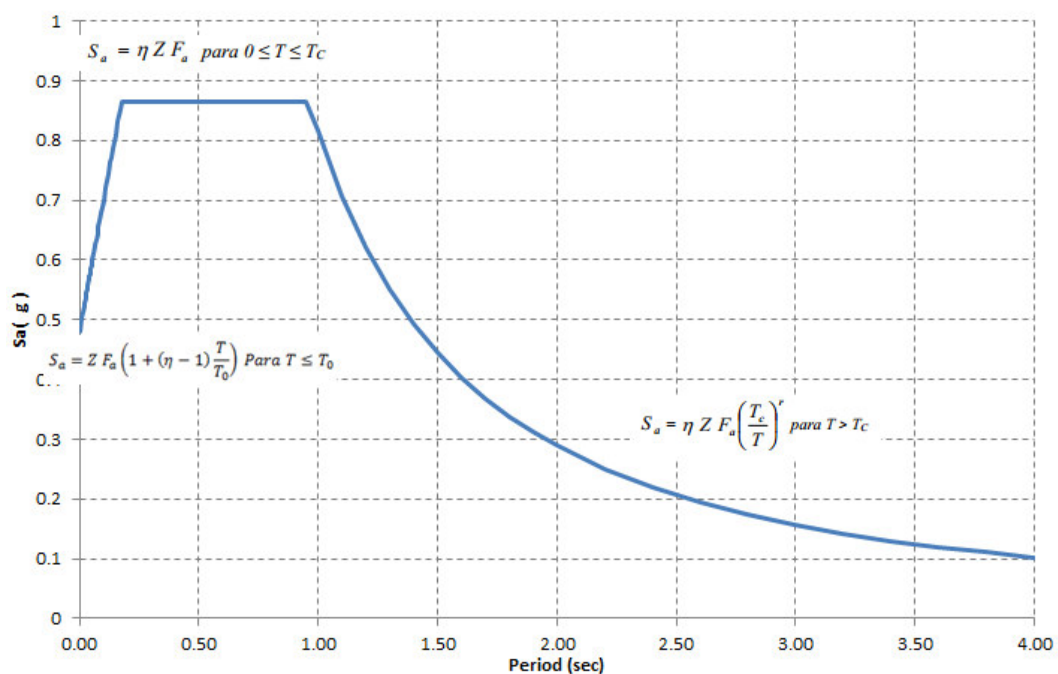


Figura 175. Espectro de Diseño elástico según NEC-11

Las respuestas estructurales obtenidas se muestran en las Figuras siguientes.

Deriva:

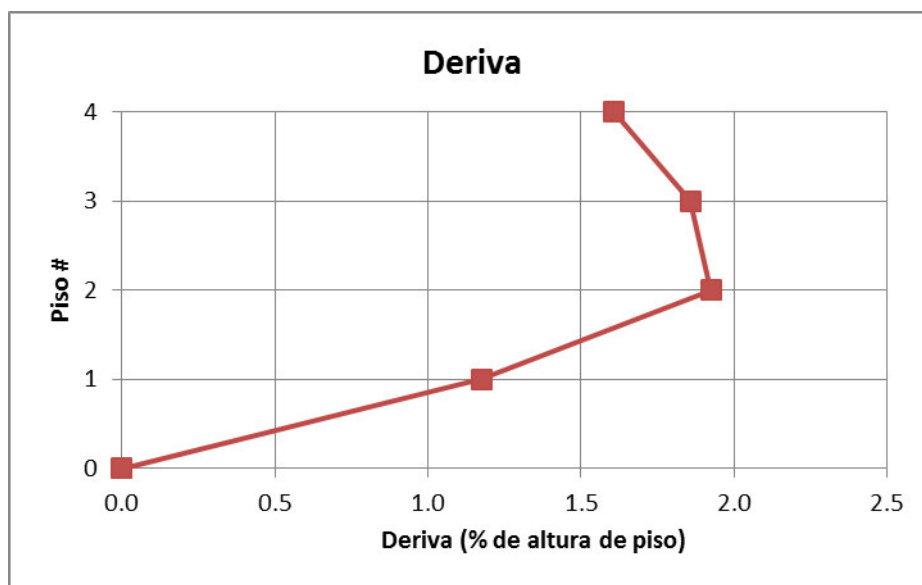


Figura 176. Derivas de piso modal

Aceleraciones:

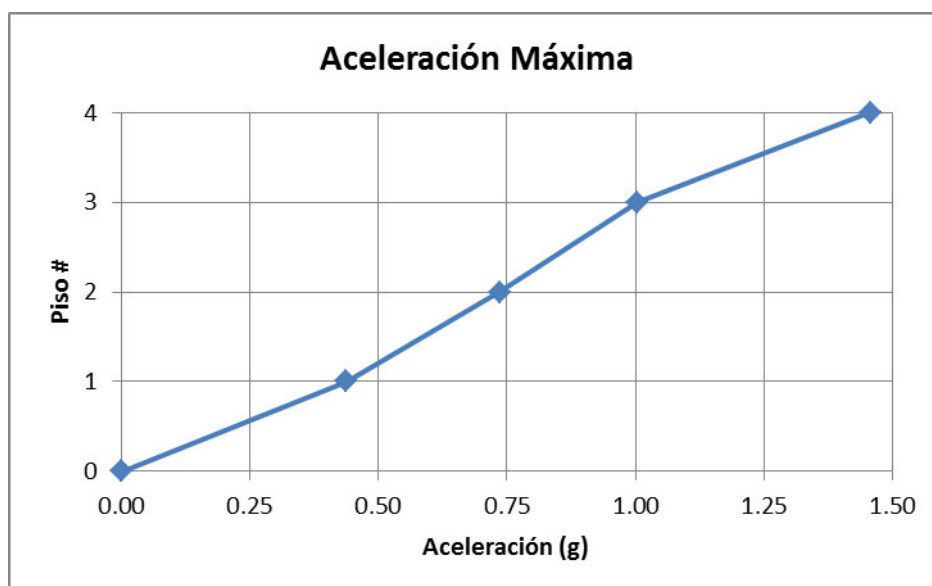


Figura 177. Aceleraciones modales

6.4. Análisis Elástico Historia en el Tiempo

Un análisis en el tiempo fue realizado, con la finalidad de poder determinar ciertos parámetros estructurales, básicamente aceleraciones y desplazamientos, los mismos que podrán ser comparados con el análisis modal.

Siete terremotos fueron escalados, cada componente escalada fue simultáneamente aplicada a lo largo de las dos direcciones ortogonales. Cada par de terremotos tiene dos componentes, las mismas que se describen a continuación:

- Una componente Normal aplicada a lo largo del eje X
- Una componente Normal aplicada a lo largo del eje Y

Los máximos valores fueron calculados tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de sus componentes.

Escalamiento de los registros sísmicos

Los registros que se han utilizado en el análisis no lineal de respuesta en el tiempo, son especificados a continuación en la Tabla 60, los mismos que han sido escalados, método que permite normalizar los eventos ante las características propias de los mismos en magnitud, diferencia en la fuente y condiciones de suelo. Asumiremos el procedimiento establecido es el capítulo 16 de ASCE 7-10, asumiendo que la distancia del proyecto a la falla activa tiene más de 10 Km.

Tabla 60.
Información de los registros.

No.	Earthquake Name	Recording Station	M_W ¹	R_{rup} ² (km)	Site ³
1	1979 Imperial Valley	El Centro #7	6.53	0.56	D
2	1989 Loma Prieta	LGPC	6.93	3.88	C
3	1989 Loma Prieta	Saratoga – W. Valley Coll.	6.93	9.31	C
4	1994 Northridge	Jensen Filter Plant	6.69	5.43	C
5	1994 Northridge	Sylmar – Coverter Sta. East	6.69	5.19	C
6	1995 Kobe, Japan	Takarazuka	6.90	0.27	D
7	1999 Duzce, Turkey	Bolu	7.14	12.04	D
1. Moment magnitude 2. Distance to fault rupture 3. Site class classification per ASCE 7-10					

Existe básicamente dos factores de escalamiento el primer factor permite minimizar el error entre el espectro escalado con la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) y el espectro del Máximo Terremoto Considerado (MCE).

El Segundo factor es calculado con el objetivo de chequear que los valores del espectro del SRSS entre ciertos periodos no sean menores que los valores del espectro del Máximo Terremoto Considerado (MCE). Considerando el último factor de escalamiento como el producto de los dos factores es decir FJF1. Los factores de escalamiento por cada registro son presentados en la Tabla 61 y graficados en la Figura 178.

Tabla 61.
Factores de escalamiento

FACTORES PARA ESCALAMIENTO							
	EQ1	EQ2	EQ3	EQ4	EQ5	EQ6	EQ7
$S_{MCE t=1}$	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224
$S_{FNormal t=1}$	0.815	0.873	0.71	0.512	0.732	0.933	0.729
$S_{FParalela t=1}$	0.422	0.532	0.42	1.359	1.125	0.83	1.178
$S_{MCE t=2}$	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433
$S_{FNormal t=2}$	0.198	0.561	0.314	0.411	0.429	0.396	0.257
$S_{FParalela t=2}$	0.358	0.34	0.187	0.472	0.526	0.487	0.337
$S_{MCE t=3}$	0.236	0.236	0.236	0.236	0.236	0.236	0.236
$S_{FNormal t=3}$	0.162	0.436	0.176	0.421	0.394	0.147	0.147
$S_{FParalela t=3}$	0.184	0.254	0.116	0.131	0.192	0.149	0.122
$S_{MCE t=4}$	0.153	0.153	0.153	0.153	0.153	0.153	0.153
$S_{FNormal t=4}$	0.191	0.326	0.078	0.195	0.186	0.071	0.084
$S_{FParalela t=4}$	0.174	0.183	0.157	0.067	0.061	0.086	0.057
F_J	1.128	0.748	1.311	0.75	0.755	0.874	0.934
F_1	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
$F_1 F_J =$	1.681	1.114	1.953	1.117	1.124	1.302	1.392

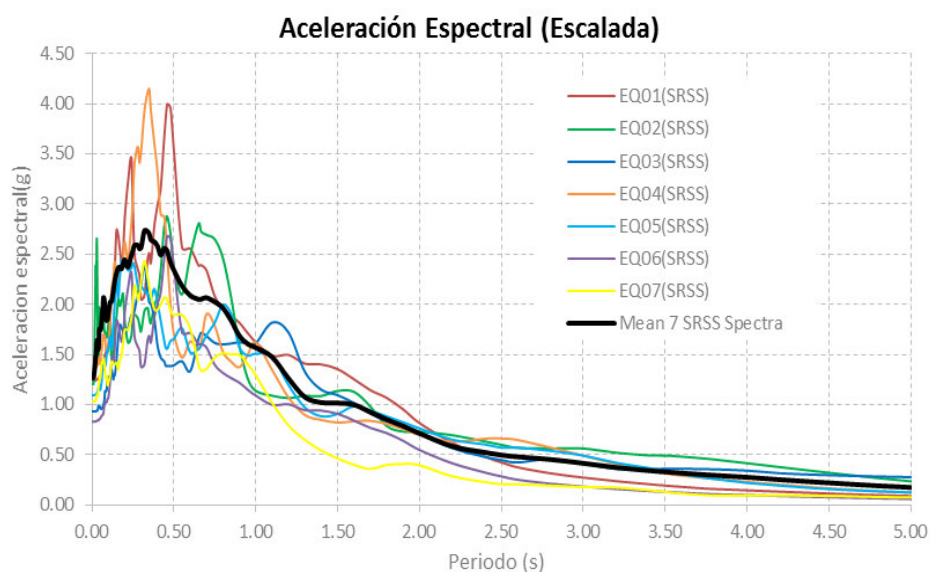


Figura 178. Espectro elástico según NEC-11

Tomando los máximos valores en cada una de las corridas y aplicando la regla de la raíz cuadrada de la suma de sus cuadrados, se obtuvieron los siguientes valores:

Deriva:

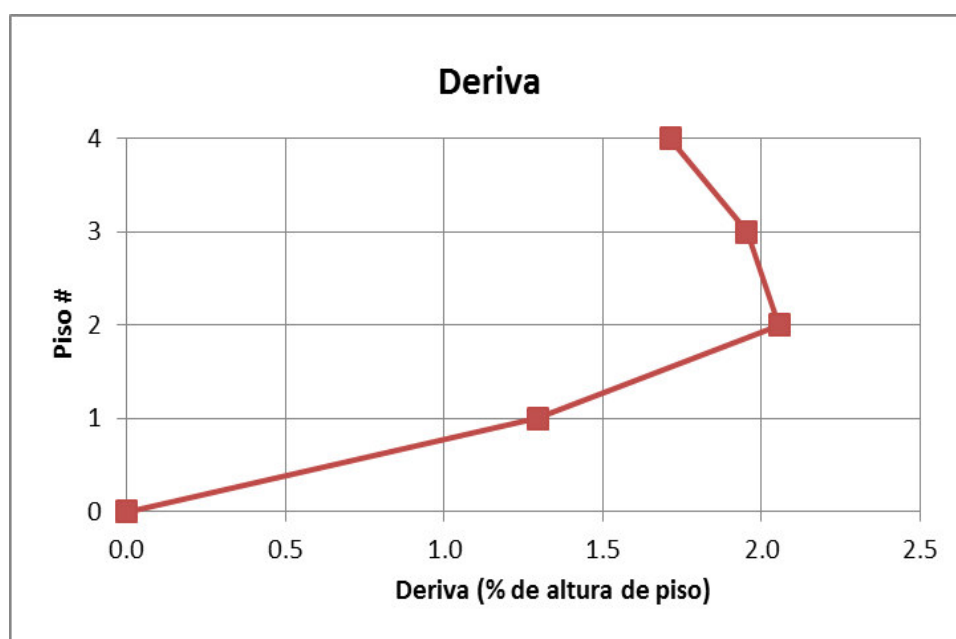


Figura 179. Derivas de piso Análisis Historia en el Tiempo

Aceleraciones:

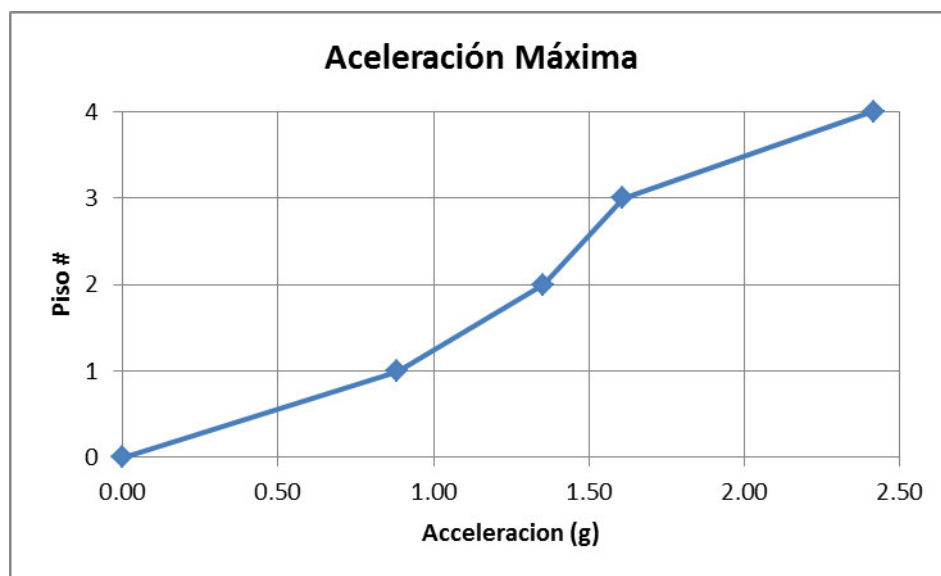


Figura 180. Aceleraciones Análisis Historia en el Tiempo

En base a las aceleraciones obtenidas en cada uno de los pisos se determinó los espectros de piso, espectros que permiten diseñar los elementos y componentes no estructurales, en este caso utilizando el segundo método de diseño denominado “Cascadian” (Floor Response Spectrum Method Filialtrault, 2014). Conociendo su período de vibración, como un elemento de un grado de libertad y en base a los espectros se puede determinar la demanda. En los mismos se observa que existen ciertos picos en algunos períodos, pero definitivamente elementos que tengan períodos de vibración menor a un segundo serán seriamente afectados.

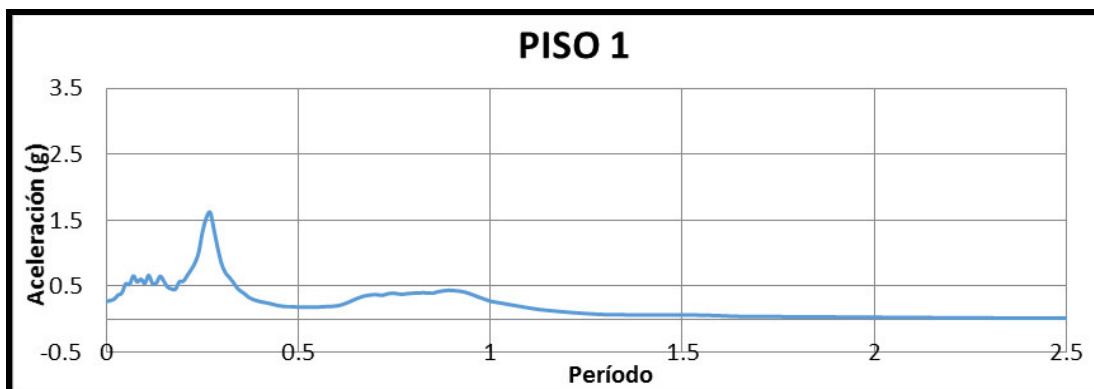


Figura 181. Aceleración espectral del 1er piso

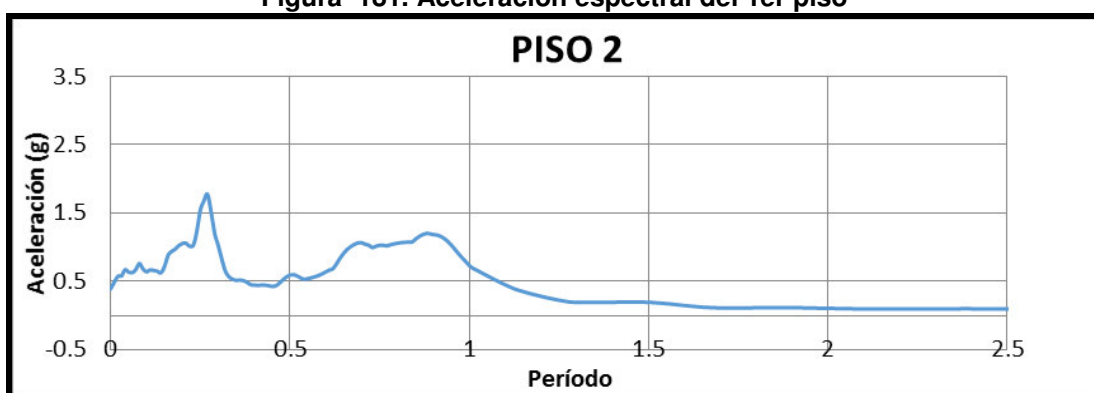


Figura 182. Aceleración espectral del 2do piso

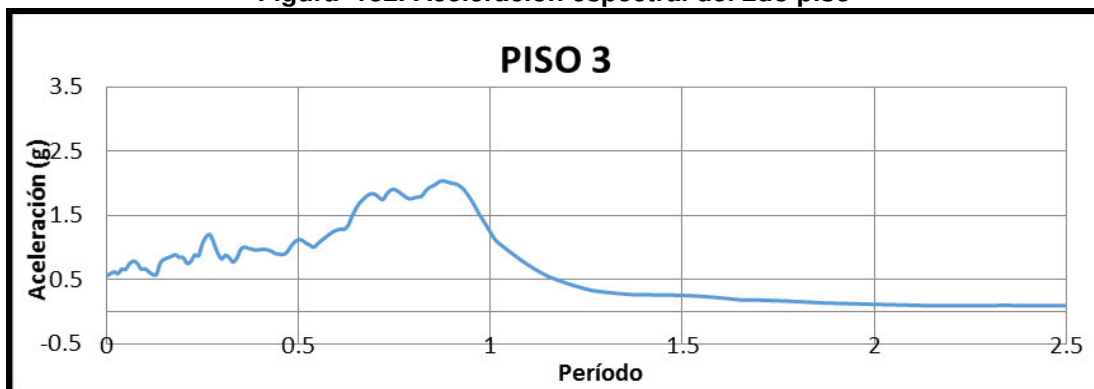


Figura 183. Aceleración espectral del 3er piso

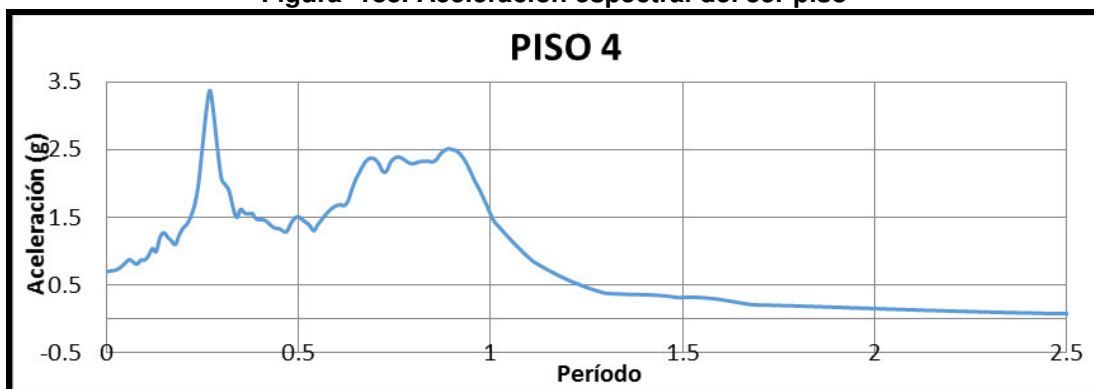


Figura 184. Aceleración espectral del 4to piso

6.5. Comparación de valores y expectativa de desempeño

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Deriva: (Nota : En la validación de la deriva, existe una gran diferencia con el Análisis Modal en Sap 2000, lo cual deberá ser revisado en un siguiente análisis, que puede ser parte de otro tema de tesis.)

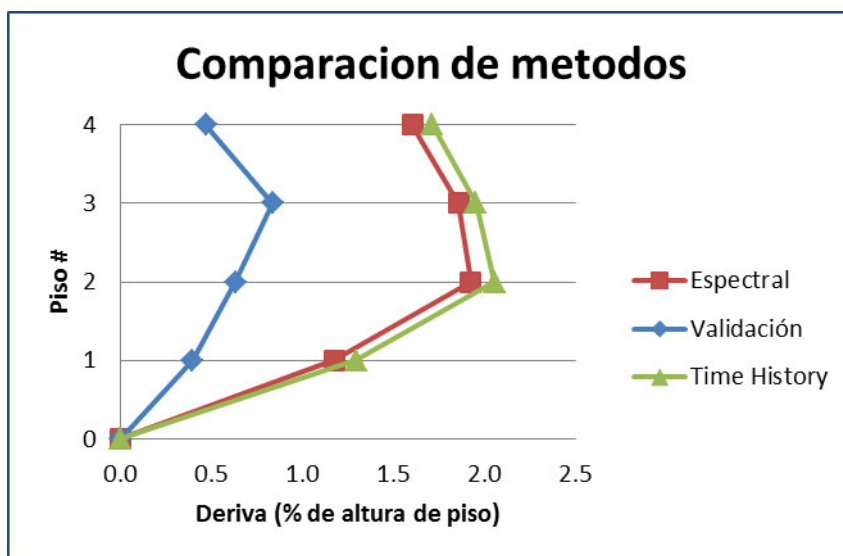


Figura 185. Derivas de piso comparación

Aceleraciones:

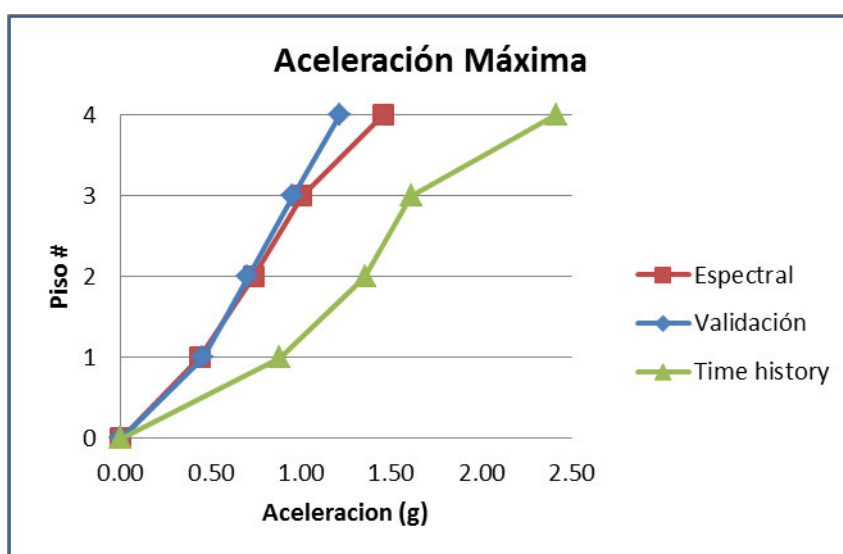


Figura 186. Aceleraciones comparación

Se puede indicar que los máximos valores están en el análisis en el tiempo (Time History), principalmente porque fueron escalados al Máximo Terremoto Esperado, determinando respuestas dinámicas con mayores amplitudes tanto en derivas como aceleraciones, con lo cual se quiere dejar constancia que este tipo de análisis debe ser implementado en estas estructuras esenciales.

Con la finalidad de poder trasladar lo realizado en el análisis en parámetros, relativamente más comprensibles, se determinó una relativa medición de desempeño, principalmente respuestas estructurales de desplazamiento y aceleración. Los parámetros fueron en base a lo que determina el FEMA 356 (ASCE/SEI 41-06, pese a que no se realizó un análisis inelástico) en lo que concierne a niveles aceptables en lo estructural y el ATC-58 PACT software y la referencia (Anchour, Kitaura, Miyajima, & Price, 2011) fueron usados para los límites de lo no estructural. En este caso se coloca una posible forma de calcular el RPI. Matriz que dependerá como se indicó inicialmente de algunos factores.

La Tabla 62 muestra los parámetros óptimos de nivel de desempeño para una infraestructura importante y la Tabla 63 muestra los parámetros obtenidos del Hospital de Guayaquil en el análisis Historia en el Tiempo.

Tabla 62.
Parámetros óptimos de nivel de desempeño para un hospital

Component	Category	Type	Performance Levels			
			Immediate Occupancy	Life Safety	Collapse Prevention	
Structural FEMA 356			1.00	2.00	4.00	
	Drift	Max inter-story Drift %	1.00	2.00	4.00	
		Residual Drift %	0.10	1.00	4.00	
Non-Structural (ATC-58)			Operational	Immediate Occupancy	Life Safety	Hazards Reduced
	Floor Acceleration	Ceiling Systems	0.6	0.75	0.9	1.25
		Desktop Computers	0.5	0.75	1.1	1.6
		Tall File Cabinet	0.4	0.6	0.8	1.3
[1] Reference	Floor Acceleration	Medical Equipment Diagnosis Treatment	0.2-0.3			

Tabla 63.
Parámetros obtenidos de nivel de desempeño del Hospital Militar de Guayaquil

Component	Category	Type	Performance Levels			
			Immediate Occupancy	Life Safety	Collapse Prevention	
Structural FEMA 356	Drift	Max inter-story Drift %	1.00	2.00	4.00	
		Residual Drift %	0.10	1.00	4.00	
Non-Structural (ATC-58)	Floor Acceleration		Operational	Immediate Occupancy	Life Safety	Hazards Reduced
		Ceiling Systems	0.6	0.75	0.9	1.25
		Desktop Computers	0.5	0.75	1.1	1.6
		Tall File Cabinet	0.4	0.6	0.8	1.3
[1] Reference	Floor Acceleration	Medical Equipment Diagnosis Treatment	0.2-0.3			

ESTRUCTURA: La deriva de los tres pisos superiores tiene un valor de 2%, que significa un nivel de desempeño de Seguridad de Vida, es decir existirá cierto daño estructural y en lo referente a las aceleraciones es notorio que los pisos superiores tienen amplitudes mayor que sobrepasan el valor de la gravedad y que definitivamente causaran daño a los elementos y componentes estructurales.

NO ESTRUCTURAL: La aceleración en los pisos es: Cuarto Piso (2.4 g), Tercer Piso (1.608g), Segundo Piso (1.353) y en el Primero de 0.88g. Con estas aceleraciones los niveles de desempeño Operacionales y de Ocupación Inmediata son excedidos, es decir los elementos no estructurales serán seriamente afectados. Cabe señalar que los equipos médicos como son los utilizados en tratamientos y diagnósticos como se constató en el terremoto de Japón 2004, con aceleraciones de 0.2 y 0.3 m/s², existió daño en equipos de diagnóstico del 80% y de tratamientos del 40%, con lo cual con las aceleraciones que se obtuvieron en el análisis del hospital en este proyecto existirá un alto porcentaje de equipos inhabilitados.

CAPÍTULO 7

PRESUPUESTO

Al inicio de esta investigación, no se consideró determinar un presupuesto para su implementación, pero considerando que sería importante tener un parámetro que le permita, a las autoridades responsables de la red sanitaria militar, considerar la implementación de las recomendaciones dadas, se vio la necesidad de establecer un presupuesto tentativo.

Para la determinación de los costos se realizaron 18 formatos basados en la inspección visual, los cuales permitieron obtener datos como longitudes, medidas, cantidad de elementos, tipos de equipos, etc., que deben ser intervenidos para disminuir su riesgo ante un peligro sísmico.

El trabajo se lo pudo realizar gracias a la colaboración del personal que labora en el hospital, tanto licenciados, licenciadas para el área médica y para las demás áreas con el personal de mantenimiento.

Se obtuvieron varias proformas de los diferentes materiales a utilizarse en cada rubro, se estimó la mano de obra con un valor de 30 dólares la jornada de una persona y estimando el número de unidades de cada ítem que podría realizar en dicho horario, debido a que son rubros y cantidades aisladas, por lo tanto este presupuesto es referencial.

Tabla 64.
Presupuesto

EVALUACION DE LOS COMPONENTES NO ESTRUCTURALES DEL HOSPITAL REGIONAL MILITAR DE GUAYAQUIL (II-DE"LIBERTAD")							
ANTE UN POTENCIAL PELIGRO SISMICO							
PRESUPUESTO							
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO			V.total
				MATERIAL	M. OBRA	T. UNITARIO	
1	ANCLAJE DE PARAPETO TERRAZA	U	43.00	34.25	7.50	41.75	1,795.12
2	ANCLAJE DE PARAPETO CUBIERTA	m	20.00	15.15	3.00	18.15	362.97
3	ANCLAJE DE PARAPETO METALICO	U	13.00	2.91	0.75	3.66	47.57
4	VENTANERIA EXTERIOR	m2	271.57	49.49	7.50	56.99	15,475.79
5	ANCLAJE DE MAMPOSTERIA	m	0.00	3.56	0.38	3.94	0.00
6	ANCLAJE CIELO RASO	U	105.00	6.34	2.00	8.34	875.27
7	ANCLAJES DE MAMPARAS	m2	207.75	49.49	6.00	55.49	11,527.62
8	ANCLAJES DE VITRINAS	U	8.00	3.15	0.38	3.52	28.19
9	TUBERIA 2"	Puntos	24.00	163.36	6.00	169.36	4,064.59
10	TUBERIA 3/4" COBRE	Puntos	20.00	34.31	3.75	38.06	761.24
11	TUBERIA 1/2"	Puntos	10.00	24.84	2.50	27.34	273.44
12	TUBERIA 1/2" COBRE	Puntos	16.00	22.75	3.75	26.50	424.06
13	ANCLAJE EQUIPOS DE CLIMATIZACION EN VOLADO 0.67 x 0.43 x 0.66	U	14.00	21.09	2.50	23.59	330.30
14	ANCLAJE EQUIPOS DE CLIMATIZACION EN VOLADO 0.25 x 0.3 x 1.1	U	32.00	8.94	2.50	11.44	365.95
15	ANCLAJE EQUIPOS DE CLIMATIZACION EN VOLADO 0.6 x 0.3 x 1.1	U	4.00	9.95	2.50	12.45	49.78
16	ANCLAJE EQUIPOS DE CLIMATIZACION EN VOLADO REPARAR	U	20.00	5.89	1.25	7.14	142.70
17	ANCLAJE DE EQUIPOS DE CLIMATIZACION EN PISO 0.74 x 0.6 x 0.74	U	4.00	29.73	3.00	32.73	130.93
18	ANCLAJE DE EQUIPOS DE CLIMATIZACION EN PISO 0.34 x 0.67 x 0.55	U	1.00	26.28	3.00	29.28	29.28
19	ANCLAJE DE EQUIPOS DE CLIMATIZACION EN PISO REPARAR	U	7.00	7.35	2.00	9.35	65.43
20	ANCLAJE TUBERIA DE AIRE	Puntos	14.00	0.07	0.15	0.22	3.07
21	ANCLAJE COMPUTADORAS Y EQUIPOS	U	348.00	12.00	0.60	12.60	4,384.80
22	TELEVISORES	U	12.00	495.49	0.60	496.09	5,953.03
23	ANCLAJE ESTANTERIAS PISO	U	59.00	9.89	1.20	11.09	654.21
24	ANCLAJE CILINDRO DE GAS	U	62.00	0.76	0.30	1.06	65.72
25	ANCLAJE DE EQUIPOS MOBILES	U	273.00	0.32	0.15	0.47	128.31
						TOTAL	47939.38

En la Tabla 65, se determina el porcentaje que representa la implementación con respecto al valor del hospital, se utilizó información de activos fijos proporcionada por el Departamento Financiero del Hospital.

Tabla 65.
Relación de costos

Valor Referencial Hospital	Costo Estructura	Costo Elementos y Componentes no Estructurales	Presupuesto Referencial	Observación.
\$7'942.308,80	\$1'525.800,00	\$6'416.508,80	\$47.939,38	0.74% de lo no estructural y 0.6% del total

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES

Latinoamérica y el Caribe son regiones, que a lo largo de su historia han sufrido eventos catastróficos, lo que ha demostrado su alta vulnerabilidad para enfrentar los desastres naturales.

El Ecuador es un país con un alto peligro sísmico, a través de la historia se han producido terremotos de gran impacto, los cuales dejaron graves daños y pérdidas, tanto en la seguridad y vida de las personas como económico.

Códigos, Guías y Normas, las cuales por su rigurosidad en lo relacionado al diseño sísmico en diferentes países han permitido garantizar el adecuado desempeño de la estructura en relación a sus componentes estructurales, permitiendo lograr desempeños satisfactorios; sin embargo, en relación a los componentes y elementos no estructurales, no ha existido igual desempeño, lo que ha ocasionado daño y grandes pérdidas.

El área hospitalaria, es una de las más afectadas ante terremotos, debido principalmente a la complejidad de la edificación y al comportamiento de la estructura frente a un sismo, ocasionando pérdida de funcionalidad, la falta de operatividad y en algunos casos se ha llegado al colapso.

Los elementos y componentes no estructurales son principalmente sensibles a las derivas de piso y a las aceleraciones. Las respuestas estructurales son parámetros que permiten diseñar de una manera racional y técnica los componentes y elementos no estructurales.

En base a la metodología, principalmente del FEMA E-74, FEMA 396 y FEMA 577, se evaluó los elementos y componentes no estructurales del Hospital General II-DE "LIBERTAD", con la finalidad de disminuir su

vulnerabilidad y peligro al ocurrir un terremoto de sus elementos y componentes no estructurales.

Se realizó una guía de implementación en la cual constan las posibles soluciones de los componentes y elementos no estructurales en base a su vulnerabilidad.

Como parte del capítulo 5, se realizó una comprobación y diseño de anclajes para implementación de reforzamiento de componentes, en el cual se seleccionó 4 elementos, tres de los cuales son equipos esenciales para la operación del hospital y se encuentran en el exterior del edificio, se determinaron las fuerzas actuantes utilizando el capítulo 13 del ASCE-10. Se determinó que los equipos, con las propiedades asumidas, no tendrían daño. Por último, se diseñó el anclaje de los parapetos, que son afectados por las altas aceleraciones existentes, en este caso se determinó la necesidad de colocar un arriostramiento.

Indudablemente el nivel de desempeño deseado en un hospital, es el operacional, especialmente cuando se enfrenta a sismos de gran intensidad, en el cual existirá una gran demanda de sus instalaciones; en tal virtud, sin ser parte de los objetivos del trabajo, y con la finalidad de obtener respuestas estructurales que permitan comprender el desempeño del mismo, se realizó un Análisis Espectral y un Análisis Dinámico Elástico, utilizando SAP 2000, con lo cual se puede contar con parámetros que permitan cuantificar el desempeño del mismo, pero a la vez sugiriendo que se realice a futuro un análisis de este tipo, fin evaluar en conjunto al hospital.

Con la finalidad de poder trasladar lo realizado en el análisis en parámetros, relativamente más comprensibles, como se ha mencionado, se presentó una posible matriz para el cálculo del nivel de desempeño llamado "RPI" y así contar con un criterio, más objetivo de medición, en base a niveles de desempeño deseado. Matriz que dependerá de muchos factores, entre los cuales se deberá analizar: tipo de estructura, funcionalidad, equipos esenciales existentes, ocupación, etc. Observándose en este caso,

que indudablemente existirá un nivel de desempeño de Seguridad de Vida, sin llegar al colapso, pero existirá daño.

Como etapa final, se establecieron los posibles costos de la implementación, los mismos reflejan los costos aproximados de la implementación, se puede llegar a concluir que una inversión que no supere más del 0.6 % del costo de la edificación permitirá al menos reducir la vulnerabilidad de los elementos y componentes no estructurales del Hospital.

Lo observado en el Hospital Militar General de la II-DE "LIBERTAD", definitivamente constituye una muestra de lo que en la red sanitaria a nivel país, se podría encontrar si se realiza este tipo de trabajos, determinando la vulnerabilidad existente en los hospitales, como se constató en los hospitales Miguel H. Alcívar de la ciudad de Bahía de Caráquez y José María Velasco Ibarra de la ciudad del Tena, los mismos que ante eventos sísmicos sufrieron daños y pérdida de su operatividad, en muchos casos por más de una década.

RECOMENDACIONES

Es importante que las instituciones encargadas, pueda socializar el presente documento y se brinde el apoyo necesario para que los funcionarios del Hospital Militar General de la II-DE “LIBERTAD”, puedan implementar las recomendaciones que se indican en el presente estudio, en sus diferentes capítulos y anexos.

El Hospital Militar General de la II-DE “LIBERTAD”, constituye una muestra de lo que definitivamente existe en la red sanitaria militar y nacional en relación con la vulnerabilidad de sus elementos y componentes no estructurales, debiendo implementarse estudios similares en la red sanitaria nacional.

Es importante realizar un análisis de Vulnerabilidad Estructural, que permita cuantificar y conocer el desempeño de la estructura, con la finalidad de poder considerar una posible modernización del mismo y así, garantizar un desempeño adecuado ante un evento sísmico.

En el caso del Hospital Militar General de la II-DE “LIBERTAD, como una segunda etapa, se debe realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica de la estructura, buscando soluciones para niveles de desempeños operacionales, las mismas que podrían ser la utilización de sistemas de protección sísmica.

Los hospitales y centros de salud son infraestructuras consideradas esenciales por lo que, deben ser capaces de resistir las fuerzas sísmicas con un mínimo de daños tanto estructural como no estructural, ya que deben seguir operando antes, durante y después de un desastre, por lo que es necesario garantizar la seguridad y operatividad. Para ello, se deben considerar en la realización de nuevas edificaciones con protecciones sísmicas, nuevas tecnologías, o a su vez a las edificaciones existentes realizar evaluaciones de vulnerabilidad tanto estructurales como no estructurales para dar soluciones y evitar futuras pérdidas de vidas como económicas.

Bibliografía

OFDA/CRED. (s.f.). *EM-DAT*. (U. C. Louvain, Editor) Obtenido de The OFDA/CRED International Disaster Database: www.emdat.be

Achour, N., Kitaura, M., Miyajima, M., & Price, A. (2011). *Earthquake-Induced Structural and Nonstructural Damage in Hospitals* (Vol. 27). Earthquake Spectra.

Aguiar, D. R. (2013). *Microzonificación de Quito*. Quito: Centro de Investigaciones Científicas.

Aguiar, R. (2012). Dinámica de estructuras con CEINCI LAB. Quito.

Aguiar, R., Romo, M., Torres, M., & Caiza, P. (1998). *El sismo de Bahía*. Quito: Centro de Investigaciones Científicas.

Anchour, N., Kitaura, M., Miyajima, M., & Price, A. (2011). *Earthquake-Induced Structural and Nonstructural Damage in Hospitals*.

Argudo, J., & Yela, R. (2004). *Vulnerabilidad Estructural de Hospitales de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad Católica de Guayaquil.

ASCE STANDARD. (s.f.). ASCE/SEI 41-06. Seismic Rehabilitation of Existing Buildings.

ASCE. 10. (s.f.). Minimum Design Loads for Buildings and others Structures, Standard.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2000). *Facing the Challenge of Natural Disasters in Latin America and the Caribbean*. Washington: Environments Divisions, Publications.

Chopra, A. (2007). *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson, Prentice Hall.

Caráquez: Cuerpo de Ingenieros del Ejército del Ecuador. (2000). *Reforzamiento del Hospital Miguel Alcívar Bahía de Caráquez*. Quito.

FEMA 356. (2000). *Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings*. Washington: Federal Emergency Management Agency.

FEMA-E74. (2011). *Reducing the Risk of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide* (Cuarta Edición ed.). Washington: Federal Emergency Management Agency.

Filiatrault, A. (28 de febrero de 2014). *Seismic Design of Non-structural Buildings Elements*. New York, Estados Unidos: State University of New York at Buffalo.

Filiatrault, A. (1998). *Elements of Earthquake engineering and Structural Dynamics*. Montreal, Canada: Polytechnic International Press.

GeoHazards Internationals. (2009). *Reducing Earthquake Risk In Hospitals*. New Delhi: National Disaster Management Authority Government of India.

Gobierno de Chile. (2010). *PLAN DE RECONSTRUCCIÓN TERREMOTO Y MAREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010*. Santiago de Chile.

Hurtado, D. J. (31 de Mayo de 2010). *Universidad Nacional de Ingeniería Perú*. Obtenido de Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres: http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis44_p.pdf

Miranda, E., & Taghavi, S. (2003). *Response Assessment of Nonstructural Building Elements*. University of California Berkeley. California: PEER Report 2003/05.

Morales, E., Espin, M., Mier, M., & Vargas, D. (2000). *Libro de obra fotográfico, Reconstrucción Hospital "Miguel H. Alcívar"*. Bahía de Caráquez: Cuerpo de Ingenieros del Ejército del Ecuador.

NEC, C. E. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: Gobierno de la República del Ecuador.

PAHO. (1997). Lecciones aprendidas en America latina de Mitigación de Desastres en instalaciones de Salud.

PAHO/WHO. (2008). *Guide for Evaluators of Safe Hospitals*. Washington: PAHO HQ Library Cataloguing-in-Publication.