



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Evaluación estructural de la entidad hospitalaria “Hospital  
Vicente Corral Moscoso” de la ciudad de Cuenca –  
provincia del Azuay para cuantificar las amenazas y  
vulnerabilidad de la edificación hospitalaria**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES**

**Autores:**

**CARLA TERESA VINTIMILLA MOLINA**

**ADRIANA VALERIA FAJARDO GUAPISACA**

**Director:**

**MST. JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ CALERO**

**CUENCA, ECUADOR**

**2016**

## DEDICATORIA

Mi tesis va dedicada a las personas más importantes en mi mundo, mis padres, Eduardo Vintimilla y Teresa Molina; aquellas que me brindan su amor infinito, incondicionales siempre; gracias por su apoyo, su paciencia y por soportar todo lo que soy; son la razón de mi vida, gracias por sembrar en mí el deseo de superación y perseverancia. Son mis superhéroes de la vida real.

A mis hermanos que ocupan la otra parte de mi corazón Jhojana, Benjamín y Diego, gracias por siempre estar presente en los precisos momentos.

A mi sobrinito Joel que llevo alegrarme el mundo, te amo chiquito.

Carla Vintimilla M.

A mis padres Manuel y Susana por brindarme su amor sincero y ser ejemplo de superación, perseverancia además por su apoyo incondicional en cada uno de los retos que me he propuesto.

A mis hermanos Elizabeth, Patricia, Lourdes, William, Cristian, Mercy y Susi por ser un ejemplo de perseverancia además por brindarme su apoyo, amor incondicional y sus consejos siempre acertados.

A mis cuñados Guido, Ramiro, Wiliam por su apoyo constante.

A mis sobrinos Steven, Anthony, Valentina, Ariel, Abigail, Isabella, Theo, Cisne, por ser mi inspiración siempre y por su cariño.

A Rashife y Susi, por su apoyo constante durante esta travesía, por creer en mí, por ser la fuerza que nunca esta demás, por sus consejos y por formar parte de esta meta.

Adriana Fajardo G.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad del Azuay por brindarnos la oportunidad de ser parte de ella y abierto las puertas para poder estudiar la carrera.

A los maestros por transmitirnos sus conocimientos y prepararnos para nuestra vida profesional.

Un profundo agradecimiento al tutor de tesis Ing. José Fernando Vázquez Calero por su paciencia, orientación y apoyo durante todo el desarrollo de la tesis y por habernos brindado la oportunidad de ser parte de este gran proyecto. Asimismo, se le agradece por todos los conocimientos impartidos a lo largo de la carrera.

A los miembros del tribunal designado Ing. Roberto Gamón Torres, Phd., Msc y al Ing. Paúl Cordero por brindar parte de su tiempo para la revisión y corrección.

Mi agradecimiento también va dirigido a todo el personal del hospital Vicente Moscoso y en especial al Dr. Oscar Chango por darnos apertura a las instalaciones del hospital y al Arquitecto Roberto Dávila por toda la ayuda incondicional brindada.

A todas aquellas personas que con su ayuda de una o de otra manera, han colaborado en el desarrollo del presente trabajo de titulación.

A los compañeros y amigos de clase, con los que hemos compartido momentos inolvidables, gracias por el apoyo.

Carla Vintimilla M.

Adriana Fajardo G.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1 .....	3
1.1 ANTECEDENTES .....	3
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 METODOLOGÍA .....	6
1.5 ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO .....	8
1.5.1 Emergencia.....	8
1.5.2 Amenaza o peligro (Ai).....	8
1.5.3 Riesgo específico (Rs).....	10
1.5.4 Elementos expuestos a riesgos (E).....	10
1.5.5 Riesgo Total (Rt).....	10
1.5.6 Gestión del riesgo.....	10
1.5.7 Evaluación del riesgo. ....	11

1.5.8	Desarrollo sostenible.....	10
1.5.9	Vulnerabilidad (Ve) .....	11
1.5.10	Vulnerabilidad estructural.....	11
1.5.11	Nivel de operación permanente.....	12
1.5.12	Nivel de ocupación inmediata.....	12
1.5.13	Nivel de protección de vida.....	13
1.5.14	Nivel de protección de colapso .....	13
1.5.15	Hospitales seguros.....	14
1.5.16	Estructuras esenciales.....	15
1.5.17	Elementos no estructurales:.....	15
1.5.18	Líneas y servicios vitales: .....	15
1.5.19	Factores que afectan a una edificación Hospitalaria .....	16

**CAPÍTULO 2: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN..... 20**

2.1	Recopilación de la información arquitectónica y de ingeniería .....	22
2.1.1	Información de ingeniería .....	22
2.1.2	Información Arquitectónica .....	25
2.2	Determinación del nivel de aplicación del índice de seguridad hospitalaria en las áreas estructural y parte de las no estructurales .....	29
2.2.1	Aspectos relacionados con la ubicación geográfica del establecimiento de salud.....	31
2.2.2	Evaluación de los aspectos relacionados con la seguridad estructural	40
2.2.3	Aspectos relacionados con la seguridad no estructural.....	43
2.2.4	Aspectos relacionados con la seguridad según la capacidad funcional	59
2.3	Determinación de las características geotécnicas del suelo mediante SPT (Standard Penetration Test) .....	90
2.4	Conclusiones .....	91

**CAPÍTULO 3: AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE  
ESPECÍFICA LA NORMA ..... 98**

3.1	Cargas gravitacionales.....	98
3.2	Cargas accidentales .....	99
3.2.1	Cargas sísmicas .....	99
3.2.2	Componentes horizontales de la carga sísmica: espectros elásticos de diseño.....	105
3.2.3	Deriva de piso. ....	110
3.2.4	Análisis de carga de viento: .....	110
3.3	Combinaciones de cargas: .....	112
3.3.1	Combinaciones básicas: .....	112

**CAPÍTULO 4: MODELO MATEMATICO IDEALIZADO DE LA  
ESTRUCTURA ..... 113**

4.1	Idealización del modelo de estructura hospitalaria .....	113
4.2	Generación y modelación dinámica estructural del hospital en software especializado .....	127
4.1.1	Respuesta estructural.....	128
4.1.2	Diseño por capacidad .....	137
4.2	Esfuerzos últimos .....	138
4.2.1	Estado límites últimos (E.L.U.) .....	139
4.2.2	Estados límites de servicio (ELS):.....	140
4.3	Comprobación del diseño de los diferentes miembros estructurales .....	141

<b>CAPÍTULO 5: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	148
5.1 Depuración e interpretación de los resultados obtenidos de la modelación .....	148
5.2 Generación de gráficos explicativos de la comparación. ....	153
5.3 Análisis de resultados y elaboración de propuestas de mitigación.....	166
5.3.1 Mitigación estructural: Resultados de la modelación dinámica.....	166
5.3.2 Medidas de mitigación: Índice de seguridad Hospitalaria (ISH).....	168
<b>CONCLUSIONES</b> .....	174
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	176
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	177

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Ubicación de la Unidad Hospitalaria Vicente Corral Moscoso.....	20
Figura 2.2: Ensayos no destructivos (END) en columnas.....	23
Figura 2.3: Planta subsuelo Hospital Vicente Corral Moscoso.....	25
Figura 2.5: Segundo piso Hospital Vicente Corral Moscoso.....	26
Figura 2.6: Tercer piso Hospital Vicente Corral Moscoso .....	27
Figura 2.7: Cuarto piso Hospital Vicente corral Moscoso.....	27
Figura 2.8: Quinto piso Hospital Vicente Corral Moscoso.....	28
Figura 2.9: Sexto piso Hospital Vicente Corral Moscoso.....	28
Figura 2.10: Séptimo piso Hospital Vicente Corral Moscoso .....	29
Figura 2.11: Mapa de actividad sísmica del Cantón Cuenca .....	31
Figura 2.12: Mapa de riegos a deslizamientos de la parroquia Huayna-Capac .....	32
Figura 2.13: Mapa de riesgo de inundaciones en la parroquia Huayna-Capac .....	33
Figura 2.14: Mapa riesgos de inundación debido a penetración de río.....	35
Figura 2.15: Estado de la Tubería de desagüe.....	37
Figura 2.16: Mapa de riesgo (Raíces de árboles).....	38
Figura 2.17: Levantamiento de la losa de hormigón debido a las raíces de los árboles. .....	39
Figura 2.18: Casa de máquinas del hospital Vicente Corral Moscoso.....	40
Figura 2.19: Fisura en mampostería.....	41
Figura 2.20: Deflexiones en losas .....	42
Figura 2.21: Simetría en elevación.....	43
Figura 2.22: Elevación hospital Vicente Corral Moscoso .....	43
Figura 2.23: Generadores de energía ubicados en el cuarto de máquinas. ....	44
Figura 2.24: Cableado eléctrico. ....	45
Figura 2.25: Empotramiento de lámparas al cielo falso.....	45
Figura 2.26: Sistema de telecomunicaciones .....	46
Figura 2.27: Almacenamiento de Diésel (Apoyos en mal estado).....	48
Figura 2.28: Cuarto de máquinas (calderas y depósito de combustible).....	48
Figura 2.29: Almacenamiento de gases medicinales. ....	49
Figura 2.30: Condición de las tuberías de gases medicinales exterior e interior. ....	49

Figura 2.31: Fugas de vapor en la cocina y lavandería.....	50
Figura 2.32: Acumulación suministros en farmacia.....	51
Figura 2.33: Sala de quirófano.....	51
Figura 2.34: Mapa de riesgos naturales (Caída de árboles).....	56
Figura 2.35: Mapa de riesgos sociales debido a la concentración de población.....	58
Figura 2.36: Amenazas sobre la seguridad del inmueble.....	91
Figura 2.37: Aspectos relacionados con la seguridad estructural.....	92
Figura 2.38: Aspectos relacionados con la capacidad no estructural.....	93
Figura 2.39: Aspectos relacionados con la seguridad funcional.....	94
Figura 2.40: Seguridad estructural.....	95
Figura 2.41: Seguridad no estructural.....	96
Figura 2.42: Seguridad Funcional.....	96
Figura 2.43: Resultado del índice de seguridad hospitalaria.....	97
Figura 3.1: Mapa de zonificación sísmica del Ecuador.....	100
Figura 3.2: Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.....	106
Figura 3.3: Espectro sísmico elástico de aceleraciones.....	108
Figura 3.4: Espectro de diseño en dirección (X, Y) Tipo 1.....	109
Figura 3.5: Espectro de diseño en dirección (X, Y) Tipo 2.....	109
Figura 4.1: Maqueta Virtual, Render del Hospital Vicente Corral Moscoso.....	115
Figura 4.2 Render Axonometría hospital Vicente Corral Moscoso.....	116
Figura 4.3 Maqueta virtual- Render Líneas Vitales.....	117
Figura 4.4: Fisura en Mampostería.....	118
Figura 4.5: Deflexiones en Losa.....	119
Figura 4.6: Cocina en malas condiciones.....	120
Figura 4.7: Tuberías de líneas vitales descubiertas.....	121
Figura 4.8: Servicios Higiénicos.....	122
Figura 4.9: Red de saneamiento.....	123
Figura 4.10: Revestimiento en pisos no adecuado.....	124
Figura 4.11: Humedad en paredes.....	125
Figura 4.12: Humedad en cielos rasos.....	126
Figura 4.13: Modelo tridimensional de análisis del hospital Vicente Corral Moscoso .....	132
Figura 4.14: Modelo 1- Departamento de Mantenimiento.....	132
Figura 4.15: Modelo 2- Departamento de mantenimiento.....	132

Figura 4.16: Modelo 3- Cuarto de maquinas .....	133
Figura 4.17: Modelo 4- Lavandería .....	133
Figura 4.18: Modelo 5- Hospitalización (Parte 1) .....	133
Figura 4.19: Modelo 6- Hospitalización (Parte 2) .....	134
Figura 4.20: Modelo 7- Área de Emergencia.....	134
Figura 4.21: Modelo 8- Área de emergencia .....	134
Figura 4.22: Modelo 9 - Consulta Externa.....	135
Figura 4.23: Modelo 10 - Consulta Externa.....	135
Figura 4.24: Modelo 11- Consultorios .....	135
Figura 4.25: Modelo 12- Consulta Externa.....	136
Figura 4.26: Modelo 13- Consulta externa .....	136
Figura 4.27: Modelo 14 - Auditorio.....	136
Figura 4.28: Modelo 15- Hospitalización .....	137
Figura 4.29: Mecanismo de colapso en edificios de varios niveles .....	138
Figura 4.30: Representación de los momentos nominales a flexión.....	145
Figura 4.31: Cortante basal dinámico por dirección e hipótesis sísmica. ....	146
Figura 4.32: Desplome local máximo de los pilares (Situaciones sísmicas) .....	147
Figura 5.1: Comprobaciones en columnas .....	154
Figura 5.2: Armadura Longitudinal .....	155
Figura 5.3: Armadura transversal.....	155
Figura 5.4: Armadura mínima y máxima.....	156
Figura 5.5: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas).....	156
Figura 5.6: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas) .....	157
Figura 5.7: Separación de las armaduras transversales .....	157
Figura 5.8: Cuantía mínima de la armadura transversal .....	158
Figura 5.9: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) ACI-318M-11 .....	158
Figura 5.10: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones sísmicas (combinaciones sísmicas) ACI-318M-11 .....	159
Figura 5.11: Criterios de diseño por sismo: Geometría .....	159
Figura 5.12: Criterios de diseño por sismo: Armadura Longitudinal .....	160
Figura 5.13: Criterios de diseño por sismo: Armadura transversal.....	160

Figura 5.14: Elementos en Flexocompresión.....	161
Figura 5.15: Cuantía máxima de refuerzo longitudinal .....	161
Figura 5.16: Confinamiento .....	162
Figura 5.17: Resistencia mínima a flexión.....	162
Figura 5.18: Cortante de diseño para columnas .....	163
Figura 5.19: Diseño del refuerzo principal .....	163
Figura 5.20: Resistencia a cortante de elementos en Flexocompresión.....	164
Figura 5.21: Cortante basal dinámico de los 15 módulos de la estructura.....	165
Figura 5.22: Desplome total máximo de los pilares.....	165

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Efecto de los desastres en función de su clasificación.....	8
Tabla 1.2: Niveles de seguridad para una edificación.....	12
Tabla 1.3: Historial de sismos registrados en la Ciudad de Cuenca .....	17
Tabla 2.1: Detalle de armado y resistencias en columnas (Esclerometría y Scanner). .....	24
Tabla 2.2: Amenazas sobre la seguridad del inmueble.....	64
Tabla 2.3: Evaluación de los elementos estructurales.....	66
Tabla 2.4: Evaluación de elementos no estructurales. ....	69
Tabla 2.5: Evaluación de la seguridad funcional. ....	80
Tabla 2.6: Tabulación de las amenazas existentes .....	91
Tabla 2.7: Tabulación de datos relacionados con la seguridad estructural .....	92
Tabla 2.8: Tabulación de datos relacionados con la seguridad no estructural .....	93
Tabla 2.9 Tabulación de datos relacionados con la capacidad funcional .....	94
Tabla 3.1: Cargas vivas de uso.....	99
Tabla 3.2: Cargas muertas y permanentes.....	99
Tabla 3.3: Factor de zona .....	101
Tabla 3.4: Tipo de perfil del suelo .....	101
Tabla 3.5: Tipo de suelo y factores de sitio Fa .....	104
Tabla 3.6: Tipo de suelo y factores de sitio Fd .....	104
Tabla 3.7: Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico de subsuelo Fs	105
Tabla 3.8: Factores para elaborar el espectro de respuesta de la ciudad de Cuenca.	107
Tabla 3.9: Derivas Máximas .....	110
Tabla 3.10: Factor de corrección $\sigma$ .....	111
Tabla 3.11: Coeficiente de entorno/ altura Ce .....	111
Tabla 3.12 Cálculo del viento .....	111
Tabla 4.1 Valores de factor de reducción para diferentes casos .....	139
Tabla 4.2: Datos generales de la columna tipo. ....	141
Tabla 4.3 Listado de comprobaciones columna tipo.....	142
Tabla 4.4: Datos generales de la viga tipo. ....	143
Tabla 4.5: Datos generales de la viga tipo completa.....	143

Tabla 4.6: Resumen de comparaciones de resistencia viga tipo. ....	144
Tabla 4.7: Resumen de comprobaciones de fisuración viga tipo. ....	144
Tabla 4.8: Resumen de comprobaciones de flecha viga tipo. ....	144
Tabla 4.9: Cortante Basal Dinámico por dirección e hipótesis sísmica en el eje X,Y .....	146
Tabla 4.10: Desplome local máximo de los pilares .....	147
Tabla 5.1: Comprobaciones en columnas. ....	149
Tabla 5.2: Condición de cortante basal mínimo. ....	152
Tabla 5.3: Deriva total máxima de los pilares.....	153
Tabla 5.4: Medidas de mitigación- Aspectos estructurales.....	168
Tabla 5.5: Medidas de mitigación -Aspectos no estructurales.....	169
Tabla 5.6: Medidas de mitigación - Aspectos funciones .....	172

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Planos estructurales.

Anexo 2: Ensayos no destructivos - Recopilación de datos.

Anexo 3: Planos arquitectónicos del hospital Vicente Corral Moscoso.

Anexo 4: Planos de la red de distribución de agua potable.

Anexo 5: Planos de la red de saneamiento.

Anexo 6: Planos de la red de vapor.

Anexo 7: Ortofotografía y nube de puntos.

Anexo 8: Mapas de riesgo - Señalización de rutas de evacuación.

Anexo 9: Memoria técnica - Estudios de suelos.

Anexo 10: Hoja de cálculo del modelo matemático del índice de seguridad hospitalaria.

Anexo 11: Justificación de la acción sísmica.

Anexo 12: Memoria técnica- Derivas de piso.

Anexo 13: Memoria técnica- Cargas de viento.

Anexo 14: Maqueta virtual y Laminas de problemas específicos.

Anexo 15: Modelos dinámicos tridimensionales

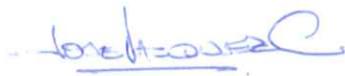
Anexo 16: Memoria fotográfica.

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA ENTIDAD HOSPITALARIA  
“HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOSO” DE LA CIUDAD DE  
CUENCA – PROVINCIA DEL AZUAY, PARA CUANTIFICAR LAS  
AMENAZAS Y VULNERABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN  
HOSPITALARIA”**

**RESUMEN**

El proyecto da cuenta de la determinación de amenazas y evaluación estructural, no estructural y funcional de la entidad hospitalaria Vicente Corral Moscoso de la ciudad de Cuenca, enmarcado en el proyecto de investigación científica de la Universidad del Azuay, “Implementación de una estrategia de Hospitales Seguros Frente a Desastres”. Se recopila información esencial geotécnica, de distribución arquitectónica, información estructural a través de ensayos no destructivos y se identifica las amenazas externas e internas. Catalogada la estructura se realiza el análisis dinámico estructural; se generó un modelo matemático idealizado acorde normativa vigente que permite estimar el grado de cumplimiento de los miembros estructurales. Finalmente se formuló una propuesta de mitigación y/o reforzamiento para disminuir la vulnerabilidad y reducir el riesgo.

**Palabras clave:** Entidad hospitalaria, estructura, investigación, evaluación, ingeniería, normativa, mitigación.



José Fernando Vázquez Calero

**Director del Trabajo de Titulación**



Paúl Cornelio Cordero Díaz

**Director de Escuela**



Carla Teresa Vintimilla Molina



Adriana Valeria Fajardo Guapisaca

**Autores**

**STRUCTURAL EVALUATION OF *VICENTE CORRAL MOSCOSO*  
HOSPITAL IN CUENCA - AZUAY PROVINCE, TO QUANTIFY THREATS  
AND VULNERABILITY OF THE HOSPITAL BUILDING.**

**ABSTRACT**

This project discusses the identification of threats and structural evaluation, as well as non-structural and functional evaluation of *Vicente Corral Moscoso* hospital in the city of Cuenca. This assessment is framed within the scientific research project of *Universidad del Azuay* entitled "*Implementación de una estrategia de Hospitales Seguros Frente a Desastres*". Essential Geotechnical information, as well as architectural distribution, and structural information are collected through nondestructive testing; and external and internal threats are identified. Once the structure is described, the structural dynamic analysis is performed. An idealized mathematical model according to the current regulations that estimates the degree of compliance with the structural members was generated. Finally a proposal for mitigation and / or strengthening to reduce vulnerability and risk is formulated

**Keywords:** Hospital, Structure, Research, Evaluation, Engineering, Regulation, Mitigation.



José Fernando Vázquez Calero

**Thesis Director**



Carla Teresa Vintimilla Molina



Paul Cornelio Cordero Díaz

**School Director**



Adriana Valeria Fajardo Guapisaca

**Authors**



Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Vintimilla Molina Carla Teresa

Fajardo Guapisaca Adriana Valeria

Trabajo de Titulación

Ing. José Fernando Vázquez Calero M.Sc.

Septiembre, 2016

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA ENTIDAD HOSPITALARIA  
“HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOSO” DE LA CIUDAD DE  
CUENCA – PROVINCIA DEL AZUAY, PARA CUANTIFICAR LAS  
AMENAZAS Y VULNERABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN  
HOSPITALARIA”**

**INTRODUCCIÓN**

El Ecuador se encuentra geográficamente ubicado en una de las regiones sísmicamente más activas del mundo debido a la interacción entre la placa tectónica Sudamericana y la placa tectónica de Nazca; por lo tanto, las edificaciones están expuestas a movimientos telúricos.

Los sismos fuertes en Ecuador han tenido graves consecuencias produciendo daños en las edificaciones y provocando gran destrucción; hay que tener en cuenta que los efectos que los movimientos telúricos provocan en las estructuras no son propias del sismo, sino más bien fallas en el proceso de diseño y/o construcción. Los efectos sobre las estructuras pueden ser mitigados de tal manera que estos continúen funcionales después del movimiento ocasionado.

Por lo anteriormente expuesto es importante la investigación en la entidad hospitalaria Vicente Corral Moscoso que al ser construido en una época en que las normas de construcción eran menos exigentes requiere un análisis estructural para identificar las áreas donde se requiera reforzamiento y que esté acorde a la norma vigente de construcción.

En el Capítulo I se expone la problemática en estudio, el objeto de investigación, y se plantean los objetivos a desarrollar, también presenta el fundamento teórico en el que se sustenta investigación.

En el Capítulo II se presenta información arquitectónica y de ingeniería; también se exponen y se interpretan los resultados obtenidos en base a los Índices de Seguridad Hospitalaria; para tal efecto se emplea la metodología propuesta por la OPS y OMS, finalmente se identifica las características geotécnicas del suelo.

En el capítulo III se presenta información de las cargas gravitacionales y accidentales recolectada de la norma actual de la construcción NEC- SE-2014.

En el Capítulo IV se expone el modelo digital arquitectónico en un entorno BIM identificando las zonas problemáticas, y el modelo matemático que presenta el comportamiento de la edificación ante el sismo con la comprobación de sus miembros estructurales.

En el V capítulo presenta los gráficos comparativos y resultados obtenidos en la modelación y se enlista las propuestas de mitigación y/o reforzamiento para reducir la vulnerabilidad de la unidad hospitalaria.

Finalmente se presenta la bibliografía y anexos que permiten visualizar de manera global la investigación realizada.

## CAPÍTULO 1

### GENERALIDADES

#### 1.1 Antecedentes

En los últimos años se ha podido observar sobre la inseguridad existente en las edificaciones debido a los diferentes acontecimientos sísmicos producidos en Haití, Chile y Ecuador que causaron graves daños a las estructuras de concreto reforzado y que han llevado al colapso de las mismas produciendo fallas de los elementos no estructurales impidiendo el uso de la edificación y cobrando centenares de vidas.

“La salud pública, en los momentos actuales, tiene que ofrecer respuestas diferentes a las que tradicionalmente han organizado” (Granda, 2012) es por esto que es necesario determinar la vulnerabilidad de las edificaciones ante las siguientes amenazas: sísmica, hidrometeorológicas, geológicas y químico – tecnológicas; con el objetivo de identificar cuáles son los sectores más vulnerables dentro del hospital, priorizando la gestión de riesgos hacia dichos sectores; adicional al análisis de fenómenos naturales se debe evaluar los elementos estructurales y parte de los no estructurales ya que estos juegan un papel importante para determinar el estado actual del hospital.

El 80% de la población está expuesta a situaciones de desastres de carácter sísmico. (Campos J. C. 2002). El 35% de la población se halla asentada en zonas amenazadas por deslizamientos de tierras, inundaciones, flujos de lodo y escombros. En Cuenca se han identificado 60 sectores vulnerables (El Tiempo, 2014), por lo que se debe tomar en cuenta la importancia que tiene un establecimiento de salud, debido a que no debe dejar de funcionar en ningún momento y bajo ninguna circunstancia, además de brindar atención inmediata a los pacientes, y evitar daños que puedan suspender el servicio de forma parcial o total; estos daños pueden ser a servicios básicos y saneamiento, falta de alimentación, falta de formas de ingreso al establecimiento, propagación de vectores, interrupción de control de enfermedades; todos estos aspectos exigen tener un control para el manejo de situaciones que pongan en riesgo la atención del hospital.

La afectación que genera un sismo a un país es relativa, es decir depende del grado de desarrollo del mismo; cuan mayor sea el desarrollo del país menor será el grado de afectación, es por esto la necesidad de desarrollar métodos de prevención y mitigación en estructuras esenciales como los hospitales.

Es por ello que se ha venido desarrollando la Campaña Mundial para la Reducción de Desastres; la cual propone la metodología de “Hospitales Seguros frente a los Desastres que pretende reducir el riesgo, proteger las instalaciones de salud y salvar vidas”. Desde el inicio del proyecto en 2005, la secretaría de Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (ONU/EIRD) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), con el apoyo del Fondo Global del Banco Mundial para la Reducción de Desastres y la Recuperación, se asociaron con diversos gobiernos, organismos regionales e internacionales, organizaciones no gubernamentales y personas de todo el mundo para incrementar la conciencia acerca de cómo y por qué se deben redoblar los esfuerzos para proteger las instalaciones de salud y velar por su funcionamiento durante y después de la ocurrencia de desastres y situaciones de emergencia. (Salud, 2009)

En Ecuador existen establecimientos hospitalarios que se presume no tienen diseño sismo resistente, y que ameritan un análisis de vulnerabilidad que permitan identificar las diferentes amenazas de origen natural y social que se puedan presentar; en la ciudad de Cuenca se busca evaluar si el hospital Vicente Corral Moscoso cuenta con la infraestructura necesaria para afrontar dichas amenazas.

Existen datos significativos que expresan el riesgo y la vulnerabilidad del país:

Los estudios de vulnerabilidad en los centros hospitalarios son escasos por lo que se consideran susceptibles a desastres; de ahí la necesidad de conocer la situación actual de las zonas donde se encuentran ubicadas cada una de las unidades y sus grados de exposición ante las amenazas, con el objetivo de tener un registro que ayude a determinar las características de los terrenos en los que están implantados las instalaciones hospitalarias.

El proyecto de investigación científica en la línea de Hospitales Seguros Frente a Desastres que lleva adelante la Universidad del Azuay con su Facultad de Ciencia y Tecnología dentro de la escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones, pretende realizar un análisis de Vulnerabilidad Estructural, específicamente en este trabajo se evaluará el Hospital Vicente Corral Moscoso, pues considera la importancia que representa para la ciudad de Cuenca.

Debido a la antigüedad de la entidad hospitalaria se presume que no fue diseñada considerando todas las verdaderas acciones que pueden afectarlo, por ello la importancia de tener un estudio de evaluación y vulnerabilidad.

## **1.2 Objetivos**

### **Objetivo general**

- Evaluar los elementos estructurales y parte de los no estructurales de la Entidad Hospitalaria Vicente Corral Moscoso, cuantificando las amenazas y la vulnerabilidad de la edificación.

### **Objetivos específicos**

- Identificar las amenazas en el entorno de la edificación hospitalaria, utilizando encuestas y mapas de riesgos existentes.
- Realizar un análisis de suelos que permitan determinar las características geológicas del centro hospitalario
- Evaluar los elementos estructurales y parte de los no estructurales del hospital, utilizando fichas de evaluación.
- Diseñar una maqueta virtual utilizando software BIM (Building Information Modeling). Agrupar y modelar las cargas que especifica la norma NEC-SE-2014 utilizando un software especializado y comparar con el diseño estructural existente.
- Cuantificar la vulnerabilidad y el riesgo de la edificación de salud basándonos en los resultados obtenidos.
- Proponer medidas de mitigación y reforzamiento.

### **1.3 Justificación**

Los daños provocados por los eventos naturales nos obligan a tomar acciones que permitan evitar y mitigar los impactos, para lo cual es necesario tener un análisis cuantitativo de la vulnerabilidad y los riesgos que pueden afectar a la estructura, más aún cuando es de gran importancia como un hospital.

Los desastres provocados por la sismicidad constituyen uno de los eventos de mayor afectación al ser humano, la investigación tiene la finalidad de establecer condiciones de partida en los hospitales considerando la afección sísmica y sus consecuencias tanto en la parte estructural y la no estructural; para reducir los riesgos se empieza con la identificación de las amenazas y vulnerabilidades a las cuales está expuesta y posteriormente establecer propuestas de mitigación y/o reforzamiento.

Este documento dará una idea del estado actual de la estructura y el comportamiento que tendrá la entidad hospitalaria Vicente Corral Mocosó de la ciudad de Cuenca ante una amenaza sísmica.

En el estudio se empleó la metodología de la OPS y OMS en lo referente a los Hospitales Seguros en la evaluación de vulnerabilidad.

### **1.4 Metodología**

Se evaluará las amenazas identificadas y por definir al entorno de la instalación hospitalaria, apoyándonos en mapas de riesgo de la Dirección Nacional de Riesgo (DNR), Sistemas de Información Geográfica (SIG) y entrevistas a diferentes funcionarios de la entidad hospitalaria que ayudaran a identificar las zonas problemáticas del hospital para desarrollar mapas de riesgos específicos.

Se realizará un ensayo de penetración estándar SPT (Standar Penetration Test) que consiste en la extracción de una muestra de suelo a cierta profundidad, para realizar ensayos de reconocimiento geotécnico como: contenido de agua, límite líquido, límite plástico, granulometría. El ensayo SPT proporciona información de la naturaleza de las capas atravesadas por lo que se puede realizar una columna estratigráfica donde se muestra la ubicación vertical de unidades de roca en un área específica.

Recopilar la información referente a los establecimientos hospitalarios existentes, planificación arquitectónica, estudios de ingenierías, estado actual de miembros estructurales resistentes y miembros no estructurales con procedimientos visuales y apoyo de ensayos no destructivos (END) con la ayuda de equipos de precisión: dron con cámara de alta definición, esclerómetro, scanner, ultrasonido.

Se obtendrá una maqueta virtual de los miembros estructurales y parte de los no estructurales en un entorno BIM (Building Information Modeling).

Se identificarán las cargas vivas y permanentes que actúan en la estructura, mediante la recolección de información acerca de losas, vigas, columnas y elementos no estructurales, posteriormente se realizara la modelación dinámica estructural del establecimiento hospitalario en un software especializado, que permitan determinar el comportamiento de la edificación ante amenazas calificadas, y poder cuantificar su vulnerabilidad. Para los parámetros de modelación se utilizará las especificaciones establecidas en el capítulo 2 de Cargas Sísmicas y Diseño Sismo resistente de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014).

Se compararán los resultados de la modelación existente que contiene los armados reales de la estructura con la modelación implementando las especificaciones técnicas que establece la norma actual de construcción, donde se obtendrán gráficos comparativos del comportamiento de la infraestructura hospitalaria; para finalmente con todos los datos tener una calificación de los componentes estructurales y parte de los no estructurales del hospital según el “Índice de Seguridad Hospitalaria”.

Recopilada toda la información de los elementos estructurales y parte de las no estructurales del hospital y realizadas las fichas de evaluación se propondrá medidas de mitigación y reforzamiento.

## **1.5 Estado del arte y marco teórico**

### **1.5.1 Emergencia**

“Situación que aparece cuando existen factores conocidos y surge un fenómeno o suceso inesperado, eventual y desagradable que causa daños o alteraciones en las

personas, sus bienes y/o servicios o el medio ambiente” (Salinas, 2014). Estas situaciones afectan a la población de manera directa es por esto que deben ser atendidas inmediatamente por las entidades involucradas con el objetivo de minimizar los efectos.

### **1.5.2 Amenaza o peligro (Ai)**

La amenaza se define como el peligro que significa la posible ocurrencia de un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre, que puede manifestarse durante un cierto periodo de tiempo en un sitio determinado (Cardona, 1992). Por esta razón la organización de Naciones Unidas complementa el término de amenaza como peligro o evento físico, potencialmente perjudicial, que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental, estas amenazas pueden tener diferentes orígenes, además “cada una de ellas se caracteriza por su localización, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad” (Cardona, 1986)

Las amenazas naturales se pueden clasificar de la siguiente manera: Hidrológicas, atmosféricas, sísmicas, volcánicas y geológicas. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), “los efectos de estas amenazas son variables y dependen de la gravedad con que se presenta la amenaza, la vulnerabilidad de la población, y el estado de los preparativos y la capacidad de respuesta de la comunidad.

Se debe tener en cuenta la estrecha relación que existe entre el tipo de desastre y sus efectos en la salud, es por esto que es importante realizar una valoración cualitativa de los efectos que provoca; en la siguiente tabla se realizó una valoración dependiendo del tipo de amenaza y sus efectos a corto plazo.

Tabla 1.1: Efecto de los desastres en función de su clasificación

Efecto	Terremotos	Vientos huracanados (sin inundación)	Maremotos e inundaciones repentinas	Inundaciones progresivas	Aludes	Volcanes y torrentes de barro
Defunciones	Muchas	Pocas	Muchas	Pocas	Muchas	Muchas
Lesiones graves que requieren tratamientos complejos	Muchas	Moderadas	Pocas	Pocas	Pocas	Pocas
Mayor riesgo de enfermedades transmisibles	Riesgo potencial después de cualquier gran desastre natural: la probabilidad aumenta en función del hacinamiento y el deterioro de la situación sanitaria					
Daños de los establecimientos de salud	Graves (estructura y equipos)	Graves	Graves pero localizados	Graves (solo los equipos)	Graves pero localizados	Graves (estructura y equipos)
Daños de los sistemas de abastecimiento de agua	Graves	Leves	Graves	Leves	Graves pero localizados	Graves
Escases de alimentos	Infrecuentes (suele producirse por factores económicos o logísticos)		Común	Común	Infrecuente	Infrecuente
Grandes movimientos de población	Infrecuentes (suelen ocurrir en zonas urbanas que han sido dañadas gravemente)		Comunes (generalmente limitados)			
Impacto económico	Grave	Grave	Grave pero localizados	Moderadas	Graves pero localizados	Graves pero localizados

Fuente: Organización Panamericana de la Salud-2010.

### 1.5.3 Riesgo específico (Rs)

El grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.

### 1.5.4 Elementos expuestos a riesgos (E)

La población, las edificaciones, obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada.

### 1.5.5 Riesgo Total (Rt)

El número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la

actividad económica debidos a la ocurrencia de un evento desastroso, es decir, el producto del riesgo específico (Rs) y los elementos bajo riesgo (E.)

Una vez conocida la amenaza o peligro ( $A_i$ ) y conocida la vulnerabilidad ( $V_e$ ), el riesgo ( $R_{ei}$ ) puede entenderse como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento (e), como consecuencia de la ocurrencia de un evento con gran intensidad.

Riesgo ( $R_{ie}$ )= Amenaza ( $A_i$ ) x Vulnerabilidad ( $V_e$ ). Es decir, la probabilidad de exceder unas consecuencias sociales y económicas durante un período de tiempo t dado. (Cardona, 1986).

### **1.5.6 Gestión del riesgo**

Es el conjunto de elementos, medidas y herramientas dirigidas a la intervención de la amenaza o la vulnerabilidad, con el fin de disminuir o mitigar los riesgos exigentes, para esto se planifica y se toma decisiones, con el fin de desarrollar propuestas de intervención.

Esto involucra todo tipo de actividades, incluyendo medidas estructurales y no-estructurales para evitar (prevención) o limitar (mitigación y preparación) los efectos adversos de los desastres.

### **1.5.7 Evaluación del riesgo**

Esta es una metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de amenazas potenciales y evaluación de condiciones existentes de vulnerabilidad que pudieran representar una amenaza potencial o daño a la población, propiedades, medios de subsistencia y al ambiente del cual dependen.

Para la Organización de Naciones Unidas y la Secretaria de Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres ((EIRD/ONU)) es el proceso de evaluación de riesgos que se basa en la ubicación, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad del sismo; así como en el análisis de las dimensiones físicas, sociales, económicas y ambientales de la vulnerabilidad; con especial consideración a la capacidad de enfrentar los diferentes escenarios del riesgo.

### **1.5.8 Desarrollo sostenible**

Es el desarrollo que cubre todas las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de cubrir sus necesidades, en particular aquellas inherentes a los pobres, a quienes se debe dar prioridad; y la idea de “limitaciones” de la capacidad del ambiente para resolver necesidades presentes y futuras, impuestas por el estado de la tecnología y la organización social.

Para Omar Cardona (Cardona, 1986) “el desarrollo sostenible se basa en el desarrollo socio-cultural, la estabilidad y decoro político, el crecimiento económico y la protección del ecosistema, todo ello relacionado con la reducción del riesgo de desastres”.

### **1.5.9 Vulnerabilidad (Ve)**

“La vulnerabilidad es la propensión de un elemento o de un conjunto de elementos a sufrir ataques y daños en caso de manifestación de fenómenos destructores y/o generar condiciones propicias a su ocurrencia o al agravamiento de sus efectos” (PNUD, 2012)

### **1.5.10 Vulnerabilidad estructural**

La vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que presenta una estructura frente a posibles daños en aquellas partes del establecimiento hospitalario que la mantienen en funcionamiento ante la ocurrencia de un sismo intenso, esto incluye a todas las partes de la estructura como cimientos, columnas, muros, vigas y losas. (Basurto, 2007).

La definición de vulnerabilidad sísmica lleva implícito términos genéricos como son la afectación y el daño, los cuales conviene sean acotados con el fin de garantizar una clara interpretación.

La afectación, se refiere al nivel de perturbación funcional que puede sufrir una instalación y está directamente relacionada con la llamada vulnerabilidad funcional. (Melone, 2003)

El daño estructural se refiere a los daños que hay dentro de la edificación, lo que no se ve, pero que podría poner en riesgo la seguridad del edificio. (FortaING, 2015)

El ATC-331 define varios niveles de seguridad para una edificación en caso de que se presente un evento sísmico importante.

El siguiente cuadro se presenta las recomendaciones de los requisitos Visión 2000.

Tabla 1.2: Niveles de seguridad para una edificación

Nivel de Diseño Sísmico	Comportamiento Requerido			
	Operación Permanente	Ocupación Inmediata	Protección de la Vida	Prevención del colapso
Frecuente (50% 30 años)	X		<b>Comportamiento Inaceptable</b> (para edificios nuevos)	
Ocasional (50%/ 50 años)	◆	X		
Raro (10%/50 años)	•	◆	X	
Muy raro (10%/100 años)		•	◆	X

•=Seguridad crítica, como hospitales, departamentos de bomberos.

◆= Instalación esencial o peligrosa, como centrales telefónicas, edificio con químicos tóxicos.

x=Instalación básica o convencional, como edificios de oficina y residencias.

Fuente: Elaboración propia basado en ATC-311. Visión 2000

Según esta tabla, un hospital debe ser diseñado de tal forma que continúe en operación después de un sismo "raro" (probabilidad de ocurrencia del 10% en 50 años), y que quede al menos en condición de ocupación inmediata después de un sismo "muy raro" (probabilidad de ocurrencia del 10% en 100 años) (ATC, 1995).

### 1.5.11 Nivel de operación permanente

Aquí se puede decir que, el edificio permanece en condiciones aptas para su uso normal, aunque tal vez con algunas limitaciones. Todos los sistemas de abastecimiento y servicios básicos deben quedar operando. Para cumplir con este nivel, es necesario contar con sistemas redundantes o equipos de emergencia, y se requiere una inspección rigurosa de los sistemas eléctricos y mecánicos para garantizar su correcto funcionamiento después de que han sido fuertemente sacudidos. (ATC, 1995)

### **1.5.12 Nivel de ocupación inmediata**

En este nivel, únicamente se presentan daños muy limitados en la estructura y en los componentes no estructurales. Los sistemas resistentes a cargas laterales y verticales conservan casi toda la capacidad que tenían antes del evento. El daño no estructural es mínimo, de modo que los accesos y los sistemas de protección tales como puertas, escaleras, ascensores, luces de emergencia, alarmas contra incendio, etc., permanecen operacionales, siempre que se garantice el suministro de electricidad.

Podría presentarse la ruptura de vidrios y pequeños daños en conexiones o lámparas. Se espera que los ocupantes puedan permanecer dentro del edificio, aunque el uso normal del establecimiento podría estar limitado y se hace necesaria la limpieza e inspección.

En general, los componentes electromecánicos se encuentran seguros y deberán operar si se lo requiere. Podría haber falta de electricidad, de agua, problemas con las líneas de comunicación y tuberías de gas. El riesgo de lesiones severas es bajo y el edificio puede ser ocupado; sin embargo, es posible que no sea apto para su funcionamiento normal hasta que se hayan efectuado reparaciones. (ATC, 1995)

### **1.5.13 Nivel de protección de vida**

Es el estado posterior al sismo en el cual se presenta daño significativo en la estructura, aunque se cuenta con un cierto rango de protección contra el colapso parcial o total. La mayoría de los componentes estructurales y no estructurales no han caído, y por lo tanto no constituyen una amenaza dentro o fuera del edificio.

Las rutas de evacuación permanecen operacionales, aunque limitadas por acumulaciones de escombros no significativas. Se pueden presentar heridas durante el sismo, pero se espera que las lesiones no sean de magnitud tal que puedan cobrar la vida de los afectados. Es posible reparar la estructura, aunque en algunos casos esto podría resultar poco práctico desde el punto de vista económico. (ATC, 1995)

### **1.5.14 Nivel de protección de colapso**

El daño posterior al sismo es tal que la edificación puede sufrir un colapso parcial o total como consecuencia de la degradación de la rigidez o de la resistencia del sistema

portante ante las fuerzas laterales, la deformación lateral permanente de la estructura o la disminución de su capacidad para soportar cargas verticales. No obstante, todos los componentes básicos del sistema resistente a cargas gravitacionales pueden continuar funcionando y, aunque el edificio puede mantener su estabilidad, existe un riesgo grave de heridos debido a la caída de objetos.

Es probable que no sea práctico reforzar la estructura, y el edificio no es seguro para su ocupación inmediata, puesto que las actividades consecuentes pueden inducir su colapso (OPS M. d., 2009)

### **1.5.15 Hospitales seguros**

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2007) dice que un hospital seguro es un establecimiento de salud cuyos servicios permaneces accesible y funcionan a su máxima capacidad instalada y en su misma infraestructura, inmediatamente después de un fenómeno destructivo de gran intensidad; esto implica la estabilidad de la estructura, la disponibilidad permanente de servicios básicos y la organización al interior de la unidad de salud.

#### **1.5.15.1 Índice de seguridad hospitalaria**

Es una herramienta de evaluación confiable, rápida y de bajo costo para medir el grado de seguridad de instalaciones de salud, elaborado por la OPS/OMS en 2008 para establecimientos de salud de alta complejidad.

Mediante aplicación de una lista de verificación que contiene 145 preguntas la cual calcula la probabilidad de que la instalación de salud a ser analizada continúe funcionando durante y después de un desastre, y basándose en las respuestas se asignan rangos de seguridad que permitan establecer prioridades de actuación. Los niveles de seguridad se clasifica en alto, medio, y bajo.

- Categoría A: Aunque es probable que el hospital continúe funcionando en caso de desastres, se recomienda continuar para mejorar la capacidad de respuesta y ejecutar medidas preventivas en el mediano y largo plazo, para mejorar el nivel de seguridad frente a desastres.

- Categoría B: Se requiere medidas necesarias en el corto plazo, ya que los niveles actuales de seguridad del establecimiento pueden potencialmente poner en riesgo a los pacientes, el personal y su funcionamiento durante y después de un desastre.
- Categoría C: Se requiere medidas urgentes de manera inmediata, ya que los niveles actuales de seguridad del establecimiento no son suficientes para proteger la vida de los pacientes y el personal, durante y después de un desastre. (OPS/OMS, 2010)

#### **1.5.16 Estructuras esenciales**

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2014\_SE) son estructuras que deben permanecer operativas luego de un terremoto para atender emergencias. En esta clasificación se encuentran las Unidades Hospitalarias.

#### **1.5.17 Elementos no estructurales:**

Son elementos que conforman una estructura pero no aportan a la resistencia de la misma, pero deben ser tomadas en cuenta al momento de la modelación de la estructura pues causan efectos sobre ella.

Entre estas pueden estar:

Puertas y entradas, ventanas, rejas, techumbres, cubiertas, cornisas, balcones, gárgolas, marquesinas, elementos decorativos en fachadas, cercos, cierres, elementos perimetrales circulaciones exteriores e interiores, iluminación, sistema contra incendio, techos y plafones, ascensores, escaleras, accesos al hospital, rampas. (Sancho, 2013)

#### **1.5.18 Líneas y servicios vitales:**

Son el conjunto de sistemas que proporcionan y conducen el suministro de los elementos primordiales para el funcionamiento del hospital y supervivencia de sus habitantes. (Arce, 2005)

- Redes de suministro de aire acondicionado, el sistema de generación y distribución de vapor.

- Suministro de energía eléctrica y plantas auxiliares.
- Suministro de agua potable.
- Reserva de combustible.
- Gases medicinales: aire medicinal, oxígeno
- Sistemas habituales y alternos de comunicación.
- Sistemas residuales.
- Sistema de manejo de residuos sólidos.
- Mantenimiento del sistema contra incendios. (Sancho, 2013)

#### **1.5.19 Factores que afectan a una edificación Hospitalaria**

- **Geológicos:** sismos, terremotos, erupciones, maremotos, movimientos de tierra: alud, derrumbes, hundimientos y desplazamientos.
- **Hidrometeorológico:** Huracanes, Inundaciones pluviales, tormentas (granizo, polvo, electricidad), heladas, sequías, ondas cálidas y gélidas.
- **Químico - Tecnológico:** Incendios, Explosiones, Fugas de materiales peligrosos.
- **Sanitario - Ecológico:** Epidemias, plagas, contaminación del aire, suelo y alimentos.
- **Socio - Organizativo:** Conflictos bélicos, terrorismo, concentraciones humanas, hambruna.

Según Jesús Requena Hígado (Requena, La Gestión de la Seguridad y el Riesgo, 2000) un desastre natural hace referencia a las consecuencias o el impacto de este fenómeno sobre la comunidad dada, tanto en pérdidas de vidas humanas, como materiales, económicas y sociales. Por lo tanto los riesgos que afectan a la edificación hospitalaria según su ubicación están descritos a continuación:

##### **1.5.19.1 Sismo**

Son el resultado de movimientos de la corteza terrestre, que generan deformaciones en las rocas del interior de la tierra y acumulan energías que se libera súbitamente en forma de ondas que sacuden la superficie. . (Burón, 2014)

La zona sísmica del Ecuador se extiende por la costa del Pacífico afectando la parte continental debido a la fractura de la placa continental generando gran cantidad de actividad sísmica en la zona andina o sierra; la región andina es sacudida periódicamente por terremotos y contribuye con el 15% del total de la energía sísmica disipada en el mundo cada siglo. (Paucar, 2008)

Entre los terremotos de mayor magnitud destacan el de Ambato de 1949 y Pedernales 2016, debemos considerar la zona del Ecuador y el área de la ciudad de Cuenca como una región de alta sismicidad.

La siguiente información fue registrada por la Red Nacional de Sismógrafos y procesada en el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

Se presentan los sismos de magnitud mayor o igual a 4 en la escala de Richter. La distancia y azimut son determinados con respecto a la ciudad referencial, que es la capital de provincia más cercana al evento.

Tabla 1.3: Historial de sismos registrados en la Ciudad de Cuenca

Fecha AAA/mm/dd	Tiempo HH:MM	Latitud Grados	Longitud Grados	Profundidad Km	Magnitud	Distancia km	Azimut Grado
11/02/2007	06:28	-2,622	-79,42	7,6	4,0	54,4	123,2
18/09/2007	20:42	-3,113	-78,885	12	4	28,4	330,8
07/01/2006	2:40	-3,166	-79,24	12	4,3	3,9	39,7
16/06/2006	0:25	-2,765	-79,565	12	4	63,1	102,7
28/08/2006	19:18	-2,815	-79,082	33	4	11,6	136,2
05/09/2006	19:00	-2,594	-79,164	12	4	37	152,5
25/09/2006	03:22	-3,08	-78,769	22,3	4,1	34,1	308,4
27/09/2006	03:58	-3,292	-79,04	20	4	44,7	4,3
30/08/2005	09:17:06	2.84S	79.46W	12	4,1	49,82	276,2
27/12/2005	16:44:23	2.64S	79.45W	12	4	56,22	299,4
10/11/2005	06:40:12	2.78S	79.21W	12	4	25,23	298,7

Fuente: Escuela politécnica Nacional/ Instituto Geodésico.

### 1.5.19.2 Inundaciones

Las inundaciones se las puede definir como la ocupación de agua en zonas que habitualmente están libres de esta; existen varios tipos entre las cuales tenemos: lentas, por desbordamiento, súbitas, lluvias torrenciales, deshielos, mareas altas, maremotos, etc. Los factores que influyen con la gravedad de los daños son: cantidad de agua, la duración, velocidad, frecuencia de ocurrencia y la temporada del año.

Las inundaciones representan un riesgo para la salud, puesto que pueden producir contaminación con materiales tóxicos, incremento de enfermedades, transmisión de enfermedades y producir lesiones a los seres humanos afectando directamente el funcionamiento de los sistemas de salud (OPS 2006). Dentro de un establecimiento hospitalario pueden afectar la infraestructura física del hospital suspendiendo servicios de ciertas áreas como laboratorios, cocina, lavandería, bodega entre otros, debido a que estos generalmente están ubicados en el primer nivel, también pueden interrumpir vías de acceso al hospital.

### **1.5.19.3 Incendios**

Un incendio se define como fuego incontrolado que provoca daños a la propiedad y pone en peligro la vida de las personas. (OPS/OMS, 2010).

En un hospital se puede presentar debido a cortocircuitos por instalaciones defectuosas, falta de mantenimiento de los sistemas eléctricos, sobrecargas, manejo inadecuado de sustancias peligrosas como gases y otros errores humanos.

También es probable que luego de ocurrir un sismo se presente un incendio interno provocando daños en las puertas, pasillos, ductos de tuberías, escaleras techos falsos, muebles de oficinas, camillas, y otros elementos, adicionalmente los daños que el mismo represente para la salud humana ya que provoca quemaduras, intoxicación, efecto en los ojos, piel y vías respiratorias, lesiones graves, traumatismos e incluso la muerte.

La rápida detección del incendio y su inmediata extinción por el personal del hospital con el uso de extintores es particularmente necesaria debido a que el agua puede faltar o a su vez los bomberos estén impedidos de llegar por problemas de accesibilidad, en el peor de los casos que se necesite evacuar al personal de salud, pacientes y demás personas, es necesario tener definido las rutas de evacuación, ubicación de las salidas de emergencia, iluminación de la ruta de evacuación, señalización de las salidas, puertas y rutas de escape.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS, 2010) establece que “una instalación hospitalaria no debe tener como objetivo principal el evacuar pacientes, a menos que sea absolutamente necesario. Por lo tanto, se debe dar atención especial a

técnicas apropiadas de prevención y supresión para evitar el peor escenario, que es la evacuación.”

#### **1.5.19.4 Explosiones**

Se produce cuando se libera de manera violenta y abrupta una determinada cantidad de energía (gas a alta presión) al ambiente, que estaba atrapado en un espacio reducido, produciendo aumento de presión y haciendo que se desprenda luminosidad, gas y calor. (OPS/OMS, 2010)

Las explosiones pueden producir daños al hospital ya que se maneja materiales como combustible, conductores de vapor, agua, gases a alta temperatura y oxígeno los cuales pueden producir explosiones dañando elementos como puertas y ventanas, además de las lesiones y afecciones que pueden causar a las personas.

#### **1.5.19.5 Deslizamientos**

Es un movimiento de una masa de tierra, arena y rocas de una manera súbita o lenta pendiente abajo, su ocurrencia depende del incremento de los esfuerzos de corte y la disminución en la resistencia del material; el incremento en el esfuerzo de corte se produce por: erosión, incremento de carga por el peso de la lluvia o vegetación; incremento de presiones laterales como: presiones hidráulica, raíces, expansión; también fuerzas transitorias como terremotos, vibraciones, explosiones y movimientos geológicos. (Cees Van Westen)

Dependiendo de su magnitud producen una serie de lesiones leves o graves y en la mayoría de casos pérdida de vidas humanas (personas sepultadas). En los hospitales pueden provocar daños en la estructura de la edificación afectando la cimentación, destrucción de la zona donde se produjo el deslizamiento, daños a elementos no estructurales, áreas incomunicadas debido a la interrupción de ciertas vías de acceso que provoca que no puedan llegar provisiones de alimentos y otros servicios básicos. (OPS 2006)

## CAPÍTULO 2

### LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El Hospital Vicente Corral Moscoso se encuentra ubicado en la parroquia Huayna-Cápac de la ciudad de Cuenca de la provincia del Azuay en las avenidas 12 de abril y los Arupos.



Figura 2.1: Ubicación de la Unidad Hospitalaria Vicente Corral Moscoso

Fuente: Google Maps - diciembre 2015

En 1872 bajo la dirección de las religiosas Hijas de la Caridad se inauguró el centro de salud con el nombre de San Vicente de Paul, años más tarde en 1966 se construyó el nuevo edificio en el sector “El Paraíso” en donde se mantiene hasta la actualidad, y en 1977 se cambió de nombre en honor al Doctor Vicente Corral Moscoso. Este hospital es uno de los más prestigiosos de Cuenca debido a que cuenta con 45 especialidades, además atiende las 24 horas del día, el hospital Vicente Corral Moscoso, tiene la acreditación internacional de calidad, en el nivel oro, por parte de la organización Acreditación Canadá Internacional (ACI).

La unidad hospitalaria es de tipo general que forma parte de la coordinación zonal de salud 6 y cuenta con un total de 299 camas para servicio de la comunidad, entre los servicios que brinda están: consulta externa, hospitalización, emergencia, centro

químico y obstétrico, laboratorio clínico, imagenología, unidad de neonatología, unidad de cuidados intensivos y unidad de diálisis; además se encuentra equipado con salas de rayos X, ecosonógrafo y tomógrafo.

**Infraestructura Física:**

Posee un área total de terreno de 41.111 metros cuadrados, el área de construcción en planta baja es 9.796 metros cuadrados; verdes de 10957.42 metros cuadrados, parqueadero y veredas 20357.58 metros cuadrados y un área de construcción total de 23212 metros cuadrados.

El material de construcción es ladrillo y hormigón armado, terrazas de ladrillo impermeabilizado con geomembrana en tres bloques:

- 1.- Hospitalización, Emergencia-Centro de Trauma
- 2.- Consulta externa
- 3.- Casa de máquinas

**Planta Baja:** Servicios de: emergencia, parqueadero para personal de emergencia y temporal para familiares de pacientes, clasificación de pacientes (Triage), centro de trauma, rehabilitación, centralilla de cableado telefónico, laboratorio patológico, morgue, lavandería, costura, nutrición, comedor, mantenimiento, bodega de insumos y materiales, mantenimiento y casa de máquinas.

**Primera Planta:** Parqueadero, consulta externa, banco de sangre, capilla, rayos x, central de esterilización, quirófano, residencia de anestesistas, centro obstétrico, hospitalización, neonatología, clínica de epilepsia, odontología, central de información, estadística, farmacia, central de cómputo (cableado estructurado), administración de caja y voluntariado.

**Primera planta alta:** Contabilidad, centro de cómputo, área administrativa: dirección, servicios institucionales, gestión de enfermería, laboratorio clínico, ginecología.

**Segunda planta alta:** Cirugía y sus especialidades.

**Tercera planta alta:** Medicina Interna y sus especialidades.

**Cuarta planta alta:** Unidad de cuidados intensivos, bodega y oficina de activos fijos, asesoría jurídica, biblioteca.

**Quinta planta alta:** Pediatría y sus especialidades, unidad de quemados.

**Sexta planta alta:** Terraza y sala de juegos de niños.

Cuenta con 3 puertas principales de acceso externo; consulta externa, emergencia y centro de trauma, mantenimiento y 3 puertas de acceso interno (nutrición, mantenimiento y área administrativa).

## **2.1 Recopilación de la información arquitectónica y de ingeniería**

El plano de la distribución actual de espacios se obtuvo a través del Departamento de infraestructura física del Hospital Vicente Corral Moscoso, proporcionaron información acerca de: planos arquitectónicos, planos de instalaciones sanitarias y planos estructurales de las áreas construidas últimamente.

### **2.1.1 Información de ingeniería**

El hospital presenta una tipología estructural que consta de pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales, vigas banda y columnas de hormigón armado fundidas en situ.

- **Vigas**

Son elementos estructurales lineales que trabajan a flexión que forman parte de la estructura principal de cualquier tipo de edificación. El diseño de vigas analizado en los bloques existentes presentan peraltes construidos a la misma altura del espesor de la losa considerándose vigas banda.

Este tipo de sistema transmite las cargas de la losa a las columnas no solo por flexión sino que se generan momentos desequilibrantes que deben ser transmitidos a las columnas por punzonamiento o por corte excéntrico. “De esta manera el medio soportante de la estructura las columnas, están sometidas a tales acciones

que en un sismo provocarían daños estructurales que podrían ser irremediables.”  
(OCHOA & ULCUANGO, 2014)

- **Losas**

Las losas son elementos estructurales bidimensionales que resisten cargas perpendiculares al plano principal de las mismas, por lo que su comportamiento está dominado por la flexión.

La losa que se presenta en la estructura es casetonada, donde las vigas se encuentran embebidas formando una estructura monolítica. Planos estructurales referirse al [Anexo 1](#).

- **Columnas**

Son elementos estructurales utilizados para soportar acciones de compresión, flexión o torsión.

En la estructura existente se presentan diversas secciones de columnas ya que tienen que soportar diferentes solicitaciones de carga; debido a la configuración y tomando en cuenta las juntas de dilatación se dividió a la entidad hospitalaria en bloques de diferentes alturas.

Se identificaron 27 familias de columnas donde las dimensiones, armados, diámetro de varillas, estribos y resistencia de los elementos estructurales se recopilaron al realizar los ensayos no destructivos (END).



Figura 2.2: Ensayos no destructivos (END) en columnas.

La presente tabla muestra el armado y las resistencias promedio de columnas obtenidas en cada una de las familias.

Tabla 2.1: Detalle de armado y resistencias en columnas (Esclerometría y Scanner).

Dimensión		Armadura Longitudinal				Armadura Transversal		Resistencia
X	Y	Diámetro	Esquinas	Cara X	Cara Y	Estribo $\phi$	Separación	Kg/m <sup>2</sup>
60	40	22	4	6	2	14	10	10,52
35	65	22	4	2	6	14	12	224,40
50	70	22	4	4	8	14	10	163,20
35	70	22	4	2	8	14	15	188,70
65	65	22	4	6	6	14	10	234,60
65	40	22	4	6	2	14	10	250,45
35	50	20	4	2	4	12	10	310,08
40	40	20	4	2	2	10	8	408,35
60	35	22	4	6	2	12	10	222,91
40	30	16	4	2	2	10	10	237,70
30	65	22	4	2	6	14	10	238,21
45	30	22	4	4	2	14	15	214,61
60	30	22	4	6	2	14	15	224,97
30	50	16	4	2	4	12	12	203,04
50	50	18	4	4	4	12	10	224,44
50	25	16	4	6	0	10	10	194,86
40	50	18	4	4	2	10	12	218,32
35	40	20	4	2	2	10	12	251,49
35	35	16	4	2	2	10	10	210,00
20	20	16	4	0	0	10	10	180
110	30	22	4	16	2	16	15	292,74
35	30	16	4	2	2	10	10	218,79
30	20	16	4	2	0	12	15	180
25	15	12	4	0	0	10	15	180
45	35	16	4	4	2	12	10	210
$\phi 50$								210
$\phi 70$								240

Detalle de armados y resistencias de vigas, columnas (ensayos END) y losas referirse al Anexo 2

### 2.1.2 Información Arquitectónica

La mayoría de las paredes son de mampostería de ladrillo enlucidas con hormigón y revestimiento de pintura, áreas como rayos x están revestidos con placas de plomo tanto en las paredes como puertas, en el subterráneo las paredes están recubiertas con azulejos para facilitar su lavado y limpieza.

La losa de entepiso es alivianada revestida con cerámica; en la mayoría de pasillos y habitaciones del hospital está colocado cielo raso.

Las puertas de ingreso a las habitaciones y consultorios son de madera, se tiene puertas de ingreso a cada área y de ingreso principal de aluminio y vidrio, las ventanas son de hierro y vidrio, las baterías sanitarias consta de inodoros, lavamanos y duchas.

A continuación se presentan los planos arquitectónicos de la Unidad Hospitalaria.

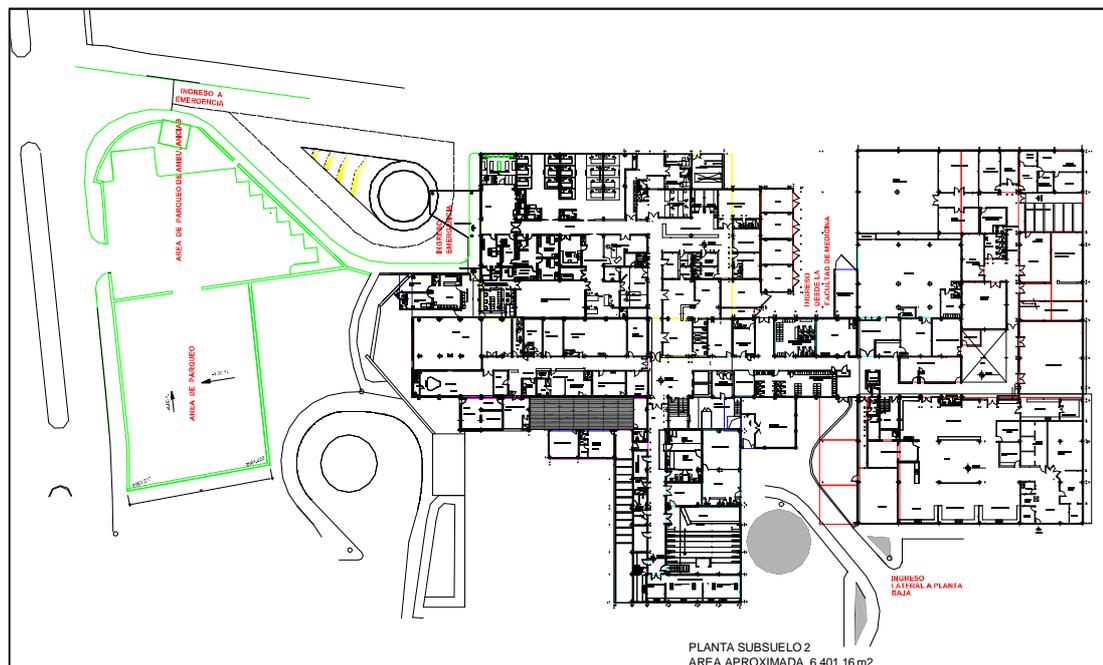


Figura 2.3: Planta subsuelo Hospital Vicente Corral Moscoso

Fuente: Departamento de Infraestructura del Hospital Vicente Corral Moscoso

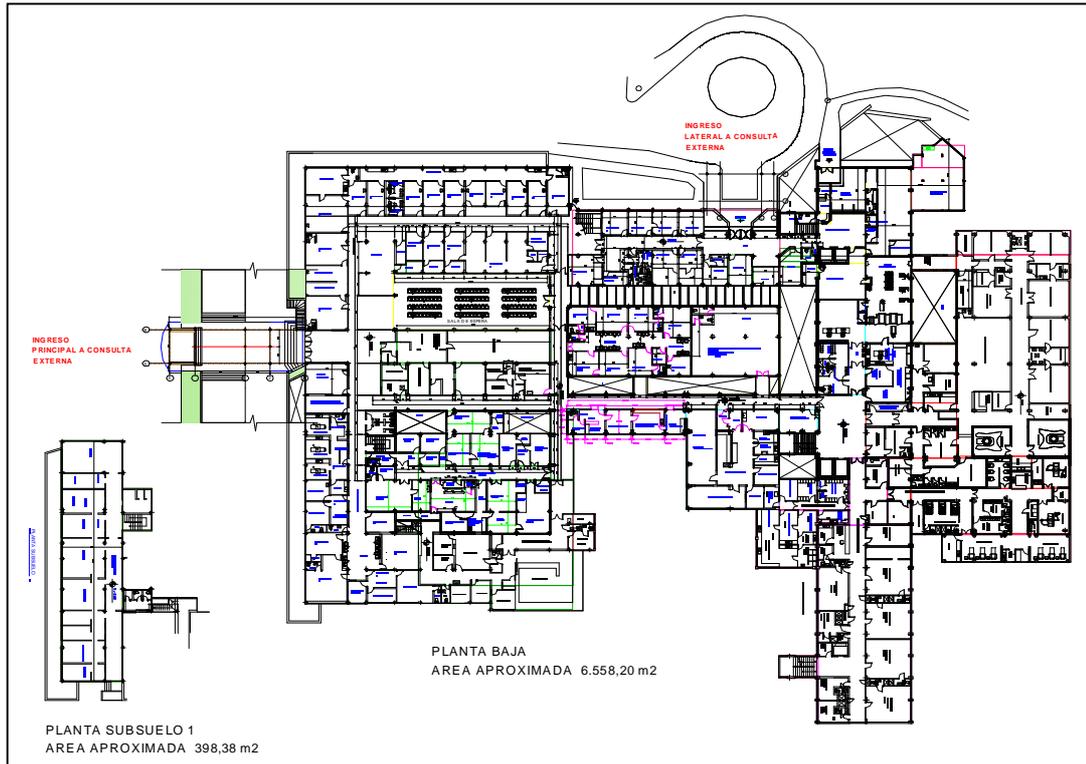


Figura 2.4: Planta baja Hospital Vicente Corral Moscoso  
Fuente: Departamento de Infraestructura del Hospital Vicente Corral Moscoso

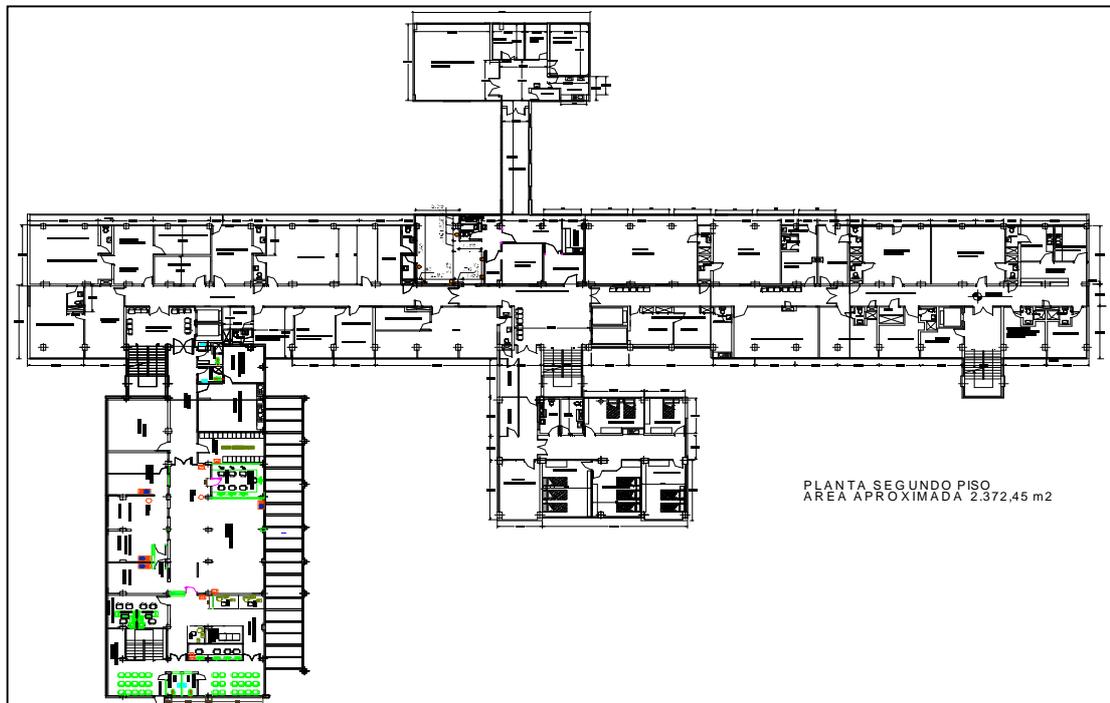


Figura 2.5: Segundo piso Hospital Vicente Corral Moscoso  
Fuente: Departamento de Infraestructura del Hospital Vicente Corral Moscoso

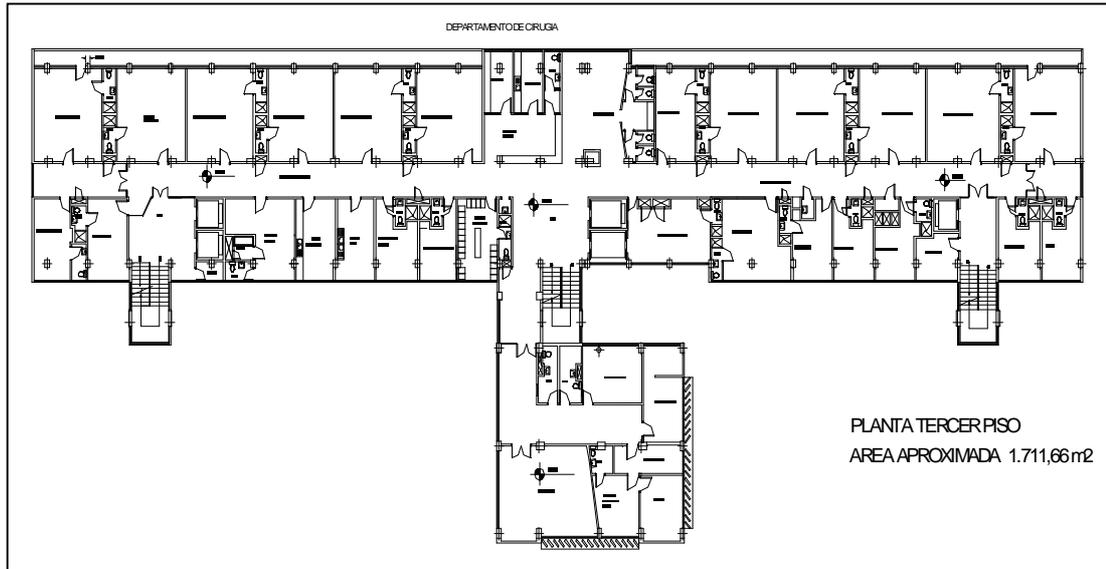


Figura 2.6: Tercer piso Hospital Vicente Corral Moscoso  
Fuente: Departamento de Infraestructura del Hospital Vicente Corral Moscoso

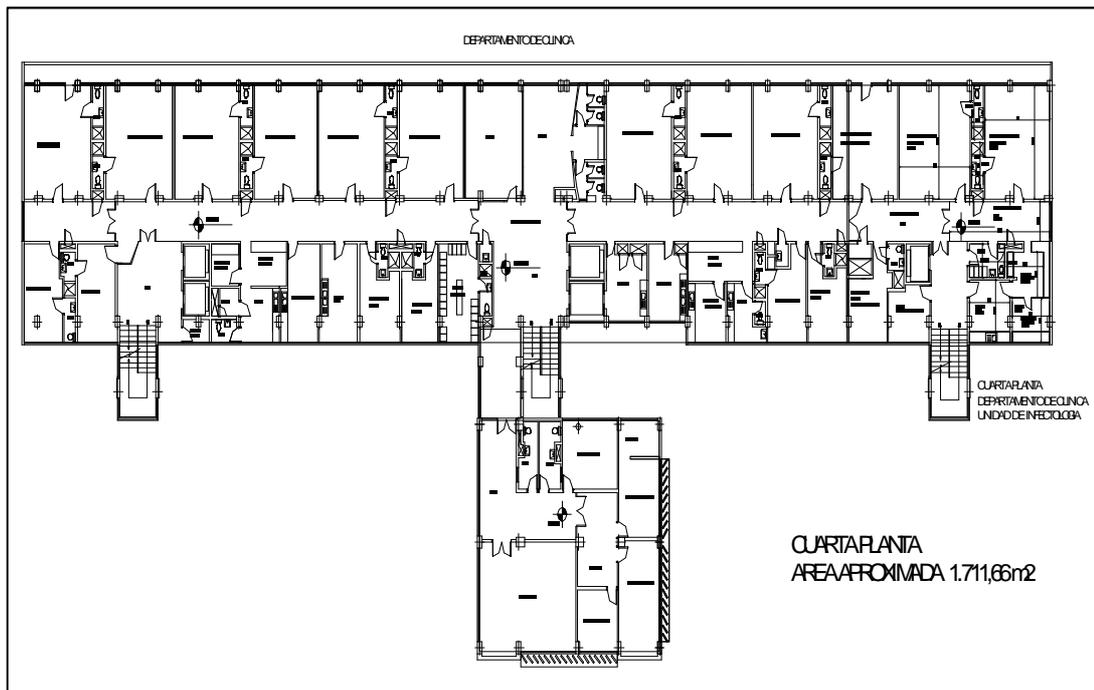


Figura 2.7: Cuarto piso Hospital Vicente corral Moscoso  
Fuente: Departamento de Infraestructura del Hospital Vicente Corral Moscoso

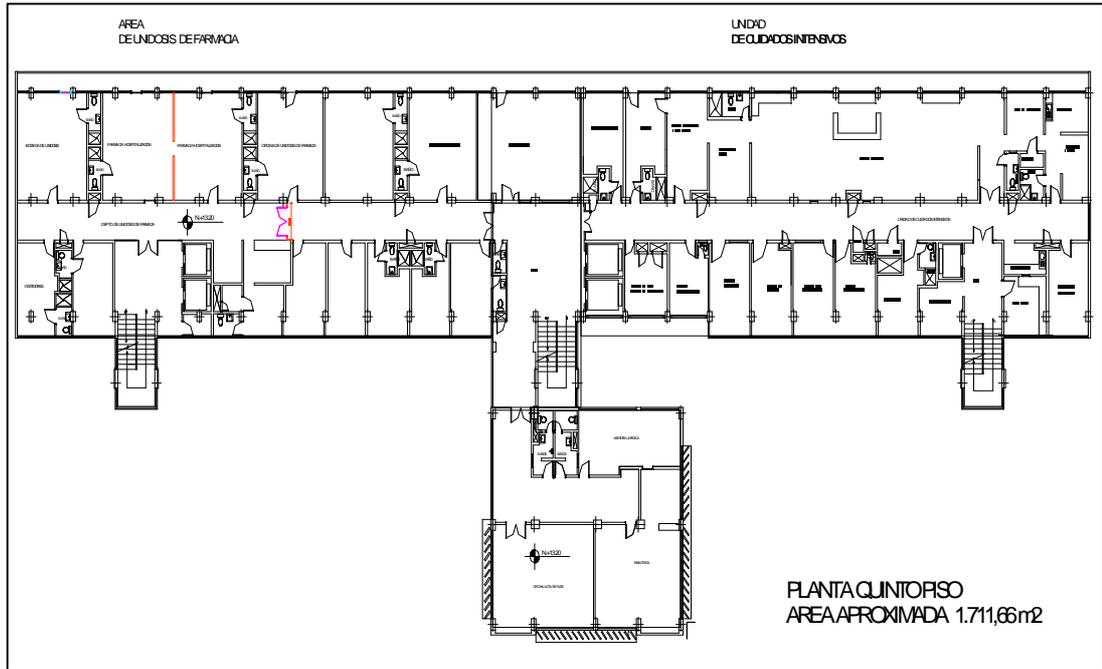


Figura 2.8: Quinto piso Hospital Vicente Corral Moscoso  
Fuente: Departamento de Infraestructura del Hospital Vicente Corral Moscoso

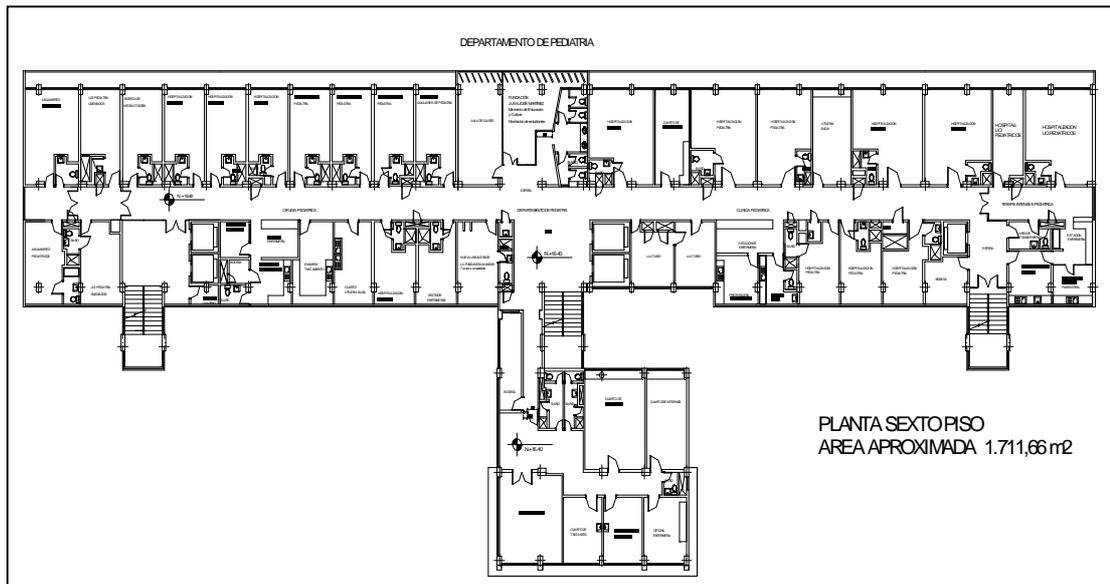


Figura 2.9: Sexto piso Hospital Vicente Corral Moscoso  
Fuente: Departamento de Infraestructura del Hospital Vicente Corral Moscoso

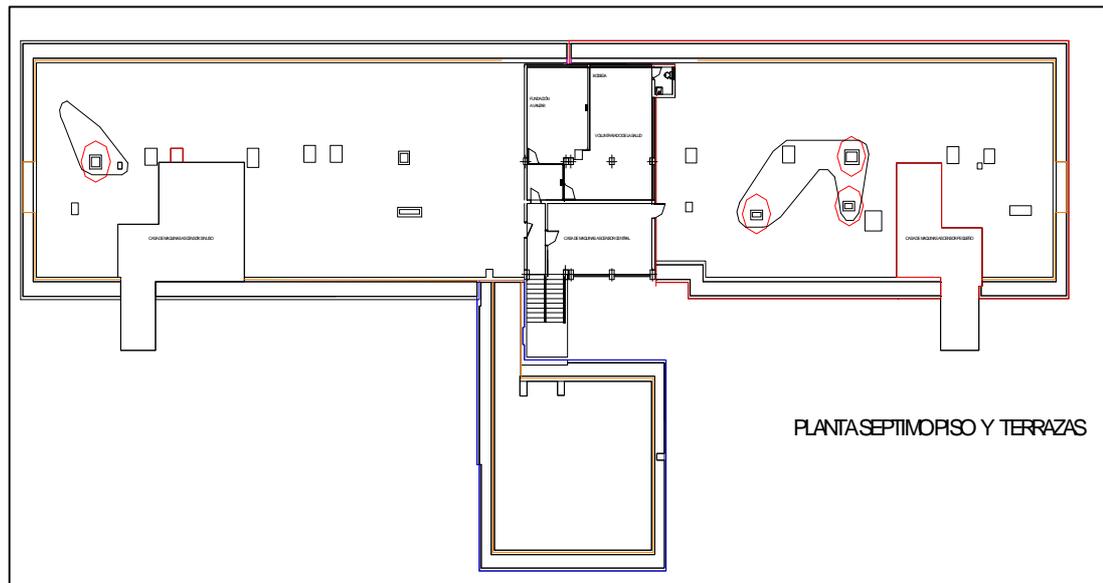


Figura 2.10: Séptimo piso Hospital Vicente Corral Moscoso

Fuente: Departamento de Infraestructura del Hospital Vicente Corral Moscoso

Los planos arquitectónicos, red de distribución de aguas potable, red de saneamiento y red de vapor se presentan en: [Anexo 3](#), [Anexo 4](#), [Anexo 5](#), [Anexo 6](#)

## 2.2 Determinación del nivel de aplicación del índice de seguridad hospitalaria en las áreas estructural y parte de las no estructurales

A través de encuestas y entrevistas realizadas a funcionarios y personal del hospital Vicente Corral Moscoso se ha determinado una serie de amenazas a la que está expuesta la unidad hospitalaria siendo estas de orden geológico, hidrometeorológico, social, sísmica, sanitario-ecológico y químico-tecnológico, causando una serie de riesgos tanto al personal del hospital como a sus pacientes; con esta información se busca establecer el Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH).

Un hospital en caso de emergencia está expuesto a desastres externos e internos; problemas que se ha presentado en el Hospital Vicente Corral Moscoso podemos describir que hace aproximadamente 35 años uno de los desastres que afectó a la ciudad de Cuenca fue la caída del Avión San Tame, donde fueron notorias las deficiencias del hospital debido a que no contaban con suficientes camas para albergar a los heridos; actualmente se cuenta con 299 camas para atención normal.

Generalmente el hospital actúa casi a su máxima capacidad cuando existen accidentes de tránsito donde están involucrados buses debido a la llegada masiva de

personas o en épocas de feriado, pero nunca se ha sobrepasado la capacidad operativa del hospital.

Por otro lado, debido a la cercanía a lugares de grandes concentraciones de masas está expuesto a huelgas, conflictos civiles, tráfico, entre otros.

Inconvenientes que han interrumpido el funcionamiento de manera parcial y/o temporal, son las remodelaciones que se realizaron en el proyecto Modersa, el incendio del banco de sangre, la inundación en el área de neonatología, centro quirúrgico y morgue.

Es importante destacar que dentro del hospital es necesario prestarle la debida atención a redes de oxígeno, agua, energía eléctrica, desagües, es decir, a todos los elementos de líneas vitales que permitan el correcto funcionamiento del mismo.

A continuación, se presenta la descripción detallada de los elementos estructurales, no estructurales y funcionales del hospital con su debida evaluación dentro del Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH).

## 2.2.1 Aspectos relacionados con la ubicación geográfica del establecimiento de salud

### 2.2.1.1 Amenazas

### 2.2.1.2 Fenómenos geológicos

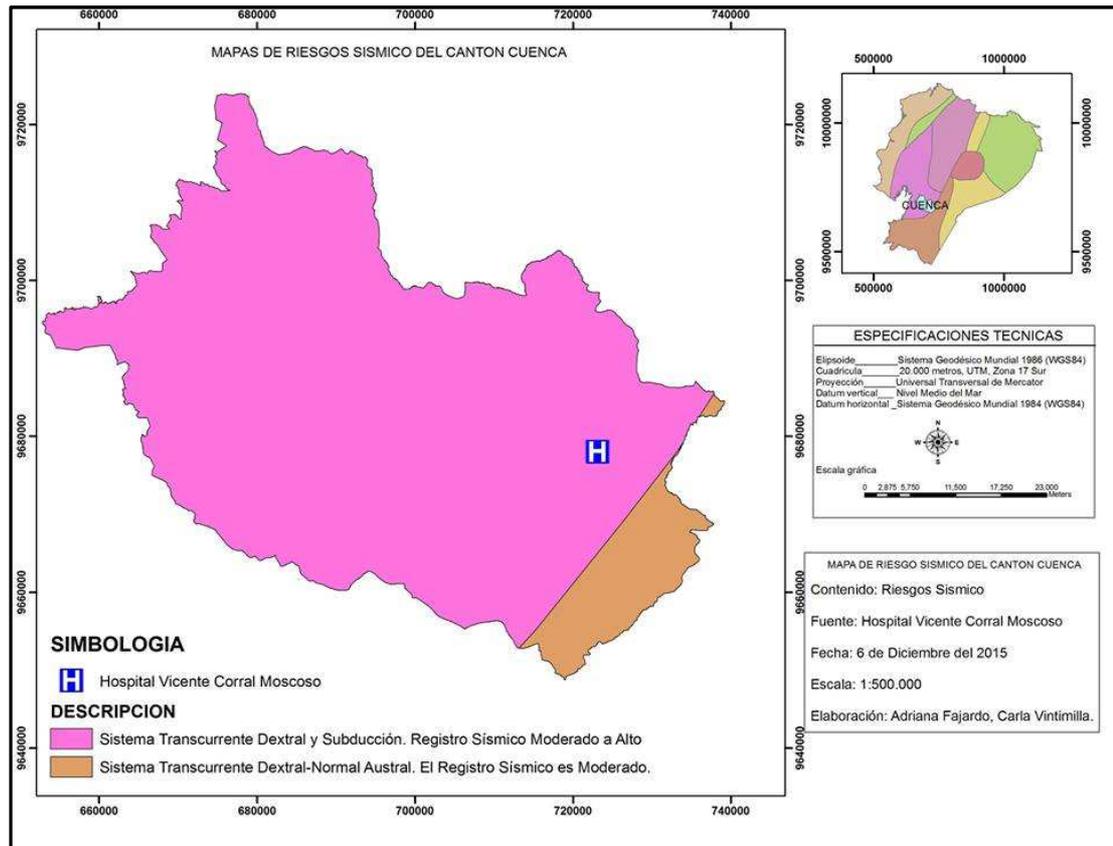


Figura 2.11: Mapa de actividad sísmica del Cantón Cuenca  
Fuente: Instituto Geofísico (<http://www.igepn.edu.ec/>)

La ciudad de Cuenca se encuentra según la NEC-SE-2014 dentro de zona de alto peligro sísmico, lo que se confirma con el mapa de actividad sísmica de la parroquia Hayna-Capac donde se encuentra ubicado la entidad hospitalaria, hasta el momento no se han registrado sismos de gran magnitud que haya dañado la edificación, pero representa un riesgo latente ya que se podría producir inesperadamente en cualquier momento.

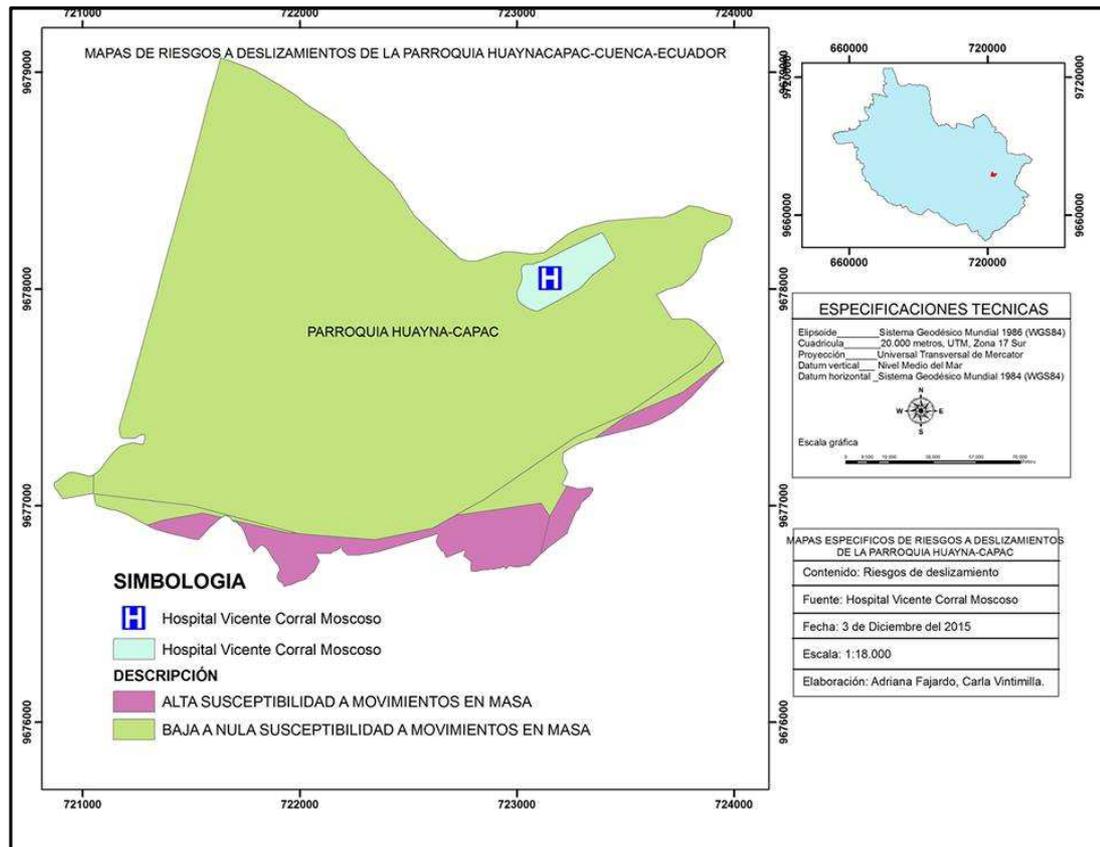


Figura 2.12: Mapa de riegos a deslizamientos de la parroquia Huayna-Cápac  
 Fuente: Instituto Geofísico (<http://www.igepn.edu.ec/>)

A pesar que en la ciudad de Cuenca existen fallas geológicas en el lugar donde se encuentra ubicado el hospital Vicente Corral Moscoso los deslizamientos no representan gran amenaza, puesto que según los datos proporcionados por el Instituto Geofísico existe baja o nula susceptibilidad a movimientos de masa.

### 2.2.1.2.1 Fenómenos hidrometeorológicos

Lluvias intensas que han ocurrido en la ciudad de Cuenca han dado como resultado una serie de inundaciones dentro de la unidad hospitalaria, una de ellas sucedió debido al fallo en la geomembrana colocada en la cubierta del área de quirófano, provocando daño de los equipos y con ello la suspensión del área afectada.; de igual manera se empozó el agua en el techo del sexto piso causando perjuicios a la zona de pediatría y una serie de inundaciones y penetración de agua en el subsuelo y planta baja del hospital en áreas como: bodega de farmacia y triage.

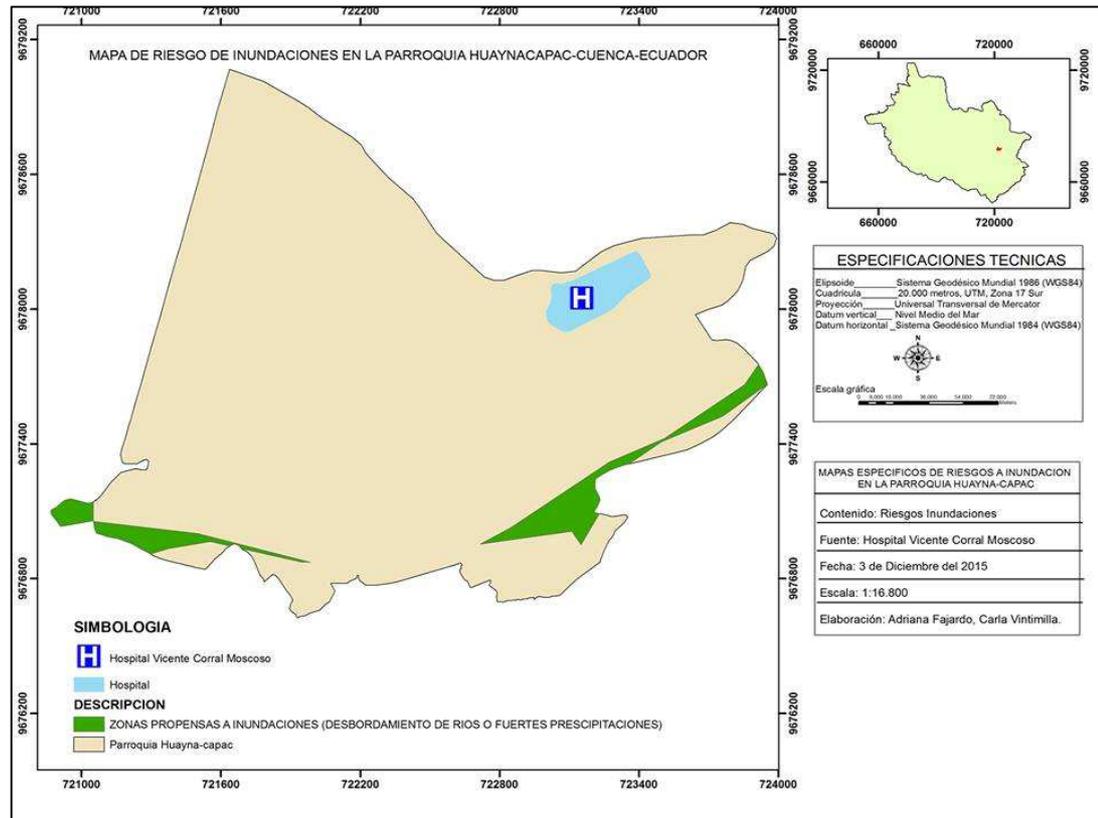


Figura 2.13: Mapa de riesgo de inundaciones en la parroquia Huayna-Cápac  
 Fuente: Instituto Geofísico

Por otro lado, debido a la cercanía al río Tomebamba, el hospital está expuesto a inundaciones, aunque nunca se ha producido un desbordamiento tal que llegue a afectarlo.

En base a las investigaciones realizadas se determinó como riesgo la existencia del túnel subterráneo que es utilizado para evacuar las aguas servidas del hospital, las inundaciones se provocan cuando sube el nivel de agua del río, años anteriores han dañado equipos como el generador de emergencia.

Para realizar el mapa de riesgos específico del hospital se toma en cuenta dos niveles de afectación: alto y medio, estos niveles dependerán del área de inundación ya que es directamente proporcional al funcionamiento de la institución.

- **Alto riesgo de inundación:** Caso extremo que el nivel de agua suba 4 metros o más, llegando a inundar zonas como: emergencia, comedores, generadores, cocina, cuarto de máquinas y gases medicinales, provocando daños tales que

dejaría al hospital fuera de servicio, de igual manera aumenta el riesgo patógeno y al retornar el agua trae desechos sólidos y provoca la propagación de vectores.

- **Medio riesgo de inundación:** Cuando se inunda el túnel pero no hay rebosamiento de aguas servidas a las demás áreas del hospital, causando malos olores y propagación de vectores sanitarios.

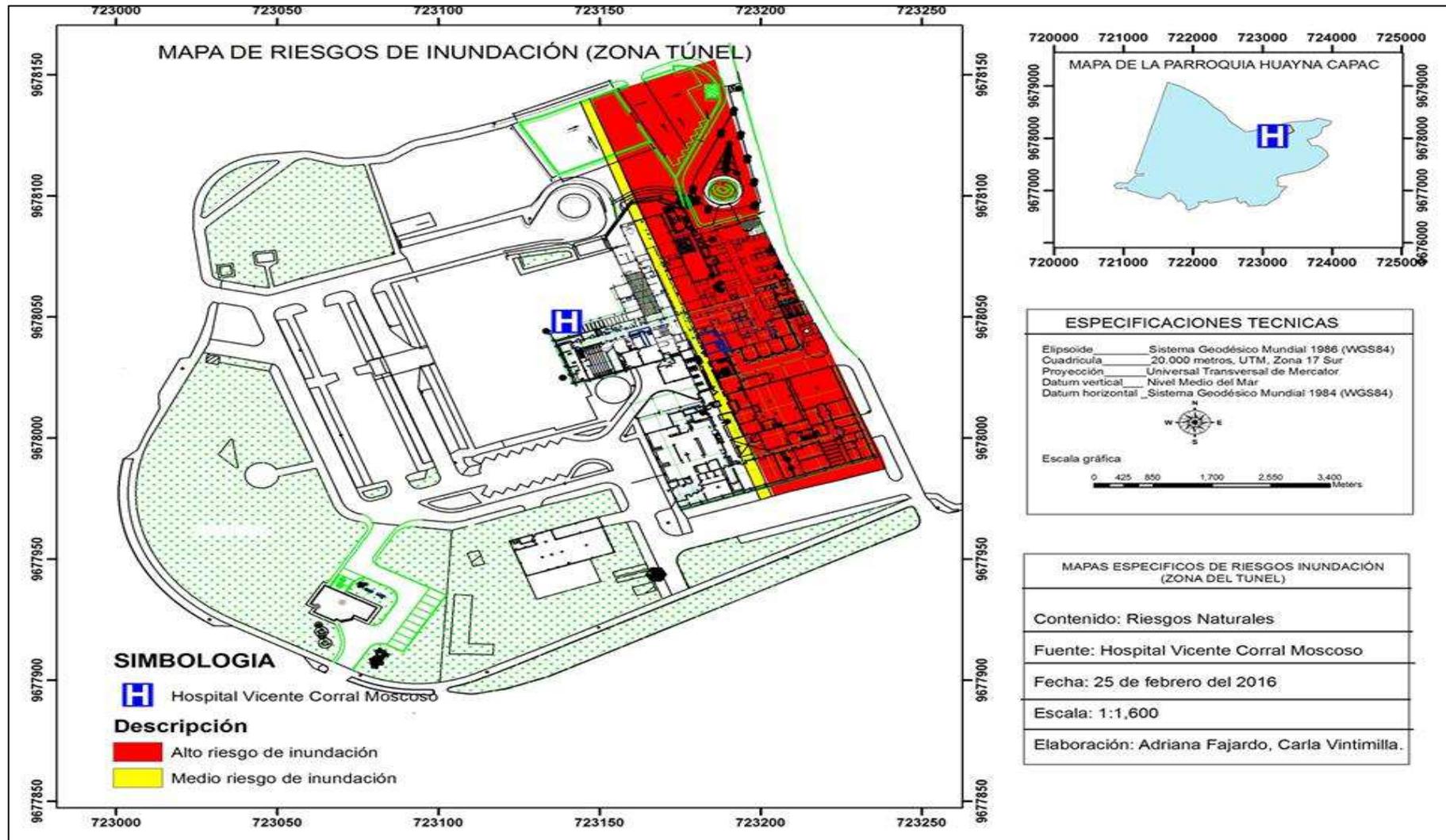


Figura 2.14: Mapa riesgos de inundación debido a penetración de río.

#### **2.2.1.2.2 Fenómenos sociales**

El hospital se encuentra cercano a la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca, Instituto del Cáncer SOLCA y el parque El Paraíso, todos estos lugares presentan riesgos al hospital por estar expuesto a grandes concentraciones de personas y es propenso a huelgas, conflictos civiles, tráfico, entre otros.

Un problema frecuente y probablemente de mayor molestias e inconvenientes son las carreras deportivas, carreras de carros de madera, carreras pedestres, campeonatos y cualquier otra actividad que concentre gran cantidad de personas en el parque “El Paraíso” sobre todo los fines de semana, la policía coloca vallas de seguridad que interrumpe el paso y el ingreso al hospital tanto para las ambulancias como para el personal médico, que tienen que buscar vías alternas para llegar al establecimiento de salud, provocando retrasos en la respuesta hospitalaria.

Se considera como riesgo el tráfico que provocan los estudiantes de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca que utilizan las calles de acceso al hospital como parqueadero obstruyendo el paso de las ambulancias.

El personal del hospital también ha participado en huelgas y movilizaciones que impiden el normal funcionamiento; como ejemplo, un paro organizado por el Sindicato Provincial de Obreros de la Salud (SIPAOS) el 26 de enero del 2006, paralizó el hospital parcialmente.

#### **2.2.1.2.3 Fenómenos sanitario-ecológicos**

Cuando el nivel del agua del río Tomebamba sube, provoca el retorno de aguas servidas por las tuberías de alcantarillado, empozando el túnel de desagüe causando malos olores, contaminación, propagación de vectores sanitarios.

Para sobrellevar este problema el hospital cuenta con una bomba de succión y la colaboración de la Empresa pública municipal de telecomunicaciones, agua potable, alcantarillado y saneamiento de Cuenca (ETAPA EP), quienes limpian de manera periódica el lugar; adicionalmente las tuberías de desagüe se encuentran en pésimo estado debido a que ya han cumplido su vida útil, este inconveniente es uno de las peores molestias causadas dentro del hospital.

En la siguiente foto se puede observar el estado del sistema de recolección de aguas servidas de la unidad hospitalaria.



Figura 2.15: Estado de la Tubería de desagüe.

Por otro lado, las raíces de los árboles adyacentes representan un grave problema, existen raíces profundas que rompen las tuberías y provocan el colapso de redes de alcantarillado pluvial, todo esto conlleva al derrame de aguas servidas que provoca malos olores, propagación de vectores y contaminación.

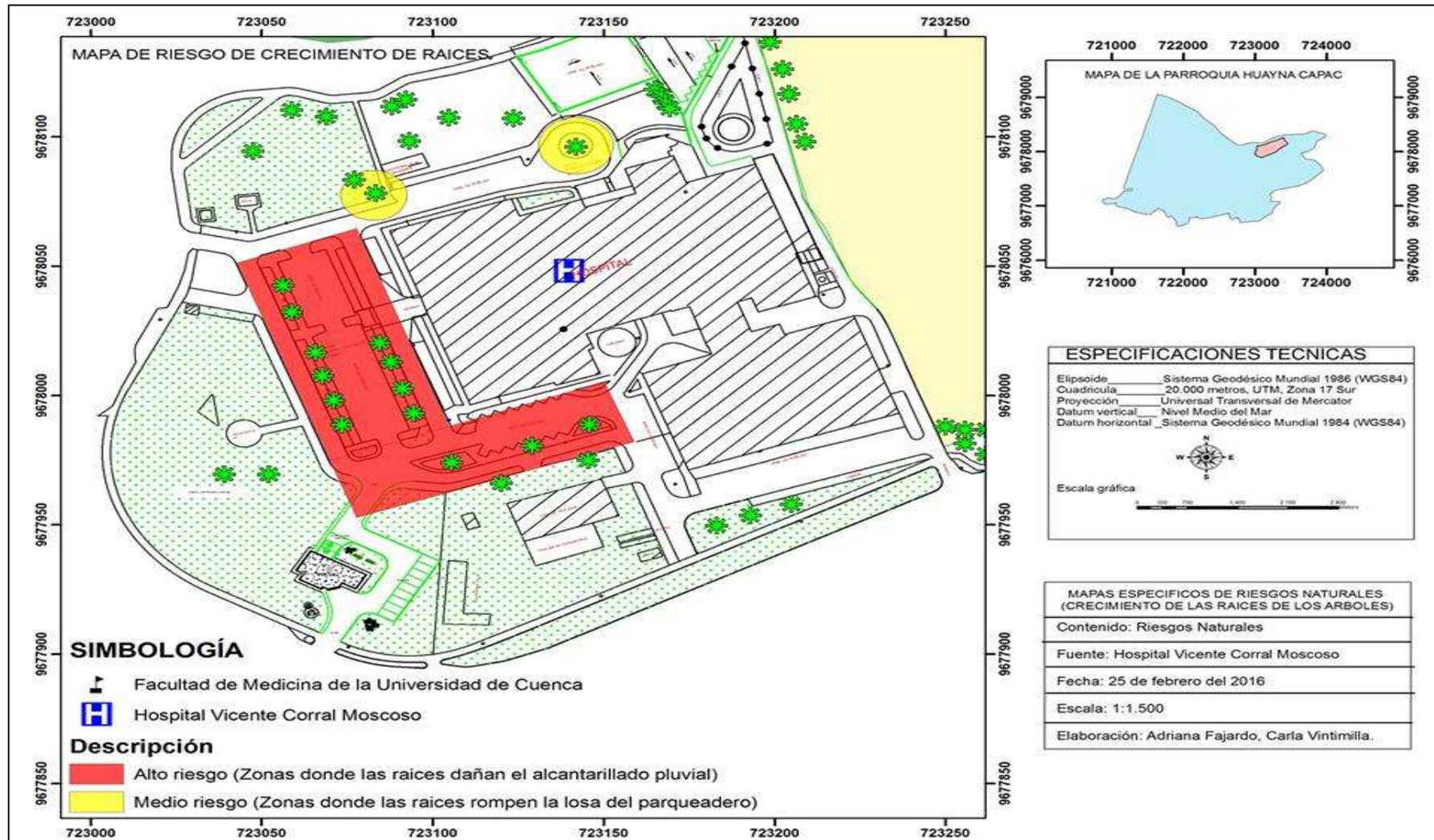


Figura 2.16: Mapa de riesgo (Raíces de árboles)

Para clasificar el riesgo nos basamos en la ubicación de los árboles y la cercanía que tienen a las redes de alcantarillado pluvial, clasificado de la siguiente manera.

- **Alto riesgo:** Zonas de paso de tuberías de alcantarillado pluvial; se puede identificar la zona lateral y delantera del parqueadero, producen inundaciones menores.
- **Medio riesgo:** zonas que rompen la losa del parqueadero.



Figura 2.17: Levantamiento de la losa de hormigón debido a las raíces de los árboles.

En años anteriores se presenció un hecho aislado la contaminación en la antigua morgue provocando la interrupción del uso de esta zona. Además, se registró la contaminación de paredes y tuberías de agua por la bacteria *Klebsiella pneumoniae*, que causa enfermedades infecciosas, en el área de neonatología; para contrarrestar la infección se aisló la zona y se adaptó una nueva.

#### **2.2.1.2.4 Fenómenos químico-tecnológicos**

El hospital cuenta con una casa de máquinas donde se encuentra almacenado los combustibles, calderas y generadores, las instalaciones no cuentan con suficiente ventilación ni un sistema contra incendios adecuado de alerta temprana o gas inerte.



Figura 2.18: Casa de máquinas del hospital Vicente Corral Moscoso

Se tiene una zona destinada para el almacenamiento de los gases medicinales, el hospital está expuesto a un alto riesgo de sufrir incendios, explosiones y fugas de materiales peligrosos, porque el área de almacenamiento no presenta las medidas de seguridad necesaria.

### **2.2.1.3 Propiedades geotécnicas de suelo**

El hospital se encuentra construido en un suelo limoso arcilloso clasificado según la SUCS como un CL Y SC; no se ha tenido inconvenientes de licuefacción ni talud inestable, además como se puede ver en la figura 2.11 tiene baja o nula susceptibilidad a movimientos de masa.

## **2.2.2 Evaluación de los aspectos relacionados con la seguridad estructural**

### **2.2.2.1 Seguridad debido a los antecedentes del establecimiento**

La evaluación de este componente se realizó conjuntamente con el personal de mantenimiento y el encargado de infraestructura física.

Se realizó el recorrido total del edificio, observando minuciosamente el estado y conservación de la estructura, constatando que cada bloque tiene sus respectivas juntas constructivas y de dilatación, pero de espaciamiento insuficiente de acuerdo a las normativas de construcción de edificios además se encuentran tapadas con elementos rígidos impidiendo su visibilidad y funcionamiento.

Debido al sismo ocurrido el 16 de abril de 2016 en la ciudad Pedernales que provocó graves daños a la costa ecuatoriana, se realizó un recorrido al hospital donde se observó fisuras leves en el recubrimiento de la mampostería; en general el hospital no ha sufrido daños considerables por fenómenos naturales recientes.

Se realizaron varias remodelaciones menores que no comprometen el estado de la estructura, (apertura o cierre de ventanas, puertas y tabiquería); en ampliaciones mayores se efectuaron los estudios estructurales respectivos utilizando las normas vigentes de construcción, de ese tiempo.

#### **2.2.2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación**

Constructivamente todos los bloques son de hormigón armado con pórticos y losas que se encuentra en buen estado, sin alteración en los materiales estructurales como grietas, deformaciones, oxidación en varillas o pérdida de sección; sin embargo se observan fisuras en la mampostería del departamento de mantenimiento provocado por un asentamiento diferencial; en base a la información proporcionada por el personal y técnicos del hospital la fisura mantiene la misma longitud y espesor desde hace varios años y se considera es superficial y no afecta a la estructura.



Figura 2.19: Fisura en mampostería

En el cuarto de máquinas se observa deflexiones y presencia de humedad en la losa de piso y de cubierta.



Figura 2.20: Deflexiones en losas

Se observa en los exteriores de las fachadas la presencia de columnas cortas. Las paredes divisorias y sistemas estructurales que se encuentran de manera ortogonal formando pórticos que siguen las tres líneas o ejes de resistencia, logrando un trabajo conjunto entre vigas y columnas conectadas correctamente. En función del emplazamiento los sistemas estructurales tienen simetría y equilibrio.

La edificación no presenta deficiencias ni fallas constructivas, su construcción es del año 1966.

No se tiene información de la cimentación, pero se cuenta con el estudio de suelos que se realizó para el proyecto “Banco de Sangre” en el cual se especifica que la altura de cimentación se encuentra a 1.5 metros.

- **Irregularidad en planta-** El edificio está construido en diferentes bloques con formas regulares y simétricas de acuerdo a las normas técnicas de ese tiempo.

La simetría nos permite prever un adecuado desempeño de la estructura evitando la excentricidad y momentos de torsión. Al respecto se recomienda que esta simetría sea en la ubicación de los elementos estructurales, masa, peso y distribución de elementos no-estructurales.

- **Irregularidad en elevación** - No existen desniveles que superen el 5 % entre elementos observándose que hay continuidad en los pisos, no hay concentración de masa en pisos superiores que puedan causar peligro.

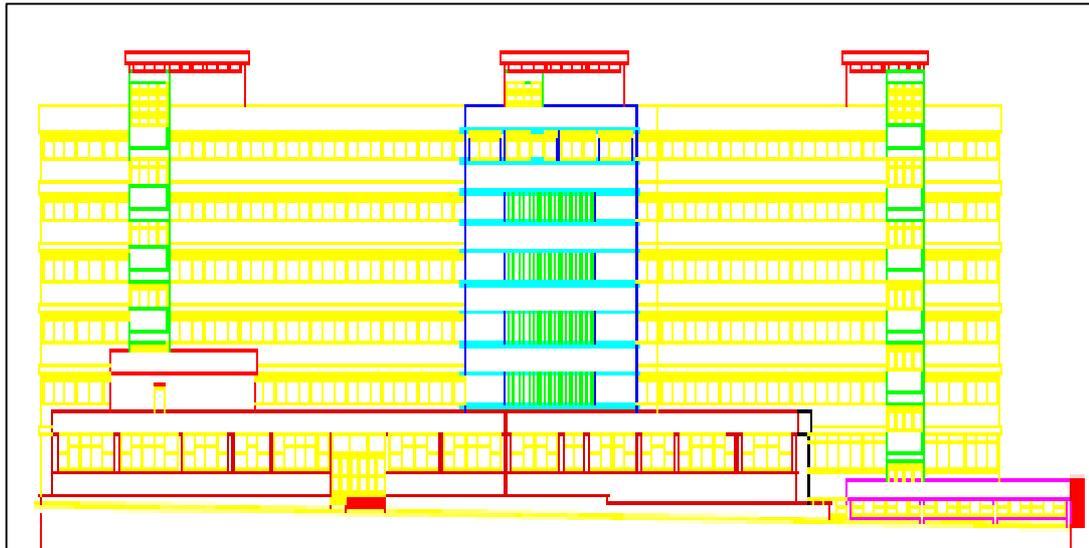


Figura 2.21: Simetría en elevación

Fuente: Departamento de Infraestructura del Hospital Vicente Corral Moscoso

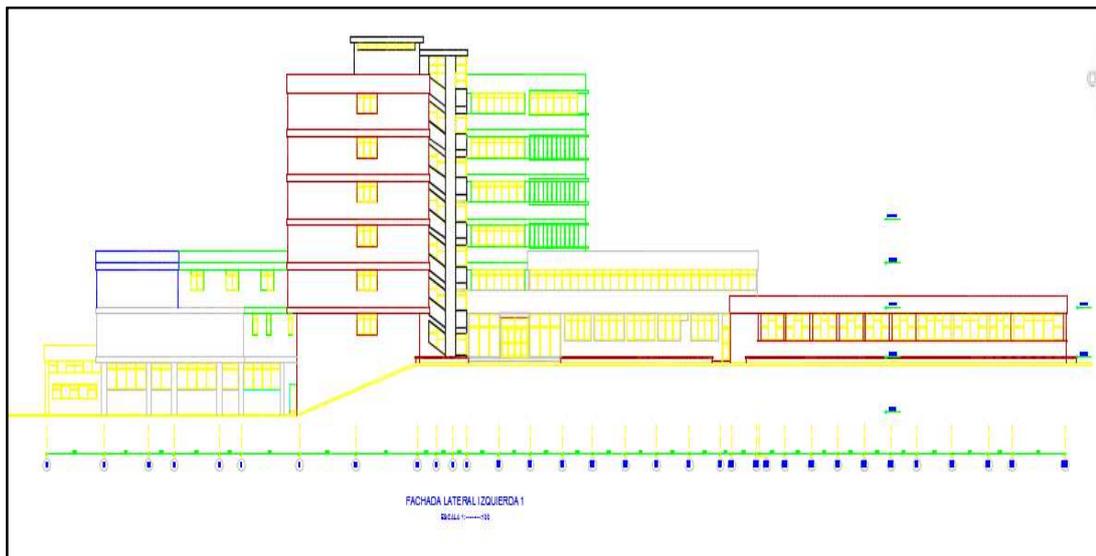


Figura 2.22: Elevación hospital Vicente Corral Moscoso

Fuente: Departamento de Infraestructura del Hospital Vicente Corral Moscoso

## 2.2.3 Aspectos relacionados con la seguridad no estructural

### 2.2.3.1 Líneas Vitales (Instalaciones)

#### 2.2.3.1.1 Sistema eléctrico

El Hospital Vicente Corral Moscoso cuenta con dos líneas independientes de alimentación y con dos generadores de energía uno de 50 Kva, y el otro de 150 Kva, en caso de la caída de tensión eléctrica podrán satisfacer el 100% de las áreas claves del hospital, es decir cubre la demanda de urgencias, cuidados intensivos, central de

esterilización, quirófanos entre otros; pero la respuesta durante un apagón es de aproximadamente 5 minutos después de producirse; se considera ineficiente ya que no está en posición de proveer electricidad durante un tiempo prolongado.

Debido a la variación de voltaje que se genera se corre el riesgo de dañar equipos de vital importancia; muchas veces se opta por apagar los equipos para evitar el colapso mientras ocurren estos eventos, el generador se encuentra protegido de la intemperie, pero está cercano a las calderas lo que involucra un peligro de incendio y/o explosión; se cuenta con un generador exclusivo para la zona de emergencia.



Figura 2.23: Generadores de energía ubicados en el cuarto de máquinas.

Las instalaciones eléctricas se encuentran totalmente empotradas y protegidas con tapas; para la distribución de energía se cuenta con un tablero en cada piso del hospital, con el objetivo de regular el sistema por secciones.

Como se puede observar en la Figura 2.24 existen zonas donde los cables eléctricos no están cubiertos con canaletas; el sistema tiene más de 30 años de uso y no ha sido readecuado a las nuevas necesidades energéticas del hospital, se encuentran cerca de otros servicios por lo que existe el riesgo que se origine cortocircuitos.

El sistema eléctrico en malas condiciones provocó en el año 2003 un cortocircuito que quemó un termo-cuna y un monitor fetal en la sala de obstetricia.



Figura 2.24: Cableado eléctrico.

El hospital cuenta con iluminación necesaria en los sitios claves, los cuales están correctamente empotrados.



Figura 2.25: Empotramiento de lámparas al cielo falso

Los ascensores representan un problema, se dañan con frecuencia y aunque son reparados de manera inmediata interfiere con la atención a los pacientes. Se cambiaron los ascensores tres veces durante los últimos 25 años.

#### **2.2.3.1.2 Sistema de Telecomunicaciones**

Los sistemas de baja corriente están en constante cambio de acuerdo a las necesidades del hospital, en ciertas áreas existen cables sueltos y desordenados, el servidor no se encuentra correctamente asegurado y corre el riesgo de desplomarse.



Figura 2.26: Sistema de telecomunicaciones

El hospital no cuenta con un sistema confiable de comunicación alterno, la red de enlace que comunica las partes componentes del hospital funciona mediante antenas.

Existen tres antenas colocadas en: la cubierta de hospitalización, ex morgue y la sala de máquinas.

Los altavoces son el único sistema de comunicación interna y se encuentran en buen estado, no existe radios intercomunicadores entre el personal de mantenimiento que les permita reaccionar rápidamente en un momento de emergencia.

### **2.2.3.1.3 Sistema de aprovisionamiento de agua**

La institución cuenta con un tanque de reserva de agua potable con una capacidad de alrededor de 500 m<sup>3</sup>, con diámetro de 12 metros y altura de 5 metros, la estructura del tanque supero su vida útil presentando deterioro en la pintura de las paredes, pero no se observa ningún tipo de fisura.

El tanque de reserva es independiente del sistema de abastecimiento directo por parte de la empresa ETAPA EP, el mismo no abastece a todo el hospital ya que la presión de agua no permite que llegue más allá de los tres pisos de altura, el llenado de la cisterna se realiza durante la noche y se utiliza durante el día cerca de la mitad del depósito para el abastecimiento total del hospital.

Existen 2 sistemas de bombeo, uno automático con dos bombas de control electrónico y el otro con dos bombas de funcionamiento manual, no cuenta con redes muertas de agua, ni bocatomas para ingreso y salida en cada piso; como se utiliza

durante el día el agua del tanque no existe una reserva suficiente para cubrir un incendio grave, el único hidrante de 2.5 pulgadas no abastece a todo el sector.

Ciertas instalaciones hidráulicas están mal realizadas, en varias ocasiones se mezcla el agua fría y caliente; existe un porcentaje de 30-40% de tubería que está en mal estado, dando como resultado la contaminación del agua.

Por otra parte, se ocasionaron inundaciones por la ruptura de cañerías en mal estado dentro del hospital, colapsaron tuberías en el banco de sangre, bodegas y quirófanos; provocando la suspensión inmediata del área.

Se recomienda la revisión integral y cambios de tuberías antiguas, además de que se realice un mantenimiento preventivo de todo el sistema, porque actualmente produce malos olores en las áreas de rehabilitación, mantenimiento, comedor, cocina, lavandería, corredor principal, entre otras.

#### **2.2.3.1.4 Depósito de combustible (gas, gasolina o diésel)**

El hospital cuenta con dos tanques de almacenamiento de diésel con una capacidad nominal de 24000 galones cada uno, pero se los llena únicamente al 60% de su capacidad, de los cuales se extraen 1000 galones para el consumo diario del hospital.

Los tanques no se encuentran bien anclados, por estar expuestos a la intemperie se ha producido hundimientos en los lugares donde se encuentran los apoyos, esto significa un gran riesgo al hospital, en caso de un movimiento sísmico pueden caerse y romper las tuberías dejando sin abastecimiento a la entidad hospitalaria.

La capacidad de reserva de los tanques de combustible en caso de emergencia depende del día en que se realiza el llenado.



Figura 2.27: Almacenamiento de Diésel (Apoyos en mal estado)

Los depósitos de combustible no están seguros, se encuentran en el mismo lugar las calderas y los generadores de energía.

La zona no tiene la señalización adecuada, falta de iluminación, la ventilación no es la apropiada para este tipo de lugares y los materiales de construcción no son resistente al fuego, además cabe recalcar que no tiene un correcto sistema contra incendios ni la cantidad necesaria de extintores en el área de almacenaje. Las válvulas, tuberías y uniones se encuentran en regulares condiciones.



Figura 2.28: Cuarto de máquinas (calderas y depósito de combustible)

#### **2.2.3.1.5 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.)**

Existe un espacio destinado al almacenamiento de gases medicinales tales como: oxígeno, gas vacío, dióxido de carbono entre otros, el hospital cuenta con el almacenamiento necesario para 15 días en caso de ocurrir algún evento adverso; además posee fuentes alternas disponibles para mayor seguridad; los cilindros individuales no se encuentran correctamente anclados, en el momento de un sismo

varios de estos cilindros sobre todo aquellos que se están en las diferentes áreas del hospital sin seguridad pueden caer e impedir la circulación de escape.



Figura 2.29: Almacenamiento de gases medicinales.

Los recintos de almacenaje son accesibles, pero están propensos a inundaciones, esto se debe a que las rejillas cercanas al depósito se encuentran colmatadas.

Los sistemas de distribución mediante tubería en la parte exterior del hospital están pintadas de un solo color pero identificadas con su respectivo nombre, a sí mismo en la parte interior del hospital los gases están identificados mediante un código de color y nombre; existen zonas donde las cajas de revisión no cuentan con el vidrio de seguridad y se expone a una mala manipulación; aproximadamente el 60% de las tuberías, válvulas y uniones están en buen estado, se debe tomar las medidas de seguridad necesarias ya que es un riesgo que puede ser controlado.



Figura 2.30: Condición de las tuberías de gases medicinales exterior e interior.

Se ha producido fugas de gases que se controlaron a tiempo debido al gas licuado de petróleo (GLP) que se utilizaba en ciertas zonas del hospital, la bombona del tanque de gas medicinal representa un riesgo sin embargo nunca se ha dado un accidente.

### **2.2.3.2 Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas**

Este sistema se encuentra en buen estado gracias al mantenimiento continuo que se realiza mediante contratación externa, se debe considerar que estos elementos no se encuentran debidamente anclados, lo cual incurre a la seguridad del personal. Tanto la climatización como aire acondicionado están ubicados en áreas críticas como quirófano, suministro central, centro obstétrico entre otras.

Las tuberías de conducción de vapor están recubiertas con lana de vidrio; en zonas como la cocina, lavandería y exteriores se ve el deterioro del material de recubrimiento, cerca del 50% de las tuberías se encuentran en buenas condiciones.

Las válvulas y uniones necesitan ser cambiadas debido a que existen pérdidas de vapor de hasta un 20% en zonas como la cocina y lavandería.



Figura 2.31: Fugas de vapor en la cocina y lavandería.

### **2.2.3.3 Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil, y almacenes (Incluye computadoras, impresoras, etc.)**

Existe una serie de bodegas que están ubicadas dentro del hospital en zonas que no fueron destinadas para este uso, por lo tanto, la vulnerabilidad es alta; los armarios y estantes no son los que la norma exige para hospitales, no son empotrados y su contenido no está asegurado; existe una tendencia a acumular cajas de cartón una sobre otra, sin tomar medidas de seguridad.



Figura 2.32: Acumulación suministros en farmacia.

Los escritorios, mesas, cuadros, impresoras y todo el mobiliario de oficina no se encuentran sujetos representando un riesgo, en el caso de un sismo se pueden desplomar y caer sobre el personal, pacientes y visitantes provocando la interrupción de las vías de circulación interna; se recomienda anclar y fijar los andamios, anaqueles y estantes.

#### **2.2.3.4 Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para diagnóstico y tratamiento**

Los equipos pertenecientes a las salas de quirófano y recuperación, están en buenas condiciones y cumplen con las medidas de seguridad y calidad necesaria para este tipo de instalaciones.

Las salas están adecuadas con un sistema de aire acondicionado, gases medicinales y extintores. En el caso de apagones todos los equipos médicos cuentan con baterías que garantizan un tiempo de utilización entre media hora a una hora.



Figura 2.33: Sala de quirófano.

En las salas de rayos X la infraestructura no cuenta con las protecciones óptimas, sus paredes no tienen recubrimiento de plomo y presentan humedad; los equipos se encuentran correctamente anclados no así los anaqueles donde se almacena los implementos médicos.

En la sala "A" de rayos X el equipo portátil no paso las pruebas de la Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN) que dan el permiso de funcionamiento, debido a un problema en los tubos.

Los laboratorios se caracterizan por tener una variedad de equipos costosos, está sala ha sido remodelada y cuenta con la infraestructura necesaria y el sistema contra incendios adecuado, teniendo extintores y detectores de humo; se toman las respectivas medidas de seguridad para el ingreso, toma y manejo de las muestras. Debido a que son propensos al volcamiento se recomienda un mayor tipo de fijación.

Una de las áreas de mayor seguridad es la de cuidado al recién nacido donde se realiza un estricto control de sus componentes y restricción en el ingreso. Tiene buenas condiciones sanitarias, ventilación, tomas de gases, monitores y todo el equipo médico se encuentra anclado.

En el área de urgencias, cuidados intensivos y cuidados intermedios se debe prestar atención a los baños que no son los adecuados para discapacitados. En cuidados intensivos se cuenta con las medidas necesarias para evitar la contaminación de los pacientes.

Todas las áreas donde se ubican farmacia y en general todos los lugares donde se guardan medicamentos y materiales de uso médico no cuentan con las medidas de seguridad necesaria, los estantes no se encuentran empotrados y se almacena materiales a grandes alturas, no existe buena ventilación y el espacio es reducido.

#### **2.2.3.5 Elementos arquitectónicos**

Se puede observar el deterioro de la planta física del hospital, ciertos elementos como las puertas ubicadas en la parte interior cumplieron su vida útil, no cuentan con

vidrio laminado de seguridad ni un sistema de apertura de emergencia excepto en la área de hospitalización.

Las ventanas en las fachadas se encuentran en grave riesgo de verse afectadas por el viento o por eventos sísmicos; se necesita realizar la restitución de la perfilaría de aluminio por un tipo de perfilaría que permita vidrio laminado de seguridad.

Los cielos rasos son de estructura de aluminio y planchas de fibra mineral, presentan humedad en la zona de emergencia donde se observa las planchas deterioradas; en el comedor se observa que la pintura de la losa de cubierta se encuentra en malas condiciones; para evitar filtraciones se colocó geomembrana.

Los sistemas de iluminación funcionan en más del 95% de las áreas; se utiliza lámparas de doble cúpula de 150W.

Se realizan conexiones eléctricas sin tomar las medidas de seguridad necesarias, no se sigue un orden en la distribución del cableado de los tomacorrientes, lo que resulta inseguro porque puede producir cortocircuitos.

En las zonas de emergencia y consulta externa el revestimiento de los pisos no son los establecidos por la Guía de Acabados Interiores Para Hospitales 2013 (GAIH); se mantiene pisos de granito, baldosa y vinil desgastado.

Los muros perimetrales del hospital están constituidos con un antepecho de piedra y malla, no son de gran altura y representan un riesgo bajo.

En la zona de emergencia las cortinas divisorias son de uso hospitalario, la iluminación no está bien distribuida por cubículos, tienen lámparas en malas condiciones o no sirven. No cuenta con climatización.

Se realizó la inspección de las instalaciones sanitarias y se ha observado que por la vida útil, antigüedad y desgaste se encuentran en condiciones desfavorables y no son adecuados para personas discapacitadas.

**Sistema contra incendios:** El hospital tiene implementado un sistema contra incendios muy básico contando con: cajetines, extintores, hachas y pequeñas alarmas de emergencia; excepto el laboratorio que cuenta con detectores de humo. En caso de un incendio no existe tomas de agua para cada planta y se cuenta únicamente con un hidrante para abastecer a todo el hospital ubicado en la zona de emergencia; dando como resultado un sistema ineficiente, por lo que es necesario mejorar el sistema e implementar cursos de capacitación e información acerca de las formas de evacuación.

**Ascensores:** Se cuenta con seis ascensores divididos en tres grupos, el principal ubicado en el extremo derecho del hospital es de uso exclusivo para transportar ropa y desechos contaminados; los que están localizados en la parte central se utilizan para las camillas, transportar alimentos y personas en general; el último grupo de ascensores se encuentran fuera de servicio desde hace más de 15 años. Tienen una capacidad de 14 personas que resiste un peso de 1400Kg, se han cambiado los ascensores tres veces durante los últimos 25 años.

**Gradas y escaleras:** El hospital cuenta con tres grupos de escaleras principales ubicadas a lado de los ascensores, todas ellas cuentan con ventanales que constituyen un peligro, en el caso de un sismo se pueden romper y causar daños a las personas e interrumpir la circulación hacia las vías de escape; las gradas no están señalizadas por sentido de circulación por lo que son de libre tránsito.

El hospital no cuenta con gradas de emergencia externa, uno de los puntos seguros de evacuación da a una terraza que no cuenta con acceso hacia el primer piso resultado ineficiente y peligroso.

Otro problema es la falta de señalización, las existentes no son lo suficientemente claras para guiar al personal, pacientes y visitantes a puntos seguros y salidas de emergencia, en el caso de ocurrir un sismo, explosión o incendio, dependiendo de la intensidad del daño el hospital quedaría fuera de servicio, no existe una correcta preparación de recursos humanos ni material.

El hospital se encuentra rodeado de numerosos árboles de considerable altura que pueden caer cerca de las entradas y dejar sin acceso, por ejemplo; la caída de ramas y árboles en la Avenida 12 de abril, el árbol de capulí que se desmoronó en la entrada de emergencia y la caída de ramas en la zona de parqueo de las ambulancias.

Para controlar este riesgo se recomienda talar las ramas de los árboles sobre todo aquellos que están en peligro de caerse y provocar accidentes.

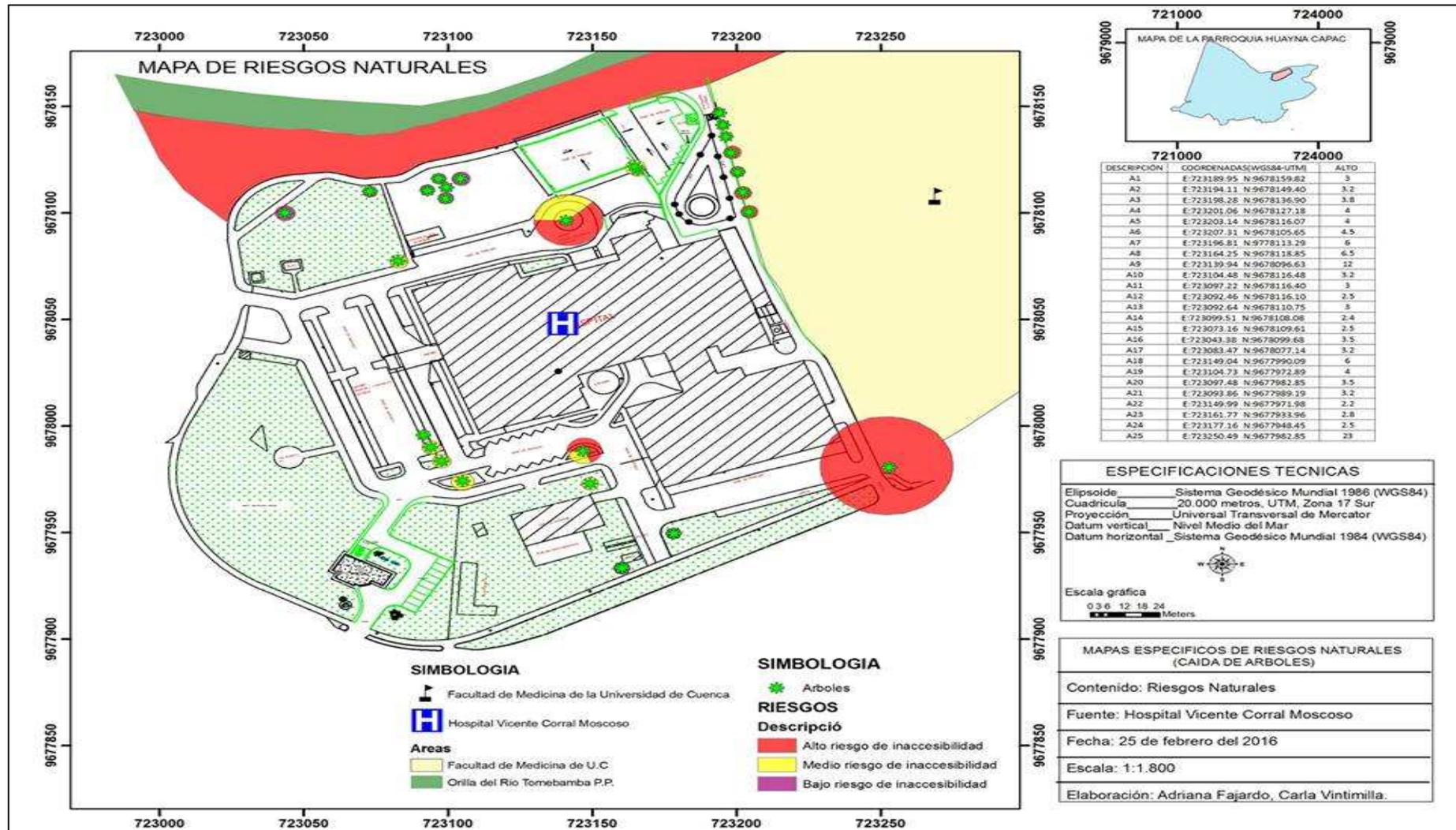


Figura 2.34: Mapa de riesgos naturales (Caída de árboles)

En la figura 2.34 se observa como afectan los árboles a la unidad hospitalaria; se clasifico el riesgo en alto, medio y bajo.

Para realizar el mapa se considero la altura de los árboles y la influencia que tiene su caída.

- **Alto riesgo de inaccesibilidad:** Caída de arboles que no permita el ingreso o salida del hospital. En el mapa se observa la amenaza que estos representan sobre todo aquellos que se ubican en la entrada a emergencia, consultorios y los árboles ubicados en la orilla del río Tomebamba.
- **Medio riesgo de inaccesibilidad:** Caída de arboles que afectan las zonas de parqueadero.
- **Bajo riesgo de inaccesibilidad:** Zonas que al caerse un árbol no afectan directamente al ingreso del hospital.

Debido a la cercanía a los lugares antes mencionados el hospital está expuesto a grandes concentraciones de personas que provocan tráfico; la entrada a la zona de emergencia tiene problemas en ciertas horas del día debido a la llegada de estudiantes, presencia de vendedores ambulantes y visitantes que estacionan los vehículos a la salida de los parqueaderos; cabe recalcar que el hospital se encuentra rodeado de árboles y cercano a un río por lo que la vulnerabilidad a tener problemas en las vías de acceso es bastante alta.

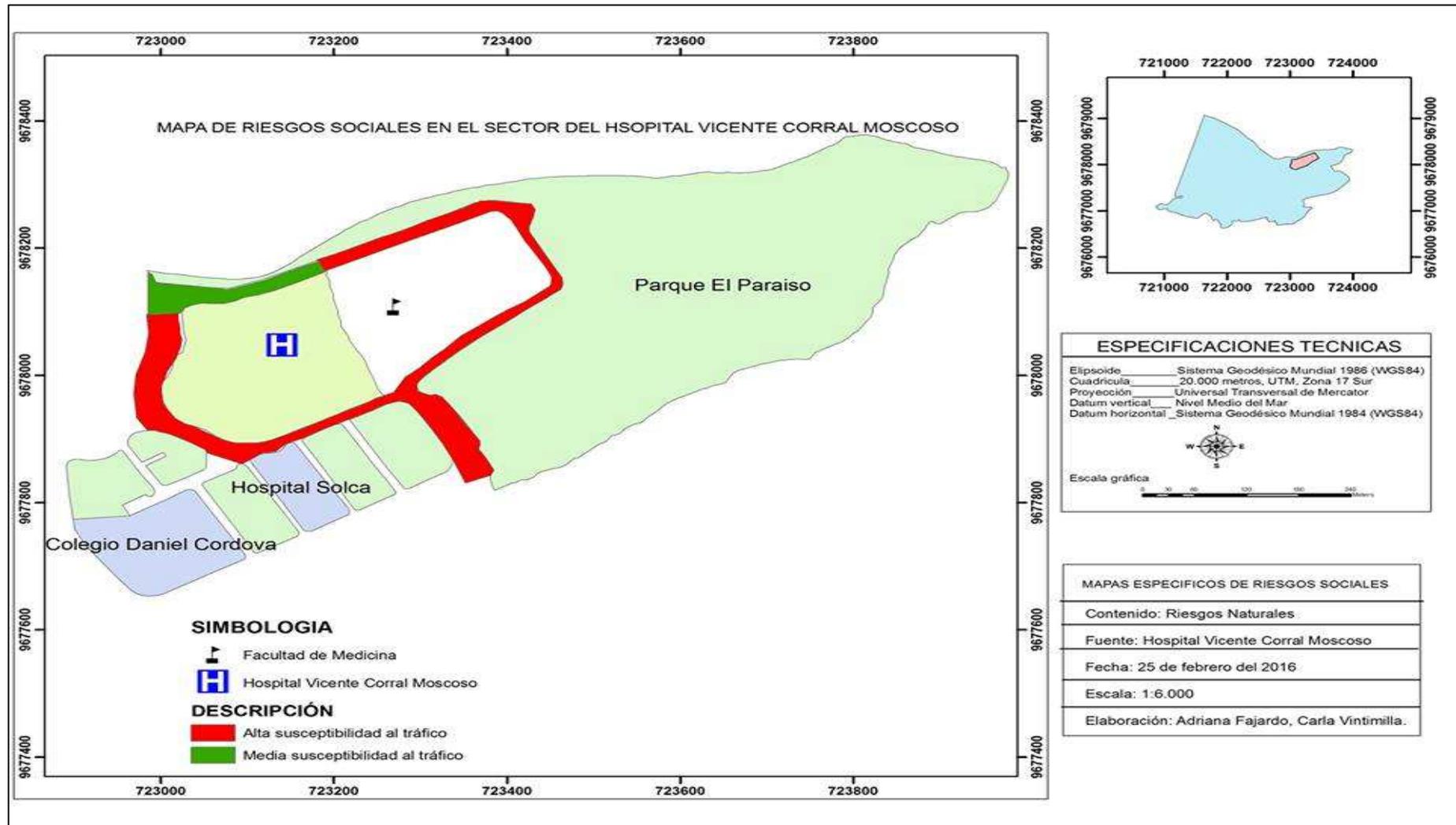


Figura 2.35: Mapa de riesgos sociales debido a la concentración de población.

En el mapa se puede observar los inconvenientes de inaccesibilidad que se producen en la zona. Se clasifica en alto y medio riesgo.

- **Alto riesgo de inaccesibilidad:** Conflictos de tráfico que causan los eventos en el parque “El Paraíso”; afectan las vías de accesos del hospital.
- **Media inaccesibilidad:** La concentración de personas en horas pico en la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca dejan sin acceso a la zona de emergencia .

La información acerca de las alturas y ubicación de los árboles, zonas propensas a inundaciones, conflictos en las vías de acceso, se obtuvo a partir de la nube de puntos obtenida del procesamiento de imágenes aéreas capturadas a través de un dron de alta definición, proporcionando una ortofotografía, es decir, una imagen georreferenciada, y a escala del territorio.

Detalle de la Ortofotografía y Nube de puntos referirse al [Anexo 7](#).

## **2.2.4 Aspectos relacionados con la seguridad según la capacidad funcional**

### **2.2.4.1 Organización del comité hospitalario para desastres y centro de operaciones de emergencia**

El hospital cuenta con un comité para emergencias y desastres establecida que cumple la normativa de gestión de riesgos de la zonal 6, esta conformado por: el gerente, la directora administrativa financiera, la directora médico asistencial, la licenciada de comunicaciones, el responsable de emergencias y el analista de seguridad y salud ocupacional.

Existe personal de pronta respuesta o segunda intervención que esta conformado por los jefes de las diferentes áreas del hospital que realizan las directrices planteadas por el Comité de Operaciones de Emergencia (COE); en el caso de emergencia extrema el gerente del hospital y director del COE asigna las responsabilidades.

Por el momento la gerencia sirve de espacio físico para el COE, no se cuenta con todos los medios de comunicación pero se ayudan mediante whatsapp, radios y

celulares; físicamente no se cuenta con un sistema informático, el sistema de comunicación interna y externa del COE no funciona correctamente más por infraestructura que por procedimiento. El código de alerta lo tienen en el plan de emergencia anual.

Se trata de socializar a todo el personal; cada vez que hay una emergencia se va actualizando los planes de contingencia, debido a que la rotación del personal es muy alta se añade o elimina personal, el mismo que está pendiente a llamados del hospital.

No se maneja tarjetas de acción del personal, se deja todo en manos de los líderes de cada proceso.

#### **2.2.4.2 Plan operativo de desastres internos o externos**

Se manejan dos conceptos: actos externos e internos, para los actos internos se utiliza el plan de contingencia que son propios para el evento y van en función de las características como por ejemplo: los feriados y la repercusión que este produce en el equipo y personal en funcionamiento, cabe destacar que el hospital recibe todos los pacientes de la zona 6 es decir de las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago.

Cuando se presentan problemas como tormentas eléctricas tienden a fallar las redes externas más no las del hospital por lo que se opta por accionar los generadores; en el mes de Noviembre del 2015 se produjo tres apagones en una hora en este lapso se maneja un procedimiento para tener áreas despejadas; se va reforzando cada uno de los planes de contingencia en función de los eventos ocurridos.

A pesar que el hospital organiza convocatorias de capacitación, se asume que apenas el 30% del personal está capacitado.

Las actividades para reforzar los servicios esenciales están enfocados a los departamentos de: neonatología, cuidados intensivos, pediatría y emergencia, tanto en la parte física, infraestructura, guardianía, soporte, medicamentos y personal.

Los planes de contingencia se activan con los responsables de cada piso, no es el COE, pero es la parte directriz conformado por personal de gestión de riesgos, emergencia, mantenimiento y administración, de ocurrir un evento desastroso el hospital realiza el llamado al personal necesario, el líder de procesos debe prever que exista el personal adecuado para cubrir la necesidad en cada área.

Se tiene información escrita de los expedientes y archivos clínicos, cada área tiene su propia historia física con su zona de almacenamiento.

El recorrido para verificar los recursos contra incendios se realizan cada 4 meses, se inspecciona la fecha de caducidad de extintores, estado de las cajas y hachas. El personal de mantenimiento revisa las tuberías e hidrantes, no presentan bitácora.

Existe personal médico que se encarga de vigilar los 365 días tratamientos de aspectos epidemiológicos.

El porcentaje de autopsias que llegan al hospital se redujo pero existe una morgue implementada, por la adecuación del Centro de Investigación de Ciencias Forenses (Cicf) de la ciudad de Cuenca en Quinta Balzay.

Existe un área destinada para “triage” que es un método de la medicina de emergencias y desastres para la selección y clasificación de los pacientes basándose en las prioridades de atención, pero no se realiza triage.

El plan prevé el transporte y soporte logístico para movilizar a los pacientes, cuenta con seis ambulancias distribuidas: dos para emergencias inmediatas, dos para transporte intercantonales y dos para transporte interprovincial, que no presentan deficiencia alguna.

El hospital cuenta con un comedor y cocina con espacios necesarios para la recepción de alimentos, el suministro de víveres se realiza los días martes y jueves. Tienen un stock básico de alimentos.

El Plan no contempla presupuesto para raciones alimentarias del personal durante la emergencia, asignación de funciones del personal movilizado, ni medidas para garantizar el bienestar del personal adicional.

Parte del compromiso del personal es estar atento a llamados de emergencia, los choferes de las ambulancias deben tener conocimiento de paramédicos.

El Plan tiene procedimientos para admisión de pacientes en emergencias y desastres. Se cuenta con un departamento de información al público y a la prensa completamente definido.

Se tiene procedimientos operativos para respuesta en turnos de la noche, fines de semana y feriados. En caso de emergencia existe procedimientos para realizar la evacuación del hospital o de una área en específico; la gerencia realiza el comunicado por medio de parlantes.

En los mapas de riesgo estan definidas las rutas de emergencia y zonas seguras de evacuación, se trata que las salidas de emergencia esten accesibles sin obstáculos y de libre acceso pero aún no existe la correcta señalización. Hay puertas de salida de emergencia que permanecen con llave. Mapas de riesgo - Señalización de rutas de evacuación. Anexo 8

La mayoría del personal encuestado considera que el hospital no se encuentra preparado para soportar una amenaza sísmica; y desconocen las rutas de escape y zonas seguras; se necesita capacitación, remodelación y adecuación de la estructura hospitalaria.

Los simulacros se ejecutan una vez al año como la ley exige, con el fin de obtener información de: tiempos de respuesta, equipos y material utilizado, personal necesario y todas las observaciones que ayudan alimentar el plan ante emergencias.

En 2014 se efectuó un simulacro de accidente aviatorio, desde el aeropuerto Mariscar Lamar programado con el ECU 911 para determinar la respuesta inmediata del

hospital Vicente Corral Moscoso y demás centros de salud de la ciudad; se previno el número de ascensores, camas, respuesta de quirófano, emergencia y medicinas.

#### **2.2.4.3 Planes de contingencia para atención médica en desastres**

No existe planes de contingencia definidos para enfrentar amenazas como: sismos, inundaciones, incendios, crisis sociales, explosiones, emergencias químicas y emergencias por agentes biológicos.

Los planes de contingencia internos son realizados para áreas específicas, dependiendo del área donde trabajen sera el modo de respuesta ante una amenaza, por ejemplo en el caso de una infección o focos de infecciones los planes de contingencia son propios para el evento con las personas justas, tratando de mantener el orden de manera que no involucre otras áreas.

En el caso de epidemias el modo de respuesta se encuentra bien establecido, se realiza una reunión del Comité de Infecciones y Bioseguridad, donde se analiza datos de historias médicas de los pacientes y se plantea un plan de contingencia.

Existe un plan de atención psicosocial a los familiares de los pacientes para mantener la calma al momento de un desastre.

No existe peligro de radiaciones ionizantes, la bomba de cobalto que tenia el hospital fue retirada. Esta sectorizada la zona donde existen radiaciones por ejemplo la sala de rayos x e imagenología.

#### **2.2.4.4 Planes para el funcionamiento preventivo y correctivo de los servicios vitales**

El hospital cuenta con personal necesario que se encarga de los procedimientos de distribución de combustibles, gases medicinales, manejo de desechos infecciosos, aguas residuales, generador eléctrico, mantenimiento de los contenedores y ductos.

No posee manuales de operación del sistema de suministro de agua. El mantenimiento y abastecimiento de gases medicinales lo realiza la empresa proveedora.

### 2.2.4.5 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres

Existe un procedimiento que maneja el departamento de insumos que consiste en tener medicamentos almacenados basándose en la experiencia y un historial de la cantidad que se asigna a cada área. Se establece un día de abastecimiento de medicamentos.

La disponibilidad de medicamentos es relativa, depende del día en que se produzca el desastre, la cantidad de insumos almacenada se basa en el consumo diario, mientras más lejano sea el día del desastre al día de abastecimiento menos medicamentos habrá en bodega.

Se maneja campañas preventivas de asepsia y lavado de manos. Se cuenta con insumos necesarios para satisfacer las necesidades del hospital. En el área de emergencia no se manejan las tarjetas de triage.

Tabla 2.2: Amenazas sobre la seguridad del inmueble.

1.1 Amenazas Consultar mapas de amenazas. Solicitar al comité hospitalario el o los mapas que especifiquen las amenazas sobre seguridad del inmueble.	Nivel de amenaza			Observaciones	
	No existe amenaza	Bajo	Medio		Alto
<b>1.1.1 Fenómenos geológicos</b>					
<b>Sismos</b> De acuerdo al análisis geológico del suelo, marcar el grado de amenaza en que se encuentra el hospital.				X	Aceleración esperada 0,25g
<b>Erupciones volcánicas</b> De acuerdo al mapa de amenazas de la región, cercanía y actividad volcánica, identificar el nivel de amenaza al que está expuesto el hospital con relación a las rutas de flujo de lava, piroclastos y ceniza.	X				
<b>Deslizamientos</b> Referirse al mapa de amenazas para identificar el nivel de amenaza para el hospital por deslizamientos ocasionados por suelos inestables.		X			

<p><b>Tsunamis</b> De acuerdo al mapa de amenazas identificar el nivel de amenaza para el hospital con relación a antecedentes de tsunamis originados por actividad sísmica o volcánica de origen submarino.</p>	X				
<p><b>1.1.2 Fenómenos hidrometeorológicos</b></p>					
<p><b>Huracanes</b> De acuerdo al mapa de vientos identifique el nivel de seguridad con respecto a huracanes. Es conveniente tomar en cuenta la historia de esos eventos al marcar el nivel de amenaza.</p>	X				
<p><b>Lluvias torrenciales.</b> Valore el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital en relación a inundaciones causadas por lluvias intensas con base en la historia de esos eventos.</p>			X		Inundaciones en el área de pediatría y quirófano.
<p><b>Penetraciones del mar o río</b> Valore el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital en relación a eventos previos que causaron o no inundación en o cerca del hospital por penetración de mar o desborde de ríos.</p>			X		Sube el nivel de agua que afecta la zona del túnel de desagüe.
<p><b>Deslizamientos</b> De acuerdo al mapa geológico, marcar el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital con relación a deslizamientos ocasionados por saturación del suelo.</p>		X			
<p><b>1.1.3 Fenómenos sociales</b></p>					
<p><b>Concentraciones de población</b> Marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital con relación al tipo de población que atiende, cercanía a lugares de grandes concentraciones y eventos previos que hayan afectado el hospital.</p>				X	Parque El Paraíso, Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca, SOLCA
<p><b>Personas desplazadas</b> Marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital con relación a personas desplazadas por guerra, movimientos sociopolíticos, inmigración y emigración.</p>				X	Movimientos estudiantiles, huelgas del personal del hospital.

<b>1.1.4 Fenómenos sanitarios-ecológicos</b>					
<b>Epidemias</b> De acuerdo a eventos previos y a las patologías específicas marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto ante epidemias.			X		Contaminación de paredes y tuberías en el área de neonatología
<b>Contaminación (sistemas).</b> De acuerdo a eventos previos que involucraron contaminación, marque el nivel de amenaza frente a contaminación de sus sistemas.				X	Contaminación del agua potable debido a tuberías en mal estado.
<b>Plagas</b> De acuerdo a ubicación e historial del hospital marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto en cuanto a plagas.			X		Presencia de vectores sanitarios en el área del túnel y cocina.
<b>1.1.5 Fenómenos químico-tecnológicos</b>					
<b>Explosiones</b> De acuerdo al entorno del hospital, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante explosiones.			X		Almacenamiento de combustible cercano al hospital
<b>Incendios</b> De acuerdo al entorno, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital frente a incendios externos.		X			
<b>Fuga de materiales peligrosos</b> De acuerdo al entorno del hospital, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto frente a fugas de materiales peligrosos.		X			Pequeñas fugas que han sido controladas inmediatamente.
<b>1.2 Propiedades geotécnicas del suelo</b>					
<b>Licuefacción</b> De acuerdo al análisis geotécnico del suelo, especifique el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante riesgos de subsuelos lodosos, frágiles.		X			
<b>Suelo arcilloso</b> De acuerdo al mapa de suelo, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante suelo arcilloso.		X			El suelo es una mezcla de limos, arcillas, arenas y gravas.
<b>Talud inestable</b> De acuerdo al mapa geológico especificar el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital por la presencia de taludes.	X				

Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria.

Tabla 2.3: Evaluación de los elementos estructurales.

2.1 Seguridad debida a antecedentes del establecimiento	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
1. ¿El hospital ha sufrido daños estructurales debido a fenómenos naturales? Existe dictamen estructural que indique que el grado de seguridad ha sido comprometido. B= Daños mayores; M= Daños moderados; A= Daños menores.			1	Sismo en la ciudad de Pedernales el 16 de abril del 2016
2. ¿El hospital ha sido reparado o construido utilizando estándares actuales apropiados? Corroborar si el inmueble ha sido reparado, en qué fecha y si se realizó con base a la normatividad establecimientos seguros= No se aplicaron los estándares; M=Estándares parcialmente aplicados; A=Estándares aplicados completamente.			1	
3. ¿El hospital ha sido remodelado o adaptado afectando el comportamiento de la estructura? Verificar si se han realizado modificaciones usando normas para edificaciones seguras. B= Remodelaciones o adaptaciones mayores; M= Remodelaciones o adaptaciones moderadas; A= remodelaciones o adaptaciones menores o no han sido necesarias.		1		
2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.	Grado de amenaza			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
Estado de la edificación. B= Deteriorada por meteorización o exposición al ambiente, grietas en primer nivel y elementos discontinuos de altura; M= Deteriorada sólo por meteorización o exposición al ambiente; A= Sana, no se observan deterioros ni grietas.			1	
5. Materiales de construcción de la estructura. B= Oxidada con escamas o grietas mayores de 3mm; M= Grietas entre 1 y 3 mm u óxido en forma de polvo; A= Grietas menores a 1mm y no hay óxido.			1	
6. Interacción de los elementos no estructurales con la estructura. B = Se observa dos o más de: columnas cortas, paredes divisorias, cielos rígidos o fachada que interactúa con la estructura; M= Se observa sólo uno de problemas antes mencionados; A= Los elementos no estructurales no afecta la estructura.	1			

<p><b>7. Proximidad de los edificios</b> (martilleo, túnel de viento, etc.) B= Separación menor al 0.5% de la altura del edificio de menor altura; M= Separación entre 0.5- 1.5% de la altura del edificio de menor altura; A= Separación mayor al 1.5% del edificio de menor altura.</p>			1	
<p><b>8. Redundancia estructural.</b> B= Menos de tres líneas de resistencia en cada dirección; M= 3 líneas de resistencia en cada dirección o líneas con orientación no ortogonal; A= Más de 3 líneas de resistencia en cada dirección ortogonal del edificio.</p>			1	
<p><b>9. Detallamiento estructural incluyendo conexiones.</b> B= Edificio anterior a 1970; M= Edificio construido en los años 1970 y 1990; A=Edificio construido luego de 1990 y de acuerdo a la norma.</p>	1			
<p><b>10. Seguridad de fundaciones o cimientos.</b> B= No hay información o la profundidad es menor que 1.5 m; M= no cuenta con planos ni estudio de suelos, la profundidad es mayor que 1.5 m; A= Cuenta con planos, estudio de suelos, y profundidades mayores a 1.5 m.</p>			1	
<p><b>11. Irregularidades en planta (rigidez, masa y resistencia).</b> B= Formas y estructura no uniforme; M= Formas no regulares pero con estructura uniforme; A=Formas regulares, estructura uniforme en planta y ausencia de elementos que podrían causar torsión.</p>			1	
<p><b>12. Irregularidades en elevación (rigidez, masa y resistencia).</b> B= Pisos difieren por más del 20% de altura y existen elementos discontinuos o irregulares significativos; M= Pisos de similar altura (difieren menos de un 20%, pero más de 5%) y pocos elementos discontinuos o irregulares; A=pisos de similar altura (difieren por menos del 5%) y no existen elementos discontinuos o irregulares.</p>			1	
<p><b>13. Adecuación estructural a fenómenos (meteorológicos, geológicos entre otros)</b> Valorar por separado y en conjunto, el posible comportamiento del hospital desde el punto de vista estructural ante las diferentes amenazas o peligros excepto sismos. El grado de seguridad se puede evaluar como: B, baja resiliencia estructural a las amenazas naturales presentes en la zona donde está ubicado el hospital; M, moderada resiliencia estructural; A excelente resiliencia estructural.</p>		1		

Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria.

Tabla 2.4: Evaluación de elementos no estructurales.

3.1 Líneas vitales (instalaciones)	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
<b>3.1.1 Sistema eléctrico</b>				
<b>14. Generador adecuado para el 100% de la demanda.</b> Verificar que el generador entre en función pocos segundos después de la caída de tensión, cubriendo la demanda de todo el hospital: urgencias, cuidados intensivos, central de esterilización, quirófanos, etc. B = Sólo se enciende manualmente o cubre del 0 – 30% de la demanda; M = Se enciende automáticamente en más de 10 segundos o cubre 31 – 70 % de la demanda; A = Se enciende automáticamente en menos de 10 segundos y cubre del 71 – 100% de la demanda.			1	Cubre todas las áreas emergentes del hospital, pero se prende aproximadamente en 5 minutos.
<b>15. Regularidad de las pruebas de funcionamiento en las áreas críticas.</b> El evaluador verifica la frecuencia en que el generador es puesto a prueba con resultados satisfactorios. B= > 3 meses; M= 1-3 meses; A=< 1 mes.			1	Se prueban los dos generadores cada 8 días.
<b>16. ¿Está el generador adecuadamente protegido de fenómenos naturales?</b> B= No; M= Parcialmente; A= Sí.			1	
<b>17. Seguridad de las instalaciones, ductos y cables eléctricos.</b> B= No; M= Parcialmente; A= Sí.		1		Cables eléctricos sin canaletas
<b>18. Sistema redundante al servicio local de suministro de energía eléctrica.</b> B= No; M= Parcialmente; A= Sí.			1	
<b>19. Sistema con tablero de control e interruptor de sobrecarga y cableado debidamente protegido.</b> Verificar la accesibilidad, así como el buen estado y funcionamiento del tablero de control general de electricidad= No; M= Parcialmente; A= Sí.		1		Cada piso tiene su tablero de distribución
<b>20. Sistema de iluminación en sitios clave del hospital.</b> Realizar recorrido por UCI, urgencias, quirófano etc. Verificar el grado de iluminación de los ambientes y funcional de lámparas= No; M= Parcialmente; A= Sí.			1	

<p><b>21. Sistemas eléctricos externos, instalados dentro del perímetro del hospital.</b> Verificar si existen subestaciones eléctrica o transformadores que proveen electricidad al hospital. B= No existen subestaciones eléctricas instaladas en el hospital; M= Existen subestaciones, pero no proveen suficiente energía al hospital; A= Subestación eléctrica instalada y provee suficiente energía al hospital.</p>	1			Acometidas que van a los 2 tableros de distribución
<b>3.1.2 Sistema de telecomunicaciones</b>				
<p><b>22. Estado técnico de las antenas y soportes de las mismas.</b> Verificar el estado de las antenas, sus abrazaderas y soportes. B= Mal estado o no existen; M= Regular; A= Buen estado.</p>			1	
<p><b>23. Estado técnico de sistemas de baja corriente</b> (conexiones telefónicas/cables de Internet). Verificar en áreas estratégicas que los cables estén conectados evitando la sobrecarga. B= Mal estado o no existen; M= Regular; A= Bueno.</p>		1		
<p><b>24. Estado técnico del sistema de comunicación alterno.</b> Verificar el estado de otros sistemas: radiocomunicación, teléfono satelital, Internet, etc. B= mal estado o no existe; M= Regular; A= Bueno.</p>	1			
<p><b>25. estado técnico de anclajes de los equipos y soportes de cables.</b> Verificar que los equipos de telecomunicaciones (radios, teléfono satelital, video-conferencia, etc.) cuenten con anclajes que eleven su grado de seguridad. Si el sistema no necesita anclajes o abrazaderas, no llenar. Dejar las tres casillas en blanco. b= malo; m= regular; a= bueno.</p>				
<p><b>26. Estado técnico de sistemas de telecomunicaciones externos, instalados dentro del perímetro del hospital.</b> Verificar si existen sistemas de telecomunicaciones externos que interfieran con el grado de seguridad del hospital. B= Telecomunicaciones externas interfieren seriamente con las comunicaciones del hospital; M= Telecomunicaciones externas interfieren moderadamente con las comunicaciones del hospital; A= No existe interferencia a las comunicaciones del hospital.</p>			1	

<p><b>27. Local con condiciones apropiadas para sistemas de telecomunicaciones.</b> B= Malo o no existe; M= Regular; A= Bueno</p>		1		
<p><b>28. Seguridad del sistema interno de comunicaciones.</b> Verificar el estado de los sistemas de perifoneo, anuncios, altavoces, intercomunicadores y otros, que permitan comunicarse con el personal, pacientes y visitas en el hospital. B= mal o no existe; M= Regular; A= Bueno</p>		1		
<p><b>3.1.3 Sistema de aprovisionamiento de agua</b></p>				
<p><b>29. Tanque de agua con reserva permanente suficiente para proveer al menos 300 litros por cama y por día durante 72 horas.</b> Verificar que el depósito de agua cuente con una capacidad suficiente para satisfacer la demanda del hospital por 3 días B= Cubre la demanda de 24 horas o menos; M = Cubre la demanda de más de 24 horas, pero menos de 72 horas; A= Garantizado para cubrir la demanda por 72 horas o más.</p>		1		<p>La cisterna de 12m de diámetro y 5m de profundidad.</p>
<p><b>30. Los depósitos se encuentran en lugar seguro y protegido</b> Visitar sitio de cisterna y corroborar el área donde está instalada y su grado de seguridad. B= Si el espacio es susceptible de falla estructural o no estructural; M= Cuando la falla no representa posibilidad de colapso; A= Cuando tiene poca posibilidad de funcionar.</p>		1		<p>Ha superado su vida útil, 40 años en funcionamiento.</p>
<p><b>31. Sistema alternativo de abastecimiento de agua adicional a la red de distribución principal.</b> Identificar organismos o mecanismos para abastecer o reaprovisionar de agua al hospital en caso de falla del sistema público. B= Si da menos de 30% de la demanda; M= Si suple valores de 30 a 80% de la demanda; A= Si suple más del 80% de la dotación diaria.</p>		1		<p>Sistema directo abastece a un 50% del hospital debido a que la presión no es suficiente para llegar más allá del tercer piso</p>
<p><b>32. Seguridad del sistema de distribución.</b> Verificar el buen estado y funcionamiento del sistema de distribución, incluyendo la cisterna, válvula, tuberías y uniones. B= Si menos del 60% se encuentra en buenas condiciones de operación; M= entre 60 y 80 %; A= más del 80 %.</p>	1			<p>La cisterna tiene tubos de desfogues, tuberías en mal estado 40% sistema antiguo.</p>

<p><b>33. Sistema de bombeo alterno.</b> Identificar la existencia y el estado operativo del sistema alterno de bombeo, en caso de falla en el suministro= No hay bomba de reserva y las operativas no suplen toda la demanda diaria; M= Están todas las bombas en regular estado de operación; A= Todas las bombas y las de reserva están operativas.</p>		1	2 sistemas: 1 automático con 2 bombas de control electrónico y 2 de funcionamiento manual.
<b>3.1.4 Depósito de combustible (gas, gasolina o diésel):</b>			
<p><b>34. Tanques para combustible con capacidad suficiente para un mínimo de 5 días.</b> Verificar que el hospital cuente con depósito amplio y seguro para almacenaje de combustible. B= Cuando es inseguro o tiene menos de 3 días; M= Almacenamiento con cierta seguridad y con 3 a 5 días de abastecimiento de combustible; A= Se tienen 5 o más días de autonomía y es seguro.</p>		1	Se llena 12000 gal. en cada uno; se llena 2 veces al día con 500gal el tanque de reserva diario
<p><b>35. Anclaje y buena protección de tanques y cilindros</b> B= No hay anclajes y el recinto no es seguro; M= Se aprecian anclajes insuficientes; A= Existen anclajes en buenas condiciones y el recinto o espacio es apropiado.</p>		1	Hundimiento en los apoyos, destrucción del muro de apoyo.
<p><b>36. Ubicación y seguridad apropiada de depósitos de combustibles.</b> Verificar que los depósitos que contienen elementos inflamables se encuentren a una distancia que afecte el grado de seguridad del Hospital. B= Existe el riesgo de falla o no son accesibles; M= Se tiene una de las dos condiciones mencionadas; A.</p>	1		Caldera y generador juntos, no tiene buena iluminación, insuficiente el sistema contra incendios.
<p><b>37. Ubicación y seguridad apropiada de depósitos de combustibles.</b> Las fugas de combustible son muy peligrosas; por lo tanto, es necesario tener estricto control sobre el adecuado funcionamiento de sus válvulas, tuberías y uniones. Hay que revisar que las uniones sean flexibles cuando atraviesan estructuras o se conectan a equipos y, rígidas, cuando están adosadas algún elemento estructural en el que no existan posibilidades de asentamiento= Existe el riesgo de falla o no son accesibles; M= Se tiene una de las dos condiciones mencionadas; A= Los depósitos son accesibles y están en lugares libres de riesgos.</p>		1	

<b>3.1.5 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.)</b>				
<b>38. Almacenaje suficiente para 15 días como mínimo.</b> B= Menos de 10 días; M= entre 10 y 15 días; A= Más de 15 días.		1		
<b>39. Anclaje de tanques, cilindros y equipos complementarios</b> B= No existen anclajes; M= Los anclajes no son de buen calibre; A= Los anclajes son de buen calibre.	1			Cadenas de anclaje
<b>40. Fuentes alternas disponibles de gases medicinales.</b> B= No existen fuentes alternas o están en mal estado; M= Existen, pero en regular estado; A= Existen y están en buen estado.			1	
<b>41. Ubicación apropiada de los recintos.</b> B= Los recintos no tienen accesos; M= los recintos tienen acceso, pero con riesgos A= Los recintos son accesibles y están libres de riesgos;		1		El piso se inunda, rejillas están mantenidas adecuadamente
<b>42. Seguridad del sistema de distribución (válvulas; tuberías y uniones).</b> B= Si menos del 60% se encuentra en buenas condiciones de operación; M= Entre 60 y 80 %; A= Más del 80 %.		1		Tuberías exteriores de gases están pintadas de un solo color.
<b>43. Protección de tanques y/o cilindros y equipos adicionales</b> B= No existen áreas exclusivas para tanques y equipos adicionales.; M= Áreas exclusivas para protección de tanques y equipos, pero el personal no está entrenado; A= Áreas exclusivas para este equipamiento y el personal está entrenado.			1	
<b>44. Seguridad apropiada de los recintos.</b> B= No existen áreas reservadas para almacenar gases; M= Áreas reservadas para almacenar gases, pero sin medidas de seguridad apropiadas; A= Se cuenta con áreas de almacenamiento adecuados y no tienen riesgos.		1		Medidas de seguridad insuficientes
<b>3.2 Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas</b>	<b>Grado de seguridad</b>			<b>Observaciones</b>
	Bajo	Medio	Alto	
<b>45. Soportes adecuados para los ductos y revisión del movimiento de los ductos y tuberías que atraviesan juntas de dilatación.</b> B= No existen soportes y tienen juntas rígidas; M=Existen soportes o juntas flexibles; A= Existen soportes y las juntas son flexibles				
<b>46. Condición de tuberías, uniones, y válvulas=</b> Malo; M= Regular; A= Bueno.		1		

<b>47. Condiciones de los anclajes de los equipos de calefacción y agua caliente.</b> B= Malo; M= Regular; A= Bueno.		1		No está correctamente anclado
<b>48. Condiciones de los anclajes de los equipos de aire acondicionado.</b> B= Malo; M= Regular; A= Bueno.		1		
<b>49. Ubicación apropiada de los recintos.</b> B= Malo; M= Regular; A= Bueno.		1		
<b>50. Seguridad apropiada de los recintos.</b> B= Malo; M= Regular; A= Bueno.		1		
<b>51. Funcionamiento de los equipos (Ej. Caldera, sistemas de aire acondicionado y extractores entre otros).</b> B= Malo; M= Regular; A= Bueno.		1		
<b>3.3 Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil y almacenes (Incluye computadoras, impresoras, etc.)</b>	<b>Grado de seguridad</b>			<b>Observaciones</b>
	Bajo	Medio	Alto	
<b>52. Anclajes de la estantería y seguridad de contenidos.</b> Verificar que los estantes se encuentren fijos a las paredes o con soportes de seguridad. B= La estantería no está fijada a las paredes; M= La estantería está fijada, pero el contenido no está asegurado; A= La estantería está fijada y el contenido asegurado.	1			
<b>53. Computadoras e impresoras con seguro.</b> Verificar que las mesas para computadora estén aseguradas y con frenos de ruedas aplicados. B= Malo; M= Regular; A= Bueno o no necesita anclaje.	1			No existe ningún tipo de seguro ni arrostramiento
<b>54. Condición del mobiliario de oficina y otros equipos.</b> Verificar en recorrido por oficinas el anclaje y/o fijación del mobiliario. B= Malo; M= Regular; A= Bueno o no necesita anclaje.	1			
<b>3.4 Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento.</b>	<b>Grado de seguridad</b>			<b>Observaciones</b>
	Bajo	Medio	Alto	
<b>55. Equipo médico en el quirófano y la sala de recuperación.</b> Verificar que lámparas, equipos de anestesia, mesas quirúrgicas se encuentren operativos y con seguros y frenos aplicados. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.			1	

<p><b>56. Condición y seguridad del equipo médico de Rayos X e Imagenología.</b> Verificar que las mesas y el equipo de rayos X se encuentren en buenas condiciones y fijos. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>		1	Problemas de humedad. En la sala "A" un equipo portátil no paso las pruebas del SCAN
<p><b>57. Condición y seguridad del equipo médico en laboratorios.</b> B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>		1	Buenas condiciones, cuenta con sistema contra incendios adecuados
<p><b>58. Condición y seguridad del equipo médico en el servicio de urgencias.</b> B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>		1	Estantes no empotrados.
<p><b>59. Condición y seguridad del equipo médico de la unidad de cuidados intensivos o intermedios.</b> B= el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>		1	
<p><b>60. Condición y seguridad del equipamiento y mobiliario de farmacia</b> B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>		1	Ningún estante esta empotrado
<p><b>61. Condición y seguridad del equipo de esterilización.</b> B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regular condición o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>		1	Dos tipos de esterilización: gas y vapor
<p><b>62. Condición y seguridad del equipo médico para cuidado del recién nacido.</b> B= Cuando el equipo no existe, está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>		1	

<p><b>63. Condición y seguridad del equipo médico para la atención de quemados.</b>                  B= Cuando el equipo no existe, está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>		1		
<p><b>64. Condición y seguridad del equipo médico para radioterapia o medicina nuclear. SI EL HOSPITAL NO CUENTA CON ESTOS SERVICIOS, DEJAR EN BLANCO.</b> B= Cuando no existe o el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>				
<p><b>65. Condición y seguridad del equipo médico en otros servicios.</b> B= Si más del 30 % de los equipos se encuentra en riesgo de pérdida; M= Si entre el 10 y el 30% de los equipos A=Si menos del 10% de los equipos tiene riesgo de pérdida.</p>		1		
<p><b>66. Anclajes de la estantería y seguridad de contenidos médicos=</b> 20% o menos se encuentran seguros contra el vuelco; M= 20 a 80 % se encuentra seguros contra el vuelco; A= Más del 80 % se encuentra con protección a la estabilidad y la seguridad del contenido, o no requiere anclaje.</p>	1			Las estanterías no son las normadas para un hospital
<p><b>3.5 Elementos arquitectónicos</b></p>	<b>Grado de seguridad</b>			<b>Observaciones</b>
	Bajo	Medio	Alto	
<p><b>67. Condición y seguridad de puertas o entradas.</b> B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes, sistemas o funciones; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento de otros componentes; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1		
<p><b>68. Condición y seguridad de ventanales.</b> B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes, sistemas o funciones; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento de otros componentes; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1		Ventanas que necesitan ser cambiadas porque han cumplido su vida útil

<p><b>69. Condición y seguridad de otros elementos de cierre (muros externos, fachada, etc.).</b> B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento; A=no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	
<p><b>70. Condición y seguridad de techos y cubiertas.</b> B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento; A= no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	
<p><b>71. Condición y seguridad de parapetos (pared o baranda que se pone para evitar caídas, en los puentes, escaleras, cubiertas, etc.)</b> B= se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistema; M= se daña, pero permite el funcionamiento; A= no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	
<p><b>72. Condición y seguridad de cercos y cierres perimétricos.</b> B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	
<p><b>73. Condición y seguridad de otros elementos perimetrales (cornisas, ornamentos etc.).</b> B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	
<p><b>74. Condición y seguridad de áreas de circulación externa.</b> B= Los daños a la vía o los pasadizos impide el acceso al edificio o ponen en riesgo a los peatones; M= Los daños a la vía o los pasadizos no impiden el acceso al edificio a los peatones, pero sí el acceso vehicular; A= No existen daños o su daño es menor y no impide el acceso de peatones ni de vehículos.</p>		1	Presencia de árboles de gran altura.

<p><b>75. Condición y seguridad de áreas de circulación interna (pasadizos, elevadores, escaleras, salidas, etc.).</b>  B= Los daños a las rutas de circulación interna impiden la circulación dentro del edificio o ponen en riesgo a las personas;  M= Los daños a la vía o los pasadizos no impiden la circulación de las personas, pero sí el acceso de camillas y otros; A= No existen daños o su daño es menor y no impide la circulación de personas ni de camillas y equipos rodantes.</p>		1	Falta de señalización.
<p><b>76. Condición y seguridad de particiones o divisiones internas.</b> B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistema; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	
<p><b>77. Condición y seguridad de cielos falsos o rasos.</b> B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	Lugares donde es necesario cambiar las planchas porque presentan humedad.
<p><b>78. Condición y seguridad del sistema de iluminación interna y externa.</b>  B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	
<p><b>79. Condición y seguridad del sistema de protección contra incendios.</b> B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	

<p><b>80. Condición y seguridad de ascensores.</b>        B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	Existen 2 ascensores que están completamente fuera de servicio.
<p><b>81. Condición y seguridad de escaleras.</b>        B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	
<p><b>82. Condición y seguridad de las cubiertas de los pisos.</b> B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	Diferentes tipos de recubrimiento en pisos como: baldosas, granito, vinil.
<p><b>83. Condición de las vías de acceso al hospital.</b> B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	Grandes árboles y problemas de tráfico.
<p><b>84. Otros elementos arquitectónicos incluyendo señales de seguridad.</b>        B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1	

Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria.

Tabla 2.5: Evaluación de la seguridad funcional.

4.1 Organización del comité hospitalario para desastres y centro de operaciones de emergencia. Mide el nivel de organización alcanzado por el comité hospitalario para casos de desastre.	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
<b>85. Comité formalmente establecido para responder a las emergencias masivas o desastres.</b> Solicitar el acta constitutiva del Comité y verificar que los cargos y firmas correspondan al personal en función. B= No existe comité; M= Existe el comité, pero no es operativo; A= Existe y es operativo.			1	Comité de operaciones especiales.
<b>86. El Comité está conformado por personal multidisciplinario.</b> Verificar que los cargos dentro del comité sean ejercidos por personal de diversas categorías del equipo multidisciplinario: director, jefe de enfermería, ingeniero de mantenimiento, jefe de urgencias, jefe médico, jefe quirúrgico, jefe de laboratorio y jefe de servicios auxiliares, entre otros. B= 0-3; M=4-5; A= 6 o más.			1	
<b>87. Cada miembro tiene conocimiento de sus responsabilidades específicas.</b> Verificar que cuenten con sus actividades por escrito dependiendo de su función específica: B= No asignadas; M= Asignadas oficialmente; A= Todos los miembros conocen y cumplen su responsabilidad.	1			El gerente asigna todas las actividades en caso de emergencia.
<b>88. Espacio físico para el centro de operaciones de emergencia (COE) del hospital.</b> Verificar la sala destinada para el comando operativo que cuente con todos los medios de comunicación (teléfono, fax, Internet, entre otros). B= No existe; M= Asignada oficialmente; A= Existe y es funcional.	1			Funciona en gerencia.
<b>89. El COE está ubicado en un sitio protegido y seguro.</b> Identificar la ubicación tomando en cuenta su accesibilidad, seguridad y protección= La sala del COE no está en un sitio seguro; M= EL COE está en un lugar seguro, pero poco accesible; A= EL COE está en un sitio seguro, protegido y accesible.			1	

<p><b>90. El COE cuenta con sistema informático y computadoras.</b> Verificar si cuenta con intranet e internet. B= No; M=Parcialmente; A= Cuenta con todos los requerimientos</p>		1		Internet a través de los celulares.
<p><b>91. El sistema de comunicación interna y externa del COE funciona adecuadamente.</b> Verificar si el conmutador (central de redistribución de llamadas) cuenta con sistema de perifoneo y si los operadores conocen el código de alerta y su funcionamiento. B= No funciona/ no existe; M = Parcialmente; A= Completo y funciona.</p>	1			La infraestructura no permite un sistema efectivo de comunicación.
<p><b>2. El COE cuenta con sistema de comunicación alterna.</b> Verificar si además de conmutador existe comunicación alterna como celular, radio, entre otros. B= No cuenta; M= Parcialmente; A= Si cuenta.</p>			1	
<p><b>93. El COE cuenta con mobiliario y equipo apropiado.</b> Verificar escritorios, sillas, tomas de corriente, iluminación, agua y drenaje. B= No cuenta; M= Parcialmente; A= Si cuenta.</p>		1		
<p><b>94. El COE cuenta con directorio telefónico de contactos actualizado y disponible.</b> Verificar que el directorio incluya todos los servicios de apoyo necesarios ante una emergencia (corroborar teléfonos). B= No; M= Existe, pero no está actualizado; Si cuenta y está actualizado.</p>			1	
<p><b>95. “Tarjetas de acción” disponibles para todo el personal.</b> Verificar que las tarjetas de acción indiquen las funciones que realiza cada integrante del hospital especificando su participación en caso de desastre interno y/o externo. B= No; M= Insuficiente (cantidad y calidad); A= Todos la tienen.</p>	1			Se deja todo en manos de los líderes de cada proceso.
<p><b>4.2 Plan operativo para desastres internos o externos.</b></p>	<b>Grado de seguridad</b>			<b>Observaciones</b>
	Bajo	Medio	Alto	
<p><b>96. Refuerzo de los servicios esenciales del hospital.</b> El plan especifica las actividades a realizar antes, durante y después de un desastre en los servicios claves del Hospital (Urgencias, UCI, quirófano, etc). B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>		1		

<p><b>97. Procedimientos para la activación y desactivación del plan.</b> Especificar cómo, cuándo y quién es el responsable de activar y desactivar el plan. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	1		Líderes de proceso en cada piso.
<p><b>98. Previsiones administrativas especiales para desastres.</b> Verificar que el plan considere contratación de personal, adquisiciones en caso de desastre y presupuesto para pago por tiempo extra, doble turno, etc. B= No existen las provisiones o existen únicamente en el documento; M= Existen provisiones y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>		1	
<p><b>99. Recursos financieros para emergencias presupuestados y garantizados.</b> El hospital cuenta con presupuesto específico para aplicarse en caso de desastre: B= No presupuestado; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</p>		1	
<p><b>100. Procedimientos para habilitación de espacios para aumentar la capacidad, incluyendo la disponibilidad de camas adicionales.</b> El plan debe incluir y especificar las áreas físicas que podrán habilitarse para dar atención a saldo masivo de víctimas: B= No se encuentran identificadas las áreas de expansión; M= Se han identificado las áreas de expansión y el personal capacitado para implementarlos; A= Existe el procedimiento, personal capacitado</p>		1	
<p><b>101. Procedimiento para admisión en emergencias y desastres.</b> El plan debe especificar los sitios y el personal responsable de realizar el TRIAGE. B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>		1	

<p><b>102. Procedimientos para la expansión del departamento de urgencias y otras áreas críticas.</b> El plan debe indicar la forma y las actividades que se deben realizar en la expansión hospitalaria. (Ej. suministro de agua potable, electricidad, etc.): B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>	1		
<p><b>103. Procedimientos para protección de expedientes médicos (historias clínicas).</b> El plan indica la forma en que deben ser trasladados los expedientes clínicos e insumos necesarios para el paciente: B= No existe el procedimiento; M= existe el procedimiento y el personal entrenado; A= existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>		1	Cada área tiene su almacenamiento de datos.
<p><b>104. Inspección regular de seguridad por la autoridad competente.</b> En recorrido por el hospital verificar la fecha de caducidad y/o llenado de extintores e hidrantes. Y si existe referencia del llenado de los mismos, así como bitácora de visitas por el personal de protección civil. B= No existe; M = inspección parcial o sin vigencia; A= Completa y actualizada.</p>		1	
<p><b>105. Procedimientos para vigilancia epidemiológica intra-hospitalaria.</b> Verificar si el Comité de Vigilancia Epidemiológica intra-hospitalaria cuenta con procedimientos específicos para casos de desastre o atención masiva de víctimas: B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>		1	
<p><b>106. Procedimientos para la habilitación de sitios para la ubicación temporal de cadáveres y medicina forense.</b> Verificar si el plan incluye actividades específicas para el área de patología y si tiene sitio destinado para depósito de múltiples cadáveres: B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>		1	

<p><b>107. Procedimientos para triage, reanimación, estabilización y tratamiento.</b> B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos.</p>			1	Personal de cada área sabe qué hacer.
<p><b>108. Transporte y soporte logístico.</b> Si el hospital cuenta con ambulancias y otros vehículos oficiales: B= No cuenta con ambulancias y otros vehículos para soporte logístico; M= Cuenta con vehículos insuficientes; A= Cuenta con vehículos adecuados y en cantidad suficiente.</p>			1	Cuenta con 6 ambulancias.
<p><b>109. Raciones alimenticias para el personal durante la emergencia.</b> El plan especifica las actividades a realizar por el área de nutrición y debe contar con presupuesto para el rubro de alimentos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más</p>			1	Martes y jueves se realiza el suministro de víveres.
<p><b>110. Asignación de funciones para el personal adicional movilizado durante la emergencia</b> B= No existe o existe únicamente el documento; M= Las funciones están asignadas y el personal capacitado; A= Las funciones están asignadas, el personal está capacitado y cuenta con recursos.</p>			1	El personal debe estar atento a los llamados.
<p><b>111. Medidas para garantizar el bienestar del personal adicional de emergencia.</b> El plan incluye el sitio donde el personal de urgencias puede tomar receso, hidratación y alimentos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas.</p>	1			Existe refrigerio para visitas técnicas.
<p><b>112. Vinculado al plan de emergencias local.</b> Existe antecedente por escrito de la vinculación del plan a otras instancias de la comunidad. B= No vinculado; M= Vinculado no operativo; A= Vinculado y operativo.</p>		1		
<p><b>113. Mecanismos para elaborar el censo de pacientes admitidos y referidos a otros hospitales.</b> El plan cuenta con formatos específicos que faciliten el censo de pacientes ante las emergencias: B=No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el mecanismo y el personal capacitado; A=Existe el mecanismo, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el censo.</p>			1	Admisiones tiene procedimiento propio.

<p><b>114. Sistema de referencia y contrarreferencia.</b> B= No existe; M= Existe el plan; A= Existe el plan, personal</p>	1		
<p><b>115. Procedimientos de información al público y la prensa.</b> El plan hospitalario para caso de desastre especifica quien es el responsable para dar información al público y prensa en caso de desastre (la persona de mayor jerarquía en el momento del desastre): B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>		1	Departamento de prensa y comunicación establecido.
<p><b>116. Procedimientos operativos para respuesta en turnos nocturnos, fines de semana y días feriados=</b> No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>		1	Existe la opción de llamadas al personal.
<p><b>117. Procedimientos para evacuación de la edificación</b> Verificar si existe plan o procedimientos para evacuación de pacientes, visitas y personal B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>		1	Se cuenta con mapas de riesgo, pero falta capacitación del personal.
<p><b>118. Las rutas de emergencia y salida son accesibles</b> Verificar que las rutas de salida están claramente marcadas y libres de obstrucción. B= Las rutas de salida no están claramente señalizadas y varias están bloqueadas;. M=Algunas rutas de salida están marcadas y la mayoría están libres de obstrucciones; A=Todas las rutas están claramente marcadas y libres de obstrucciones.</p>		1	
<p><b>119. Ejercicios de simulación o simulacros.</b> Verificar que los planes sean regularmente puestos a prueba a través de simulacros y/o simulaciones, evaluados y modificados como corresponda. B= Los planes no son puestos a prueba; M= Los planes son puestos a prueba con una frecuencia mayor a un año; A= Los planes son puestos a prueba al menos una vez al año y son actualizados de acuerdo a los resultados de los ejercicios.</p>		1	

4.3 Planes de contingencia para atención médica en desastres.	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
<b>120. Sismos, tsunamis, erupciones volcánicas y deslizamientos=</b> No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.	1			Sismos.
<b>121. Crisis sociales y terrorismo=</b> No existe o existe solo el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		
<b>122. Inundaciones y huracanes.</b> B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		Inundaciones.
<b>123. Incendios y explosiones.</b> B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el Plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		
<b>124. Emergencias químicas o radiaciones ionizantes=</b> No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		
<b>125. Agentes con potencial epidémico.</b> B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.			1	Planes de contingencia en áreas específicas Comité de infecciones y de bioseguridad
<b>126. Atención psicosocial para pacientes, familiares y personal de salud.</b> B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		Se está implementando para el personal de trabajo, para pacientes y familiares.
<b>127. Control de infecciones intra-hospitalarias.</b> Solicitar el manual y verificar vigencia: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el manual y el personal capacitado; A= Existe el manual, personal capacitado y cuenta con recursos.			1	

4.4 Planes para el funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de los servicios vitales. Mide el grado de accesibilidad, vigencia y disponibilidad de los documentos indispensables para la resolución de una urgencia.	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
<b>128. Suministro de energía eléctrica y plantas auxiliares.</b> El área de mantenimiento deberá presentar el manual de operación del generador alterno de electricidad, así como bitácora de mantenimiento preventivo: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.			1	
<b>129. Suministro de agua potable.</b> El área de mantenimiento deberá presentar el manual de operación del sistema de suministro de agua, así como bitácora de mantenimiento preventivo y de control de la calidad del agua: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		
<b>130. Reserva de combustible</b> El área de mantenimiento deberá presentar el manual para el suministro de combustible, así como la bitácora de mantenimiento preventivo: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.			1	
<b>131. Gases medicinales.</b> Mantenimiento deberá presentar el manual de suministro de gases medicinales, así como bitácora de mantenimiento preventivo. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.			1	
<b>132. Sistemas habituales y alternos de comunicación.</b> B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.	1			

<p><b>133. Sistemas de agua residuales.</b> El área de mantenimiento garantizará el flujo de estas aguas hacia el sistema de drenaje público evitando la contaminación de agua potable. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	1			
<p><b>134. Sistema de manejo de residuos sólidos.</b> El área de mantenimiento deberá presentar el manual de manejo de residuos sólidos, así como bitácora de recolección y manejo posterior= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>		1		
<p><b>135. Mantenimiento del sistema contra incendios.</b> El área de mantenimiento deberá presentar el manual para el manejo de sistemas contra incendios, así como la bitácora de mantenimiento preventivo de extintores e hidrantes. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>		1		
<p><b>4.5 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres.</b> Verificar con lista de cotejo la disponibilidad de insumos indispensables ante una emergencia.</p>	<b>Grado de seguridad</b>			<b>Observaciones</b>
	Bajo	Medio	Alto	
<p><b>136. Medicamentos.</b> Verificar la disponibilidad de medicamentos para emergencias. Se puede tomar como referencia el listado recomendado por OMS. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</p>		1		
<p><b>137. Material de curación y otros insumos.</b> Verificar que exista en la central de esterilización una reserva esterilizada de material de consumo para cualquier emergencia (se recomienda sea la reserva que circulará el día siguiente). B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</p>		1		

<b>138. Instrumental.</b> Verificar existencia y mantenimiento de instrumental específico para urgencias. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		1		
<b>139. Gases medicinales.</b> Verificar teléfonos y domicilio, así como la garantía de abastecimiento por parte del proveedor. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= garantizado para 72 horas o más.			1	
<b>140. Equipos de ventilación asistida (tipo volumétrico).</b> El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad y condiciones de uso de los equipos de respiración asistida. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		1		
<b>141. Equipos electro-médicos.</b> El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad y condiciones de uso de los equipos electromédicos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		1		
<b>142. Equipos para soporte de vida.</b> B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.			1	
<b>143. Equipos de protección personal para epidemias (material desechable).</b> El hospital debe contar con equipos de protección para el personal que labore en áreas de primer contacto. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		1		
<b>144. Carro de atención de paro cardiorrespiratorio.</b> El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad, condiciones de uso y ubicación de los carros para atención de paro cardiorrespiratorio. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado			1	
<b>145. Tarjetas de triage y otros implementos para manejo de víctimas en masa.</b> En el servicio de urgencias se difunde e implementa la tarjeta de TRIAGE en caso de saldo masivo de víctimas. Evaluar en relación a la capacidad instalada máxima del hospital B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.	1			

Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria.

### **2.3 Determinación de las características geotécnicas del suelo mediante SPT (Standard Penetration Test)**

El ensayo de penetración estándar SPT (*Standard Penetration Test*) sirve para realizar un reconocimiento geotécnico del lugar en donde está emplazada la unidad hospitalaria, consiste en la extracción de una muestra de suelo a cierta profundidad.

Se necesitan determinar: la capacidad admisible del suelo, tipo y clasificación, límites de Atterberg con el fin de realizar una columna estratigráfica.

Los datos del ensayo de suelos fueron proporcionados por el departamento de infraestructura física del hospital Vicente Corral Moscoso donde se efectuaron dos sondeos de 3.5 metros de profundidad; los sondeos se realizaron mediante la utilización de equipos de perforación por percusión, el mismo que sirvió para realizar ensayos SPT a diferentes profundidades a la vez que permitió determinar la consistencia de los suelos limo arcillosos presentes en el área del proyecto y el comportamiento friccionante. Informe del estudio de suelos referirse al Anexo 9.

Con todas las muestras obtenidas se realizó una serie de ensayos normados por la ASTM siendo utilizado los siguientes:

- Contenido de agua ASTM D-2216
- Granulometría ASTM D-422
- Límite líquido ASTM D-423
- Límite plástico ASTM D-424
- SPT

#### **Resultados obtenidos:**

El suelo presente en el área estudiada consiste en mezclas de limos, arcillas, arenas y gravas que desde el punto de vista geotécnico la SUCS lo clasifica como un suelo CL.

El material representa las siguientes características:

- Ángulo de fricción calculado es de 38°, a una profundidad de 1.5m al nivel actual del terreno.

- Geológicamente el área de estudio está conformada exclusivamente por depósitos sedimentarios con una cobertura de un espesor variable de 1-1.5m
- Límite líquido: 33.9%
- Límite plástico: 21.3%
- Humedad natural: 13.6%
- Capacidad soportante 25.59 Ton/m<sup>2</sup> (Kg/m<sup>2</sup>)

## 2.4 Conclusiones

### Tabulación de datos de las amenazas:

Al consultar los mapas de riesgos específicos y generales, se establece que existen un total de 13 tipos de amenazas, constituyéndose los Fenómenos geológicos (sismos, deslizamientos); Fenómenos hidrometeorológicos (lluvia, penetraciones de río, deslizamientos); Fenómenos sociales (concentraciones de población, personas desplazadas); Fenómenos sanitarios-ecológicos (epidemias, contaminación, plagas) y Fenómenos químico- tecnológicos (explosiones, incendios, fuga de materiales).

Tabla 2.6: Tabulación de las amenazas existentes

Amenazas	Frecuencia
Fenómenos geológicos	2
Fenómenos hidrometeorológicos	3
Fenómenos sociales	2
Fenómenos sanitarios-ecológicos	3
Fenómenos químico-tecnológicos	3
Total	13

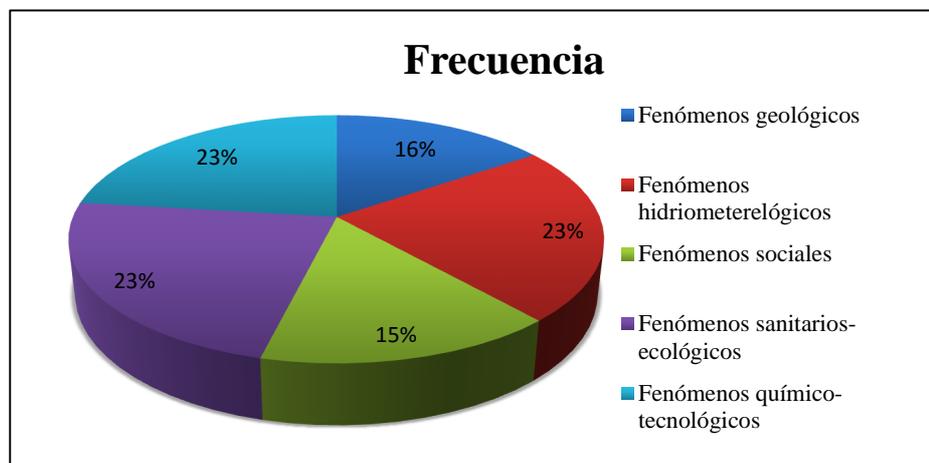


Figura 2.36: Amenazas sobre la seguridad del inmueble.

**Tabulación de datos de los aspectos relacionados con la seguridad estructural**

Tabla 2.7: Tabulación de datos relacionados con la seguridad estructural

<b>Aspectos relacionados con la seguridad estructural</b>	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
Seguridad debido a antecedentes del establecimiento	0	1	2
Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.	2	7	1
Subtotal	2	8	3
Total	13		

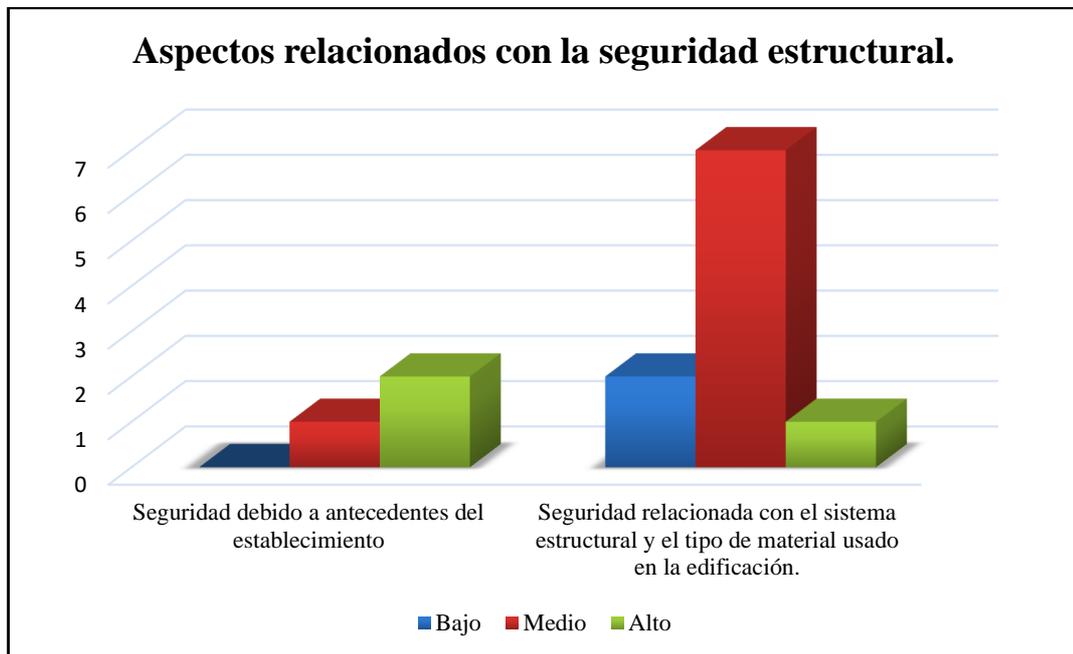


Figura 2.37: Aspectos relacionados con la seguridad estructural

Los aspectos relacionados con los antecedentes del establecimiento tienen una valoración alta y los aspectos de seguridad relacionada con el sistema estructural son aceptables en términos de una calificación media.

**Tabulación de datos de los aspectos relacionados con la seguridad no estructural**

Tabla 2.8: Tabulación de datos relacionados con la seguridad no estructural

Aspectos relacionados con la seguridad no estructural	Bajo	Medio	Alto
Sistema eléctrico	2	2	4
Sistema de telecomunicaciones	1	3	2
Sistema de aprovisionamiento de agua	1	4	0
Depósito de combustible (gas, gasolina y diésel)	1	2	1
Gases medicinales	1	4	2
Sistemas de calefacción, ventilación y aire en áreas críticas	0	7	0
Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil	3	0	0
Equipos médicos, laboratorio y suministro	1	6	4
Elementos arquitectónicos	0	13	5
Subtotal	10	41	18
Total	69		

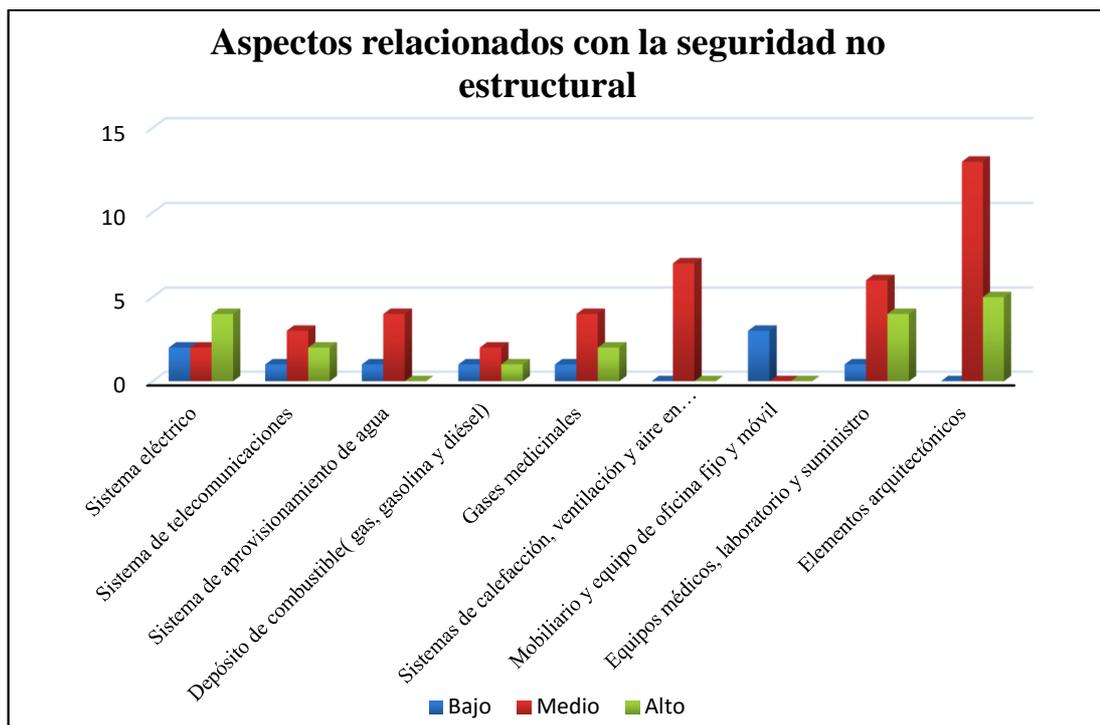


Figura 2.38: Aspectos relacionados con la capacidad no estructural.

Los aspectos relacionados con el sistema de telecomunicaciones, aprovisionamiento de agua, depósito de combustible, equipo médico y de laboratorio, gases medicinales y elementos arquitectónico es considerado en un nivel medio; como bajos el mobiliario y equipo de oficina y alto el sistema eléctrico.

**Tabulación de datos de los aspectos relacionados a la seguridad en base a la capacidad funcional**

Tabla 2.9 Tabulación de datos relacionados con la capacidad funcional

<b>Aspectos relacionados a la seguridad en base a la capacidad funcional</b>	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
Organización del comité hospitalario para desastres COE	4	2	5
Plan operativo para desastres internos o externos	4	6	14
Planes de contingencia para atención médica en desastres	1	5	2
Planes para el funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de servicios vitales	2	3	3
Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo.	1	6	3
Subtotal	12	22	27
Total	61		

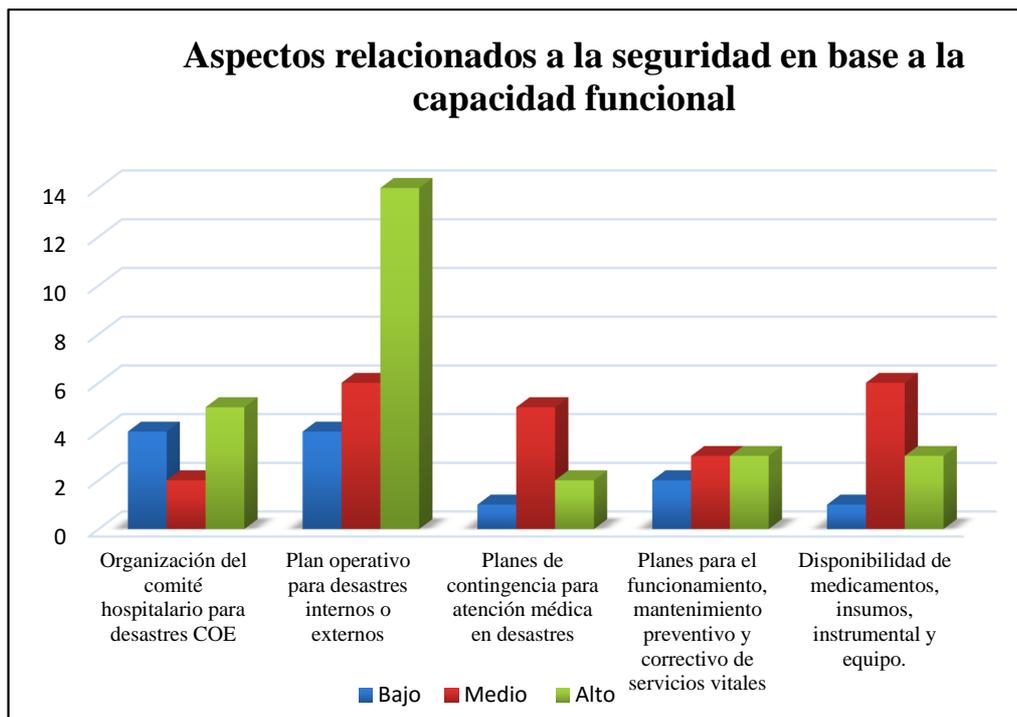


Figura 2.39: Aspectos relacionados con la seguridad funcional

Los aspectos relacionados con la organización del comité para desastres y plan operativo son calificados como altos, planes de contingencia, planes para el funcionamiento y disponibilidad de medicamentos son calificados como medio.

## Resultados del índice de seguridad hospitalaria

Los datos de la lista de verificación se ingresan en una hoja de cálculo que asignan valores específicos a cada aspecto evaluado, esta hoja se denomina modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria establecida y ponderada por la OMS y OPS.

El procedimiento obtiene resultados individuales por sección, el componente de seguridad estructural tiene un peso correspondiente al 50% del índice, el componente no estructural tiene un peso del 30% y el componente de capacidad funcional el 20%.

La suma de los resultados de los tres módulos da como resultado la seguridad del hospital expresada en función de probabilidad de funcionamiento en caso de desastre.

### Graficos por resultados:



Figura 2.40: Seguridad estructural

Fuente: Modelo matemático del índice de seguridad hospitalaria.

En este gráfico se observa que el grado alto representa un 60% (posibilidad de funcionar), el grado medio un 29% y el grado bajo un 11% relacionado a la seguridad estructural.



Figura 2.41: Seguridad no estructural.

Fuente: Modelo matemático del índice de seguridad hospitalaria

Se observa que el grado alto representa un 22%, el grado medio un 57% y el grado bajo un 21% relacionado a la seguridad no-estructural.



Figura 2.42: Seguridad Funcional

Fuente: Modelo matemático del índice de seguridad hospitalaria.

Se puede mostrar según el gráfico que el grado alto representa un 43%, el grado medio un 37% y el grado bajo un 20% relacionado a la seguridad funcional.

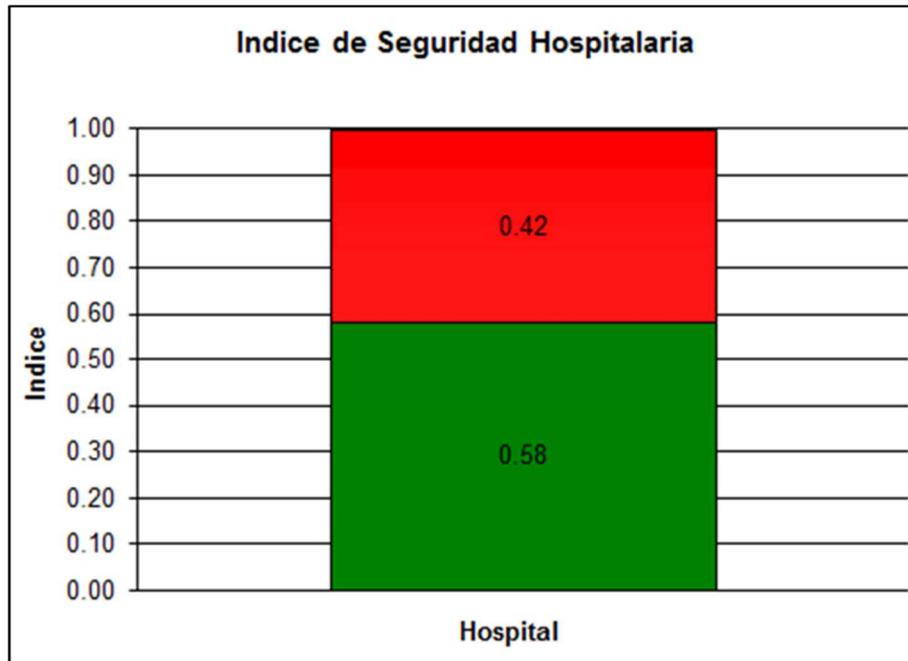


Figura 2.43: Resultado del índice de seguridad hospitalaria  
Fuente: Modelo matemático del índice de seguridad hospitalaria.

La figura presenta, en un rango de 0 a 1, el Índice de Seguridad Hospitalaria definitivo de la institución, se obtiene el índice de seguridad de 0.42, y un índice de vulnerabilidad de 0.58.

Interpretando estos datos y comparándolos con las tablas de valoración del índice de seguridad se define que el Hospital Vicente Corral Moscoso está en categoría B. Esta categoría menciona que:

Se requieren medidas necesarias en el corto plazo, ya que los niveles actuales de seguridad del establecimiento pueden potencialmente poner en riesgo a los pacientes, el personal y su funcionamiento durante y después de un desastre.

Hoja de cálculo del modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria. Anexo

## **CAPÍTULO 3**

### **AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE ESPECIFICA LA NORMA**

Se recopiló las cargas que establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE- 2014), en el Capítulo 1 "Cargas (No sísmicas)" y Capítulo 2 "Cargas Sísmicas y Diseño Sismo resistente", el objetivo de la norma en estos capítulos es establecer valores de cargas para elaborar modelos reales de los efectos que puede tener la edificación ante cargas gravitacionales y cargas accidentales.

Una vez establecidas las cargas que actúan en la estructura, es necesario calcular las fuerzas actuantes, los momentos de flexión y torsión, basándonos en la geometría de la estructura y las condiciones de apoyo.

#### **3.1 Cargas gravitacionales**

Son todas las cargas que actúan sobre una estructura sean estas vivas o permanentes, un análisis de cargas gravitacionales permite conocer y seleccionar cada una de la carga que ejercen efectos en la estructura, estas pueden variar dependiendo del uso y funcionamiento.

##### **3.1.1. Cargas vivas de uso**

"La carga viva, también llamada sobrecargas de uso, que se utiliza en el cálculo depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de: personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición y otras" (NEC-SE, 2014).

Para modelar el hospital se recolecto información del uso de cada área, establecido en los planos proporcionados por el área técnica del hospital.

Tabla 3.1: Cargas vivas de uso

Ocupación o uso (Hospitales)	Carga uniforme (KN/m <sup>2</sup> )
Sala de quirófanos, laboratorios	2.90
Sala de pacientes	2.00
Corredores en pisos superiores a la planta baja	4.00
Escaleras y rutas de escape	4.80
Cubiertas	4.80
Oficinas	4.80
Bodegas de almacenamiento liviano	6.00
Bodega de almacenamiento pesado	12.00
Sala de cómputo	4.80
Biblioteca	4.00

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-2014. Capítulo 1.

### 3.1.2. Cargas muertas y permanentes

“Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia en la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura” (NEC-SE, 2014). Se tienen las siguientes cargas permanentes:

Tabla 3.2: Cargas muertas y permanentes

Material	Peso Unitario KN/m <sup>2</sup>
Baldosa de cerámica con mortero de cemento	0.20
Contra piso de hormigón ligero simple, por cada cm, de espesor	0.16
De mortero de cemento compuesto de cal y arena	0.55
Muro de ladrillo para edificio	1.20

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-2014. Capítulo 1

## 3.2 Cargas accidentales

Son aquellas cargas que pueden presentarse en cualquier momento, causando fuerzas y esfuerzos a la estructura como por ejemplo las cargas sísmicas, que es uno de los efectos más importantes a ser tomado para la modelación del hospital.

### 3.2.1 Cargas sísmicas

Toda edificación sufre daños debido a las cargas horizontales o cargas sísmicas, estas deben ser evaluadas con el propósito de simular los efectos sobre la estructura.

En el análisis se considera la zona sísmica del Ecuador, características del suelo, importancia de la estructura, tipo de sistema y tipo de uso.

Para simular la presencia de un sismo se utiliza un espectro de respuesta, el cual está basado en varios términos relacionados con la zona en la que está ubicada la edificación.

### 3.2.1.1 Zonificación sísmica y factor de zona Z

“El valor de Z de cada zona sísmica representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad” (NEC-SE, 2014), este valor Z varía dependiendo de la zona donde se encuentre la edificación. El Ecuador se encuentra dividido en seis zonas sísmicas con su valor correspondiente de Z.

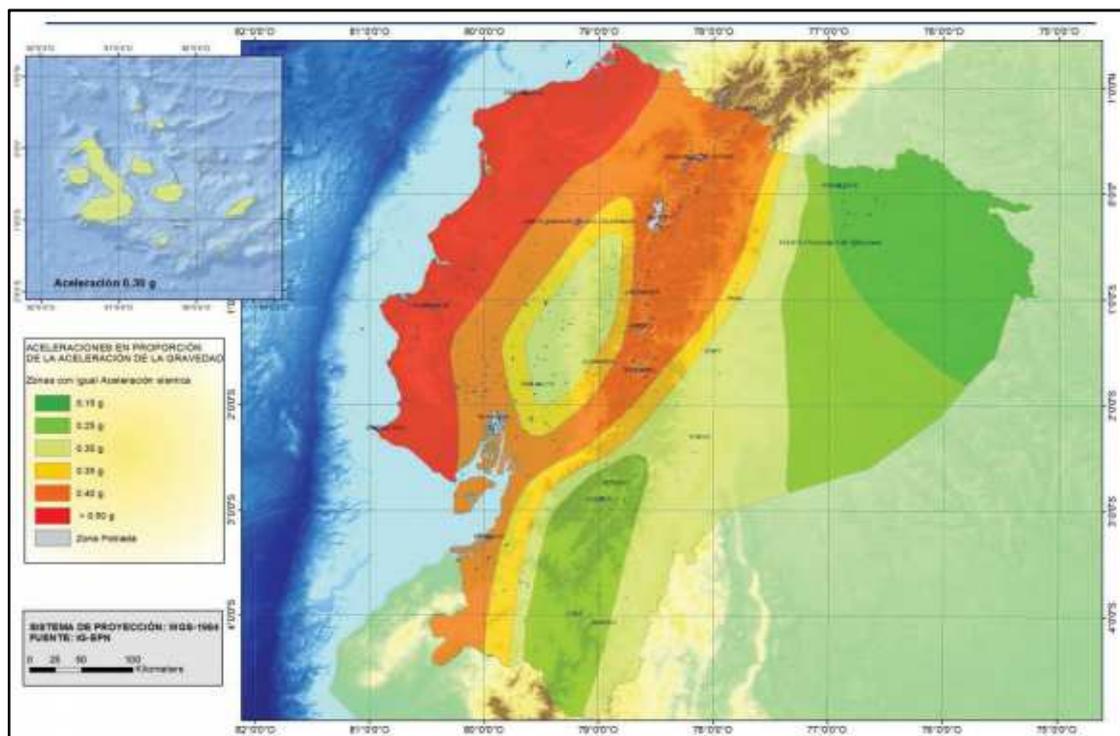


Figura 3.1: Mapa de zonificación sísmica del Ecuador.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-2014. Capítulo 2.

El mapa de zonificación sísmica para diseño proviene de resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50g.

Tabla 3.3: Factor de zona

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0.50$
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-EC Capítulo 2.

### 3.2.1.2 Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), presenta seis tipos de perfiles, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.4: Tipo de perfil del suelo

Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500$ m/s $>$ $760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumpla con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o.	$760$ m/s $>$ $V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumpla con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o.	$360$ m/s $>$ $V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100\text{kPa} > S_u \geq 50\text{kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o.	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contempla las siguientes subclases:	
	F1- Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersos o débilmente cementados, Etc.	
	F2- Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas)	
	F3- Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)	
	F4- Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda(H>30m)	
	F5- Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurrencia dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de onda de corte.	
F6- Rellenos colocados sin contra ingenieril.		

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-2014. Capítulo 2.

Para determinar el perfil de suelo donde está establecido el hospital se realizó un ensayo SPT, donde se obtuvo la columna estratigráfica, que indica cómo se encuentra constituido, obteniendo como respuesta que a partir del Nivel -3.50m no se puede introducir más el vástago realizando hasta 74 golpes y debido a su cercanía al río se llega a la conclusión que el material es roca aluvial gruesa.

La clasificación que establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción dice que para suelos tipo A, B, C, D se utiliza el suelo de los últimos 30 metros; clasificando al suelo como tipo C, a partir de esto se toman los datos para la modelación.

Para el análisis estructural dinámico se dividió a la entidad hospitalaria según las juntas de dilatación donde se presenta diferentes tipologías estructurales, obteniendo un total de 15 modelos. Las juntas de dilatación son separaciones entre partes contiguas de una estructura en un plano vertical, que permite movimientos relativos en tres dimensiones.

### 3.2.1.3 Datos generales del sismo

- **Caracterización del emplazamiento**

Zona sísmica (NEC_SE_DS 2014, 3.1.1):	<b>II</b>
Valor de factor Z (NEC_SE_DS 2014, 3.2.1):	<b>0.25</b>
Tipo de suelo (NEC_SE_DS 2014, 3.2.1):	<b>C</b>
Características del peligro sísmico	<b>Alta</b>
Región sísmica (NEC_SE_DS 2014, 3.3.1)	<b>Sierra</b>

- **Sistema estructural**

#### **Modelos tipo 1**

RX: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) RX: 7.00

RY: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) RY: 7.00

#### **Modelos tipo 2**

RX: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) RX: 5.00

RY: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) RY: 5.00

- **Estimación del periodo fundamental de la estructura:** Según norma

### **Modelos tipo 1**

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): IV

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): IV

“Pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural”

### **Modelos tipo 2**

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

“Pórticos espaciales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras”

- **Numero de modos:** Todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas. (NEC-SE, 2014)
- **Categoría de edificio y coeficiente de importancia I:** El propósito de dicho factor es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.

La NEC (NEC-SE, 2014) señala a los hospitales como edificaciones especiales y establece un valor de **1.5** para el coeficiente de importancia.

### 3.2.1.4 Espectro elástico de diseño

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-2014), se debe diseñar con un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, para representar los efectos dinámicos del sismo, basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura.

A continuación se detallaran los factores que intervienen en el espectro de diseño:

#### 3.2.1.4.1 Coeficiente de perfil de suelo $F_a$ , $F_d$ , $F_s$

**$F_a$ :** Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó.

Tabla 3.5: Tipo de suelo y factores de sitio  $F_a$

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0.50$
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,4	1,3	1,25	1,23	1,2	1,18
D	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,12
E	1,8	1,4	1,25	1,1	1	0,85
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-2014. Capítulo 2

**$F_d$ :** Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para el diseño en roca.

Tabla 3.6: Tipo de suelo y factores de sitio  $F_d$

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0.50$
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,36	1,28	1,19	1,15	1,11	1,06
D	1,62	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11
E	2,1	1,75	1,7	1,65	1,6	1,5
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Fuente: Elaboración propia-Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE Cap. 2

**F<sub>s</sub>**: Coeficiente de amplificación de suelo.

Tabla 3.7: Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico de subsuelo F<sub>s</sub>

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥ 0,50
A	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
B	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
C	0,85	0,94	1,02	1,06	1,11	1,23
D	1,02	1,06	1,11	1,19	1,28	1,4
E	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Fuente: Elaboración propia- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE Cap. 2

### 3.2.2 Componentes horizontales de la carga sísmica: espectros elásticos de diseño

#### 3.2.2.1 Período y frecuencia

Una estructura sometida a una carga de sismo se desplaza desde su punto de equilibrio, de un lado a otro, hasta alcanzar su posición inicial, debido a una fuerza de restitución elástica o gravitacional.

El intervalo de tiempo en que la estructura completa un ciclo se denomina período.

Al número de ciclos que se permiten por unidad de tiempo se denomina frecuencia.

#### 3.2.2.2 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones  $S_a$ , expresado como fracción de la aceleración de la gravedad se base en el factor de zona sísmica, el tipo de suelo, los coeficientes de amplificación de suelo  $F_a$ ,  $F_d$ ,  $F_s$ .

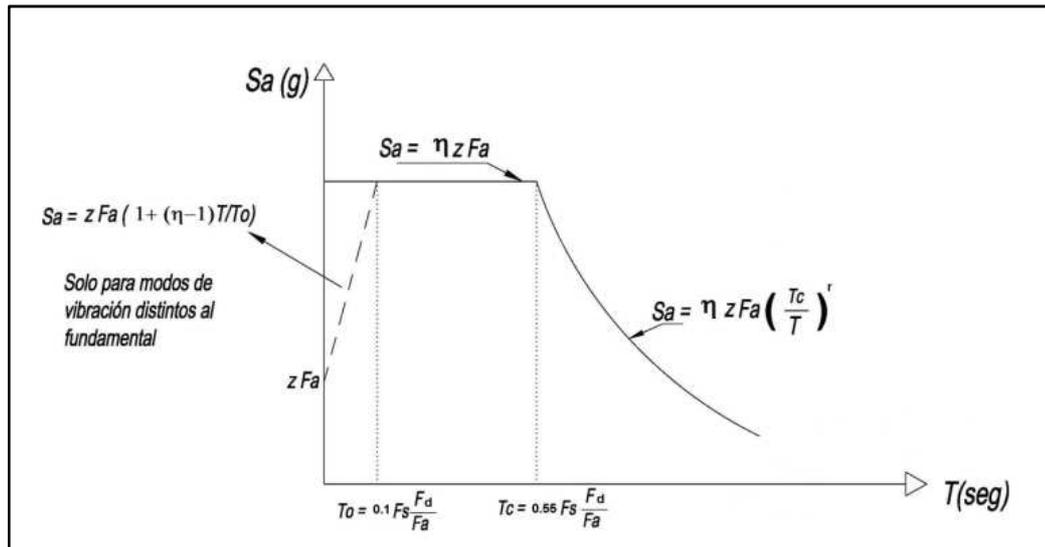


Figura 3.2: Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones  
 Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-2014. Capítulo 2.

Dónde:

- N: Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T= 0.1s$ ) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.
- T: Periodo fundamental de vibración de la estructura
- $T_0$ : Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
- $T_c$ : Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.
- Z: Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g.

Dicho espectro, que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 5%, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para periodos de vibración estructural T pertenecientes a dos rangos:

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{Para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{Para } T > T_c$$

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$TL = 2.4 Fd$$

Para periodos de vibración  $T \leq T_o$

$$T_o = 0.10 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$S_a = Z F_a \left[ 1 + (\eta - 1) \frac{T}{T_o} \right] \quad \text{Para } T \leq T_o$$

Para la ciudad de Cuenca, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-2014) establece los siguientes parámetros para la definición del espectro.

Tabla 3.8: Factores para elaborar el espectro de respuesta de la ciudad de Cuenca.

<b>Z:</b> Factor de zona (NEC-SE-DS 2014, Tabla 1)	<b>Z :</b> 0.25
<b>h:</b> Relación de amplificación espectral (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra	<b>h :</b> 2.48
<b>Fa:</b> Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 3)	<b>Fa :</b> 1.30
<b>Fd:</b> Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4)	<b>Fd :</b> 1.28
<b>Fs:</b> Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5)	<b>Fs :</b> 0.94
Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1):	C
Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1):	II
<b>I:</b> Factor de importancia (NEC-SE-DS 2014, Tabla 6)	<b>I :</b> 1.50
Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Edificaciones esenciales y/o peligrosas	
<b>r:</b> Exponente que define la rama descendente del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)	<b>r :</b> 1.00
<b>TC:</b> Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)	<b>TC :</b> 0.51 s

Fuente: CYPE 2016

El espectro de diseño para el tipo de perfil del subsuelo C en el siguiente gráfico:

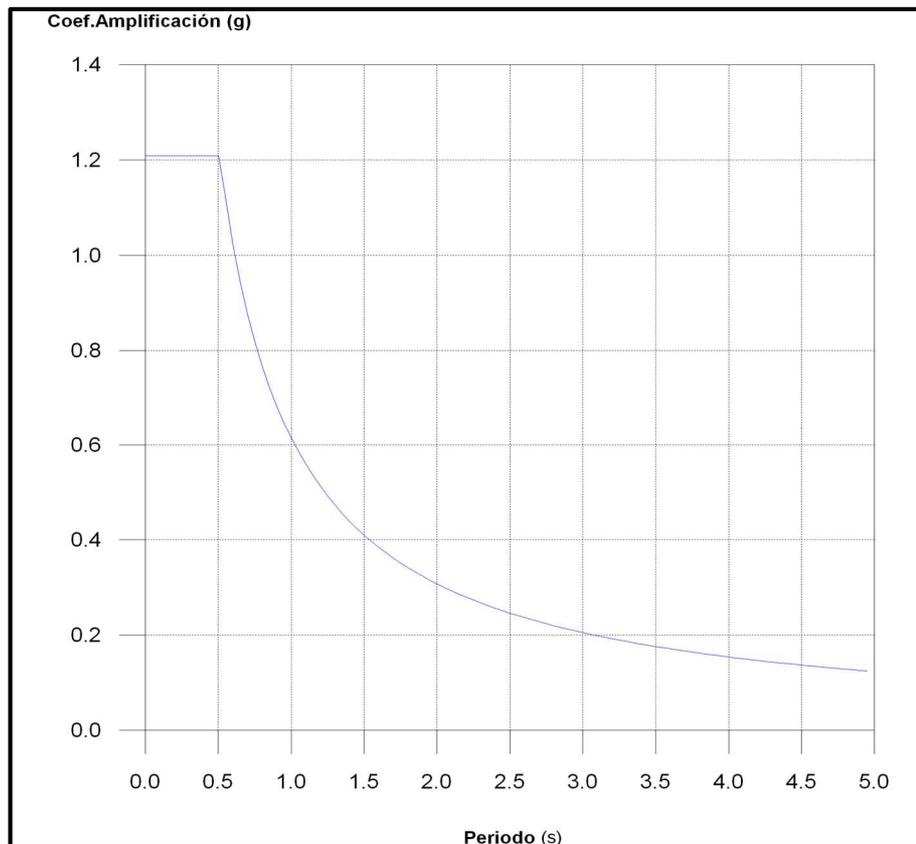


Figura 3.3: Espectro sísmico elástico de aceleraciones.

Fuente: CYPE 2016.

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.209 g.

- **Factor de comportamiento/ Factor de seguridad**

### Modelos tipo 1:

**RX:** Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **RX:** 7.00

**RY:** Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **RY:** 7.00

“Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado, con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.”

**FP:** Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) **FP:** 0.90

**FE:** Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) **FE:** 0.90

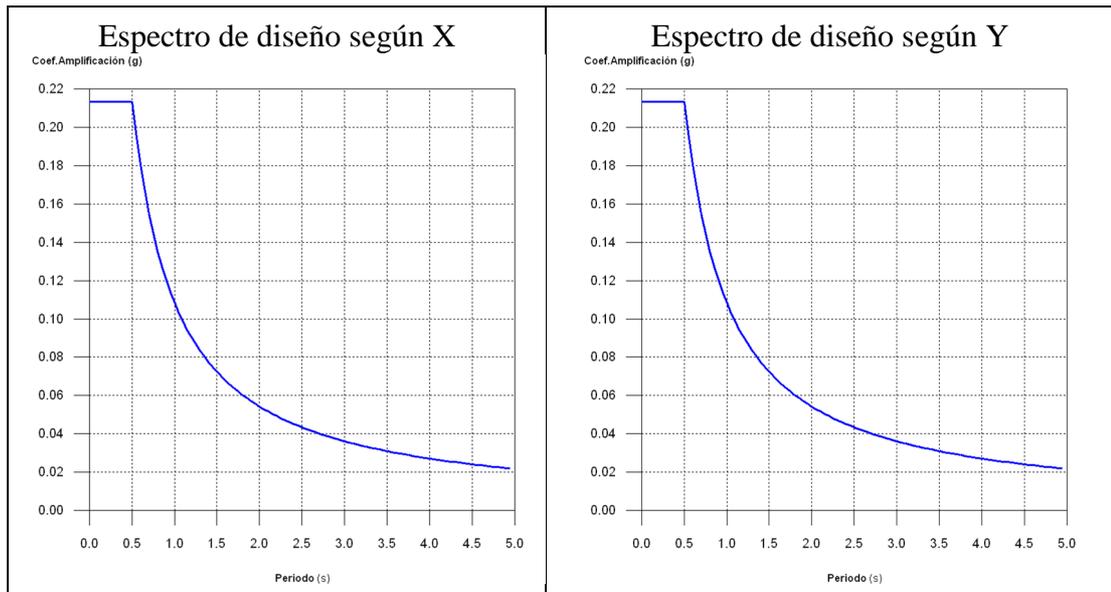


Figura 3.4: Espectro de diseño en dirección (X, Y) Tipo 1  
 Fuente: CYPE 2016. NEC-SE-DS 2014 (6.3.2)

**Modelos tipo 2:**

**R<sub>X</sub>**: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **R<sub>X</sub>**: 5.00

**R<sub>Y</sub>**: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **R<sub>Y</sub>**: 5.00

“Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda”

**FP**: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) **FP**: 0.90

**FE**: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) **FE**: 0.90

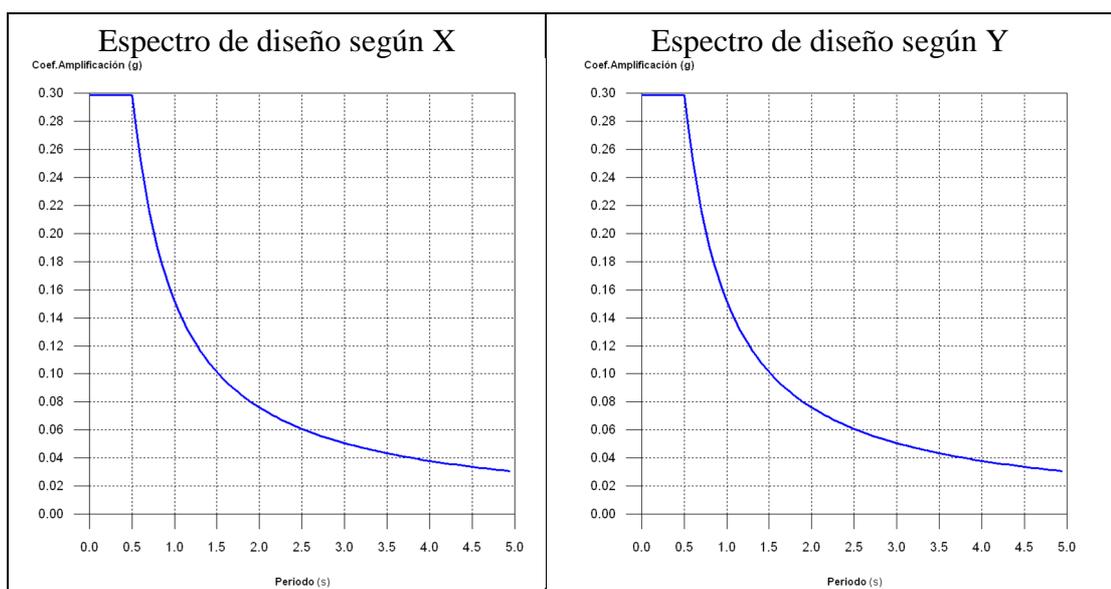


Figura 3.5: Espectro de diseño en dirección (X, Y) Tipo 2  
 Fuente: CYPE 2016. NEC-SE-DS 2014 (6.3.2)

La Justificación de la acción sísmica (Datos generales del sismo. Espectro de cálculo. Coeficientes de participación. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades en cada planta. Corrección por cortante basal, cortante sísmico combinado por planta), referirse al [Anexo 11](#)

### 3.2.3 Deriva de piso.

Desplazamiento lateral relativo de un piso en particular por la acción de una fuerza horizontal con respecto al piso consecutivo medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura, se calcula restando el desplazamiento del extremo superior y el desplazamiento del extremo inferior del piso. (NEC-SE, 2014)

Para el control de las derivas de piso se establece los siguientes valores:

Tabla 3.9: Derivas Máximas

Estructuras de:	$\Delta M$ máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0,02
De mampostería	0,01

Fuente: Elaboración propia- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-2014. Cap. 2.

El detalle de las derivas locales máximas de los pilares ( $d / h$ ) y las derivas totales máximas de los pilares ( $\Delta / H$ ) se muestran en el [Anexo 12](#)

### 3.2.4 Análisis de carga de viento:

Se considera que el viento ejerce presión en las estructuras, según la Norma Ecuatoriana de Construcción en el capítulo 1 “Materiales y Cargas” considera una velocidad mínima de 21m/s o 75km/h para una altura de 10 metros y establece un factor de corrección que depende de la altura y las características topográficas.

El Hospital Vicente Corral Moscoso se encuentra en una zona suburbana con edificación de baja altura, promedio hasta 10 m, a lo que le corresponde una categoría B.

Para el cálculo de la presión del viento se tiene la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times V_b^2 \times C_e \times C_f$$

Dónde:

- Densidad del aire  $\rho = 1.25 \text{ Kg/m}^3$
- Coeficiente de forma  $C_f = 1.5$
- Velocidad corregida del viento ( $V_b$ )

$$V_b = V \times \sigma \quad V = 21 \text{ m/s}$$

$\sigma$  = factor de corrección

Tabla 3.10: Factor de corrección  $\sigma$

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0,91	0,86	0,8
10	1	0,9	0,8
20	1,06	0,97	0,88
40	1,14	1,03	0,96
80	1,21	1,14	1,06
150	1,28	1,22	1,15

Fuente: Elaboración propia-Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-2014. Cap. 2.

Tabla 3.11: Coeficiente de entorno/ altura  $C_e$

Entorno del edificio	Altura elemento sobre nivel de suelo exterior (m)					
	3	5	10	20	30	50
Centro de grandes ciudades	1,63	1,63	1,63	1,63	1,68	2,15
Zonas urbanas	1,63	1,63	1,63	1,96	2,32	2,82
Zonas Rurales	1,63	1,63	1,89	2,42	2,75	3,2
Terreno abierto con obstáculos	1,64	1,93	2,35	2,81	3,09	3,47

Fuente: Elaboración propia- Internet

Tabla 3.12 Cálculo del viento

Altura	$V_b$ (m/s)	$V$ (m/s)	$\Sigma$	$P$ (N/m <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_e$	$C_f$
5	18,06	21	0,86	415,348959	1,25	1,63	1,25
10	18,9	21	0,9	454,884609	1,25	1,63	1,25
20	20,37	21	0,97	635,372128	1,25	1,96	1,25
40	21,63	21	1,03	847,990631	1,25	2,32	1,25

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-2014. Capítulo 2

Se ha determinado los valores de empuje de viento expuestas en las fachadas para cada planta. Se obtiene los valores en sus dos direcciones. Memoria técnica - Cargas de viento Anexo 13

### 3.3 Combinaciones de cargas:

Las combinaciones de cargas ayudan a establecer o simular las distintas situaciones a las que está expuesta una edificación, a la vez que ayuda a dimensionar cada uno de los elementos estructurales con el objetivo de que la estructura soporte dichas combinaciones. En las combinaciones interviene todas las cargas sean estas permanentes, variables o accidentales.

#### 3.3.1 Combinaciones básicas:

- $1.4 D$
- $1.2D + 1.6L + 0.5 \text{ máx. (Lr; S; R)}$
- $1.2D + 1.6 \text{ máx. (Lr; S; R)} + \text{máx. (L; 0.5W)}$
- $1.2D + 1.0W + L + 0.5 \text{ máx. (Lr; S; R)}$
- $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
- $0.9D + 1.0W$
- $0.9D + 1.0E$

Donde:

- D: Carga permanente.
- E: Carga de sismo.
- L: Sobrecarga (carga viva).
- Lr: Sobrecarga cubierta (carga viva).
- S: Carga de granizo.
- W: Carga de viento

Para las combinaciones 3, 4, 5  $L = 0.5 \text{ kN/m}^2$  si  $L_0 \leq 4.8 \text{ kN/m}^2$  (excepto para estacionamientos y espacios de reuniones públicas)

## CAPÍTULO 4

### MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA

En este capítulo se realizó dos representaciones digitales de la entidad hospitalaria:

- Una maqueta virtual del hospital en un modelo de información de construcción (BIM).
- Una modelación dinámica de la estructura que permite simular efectos sísmicos.

#### 4.1 Idealización del modelo de estructura hospitalaria

Para modelar la unidad hospitalaria se utilizó un programa BIM (*Building Information Modeling*) que “es una tecnología que se basa en modelar en tres dimensiones la edificación, incorporando la información necesaria para facilitar el diseño, la construcción y la operación de un proyecto” (Aguilar, 2012), además facilita la comunicación entre los actores de un proceso constructivo permitiendo crear y utilizar información coordinada y coherente.

El objetivo de la maqueta virtual es crear modelos inteligentes, donde se tenga una representación digital en 3d de las características físicas y funcionales de un edificio, en el cual se puede generar cambios al modelo y actualizar automáticamente toda la documentación.

En la maqueta virtual del Hospital Vicente Corral Moscoso, se muestra elementos constructivos como:

- Elementos estructurales: vigas, columnas, losas y cubiertas.
- Elementos arquitectónicos: paredes, techos, puertas, ventanas y muebles.

- Líneas vitales: Sistema de agua (caliente, fría y recirculación), gases medicinales (oxígeno, succión y vacío), desagües y ductos de vapor.

Todos estos elementos constituyen un modelo a escala real de la estructura hospitalaria que permite visualizar los espacios internos y vistas principales de los lugares donde se localizan problemas estructurales y arquitectónicos.

A continuación, se muestran láminas explicativas donde se exterioriza los daños específicos dentro de la entidad hospitalaria.

La maqueta virtual se detalla en el Anexo 14.



Elaboración propia: Maqueta virtual hospital Vicente Corral Moscoso.

Escala: Sin escala

Maqueta Virtual			UNIVERSIDAD DEL AZUAY
			FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
			Elaborado por: Adriana Fajardo G. Carla Vintimilla M.
			Escala : Las indicadas

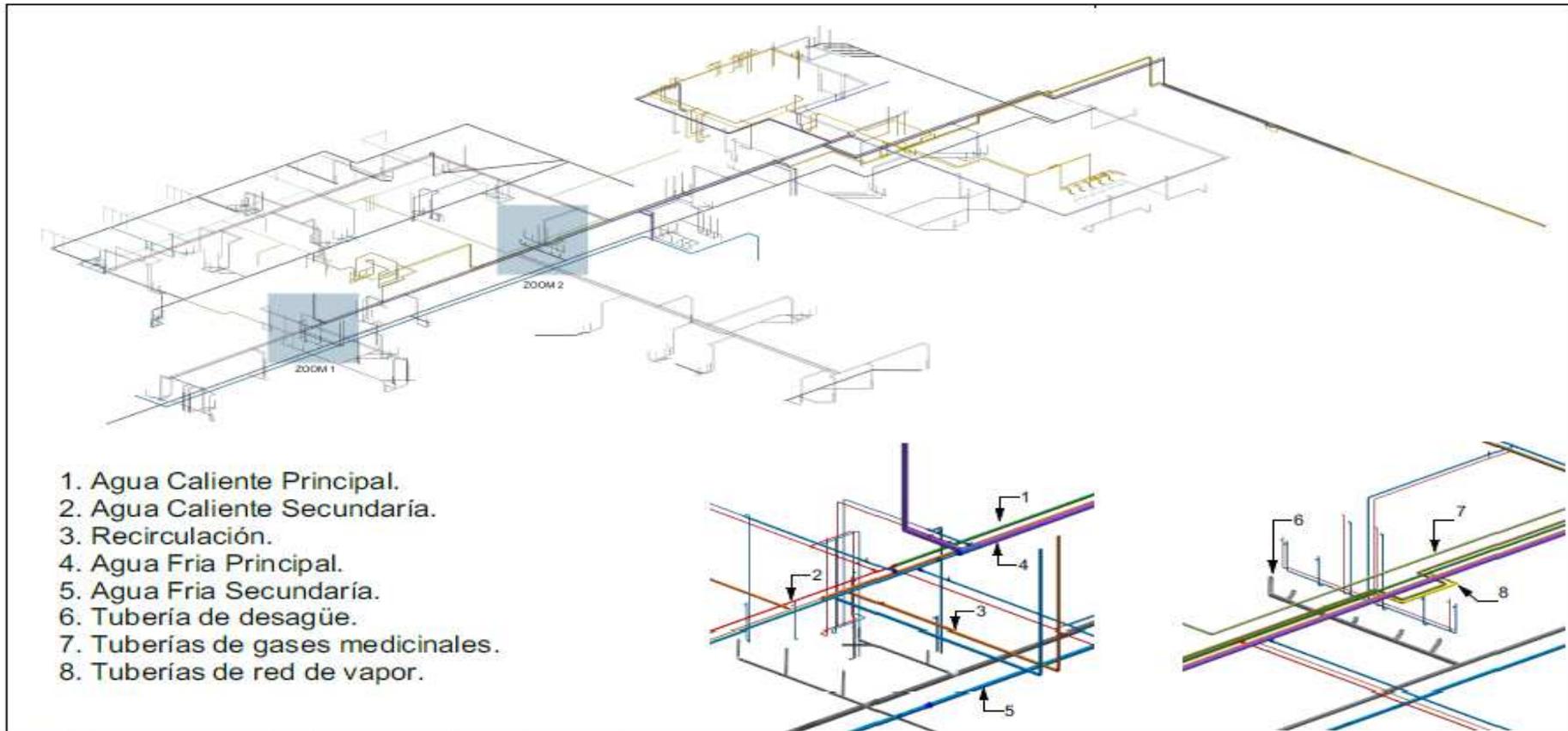
Figura 4.1: Maqueta Virtual, Render del Hospital Vicente Corral Moscoso



Elaboración propia: Maqueta virtual hospital Vicente Corral Moscoso.

Maqueta Virtual	1. Acceso a Consulta externa 2. Acceso a Emergencia 3. Acceso a Mantenimiento		UNIVERSIDAD DEL AZUAY
			FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
		Elaborado por: Adriana Fajardo G. Carla Vintimilla M.	
		Escala : Las indicadas	

Figura 4.2 Render Axonometría hospital Vicente Corral Moscoso



Elaboración propia: Maqueta virtual subsuelo hospital Vicente Corral Moscoso.

Escala: sin escala

<p>Maqueta Virtual</p>	<p>Maqueta virtual donde se detallan las líneas vitales del hospital.</p>	<div style="text-align: center;">  <p>UNIVERSIDAD DEL AZUAY                  FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA                  Elaborado por: Adriana Fajardo G.                  Carla Vintimilla M.</p> </div> <p>Escala : Las indicadas</p>
------------------------	---	---

Figura 4.3 Maqueta virtual- Render Líneas Vitales



Figura 4.4: Fisura en Mampostería

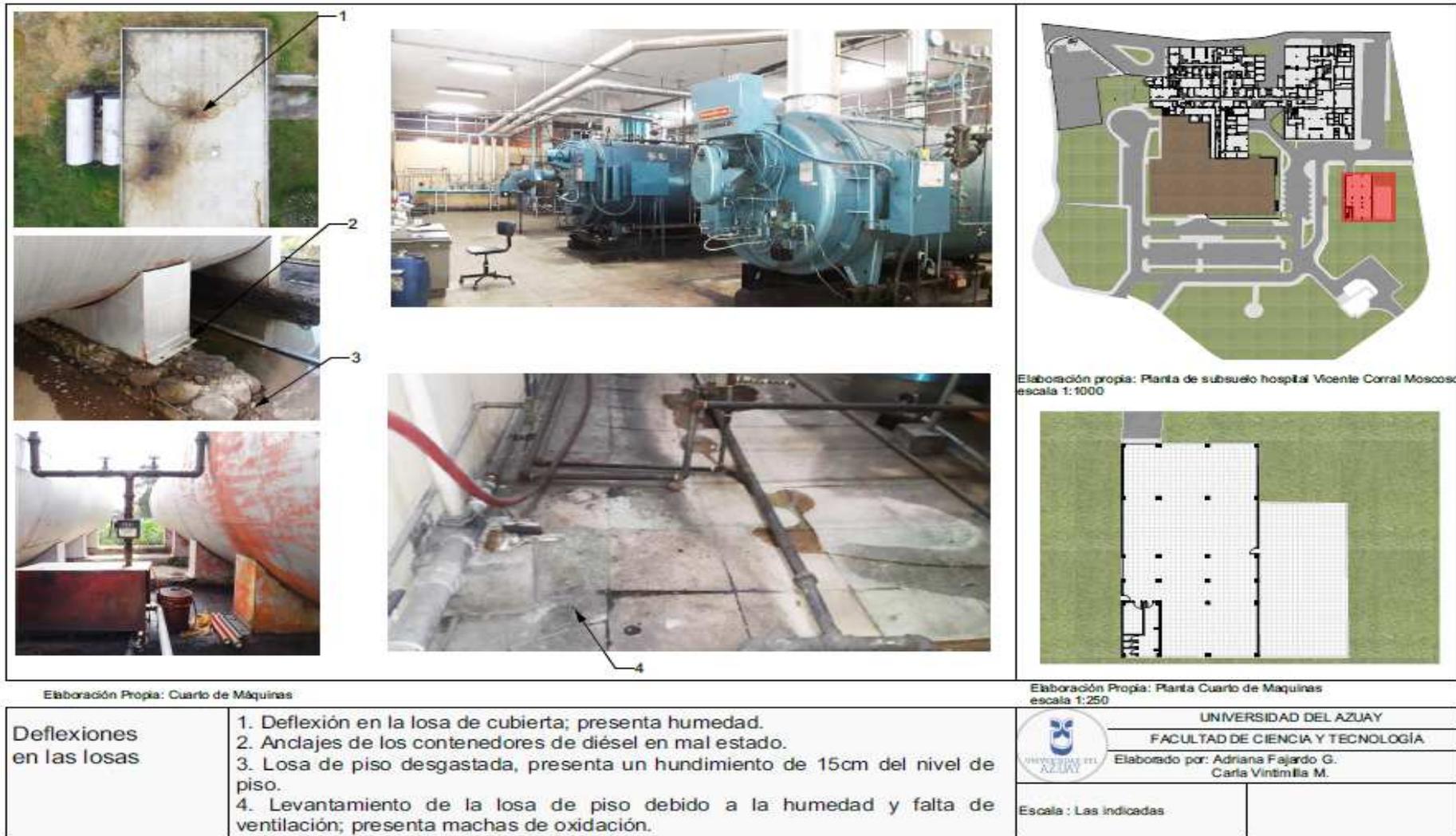


Figura 4.5: Deflexiones en Losa



Figura 4.6: Cocina en malas condiciones.

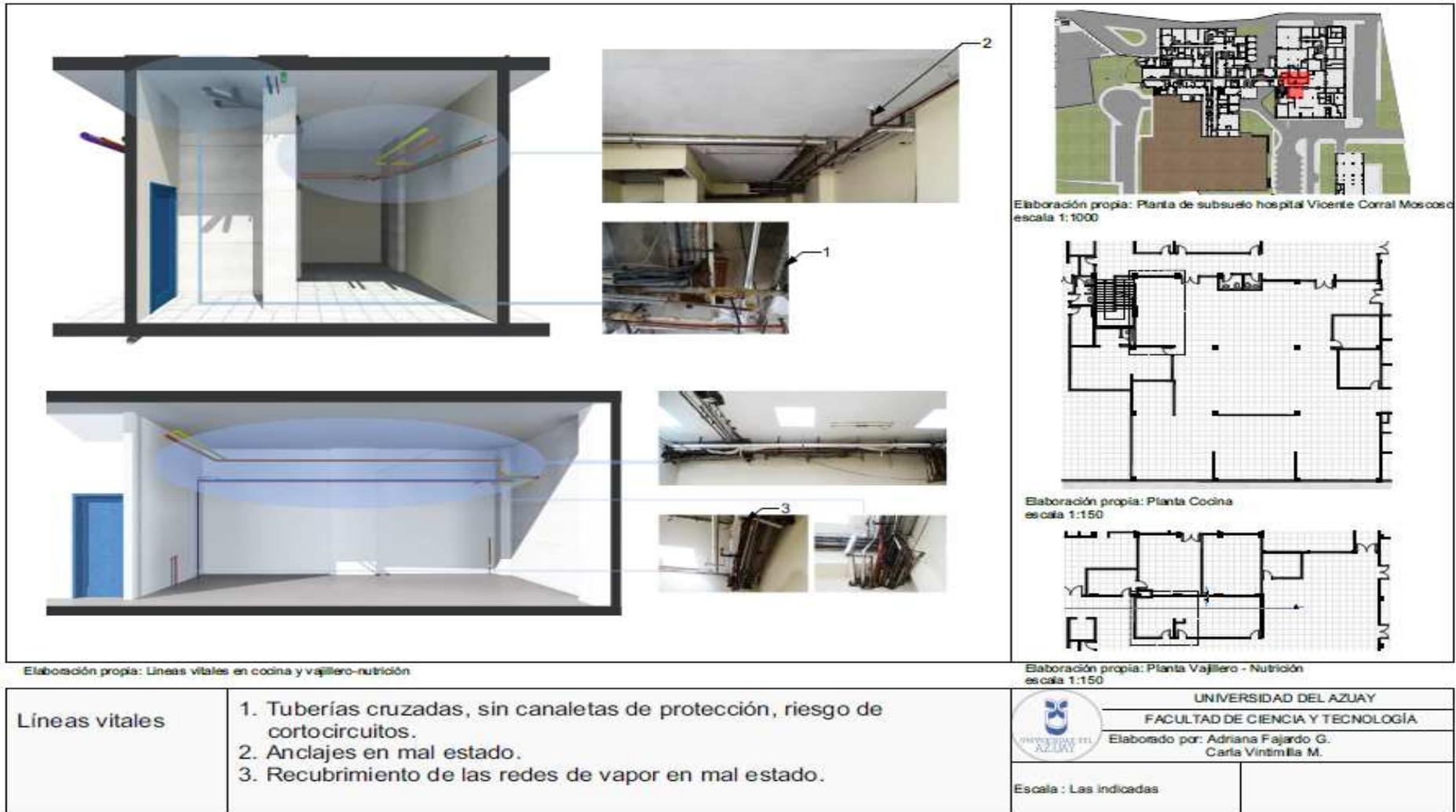


Figura 4.7: Tuberías de líneas vitales descubiertas.



Figura 4.8: Servicios Higiénicos.



Figura 4.9: Red de saneamiento.



Figura 4.10: Revestimiento en pisos no adecuado.



Figura 4.11: Humedad en paredes.



Figura 4.12: Humedad en cielos rasos.

## **4.2 Generación y modelación dinámica estructural del hospital en software especializado**

El modelado es un proceso mediante el cual se genera una idealización matemática que representa la conducta de la estructural en su medio real.

Para realizar el análisis estructural se considera aspectos como: la geometría de la estructura, las propiedades de los materiales, acciones y condiciones de apoyo, la magnitud y ubicación de cargas permanentes y variables.

Se determina las características de los elementos estructurales (vigas, columnas y losas) se realizaron ensayos no destructivos (END), donde se utilizó: esclerómetro, scanner y ultrasonido; el objetivo es determinar el estado geométrico, mecánico o químico del elemento analizado y detectar discontinuidades superficiales e internas en los materiales, soldaduras, componentes y partes fabricadas sin afectar su estructura o características.

Para realizar los ensayos se tomó una muestra patrón de los elementos, obteniendo información del acero de refuerzo (diámetro y espaciamiento) y las resistencias de vigas, losas y columnas; para generar un modelo actual en un software especializado y comparar los resultados de la modelación existente que contiene los armados reales de la estructura con la modelación implementando las especificaciones técnicas que establece la norma actual de construcción.

En el análisis de la estructura procedemos a la agrupación de cargas, el requisito es conocer todas las cargas máximas que se generan a lo largo de la vida útil de la edificación, considerando todos los fenómenos físicos que afectan a la estructura; la norma presenta varios criterios o combinaciones de carga, en el cual se toma el valor igual o mayor al efecto de las cargas incrementadas.

De los planos arquitectónicos se definen las plantas que se consideran en el modelo con sus respectivas cotas en elevación y del análisis de cargas, obtenemos los datos de agrupación de carga muerta y carga viva que se aplicara en cada nivel.

Representada la estructura por su modelo matemático idealizado y conocidas las acciones actuantes, el objetivo principal que se espera en el análisis es la determinación de valores confiables de su respuesta estática y dinámica a fin de proseguir con su diseño o con la verificación de las capacidades de sus elementos estructurales.

Para la modelación se utilizó el programa de Cálculo y Patología Estructural (CYPE 3D), que es software técnico para profesionales de Arquitectura, Ingeniería y Construcción, el desarrollo del programa incorpora tecnologías informáticas y la fiabilidad de los cálculos que está garantizado por la norma ISO-9001 Y 2000.

El programa incorpora métodos matriciales y de rigidez formando todos los elementos que definen a la estructura; permite introducir datos generales: hipótesis de carga, estados límites (combinaciones de acciones) y datos de acero (laminados o armados y conformados), el software implementa la normativa propia de cada país, para los diseños en Ecuador se utiliza:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-2014
- AISC “American Institute of Steel Construction”
- ACI 318-11 “Diseño de Estructuras de Concreto”
- ANSI/AISC 360 -10 “American National Standard Institute” para el diseño de estructuras de acero laminado.
- AISI – LRFD “Load and Resistance Factor Design” para el diseño de estructuras de acero conformado.

La versión del programa es 2016 y se utilizó la versión campus.

#### **4.1.1 Respuesta estructural**

Los parámetros más influyentes dentro de la ingeniería sísmica son rigidez, resistencia y ductilidad.

#### **4.1.1.1 Rigidez**

Es la capacidad que posee la estructura y sus elementos para soportar cargas sin alcanzar grandes desplazamientos o deformaciones. (Hernández, 2012)

Los factores que influyen la rigidez son:

- Propiedades físicas y mecánicas del material: módulo de elasticidad  $E$  y módulo de elasticidad al cortante  $G$ .
- Sección de elementos estructurales: Área, momento de flexión de inercia  $I$  y el momento de torsión de inercia  $J$ .
- Propiedades de los miembros estructurales: sección, altura y proporción dimensional.
- Propiedades de los nudos: los nudos alcanzan un alto valor de rigidez a medida que en él convergen más elementos estructurales.
- Sistema escogido: la rigidez de una estructura es una función del sistema utilizado para resistir las cargas de sismo, la distribución de la rigidez del miembro y el tipo de miembros verticales que asocian diafragmas horizontales. (Hernández, 2012)

#### **4.1.1.2 Resistencia**

Es la capacidad que posee un miembro o conjunto de miembros de soportar la acción de las fuerzas, se analiza resistencia axial, a la flexión y corte. (Hernández, 2012)

Los factores que influyen la resistencia son:

- Propiedades del material: relacionado con la resistencia específica, esta es la relación de la resistencia y el peso específico  $\sigma/ \gamma$
- Sección de elementos estructurales: el área de la sección transversal afecta la resistencia a fuerza axial y de corte, mientras que la capacidad de resistencia a la flexión y la torsión son influidas por el momento de inercia ( $I$ ) y el momento polar de inercia ( $J$ ).
- Propiedades de los miembros estructurales: generalmente las columnas poseen menor resistencia a la flexión y al corte y las vigas menor resistencia a la compresión.

- Propiedades de los nudos: bajo cargas sísmicas, se genera una alta inversión de esfuerzos de corte en la conexión viga-columna y la base de la columna. Debido a la rigidez de giro que se provoca por causa del desplazamiento combinado columna-viga, se aumentan los esfuerzos de compresión y tensión en los elementos.
- Sistema escogido: la resistencia lateral integral del sistema a un sismo no es la suma de la resistencia de sus elementos y de los nodos, es un arreglo donde se aprovechan las propiedades de cada elemento. La resistencia en los elementos estructurales se ve afectado por las cargas que soporta la estructura. (Hernández, 2012)

#### 4.1.1.3 Ductilidad

Es la capacidad de un material a deformarse más allá del rango elástico. Cuando la rigidez de un elemento se degrada pierde elasticidad y resistencia; la ductilidad permite que el elemento tenga la capacidad de deformarse un poco más de lo que su rigidez permite, evitando un colapso abrupto. (Hernández, 2012)

- Propiedades del material: la ductilidad de un material se caracteriza por deformaciones plásticas. La ductilidad de material ( $\mu_{\xi}$ ) se expresa como la relación de deformación última ( $\epsilon_{\mu}$ ) y deformación de fluencia ( $\epsilon_y$ )

$$\mu_{\xi} = \epsilon_{\mu} / \epsilon_y$$

- Sección de elementos estructurales: la sección transversal de los elementos estructurales sometidos a momentos de flexión se mide generalmente por la ductilidad de curvatura ( $\mu_x$ )

$$\mu_x = x_u / x_y$$

$x_u$  = Curvatura última

$x_y$  = Curvatura de fluencia

- Propiedades de los miembros estructurales: el comportamiento dúctil de los elementos estructurales se mide a través del factor de rotación ( $\mu_{\theta}$ ). El factor de ductilidad rotacional está dado por:

$$\mu_{\theta} = \Theta_x / \Theta_y$$

Dónde:

$\Theta_x$  = rotación última, esta rotación es directamente estimada desde la curvatura última  $x_u$

$\Theta_y$  = rotación de fluencia, esta rotación es directamente estimada desde la curvatura de fluencia  $x_y$

- Propiedades de los nudos: El nudo es crítico ante los requerimientos de carga horizontal y vertical, por lo que su capacidad de giro determina de buena manera la estabilidad de la estructura y depende de: dimensiones, cuantía de acero, adherencia, carga axial en columnas y presencia de losa y vigas transversales en los nodos de los marcos.
- Sistema escogido: la manera de medir la ductilidad general de una estructura bajo cargas horizontales de sismo son el desplazamiento o factor de ductilidad de desplazamiento ( $\mu_{\delta}$ ). (Hernández, 2012). Se define como:

$$\mu_{\delta} = \Delta_u / \Delta_y$$

Dónde:

$\Delta_u$  = desplazamiento último

$\Delta_y$  = desplazamiento de fluencia.

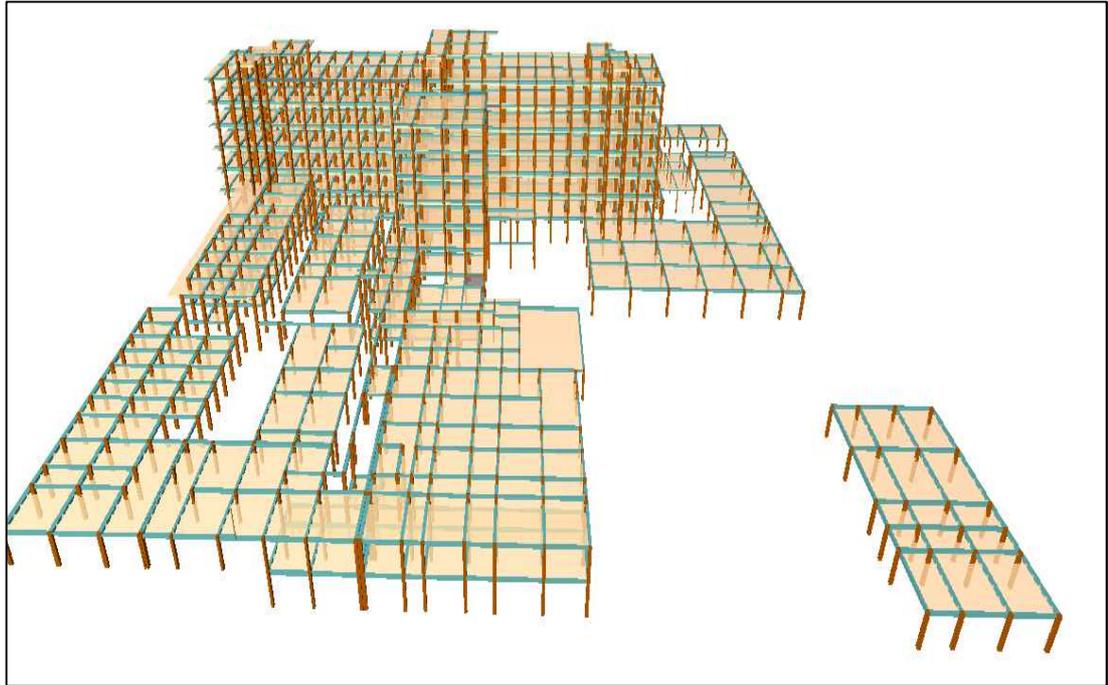


Figura 4.13: Modelo tridimensional de análisis del hospital Vicente Corral Moscoso  
Fuente: CYPE 2016.

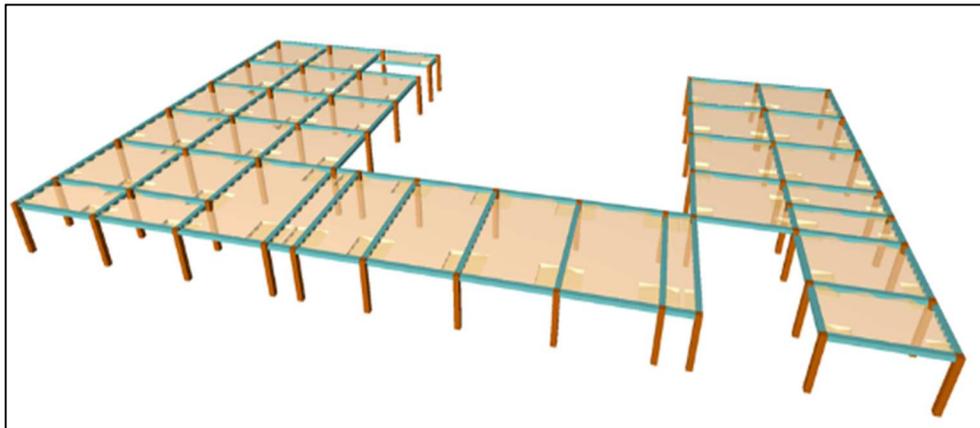


Figura 4.14: Modelo 1- Departamento de Mantenimiento



Figura 4.15: Modelo 2- Departamento de mantenimiento

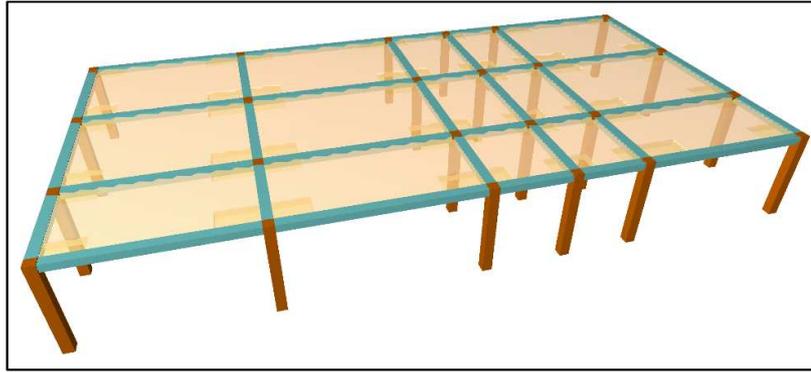


Figura 4.16: Modelo 3- Cuarto de maquinas

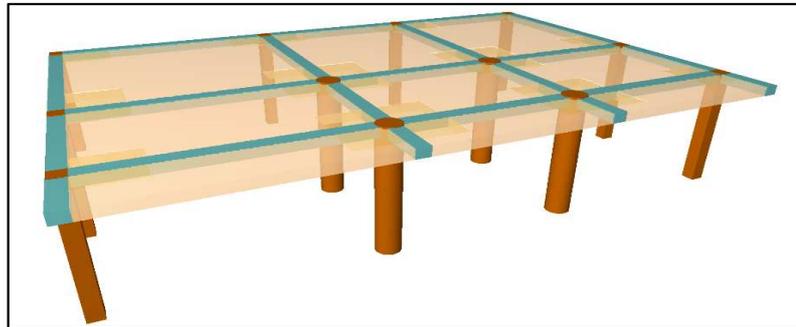


Figura 4.17: Modelo 4- Lavandería

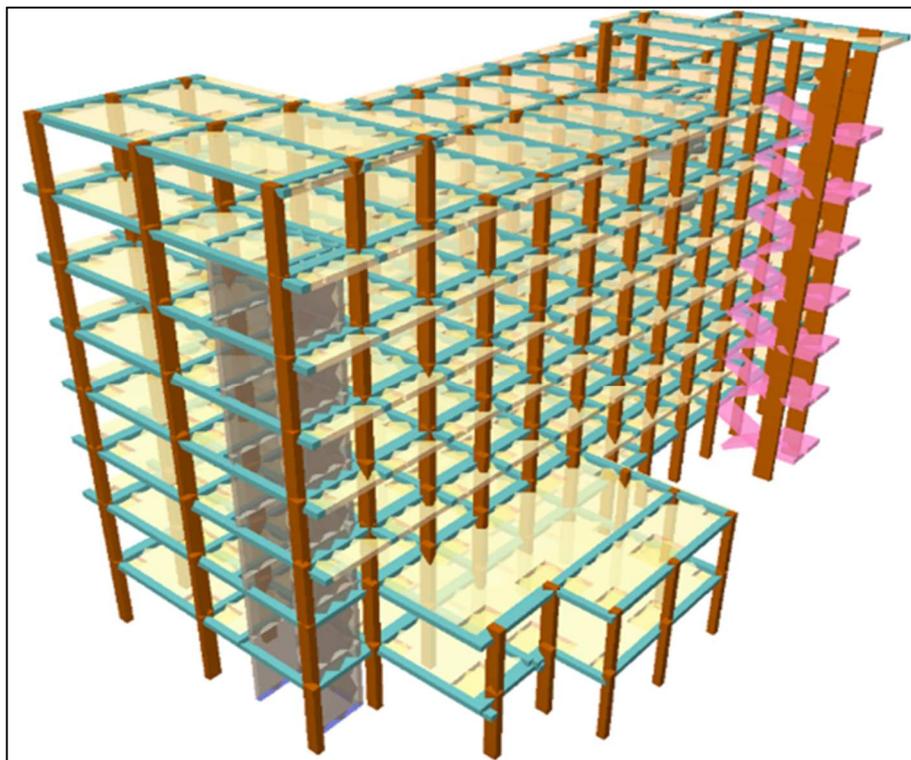


Figura 4.18: Modelo 5- Hospitalización (Parte 1)

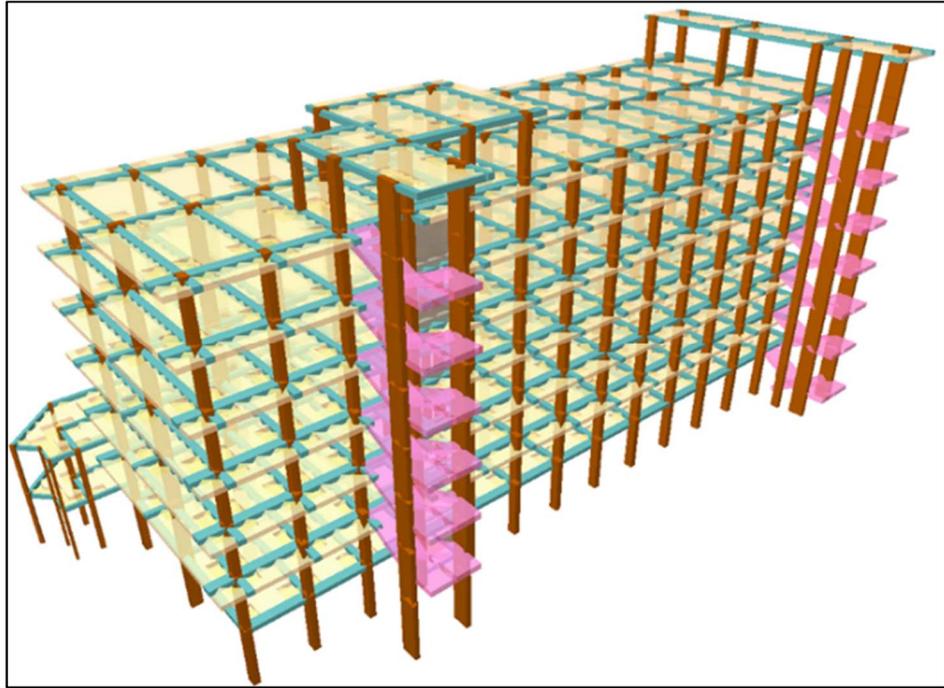


Figura 4.19: Modelo 6- Hospitalización (Parte 2)

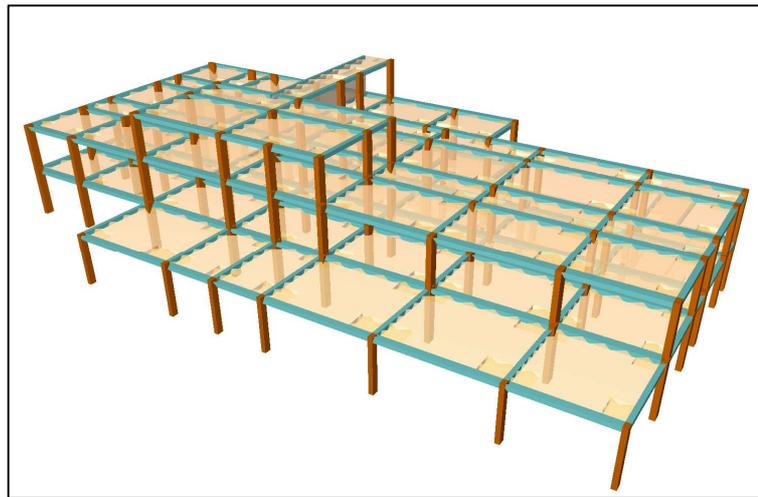


Figura 4.20: Modelo 7- Área de Emergencia

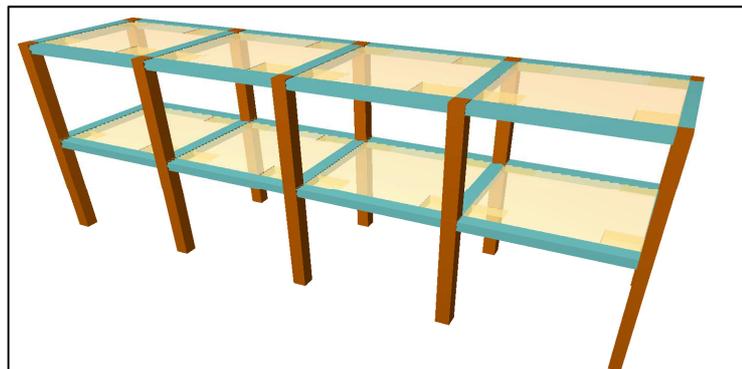


Figura 4.21: Modelo 8- Área de emergencia

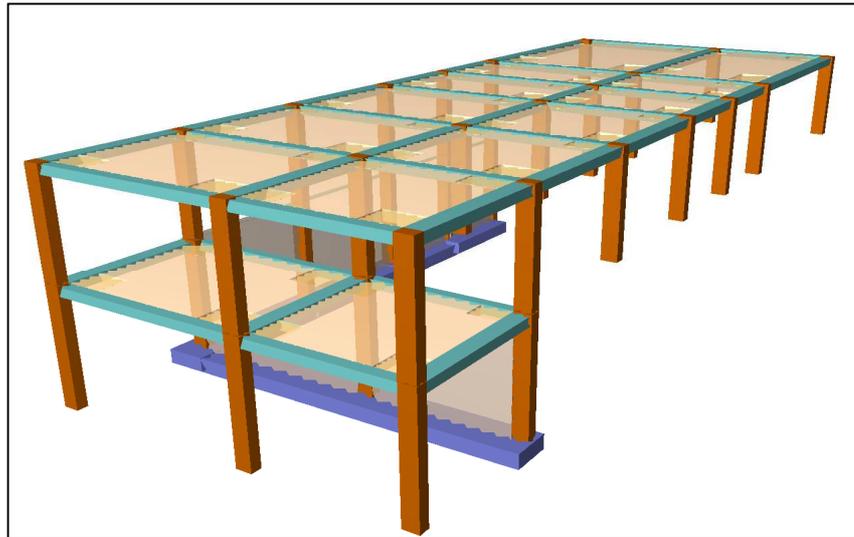


Figura 4.22: Modelo 9 - Consulta Externa

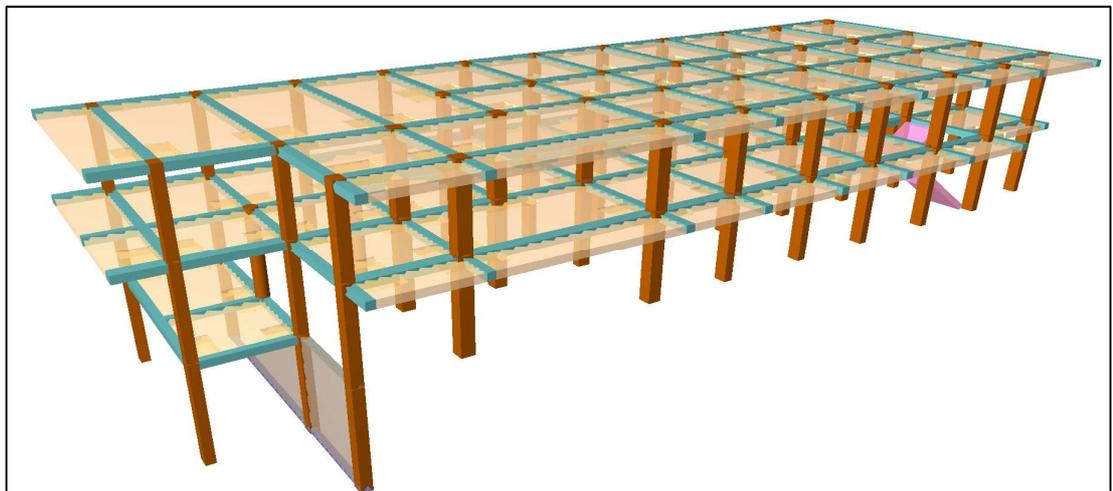


Figura 4.23: Modelo 10 - Consulta Externa

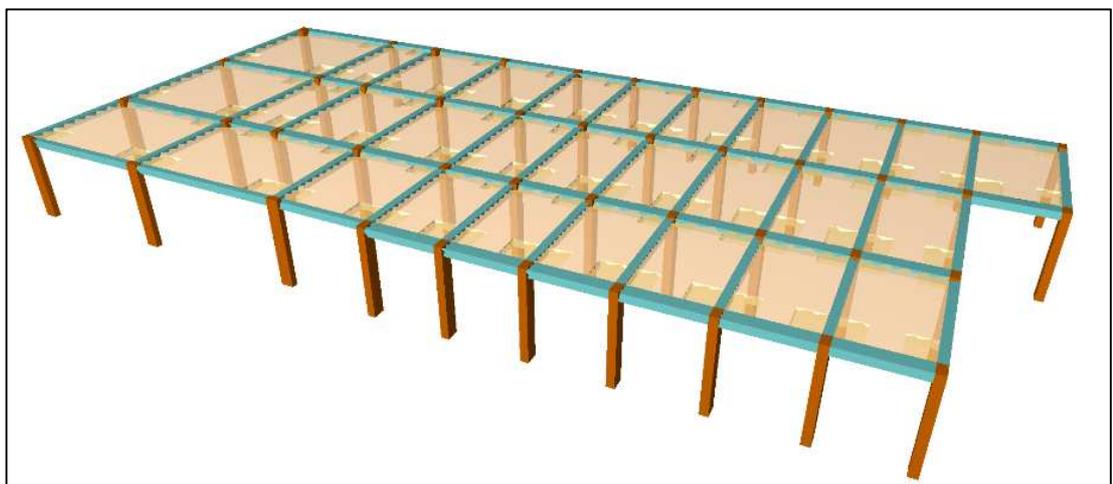


Figura 4.24: Modelo 11- Consultorios

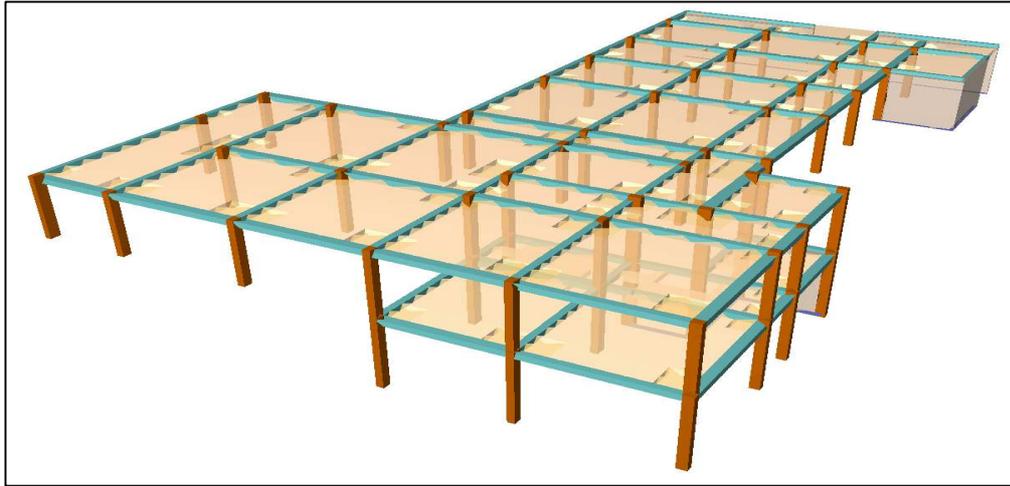


Figura 4.25: Modelo 12- Consulta Externa

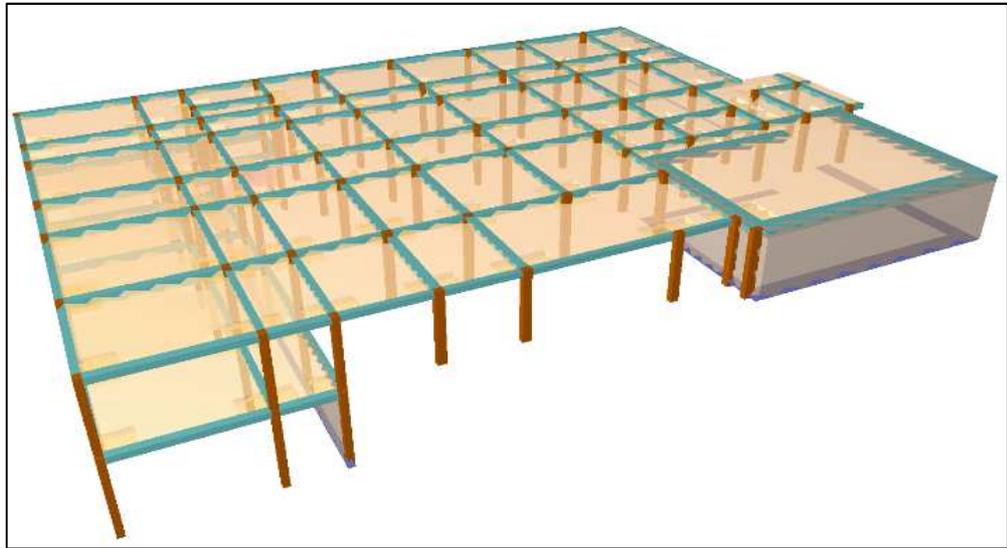


Figura 4.26: Modelo 13- Consulta externa



Figura 4.27: Modelo 14 - Auditorio

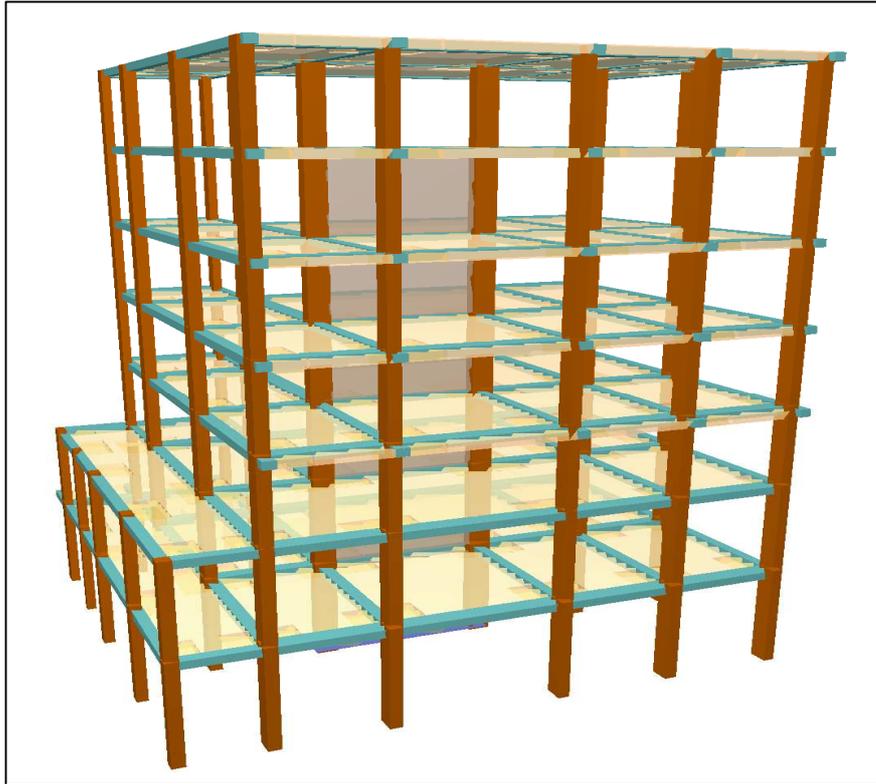


Figura 4.28: Modelo 15- Hospitalización

#### 4.1.2 Diseño por capacidad

El método se basa en la jerarquía en la resistencia de los elementos que conforman el sistema estructural para permitir la formación de un adecuado mecanismo de falla (deformación plástica), evitando la ocurrencia de fallas frágiles. (Salas, 2008)

Las rótulas plásticas se determinan en ciertas zonas de la estructura y su función es disipar la energía en forma dúctil y estable.

Se debe señalar las siguientes puntualizaciones:

- Se considera que un edificio se comportará inelásticamente ante un sismo severo (sismo de diseño).
- Las partes de la estructura que entran al rango inelástico deben localizarse en las vigas y no en las columnas; es decir, debe prevalecer el criterio de viga débil - columna fuerte.
- Las fuerzas en las rótulas (nudo) dependen de las armaduras en dichas zonas. En un diseño sismo resistente primará el concepto de “capacidad”.

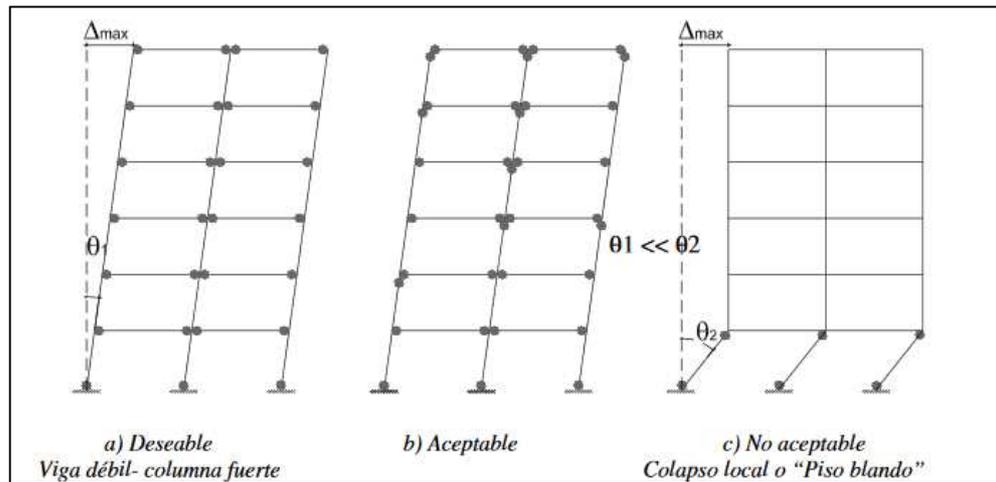


Figura 4.29: Mecanismo de colapso en edificios de varios niveles

Fuente: [cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/760/1/burgos\\_nm](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/760/1/burgos_nm).

En una estructura constituida por un sistema aporticado de columnas y vigas, es imprescindible que la rotura inelástica se de en la viga y no en las columnas para evitar el fallo de la estabilidad global.

Entonces se debe:

- Garantizar un comportamiento inelástico confiable (rotación inelástica)  
En todos los elementos estructurales y ante todas las situaciones de carga, la capacidad a cortante tiene que ser mayor a la capacidad por flexión.
- El comportamiento inelástico se presente en las vigas, fuera de los nudos.  
Las capacidades mínimas a flexión de las columnas deben ser mayores que las capacidades máximas a flexión de la viga (columna fuerte -viga débil) para que las rótulas inelásticas se presenten en vigas y no en columnas.

En ambos casos las capacidades son nominales y el objetivo es establecer que elemento (viga o columna) entra en fluencia primero.

## 4.2 Esfuerzos últimos

El esfuerzo último o estado límite corresponde a las máximas sollicitaciones que pueden resistir los miembros estructurales sin llegar a alcanzar las condiciones de inseguridad tales como: rotura frágil, fisuración excesiva, pandeo, rotaciones admisibles, fatiga, vibraciones o pérdidas de funcionalidad y equilibrio.

El método consiste en proyectar la estructura de tal manera que alcance situaciones límites, radica en comprobar que la resistencia de diseño de un elemento sea mayor o igual que la resistencia requerida calculada a partir de las cargas y fuerzas mayoradas.

Resistencia de diseño  $\geq$  Resistencia requerida

La resistencia de diseño es igual a la resistencia nominal multiplicada por el factor de reducción de resistencia  $\phi$ ; y la resistencia requerida, es la resistencia que un elemento o una sección transversal debe poseer para resistir las cargas mayoradas, momentos mayorados y fuerzas internas combinadas. (Hernández, 2012)

Los factores de reducción para los siguientes casos son:

Tabla 4.1 Valores de factor de reducción para diferentes casos

CASO	$\phi$
Sección controlada por tracción	0.9
Cortante y torsión	0.75
Aplastamiento, excepto para anclajes de postensado y modelos puntual- tensor	0.65
Modelo puntual tensor	0.75
Zona de anclaje postensado	0.85

Fuente: Elaboración propia basado en la ACI-318-11

Los estados límites se clasifican en:

- Estado límite último (E.L.U.)
- Estado límite de servicio (E.L.S.)

#### 4.2.1 Estado límites últimos (E.L.U.)

Están asociados al colapso u otras formas de fallo producidas por las cargas factorizadas que actúan en la estructura; que un E.L.U. sea sobrepasado es extremadamente peligroso ya que puede provocar considerables daños materiales, por lo tanto, este estado garantiza el no fallo parcial o total de la estructura.

Los estados límites últimos que deben considerarse son:

- Pérdida de equilibrio de la estructura o de una parte de la misma, considerada como cuerpo rígido.
- Fallo por deformación excesiva, rotura o inestabilidad de la estructura o de una parte de la misma, incluso sus cimentaciones.

#### **4.2.2 Estados límites de servicio (ELS):**

Son estados que se relacionan con la funcionalidad de la estructura que al ser rebasados no cumplen los criterios de servicio especificado, produciendo pérdida de funcionalidad o deterioro de la edificación.

Los estados límites de servicio que se incluyen son:

- Deformaciones que puedan afectar a la apariencia o al uso de la estructura o causar daños a los acabados o a elementos no estructurales.
- Vibraciones que molesten a las personas, dañen al edificio o limiten su funcionalidad.

En el software CYPE los estados límite últimos se definen para la comprobación y dimensionado de secciones.

El programa genera automáticamente los coeficientes parciales de seguridad y define un conjunto de combinaciones, los cuales son seleccionados para cada cálculo y depende de la norma a aplicar. Para la comprobación y dimensionamiento de secciones será habitual indicar los grupos de combinaciones, para hormigón, aceros laminados, armados, conformados, madera y aluminio.

Por lo tanto, el programa comprueba los siguientes estados:

- **E.L.U. de rotura.** Hormigón. Dimensionado de secciones.
- **E.L.U. de rotura.** Hormigón en cimentaciones. Dimensionado de secciones.
- **Tensiones sobre el terreno.** Comprobación de tensiones en el terreno.
- **Desplazamientos.** Para la obtención de desplazamientos máximos.
- **E.L.U. de rotura. Acero laminado y armado.** Dimensionado de secciones
- **E.L.U. de rotura. Acero conformado.** Dimensionado de secciones.

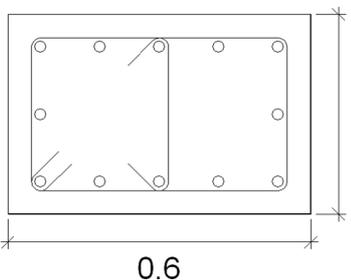
- **E.L.U. de rotura. Madera.** Dimensionado de secciones.
- **E.L.U. de rotura. Aluminio.** Dimensionado de secciones. (CYPECAD, 2016)

### 4.3 Comprobación del diseño de los diferentes miembros estructurales

Tras haber finalizado el diseño de la unidad hospitalaria en el programa, se realiza el análisis comparativo de los elementos estructurales de los datos determinados con los ensayos no destructivos y la norma actual de construcción

- **Columnas:** se presenta el análisis comparativo de la columna tipo más desfavorable.

Tabla 4.2: Datos generales de la columna tipo.

Datos del pilar		
	Geometría	
	Dimensiones: 60x40cm Altura libre: 2.90m Recubrimiento geométrico: 4cm Tamaño máximo de agregado: 15mm Tamaño máximo de agregado	
	Materiales	
	Longitud de pandeo	
	Hormigón: $f'c=210$ Acero: Grado 60 (Latinoamérica)	Plano Plano ZX ZX Plano ZX: 2.90m Plano ZY: 2.9m
	Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina: 4Ø22 Cara X: 6Ø22 Cara Y: 2Ø22 Cuantía: 1.90 %	Estribos: 1eØ14+Y1rØ14 Separación: 10cm	

Fuente: Cype- 2016

Tabla 4.3 Listado de comprobaciones columna tipo.

COTAS	Dimensiones		Armado	Disposiciones relativas a la armadura				Armadura		Cortante (ACI-318M-11)			
	b	h	$\phi$	$\phi$ Long.	$\phi$ Estribos	S. long.	S. estribos	$A_{st} \geq 0.01$	$A_{st} \leq 0.08$	No sísmica	Sísmica	S. Estribos	Cuantía
				$S1 \geq S_{min}$	$S1 \geq S_{min}$	$S1 \leq S_{max}$	$\phi 10 \leq d \leq 32$					$S \leq S_{max}$	$A_v \geq A_{v \min}$
20.360 - 23.560	60	40	12 $\phi$ 22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17.160 - 20.360	60	40	12 $\phi$ 22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13.960 - 17.160	60	40	12 $\phi$ 22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10.760 - 13.960	60	40	12 $\phi$ 22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7.560 - 10.760	60	40	12 $\phi$ 22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3.960 - 7.560	60	40	12 $\phi$ 22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.00 - 3.960	60	40	12 $\phi$ 22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Agotamiento a solicitaciones normales								Criterio de diseño por sismo (ACI-318M-11)									
Comb. No sísmica				Comb. Sísmicas				Geometría		$\phi$ Long.		$\phi$ Estribos		S. Est	S. Ganchos.		
$n1$	$n2$		Pu	$n1$	$n2$		Pu	$b \geq 300 \text{ mm}$	$b/h \geq 0.4$	$A_s \geq 0.01 A_g$	$A_s \leq 0.06 A_g$	$x$	$y$	$S_o \leq S_{omax}$	$h_x \leq 350 \text{ mm}$	$h_y \leq 350 \text{ mm}$	
	x	y			x	y											
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

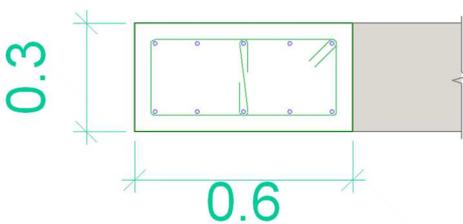
Criterio de diseño por sismo (NEC-2014)										Resistencia mín a flexión (AC-318M-11)				
Flexocompresión			Cuantía max.			Confinamiento				Resist. Mín	Direccion de la acción sísmica			
Total	b	c	d	$\geq 0.01$	$\leq 0.03$	$A1 \leq A_{shx}$	$A1 \geq A_{shy}$	$S < 6bd$	$S \leq 350$	$M_n \geq 1.2 M_{nb}$	S+	S-	S+	S-
✗	⚠	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
✗	⚠	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✗	⚠	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✗	⚠	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗
✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗
✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗

Cortante (ACI-318M-11)		Refuerzo principal (NEC-2014)								Flexocompresión(NEC-2014)	
$\phi V_n > V_e$		$M_{cp} \leq \phi_s * M_n$								$\phi_s V_n \geq \phi_{ve} + 0.1 \mu V_e$	
x	y	sx(X)		SY(X)		SX(Y)		SY(Y)		X	Y
		S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-		
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓
✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia basado en los resultados de Cype-2016

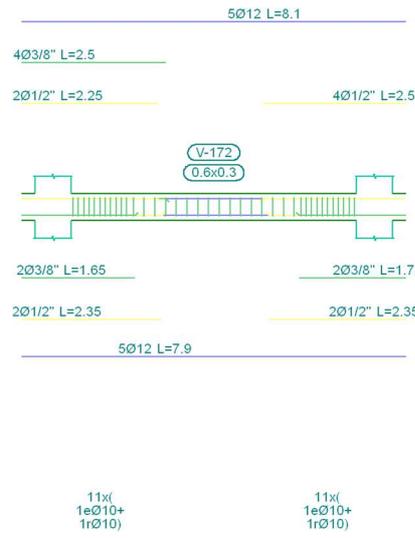
- **Vigas:** Se presenta el análisis comparativo de la viga tipo más desfavorable.

Tabla 4.4: Datos generales de la viga tipo.

Datos de la viga		
	Geometría	
	Dimensiones: 0.6x0.3 Recubrimiento geométrico superior: 4.0 cm Recubrimiento geométrico inferior: 4.0 cm Recubrimiento geométrico lateral: 4.0 cm	
	Armadura longitudinal	Armadura transversal
	Arm. montaje superior: 5Ø12 Arm. montaje inferior: 5Ø12	Estribos: 1eØ10 Ramas: 1rØ10 Separación: c/0.12
	Materiales	
Hormigón: f'c=210 Armadura longitudinal: Grado 60 (Latinoamérica) Armadura transversal: Grado 60 (Latinoamérica)		

Fuente: Cype- 2016

Tabla 4.5: Datos generales de la viga tipo completa

Datos de la viga		
	Geometría	
	Dimensiones: 0.6x0.3 Luz libre: 3.2 m Recubrimiento geométrico superior: 4.0 cm Recubrimiento geométrico inferior: 4.0 cm Recubrimiento geométrico lateral: 4.0 cm	
	Materiales	
	Hormigón: f'c=210 Armadura longitudinal: Grado 60 (Latinoamérica) Armadura transversal: Grado 60 (Latinoamérica)	

Fuente: Cype – 2016

Tabla 4.6: Resumen de comparaciones de resistencia viga tipo.

Vano	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (ACI 318M-11)						Estado
	Disp.	Arm.	Q	Q S.	N,M	N,M S.	
V-172: BC66 - BC71	Cumple	Cumple	'2.351 m' h = 2.2	'0.000 m' h = 40.6	'3.017 m' h = 11.5	'BC66' h = 73.5	<b>Error</b>
	T <sub>c</sub>	T <sub>st</sub>	T <sub>sl</sub>	TNM <sub>x</sub>	TV <sub>x</sub>	TV <sub>y</sub>	
	'3.200 m' h = 106.2	'3.151 m' h = 54.9	'1.084 m' h = 41.2	'0.000 m' h = 87.7	N.P. <sup>(1)</sup>	'3.151 m' Error <sup>(1)</sup>	
	TV <sub>xSt</sub>	TV <sub>ySt</sub>	T,Disp. <sub>sl</sub>	T,Disp. <sub>st</sub>	T,Geom .sl	T,Arm. <sub>st</sub>	
	N.P. <sup>(1)</sup>	'0.000 m' Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	
	Sism.	Disp. S.	Cap. H	Cap. S			
	'1.084 m' Cumple	'0.000 m' Cumple	'2.617 m' Cumple	'2.617 m' Cumple			

Fuente: Cype – 2016

Tabla 4.7: Resumen de comprobaciones de fisuración viga tipo.

Vano	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (ACI 318M-11)				Estado
	SC,sup.	SC,Lat.Der.	SC,inf.	SC,Lat.Izq.	
V-172: BC66 - BC71	x: 3.2 m Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.617 m Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	<b>CUMPLE</b>

Fuente: Cype – 2016

Tabla 4.8: Resumen de comprobaciones de flecha viga tipo.

Viga	Activa (Característica)	Estado
	$f_{A,máx} \leq f_{A,lím}$	
	$f_{A,lím} = L/480$	
V-172: BC66 - BC71	$f_{A,máx}$ : 0.17 mm	<b>CUMPLE</b>
	$f_{A,lím}$ : 6.67 mm	

Fuente: Cype - 2016

- **Diseño por capacidad**

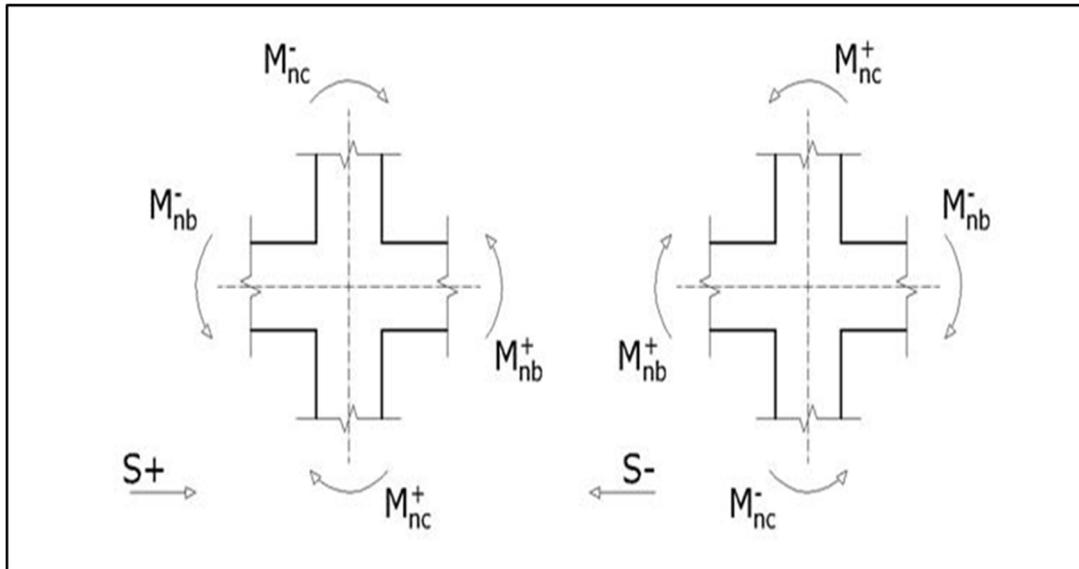


Figura 4.30: Representación de los momentos nominales a flexión.  
Fuente: CYPE-2016

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \cdot \sum M_{nb}$$

(ACI 318M-11) (Artículo 21.6.2.2)

Donde:

$\sum M_{nc}$ : Suma de los momentos nominales a flexión de las columnas.

$\sum M_{nb}$ : Suma de los momentos resistentes nominales a flexión de las vigas

Dirección y sentido de la acción sísmica	Sismo X		Sismo Y	
	S+	S-	S+	S-
$\Sigma M_{nc}$ (t·m)	31.34	31.34	24.93	24.93
$\Sigma M_{nb}$ (t·m)	18.21	16.61	11.88	14.78
(*): pésimo	✓	✓	✓	✓

- **Cortante basal:** A continuación, se muestra el análisis del cortante basal en el edificio principal de la entidad hospitalaria.

Tabla 4.9: Cortante Basal Dinámico por dirección e hipótesis sísmica en el eje X,Y

<b>Cortante basal dinámico por dirección e hipótesis sísmica en el eje X-Y</b>				
<b>Hipótesis modal</b>	<b>Hipótesis sísmica (X)</b>		<b>Hipótesis sísmica (Y)</b>	
	<b>Sismo (X)</b>		<b>Sismo (Y)</b>	
	<b>V<sub>x</sub> (t)</b>	<b>V<sub>d,x</sub> (t)</b>	<b>V<sub>y</sub> (t)</b>	<b>V<sub>d,y</sub> (t)</b>
Modo 1	152,8089	280,5879	24,2165	446,5835
Modo 2	178,5005		19,3305	
Modo 3	58,5577		423,1730	
Modo 4	31,9914		3,8233	
Modo 5	0,3397		1,0926	
Modo 6	0,7587		22,9166	
Modo 7	49,9284		4,8984	
Modo 8	5,0313		18,9708	
Modo 9	5,221		56,2173	
Modo 10	7,4242		0,3774	
Modo 11	8,2608		0,0166	
Modo 12	5,6837		6,9149	
Modo 13	6,4628		36,8531	

Fuente: Elaboración propia - Informe de Justificación sísmica Cype -2016

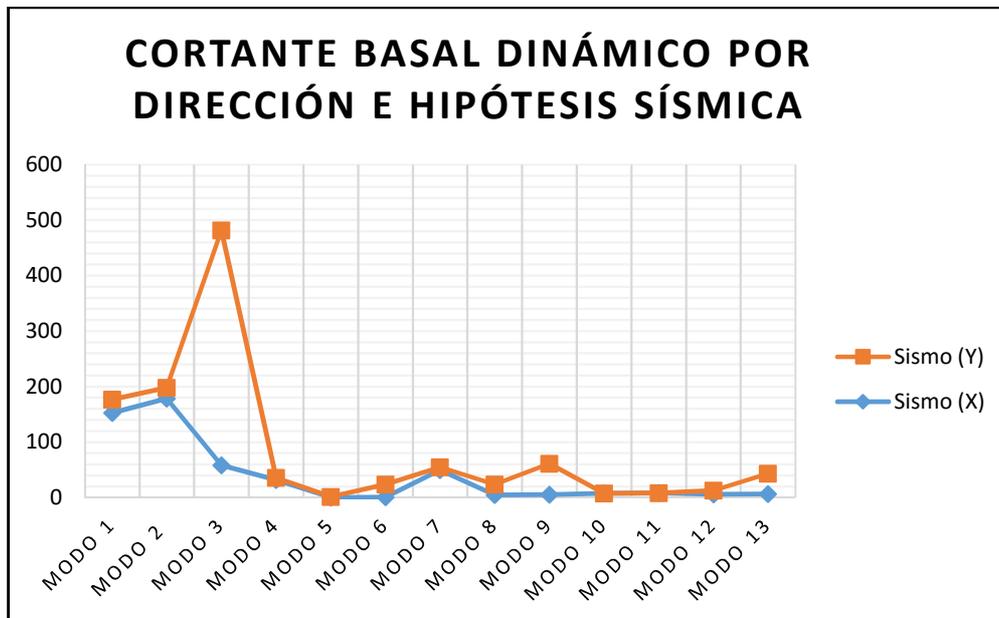


Figura 4.31: Cortante basal dinámico por dirección e hipótesis sísmica.

- **Derivas de piso:** A continuación, se muestra el análisis de las derivas de piso en el edificio principal de la entidad hospitalaria.

Tabla 4.10: Desplome local máximo de los pilares

Desplome local máximo de los pilares (d/h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Story (22.90)	1/852	1/336	1/32	1/41
Story (19.60)	1/762	1/294	1/30	1/68
Story (16.40)	1/1000	1/441	1/29	1/62
Story (13.20)	1/2462	1/1334	1/29	1/49
Story (10.00)	1/2910	1/681	1/23	1/39
Story (6.80)	1/1143	1/327	1/20	1/34
Story (3.60)	1/948	1/282	1/19	1/31
Planta Baja	1/1722	1/582	1/31	1/49

Fuente: Informe de Justificación sísmica Cype-2016

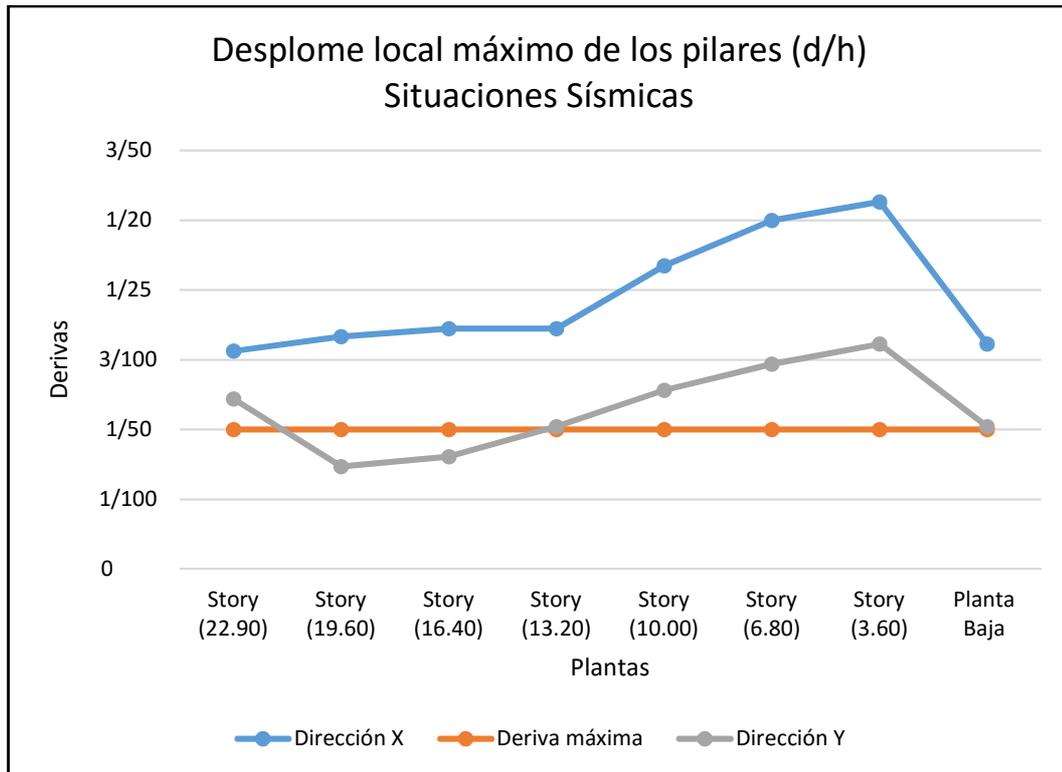


Figura 4.32: Desplome local máximo de los pilares (Situaciones sísmicas)

## CAPÍTULO 5

### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Después de haber analizado todos los conceptos que incorpora el programa computacional utilizado para la modelación dinámica, se realizó la interpretación de los resultados obtenidos.

Se analizaron los 15 modelos donde se tomó columnas tipo representativas de diferentes dimensiones. Modelos dinámicos tridimensionales referirse al Anexo 15.

Se analizó y comprobó cada uno de los parámetros que utiliza el programa a sabiendas que en estas se encuentran implícitas el comportamiento de la estructura en un evento de sismo y por tanto su vulnerabilidad sísmica.

#### **5.1 Depuración e interpretación de los resultados obtenidos de la modelación**

En las siguientes tablas se muestra la depuración realizada en cada una de las columnas tipo y su comprobación con la Normativa ACI-318M-11 Y Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-2014)

Tabla 5.1: Comprobaciones en columnas.

<b>COMPROBACIONES EN COLUMNAS</b>								
<b>DIMENSIÓN (cm)</b>	<b>60x40</b>	<b>35x65</b>	<b>50x70</b>	<b>35X70</b>	<b>65x65</b>	<b>65x40</b>	<b>35x50</b>	<b>40x40</b>
<b>PARÁMETROS</b>	<b>BC84</b>	<b>AR65</b>	<b>BK49</b>	<b>BA71</b>	<b>BR49</b>	<b>BK44</b>	<b>Y20</b>	<b>BK93</b>
Armadura longitudinal	Cumple							
Estribos	Cumple							
Armadura mínima y máxima	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (ACI 318M-11)	Cumple							
Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas) (ACI 318M-11)	Cumple							
Separación armaduras transversales	Cumple							
Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal	Cumple							
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (ACI 318M-11)	Cumple							
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas) (ACI 318M-11)	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
<b>Criterios de diseño por sismo (ACI 318M-11)</b>								
Geometría	Cumple							
Armadura longitudinal	Cumple							
Armadura transversal	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
<b>Criterios de diseño por sismo (NEC-2014)</b>								
Elementos en flexo compresión	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple
Cuantía máxima de refuerzo longitudinal	Cumple							
Confinamiento	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Resistencia mínima a flexión	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Cortante de diseño para columnas (ACI-318M-11)	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Diseño del refuerzo principal (NEC-2014)	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Resistencia a cortante de elementos en flexocompresión (NEC-2014)	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

<b>COMPROBACIONES EN COLUMNAS</b>								
<b>DIMENSIÓN (cm)</b>	<b>60X35</b>	<b>40x30</b>	<b>30x65</b>	<b>45x30</b>	<b>60x30</b>	<b>30X50</b>	<b>50x50</b>	<b>50x25</b>
<b>PARÁMETROS</b>	<b>BH44</b>	<b>A40</b>	<b>AE50</b>	<b>BP39</b>	<b>BV44</b>	<b>R10</b>	<b>BG10</b>	<b>A23</b>
Armadura longitudinal	Cumple							
Estribos	Cumple							
Armadura mínima y máxima	Cumple							
Estado límite de agotamiento frente a cortante ( combinaciones no sísmicas) (ACI 318M-11)	Cumple							
Estado límite de agotamiento frente a cortante ( combinaciones sísmicas) (ACI 318M-11)	Cumple	No Cumple						
Separación armaduras transversales	Cumple			Cumple	Cumple			Cumple
Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal				Cumple	Cumple			Cumple
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales ( combinaciones no sísmicas) (ACI 318M-11)	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales ( combinaciones sísmicas) (ACI 318M-11)	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
<b>Criterios de diseño por sismo (ACI 318M-11)</b>								
Geometría	Cumple	No Cumple						
Armadura longitudinal	Cumple							
Armadura transversal	No Cumple							
<b>Criterios de diseño por sismo (NEC-2014)</b>								
Elementos en flexo compresión	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
Cuantía máxima de refuerzo longitudinal	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Confinamiento	No Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Resistencia mínima a flexión	No Cumple	Cumple	No Cumple					
Cortante de diseño para columnas (ACI-318M-11)	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
Diseño del refuerzo principal (NEC-2014)	No Cumple	Cumple						
Resistencia a cortante de elementos en flexocompresión (NEC-2014)	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
DIMENSIÓN (cm)	40x50	35x40	35x35	20x20	110x30	35x30	30x20	45x35
PARÁMETROS	BS10	BA66	B16	BH88	AT79	BS49		
Armadura longitudinal	Cumple							
Estribos	Cumple							
Armadura mínima y máxima	Cumple							
Estado límite de agotamiento frente a cortante ( combinaciones no sísmicas) (ACI 318M-11)	Cumple							
Estado límite de agotamiento frente a cortante ( combinaciones sísmicas) (ACI 318M-11)	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
Separación armaduras transversales	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple		Cumple		Cumple
Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple		Cumple		Cumple
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales ( combinaciones no sísmicas) (ACI 318M-11)	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales ( combinaciones sísmicas) (ACI 318M-11)	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
Criterios de diseño por sismo (ACI 318M-11)								
Geometría	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
Armadura longitudinal	Cumple							
Armadura transversal	No Cumple							
Criterios de diseño por sismo (NEC-2014)								
Elementos en flexo compresión	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
Cuantía máxima de refuerzo longitudinal	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple
Confinamiento	No Cumple							
Resistencia mínima a flexión	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
Cortante de diseño para columnas (ACI-318M-11)	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple
Diseño del refuerzo principal (NEC-2014)	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Resistencia a cortante de elementos en flexocompresión (NEC-2014)	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple

Tabla 5.2: Condición de cortante basal mínimo.

Modulo	Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo		Factor de modificación
1	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	390,1233t $\geq$ 329,8595 t	N.P.
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	330,0849 $\geq$ 329,8595 t	N.P.
2	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	4,3737t $\geq$ 3,5166 t	N.P.
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	4,3561 $\geq$ 3,5166 t	N.P.
3	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	98,2879t $\geq$ 78,5470 t	N.P.
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	93,5952 $\geq$ 78,5470 t	N.P.
4	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	42,3146t $\geq$ 41,5345 t	N.P.
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	42,4620 $\geq$ 41,5345 t	N.P.
5	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	280,5879 t $\geq$ 715,6618 t	2,55
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	446,5835 t $\geq$ 715,6618 t	1,6
6	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	324,9233 t $\geq$ 772,5188 t	2,38
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	410,1337 t $\geq$ 772,5188 t	1,88
7	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	291,1802 t $\geq$ 323,7071 t	1,09
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	230,7824 t $\geq$ 323,7071t	1,4
8	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	37,8965t $\geq$ 34,9775 t	N.P.
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	37,8184 $\geq$ 34,9775 t	N.P.
9	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	57,9746 t $\geq$ 61,9242t	1,09
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	57,7900 t $\geq$ 61,9242t	1,4
10	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	173,0456t $\geq$ 163,8617t	N.P.
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	159,0187 t $\geq$ 163,8617t	1,03
11	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	123.9201 t $\geq$ 111.2733 t	N.P.
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	98.6559 t $\geq$ 111.2733 t	1.13
12	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	103,7151 t $\geq$ 112,6702t	1,09
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	105,2930 t $\geq$ 112,6702t	1,07
13	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	168,5122 t $\geq$ 236,1391t	1,4
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	132,1352 t $\geq$ 236,1391t	1,79
14	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	96,1512t $\geq$ 96,3478t	N.P.
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	85,5559 t $\geq$ 96,3478t	1.13
15	Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	97,8886 t $\geq$ 236,8113t	2,42
	Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	232,9791 t $\geq$ 236,8113t	1,02

Fuente: Elaboración propia basado en comprobaciones de columnas CYPE-2016

Tabla 5.3: Deriva total máxima de los pilares.

Deriva total máxima de los pilares ( $\square$ / H)				
Módulo	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1	1/6350	1/6350	1/59	1/45
2	----	----	1 / 92	1 / 81
3	----	1/7620	1/105	1 / 71
4	----	----	1/161	1 / 181
5	1/2424	1/3938	1/30	1/38
6	1/79	1/21	1/22	1/64
7	1/8162	1/2868	1 / 84	1 / 59
8	----	----	1/97	1/82
9	1/3137	----	1/99	1/155
10	1/2875	1/6046	1/91	1/72
11	----	1/114	1 / 114	1 / 119
12	----	----	1/94	1/47
13	----	----	1/1113	1/959
14	1/3650	1/4763	1/93	1/93
15	1/2365	1/5700	1/30	1/47
<i>Notas:</i>	<sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.			

Fuente: Elaboración propia basado en comprobaciones de columnas CYPE-2016

## 5.2 Generación de gráficos explicativos de la comparación.

De la depuración de resultados se obtiene los siguientes gráficos donde se muestra el análisis de cada columna, mostrando que tipo de columna es la más desfavorable y cumple con menos criterios de sismo resistencia según la norma.

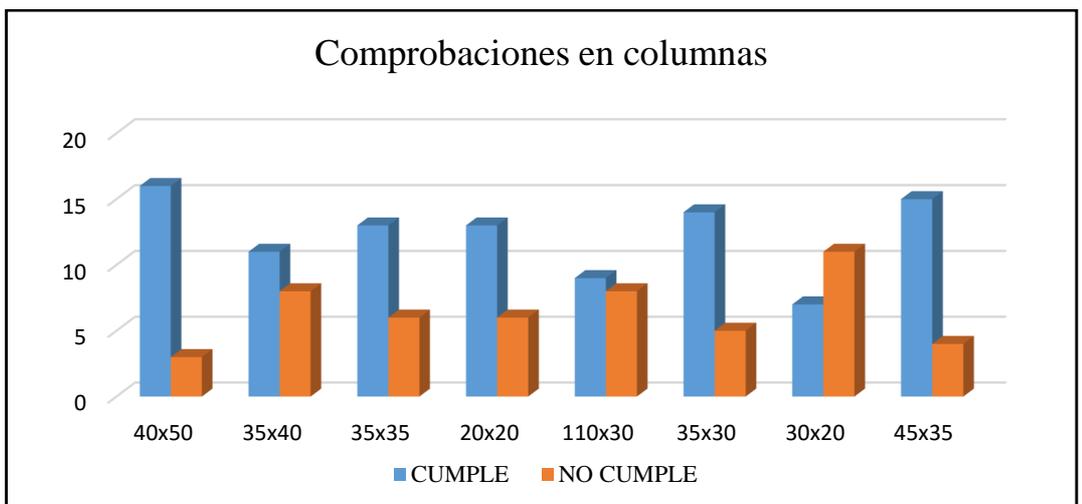
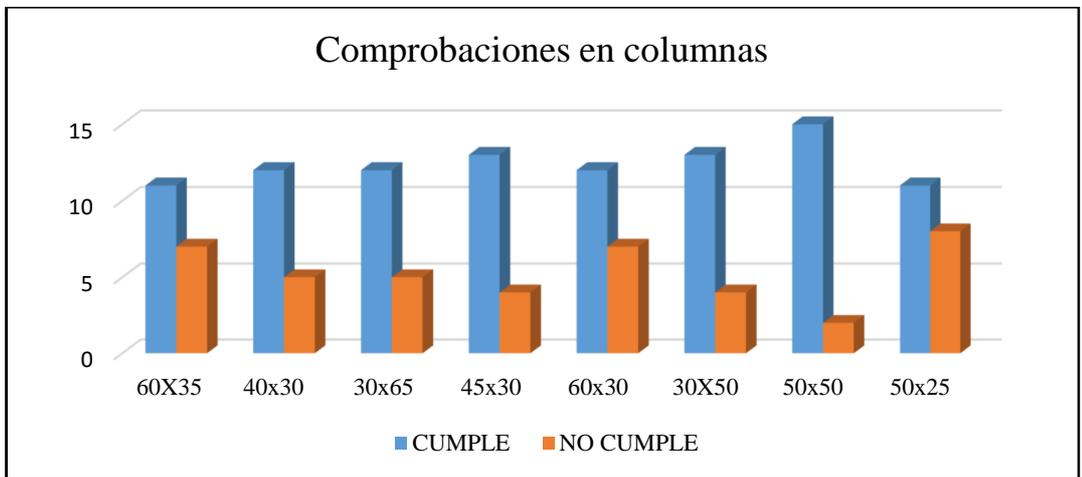
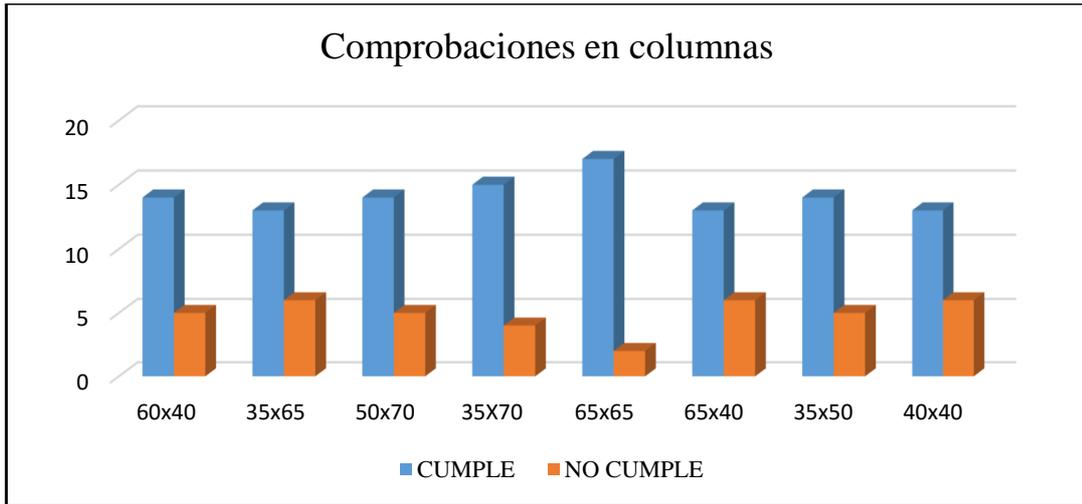


Figura 5.1: Comprobaciones en columnas



**Armadura mínima y máxima** (ACI 318M-11, Artículo 10.9.1)

$$A_{st} \geq 0.01 \cdot A_g$$

$$A_{st} \leq 0.08 \cdot A_g$$

$A_g$ : Área total de la sección de hormigón.

Armadura mínima y máxima	
CUMPLE	96%
NO CUMPLE	4%



Figura 5.4: Armadura mínima y máxima

**Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)**

(ACI 318M-11, Artículo 11)

$$\eta = \sqrt{\left(\frac{V_{u,x}}{\phi \cdot V_{n,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{u,y}}{\phi \cdot V_{n,y}}\right)^2} \leq 1$$

$$V_n = V_c$$

$$V_c = \left(0.16 \cdot \sqrt{f'_c} + 17 \cdot \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_m}\right) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0.29 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g}}$$

$$\sqrt{f'_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w \cdot d} \quad M_m = M_u - N_u \cdot \frac{(4 \cdot h - d)}{8}$$

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (ACI 318M-11)	
CUMPLE	100%
NO CUMPLE	0%

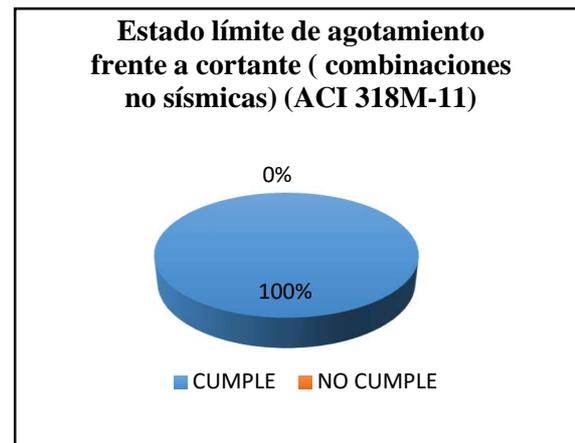


Figura 5.5: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)

**Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)**

(ACI 318M-11, Artículo 11)

$$\eta = \sqrt{\left(\frac{V_{u,x}}{\phi \cdot V_{n,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{u,y}}{\phi \cdot V_{n,y}}\right)^2} \leq 1$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$$

$$V_s = 0.66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$f_{yt} \geq 420 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{f'_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas) (ACI 318M-11)	
CUMPLE	92%
NO CUMPLE	8%

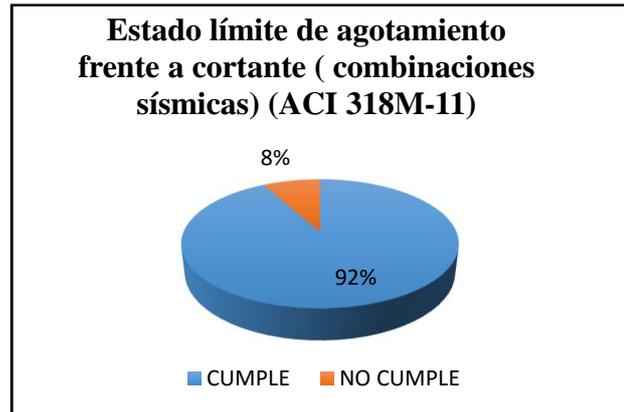


Figura 5.6: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)

- **Separación de las armaduras transversales**

$$s \leq s_{max}$$

$s_{max}$ : Valor mínimo de  $s_1, s_2$ .

$$s_1 = d/2$$

$$s_2 = 600 \text{ mm}$$

Separación armaduras transversales	
CUMPLE	100%
NO CUMPLE	0%



Figura 5.7: Separación de las armaduras transversales

- **Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal**

$$A_v \geq A_{v,min}$$

$$A_{v,min} = 0.062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal	
CUMPLE	100%
NO CUMPLE	0%

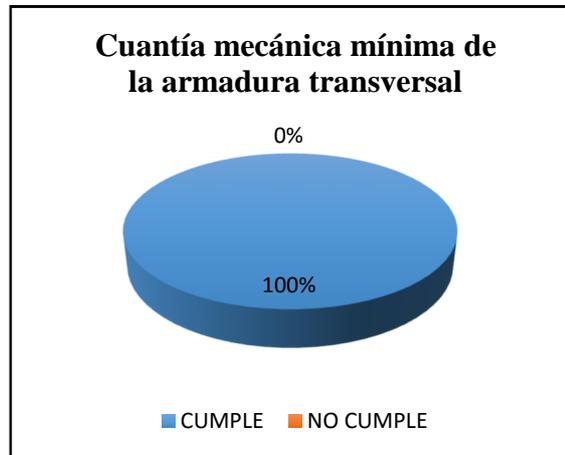


Figura 5.8: Cuantía mínima de la armadura transversal

**Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)** (ACI 318M-11, Artículo 10)

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1$$

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{c,x}^2 + M_{c,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1$$

$$P_u \leq \phi \cdot P_{n,max}$$

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (ACI 318M-11)	
CUMPLE	83%
NO CUMPLE	17%

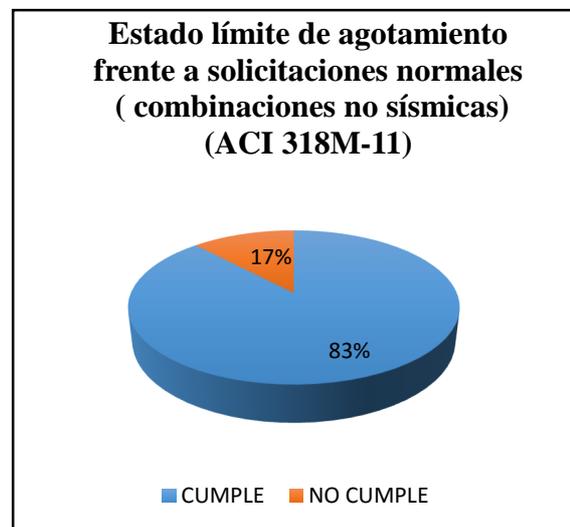


Figura 5.9: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) ACI-318M-11

**Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas)** (ACI 318M-11, Artículo 10)

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1$$

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{c,x}^2 + M_{c,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1$$

$$P_u \leq \phi \cdot P_{n,max}$$

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas) (ACI 318M-11)	
CUMPLE	63%
NO CUMPLE	37%

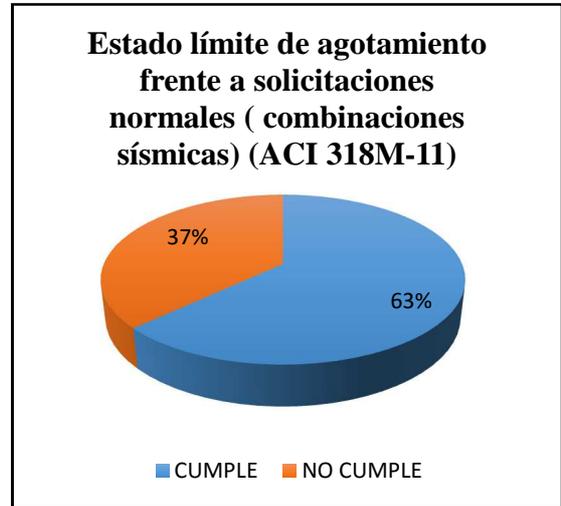


Figura 5.10: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones sísmicas (combinaciones sísmicas) ACI-318M-11

**Criterios de diseño por sismo** (ACI 318M-11, Artículo 21)

**Geometría**

$$b \geq 300 \text{ mm}$$

$$\frac{b}{h} \geq 0.4$$

Geometría	
CUMPLE	88%
NO CUMPLE	12%

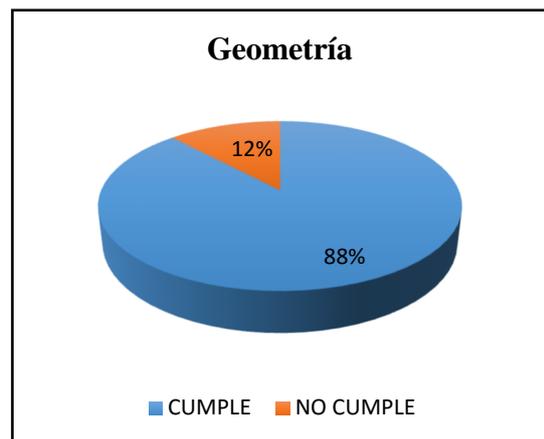


Figura 5.11: Criterios de diseño por sismo: Geometría

- **Armadura longitudinal**

$$A_{st} \geq 0.01 \cdot A_g$$

$$A_{st} \leq 0.06 \cdot A_g$$

$A_g$ : Área total de la sección de hormigón.

Armadura longitudinal	
CUMPLE	100%
NO CUMPLE	0%

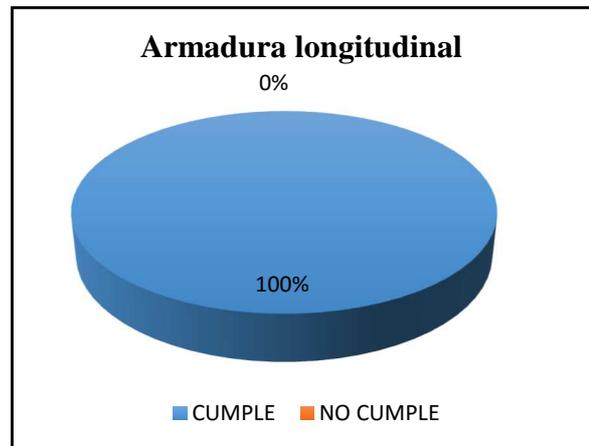


Figura 5.12: Criterios de diseño por sismo: Armadura Longitudinal

- **Armadura transversal**

$$s_o \leq s_{o,max}$$

$s_{o,max}$ : Valor mínimo de  $s_{o1}$ ,  $s_{o2}$ ,  $s_{o3}$ .

$$s_{o1} = b_{min}/4 \quad s_{o2} = 6 \cdot d_b \leq h_x \leq 350 \text{ mm}$$

$$s_{o3} = 100 + \left( \frac{350 - h_x}{3} \right) \rightarrow \begin{cases} s_{o3} \geq 100 \text{ mm} \\ s_{o3} \leq 150 \text{ mm} \end{cases}$$

Armadura transversal	
CUMPLE	17
NO CUMPLE	83

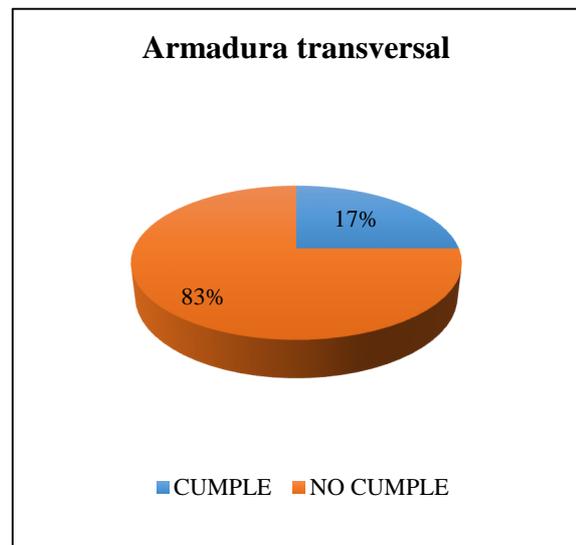


Figura 5.13: Criterios de diseño por sismo: Armadura transversal

**Criterios de diseño por sismo** (NEC-2014)

- **Requisitos para elementos en flexocompresión (4.3.1)**

(a) Sean parte de sistemas estructurales resistentes a cargas sísmicas.

(b) Soporten fuerzas axiales  $> 0.10 \cdot f'_c \cdot A_g$

(c)  $dM/dm < 0.40$

Elementos en flexocompresión	
CUMPLE	58%
NO CUMPLE	42%

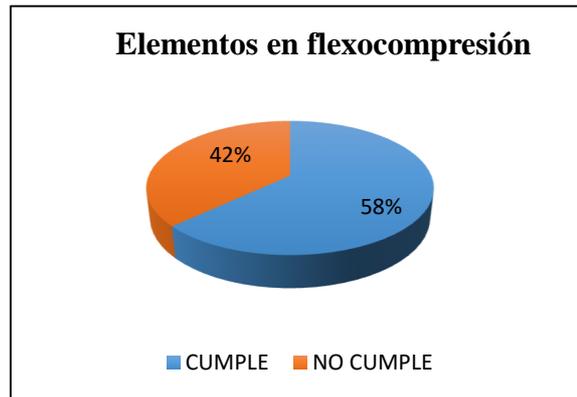


Figura 5.14: Elementos en Flexocompresión.

- **Cuantía máxima de refuerzo longitudinal (4.3.3)**

La razón  $A_g$  del área de refuerzo longitudinal al área bruta de la sección,  $A_g$ , no puede ser menor que 0.01 ni mayor que 0.03.

$$A_{st} \geq 0.01 \cdot A_g$$

$$A_{st} \leq 0.06 \cdot A_g$$

Cuantía máxima de refuerzo longitudinal	
CUMPLE	92%
NO CUMPLE	8%



Figura 5.15: Cuantía máxima de refuerzo longitudinal

• **Confinamiento (4.3.4)**

- a) El área de refuerzo en forma de estribos rectangulares no puede ser menor que ninguna de las siguientes:

$$A_{sh} = 0.3 \cdot \frac{s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \cdot \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (4-11)$$

$$A_{sh} = 0.09 \cdot \frac{s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \quad (4-12)$$

- b)  $s < 6db$      $s < 100mm$   
 c)  $h > 500mm$  colocar refuerzo de piel  
 d)  $S = 350mm$ .

Confinamiento	
CUMPLE	13%
NO CUMPLE	87%

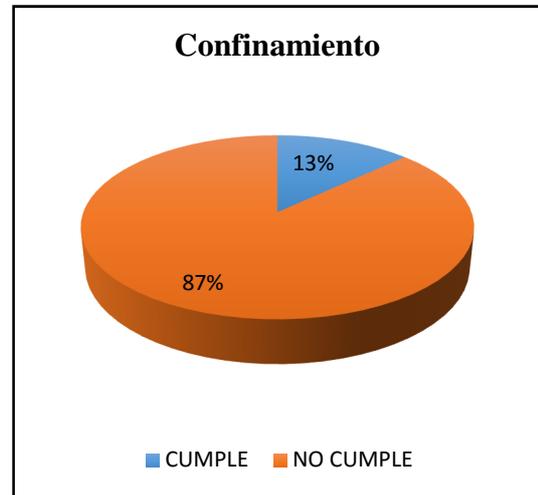
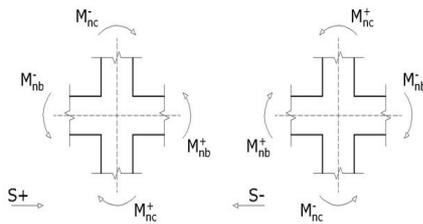


Figura 5.16: Confinamiento

**Resistencia mínima a flexión de columnas (ACI 318M-11)**

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \cdot \sum M_{nb}$$



Resistencia mínima a flexión	
CUMPLE	21%
NO CUMPLE	79%



Figura 5.17: Resistencia mínima a flexión

**Cortante de diseño para columnas (ACI 318M-11)**

$$\phi \cdot V_n \geq V_e$$

$$V_{e1} = \frac{M_{pr3}^- + M_{pr4}^+}{l_u}$$

$$V_{e2} = \frac{M_{pr3}^+ + M_{pr4}^-}{l_u}$$

Cortante de diseño para columnas (ACI)	
CUMPLE	33%
NO CUMPLE	67%

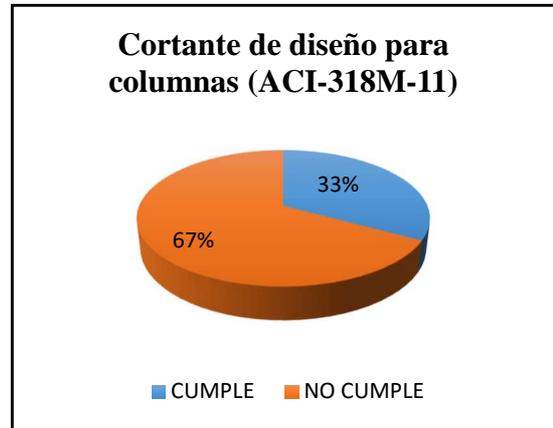


Figura 5.18: Cortante de diseño para columnas

**Diseño del refuerzo principal en columnas, 4.3.2 (NEC-14)**

$$S_{CP} = \phi^0 \cdot \omega \cdot S_E \quad (4-5)$$

$$\phi^0 = \frac{M_0^- + M_0^+}{M_{req}^- + M_{req}^+} \quad (4-7)$$

$$\omega_f = 1.15 + 0.13 \left( \frac{\mu}{1.8} - 1 \right) > 1.15 \quad (4-8)$$

Diseño del refuerzo principal (NEC-2014)	
CUMPLE	25%
NO CUMPLE	75%

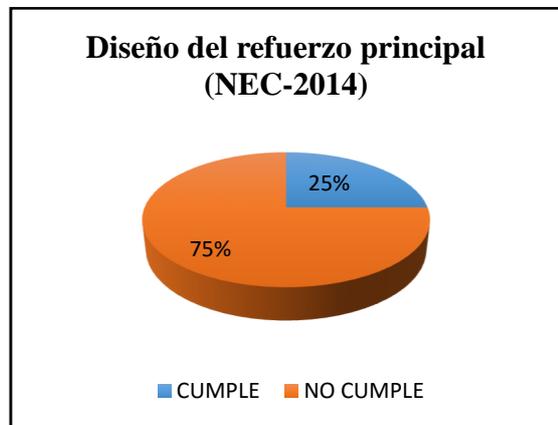


Figura 5.19: Diseño del refuerzo principal

**Resistencia a cortante de elementos en flexocompresión, 5.2.2 (NEC-14)**

$$\phi_S \cdot V_N \geq \phi^0 V_E + 0.1 \cdot \mu \cdot V_{E,base} \leq \frac{M_t^0 + M_b^0}{H_c} \quad (4 - 17)$$

Resistencia a cortante de elementos en flexocompresión (NEC-2014)	
CUMPLE	71%
NO CUMPLE	29%

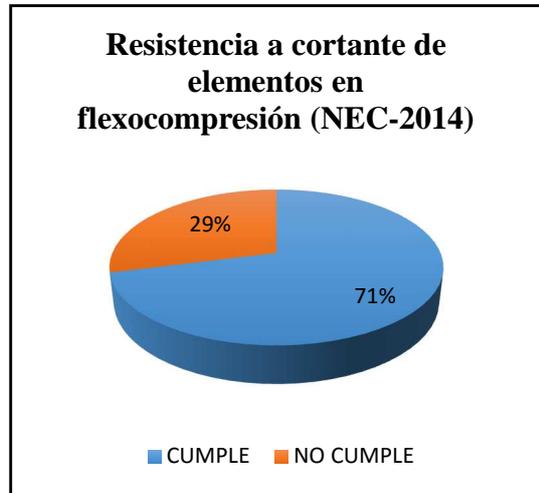


Figura 5.20: Resistencia a cortante de elementos en Flexocompresión

**Cortante basal dinámico**

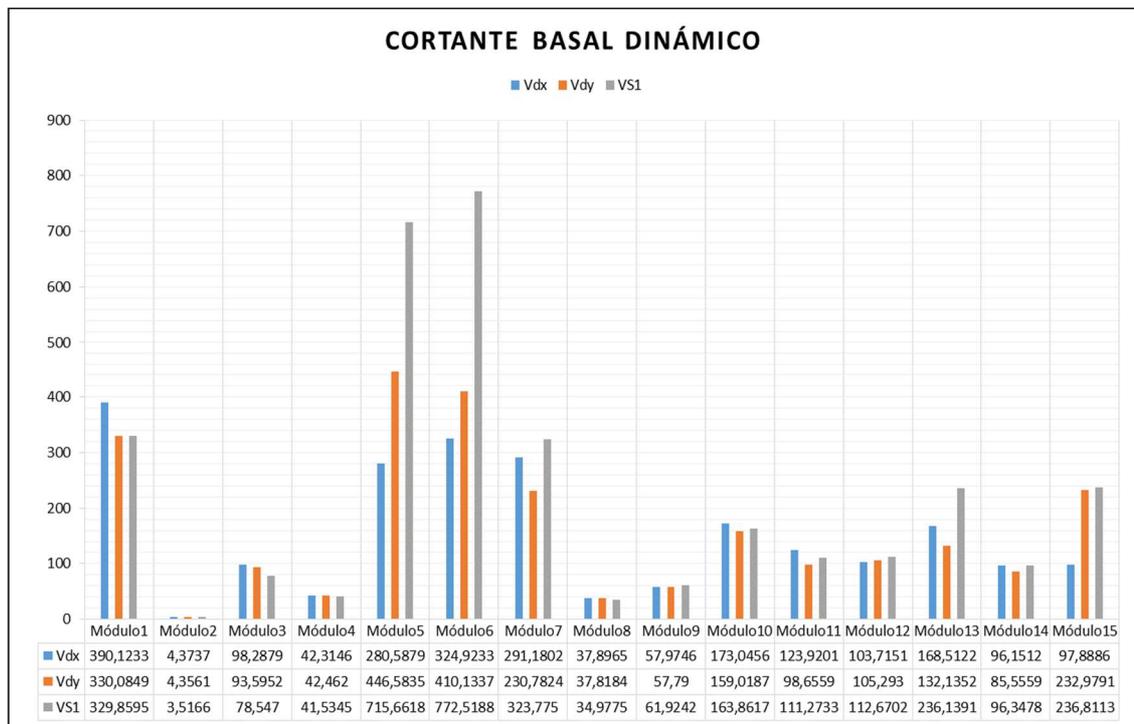


Figura 5.21: Cortante basal dinámico de los 15 módulos de la estructura

### Desplome máximo de pilares

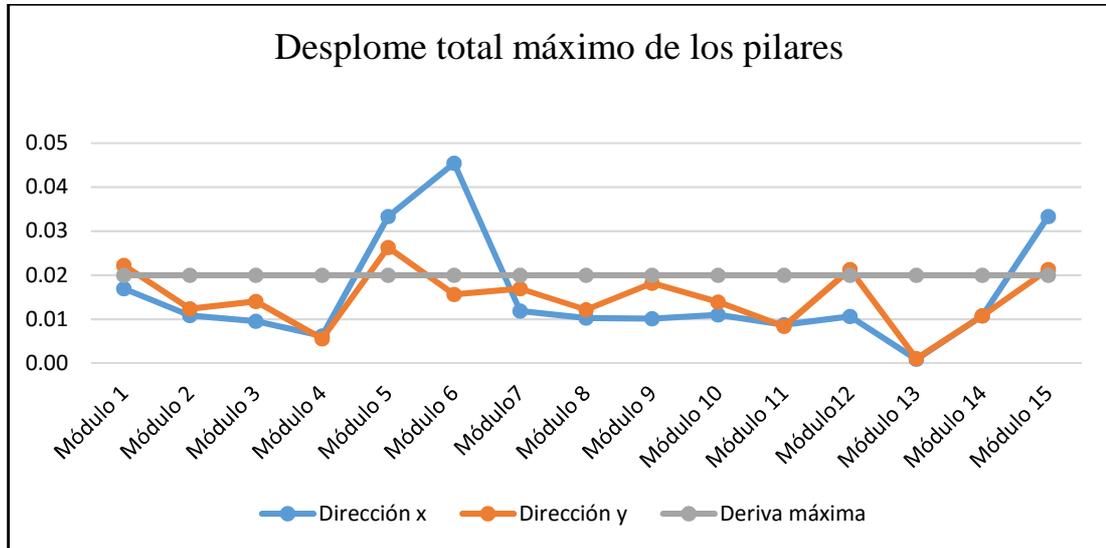


Figura 5.22: Desplome total máximo de los pilares.

## 5.3 Análisis de resultados y elaboración de propuestas de mitigación

### 5.3.1 Mitigación estructural: Resultados de la modelación dinámica

Es indispensable realizar el análisis dinámico no lineal, se debe definir las zonas de ubicación de las rotulas plásticas con el objetivo de determinar la respuesta de la estructura a los movimientos sísmicos, para cuantificar el comportamiento y conocer la capacidad o seguridad de la estructura.

Para garantizar la teoría de columna fuerte viga débil se propone encamisar con acero o con fibras de carbono las columnas; para incrementar la resistencia a compresión, este sistema confiere mayor capacidad a corte y a flexo compresión; al tener mayor resistencia se incrementa el módulo de elasticidad por ende disminuyen las derivas de piso en un sismo.

La resistencia sísmica de la estructura puede ser mejorada modificando las paredes de mampostería por paredes estructurales, añadiendo malla de alambre soldado adyacente; con el fin de incrementar la ductilidad.

Para contrarrestar las derivas grandes se propone arriostrar perimetralmente con diagonales rigidizadoras, las cuales deben ser diseñadas para evitar el fallo frágil por pandeo debido a las elevadas compresiones que las solicitan.

Con el objetivo de aumentar la resistencia de los muros estructurales se recomienda revestir con fibras delgadas de vidrio o carbono. Las fibras se aplican a la superficie usando resina epóxica aglutinante y se orientan en una o dos direcciones.

Se debe reemplazar paredes de mampostería por paredes livianas, con el objetivo de disminuir la carga muerta en los pisos superiores. Se recomienda el uso del sistema de mampostería Drywall.

Se recomienda integrar falsas columnas de hormigón con vigas electrosoldadas, en las paredes de mampostería de luces grandes, de modo que se logre rigidizar sus extremos y se evite un fallo global ante un evento sísmico por cambio brusco de rigidez entre la estructura y la mampostería, además se puede complementar con dinteles para rigidizar en ambos sentidos y con esto evitar el colapso total.

Incluso se debe analizar que el edificio es alto y considerar liberar las losas de entrepiso por losas livianas en los niveles superiores, para disminuir las cargas de peso propio que se transmiten a los elementos estructurales de soporte.

Se considera importante la implementación de amortiguadores de tipo viscosos de vibración lineal colocados en los pórticos y crear mecanismos de contrafase para limitar la vibración.

Se propone reforzar las losas que cambiaron su uso con la adhesión de fibras de carbono para evitar el pandeo ya que ofrecen excelentes propiedades fisicoquímicas y una elevada resistencia a la tracción en dirección de las fibras.

Es importante resaltar que el Índice de Seguridad Hospitalaria no solo permite medir la vulnerabilidad; sino que sirve como una herramienta de planificación económica. Se debe tener un correcto asesoramiento de la distribución del gasto y priorizar el dinero para obras que garanticen la seguridad estructural del hospital.

### 5.3.2 Medidas de mitigación: Índice de seguridad Hospitalaria (ISH)

Tabla 5.4: Medidas de mitigación- Aspectos estructurales.

<b>ASPECTOS ESTRUCTURALES</b>			
<b>Elementos evaluados</b>	<b>Problemática</b>	<b>Actividades</b>	<b>Observaciones</b>
Presencia de columnas cortas y paredes que interactúan con la estructura.	Puede colapsar la estructura en caso de sismos fuertes	Aislar los elementos que están provocando la interacción.	
Proximidad de los edificios o bloque de construcción.	Las juntas se encuentran tapadas con elementos rígidos (porcelanato).	Se debe retirar los elementos rígidos en las juntas y reemplazarlos por elementos flexibles apropiados para cada caso.	Realizar las actividades sugeridas de manera inmediata.
Grietas	Grietas diagonales en las esquinas y en el centro en los muros de mampostería.	Reparación de grietas a través de boquillas de inyección de concreto.	
Techos y/o cubiertas	Humedad en losas de concreto por filtraciones de agua (emergencia)	Revisar la geomembrana colocada sobre emergencia. Colocación de desfogue con canaletas.	
	Deformación por flexión en la losa de la casa de máquinas.	Reemplazar la losa de piso.	
Tipo de material	Paredes de las salas de rayos X no tienen recubrimiento de plomo.	Colocar planchas de plomo para evitar la radiación	

Tabla 5.5: Medidas de mitigación -Aspectos no estructurales

<b>ASPECTOS NO ESTRUCTURALES</b>				
<b>Elementos evaluados</b>		<b>Problemática</b>	<b>Actividades</b>	<b>Observaciones</b>
Líneas Vitales	Sistema eléctrico	El sistema de generación de energía alterna es insuficiente	Completar la capacidad requerida por la unidad según la normativa.	Se requiere de un generador paralelo.
		Instalaciones eléctricas parcialmente seguras, falta de sujeción de cableado, tubería y tableros sin señalización y protección.	Realizar la señalética y colocar seguridades. Colocar canaletas de protección. Realizar mantenimientos rutinarios.	Capacitar al personal de mantenimiento
		Cables expuestos cruzan los techos, corredores sin una buena distribución.	Mejorar la distribución del cableado para evitar cortocircuitos	Distribuir los cables por los perímetros y techos de la edificación.
	Sistema de telecomunicaciones	No existe un sistema alternativo de comunicación	Adquirir un sistema alternativo de comunicación	Se recomienda radios de gran alcance.
	Sistema de aprovisionamiento de agua.	Cisterna en mal estado; ha cumplido su vida útil.	Planificar la construcción de una nueva cisterna.	Mantenimiento rutinario (desinfección y limpieza)
		Presencia de humedad en paredes y techos producto del mal estado de uniones y conexiones de las tuberías.	Reemplazo de tuberías y uniones.	
		Instalaciones hidráulicas mal realizadas se mezcla agua fría con la caliente	Revisar la presión del agua. Reemplazo de tuberías.	
	Depósito de combustible	El lugar donde se encuentran los depósitos son inseguros.	Desarrollar medidas de seguridad adecuadas (sistema contra incendios y ventilación)	
		Los anclajes de los tanques de combustible presentan corrosión	Reemplazar los anclajes con material antioxidante.	Realizar la actividad de manera inmediata.

	Gases medicinales	No se cumplen las medidas de seguridad de sujeción de los cilindros.	Se recomienda cadenas de seguridad.	El personal debe acatar las normas que el proveedor de los gases recomienda.
		Tuberías de gases medicinales no se encuentran identificados por colores ni sentido.	Pintar las tuberías con los colores que establece la norma y colocar el sentido de flujo.	
		No existe tapas de protección en las cajas de revisión de gases	Colocar tapas de revisión exigidos por la norma.	Colocación inmediata.
	Sistema de drenaje pluvial	El sistema drenaje pluvial está colapsado debido a las faltas de mantenimiento.	Limpiar las rejillas y bajantes de agua.	Falta de mantenimiento rutinario.
		Las raíces de los árboles rompen la tubería de drenaje pluvial en los parqueaderos.	Podar las ramas de los árboles y/o cortar los árboles.	
	Sistema de drenaje sanitario	Sistema de drenaje en malas condiciones.	Cambiar las tuberías que han cumplido su vida útil. Limpieza del túnel de desagüe.	Mantenimiento inmediato
Sistema de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas.	No existe un sistema de ventilación en todas las áreas críticas	Implementar sistema de ventilación áreas críticas.		
Mobiliario, equipo de oficina y almacenes	El mobiliario de oficina, farmacia y bodegas no es el establecido para hospitales, no encuentra fija a los elementos estructurales y su contenido no está asegurado	Realizar la compra de estantería.	Asegurar el contenido de los estantes para evitar caídas.	
	Las computadoras e impresoras no se encuentran aseguradas al mobiliario.	Colocar anclajes seguros.		
Equipos médicos, de laboratorio y suministros	Equipos médicos (mesas) no tienen freno y seguros.	Instalar trabas o frenos.		

Elementos arquitectónicos	La perfilería de las puertas, ventanas y ventanales no es la adecuada.	Cambiar la perfilería a una que permita vidrio laminado de seguridad.	
	El revestimiento de pisos no son los adecuados para hospitales.	Reemplazar el revestimiento por vinil y placas de porcelanato	
	Servicios higiénicos en malas condiciones e inadecuados para personas con discapacidad.	Dotar de nuevas baterías sanitarias y lavabos. Implementar baterías sanitarias para discapacitados.	Realizar la actividad de manera inmediata.
	El sistema contra incendios es inadecuado e insuficiente	Implementar detectores de humo y alarmas de incendio. Colocar un nuevo hidrante.	
	No tiene gradas de emergencia externa.	Implementar gradas de emergencia.	
	Falta de señalización.	Colocar señalización en todo el hospital.	La señalización debe ser clara.
	Tráfico vehicular en las vías de acceso principales.	Apoyo de la policía de tránsito en las horas de mayor tráfico.	

Tabla 5.6: Medidas de mitigación - Aspectos funciones

<b>ASPECTOS FUNCIONALES</b>			
<b>Elementos evaluados</b>	<b>Problemática</b>	<b>Actividades</b>	<b>Observaciones</b>
Organización del comité de desastres	No se dispone de un espacio físico para el funcionamiento del COE.	Establecer un espacio físico para el COE, dotado de mobiliario, equipamiento y medios de comunicación.	
	Los miembros del COE no conocen las responsabilidades específicas.	Definir las responsabilidades de los integrantes del COE en el plan.	Socialización permanente.
	No se dispone de las tarjetas de acción para el personal.	Elaborar las tarjetas de acción, y capacitar para la utilización.	Implementar según el perfil profesional.
Plan operativo para desastres	No se contempla procedimientos específicos para la activación y desactivación del Plan	Se debe definir en el Plan como, cuando y quien lo activa y desactiva.	
	No se tiene en cuenta las raciones alimenticias para el personal durante la emergencia	Elaborar presupuesto para raciones alimenticias.	Coordinar con el área de nutrición.
	Se tiene lugares para aumentar la capacidad, pero no consta en el plan ni tampoco los procedimientos para su implementación.	Se debe incluir en el plan procedimientos para la habilitación de espacios.	
	Existe un área destinada para “triage”, pero no se realiza triage.	El Plan debe contar con procedimientos para triage, reanimación, estabilización y tratamiento; implantar las tarjetas triage	Implementar adecuadamente el triage
	No está vinculado con las demás instituciones de la Red de Salud local.	En el Plan deben constar las formas de coordinación con las instituciones de la Red de Salud local (MIES, Municipio, Consejo Provincial, Policía Nacional, Gestión de Riesgo, Cruz Roja, Cuerpo de Bomberos)	Coordinar con las autoridades locales, dejar constancia por escrito.

	No cuenta con procedimientos para la evacuación de la edificación. Poca señalización.	El Plan debe contar con procedimientos para la evacuación de la edificación	Mejorar la señalética.
	El 30% del personal está capacitado para actuar en situaciones de desastres	Capacitar al personal de salud para actuar en Gestión del Riesgo en las diversas situaciones de desastres	Medidas de autoprotección.
Planes de Contingencia	No se dispone de planes de contingencia.	Elaboración de planes de contingencia de acuerdo a los riesgos identificados en el establecimiento.	
Planes de mantenimiento	No cuenta con los manuales de mantenimiento para el servicio de agua potable, servicio de comunicación, aguas residuales, sistema contra incendios, sistema de energía eléctrica	Se debe contar con los manuales.	
Disponibilidad de Medicamentos	En farmacia las estanterías de los medicamentos no tienen anclaje a la pared y están expuestos caída los medicamentos e insumos, en caso de sismos.	Implementar barandas de seguridad para proteger medicamentos e insumos.	
	No existe un plan de almacenamiento para emergencia y desastres.	Desarrollar un plan que permita dotar y reponer los medicamentos, insumos, instrumental y equipo utilizados durante las emergencias y desastres.	Detallar en el plan.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- Después de haber finalizado el análisis del hospital Vicente Corral Moscoso y realizado una revisión general del estado de la estructura se ha determinado el grado de vulnerabilidad analizando los diferentes parámetros y su respectivo valor de importancia; se define un índice de vulnerabilidad y seguridad ISH, que califica a la estructura según las tablas de valoración del índice de seguridad y se detalla que está en categoría B.
- De la evaluación a la entidad hospitalaria, se concluye que es indispensable continuar con un análisis dinámico no lineal estructural, que dé cuenta de la probabilidad de entrar en estado de colapso parcial o total en diferentes áreas de las estructuras.
- La metodología aplicada demostró que la evaluación de los parámetros que influyen en la vulnerabilidad de las edificaciones son: ubicación de la edificación, sistema estructural, configuración en elevación y en planta, posición de la cimentación, calidad de los materiales, tipo de suelo, elementos de contención, sistema de drenajes, sistema de agua potable, vegetación del lugar y el estado de conservación de la edificación y del entorno.
- En el presente trabajo se profundizó en el componente estructural, incluso llegando a recomendaciones de mitigación y reforzamiento, sin embargo, la aplicación del Índice de Seguridad Hospitalaria es un procedimiento de evaluación multidisciplinario y multisectorial basados en conocimientos y experiencia profesional de los evaluadores que influyen en la clasificación de la entidad hospitalaria.
- Debido a que el hospital fue construido en 1966 no existe información del aspecto normativo y de ninguna especificación que asegure criterios de sismo resistencia, la metodología utilizada para el desarrollo del estudio de

verificación y diagnóstico estructural del edificio consistió en realizar inspecciones visuales, levantamiento de daños y ensayos no destructivos, incluso se inició el análisis prácticamente considerando cuantías de armados mínimos en miembros estructurales, por este motivo es importante se profundice la evaluación del estado real de la estructura incluso con ensayo invasivos.

- Se desarrolló el modelo matemático tridimensional de la estructura utilizando el método de los estados límites (E.L.U.), y las comprobaciones se realizaron según las especificaciones de la ACI-318M-11 referidas al método de LRFD y la Normativa Ecuatoriana de la Construcción; se determinó que la estructura presenta zonas con diversos grados de daño que implican intervenciones menores hasta elementos que deben ser reforzados, es decir planes de mantenimiento y reforzamiento.

**Recomendaciones:**

- Las entidades hospitalarias, por tratarse de edificaciones esenciales en una sociedad deben ser priorizadas sus aspectos de seguridad y vulnerabilidad, ante amenazas identificadas, de tal forma que presten su servicio permanente a la comunidad, incluso en situaciones de desastre.
- Los hospitales existentes deben ser evaluados y mejorados priorizando no únicamente su nivel de servicio a los usuarios, debe complementarse además el aspecto de seguridad de la edificación.
- Se recomienda ampliar los estudios de recopilación, análisis de información de cimentaciones y fortalecer la investigación en lo referente al comportamiento estructural.
- En hospitales antiguos la mayor dificultad en la reparación y reforzamiento estructural es cumplir con las nuevas normativas, se debe realizar intervenciones que requieren inversión económica; en consecuencia, es necesario un análisis económico de las diferentes propuestas de intervención.
- En las entidades hospitalarias existentes es indispensable para su evaluación el uso de equipos y ensayos no destructivos e invasivos para determinar características estructurales, así mismo, el uso de drones de alta definición que permite identificar de manera precisa las amenazas en el entorno, y el estado real de la edificación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, R. (2012). La transformación de la forma arquitectónica asociada a la evolución de las tecnologías de proyecto en Galicia a lo largo de los siglos XIX, XX, XXI. Río de Janeiro. Obtenido de file:///C:/Users/2368/Downloads/ricardo\_aguilar%20bueno\_dissertacao.pdf
- Arce, L. E. 2005. Diseño de una propuesta para el mantenimiento y operación de las plantas eléctricas en el hospital San Juan de Dios. Tesis de Ingeniero Eléctrico. Universidad de San Luis de Guatemala. Guatemala.
- ATC, (. 3.-0. (1995). Guidelines For Seismic Rehabilitation of Buildings (Vol. 3). Rerwood.
- Basurto, R. (2007). Vulnerabilidad Sísmica y Mitigación de desastres en el distrito de San Luis. Lima. Tesis de Ingeniero Civil. Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú. Obtenido de [http://cybertesis.urp.edu.pe/urp/basurto\\_rp-TH.4.PDF](http://cybertesis.urp.edu.pe/urp/basurto_rp-TH.4.PDF)
- Cardona, O. D. (1986). Estudios de vulnerabilidad y evaluación del riesgo sísmico: planificación física y urbana en áreas propensas. Bogotá, Colombia.
- Cardona, O. D. (1992). LOS DESASTRES NO SON NATURALES. Pereira, Colombia. Recuperado el 2015 de Noviembre de 18, de <http://www.eap.df.gob.mx/sii/images/7.pdf>
- Cees Van Westen. (s.f.). Aplicación de SIG para la evaluación de Amenazas y riesgo: Tegucigalpa, Honduras. Tegucigalpa: International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC). Obtenido de <https://www.itc.nl/external/unesco-rapca/Casos%20de%20estudios%20SIG/09%20Análisis%20de%20riesgo%20Tegucigalpa/Caso%20de%20estudio%20Tegucigalpa.PDF>
- CYPECAD. (2016). Memoria de cálculo. Alicante. Recuperado el 2 de Junio de 2016
- (EIRD/ONU). (s.f.). VIVIR CON RIESGO. Recuperado el 15 de ENERO de 2016
- EL TIEMPO. (21 de Octubre de 2014). En Cuenca hay 60 sectores vulnerables a desastres.
- FortaING. (Abril de 2015). Revisiones Estructurales. Forta Ingeniería. Obtenido de <http://fortaingenieria.com/2015/04/23/revisiones-estructurales/>
- Granda, E. (2012). Informe de actividades del Consejo de Salud de Cuenca. Cuenca: Consejo de Salud de Cuenca 2012. Obtenido de <http://www.cuenca.gov.ec/?q=system/files/INFORME%20CCSC.pdf>
- Hernández, S. A. (2012). Consideración de esbeltez en columnas externas como reductores de energía sísmica en estructuras de baja altura de concreto armado. Tesis de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado el 2016 de 06 de 12, de <https://es.scribd.com/doc/311199491/Column-As>

- Melone, S. S. (2003). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Recuperado el 19 de Noviembre de 2015, de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=6481>
- NEC-SE, N. E. (2014). MIDUVI & CAMICON. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://www.normaconstruccion.ec/>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción ( NEC). (2014). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Recuperado el 31 de Agosto de 2015, de <http://www.normaconstruccion.ec/>
- OCHOA, J., & ULCUANGO, F. (2014). ESTUDIO DE SEGURIDAD SÍSMICA Y DISEÑO DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE TRES PISOS. Tesis de Ingeniero Civil: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7152/1/CD-5348.pdf>
- OPS 2006, O. P. (s.f.). Hospitales seguros ante inundaciones. Washington, D.C., 2006: Biblioteca Sede OPS - Catalogación en la fuente. Recuperado el 25 de Noviembre de 2015
- OPS. (s.f.). Salud y Desastres. Recuperado el 19 de Noviembre de 2015, de ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD: [http://www.saludydesastres.info/index.php?option=com\\_content&view=article&id=343:3-1-amenazas-naturales&catid=100&Itemid=602&lang=es](http://www.saludydesastres.info/index.php?option=com_content&view=article&id=343:3-1-amenazas-naturales&catid=100&Itemid=602&lang=es)
- OPS, M. d. (2009). Hospitales Seguros Frente a Desastres, reducir el riesgo, proteger las instalaciones de salud, salvar vidas.
- OPS, O. P. (Julio de 2007). Organización Panamericana de la Salud. Obtenido de <http://www.planeamientohospitalario.info/contenido/referencia/HospitalSeguro.pdf>
- OPS/OMS, O. P. (2010). Índice de Seguridad Hospitalaria . Obtenido de <http://www.dipecholac.net/docs/files/200-indice-de-seguridad-hospitalaria.pdf>
- Paucar, A. (20 de Agosto de 2008). ANALISIS DE VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL DEL HOSPITAL DE SOLCA DE LA CIUDAD DE AMBATO Y SUS CONSECUENCIAS. Obtenido de <http://www.bibliotecasdelecuador.com/cobuec/>
- PNUD. (2012). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD y Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.
- Requena, J. (2000). La Gestión de la Seguridad y el Riesgo. Barcelona: CENTRE D'ESTUDIS CANADENCIS, UNIVERSITAT DE BARCELONA.
- Salas, N. (2008). EL DISEÑO POR CAPACIDAD EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO. Recuperado el 2016 de 06 de 15, de <http://es.slideshare.net/nelsonrsalas/diseño-por-capacidad>
- Salinas, L. M. (4 de Septiembre de 2014). Hospitales Seguros Frente a Desastres. Obtenido de SlideShare: <http://es.slideshare.net/LucaMelIndezSalinas/hospitales-seguros-frente-a-desastres>

Salud, O. M. (2009). Hospitales Seguros Frente a los Desastres. Washington, Estados Unidos. Obtenido de <http://www.unisdr.org/2009/campaign/pdf/wdrc-2008-2009-information-kit-spanish.pdf>

Sancho, H. (23 de Febrero de 2013). Hospital Seguro. Obtenido de SlideShare : <http://es.slideshare.net/HEBEKSancho/hospital-seguro-16782692?related=1>