



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

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

**Evaluación estructural del “Hospital Aida León de
Rodríguez Lara” del cantón Girón, 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**

AUTOR:

LUIS ENRIQUE BRAVO TOLEDO

DIRECTOR:

JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ CALERO

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA

La presente investigación va dedicada a las personas que han formado parte de mi vida durante el largo camino de mi formación académica y personal. Haya sido su impacto bueno o malo; han hecho de mí una persona de bien con un pensamiento y visión diferente.

A mi madre Marlene Toledo por haberme dado la vida y un amor incondicional que a pesar de muchas adversidades sigue presente.

A mi hermana Mercy por alegrar todos mis días desde su llegada.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad del Azuay por darme la oportunidad de cumplir una de mis metas y a su personal docente por todos los conocimientos adquiridos en las aulas de clases los cuales estarán conmigo durante toda mi vida profesional.

Al Ing. José Fernando Vázquez Calero, director de la presente investigación, la cual no podría haberse realizado exitosamente sin su apoyo incondicional.

Mi agradecimiento hacia el personal administrativo del Hospital Aida León de Rodríguez Lara, por haberme abierto las puertas del establecimiento para poder realizar mi investigación y así poder culminar la misma luego de varias visitas.

A todas las personas que me han dado su apoyo y han estado a mi lado ayudándome a ser alguien mejor.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
OBJETIVOS	7
METODOLOGÍA	8
ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO	10
1. Gestión del riesgo	11
2. Hospitales seguros frente a desastres	11
3. Aspectos funcionales	12
4. Aspectos estructurales	12
5. Aspectos no estructurales	12
6. Vulnerabilidad	12
7. Emergencia	12
8. Respuesta	13
9. Relación entre riesgo, amenaza y vulnerabilidad	13
10. Riesgo	13

11. Amenaza.....	13
12. Sismo	15
13. Erupciones volcánicas	15
14. Deslizamiento por suelo inestable.....	16
15. Tsunami.....	17
16. Huracanes	18
17. Lluvias torrenciales	19
18. Penetración del mar o río	19
19. Deslizamiento por saturación del suelo.....	20
20. Concentraciones de población.....	20
21. Personas desplazadas	21
22. Epidemias.....	21
23. Contaminación	21
24. Plagas	22
25. Explosiones	22
26. Incendios.....	22
27. Licuefacción.....	22
28. Suelo arcilloso	23
29. Talud inestable.....	23
30. Piso blando.....	24
31. Piso débil.....	24
32. Sismo de diseño	24
33. Alerta temprana.....	24
34. Armadura	25
35. Arriostramiento	26
36. Asentamientos	26
37. Carga	27
38. Columna corta.....	27

39. Compresión	28
40. Cortante	28
41. Desastre	28
42. Edificaciones esenciales	29
43. Flexión	29
44. Junta	30
45. Losa	30
46. Tensión	30
47. Torsión	30
48. Mitigación	30
CAPÍTULO I	32
LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	32
1.1 Recopilación información arquitectónica y de ingeniería	34
1.1.1 Información arquitectónica	34
1.1.2 Información de ingeniería	36
1.2 Determinación del nivel de aplicación del Índice de Seguridad Hospitalaria en las áreas estructural y parte de las no estructurales	41
1.2.1 Amenazas	42
1.2.2 Propiedades geotécnicas del suelo	48
1.2.3 Seguridad debida a antecedentes del establecimiento	49
1.2.4 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación	49
1.2.5 Líneas vitales	51
1.2.6 Sistemas de telecomunicaciones	52
1.2.7 Sistema de aprovisionamiento de agua	52
1.2.8 Depósito de combustible (gas, gasolina o diésel)	54
1.2.9 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.)	55
1.2.10 Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas	57

1.2.11 Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil y almacenes (incluye computadora, impresoras, etc.)	57
1.2.12 Equipo médico, de laboratorio y de suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento	58
1.2.13 Elementos arquitectónicos	59
1.2.14 Organización del comité hospitalario para desastres y centro de operaciones de emergencia	60
1.2.15 Plan operativo para desastres internos o externos	61
1.2.16 Planes de contingencia para atención médica en desastres	61
1.2.17 Planes de funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de los servicios vitales	61
1.2.18 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres	62
1.3 Determinación de las características geotécnicas del suelo mediante SPT (Standard Penetration Test)	75
1.4 Conclusiones	79
CAPÍTULO II	83
AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE ESPECIFICA LA NORMA	83
2.1. Cargas gravitacionales.....	83
2.1.1. Cargas vivas de uso	83
2.1.2 Cargas muertas y permanentes	84
2.2. Cargas accidentales.....	85
2.2.1. Cargas sísmicas.....	85
2.3 Zona sísmica	85
2.4 Tipo de suelo	87
2.5 Factor de importancia	89
2.6 Aceleración esperada.....	89
2.7 Combinaciones de cargas.....	94
CAPÍTULO III	96

MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA.....	96
3.1 Idealización del modelo de la estructura hospitalaria	96
3.2 Generación y modelación dinámica estructural del hospital en software especializado	100
3.3 Esfuerzos Últimos.....	103
3.4 Comprobación del diseño de los diferentes miembros estructurales.....	104
3.4.1 Columnas.....	104
3.4.2 Vigas.....	107
3.4.3 Cortante basal.....	109
3.4.4 Cortante basal estático	109
3.4.5 Verificación de la condición de cortante basal	110
CAPÍTULO IV.....	111
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y PROPUESTAS DE MITIGACIÓN.....	111
4.1 Depuración e interpretación de los resultados obtenidos de la modelación.....	112
4.1.1 Columnas.....	113
4.2 Generación de gráficos explicativos de la comparación.....	116
4.3 Análisis de resultados y elaboración de propuestas de mitigación	120
CONCLUSIONES.....	121
RECOMENDACIONES.....	123
BIBLIOGRAFÍA.....	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sismo.....	15
Figura 2: Erupción volcánica.....	16
Figura 3: Deslizamientos por suelos inestables.....	17
Figura 4: Tsunamis.....	18
Figura 5: Huracanes.....	18
Figura 6: Penetración de mar o río.....	19
Figura 7: Deslizamientos por saturación del suelo.....	20
Figura 8: Talud inestable.....	23
Figura 9: Alerta Temprana.....	24
Figura 10: Tipos de armaduras.....	25
Figura 11: Asentamientos.....	26
Figura 12: Columnas cortas.....	28
Figura 13: Las edificaciones esenciales.....	29
Figura 14: Pasos para la mitigación de un fenómeno peligroso.....	31
Figura 1.1: Ubicación del Cantón Girón.....	32
Figura 1.2: Ampliaciones cronológicas del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	34
Figura 1.3: Detalle Arquitectónico de ampliaciones cronológicas del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	35
Figura 1.4: Planos arquitectónicos del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	36
Figura 1.5: Levantamiento de información de ingeniería con escáner.....	38
Figura 1.6: Columna tipo .35 * .25 m.....	38
Figura 1.7: Columna tipo .30 * .20 m.....	39
Figura 1.8: Columna tipo .20 * .20 m.....	39
Figura 1.9: Toma de muestras con esclerómetro.....	40
Figura 1.10: Ortófoto del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	41
Figura 1.11: Mapa de riesgo sísmico del Cantón Girón	43
Figura 1.12: Mapa de movimientos en masa del Cantón Girón.....	44

Figura 1.13: Mapa de riesgo de inundaciones del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	45
Figura 1.14: Entrada de emergencias Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	45
Figura 1.15: Mapa de riesgo de caída de árboles del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	47
Figura 1.16: Calentadores de gas doméstico en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	48
Figura 1.17: Diferencia de alturas en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	50
Figura 1.18: Mal estado de canaletas en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	50
Figura 1.19: Cuarto de control de sistema eléctrico en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	51
Figura 1.20: Tuberías de distribución de agua en mal estado en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	53
Figura 1.21: Fugas en grifo y mala instalación de desagüe en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	53
Figura 1.22: Sistema de GLP centralizado en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	54
Figura 1.23: Almacenamiento en pasillos de gases medicinales en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	56
Figura 1.24: Falta de anclaje en gases medicinales en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	56
Figura 1.25: Anclaje en el área de estadística en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	57
Figura 1.26: Falta de anclaje el equipo de laboratorio en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	58
Figura 1.27: Grietas presentes en la cubierta de lavandería en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	59
Figura 1.28: Pasillo utilizado como área de almacenamiento en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	60

Figura 1.29: Clasificación para el suelo del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	77
Figura 1.30: Perfil estratigráfico para el suelo del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	78
Figura 1.31: Resultados de la seguridad estructural de índice de Seguridad Hospitalaria realizado en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	79
Figura 1.32: Resultados de la seguridad no estructural de Índice de Seguridad Hospitalaria realizado en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	80
Figura 1.33: Resultados de la seguridad funcional del Índice de Seguridad Hospitalaria realizado en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	81
Figura 1.34: Resultados del Índice de Seguridad Hospitalaria realizado en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	82
Figura 2.1: Figura 1 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico y Diseño Sismo Resistente.....	86
Figura 2.2: Espectro elástico horizontal del diseño en aceleraciones según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2 sección 10.5.1: Peligro Sísmico y Diseño Sismo Resistente.....	91
Figura 2.3: Espectro de respuesta elástico de aceleraciones en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	94
Figura 3.1: Idealización 2 del modelo de la estructura hospitalaria del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	97
Figura 3.2: Idealización 3 del modelo de la estructura hospitalaria del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	98
Figura 3.3: Idealización 4 del modelo de la estructura hospitalaria del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	99
Figura 3.4: Idealización 5 del modelo de la estructura hospitalaria del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	99
Figura 3.5: Idealización 5 del modelo de la estructura hospitalaria del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	99

Figura 3.6: Vista frontal el modelo estructural en el software CYPECAD del Hospital Aida León de Rodríguez Lara del Cantón Girón.....	101
Figura 3.7: Vista Lateral Derecha del modelo estructural en el software CYPECAD del Hospital Aida León de Rodríguez Lara del Cantón Girón.....	101
Figura 3.8: Vista Lateral Izquierda del modelo estructural en el software CYPECAD del Hospital Aida León de Rodríguez Lara del Cantón Girón.....	102
Figura 3.9: Vista Posterior del modelo estructural en el software CYPECAD del Hospital Aida León de Rodríguez Lara del Cantón Girón.....	102
Figura 4.1: Cantidad de parámetros cumplidos según la NEC de las diferentes familias de columnas del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	117
Figura 4.2: Cantidad de parámetros cumplidos de todas las columnas del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	118
Figura 4.3 Cortante basal dinámico del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	119
Figura 4.4 Desplome local máximo del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Componentes de la gestión de riesgos.....	10
Tabla 1.1: Amenazas sobre la seguridad del inmueble (ISH).....	63
Tabla 1.2: Capacidades soportantes para el suelo del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	76
Tabla 1.3: Asentamientos esperados con la cimentación de plintos de hormigón armado para el suelo del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	76
Tabla 2.1: Cargas vivas a utilizarse en el diseño de hospitales según la Norma Ecuatoriana de la Construcción.....	84
Tabla 2.2: Cargas muertas a utilizarse en el diseño de hospitales según la Norma Ecuatoriana de la Construcción	84
Tabla 2.3: Valor z del Cantón Cuenca según la sección 10.2 del capítulo 2 de la Norma Ecuatoriana de Construcción.....	86
Tabla 2.4: Clasificación de los tipos de perfiles de suelo según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico y Diseño Sismo Resistente.....	87
Tabla 2.5: Clasificación de los tipos de perfiles de suelo según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2 sección 10.5.1: Peligro Sísmico y Diseño Sismo Resistente.....	88
Tabla 2.6: Categorización del índice de importancia según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico y Diseño Sismo Resistente.....	89
Tabla 2.7: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto para el Hospital Aida León de Rodríguez Lara según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.....	92
Tabla 2.8: Coeficiente de amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara según la	

Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.....	92
Tabla 2.9: Coeficiente de comportamiento no lineal de los suelos en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.....	93
Tabla 2.10: Tipos de combinaciones de cargas según la Norma Ecuatoriana de la Construcción.....	95
Tabla 3.1: Factores de reducción según el American Concrete Institute.....	104
Tabla 3.2: Datos de la columna más desfavorable del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	105
Tabla 3.3: Datos de la viga más desfavorable del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	107
Tabla 3.4: Cortante basal dinámico del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	109
Tabla 3.5: Factores de modificación del cortante basal del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	110
Tabla 4.1: Comprobación de parámetros de diseño de cada familia de columnas del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	114
Tabla 4.2: Desplome total máximo de los pilares del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	115
Figura 4.3 Desplome local máximo del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.....	119

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Planos estructurales

Anexo 2: Ortofoto

Anexo 3: Mapas de riesgo

Anexo 4: Índice de Seguridad Hospitalaria

Anexo 5: Memoria técnica – Estudios de suelos

Anexo 6: Hoja de cálculo del Modelo Matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria

Anexo 7: Memoria técnica - Análisis de dinámica estructural con Cypecad

Anexo 8: Archivo digital Cypecad

Anexo 9: Maqueta virtual BIM

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL “HOSPITAL AIDA LEÓN DE
RODRÍGUEZ LARA” DEL CANTÓN GIRÓN, PROVINCIA DEL AZUAY,
PARA CUANTIFICAR LAS AMENAZAS Y VULNERABILIDAD DE LA
EDIFICACIÓN HOSPITALARIA**

RESUMEN

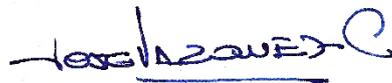
La investigación, del estado del Hospital Aida León ubicado en el Cantón Girón de la provincia del Azuay, es parte del proyecto investigativo de la Universidad del Azuay “Implementación de una Estrategia de Hospitales Seguros Frente a Desastres”. Partimos con la metodología OPS/OMS el Índice de Seguridad Hospitalaria y apoyados de métodos no invasivos; identificamos las amenazas y estado del sistema, estructural, no estructural y funcional. El énfasis del trabajo está en el componente estructural, se realizó un análisis estructural dinámico con toda la información recolectada, que mostró el estado de la construcción en comparación con los requerimientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente, determinándose inconvenientes a tomar en cuenta en un diseño de mitigación y reforzamiento.

Palabras Clave: Hospitales seguros, amenazas, estructural, análisis, comparación, norma, mitigación.



José Fernando Vázquez Calero

Director del Trabajo de Titulación



José Fernando Vázquez Calero

Director de Escuela



Luis Enrique Bravo Toledo

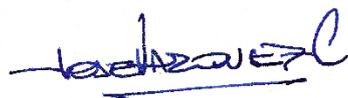
Autor

**STRUCTURAL EVALUATION OF THE "AIDA LEON DE RODRIGUEZ LARA"
HOSPITAL LOCATED IN GIRON CANTON, PROVINCE OF AZUAY, TO
QUANTIFY THE THREATS AND VULNERABILITY OF THE HOSPITAL
BUILDING**

ABSTRACT

The investigation of the building conditions of *Aida León* Hospital located in Giron Canton, province of Azuay, is part of the research project known as "*Implementación de una Estrategia de Hospitales Seguros Frente a Desastres* (Implementation of a Hospitals Safe from Disasters Strategy) conducted by Universidad del Azuay. The study began with the PAHO / WHO (Pan American Health Organization/World Health Organization) methodology, and the Hospital Safety Index. Then, threats and conditions of the structural, non-structural and functional systems were identified through non-invasive methods. The emphasis of the work was on the structural component. A dynamic structural analysis was performed with all the information collected, which showed the conditions of the construction in comparison with the requirements of the current Ecuadorian Construction Standard. This enabled to determine the drawbacks to be taken into account in a mitigation and reinforcement design.

Keywords: safe hospitals, threats, structural, analysis, comparison, standard, mitigation.



José Fernando Vázquez Calero
Thesis Director



José Fernando Vázquez Calero
School Director



Luis Enrique Bravo Toledo
Author



Magali Ortega
UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

INTRODUCCIÓN

Dentro de la línea de investigación aprobada por la Universidad del Azuay, de la facultad de Ciencia y Tecnología, sobre la vulnerabilidad de estructuras en el proyecto de investigación científica para hospitales seguros frente a desastres, se toma como objetivo de la investigación evaluar diferentes hospitales del austro Ecuatoriano basándose en que estos deben estar completamente funcionales durante cualquier desastre que se puede dar tanto en sus ámbitos estructurales, no estructurales y funcionales. El Ecuador siendo parte del Cinturón de Fuego del Pacífico está expuesto a un gran riesgo sísmico por lo cual la actual norma de construcción NEC ha sido diseñada con la finalidad de que sus parámetros al momento de la construcción ayuden a mitigar y disminuir los daños tanto de infraestructura como de vidas humanas que se pueden ver en riesgo durante un evento sísmico. Siendo el ámbito estructural uno de los más importantes a tomar en cuenta, debido a que las normas anteriores de construcción y sismo resistencia no fueron lo suficientemente rigurosas, por lo tanto, se debe aplicar estudios para la verificación del estado de la estructura hospitalaria frente a parámetros actuales de sismo resistencia.

El presente trabajo tiene por nombre: Evaluación estructural del “Hospital Aida León de Rodríguez Lara” del cantón Girón, provincia del Azuay para cuantificar las amenazas y vulnerabilidad de la edificación hospitalaria. Mediante varios métodos de inspección y evaluación se llegó a identificar los riesgos que tiene el hospital, principalmente los que conllevan a poner en duda el funcionamiento continuo del hospital ante un desastre, esto enfocándose principalmente en el aspecto estructural. Se utilizarán: ensayos de suelos para la capacidad a cortante, mapa de riesgos para la identificación de amenazas, equipos para ensayos no destructivos como: ultrasonidos, esclerómetros, detector de hierros y drones. Con la aplicación de la metodología del Índice de Seguridad Hospitalaria, para procurar Hospitales Seguros Frente a Desastres recomendada por la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS), se pudo llegar a determinar el estado estructural, los

elementos no estructurales y la organización funcional de la entidad de salud ante un desastre, siendo esto de vital importancia para los habitantes del cantón Girón.

ANTECEDENTES

Las edificaciones hospitalarias son de vital importancia al momento de la ocurrencia de desastres en las áreas en las que están situadas, puesto que, estos establecimientos son los que reciben a todas las víctimas de la catástrofe para ofrecer atención a la salud de los afectados, pero, no siempre estos establecimientos responden a su máxima capacidad. A pesar de que la infraestructura de los hospitales deberían ser edificaciones con altos estándares de calidad y sinónimo de atención y seguridad, ha habido casos en que las mismas son las primeras en fallar, y quedarse sin servicios y recursos durante o después de una catástrofe, dejando a pacientes sin atención y conllevando graves consecuencias. Algunos ejemplos de tales desastres son: el terremoto de Guajarat, India, en donde murieron miles de personas y alrededor de 200000 personas necesitaron ayuda médica. Ocurrió en Diciembre del año 2003, un terremoto devastador en Bam, Irán, dejó a 26271 personas muertas; en la Ciudad de México en el terremoto de 1985 el hospital de Juárez una instalación dedicada a proveer ayuda a los afectados por estas situaciones de desastre, fue la primera en necesitar ayuda de organismos de socorro después de que una torre del hospital de 12 pisos colapso. (OPS, Desastres Preparativos y Mitigacion En Las Americas, 2014)

Estos casos son algunos de los muchos en donde las personas necesitaron ayuda de una institución hospitalaria que en esos momentos no funcionaba, y en consecuencia no cumplía con su misión primordial: ayudar a las víctimas del desastre. Debido al tipo de desastres anteriormente mencionados, que, han ocurrido y seguirán ocurriendo en todo el planeta la Organización Panamericana de Salud (OPS) implemento a través de la resolución CD45.R8 que se adopte la iniciativa de Hospitales Seguros Frente a Desastres como una política nacional de cada país miembro de la organización, para así garantizar que los establecimientos de salud sigan funcionando en situaciones emergentes. Esta resolución fue aceptada por 168 países incluido Ecuador. En el año 2005 en la Conferencia Mundial sobre reducción de desastres en Kobe, Japón la iniciativa se incorporó al plan de acción Hyogo 2005-2015. (OMS, 2008).

En los años 2008-2009 se lanza la campaña mundial para la Reducción de Desastres llamada: “Hospitales Seguros frente a Desastres: Reducir el Riesgo, Proteger las Instalaciones de Salud, Salvar Vidas” por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la secretaría de la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (ONU/EIRD). Esta campaña tiene como objetivo: “ Asociarse 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”. (OMS, 2008)

Según esta campaña un hospital seguro es aquel que:

- No se desplomará en caso de un desastre, lo cual pondría en riesgo la vida del personal que trabaja en dicha institución y de los pacientes.
- Puede seguir trabajando y subministrando sus servicios primordiales cuando sean requeridos, ya que luego de un desastre esto es de suma importancia.
- Es organizada y tiene planes de contingencia en casos de desastre, ésta también tiene personal capacitado en el procedimiento que se debe tomar para asegurar el funcionamiento de la red luego de un desastre. (OMS, 2008)

Esta campaña además de lo anteriormente mencionado tenía como objetivo: proteger las vidas de pacientes que necesiten atención, proteger las vidas del personal que trabaje en los hospitales y velar por las instalaciones que son de suma importancia luego de un desastre para la correcta atención a víctimas afectadas. Esto también con la idea primordial: “El hospital más caro es el que falla” (OMS, 2008). Lo que da a entender que cuando un hospital falle y no atienda a sus pacientes cuesta mucho más en vidas humanas y en dinero en comparación a uno que cueste más pero que no fracase y que atienda a las personas en caso de un desastre. Esta campaña se dedicó a capacitar a varios profesionales de la salud, como también, a administradores de hospitales como arquitectos e ingenieros. Esto con el objetivo de que los hospitales

sean administrados, construidos y refaccionados con la idea de “Hospitales Seguros” en mente, así como también, a personas dedicadas a la política, bancos e instituciones de préstamo, para así garantizar que los futuros proyectos de infraestructura y servicios sean realizados con los parámetros pertinentes, garantizando la correcta función de las instituciones en caso de una emergencia.

Durante el tiempo de la campaña se evaluó a miles de hospitales con el “Índice de Seguridad Hospitalaria” el cual fue creado para evaluar y dar una calificación, basada en diferentes factores, con la finalidad de obtener una idea de la vulnerabilidad que tiene y de su aptitud para seguir funcionando en caso de un desastre. El puntaje de este índice puede ser:

- C= 0 - 0.35: esto significa que se deben tomar medidas urgentes ya que el hospital no es apto para proteger a pacientes o personal durante un desastre o caso de emergencia.
- B= 0.36 – 0.65: los pacientes y personal podrían verse en riesgo con el nivel de seguridad que tiene el hospital al momento. Se necesitan medidas a corto plazo.
- A= 0.66-1: El hospital seguirá funcionando durante y después de una situación de emergencia, la seguridad estructural debe de ser evaluada rigurosamente para reducir el riesgo. Se deben de tomar medidas de mitigación para cualquier problema encontrado durante la evaluación así como medidas de prevención. (OMS, 2008)

Según estos puntajes que se originan de una evaluación que alberga el interior de la entidad hospitalaria, los alrededores del mismo y el terreno en donde fue construido para identificar posibles riesgos, los cuales posteriormente sirven para proponer medidas de mitigación, para que así, los centros de salud sean más seguros garantizando la seguridad de pacientes y personal.

Es así como esta campaña funcionó durante dos años y puso a la prevención de desastres en entidades hospitalarias como un factor importante en el bienestar de la

población mundial. Durante años siguientes se continúa evaluando hospitales y aplicando estrategias, métodos y reglamentos para lograr salvar vidas en diferentes países en todo el mundo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar los elementos estructurales y parte de los no estructurales del “Hospital Aida León de Rodríguez Lara” del cantón Girón, provincia del Azuay 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 hospital.
- 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.

METODOLOGÍA

Se evaluará las amenazas identificadas y por definir en el 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.

Se realizará un ensayo de penetración estándar SPT (Standar Penetration Test), que consiste en la extracción de una muestra de suelo a una profundidad de (5-6 m), para posteriormente determinar la capacidad admisible del suelo; además se identificará su tipo y clasificación para realizar una columna estratigráfica.

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 procederá a la modelación dinámica estructural del establecimiento hospitalario en software especializado, que permita 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 (NEC, 2014).

Se compararán los resultados de la modelación existente que contiene los armados reales de la estructura con la modelación, implementando la norma actual de construcción, donde se obtendrán gráficos comparativos del comportamiento de la infraestructura hospitalaria; para finalmente con todos los datos obtener 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 luego de realizar las fichas de evaluación se propondrá medidas de mitigación y reforzamiento

ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

En el año 2005 al conmemorarse diez años del terremoto en la ciudad de Kobe (Japón), la Organización Panamericana de la Salud determinó que era imprescindible plantearse estrategias de Hospitales Seguros Frente a Desastres ((OPS), 2008), de allí surgió la metodología del ISH (Índice de Seguridad Hospitalaria) que consiste en la evaluación por equipos multidisciplinarios y multisectoriales en cuatro áreas fundamentales:

- Calificación de las amenazas en el sector y entorno.
- Evaluación de los miembros estructurales de la edificación.
- Evaluación de los miembros no estructurales.
- Evaluación del servicio funcional de las instalaciones hospitalarias.

El Índice de Seguridad Hospitalaria ayuda a priorizar los establecimientos de salud otorgando un valor numérico que expresa la probabilidad de que continúe funcionando en caso de desastre. (OPS, Guía del Evaluador de Hospitales Seguros, 2008)

Por tratarse de un tema de novedad científica reciente del siglo XXI, en diferentes países del mundo se están desarrollando programas de evaluaciones de Hospitales Seguros frente a desastres utilizando esta metodología. Un hospital seguro es un establecimiento de salud cuyos servicios permanecen accesibles y funcionando a su máxima capacidad y en su misma infraestructura inmediatamente después de que ocurre un desastre natural. (OPS, Guía del Evaluador de Hospitales Seguros, 2008)

“Los establecimientos de salud son edificaciones esenciales y/o peligrosas” (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2014), es por esto que el nivel de análisis en el diseño de los miembros estructurales y no estructurales es más exigente; se pretende realizar un estudio de vulnerabilidad que “busca determinar la susceptibilidad a daños

que presentan los diferentes componentes de un hospital ante la ocurrencia de un desastre” (Organización Panamericana de la Salud (OPS, Guía del Evaluador de Hospitales Seguros, 2008)

El riesgo que se considera como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad, da cuenta que para el austro ecuatoriano las amenazas de tipo: sísmicas, hidrometeorológicas y geotécnicas son las principales a tomar en cuenta al momento de la calificación. (OPS, Guía del Evaluador de Hospitales Seguros, 2008)

Para el discernimiento de la presente investigación se definen los siguientes términos:

1. Gestión del riesgo

Se basa en un sistema social que tiene como objetivo la reducción de riesgos y el análisis de éstos, ya que, principalmente el manejo de recursos y la recuperación después de que estos ocurran son sus objetivos primordiales. Los principales procesos de la gestión son: la planificación, organización, dirección y control. (Castellanos, 2010)

Tabla 1: Componentes de la gestión de Riesgos

ÁREAS	COMPONENTES
Análisis de riesgos	Estudio de amenazas y vulnerabilidades
Reducción de riesgos	Prevención y mitigación
Manejo de eventos adversos	Preparación, Alerta y Respuesta
Recuperación	Rehabilitación y Reconstrucción

Fuente: (Castellanos, 2010)

2. Hospitales seguros frente a desastres

Establecimientos de salud que inmediatamente luego de la ocurrencia de un fenómeno destructivo, de origen humano, natural o mixto, sus servicios permanecen funcionando

con: todas sus instalaciones accesibles, a su máxima capacidad y en la misma infraestructura. (Castellanos, 2010)

3. Aspectos funcionales

Son aquellos que tienen que ver con la puesta en marcha de la entidad hospitalaria, en donde, se tiene en cuenta los recursos del hospital, programas y planes de funcionamiento, capacitación del talento humano y el buen funcionamiento de servicios que garantice el bien estar de personal y pacientes. (Castellanos, 2010)

4. Aspectos estructurales

Tienen que ver principalmente con los elementos que constituyen la edificación de la entidad hospitalaria estos incluyen: losas, vigas, columnas, cubiertas, etc. Siempre tomando en cuenta el historial de éstos a exposición de amenazas. (Castellanos, 2010)

5. Aspectos no estructurales

Principalmente elementos arquitectónicos, equipos de tratamiento y diagnóstico con los que cuenta el hospital, estanterías, equipos informáticos, sistema de calefacción, sistema de ventilación, y todos los bienes del hospital que ayuden a su correcto funcionamiento y servicio a sus pacientes. (Castellanos, 2010)

6. Vulnerabilidad

Estado en que el objeto o sistema se encuentra frente a la posible ocurrencia de un peligro o amenaza. Tomando en cuenta principalmente el riesgo de ser dañado directamente. (Castellanos, 2010)

7. Emergencia

Evento que es causado por sucesos de naturaleza humana, natural o por una mezcla de los dos en la cual la estructura social es alterada significativamente debido a cambios en las personas, bienes, economía, sistemas sociales, servicios y el medio ambiente.

Las primeras acciones de respuesta y mitigación pueden ser ejecutadas con recursos propios que estén disponibles. (Castellanos, 2010)

8. Respuesta

Grupo de acciones que tienen el objetivo principal de salvar vidas y de reducir: sufrimiento, pérdidas económicas y sociales mediante la ayuda humana para poder dar la asistencia necesaria y esencial luego de un desastre o emergencia. Con el objetivo principal de minorar el número de víctimas. (OPS, Guía del Evaluador de Hospitales Seguros, 2008)

9. Relación entre riesgo, amenaza y vulnerabilidad

Según la Guía del Evaluador de Hospitales Seguros de la OPS se dice que: “ El riesgo es el resultado de la interacción de amenaza y vulnerabilidad. Esta interacción es una relación dinámica y compleja que se modifica en el tiempo de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno en un lugar y momento dado con una magnitud, intensidad y duración identificada y la predisposición de las personas, infraestructura, servicios y bienes de ser afectadas por dicho fenómeno. La simplificación de la relación entre estos tres factores se expresa en la fórmula: $R = A * V$. Donde R es el riesgo, A es Amenaza y V es vulnerabilidad.” (OPS, Guía del Evaluador de Hospitales Seguros, 2008)

10. Riesgo

Es el peligro de que ocurran daños de cualquier índole contemplados anteriormente, que tengan magnitud, costo y duración determinados mediante su relación con la amenaza propia que exista en un asentamiento de personas específico. Siempre y cuando se tome en cuenta la vulnerabilidad ante la amenaza. (OPS, Guía del Evaluador de Hospitales Seguros, 2008)

11. Amenaza

Se define como la posibilidad que pase un suceso con intensidad y duración determinadas. El cual es externo a el sistema u objeto susceptible, que, puede darse

por una acción humana, por la naturaleza o la combinación de ambos. (Castellanos, 2010).

Las amenazas se dividen en:

- Fenómenos geológicos: son aquellos que tienen su origen en el núcleo, manto y corteza del planeta tierra, en los cuales se producen interacciones en el movimiento interno de esas capas, por lo que, se genera liberación de energía. Estos fenómenos son muy recurrentes. (Protección Civil Guanajuato, 2015)
- Fenómenos hidrometeorológicos: tienen que ver con el proceso que ocurre en el ciclo hidrológico, mientras este sucede se producen fenómenos en la atmósfera del planeta, pudiendo en ocasiones ser violentos para la población en el área donde estos se producen. (Protección Civil Guanajuato, 2015)
- Fenómenos Químico-Tecnológicos: directamente ligados con la tecnología y el avance de la actividad económica industrial. En la industria se producen desechos de origen químico y de otras índoles que pueden ser contaminantes al medio ambiente en general. (Protección Civil Guanajuato, 2015)
- Fenómenos Sanitario-Epidemiológicos: estos pueden ser de origen natural, humano o ambos. La contaminación que existe en el medio ambiente principalmente en el agua, aire y suelo, y el peligro que esta contaminación conlleva para la salud humana. Se toma en cuenta la contaminación del suelo por el uso agrícola incluyendo plagas y desertificación. (Protección Civil Guanajuato, 2015)
- Fenómenos Socio-Organizativo: a través del día a día en la interacción humana con factores demográficos, económicos, políticos, sociales y culturales se generan situaciones que pueden poner en riesgo la salud de la población. (Protección Civil Guanajuato, 2015)

12. Sismo

Es la liberación de energía ocasionada por el movimiento brusco de las placas tectónicas al interactuar unas con otras. La liberación de energía se manifiesta en forma de ondas que se muestran en la superficie terrestre. Se considera un fenómeno geológico. Este puede generar sucesos como:

- Alto número de pérdidas humanas.
- Gran número de heridos.
- Daños a los equipos y a la estructura del hospital.
- Bloqueo de accesos al hospital.

(LLanes, 2013).

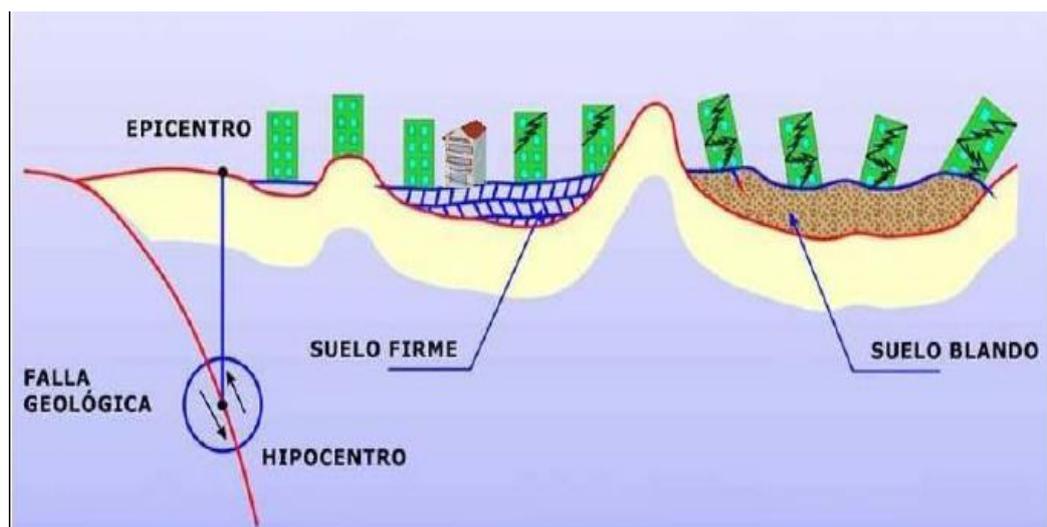


Figura 1: Sismo

Fuente: (LLanes, 2013)

13. Erupciones volcánicas

Por medio de la expulsión de magma, ceniza y gases se produce una liberación de energía en forma violenta debido a un fenómeno geológico proveniente desde el interior del manto. Las principales consecuencias de este fenómeno son:

- Alta demanda de atención médica de parte de la población afectada debido a problemas graves incluyendo fracturas, hemorragias, quemaduras, etc. Se pueden también dar intoxicaciones, irritación en las vías respiratorias, que se consideran afecciones leves.
- Elevado número de muertes.
- Interrupción en el acceso al hospital.
- Bloqueo de entrega de servicios básicos como: agua potable, gas, electricidad.

(LLanes, 2013)

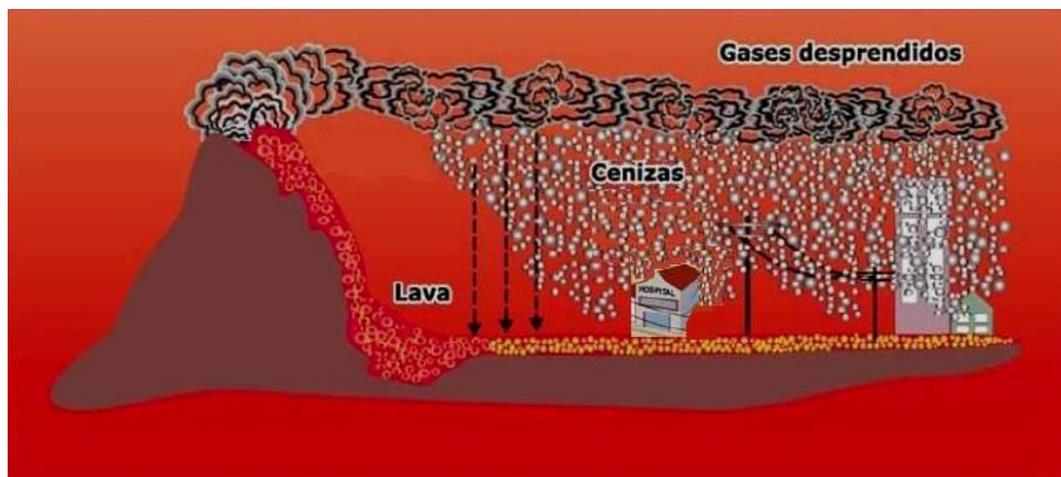


Figura 2: Erupción Volcánica

Fuente:: (LLanes, 2013)

14. Deslizamiento por suelo inestable

Acontecimiento del orden geológico, que se caracteriza principalmente en el movimiento pendiente abajo de material que constituye la corteza de un talud que se encuentre con tierra, roca y arena suelta debido a la saturación, peso, meteorización u otros. Se pueden dar las siguientes consecuencias si se da este evento:

- Heridos de forma grave o leve que incrementen la demanda de atención médica en el lugar donde se produce el fenómeno.
- Alta tasa de mortalidad.

- Si el hospital está en dirección del movimiento de material se pueden dar fisuras en la estructura, daño en las zapatas del hospital, destrucción de elementos arquitectónicos y estructurales.
- Interrupción de agua, luz, teléfonos y demás servicios básicos.

(LLanes, 2013)

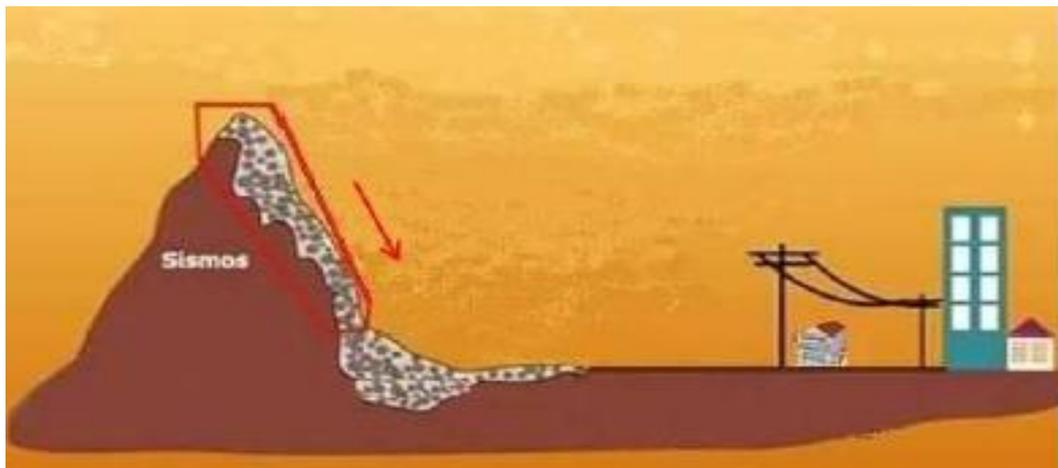


Figura 3: Deslizamientos por suelos inestables.

Fuente: (LLanes, 2013)

15. Tsunami

Evento geológico que es el resultado de temblores, maremotos o erupciones volcánicas, producidos en el lecho marino, el cual a medida que se alejan del epicentro acumula energía en forma de olas gigantes que provocan daños a poblaciones que se encuentran en las costas cercanas al epicentro. Se pueden dar diferentes desgracias debido a este evento, todo depende de la densidad de la población, hora, preparación y tipo de construcción del hospital. Los daños que se pueden dar son:

- Pérdida de insumos, equipos, elementos estructurales y arquitectónicos, debido al ingreso del agua en la edificación hospitalaria.
- Alto ingreso de pacientes al hospital.
- Obstrucción de las vías de acceso al hospital debido a la inundación del área afectada.
- Alto número de fatalidades.

(LLanes, 2013)



Figura 4: Tsunamis

Fuente: (LLanes, 2013)

16. Huracanes

Acontecimiento de orden hidrometeorológico que se presenta con vientos que dan la vuelta en sentido contrario a las manecillas del reloj, también, pudiéndose llamar tormentas violentas. Se caracterizan principalmente por su presencia únicamente en el hemisferio norte, por lo que, su existencia en nuestro medio no se da. Los huracanes pueden ocasionar:

- Elevado número de muertes.
- Incremento de gente que necesita atención médica.
- Daños a los equipos y a la estructura del hospital, ya que estos vientos acarrear materiales contundentes que al impactar contra otros objetos los dañan.
- Interrupción del abastecimiento de servicios básicos.
- Bloqueo de vías de acceso.

(LLanes, 2013)



Figura 5: Huracanes

Fuente: (LLanes, 2013)

17. Lluvias torrenciales

Se trata de precipitaciones de gran magnitud que vienen acompañadas de truenos, rayos y vientos. Acarreando un gran peligro de inundación debido al gran volumen de agua que se tiene en un corto período de tiempo. Este acontecimiento hidrometeorológico para la entidad hospitalaria acarrea:

- Corte en las vías de acceso.
- Deterioro de estructura como de elementos arquitectónicos, equipos, estantería y demás objetos debido principalmente a inundación.
- Alto número de muertes.
- Alto número de personas con necesidad de atención médica.

(LLanes, 2013)

18. Penetración del mar o río

Inundación provocada por el alto volumen de agua que se desprende de cuerpos que acarrear grandes volúmenes de agua principalmente ríos, lagos y mares. Para un hospital esta amenaza hidrometeorológica representa:

- Poco número de muertes.
- Alto número de pacientes con heridas.
- Alto daño del hospital debido a inundación.
- Baja accesibilidad a el hospital debido a las vías de acceso.

(LLanes, 2013)



Figura 6: Penetración de mar o río.

Fuente:: (LLanes, 2013)

19. Deslizamiento por saturación del suelo

Siendo este un acontecimiento hidrometeorológico sucede cuando existe humedad excesiva en una ladera que provoca una inestabilidad en el talud conllevando a un movimiento de material superficial de la ladera. Los efectos en una entidad hospitalaria son:

- Demanda de atención médica para la población.
- Gran daño a la estructura debido a ingreso de lodo y material vegetal a los predios del hospital.
- Taponamiento de vías de ingreso debido a la alta cantidad de lodo.
- Interrupción de abastecimiento de servicios básicos para el hospital.

(LLanes, 2013)



Figura 7: Deslizamientos por saturación del suelo

Fuente:: (LLanes, 2013)

20. Concentraciones de población

Fenómeno social que representa la mayor amenaza debido a que un elevado número de personas en espacios limitados y no aptos para una alta concentración puede acarrear en un deterioro de seguridad y un alto desorden social, afectando así los servicios que se pueden brindar a la población. La concentración de población afecta de manera directa a la prestación de servicios que se daba antes del fenómeno en el área que se genera la concentración masiva y puede desatar los siguientes eventos en una edificación hospitalaria:

- Daños a partes externas del hospital por la acción humana.

- Ocupación total de la capacidad instalada del hospital pudiendo acarrear a un colapso.
- Bloqueo de las vías de acceso al hospital.

21. Personas desplazadas

Consecuencia del tipo social debido a población que es forzada a salir del lugar en donde viven, que en general es debido a su disposición a huir de conflictos armados, o la evacuación posterior a un evento catastrófico de origen natural o humano. Su movimiento se genera principalmente hacia comunidades vecinas o áreas que no estén pobladas. Para los servicios de salud esto representa:

- Mayor demanda de atención hospitalaria debido a falta de alimento y deshidratación.

(LLanes, 2013)

22. Epidemias

Se trata de un número elevado de casos no esperados de una enfermedad en específico hacia una población definida y en un tiempo determinado. Estos brotes de enfermedad pueden conllevar al colapso de entidades hospitalarias debido al alto número de pacientes en tiempos reducidos.

23. Contaminación

Presencia de sustancias que pueden acarrear problemas de salud y por lo que presentan un peligro para los seres vivos expuestos a dichas sustancias. Es de riesgo considerable tener contaminación en las inmediaciones de un hospital, ya que existen pacientes vulnerables a virus y patógenos en general. Este fenómeno de origen sanitario puede ser muy grave ya que puede estar en cualquier estado de la materia y puede difuminarse rápidamente dañando así a un número grande de personas y animales. (LLanes, 2013)

24. Plagas

El número elevado de una especie en específico, la cual es capaz de transportar patógenos dañinos para la salud humana. Peligro sanitario que tiene que ver en gran parte con la ubicación y el clima.

25. Explosiones

Liberación de energía de tal manera que se produce una onda de choque debido a la diferencia de la presión del lugar y la presión que es producida al liberarse la energía contenida en el material que ocasiona dicho fenómeno. De acuerdo con la magnitud de este fenómeno puede acarrear graves consecuencias en las instalaciones de salud como: paredes, vidrios, puertas y elementos arquitectónicos, así también en elementos estructurales: si la intensidad de la explosión es lo suficientemente grande. Acarrea la posibilidad de aumento en demanda de servicios de salud por parte de personas que pueden ser heridas durante el evento. (LLanes, 2013)

26. Incendios

Acontecimiento químico - tecnológico que se trata de un fuego fuera de control poniendo así en riesgo a la vida de personas que estén expuestos al fuego. Los principales riesgos para el plantel hospitalario incluyen la alta afluencia de pacientes que requieran tratamiento inmediato debido a quemaduras e irritación de las vías respiratorias, lesiones y traumatismos. En el aspecto de daños al plantel se puede ver afectados elementos no estructurales debido a la llegada masiva de gente. (LLanes, 2013)

27. Licuefacción

Fenómeno con peligro de ocurrencia para los suelos no consolidados que pueden ser en su mayoría limos, arenas y grabas. Estos suelos al saturarse con agua se separan entre sí, por lo que el material fino se sedimenta y el agua aflora hacia la superficie o hacia el área de menor consolidación, provocando así un suelo con índice plástico considerablemente mayor al suelo original. Las consecuencias de la licuefacción de un suelo que se esté usando de soporte para la cimentación de una edificación es la

ocurrencia de asentamientos diferenciados, grietas en mampostería e incluso fracaso de la cimentación, lo cual puede provocar el colapso o el volcamiento de la edificación. (LLanes, 2013)

28. Suelo arcilloso

Acontecimiento que se da en suelos constituidos únicamente por limos y arcillas, que por su naturaleza tienen vacíos entre sus partículas y son la principal razón para que existan asentamientos en cualquier tipo de estructura de las que sean el soporte. Esto ocurre debido a la exposición a la humedad provocando que, la arcilla se disuelva y pierda cohesión. Puede ocurrir que al secarse este tipo de suelos aumentan su volumen debido a la arcilla llevando a que, se presenten fisuras y grietas en su estructura y mampostería.

29. Talud inestable

Un talud al estar inestable se refiere a que el ángulo de fricción del terreno no es el suficiente para mantener el material a la pendiente en que se encuentra. Por lo que puede haber un movimiento de masa. Este movimiento puede ser provocado por presencia de humedad en el terreno, rellenos, excavaciones, sismos que se den cerca del talud.



Figura 8: Talud Inestable
Fuente:: (LLanes, 2013)

30. Piso blando

Se dice que una edificación tiene piso blando cuando un piso tiene menos del 70 % de rigidez que el piso que está encima de éste. (NEC, 2014)

31. Piso débil

Se da cuando un piso tiene 80% menor resistencia que el piso que está directamente por debajo de éste. (NEC, 2014)

32. Sismo de diseño

Terremoto hipotético representado por un espectro de respuesta para medir los efectos dinámicos en la estructura del mismo. Se determina la magnitud de éste mediante un mapa de peligro sísmico, el cual muestra la peligrosidad sísmica que tiene cada área. A partir de los parámetros anteriormente mencionadas se propone que este sismo tiene la probabilidad de ser superado en magnitud en 50 años, lo que significa que tendrá un período de retorno de 475 años. (NEC, 2014)

33. Alerta temprana

Ante la probabilidad alta de ocurrencia de un evento peligroso los organismos y personal encargados de gestión de riesgos para una entidad o para un grupo de instituciones dan la alerta previa a la ocurrencia de un evento peligroso. A partir de la alerta los organismos encargados de la asistencia en caso de emergencias deben activar protocolos de acción e instruir a la población en general de procedimientos para garantizar su bien estar. (Astorga, 2014)

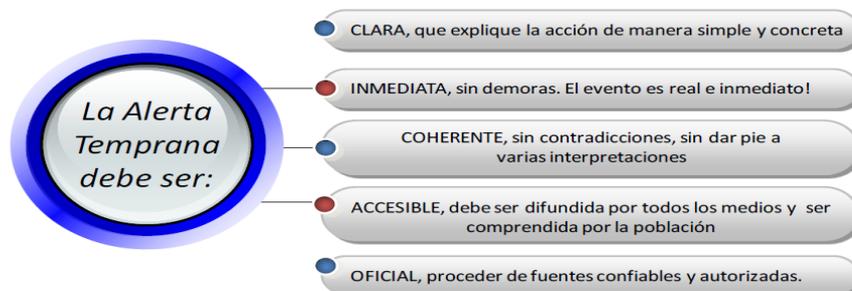


Figura 9: Alerta Temprana

Fuente: (Astorga, 2014)

34. Armadura

Se refiere al esqueleto de los elementos de hormigón armado que consiste en elementos de acero los cuales, luego de ser puestos de tal manera que conformen una base sólida para la resistencia a la tracción y a la compresión, son fundidos con hormigón para su mejor resistencia a esfuerzos de compresión. Sin el acero el hormigón por sí solo no es capaz de soportar cargas de tracción, por lo que, la armadura de acero es de suma importancia. Existen dos tipos de armadura:

- Armadura longitudinal: se trata del refuerzo longitudinal del elemento estructural ésta está formada por barras de acero que pasan de forma paralela al eje longitudinal del elemento.
- Armadura transversal: es la que se encuentra colocada en forma paralela al eje transversal del elemento, por lo que, está de forma perpendicular a la armadura longitudinal y ayuda a amarrar la misma para evitar movimientos en las armaduras. Llamadas también estribos o sunchos, son las que se encargan de resistir esfuerzos cortantes que imponen fuerzas sísmicas. (Astorga, 2014)

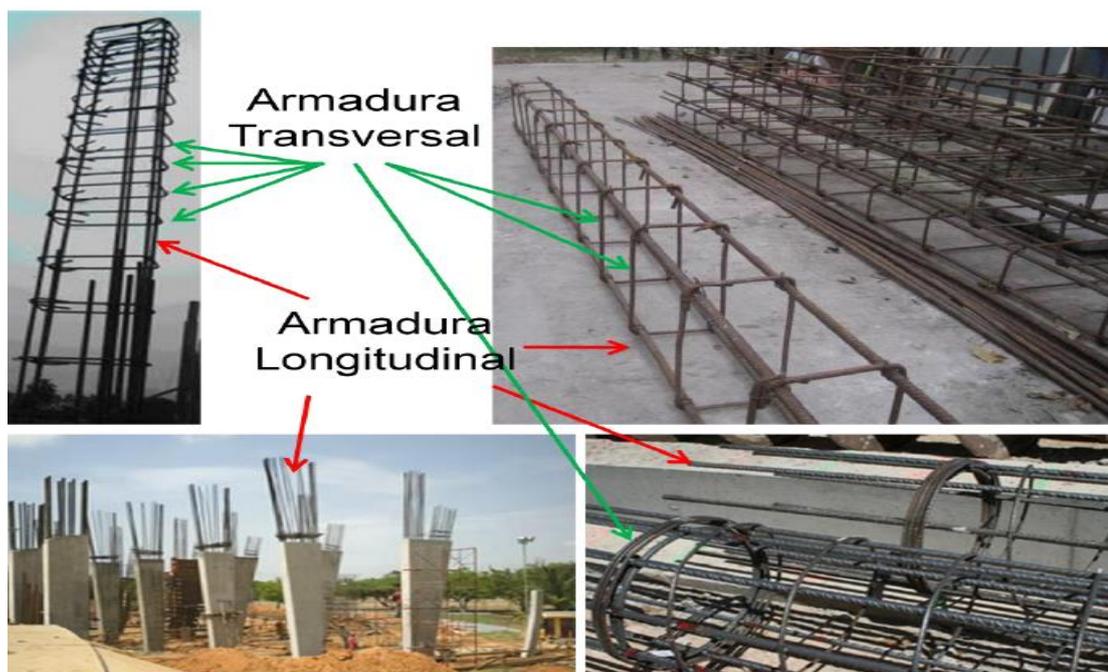


Figura 10: Tipos de armaduras

Fuente: (Astorga, 2014)

35. Arriostramiento

Se trata de un método que sirve para rigidizar y estabilizar la estructura, para así, impedir que esa se deforme debido principalmente a las cargas horizontales que se producen por vientos extremos o sismos. El arriostramiento más común en el medio de la ingeniería estructural es el uso de cruces en forma de x que se colocan en los vértices en las esquinas de los varios pórticos de la estructura. (Astorga, 2014)

36. Asentamientos

Movimientos verticales diferenciados que se dan en los cimientos de la estructura y se transfieren a la totalidad de la estructura. Se originan típicamente por el mal diseño de los cimientos debido a una mala valoración de la resistencia admisible del suelo y por lo tanto de las deformaciones que se esperan durante la vida útil de la estructura. Fenómenos usualmente dados en suelos con poca consolidación y alta probabilidad de esponjamiento, así también, con aquellos que han sufrido licuefacción.



Figura 11: Asentamientos

Fuente: (Astorga, 2014)

37. Carga

Se trata de fuerzas externas que actúan sobre la estructura, pudiendo ser estas vivas, muertas, dinámicas o estáticas. Las anteriormente mencionadas pueden dividirse en:

- Carga sísmica: son los esfuerzos que se producen ante un evento de movimiento telúrico pueden estos ser esfuerzos verticales o horizontales.
- Carga de servicio: también llamada carga de trabajo o de uso se aplica en uno de los nudos de la estructura.
- Carga axial: carga que se coloca por todo el eje longitudinal del elemento.
- Carga puntual: esfuerzo que se sitúa en un lugar específico de un elemento estructural.
- Carga distribuida: esfuerzo actuante de modo repartido con una longitud específica que actúa en un elemento estructural.

38. Columna corta

Columnas dispuestas de tal forma que toda su longitud útil no se encuentra libre y está sometida a un confinamiento por paredes u otros elementos arquitectónicos o estructurales. El confinamiento a las que estas columnas están sometidas no les permite comportarse dúctilmente ni soportar los esfuerzos para las que fueron diseñadas, por lo que, al momento de ser sometidas a grandes esfuerzos estas fallan.



Figura 12: Columnas cortas

Fuente: (Astorga, 2014)

39. Compresión

Esfuerzo de sentido axial que se da en el eje longitudinal de un elemento estructural, el cual trata de acortar al elemento en el mismo sentido de la fuerza.

40. Cortante

Esfuerzo que causa fisuras y grietas en elementos estructurales como en elementos arquitectónicos de edificaciones. Las grietas formadas a 45° que son características del cortante, se dan principalmente por eventos sísmicos. Los estribos son los elementos encargados a soportar estos esfuerzos y proteger a la estructura de fisuras, ya que éstas actúan de manera tangencial al plano en el cual se da. (Astorga, 2014)

41. Desastre

Debido a medidas que no cumplen con la mitigación de la vulnerabilidad ante una amenaza existente que tiene una comunidad o un establecimiento; se provocan hechos que detienen el funcionamiento de una sociedad y con ello provocan heridos, muertes

y daños materiales, y que, debido a la magnitud de éste la sociedad no lo puede abatir con sus propios medios. (Astorga, 2014)

42. Edificaciones esenciales

En el caso de un desastre se necesita edificaciones para el albergue, atención médica, alimentación y todo lo necesario para garantizar la seguridad y bienestar de los afectados, por lo que, se tienen edificaciones que están diseñadas para servir y proveer en casos de desastres. (Astorga, 2014)



Figura 13: Las edificaciones esenciales

Fuente: (Astorga, 2014)

43. Flexión

La combinación en un elemento de los esfuerzos de compresión y tracción provocando así fuerzas perpendiculares al eje longitudinal del elemento, generando que el mismo se curve hacia el lado en donde éste esté sometido a tracción. La flexión es más notable en las vigas como elementos estructurales. (Astorga, 2014)

44. Junta

Espacio que se deja entre elementos, para así evitar fisuras o grietas que se pueden dar por la acción de contracción y extensión de un elemento debido al cambio de temperaturas. (Astorga, 2014)

45. Losa

Elemento estructural que cumple con la función principal de resistir esfuerzos horizontales que se dan en toda la estructura durante sismos y permite mantener el confinamiento de todos los elementos estructurales restantes. Una losa de entrepiso cumple las mismas funciones anteriormente mencionadas y además de separar cada nivel de la edificación también es el elemento estructural donde se colocan todas las cargas de funcionamiento del edificio que luego serán transmitidas a las vigas y posteriormente a las columnas. (Astorga, 2014)

46. Tensión

Esfuerzo que se da en un elemento al aplicar fuerzas en sentido axial del eje longitudinal las cuales tratan de extender al elemento. (Astorga, 2014)

47. Torsión

Se trata de la acción de girar o tener una acción de rotación en un elemento estructural. Es más notorio en las columnas debido a que se origina por cargas excéntricas que tienden a torcer la sección del miembro estructural. (Astorga, 2014)

48. Mitigación

Minorar como también deshacerse de riesgos que ponen en juego la seguridad y el bien estar de un grupo de personas. (Astorga, 2014)

- 1 Evitar que se presente un fenómeno peligroso
- 2 Reducir o evitar la exposición al fenómeno
- 3 Disminuir los efectos sobre la población, estructuras, bienes y servicios.
- 4 Organizar preparativos, sistemas de alerta temprana, campañas. Educar.
- 5 Reducir vulnerabilidades

Figura 14: Pasos para la mitigación de un fenómeno peligroso

Fuente: (Astorga, 2014)

CAPÍTULO I

LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ubicación de la entidad hospitalaria en la cual se realizó esta investigación, es el cantón Girón, ubicado en la provincia del Azuay, perteneciente a la República del Ecuador. El cantón Girón está ubicado a 44 km al sur de la ciudad de Cuenca, estando el centro del cantón en las coordenadas: latitud $3^{\circ} 9'38.82''$ Sur y longitud $79^{\circ} 8'47.65''$ Oeste. Ubicado a una altura de 2162 m sobre el nivel del mar. Girón cuenta con las parroquias de rurales de La Asunción y San Gerardo teniendo en su conjunto un área de 337 Km². Según el censo de población y vivienda del año 2010, Girón cuenta con una población de 12607 con una población femenina del 54.18% de este número y la población masculina el restante 45.82%. La densidad poblacional del cantón es de 35.6 hab/km². (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010).

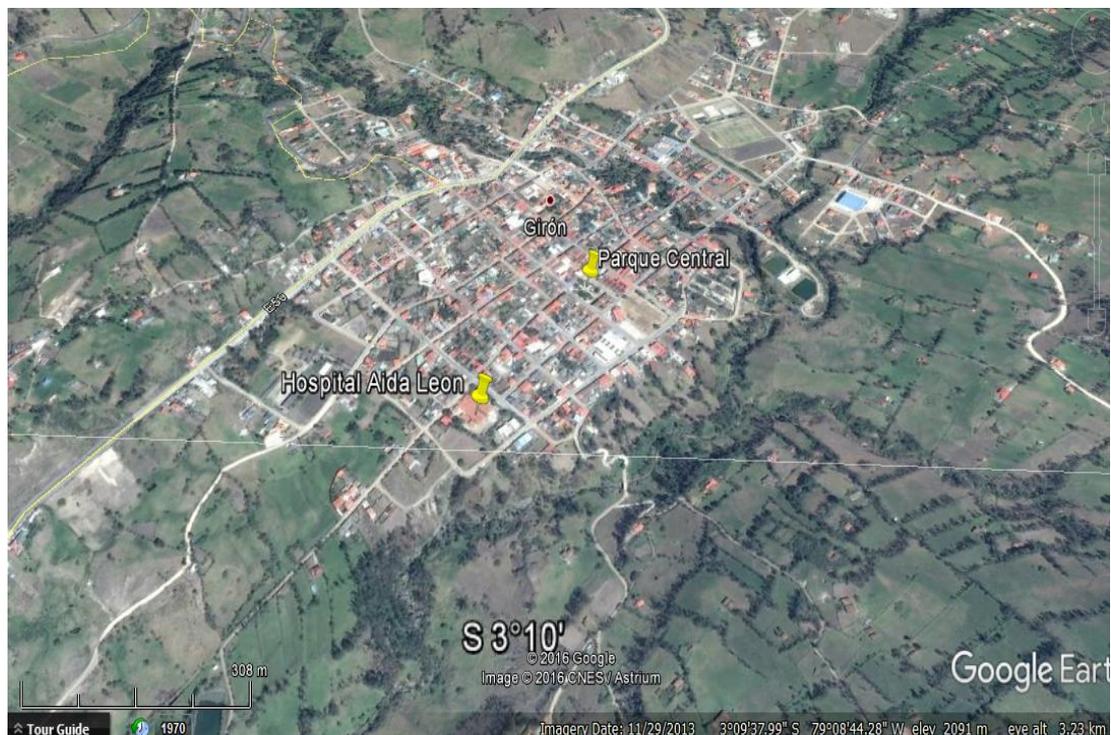


Figura 1.1: Ubicación del Cantón Girón

Fuente: (Google Earth, 2016)

La creación del hospital “Aida León de Rodríguez Lara” se pudo realizar con la firma del Dr. José María Velasco Ibarra, mediante el Decreto Ejecutivo Nro. 639; luego se procedió a la contratación de la construcción del hospital y la compra del equipo correspondiente para que este puede funcionar. En el año de 1971 durante la presidencia del Gral. Guillermo Rodríguez Lara, se coloca la primera piedra de la edificación y se completa su construcción en los siguientes años. El 20 del mes de Diciembre del año de 1974 se inaugura oficialmente el Hospital Básico del Cantón de Girón con el nombre de “Aida León de Rodríguez Lara”. En la actualidad este centro de servicio hospitalario da un servicio de atención médica a las poblaciones de Girón, San Fernando, San Gerardo, La Asunción, Santa Isabel y la comunidad de Victoria del Portete.

El hospital tiene un centro de salud de primer nivel que está anexado a éste. Este centro de salud cuenta con consultorios de odontología, medicina familiar, nutricionista, psicología y también, con una unidad de vacunación que cubre a todos los pacientes del hospital y del centro de salud. Se cuenta con: consultorios de pediatría, medicina interna, ginecología y cirugía. El área de hospitalización que está dentro del hospital provee con camas para los pacientes de ginecología, medicina interna y cirugía, siendo éstas separadas en salas según el género del paciente. La sala para pediatría mantiene una capacidad de dos camas y dos cunas. Se tiene una sala de aislamiento que puede ser usada cuando la situación lo amerite.

Además de las salas de hospitalización el hospital se beneficia con área de quirófano que tiene implementada un área de parto intercultural, como también, se mantiene un área de apoyo y diagnóstico con equipos de Rayos X. Dentro del hospital se tiene adicionalmente el área administrativa, farmacia y área de servicios generales, la cual tiene bajo su mando a la cocina, el comedor, sala de ropería, sala de alta tensión, vestidores para personal y la central de esterilización. Fuera del establecimiento se tiene un bunker para el sistema de gas centralizado y un cuarto para la disposición de desechos, y también, se tiene un área de lavandería y un cuarto de morgue que se encuentra obsoleto.



SIMBOLOGIA:

- AMPLIACIONES
- ADECUACIONES

Figura 1.3: Detalle Arquitectónico de Ampliaciones cronológicas del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Fuente: Md. Pablo Naranjo

El hospital tiene paredes de mampostería de ladrillo con enlucido de mortero y revestimiento de pintura, las cuales han recibido mantenimiento durante años desde su construcción. El piso tiene colocado baldosa en todo el hospital. Existe cielo raso de yeso, variando su estado en cada área de la entidad de salud. La cubierta consta de planchas de fibrocemento que están colocadas en un sistema aporticado de celosías de acero sujetas a las columnas y vigas de la estructura principal que son de hormigón armado. Las puertas de entrada de cada consultorio y de la mayoría del hospital, son de madera, pocas son las puertas de ingreso que son de aluminio y vidrio con

protecciones de hierro. Las ventanas constan de marco de aluminio con vidrio de 4 líneas variado de trasparente a semitransparente dependiendo en el lugar que se ubique. A continuación, se presenta los planos arquitectónicos, que se pueden ver a mayor detalle en el Anexo #1:



Figura 1.4: Planos arquitectónicos del Hospital Aida León De Rodríguez Lara del Cantón Girón

Fuente: Archivos del Hospital Aida León De Rodríguez Lara del Cantón Girón

1.1.2 Información de ingeniería

La tipología del hospital es aporticada en ambas direcciones, la cual consta de vigas y columnas como elementos principales las cuales fueron fundidas en situ. La cubierta es un sistema de celosías de acero las que también fueron soldadas en obra. Toda la información presentada se obtuvo por medio de conversaciones con personal que ha trabajado más de 30 años en el hospital, ya que, no existe ningún tipo de plano de detalle estructural, hidrosanitario, eléctrico o de ninguna otra índole, el único plano

que se recupero fue el arquitectónico, dejando a la investigación sin información relevante de las diferentes instalaciones, armados y métodos constructivos.

El estado estructural del establecimiento de salud se evaluó con procedimientos visuales, los que ayudaron a identificar diferentes tipos de elementos y posibles daños estructurales que se analizaron posteriormente con la ayuda de ensayos no destructivos (END). Para los ensayos se utilizó un dron con cámara de alta definición, esclerómetro, scanner de aceros y un aparato de ultrasonido. La cámara de alta definición del dron se utilizó para identificar las amenazas del hospital y sus alrededores, también, se capturo imágenes para la posterior elaboración de ortófonos del lugar. Se contó también con un escáner marca Bosch, con el cual se identificó las armaduras de diferentes columnas y vigas. Se probó también la resistencia del hormigón en diferentes elementos estructurales con la ayuda del esclerómetro. El aparato de ultrasonido no fue necesario, ya que no se identificó fisuras ni grietas de gran magnitud en los elementos estructurales o en elementos arquitectónicos, ya que las fallas son reparadas por el personal de mantenimiento del hospital.

Mediante el uso del scanner en las diferentes columnas de la edificación se pudo identificar 3 tipos, que son las mismas en toda la estructura del hospital. Estos 3 tipos tienen sección definida y armadura constante en cada una de ellas. Existe diferencias mínimas entre columna y columna del mismo tipo, pero, estas diferencias existen únicamente en los espaciamientos de estribos, ya que las secciones, armaduras longitudinales, y sección transversal del refuerzo longitudinal y transversal es el mismo, por lo que se han tomado como diferencias mínimas y se ha considerado como una misma columna tipo. Se observó que la construcción original del hospital tiene secciones variadas de columnas según el lugar en que se encuentran, no así, las partes que han sido construidas como ampliaciones de éste. Siendo las columnas, que existen en las partes que han sido ampliadas, de una sección de 20 cm de ancho por 20 cm de largo.



Figura 1.5: Levantamiento de información de ingeniería con escáner.

A continuación, se dan a conocer los diferentes tipos de columnas en la edificación.

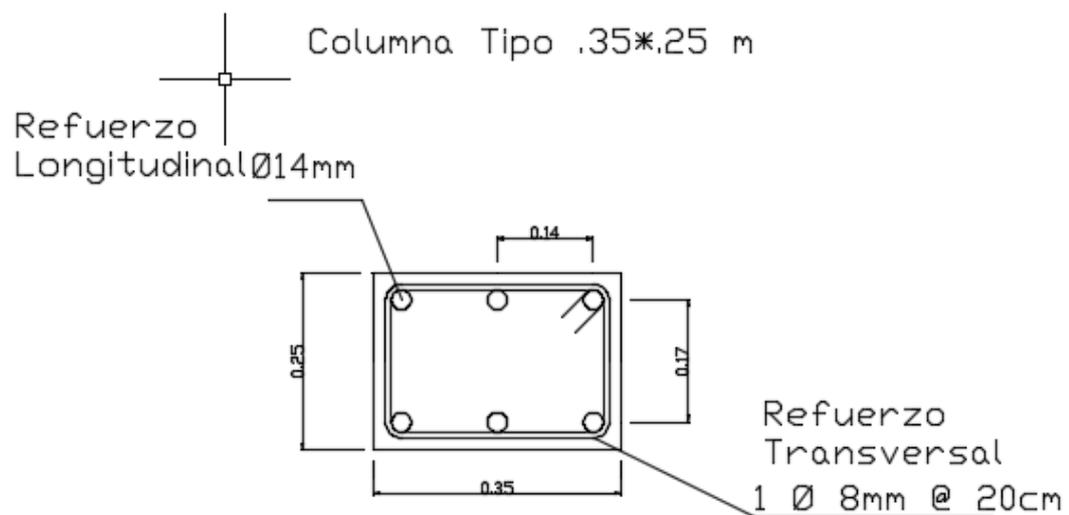


Figura 1.6: Columna tipo .35*.25 m

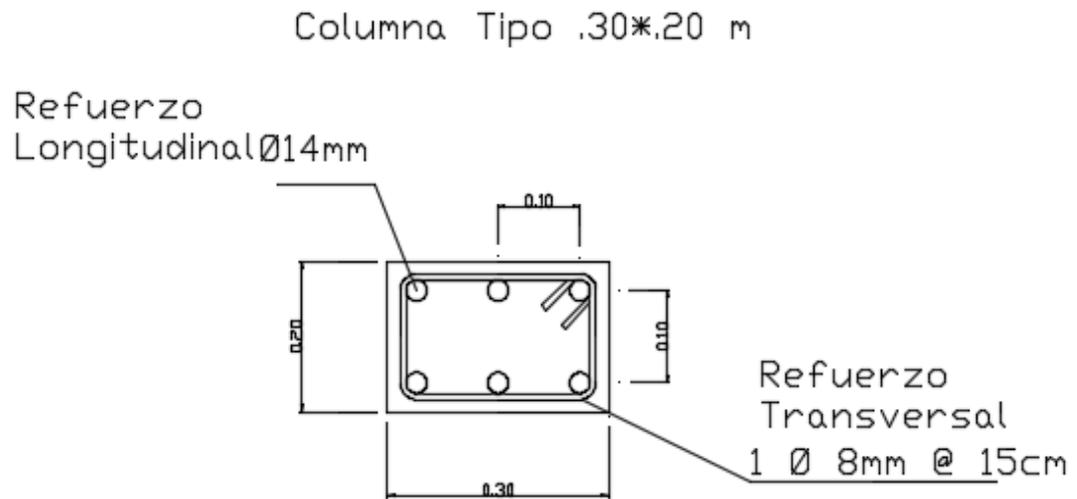


Figura 1.7: Columna tipo .30*.20 m

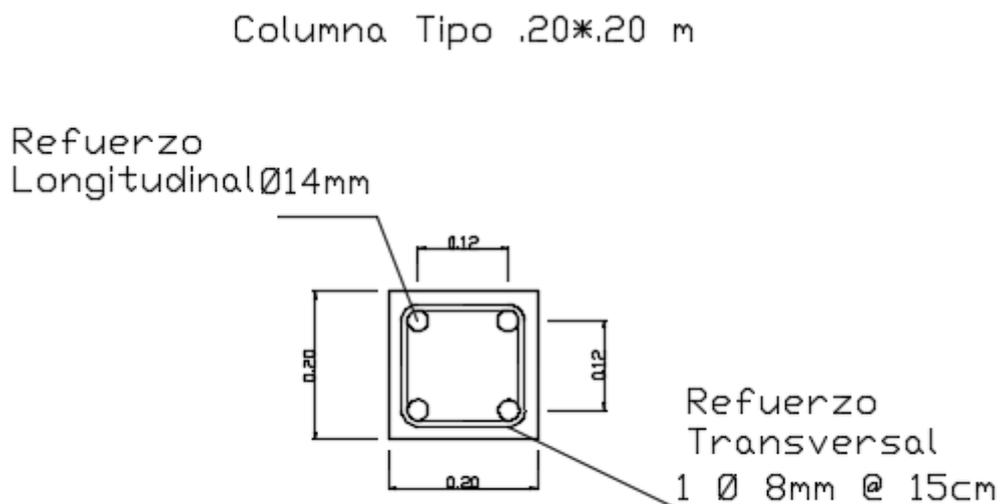


Figura 1.8: Columna tipo .20*.20 m

Para estimar las resistencias de los hormigones que se tiene en los elementos estructurales se utilizó un esclerómetro para el muestreo en diferentes áreas del hospital y luego se aplicó herramientas estadísticas para hallar los valores de resistencia.



Figura 1.9: Toma de muestras con esclerómetro.

Se tomó la primera muestra en una viga de amarre que se encontró expuesta en el área de atención primaria del hospital, la que no presenta ningún mortero, lo que, interferiría con la calidad de la muestra. Esta muestra arrojó que la resistencia de esta viga es de 240 kg/cm^2 . Se procedió luego a tomar una muestra de una columna la que es parte de una ampliación del hospital dando una resistencia de 180 kg/cm^2 , por lo que, se toma como resistencias para el modelo estructural de la estructura como 210 kg/cm^2 para la parte construida originalmente del hospital y 210 kg/cm^2 para las partes que constan como ampliación.

La identificación de amenazas locales del hospital en cuanto a entradas y salidas de éste, así como también las amenazas debido a su entorno y ubicación, se realizó con 2 vuelos de 12 minutos con un dron de cámara de alta definición, el cual dio fotos y

videos que sirvieron para la creación de ortofotos que muestra con alta claridad y definición el hospital, estando éste georreferenciado. La ortofoto se transformó en una herramienta para la identificación de amenazas y un apoyo para la ingeniería en cuanto a ubicaciones de bloques en el espacio. Esta se puede revisar más a detalle en el Anexo #2.



Figura 1.10: Ortofoto del hospital Aida León de Rodríguez Lara.

1.2 Determinación del nivel de aplicación del Índice de Seguridad Hospitalaria en las áreas estructural y parte de las no estructurales

El Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH) fue aplicado satisfactoriamente en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara, tomando al hospital en su integridad como sujeto de evaluación con formularios y parámetros que se tomaron de la OPS, para así,

llegar a una calificación del nivel de seguridad y de vulnerabilidad en las áreas funcional, estructural y no estructural. En la evaluación se realizó un registro fotográfico de los parámetros que se cumplen como los que no. Denotando principalmente el estado del hospital en conjunto. Los resultados de este hospital son de gran importancia debido a que éste es el centro de atención primaria para personas con accidentes de tránsito en la vía Girón – Pasaje, como así también, es el centro que recibe a personas damnificadas por desastres en la parte rural de todo el cantón. El centro de servicios de salud consta con 27 camas que no se han ocupado en su totalidad en desastres, este es un centro de primeros auxilios ante un eventual desastre, ya que los pacientes que tienen su vida en peligro, son trasladados al Hospital Vicente Corral Moscoso de la ciudad de Cuenca.

A continuación, se tiene el informe del Índice de Seguridad Hospitalaria que se realizó en el Hospital teniendo en cuenta los aspectos más relevantes de cada aspecto evaluado.

1.2.1 Amenazas

1.2.1.1 Fenómenos geológicos

Las amenazas presentes para el hospital son varias debido a la ubicación del Ecuador en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Los sismos son un factor decisivo en cuanto a representar riesgos en los factores estructurales, no estructurales y funcionales del hospital, es por esto que, el Instituto Geofísico Nacional del Ecuador (IGN) valora como alta la actividad sísmica de la zona en la que se encuentra el hospital. Este es un factor definitivo y de riesgo para la estructura y compromete el servicio que podrá brindar el hospital, ya que nunca se sabe a ciencia cierta cuando pueda ocurrir un evento sísmico. Se debe de tomar en cuenta también al terremoto que azotó a la zona costanera norte del país en el 2016, fue de una intensidad de 7.8 en la escala de Richter y se sintió en el hospital, sin embargo, no dejó daños visibles.

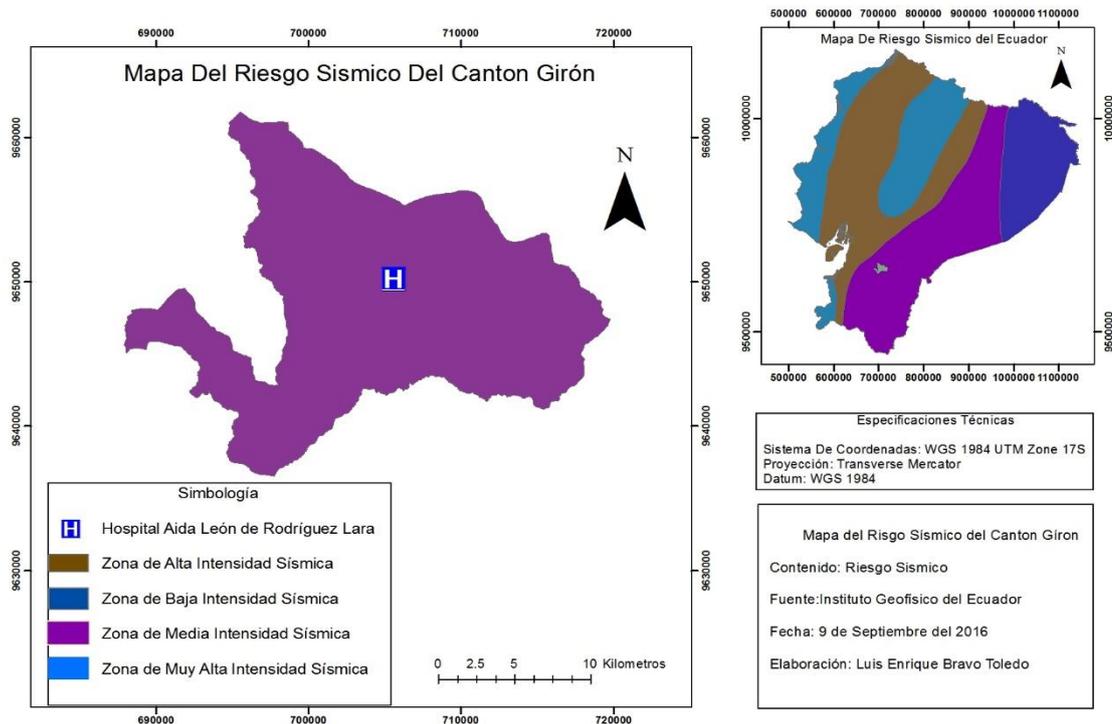


Figura 1.11: Mapa de Riesgo Sísmico del Cantón Girón

Fuente: (IGN,2016)

El peligro de erupciones volcánicas no es un factor a considerar en el hospital, debido a su ubicación. Los deslizamientos acarrear un riesgo considerable, ya que según el mapa de riesgos del IGN estipula que la ubicación del hospital se encuentra en una zona con riesgo medio de presentarse estos movimientos de masas, por lo que se considera como una amenaza latente en el establecimiento. Este y los demás mapas de riesgos elaborados para esta investigación se pueden encontrar en el anexo #3.

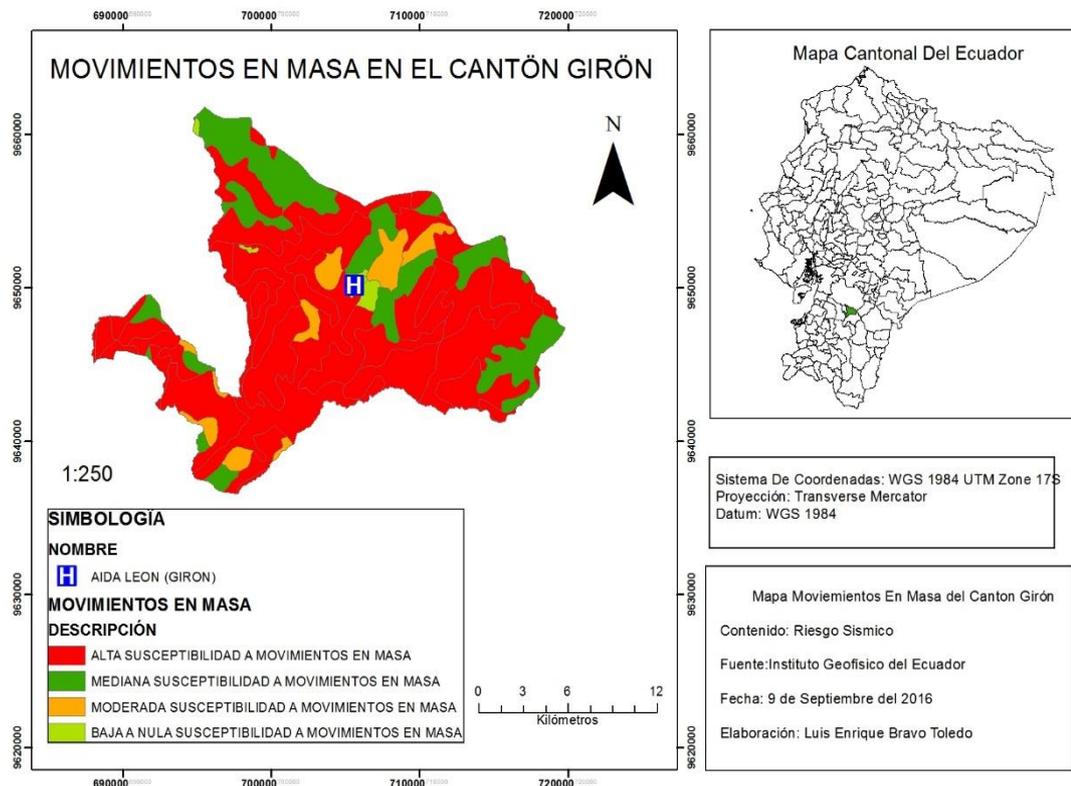


Figura 1.12: Mapa de movimientos de masa del Cantón Girón

Fuente: (IGN,2016)

1.2.1.2 Fenómenos hidrometeorológicos

Las lluvias torrenciales en la zona del hospital son recurrentes en especial en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, estos meses son de preocupación debido a la ubicación del hospital; estando éste a 5 metros por debajo del nivel de la vía que pasa al frente de él pone al hospital en alto peligro de inundación en especial a el área de emergencias que está justo por debajo de la vía de ingreso, que tiene una elevada pendiente. Ha ocurrido varias veces que la rejilla de desagüe transversal a la vía de ingreso de emergencias no funcionó debidamente por la presencia de basuras que lo taponaron y produjo inundaciones, es por esto, que se elaboró un mapa de riesgo mostrando las áreas más susceptibles a inundamiento por esta causa. Existe un río aproximadamente a 100 metros de la construcción, sin embargo, no hay ningún peligro de penetración hacia el hospital debido a que se encuentra a unos 50m por debajo del nivel del hospital.

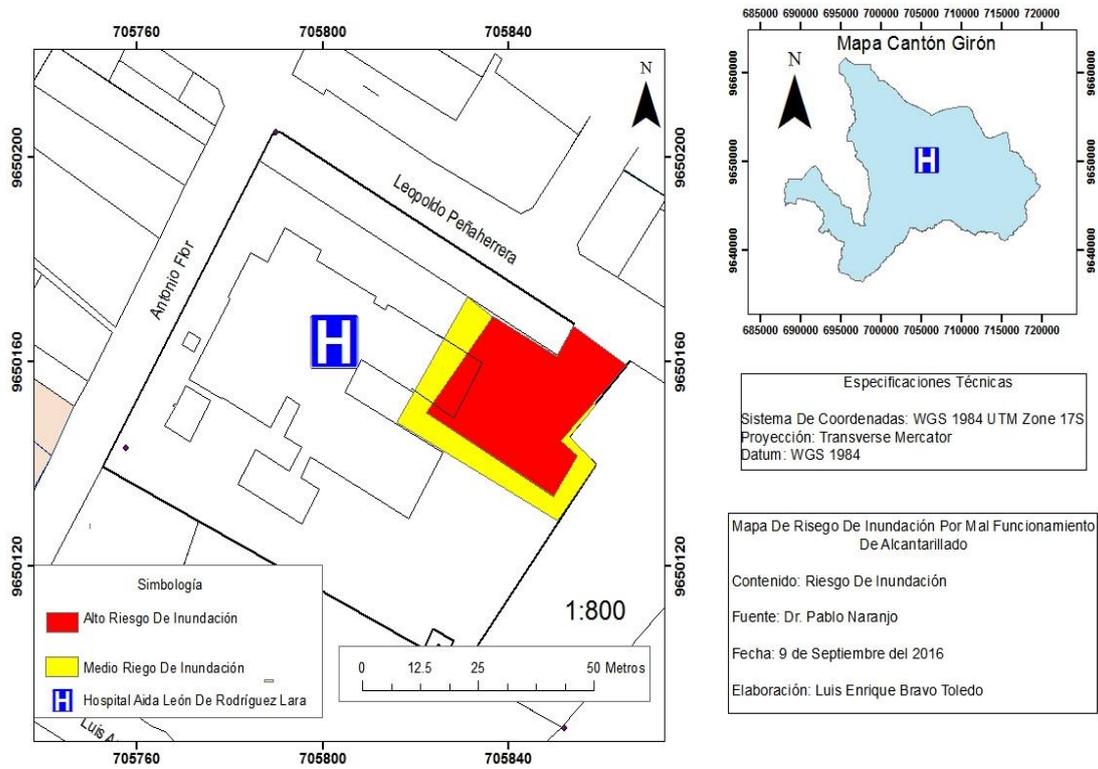


Figura 1.13: Mapa de riesgo de inundaciones del Hospital Aida León de Rodríguez Lara



Figura 1.14: Entrada de Emergencias Hospital Aida León de Rodríguez Lara

1.2.1.3 Fenómenos sociales

Existen procesiones religiosas que se dan por la vía de acceso al hospital esto acarrea aglomeración de gente. Debido al ancho que tiene la vía de acceso principal y que la cantidad no es más de 500 personas, no acarrea una gran amenaza al hospital. Existen dos vías por las que se pueden acceder al hospital mermando así la amenaza de concentración.

1.2.1.4 Fenómenos sanitarios-ecológicos

Se tienen archivos del hospital los cuales establecen que en los años 2004 y 2015 se dio epidemias de intoxicación a un número considerable de personas. Estas epidemias fueron de intoxicación alimenticia, ocurrieron fuera del hospital en reuniones privadas en las que todas las personas invitadas a una reunión en particular se intoxicaron, teniendo así, que el hospital tratar a todos los infectados que saturó la capacidad de atención del mismo.

Se observó que existen varios árboles cuya altura supera los 7 metros alrededor del hospital. En caso de un evento sísmico los árboles se pueden desplomar y puede comprometer las entradas, la circulación por las áreas exteriores, dañar cables de alta tensión, impactar a la estructura y herir gravante a personal del hospital o a pacientes. Debido a lo anteriormente mencionado se realizó un mapa de riesgo que muestra los árboles que ponen en peligro a las personas y a la infraestructura del establecimiento. Mediante esta herramienta se observó también que algunos de los arboles obstaculizarían a las vías de acceso al hospital.

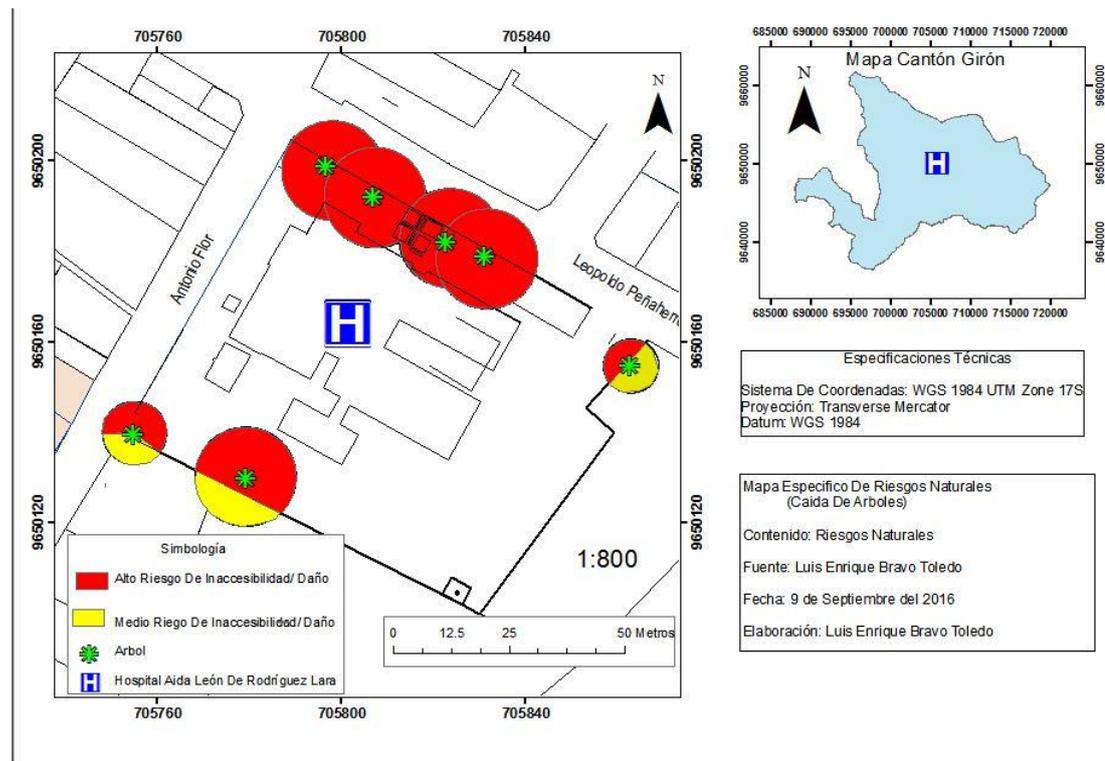


Figura 1.15: Mapa de riesgo de caída de árboles del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

1.2.1.5 Fenómenos químico - tecnológicos

El sistema de gas centralizado no funciona en su totalidad dotando de gas únicamente a la cocina. Existe un bunker en donde se alberga cilindros de gas domésticos para así abastecer a la cocina. Las tuberías de circulación del gas presentan fugas que son verificables por el olor a gas que se presenta en la cocina, y es empeorado con el mal estado de ésta. Estos problemas dan como resultado “fogonazos” de la cocina que representa una constante preocupación en el personal que labora en estas instalaciones. Debido a que el sistema centralizado no abastece completamente al hospital se tiene cilindros de gas doméstico distribuidos por todo el hospital para dar funcionamiento a los calefones de agua caliente.

No existe sistema de gases medicinales centralizado, esto obliga a que existan cilindros de oxígeno distribuidos en todo el hospital, que, a diferencia de un tanque en el área

de emergencias, no cuentan con anclajes. En caso de que exista un terremoto puede hacer que éstos se desplomen y sufran daños que acarreen a fugas y explosiones. Las rutas y protocolos de transporte del oxígeno y materiales tóxicos no están establecidas, la ruta más corta para su distribución es pasar por la cocina y por los corredores principales del hospital. Esto acarrea un riesgo de fuga de los materiales transportados en estas condiciones.



Figura 1.16: Calentadores de gas doméstico en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara

1.2.2 Propiedades geotécnicas del suelo

El suelo del establecimiento de salud está ubicado es una arena arcillosa según la clasificación SUCS, lo cual indica que es un suelo que representa malas características para cimentaciones y en vista que, no se tiene planos que indiquen el tipo de cimentación representa una amenaza latente.

1.2.3 Seguridad debida a antecedentes del establecimiento

La antigüedad del establecimiento de salud es de más de 40 años y no fue construido con estándares actuales de construcción o de sismo resistencia. Se supo que durante su vida útil se ha dado varias ampliaciones a la edificación, pero éstas en su gran mayoría no han sido con guía técnica adecuada o siguiendo estándares internacionales. Lo que significa que ninguna parte de la construcción fue construida con estándares actuales apropiados. Además de las normas que no se cumplieron el hospital ha cambiado su configuración de planta llevando a irregularidades en ésta, y por ello se ha modificado el comportamiento de la estructura.

1.2.4 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación

La edificación se encuentra en buen estado estructural debido al mantenimiento de los elementos que conforman la estructura. No se detecta grietas o fisuras mayores a 1mm en ninguna parte estructural o arquitectónica. El detalle estructural de la edificación no existe ni ningún otro tipo de plano que muestre como fue construido el hospital; no se puede identificar armados, uniones y tipos de concreto utilizados, para así, constatar si fue construido de acuerdo a la norma vigente de esos tiempos. Así mismo no se puede identificar el tipo de cimentación que se tiene en el hospital. Esto presenta una baja seguridad para la edificación, puesto no se sabe si existe una buena fundación debido al mal tipo de suelo en donde está ubicado el hospital.

Las ampliaciones que se ha hecho durante los años han cambiado la configuración de planta de hospital, cambiando así, el comportamiento de la construcción durante un sismo. Se tiene irregularidad en elevación: hay pasillos y consultorios en el hospital que presentan alturas muy bajas a diferencia de otras partes del hospital, provocando así una amenaza de martilleo entre las estructuras. La condición del establecimiento ante posibles fenómenos no es buena debido a la mala condición de elementos como las canales que evacuan el agua del techo cuando existe lluvia. Esto se puede comprobar por las pequeñas inundaciones y presencia de humedad que se tiene en

áreas de circulación en el exterior del hospital, en especial en espacios donde existe fisuras en las canales.



Figura 1.17: Diferencia de alturas en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara



Figura 1.18: Mal estado de canaletas en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara

1.2.5 Líneas vitales

La generación alterna de electricidad del hospital no está en servicio por la falta de mantenimiento: el generador que se tiene es de 10hp, funcionó algún tiempo en el pasado como fuente alterna de emergencia únicamente para equipo del quirófano. Además de no contar con generador alterno de electricidad no se tiene mantenimiento periódico en ductos, instalaciones y cables eléctricos; se averiguó que no existe un mantenimiento ni revisión del estado del cableado eléctrico en los 40 años de funcionamiento del establecimiento de salud y representa una amenaza importante debido a las fugas de gas en áreas específicas del hospital. Los tableros de control con los cuales se interrumpe la electricidad en caso de una sobrecarga no están debidamente protegidos: están en un cuarto que también funciona como bodega y se permite el acceso a cualquier persona. Algunos de los paneles secundarios de control se encuentran en los pasillos del hospital.



Figura 1.19: Cuarto de control de sistema eléctrico en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara

1.2.6 Sistemas de telecomunicaciones

Los sistemas de telecomunicación con los que cuenta el hospital son: teléfono, internet, radio y Ecu911. El sistema del Ecu911 no está en funcionamiento por falta de mantenimiento y el sistema de radio sirve únicamente para comunicarse con vehículos de la institución en áreas aledañas; la comunicación con otros establecimientos de salud se hace por vía telefónica. Los sistemas de comunicaciones y aparatos con los que funciona no se encuentran anclados ni tampoco los cables se encuentran organizados. El sistema de radio funciona claramente hasta la localidad de Tarqui: vehículos que se alejen de esta comunidad hacia el norte quedarían incomunicados por ese sistema.

1.2.7 Sistema de aprovisionamiento de agua

El establecimiento de salud cuenta únicamente con un sistema de subministro del líquido vital, este es dado por el sistema de agua potable del cantón Girón. No existe ningún tipo de tanque reservorio de agua en caso de cortes. Su sistema de distribución tiene varios desperfectos incluyendo fugas, aparatos que no funcionan, el sistema de distribución de agua caliente es fragmentado en varios calefones, varias tuberías con falta de anclaje e incluso se dan inundaciones en áreas debido a falta de capacidad de desagües. El sistema de distribución en lavandería se encuentra en pésimas condiciones para personal que labora en el lugar.



Figura 1.20 Tuberías de distribución de agua en mal estado en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara

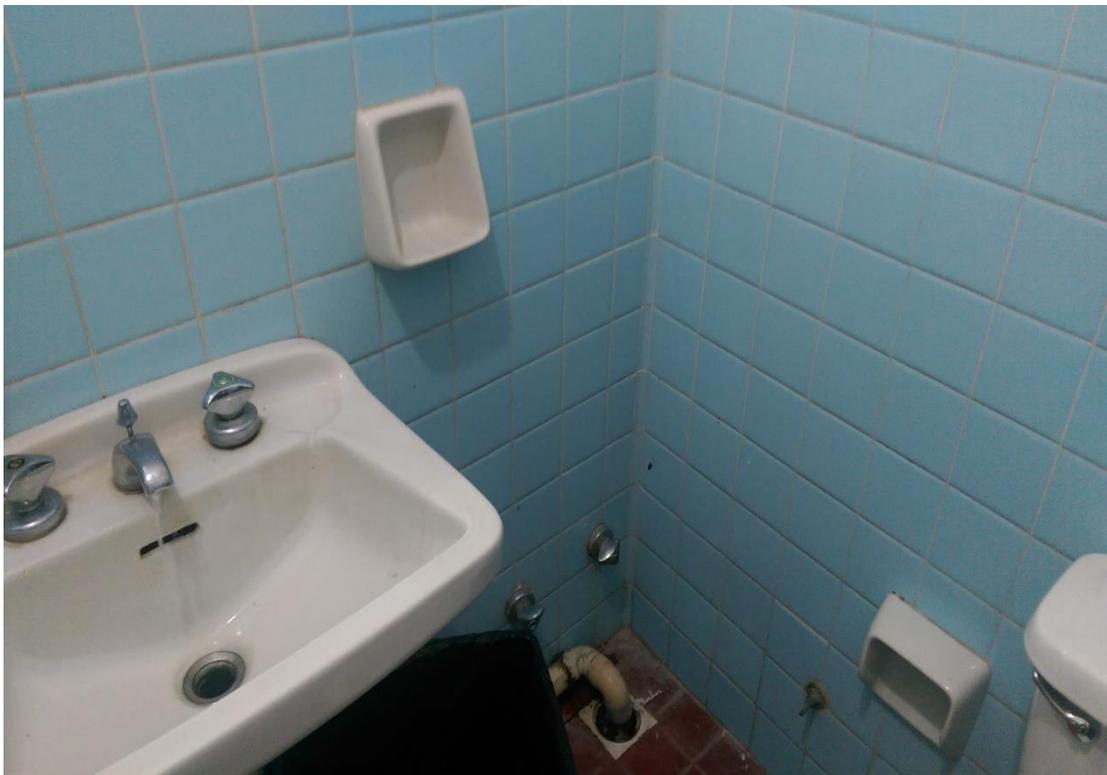


Figura 1.21: Fugas en grifo y mala instalación de desagüe en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara

1.2.8 Depósito de combustible (gas, gasolina o diésel)

Los tanques, de los cuales depende la distribución de combustible para varios propósitos en la edificación, son tanques de gas licuado de petróleo de uso doméstico, éstos están unidos a un sistema de distribución centralizado para el ingreso del gas a ser utilizado en el establecimiento. Por falta de mantenimiento se encuentra limitado a abastecimiento del combustible únicamente a la cocina del establecimiento. Esto se debe a la existencia de fugas en la mayoría del sistema, que combinado con el cableado eléctrico deficiente presenta un riesgo de incendios y explosiones.



Figura 1.22 Sistema de GLP centralizado en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.

Los anclajes necesarios para estos cilindros son inexistentes tanto en los cilindros que están conectados al sistema centralizado como en los que están conectados a calefones que están distribuidos a lo largo de todo el hospital. Existe un bunker para los cilindros que están conectados al sistema centralizado, y no existe ningún tipo de protección para los cilindros conectados a los calefones. Debido a que el sistema centralizado de gas no abastece a todo el hospital, se recomienda el diseño e implementación de un sistema de gas centralizado que conste de un contenedor que abastezca la demanda de gas del establecimiento de salud por lo menos cinco días, lo cual disminuirá la amenaza.

1.2.9 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.)

Se cuenta con un buen abastecimiento de oxígeno, que es el gas más utilizado en todo el hospital. El hospital cuenta con un abastecimiento para más de 20 días en su almacenaje. El problema radica en la falta de un sistema centralizado de oxígeno en todo el hospital; se utilizan cilindros independientes para utilizar según sea necesario en quirófanos, consultorios, salas, etc. La mayoría de cilindros no están anclados a la pared de ninguna área del hospital. El único anclaje de cilindros que se vio fue en el área de emergencias. La protección de cilindros está dada en una pequeña área que ha sido adecuada en el exterior del hospital y consta de una cerradura adecuada para personal autorizado. Se da inundaciones en el área de almacenamiento, por lo que se pone en riesgo el transporte de éstos cuando existen lluvias. Los pasillos y áreas que no están siendo ocupadas en el hospital son utilizadas para el almacenamiento de cilindros y se constata un sistema de administración deficiente de estos elementos.



Figura 1.23 Almacenamiento en pasillos de gases medicinales en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.



Figura 1.24 Falta de anclaje en gases medicinales en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.

1.2.10 Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas

En cuanto a este tipo de sistemas no se da un mantenimiento periódico. Los diferentes ductos y tuberías no cuentan con anclajes y éstas se encuentran en mal estado. Las tuberías, uniones y válvulas del agua caliente están operando, pero muchas de ellas se encuentran defectuosas. En el área de hospitalización se cuenta con el sistema de ventilación en óptimas condiciones a pesar de que no se utiliza regularmente.

1.2.11 Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil y almacenes (incluye computadora, impresoras, etc.)

El único lugar en donde existen anclajes es en el área de estadística en donde la estantería que se utiliza para almacenar los archivos está anclada propiamente a la pared. Ningún otro tipo de equipo informático de estantería o de oficina presenta anclajes.



Figura 1.25 Anclaje en el área de estadística en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.

1.2.12 Equipo médico, de laboratorio y de suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento.

El equipo localizado en quirófano y en la sala de recuperación se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento. El equipo de rayos x se encuentra en buenas condiciones y brinda un buen diagnóstico a los pacientes. Los equipos de laboratorio no constan de ubicación fija y están siendo movidos constantemente para así ser utilizados según se necesiten, se determina la falta de anclaje de éstos lo que acarrea la amenaza de caídas al suelo debido a cualquier movimiento sísmico. Ningún equipo médico fijo tiene anclajes. El equipo médico móvil consta de ruedas que tienen sistema de bloqueo, pero se activa a voluntad. En farmacia se tiene el mismo problema de falta de anclajes, acarreando una amenaza mucho más grande debido a la cantidad de objetos que existen y a la altura de los estantes en una área reducida del hospital. El resto de equipo médico no tiene anclajes. No se dispone tampoco equipo médico para la atención de quemados.



Figura 1.26 Falta de anclaje en el equipo de laboratorio en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.

1.2.13 Elementos arquitectónicos

En cuanto a elementos arquitectónicos como puertas y ventanas son confiables y facilitan su uso en el hospital. Las ventanas se encuentran en buen funcionamiento siendo todas estas accesibles para su apertura y cierre cuando se disponga. Techos, cubiertas y cielos rasos tienen desperfectos. Comenzando por el cielo raso de la edificación que cuenta con signos de humedad en todo el hospital. Existen planchas de fibro cemento las cuales cuentan con grietas en el área de lavandería. Se verificó además de la presencia de hojas en la parte superior de los cielos rasos, que, se pueden apreciar por las planchas de policarbonato transparente que se tiene en diferentes lugares del hospital, estando la mayoría con hojas que entran por los ductos de ventilación que no tiene mallas para evitar la entrada de éstas.

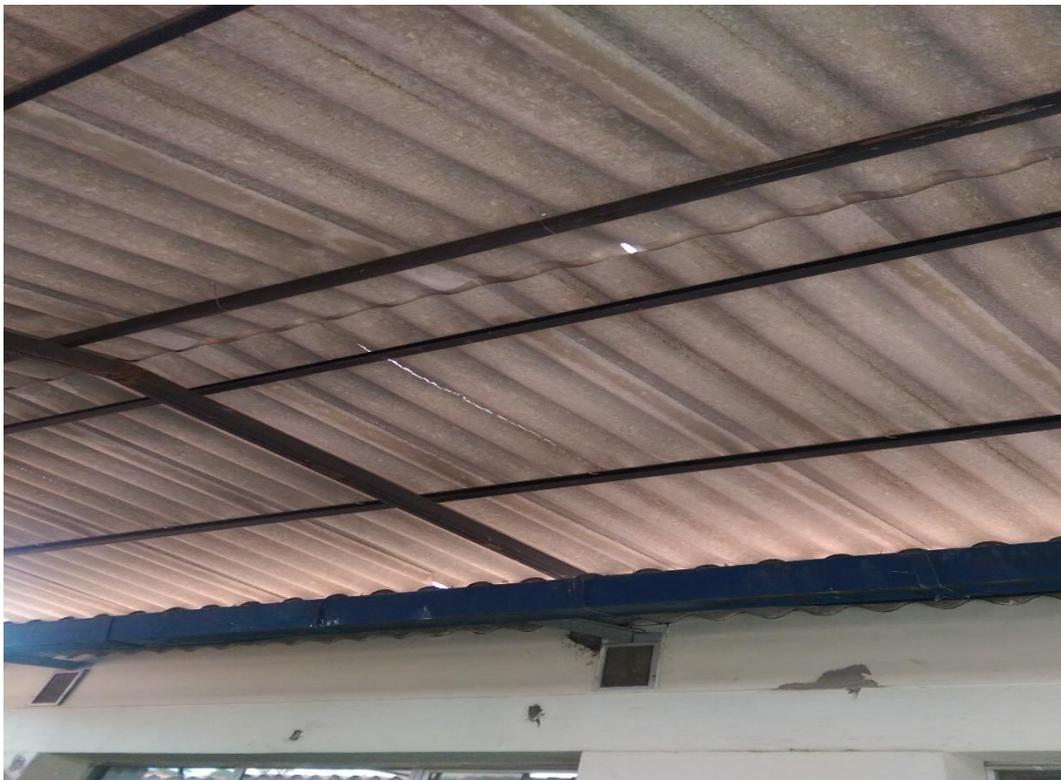


Figura 1.27 Grietas presentes en la cubierta de lavandería en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.

La circulación dentro del hospital está comprometida, debido a que se utiliza los pasillos del hospital como área de almacenamiento: en especial en el área aledaña a cocina. Se tiene un altar religioso en uno de los pasillos que se encuentran cerca del ingreso al auditorio. Los extintores no cuentan con señalización apropiada indicando

su ubicación. La mayoría del personal de áreas específicas no saben si existe o no extintor al lado de su lugar de trabajo; estando este a pocos metros de ellos. Esto se debe principalmente a falta de capacitación y también a la deficiente señalización.



Figura 1.28 Pasillo utilizado como área de almacenamiento en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara.

1.2.14 Organización del comité hospitalario para desastres y centro de operaciones de emergencia

En cuanto a organización para que el hospital tenga planes y protocolos de emergencia en caso de suceder algún desastre se tiene que: existe un comité de emergencias y desastres y todos sus miembros tienen responsabilidades específicas asignadas para una mejor respuesta. En caso de desastre el hospital no cuenta con un espacio específico para montar un Centro de Operaciones de Emergencia (COE), no se tiene lugar de encuentro luego de ocurrir un desastre. Actualmente el comité se reúne en el auditorio del hospital. Se tiene tarjetas de acción que permite que todo personal sepa que hacer durante un desastre, además de tener capacitación de acuerdo al desastre pudiendo ser este interior o exterior al establecimiento.

1.2.15 Plan operativo para desastres internos o externos

Se cuenta con un Plan de Emergencias que estipula el tipo de procedimientos a seguir y el personal involucrado en esto. Teniendo como objetivo planes de contingencia para emergencias internas y externas. No se contempla en profundidad las actividades a realizarse para reforzar los servicios esenciales que da el establecimiento, como tampoco se contempla provisiones administrativas, presupuesto para la implantación del plan anti desastres ni la liberación de espacio en áreas específicas para mejorar la respuesta del hospital en caso de emergencias. En caso de haber atención masiva de gente no se tiene formatos ni protocolos para la admisión de pacientes que ingresen de esta manera. Se tiene procedimientos para poder censar a varios pacientes en caso de haber concurrencia masiva y se cuenta con protocolos y procedimientos para informar de sucesos a la prensa y al público en general.

1.2.16 Planes de contingencia para atención médica en desastres

Se tiene planes de contingencia para diferentes tipos de desastres y la participación de todos los miembros del hospital, siendo estos sujetos a capacitaciones regulares del estado del hospital y de diferentes planes que se tiene en caso de emergencias y desastres que se puedan dar. Los planes cuentan con una estructuración que depende si el desastre es interno o externo, más no se tiene planes de acción específico para diferentes tipos de eventos que se califiquen como emergencias.

1.2.17 Planes de funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de los servicios vitales

El hospital no cuenta con ningún plan de funcionamiento o de mantenimiento para cualquier tipo de sistema o equipo. Teniendo simplemente al personal de mantenimiento quienes informan de la escases o mal funcionamiento de diferentes tipos de materiales o sistemas. Mediante este informe se procede al reabastecimiento de los materiales que se necesitan o a la refacción de algún desperfecto. No existe ningún tipo de bitácora de recolección de residuos, estos son desechados el día de recolección estándar que tiene el cantón. Por otro lado, no se garantiza la fuente del agua que ingresa al hospital, teniendo como único indicativo de calidad, que el agua es potable.

Para la parte de equipos del hospital se obtuvo registros de mantenimientos de aparatos de laboratorio, los cuales indican del buen funcionamiento de éstos, sin embargo, es un mantenimiento que se realizó al azar y no para el cumplimiento del mantenimiento preventivo periódico.

1.2.18 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres

El Hospital Aida León de Rodríguez Lara tiene un buen stock de medicamentos, equipos de curación y todos los insumos necesarios para cubrir la demanda que tenga el hospital en un caso de desastre. Se garantiza que existe estos materiales necesarios por un plazo mayor a 72 horas. El instrumental con los que consta el hospital es limitado en número por lo que si existiera una emergencia no se podría cubrir la demanda de instrumental estéril que se necesita en caso de una afluencia masiva de heridos al establecimiento de salud.

Los gases medicinales, están distribuidos por todo el hospital según se necesiten, y se tiene la cantidad necesaria en almacenamiento para poder cubrir la demanda, no así, los equipos de ventilación asistida que no cuenta con la cantidad necesaria de estos equipos para dar un servicio óptimo a los pacientes.

En cuanto a equipos desechables para la protección del personal, en caso de epidemias, no existen en el hospital; poniendo en riesgo a todo el personal en caso de haber un infectado. Los equipos de paro respiratorio no son los suficientes para tener un servicio óptimo. El cuestionario completo del ISH con todas las observaciones hechas se puede encontrar en el anexo #4.

Tabla 1.1 Amenazas sobre la seguridad del inmueble (ISH)

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			
	No existe	Nivel de amenaza		
		BAJO	MEDIO	ALTO
1.1.1 Fenómenos geológicos				
Sismos De acuerdo al análisis geológico del suelo, marcar el grado de amenaza en que se encuentra el hospital.			X	
Erupciones volcánicas 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		
Deslizamientos Referirse al mapa de amenazas para identificar el nivel de amenaza para el hospital por deslizamientos ocasionados por suelos inestables (entre otras causas).		X		
Tsunamis 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.	X			
Otros (especificar) De acuerdo al mapa de amenazas identifique si existe alguna no incluida en las anteriores, especifique y señale el nivel de amenaza para el hospital.	X			
1.1.2 Fenómenos hidrometeorológicos				
Huracanes 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.	X			
Lluvias torrenciales 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.			X	
Penetraciones del mar o río 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.	X			
Deslizamientos 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.	X			
Otros (especificar) . De acuerdo al mapa de amenazas identifique si existe alguna amenaza hidrometeorológica no incluida en las anteriores, especifique y señale el nivel de amenaza correspondiente.	X			
1.1.3 Fenómenos sociales				
Concentraciones de población 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.		X		
Personas desplazadas Marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital con relación a personas desplazadas por guerra, movimientos sociopolíticos, inmigración y emigración.	X			
Otros (especificar)				
1.1.4 Fenómenos sanitarios-ecológicos				
Epidemias De acuerdo a eventos previos en el hospital y a las patologías específicas marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante epidemias.		X		
Contaminación (sistemas) De acuerdo a eventos previos que involucraron contaminación, marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital frente a contaminación de sus sistemas.	X			

Plagas De acuerdo a ubicación e historial del hospital marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital en cuanto a plagas (moscos, pulgas, roedores etc.).	X				
Otros (especificar)	X				
1.1.5 Fenómenos químico-tecnológicos					
Explosiones De acuerdo al entorno del hospital, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante explosiones.		X			
Incendios De acuerdo al entorno del hospital, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital frente a incendios externos.	X				
Fuga de materiales peligrosos De acuerdo al entorno del hospital, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital frente a fugas de materiales peligrosos.		X			
Otros (especificar)	X				
1.2 Propiedades geotécnicas del suelo					
Liquefacción 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				
Suelo arcilloso De acuerdo al mapa de suelo, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante suelo arcilloso.		X			
Talud inestable De acuerdo al mapa geológico especifique el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital por la presencia de taludes.	X				
2.1 Seguridad debida a antecedentes del establecimiento			Grado de seguridad		
			BAJO	MEDIO	ALTO
1. ¿El hospital ha sufrido daños estructurales debido a fenómenos naturales? Verificar si existe dictamen estructural que indique que el grado de seguridad ha sido comprometido. SI NO HAN OCURRIDO FENOMENOS NATURALES EN LA ZONA DONDE ESTÁ EL HOSPITAL, NO MARQUE NADA. DEJE ESTA LÍNEA EN BLANCO, SIN CONTESTAR. <i>B= Daños mayores; M= Daños moderados; A= Daños menores.</i>					
2. ¿El hospital ha sido reparado o construido utilizando estándares actuales apropiados? Corroborar si el inmueble ha sido reparado, en que fecha y si se realizó con base a la normatividad de establecimientos seguros. <i>B= No se aplicaron los estándares; M=Estándares parcialmente aplicados; A=Estándares aplicados completamente.</i>				X	
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. <i>B= Remodelaciones o adaptaciones mayores; M= Remodelaciones o adaptaciones moderadas; A= Remodelaciones o adaptaciones menores o no han sido necesarias.</i>				X	
2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.			Grado de seguridad		
			BAJO	MEDIO	ALTO
4. Estado de la edificación. <i>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.</i>					X
5. Materiales de construcción de la estructura. <i>B= Oxidada con escamas o grietas mayores de 3mm; M= Grietas entre 1y 3 mm u óxido en forma de polvo; A= Grietas menores a 1mm y no hay óxido.</i>					X

6. Interacción de los elementos no estructurales con la estructura. <i>B= Se observa dos o más de lo siguiente: columnas cortas, paredes divisorias unidas a la estructura, 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.</i>			X
7. Proximidad de los edificios (martilleo, túnel de viento, incendios, etc.) <i>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.</i>			X
8. Redundancia estructural. <i>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.</i>			X
9. Detallamiento estructural incluyendo conexiones. <i>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</i>	X		
10. Seguridad de fundaciones o cimientos. <i>B= No hay información o la profundidad es menor que 1.5 m; M= No cuenta con planos ni estudio de suelos pero la profundidad es mayor que 1.5 m; A= Cuenta con planos, estudio de suelos, y profundidades mayores a 1.5 m.</i>	X		
11. Irregularidades en planta (rigidez, masa y resistencia). <i>B= Formas no regulares 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.</i>		X	
12. Irregularidades en elevación (rigidez, masa y resistencia). <i>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.</i>		X	
13. Adecuación estructural a fenómenos. (meteorológicos, geológicos entre otros) 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. <i>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; H, excelente resiliencia estructural.</i>			X
3.1 Líneas vitales (instalaciones)	Grado de seguridad		
	BAJO	MEDIO	ALTO
3.1.1 Sistema eléctrico			
14. Generador adecuado para el 100% de la demanda. El evaluador verifica 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. <i>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.</i>	X		
15. Regularidad de las pruebas de funcionamiento en las áreas críticas. El evaluador verifica la frecuencia en que el generador es puesto a prueba con resultados satisfactorios. <i>B= > 3 meses; M= 1 – 3 meses; A=< 1 mes.</i>	X		
16. ¿Está el generador adecuadamente protegido de fenómenos naturales? <i>B= No; M= Parcialmente; A= Sí.</i>	X		
17. Seguridad de las instalaciones, ductos y cables eléctricos. <i>B= No; M= Parcialmente; A= Sí.</i>	X		
18. Sistema redundante al servicio local de suministro de energía eléctrica. <i>B= No; M= Parcialmente; A= Sí.</i>	X		

19. Sistema con tablero de control e interruptor de sobrecarga y cableado debidamente protegido. Verificar la accesibilidad así como el buen estado y funcionamiento del tablero de control general de electricidad. <i>B= No; M= Parcialmente; A= Si</i>	X	
20. Sistema de iluminación en sitios clave del hospital. Realizar recorrido por urgencias, UCI, quirófano etc. Verificando el grado de iluminación de los ambientes y funcionalidad de lámparas. <i>B= No; M= Parcialmente; A= Si</i>		X
21. Sistemas eléctricos externos, instalados dentro del perímetro del hospital. Verificar si existen subestaciones eléctrica o transformadores que proveen electricidad al hospital. <i>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.</i>	X	
3.1.2 Sistema de telecomunicaciones		
22. Estado técnico de las antenas y soportes de las mismas. Verificar el estado de las antenas		X
23. Estado técnico de sistemas de baja corriente (conexiones telefónicas/cables de Internet). Verificar en áreas estratégicas que los cables estén conectados evitando la sobrecarga. <i>B= Mal estado o no existen; M= Regular; A= Bueno.</i>	X	
24. Estado técnico del sistema de comunicación alterno. Verificar el estado de otros sistemas: radiocomunicación, teléfono satelital, Internet, etc. <i>B= mal estado o no existe; M= Regular; A= Bueno.</i>	X	
25. Estado técnico de anclajes de los equipos y soportes de cables. 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. <i>B= Malo; M= Regular; A= Bueno.</i>		
26. Estado técnico de sistemas de telecomunicaciones externos, instalados dentro del perímetro del hospital. Verificar si existen sistemas de telecomunicaciones externos que interfieran con el grado de seguridad del hospital. <i>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.</i>		X
27. Local con condiciones apropiadas para sistemas de telecomunicaciones. <i>B= Malo o no existe; M= Regular; A= Bueno</i>		X
28. Seguridad del sistema interno de comunicaciones. 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. <i>B= mal o no existe; M= Regular; A= Bueno</i>		X
3.1.3 Sistema de aprovisionamiento de agua		
29. Tanque de agua con reserva permanente suficiente para proveer al menos 300 litros por cama y por día durante 72 horas. Verificar que el depósito de agua cuente con una capacidad suficiente para satisfacer la demanda del hospital por 3 días <i>B= Cubre la demanda de 24 horas o menos; M= Cubre la demanda de más de 24 horas pero</i>	X	
30. Los depósitos se encuentran en lugar seguro y protegido Visitar sitio de cisterna y corroborar el área donde está instalada y su grado de seguridad. <i>B= Si el espacio es susceptible de falla estructural o no estructural; M= Cuando la falla no representaría posibilidad de colapso; A= Cuando tiene poca posibilidad de funcionar.</i>	X	

31. Sistema alternativo de abastecimiento de agua adicional a la red de distribución principal. Identificar organismos o mecanismos para abastecer o reaprovisionar de agua al hospital en caso de falla del sistema público. <i>B= Si da menos de 30% de la demanda; M= Si suple valores de 30 a 80% de la demanda; A= Si suple mas del 80% de la dotación diaria.</i>	X		
32. Seguridad del sistema de distribución. Verificar el buen estado y funcionamiento del sistema de distribución, incluyendo la cisterna, válvula, tuberías y uniones. <i>B= Si menos del 60% se encuentra en buenas condiciones de operación; M= entre 60 y 80 %; A= más del 80 %.</i>	X		
33. Sistema de bombeo alternativo. Identificar la existencia y el estado operativo del sistema alternativo de bombeo, en caso de falla en el suministro. <i>B= 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.</i>	X		
3.1.4 Depósito de combustible (gas, gasolina o diesel):			
34. Tanques para combustible con capacidad suficiente para un mínimo de 5 días. Verificar que el hospital cuente con depósito amplio y seguro para almacenaje de combustible. <i>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.</i>	X		
35. Anclaje y buena protección de tanques y cilindros <i>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.</i>	x		
36. Ubicación y seguridad apropiada de depósitos de combustibles. Verificar que los depósitos que contienen elementos inflamables se encuentren a una distancia que afecte el grado de seguridad del Hospital. <i>B= 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.</i>	X		
37. Seguridad del sistema de distribución (válvulas; tuberías y uniones). <i>B= Si menos del 60% se encuentra en buenas condiciones de operación; M= entre 60 y 80 %; A= más del 80 %.</i>	X		
3.1.5 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.)			
38. Almacenaje suficiente para 15 días como mínimo. <i>B= Menos de 10 días; M= entre 10 y 15 días; A= Más de 15 días.</i>			X
39. Anclaje de tanques, cilindros y equipos complementarios <i>B= No existen anclajes; M= Los anclajes no son de buen calibre; A= Los anclajes son de buen</i>		X	
40. Fuentes alternas disponibles de gases medicinales. <i>B= No existen fuentes alternas o están en mal estado; M= Existen, pero en regular estado; A= Existen y están en buen estado.</i>	X		
41. Ubicación apropiada de los recintos. <i>B= Los recintos no tienen accesos; M= los recintos tienen acceso, pero con riesgos A= Los recintos son accesibles y están libres de riesgos;</i>		X	
42. Seguridad del sistema de distribución (válvulas; tuberías y uniones). <i>B= Si menos del 60% se encuentra en buenas condiciones de operación; M= Entre 60 y 80 %; A= Más del 80 %.</i>	X		
43. Protección de tanques y/o cilindros y equipos adicionales. <i>B= No existen áreas exclusivas para tanques y equipos adicionales.; M= Areas exclusivas para protección de tanques y equipos, pero el personal no está entrenado; A= Areas exclusivas para este equipamiento y el personal está entrenado.</i>		X	
44. Seguridad apropiada de los recintos. <i>B= No existen áreas reservadas para almacenar gases; M= Areas reservadas para almacenar gases, pero sin medidas de seguridad apropiadas; A= Se cuenta con áreas de almacenamiento adecuados y no tienen riesgos</i>		X	

3.2 Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas	Grado de seguridad		
	BAJO	MEDIO	ALTO
45. Soportes adecuados para los ductos y revisión del movimiento de los ductos y tuberías que atraviesan juntas de dilatación. <i>B= No existen soportes y tienen juntas rígidas; M=Existen soportes o juntas flexibles; A= Existen</i>	X		
46. Condición de tuberías, uniones, y válvulas. <i>B= Malo; M= Regular; A= Bueno.</i>		X	
47. Condiciones de los anclajes de los equipos de calefacción y agua caliente. <i>B= Malo; M= Regular; A= Bueno.</i>	X		
48. Condiciones de los anclajes de los equipos de aire acondicionado. <i>B= Malo; M= Regular; A= Bueno.</i>			X
49. Ubicación apropiada de los recintos. <i>B= Malo; M= Regular; A= Bueno.</i>			X
50. Seguridad apropiada de los recintos. <i>B= Malo; M= Regular; A= Bueno.</i>			X
51. Funcionamiento de los equipos (Ej. Caldera, sistemas de aire acondicionado y extractores entre otros). <i>B= Malo; M= Regular; A= Bueno.</i>		X	
3.3 Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil y almacenes (Incluye computadoras, impresoras, etc.)	Grado de seguridad		
	BAJO	MEDIO	ALTO
52. Anclajes de la estantería y seguridad de contenidos. Verificar que los estantes se encuentren fijos a las paredes o con soportes de seguridad. <i>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.</i>	X		
53. Computadoras e impresoras con seguro. Verificar que las mesas para computadora estén aseguradas y con frenos de ruedas aplicados.	X		
54. Condición del mobiliario de oficina y otros equipos. Verificar en recorrido por oficinas el anclaje y/o fijación del mobiliario. <i>B= Malo; M= Regular; A= Bueno o no necesita anclaje.</i>	X		
3.4 Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento.	Grado de seguridad		
	BAJO	MEDIO	ALTO
55. Equipo médico en el quirófano y la sala de recuperación. Verificar que lámparas, equipos de anestesia, mesas quirúrgicas se encuentren operativos y con seguros y frenos aplicados. <i>B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el</i>			X
56. Condición y seguridad del equipo médico de Rayos X e Imagenología. Verificar que las mesas de Rayos X y el equipo de rayos se encuentren en buenas condiciones y fijos. <i>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.</i>			X
57. Condición y seguridad del equipo médico en laboratorios. <i>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.</i>		X	
58. Condición y seguridad del equipo médico en el servicio de urgencias. <i>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.</i>	X		
59. Condición y seguridad del equipo médico de la unidad de cuidados intensivos o intermedios. <i>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</i>			X

60. Condición y seguridad del equipamiento y mobiliario de farmacia <i>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.</i>	X		
61. Condición y seguridad del equipo de esterilización. <i>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.</i>		X	
62. Condición y seguridad del equipo médico para cuidado del recién nacido. <i>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.</i>			X
63. Condición y seguridad del equipo médico para la atención de quemados. <i>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.</i>	X		
64. Condición y seguridad del equipo médico para radioterapia o medicina nuclear. SI EL HOSPITAL NO CUENTA CON ESTOS SERVICIOS, DEJAR EN BLANCO. <i>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</i>			
65. Condición y seguridad del equipo médico en otros servicios. <i>B= Si más del 30 % de los equipos se encuentra en riesgo de pérdida material o funcional y/o si algún equipo pone en forma directa o indirecta en peligro la función de todo el servicio; M= Si entre el 10 y el 30% de los equipos se encuentra en riesgo</i>			X
66. Anclajes de la estantería y seguridad de contenidos médicos. <i>B= 20% o menos se encuentran seguros contra el vuelco de la estantería o el vaciamiento de contenidos; M= 20 a 80 % se encuentra seguros contra el vuelco; A= Más del 80 % se encuentra con protección a la estabilidad de la estantería y la seguridad del contenido, o no se requiere anclaje.</i>	X		
3.5 Elementos arquitectónicos	Grado de seguridad		
	BAJO	MEDIO	ALTO
67. Condición y seguridad de puertas o entradas. <i>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</i>			X
68. Condición y seguridad de ventanales. <i>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</i>			X
69. Condición y seguridad de otros elementos de cierre (muros externos, fachada, etc.). <i>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</i>			X
70. Condición y seguridad de techos y cubiertas. <i>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.</i>		X	
71. Condición y seguridad de parapetos (pared o baranda que se pone para evitar caídas, en los puentes, escaleras, cubiertas, etc.) <i>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.</i>			X
72. Condición y seguridad de cercos y cierres perimétricos. <i>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.</i>			X

73. Condición y seguridad de otros elementos perimetrales (cornisas, orname			X
74. Condición y seguridad de áreas de circulación externa. <i>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 invade el acceso de peatones ni</i>			X
75. Condición y seguridad de áreas de circulación interna (pasadizos, elevadores, escaleras, salidas, etc.). <i>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</i>		X	
76. Condición y seguridad de particiones o divisiones internas. <i>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</i>			X
77. Condición y seguridad de cielos falsos o rasos SI EL HOSPITAL NO TIENE TECHOS FALSOS O SUSPENDIDOS, NO MARQUE NADA. DEJE LAS TRES CASILLAS EN BLANCO. <i>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 invade su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas</i>		X	
78. Condición y seguridad del sistema de iluminación interna y externa. <i>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.</i>			X
79. Condición y seguridad del sistema de protección contra incendios. <i>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.</i>		X	
80. Condición y seguridad de ascensores. SI NO EXISTEN ELEVADORES, DEJE LAS TRES CASILLAS EN BLANCO. <i>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.</i>			
81. Condición y seguridad de escaleras. <i>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.</i>			X
82. Condición y seguridad de las cubiertas de los pisos. <i>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.</i>			X
83. Condición de las vías de acceso al hospital. <i>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.</i>			X
84. Otros elementos arquitectónicos incluyendo señales de seguridad. <i>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 invade su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</i>			X
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 seg		
	BAJO	MEDIO	ALTO
85. Comité formalmente establecido para responder a las emergencias masivas o desastres. Solicitar el acta constitutiva del Comité y verificar que los cargos y firmas correspondan al personal en función. <i>B= No existe comité; M= Existe el comité pero no es operativo; A= Existe y es</i>			X

86. El Comité está conformado por personal multidisciplinario. <i>Hay que 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.</i>			X
87. Cada miembro tiene conocimiento de sus responsabilidades específicas. Verificar que cuenten con sus actividades por escrito dependiendo de su función específica: <i>B= No asignadas; M= Asignadas oficialmente; A= Todos los miembros conocen y cumplen su responsabilidad.</i>			X
88. Espacio físico para el centro de operaciones de emergencia (COE) del hospital. <i>Verificar la sala destinada para el comando operativo que cuente con todos los medios de comunicación (teléfono, fax, Internet, entre otros).</i> <i>B= No existe; M= Asignada oficialmente; A= Existe y es funcional.</i>	X		
89. El COE está ubicado en un sitio protegido y seguro. Identificar la ubicación tomando en cuenta su accesibilidad, seguridad y protección. <i>B= 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.</i>	X		
90. El COE cuenta con sistema informático y computadoras. <i>Verificar si cuenta con intranet e internet.</i> <i>B= No; M=Parcialmente; A= Cuenta con todos los requerimientos</i>	X		
91. El sistema de comunicación interna y externa del COE funciona adecuadamente. 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. <i>B= No funciona/ no existe; M = Parcialmente; A= Completo y funciona.</i>	X		
92. El COE cuenta con sistema de comunicación alterna. Verificar si además de conmutador existe comunicación alterna como celular, radio, entre otros. <i>B= No cuenta; M= Parcialmente; A= Si cuenta.</i>		X	
93. El COE cuenta con mobiliario y equipo apropiado. Verificar escritorios, sillas, tomas de corriente, iluminación, agua y drenaje. <i>B= No cuenta; M= Parcialmente; A= Si cuenta.</i>	X		
94. El COE cuenta con directorio telefónico de contactos actualizado y disponible. Verificar que el directorio incluya todos los servicios de apoyo necesarios ante una emergencia (corroborar teléfonos en forma aleatoria). <i>B= No; M= Existe pero no está actualizado; Si cuenta y está actualizado.</i>			X
95. "Tarjetas de acción" disponibles para todo el personal. 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. <i>B= No; M= Insuficiente (cantidad y calidad); A= Todos la tienen.</i>			X
4.2 Plan operativo para desastres internos o externos.	Grado de seguridad		
	BAJO	MEDIO	ALTO
96. Refuerzo de los servicios esenciales del hospital. El plan especifica las actividades a realizar antes, durante y después de un desastre en los servicios claves del Hospital (Urgencias, UCI, CEYE, quirófano, entre otros). <i>B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado;</i>			X
97. Procedimientos para la activación y desactivación del plan. Se especifica cómo, cuándo y quién es el responsable de activar y desactivar el plan. <i>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.</i>			X
98. Previsiones administrativas especiales para desastres. Verificar que el plan considere contratación de personal, adquisiciones en caso de desastre y presupuesto para pago por tiempo extra, doble turno, etc. <i>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.</i>	X		
99. Recursos financieros para emergencias presupuestados y garantizados. El hospital cuenta con presupuesto específico para aplicarse en caso de desastre: <i>B= No presupuestado; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</i>	X		

100. Procedimientos para habilitación de espacios para aumentar la capacidad, incluyendo la disponibilidad de camas adicionales. El plan debe incluir y especificar las áreas físicas que podrán habilitarse para dar atención a saldo masivo de víctimas: <i>B= No se encuentran identificadas las áreas de expansión; M= Se han identificado las áreas de expansión y el personal capacitado para implementarlas; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar los procedimientos.</i>		X	
101. Procedimiento para admisión en emergencias y desastres. El plan debe especificar los sitios y el personal responsable de realizar el TRIAGE. <i>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.</i>		X	
102. Procedimientos para la expansión del departamento de urgencias y otras áreas críticas. El plan debe indicar la forma y las actividades que se deben realizar en la expansión hospitalaria. (Ej. suministro de agua potable, electricidad, desagüe, etc.): <i>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.</i>	X		
103. Procedimientos para protección de expedientes médicos (historias clínicas). El plan indica la forma en que deben ser trasladados los expedientes clínicos e insumos necesarios para el paciente: <i>B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A=</i>	X		
104. Inspección regular de seguridad por la autoridad competente. 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.	X		
105. Procedimientos para vigilancia epidemiológica intra-hospitalaria. Verificar si el Comité de Vigilancia Epidemiológica intra-hospitalaria cuenta con procedimientos específicos para casos de desastre o atención masiva de víctimas: <i>B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe</i>	X		
106. Procedimientos para la habilitación de sitios para la ubicación temporal de cadáveres y medicina forense. Verificar si el plan incluye actividades específicas para el área de patología y si tiene sitio destinado para depósito de múltiples cadáveres: <i>B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A=</i>	X		
107. Procedimientos para triage, reanimación, estabilización y tratamiento. <i>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.</i>			X
108. Transporte y soporte logístico. Verificar si el hospital cuenta con ambulancias y otros vehículos oficiales: <i>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.</i>			X
109. Raciones alimenticias para el personal durante la emergencia. El plan especifica las actividades a realizar por el área de nutrición y debe contar con presupuesto para aplicarse en el rubro de alimentos. <i>B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más</i>	X		
110. Asignación de funciones para el personal adicional movilizado durante la emergencia <i>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 para cumplir las funciones.</i>	X		
111. Medidas para garantizar el bienestar del personal adicional de emergencia. El plan incluye el sitio donde el personal de urgencias puede tomar receso, hidratación y alimentos. <i>B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas.</i>	X		
112. Vinculado al plan de emergencias local. Existe antecedente por escrito de la vinculación del plan a otras instancias de la comunidad. <i>B= No vinculado; M= Vinculado no operativo; A= Vinculado y operativo.</i>	X		

113. Mecanismos para elaborar el censo de pacientes admitidos y referidos a otros hospitales. El plan cuenta con formatos específicos que faciliten el censo de pacientes ante las emergencias: <i>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.</i>	X		
114. Sistema de referencia y contrarreferencia. <i>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.</i>			X
115. Procedimientos de información al público y la prensa. 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): <i>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.</i>			X
116. Procedimientos operativos para respuesta en turnos nocturnos, fines de semana y días feriados. <i>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.</i>		X	
117. Procedimientos para evacuación de la edificación Verificar si existe plan o procedimientos para evacuación de pacientes, visitas y personal <i>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.</i>	X		
118. Las rutas de emergencia y salida son accesibles Verificar que las rutas de salida están claramente marcadas y libres de obstrucción <i>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.</i>			X
119. Ejercicios de simulación o simulacros. Verificar que los planes sean regularmente puestos a prueba a través de simulacros y/o simulaciones, evaluados y modificados como corresponda. <i>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.</i>			X
4.3 Planes de contingencia para atención médica en desastres.	Grado de seg		
	BAJO	MEDIO	ALTO
120. Sismos, tsunamis, erupciones volcánicas y deslizamientos. SI NO EXISTEN ESTAS AMENAZAS EN LA ZONA DONDE ESTÁ UBICADO EL HOSPITAL, NO MARCAR NADA. DEJAR LAS TRES CASILLAS EN BLANCO. <i>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.</i>	X		
121. Crisis sociales y terrorismo. <i>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.</i>	X		
122. Inundaciones y huracanes. SI NO EXISTEN ESTAS AMENAZAS EN LA ZONA DONDE ESTÁ UBICADO EL HOSPITAL, NO MARCAR NADA. DEJAR LAS TRES CASILLAS EN BLANCO. <i>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.</i>	X		
123. Incendios y explosiones. <i>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.</i>	X		
124. Emergencias químicas o radiaciones ionizantes. <i>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.</i>	X		

125. Agentes con potencial epidémico. <i>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.</i>	X		
126. Atención psico-social para pacientes, familiares y personal de salud. <i>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.</i>	X		
127. Control de infecciones intra-hospitalarias. Solicitar el manual correspondiente y verificar vigencia: <i>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 para implementarlo.</i>	X		
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		
	BAJO	MEDIO	ALTO
128. Suministro de energía eléctrica y plantas auxiliares. El área de mantenimiento deberá presentar el manual de operación del generador alterno de electricidad, así como bitácora de mantenimiento preventivo: <i>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.</i>	X		
129. Suministro de agua potable. 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: <i>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.</i>	X		
130. Reserva de combustible El área de mantenimiento deberá presentar el manual para el suministro de combustible, así como la bitácora de mantenimiento preventivo: <i>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.</i>	X		
131. Gases medicinales El área de mantenimiento deberá presentar el manual de suministro de gases medicinales, así como bitácora de mantenimiento preventivo. <i>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.</i>	X		
132. Sistemas habituales y alternos de comunicación. <i>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.</i>	X		
133. Sistemas de agua residuales. El área de mantenimiento garantizará el flujo de estas aguas hacia el sistema de drenaje público evitando la contaminación de agua potable. <i>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.</i>	X		
134. Sistema de manejo de residuos sólidos. El área de mantenimiento deberá presentar el manual de manejo de residuos sólidos, así como bitácora de recolección y manejo posterior. <i>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.</i>	X		
135. Mantenimiento del sistema contra incendios. 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. <i>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.</i>	X		

4.5 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres. Verificar con lista de cotejo la disponibilidad de insumos indispensables ante una emergencia.	Grado de seguridad		
	BAJO	MEDIO	ALTO
136. Medicamentos. Verificar la disponibilidad de medicamentos para emergencias. Se puede tomar como referencia el listado recomendado por OMS. <i>B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</i>			X
137. Material de curación y otros insumos. 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). <i>B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</i>			X
138. Instrumental. Verificar existencia y mantenimiento de instrumental específico para urgencias. <i>B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</i>		X	
139. Gases medicinales. Verificar teléfonos y domicilio así como la garantía de abastecimiento por parte del proveedor. <i>B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= garantizado para 72 horas o más.</i>			X
140. Equipos de ventilación asistida (tipo volumétrico). El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad y condiciones de uso de los equipos de respiración asistida. <i>B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</i>		X	
141. Equipos electro-médicos. El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad y condiciones de uso de los equipos electromédicos. <i>B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</i>		X	
142. Equipos para soporte de vida. <i>B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</i>		X	
143. Equipos de protección personal para epidemias (material desechable). El hospital debe contar con equipos de protección para el personal que labore en áreas de primer contacto. <i>B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</i>	X		
144. Carro de atención de paro cardiorrespiratorio. El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad, condiciones de uso y ubicación de los carros para atención de paro cardiorrespiratorio. <i>B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</i>		X	
145. Tarjetas de <i>triage</i> y otros implementos para manejo de víctimas en masa. 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. <i>B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</i>		X	

1.3 Determinación de las características geotécnicas del suelo mediante SPT (Standard Penetration Test)

Debido a la necesidad de conocer la capacidad admisible del suelo para cálculos estructurales de la actual investigación. Se procedió a realizar un estudio de suelos mediante SPT. Lo cual nos proporcionó la capacidad admisible del suelo, perfil estratigráfico, clasificación del suelo mediante normativa SUCS y deformaciones

esperadas en el suelo. El estudio lo realizó el Ing. Franklin Ordoñez docente de la Universidad del Azuay y consultor en ingeniería de suelos.

Los suelos encontrados en el sitio donde se levanta el Hospital están constituidos por arenas arcillosas de alta plasticidad y consistencia que varía de media dureza desde la superficie hasta el primer metro de profundidad y se transforma a alta dureza a partir del tercer metro de profundidad, esto implica que se incrementa la dureza a medida que se aumenta la profundidad. El ensayo se realizó con un sondeo hasta los 4.5m de profundidad mediante la utilización de equipo de perforación por percusión, con lo que se obtuvo el perfil estratigráfico, y hasta los 3.5m para tener la capacidad admisible del suelo a diferentes alturas. La clasificación del suelo está dada como una SC que quiere decir arenas arcillosas mediante la normativa SUCS. Por parte de la normativa AASHTO el suelo es clasificado como un A-7-6. Estas clasificaciones por parte de las dos normativas indican que el tipo de suelo no es favorable en cuanto a calidad del terreno, teniendo alto límite de plasticidad y siendo altamente expansivos, sin embargo, si se desea saber todo el informe de suelos se puede acceder a él mediante el anexo #5. Las capacidades soportantes, asentamientos esperados, perfil estratigráfico y clasificación del suelo se dieron mediante las siguientes tablas:

Tabla 1.2: Capacidades soportantes para el suelo del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

PROF (m) DE CIMENTACION	Q_{adm} Kn/m²	Q_{adm} Ton/m²
1.00	115.01	11.72
1.50	150.62	15.35
2.50	382.03	38.94

Fuente: (Ordoñez, 2016)

Tabla 1.3: Asentamientos esperados con cimentación de plintos de hormigón armado para el suelo del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

PROF (m) DE CIMENTACION	Asentamiento al borde del cimiento mm	Asentamiento al centro del cimiento mm
1.00	1.54	5.78
1.50	1.66	6.22
2.50	2.77	10.36

Fuente: (Ordoñez, 2016)

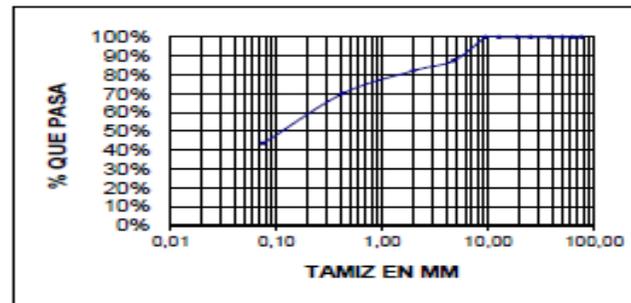
LABORATORIO DE SUELOS Ing. Franklin Ordóñez M

PROYECTO : CIMENTACION HOSPITAL DE GIRON
 UBICACIÓN : CANTON GIRON
 SONDEO No. : 1 Profundidad 0,5 A 2,50

FECHA : 15-nov-2016

ENSAYOS DE CLASIFICACION DE SUELOS

TAMIZ		P. RET.	P. RET.	%	%
M.M.	U.S	PARC. (GR.)	ACUM. (GR.)	RET.	PASA
75,200	3 "	0	0	0,00%	100,00%
63,500	2 1/2 "	0	0	0,00%	100,00%
50,800	2 "	0	0	0,00%	100,00%
38,100	1 1/2 "	0	0	0,00%	100,00%
25,400	1 "	0	0	0,00%	100,00%
19,050	3/4 "	0	0	0,00%	100,00%
12,700	1/2 "	0	0	0,00%	100,00%
9,525	3/8 "	0	0	0,00%	100,00%
4,750	No. 4	74,35	74,35	12,50%	87,50%
2,000	No. 10	31,28	105,63	17,75%	82,25%
0,425	No. 40	72,19	177,82	29,89%	70,11%
0,075	No. 200	157,58	335,40	56,37%	43,63%
TOTAL		565,00			



GRAVA G =	12,50%
ARENA S =	43,87%
FINOS F =	43,63%

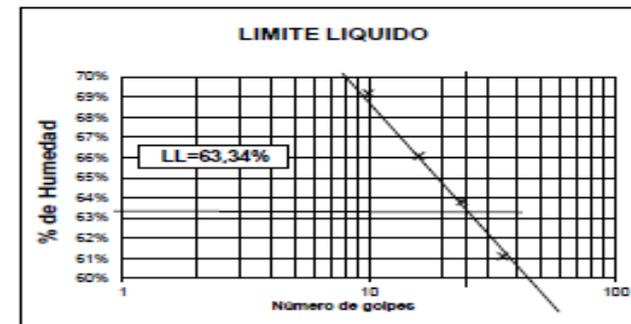
HN =	27,03%
LL =	63,34%
LP =	29,47%
IP =	33,87%
IC =	

CLASIFICACION	
SUCS	SC
AASHO	A-7-6
IG	8

HUMEDAD NATURAL	PESO HUM.(GR.)	PESO SECO.(GR.)	PESO CAPS.(GR.)	% HUMEDAD
	112,30	92,05	17,14	27,03%

LIMITE LIQUIDO				
NUMERO GOLPES	PESO HUM.(GR.)	PESO SECO.(GR.)	PESO CAPS.(GR.)	% HUMEDAD
35	34,05	27,58	16,99	61,10%
24	38,30	30,08	17,20	63,82%
16	42,70	32,58	17,26	66,06%
10	38,00	29,21	16,50	69,16%
LIMITE LIQUIDO				63,34%

LIMITE PLASTICO	PESO HUM.(GR.)	PESO SECO.(GR.)	PESO CAPS.(GR.)	% HUMEDAD
	9,79	9,72	9,49	30,43%
	9,32	9,28	9,14	28,57%
	9,80	9,75	9,58	29,41%
LIMITE PLASTICO				29,47%



ING. FRANKLIN ORDOÑEZ M.
1-4660-CIN

Figura 1.29 Clasificación para el suelo del Hospital Aida León de Rodríguez Lara
 Fuente: (Ordoñez, 2016)

1.4 Conclusiones

Se realizó con éxito la evaluación necesaria para la obtención del Índice de Seguridad Hospitalaria en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara. Se obtuvo los resultados en cuanto a los aspectos estructurales, no estructurales y funcionales del establecimiento. Estos aspectos tienen ponderaciones correspondientes a la importancia de cada parámetro, siendo el aspecto estructural el que más peso tiene con un 50% de influencia en el índice total. Seguido por el no estructural con un 30% y el funcional por un 20% dando así un 100% y teniendo el índice que se le asigna al hospital.

El aspecto estructural el cual llega a ser el más importante en esta evolución de acuerdo a su peso en la ponderación que se le da. Evaluado por si solo se tiene que tiene una probabilidad del 60% de funcionar en caso de que se dé una emergencia. Una probabilidad de 32.5% de que probablemente funcione y una alta probabilidad de no funcionar del 7.5%. Siendo estos parámetros en su mayoría favorables para indicar la buena situación del hospital en cuanto al aspecto estructural. La grafica de los resultados es la siguiente:



Figura 1.31 Resultado de la seguridad estructural de Índice de Seguridad Hospitalaria realizado en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria

En cuanto al aspecto no estructural se tiene mayores falencias debido al mal estado de diferentes instalaciones que están obsoletas en el hospital, las cuales tienen una influencia notable en el paramento de alta probabilidad de funcionar. Con un 35% de alta capacidad de funcionar se nota las falencias y el mal estado de esta parte no estructural en todo el hospital. Una probabilidad de 21% de que probablemente funcione y una probabilidad de 44% de alta probabilidad de no funcionar, destacando lo previamente dicho de la falta de mantenimiento y el mal estado de las instalaciones en general del hospital.

Seguridad No-Estructural

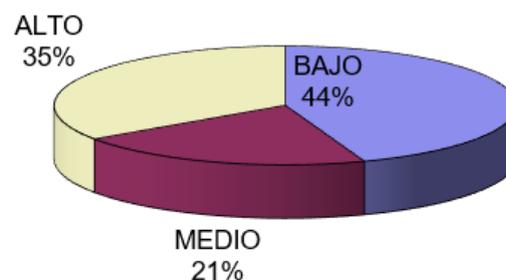


Figura 1.32 Resultado de la seguridad no estructural de Índice de Seguridad Hospitalaria realizado en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria

El aspecto funcional del hospital es el que tiene el mayor indicador de una alta probabilidad de no funcionar con un 53%. Principalmente esto se debe a la deficiente organización del hospital en cuanto a protocolos y planes de contingencia de acción específicos para diferentes tipos de desastres, además de no tener un espacio físico para la operación del Centro de Operación ante Emergencias el cual funciona en el auditorio del establecimiento y no cuenta con ningún equipo informático ni de comunicación. El hospital no cuenta con planes para en funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de los servicios vitales lo cual se refleja en el mal estado de las instalaciones del hospital, afectando al aspecto no estructural del

hospital. Finalmente, la posibilidad de que probablemente funcione es de 15% y la alta probabilidad de que funcione queda en un 32%.

Seguridad Funcional

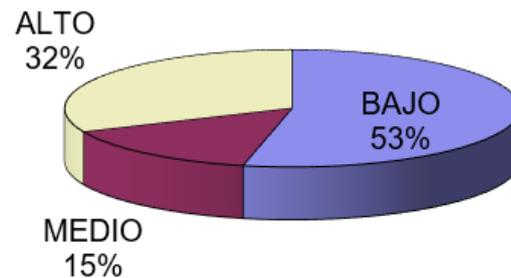


Figura 1.33 Resultado de la seguridad funcional de Índice de Seguridad Hospitalaria realizado en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria

Con los resultados anteriormente mostrados se procedió a ponderar a los aspectos funcionales, no estructurales y estructurales para así llegar al Índice de Seguridad Hospitalaria que nos indica el estado del hospital. El hospital Aida León de Rodríguez Lara del cantón Girón tiene un índice de seguridad de 0.55 y un índice de vulnerabilidad de 0.45 siendo el índice calificado sobre 1. Esto nos indica que el hospital tiene la categoría B, siendo esta adjudicable si se tiene un índice de seguridad entre 0.36 – 0.65. La categoría B que se le dio al hospital está influenciada principalmente por el buen estado de la parte estructural, la cual impulsó significativamente el índice de seguridad, siendo esta la que tuvo el mayor porcentaje de probabilidad de funcionamiento y la que tiene el mayor peso en la ponderación final del índice. Según la OPS lo que se tiene que hacer para un hospital con categoría B es: “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. La tabla electrónica para el cálculo del índice se presenta en el anexo #6. (OPS, Guía del Evaluador de Hospitales Seguros, 2008)

Índice de Seguridad Hospitalaria

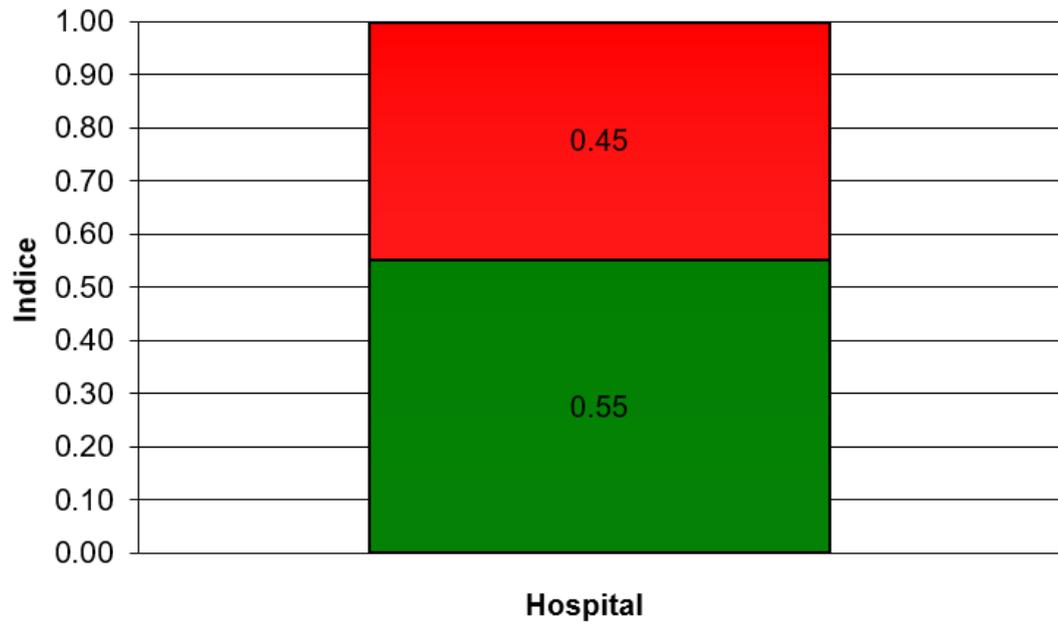


Figura 1.34 Resultado del Índice de Seguridad Hospitalaria realizado en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria

CAPÍTULO II

AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE ESPECIFICA LA NORMA

EL capítulo II de la presente investigación trata sobre los diferentes tipos de cargas que inciden en la estructura del Hospital Aida León de Rodríguez Lara del cantón Girón. Se determinaron a través de lo estipulado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), en su edición del año 2014. Estas cargas serán utilizadas en el Capítulo III para la elaboración del modelo matemático de la estructura, para así comparar el comportamiento de la edificación diseñada con las especificaciones actuales de la norma anteriormente mencionada.

2.1. Cargas gravitacionales

Las cargas gravitacionales se caracterizan principalmente por actuar de forma vertical con dirección al centro de la tierra. Teniendo como principal función: representar el peso propio de la estructura y a las cargas que estará expuesta debido al uso que se le dará. Estas cargas se dividen en muerta y vivas y son el grupo de cargas principales al momento del diseño estructural de la edificación.

2.1.1. Cargas vivas de uso

Siendo parte de las cargas gravitacionales, estas cargas dependen de la ocupación que se le vaya a dar a la edificación. Las cargas vivas se caracterizan por ser las que contemplan el peso de personas, equipos, muebles, y todo aquel peso que no sea permanente y pueda cambiar en cualquier momento dentro de la estructura. También se les llama sobrecargas de uso, (NEC, 2014). Las cargas a utilizarse en el diseño de un hospital según la Norma Ecuatoriana de la Construcción son las siguientes:

Tabla 2.1: Cargas vivas a utilizarse en el diseño de hospitales según la Norma Ecuatoriana de la Construcción

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Hospitales		
Sala de quirófanos, laboratorios	2.90	4.50
Sala de pacientes	2.00	4.50
Corredores en pisos superiores a la planta baja	4.00	4.50

Fuente: (NEC, 2014)

2.1.2 Cargas muertas y permanentes

Cargas gravitacionales cuya principal función es la de representar a los pesos propios de los elementos estructurales y de todos los elementos que vayan a permanecer en la estructura de forma permanente, (NEC, 2014). Las diferentes cargas que se contemplan en este análisis son parte de la NEC-SE-CG que forma parte de la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo de Cargas No Sísmicas.

Tabla 2.2 Cargas muertas a utilizarse en el diseño de hospitales según la Norma Ecuatoriana de la Construcción

Elementos secundarios	
G. Contrapisos y recubrimientos	kN/m²
Baldosa de mármol reconstituido, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	0.22
Baldosa de cerámica, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	0.20
Contrapiso de hormigón ligero simple, por cada cm, de espesor	0.16
Contrapiso de hormigón simple, por cada cm, de espesor	0.22
H. Cielorrasos y Cubiertas	kN/m²
De yeso sobre listones de madera (incluidos los listones)	0.20
De mortero de cemento compuesto de cal y arena	0.55

Fuente: (NEC, 2014)

2.2. Cargas accidentales

Se denomina accidentales a aquellas cargas que pueden aparecer en cualquier momento y en cualquier dirección afectando directamente a la edificación. Estas se clasifican en: cargas sísmicas y cargas generadas por incendios, choques de vehículos, etc. Las cargas sísmicas son contempladas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC14), y dedica el capítulo número 2 para dar las especificaciones y métodos de diseño para lograr una estructura sismo resistente. Las cargas generadas por situaciones fortuitas que suceden debido a un mal funcionamiento de equipos, mala operación de equipos, accidentes de tránsito, incendios, entre otras, no están tomadas en cuenta en la actual Norma de Construcción Ecuatoriana. (NEC, 2014)

2.2.1. Cargas sísmicas

Clasificadas también como cargas ambientales, las cargas sísmicas son esfuerzos que se originan debido a las fuerzas inerciales causadas por movimientos sísmicos. Estas actúan en la parte de la estructura que se encuentra en el subsuelo. Se caracterizan por no tener dirección ya que las ondas que se producen por el movimiento sísmico producen movimientos aleatorios de orden vertical y horizontal. (Nilson, 2008)

Debido a la ocurrencia continua de los movimientos tectónicos en todas partes del mundo y en mayor ocurrencia en el Cinturón de Fuego del Pacífico en donde se encuentra el Ecuador, nace el diseño sismo resistente, el cual tiene como objetivo que la edificación resista a las fuerzas y desplazamientos que se originan. El diseño sismo resistente tiene como principal parámetro el movimiento horizontal, ya que las estructuras por lo general son diseñadas para resistir cargas verticales y por lo que, son más rígidas en ese sentido. Para este tipo de diseño se toma en cuenta la intensidad de un terremoto con la fuerza de movimiento del terreno que se representa como una fracción de la aceleración de la gravedad. (Nilson, 2008)

2.3 Zona sísmica

La Norma Ecuatoriana de Construcción basa el diseño sismo resistente en un sismo que tiene el 10% de posibilidad de excedencia en magnitud, en 50 años, lo cual significa que tiene un período de retorno de 475 años, para esto, en primer lugar, se halla la zona sísmica en donde se encuentra la edificación, y se determina con el valor

z del lugar. El valor z se encuentra en la sección 10.2 del capítulo 2 de la NEC. Si en dicha sección no se encuentra el lugar en donde se situó la edificación se procede a hallar el asentamiento más próximo y tomar su valor z como parámetro de diseño. Esto tiene que concordar con lo que se observa en la Figura 1 del capítulo 2 de la NEC.

Tabla 2.3: Valor Z del Cantón Cuenca según la sección 10.2 del capítulo 2 de la Norma Ecuatoriana de Construcción

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
CUENCA	CUENCA	CUENCA	AZUAY	0.25

Fuente: (NEC, 2014)

Debido a la proximidad del cantón Girón con el cantón Cuenca y por la principal razón de que no existe valor z para el cantón Girón en la sección 10.2 del Capítulo 2 de la NEC, se toma el valor de 0.25 como el valor z a utilizarse para el diseño sismo resistente. Esto en concordancia con lo que se puede observar en la Figura 1 del capítulo 2 de la NEC.

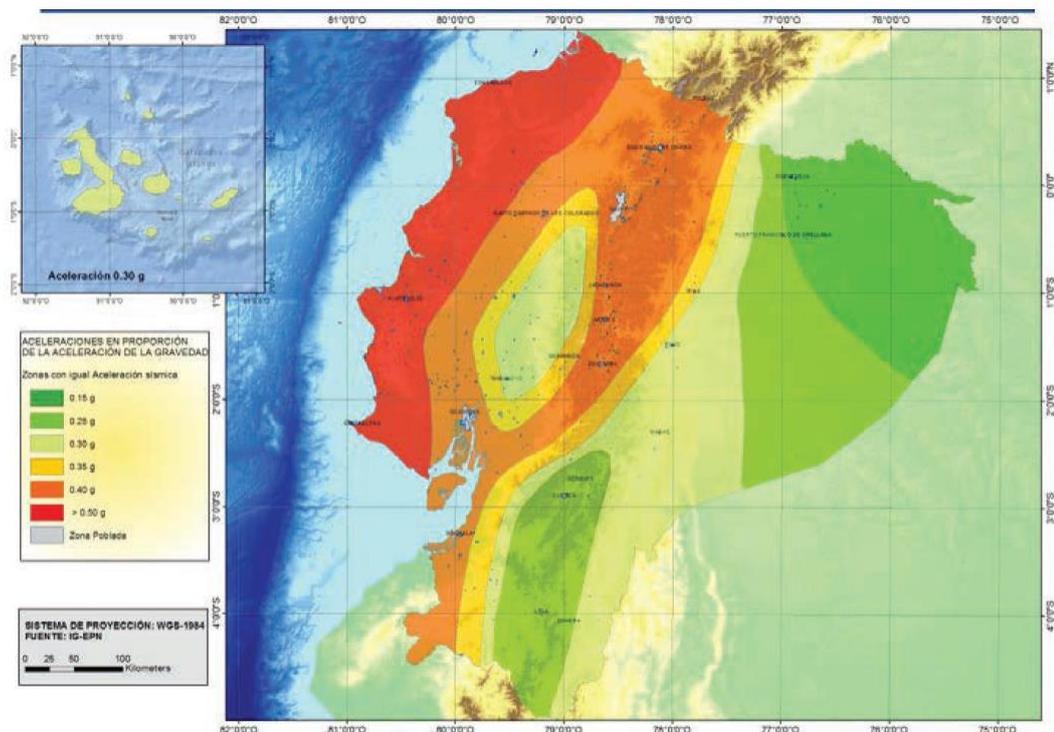


Figura 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z

Figura 2.1: Figura 1 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.

Fuente: (NEC, 2014)

2.4 Tipo de suelo

La NEC clasifica los tipos de suelos con 6 subtipos, los cuales se denominan con las letras A, B, C, D, E los cuales tienen parámetros de clasificación que pertenecen a los 30 m de la parte de arriba de los perfiles correspondientes. Estos perfiles se deben subdividir si se tienen estratos diferenciados. Poniendo cada estrato con subíndices i que van de 1 desde las superficies hasta n en la parte más baja de la sección de 30 m superior del perfil. El sexto subtipo de perfil que se denomina F, tiene otro tipo de criterios los cuales constan en la sección 10.5.4 del capítulo 2 de la NEC. El capítulo 10.5.1 del mismo capítulo da instrucciones detalladas del procedimiento de selección del tipo de perfil que se tiene. (NEC, 2014)

Tabla 2.4: Clasificación de los tipos de perfiles de suelo según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan 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 cumplan 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 kPa $> S_u \geq 50$ 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 3 m 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 contemplan las siguientes subclases:
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos 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 α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.
F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Fuente: (NEC, 2014)

Con respecto al tipo de suelo en donde está ubicado en Hospital Aida León de Rodríguez Lara, se clasificó el suelo utilizando los parámetros estipulados en la sección 10.5.1 del capítulo 2 de la NEC. Teniendo como parámetros de clasificación al número de golpes que se utilizaron para el ensayo SPT y a la capacidad admisible a cortante a 1.5 m de la superficie del suelo, por lo tanto, el suelo es de tipo C debido a que los 66 golpes que se utilizó para alcanzar la profundidad de 4.5m en donde se alcanzó un punto en donde el estrato rechazó el martillo y la cantidad admisible de cortante no drenado es de 115.01 KPa a una profundidad de 1.5 m aumentando a medida de que se incrementaba la profundidad. Siendo estos los parámetros necesarios que se cumplió para la determinación del tipo de suelo.

Tabla 2.5: Clasificación de los tipos de perfiles de suelo según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2 sección 10.5.1: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.

Tipo de perfil	V_s	N o N_{ch}	S_u
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa

Fuente: (NEC, 2014)

2.5 Factor de importancia

Al tener en cuenta que se tiene diferentes tipos de edificaciones y que cada una sirve para un propósito diferente en el medio en la que se construye; se asigna un factor de importancia I, el cual según la función que va a desarrollar la edificación en el medio, se asigna un valor proporcional a la demanda sísmica de diseño que tendrá la estructura. Lo cual, según la importancia de la construcción, asegura que ésta sufra menores daños en caso de un evento sísmico. (NEC, 2014)

Tabla 2.6: Categorización del índice de importancia según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: (NEC, 2014)

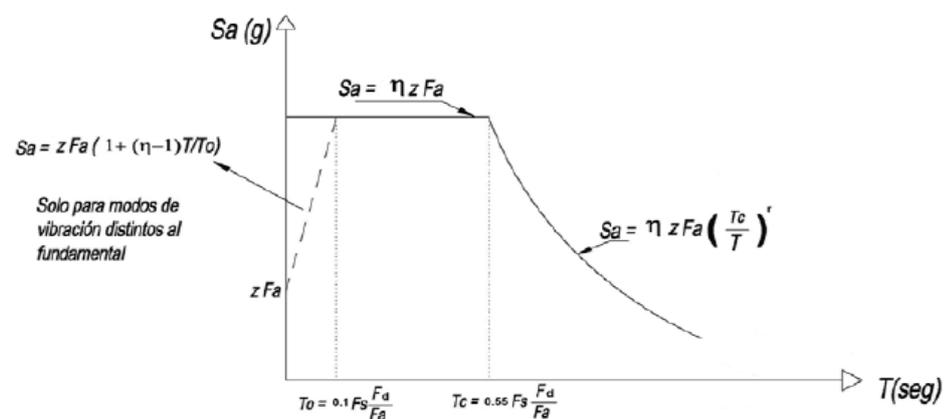
El Hospital Aida León de Rodríguez Lara al categorizarse como una edificación esencial tiene como factor de importancia de 1.5. Esto asegura que su diseño sismo resistente garantice que la edificación tendrá menores daños luego del evento sísmico procurando que siga funcionando y brindando servicio médico luego de un sismo. (NEC, 2014)

2.6 Aceleración esperada

El diseño sismo resistente se basa en espectros de respuesta los cuales, basándose en aspectos como la zona sísmica y las características en donde está situado, nos brindan la reacción de la estructura ante las vibraciones, aceleraciones, y deformaciones que se originan en un sismo en el suelo. Esto se origina debido a que el edificio tiene un

rango elástico, el que permite que los esfuerzos que se producen en el suelo sean diferentes a los que se producen en la estructura.

La investigación presente se enfoca en el espectro elástico horizontal de diseño de aceleraciones que nos señala, según el sismo con que trabajemos, la respuesta del edificio en fracción de la aceleración de la gravedad. Para hallar este espectro se necesita tres factores importantes los cuales son: la zona sísmica, el tipo de suelo y los coeficientes de ampliación de suelo F_a , F_d , F_s . (NEC, 2014)



Dónde:

- η Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.
- F_a Coeficiente de ampliación de suelo en la zona de periodo corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
- F_d Coeficiente de ampliación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
- F_s Coeficiente de ampliación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos
- S_a Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura
- 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

$S_a = \eta Z F_a$	para $0 \leq T \leq T_c$
$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$	para $T > T_c$
Dónde:	
η	Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.
r	Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto
$r = 1$	para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E
$r = 1.5$	para tipo de suelo E.
S_a	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura
T	Período fundamental de vibración de la estructura
T_c	Período 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

Figura 2.2: Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.

Fuente: (NEC, 2014)

Las aceleraciones del espectro se definen como S_a , depende de la ecuación que se puede observar en la figura 2.7 la cual consta con el parámetro η de la amplificación espectral y tiene valores definidos dependiendo de la región del Ecuador donde se vaya a situar la estructura, (NEC, 2014). Siendo los valores de la amplificación espectral los siguientes:

- $\eta = 1.8$ para provincias de la Costa
- $\eta = 2.48$ para provincias de la Sierra y Esmeraldas
- $\eta = 2.6$ para provincias del Oriente

Los factores del espectro de respuesta para el Hospital Aida León de Rodríguez Lara de acuerdo con las tablas proporcionadas por la NEC en cuanto a coeficientes de ampliación del suelo son los siguientes:

Para el coeficiente F_a , el cual engrandece las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, se tomó el valor señalado en color amarillo.

Tabla 2.7: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto para el Hospital Aida León de Rodríguez Lara según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
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	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Fuente: (NEC, 2014)

El coeficiente de amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para el diseño en roca: Fd. Para el Hospital Aida León de Rodríguez Lara se localizó en la siguiente figura con el color amarillo.

Tabla 2.8: Coeficiente de amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
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: (NEC, 2014)

Finalmente se obtuvo el valor del coeficiente de comportamiento no lineal de los suelos: F_s . El cual según la Norma Ecuatoriana de la Construcción dice que: “contempla la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.” (NEC, 2014). El cual se expresó en la figura a continuación en color amarillo.

Tabla 2.9: Coeficiente de comportamiento no lineal de los suelos en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su Capítulo 2: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
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	1.40
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: (NEC, 2014)

Se obtuvo estos parámetros para el espectro de respuesta y se realizó con todos los factores que se mencionó anteriormente teniendo un resumen de los que influyen en el espectro a continuación:

- Z: Factor de zona= 0.25
- Zona Sísmica= II
- η : Relación de amplificación espectral=2.48
- F_a = 1.3
- F_d = 1.28
- F_s = 0.94

- Tipo de suelo= C
- I: Factor de importancia= 1.5
- r: Exponente que define la rama descendente del espectro= 1
- Tc: Periodo límite de la rama de aceleración constante del espectro= 0.51s

A continuación, se muestra el espectro de respuesta elástico de aceleraciones Sa:

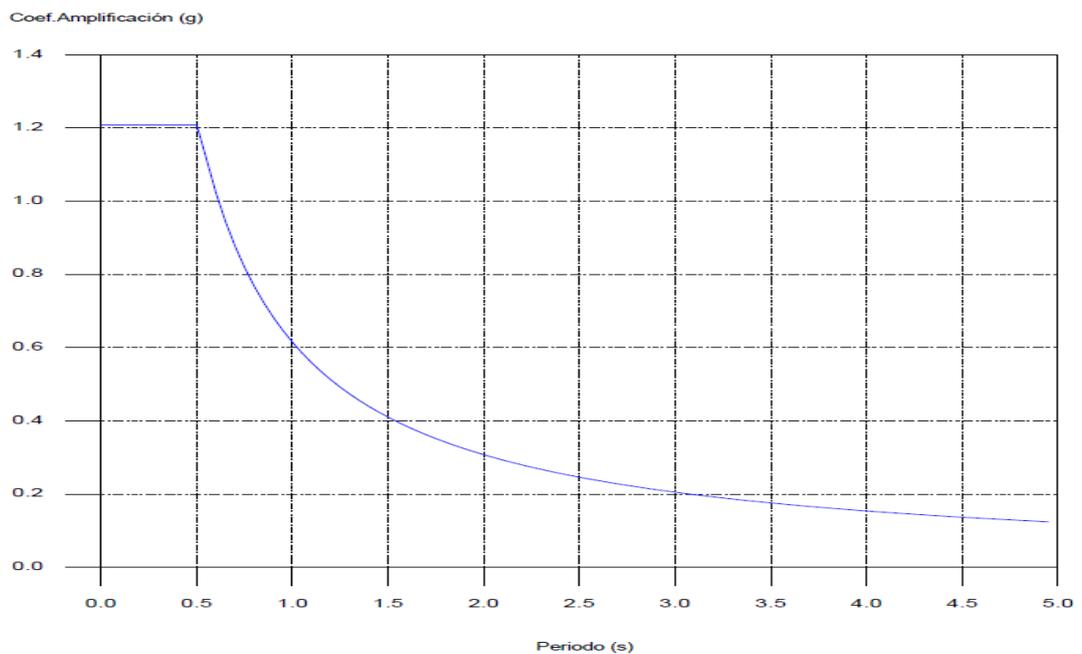


Figura 2.3 Espectro de respuesta elástico de aceleraciones en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Fuente: CYPE-2016

2.7 Combinaciones de cargas

La Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) en su capítulo 1, que se denomina: Cargas No Sísmicas, estipula que cualquiera que sea la estructura que se esté diseñando o en proceso de evaluación se debe de respetar las diferentes combinaciones de carga. Las cargas utilizadas en las diferentes combinaciones son las siguientes:

- D: Carga permanente
- E: Carga de sismo
- L: Sobrecarga (carga viva)
- Lr: Sobrecarga cubierta (carga viva)

- S: Carga de granizo
- W: Carga de viento

Las cuales se aumentan o disminuyen según la combinación que se tiene. Teniendo como resultado diferentes combinaciones con las que se asegura que las cargas de las diferentes fuerzas naturales y pesos que actúan sobre la estructura estén presentes y bien proporcionados para representar así con mayor exactitud la realidad de la estructura. Las combinaciones de las cargas son las siguientes:

Tabla 2.10: Tipos de combinaciones de cargas según la Norma Ecuatoriana de la Construcción

Combinación 1

1.4 D

Combinación 2

1.2 D + 1.6 L + 0.5 max[L_r ; S ; R]

Combinación 3*

1.2 D + 1.6 max[L_r ; S ; R] + max[L ; 0.5W]

Combinación 4*

1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[L_r ; S ; R]

Combinación 5*

1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S

Combinación 6

0.9 D + 1.0 W

Combinación 7

0.9 D + 1.0 E

**Para las combinaciones 3, 4 y 5: L=0.5 kN/m² si L₀≤4.8 kN/m² (excepto para estacionamientos y espacios de reuniones públicas).*

Fuente: (NEC, 2014)

CAPÍTULO III

MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA

Para la modelación del Hospital Aida León de Rodríguez Lara, se tomó dos alternativas que son:

- La elaboración de una maqueta virtual del establecimiento en un entorno BIM (Building Information Modeling), éste da una fiel interpretación de las características físicas y funcionales de la edificación, para que así se tenga toda la información posible que se pudo indagar sobre el Hospital. El software Archicad, el cual es distribuido por la empresa Graphisoft, fue el escogido para este trabajo.
- La simulación estructural en software especializado en dinámica de estructuras, para así, comprobar los elementos estructurales y su cumplimiento en cuanto a dimensiones, armados y resistencias. De esta manera se conoció la situación estructural de la edificación y se pudo proponer medidas de mitigación. Para esta modelación se utilizó el software CYPECAD, el cual también tiene un entorno BIM y es distribuido por Cype Ingenieros en el Ecuador.

3.1 Idealización del modelo de la estructura hospitalaria

Para la creación del modelo BIM del Hospital Aida León De Rodríguez Lara del cantón Girón, se obtuvo información del departamento de gestión de riesgos a cargo del Doctor Roberto Corella, quien nos brindó los planos de un levantamiento arquitectónico el cual se realizó en el hospital hace dos años. Esta fue la única información que se recibió de parte del personal administrativo del hospital. En consecuencia, se tuvo que levantar información arquitectónica y estructural en el hospital.

El levantamiento de la información arquitectónica se realizó en elevaciones y fachadas del hospital, dado que la información de planta estuvo cubierta gracias a los planos

obtenidos. En cuanto a la información de la estructura del hospital se levantó a mano en su totalidad, teniendo que obtener información de todos los elementos estructurales que se encuentran en la edificación. La maqueta virtual muestra de manera idéntica las dimensiones y características principales de la edificación.



Figura 3.1: Idealización 1 del modelo de la estructura hospitalaria del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.

Fuente: Archicad



Figura 3.2: Idealización 2 del modelo de la estructura hospitalaria del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.

Fuente: Archicad



Figura 3.3: Idealización 3 del modelo de la estructura hospitalaria del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.

Fuente: Archicad



Figura 3.4: Idealización 4 del modelo de la estructura hospitalaria del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.

Fuente: Archicad



Figura 3.5: Idealización 5 del modelo de la estructura hospitalaria del Hospital Aida León de Rodríguez Lara.

Fuente: Archicad

3.2 Generación y modelación dinámica estructural del hospital en software especializado

Para la elaboración del modelo estructural en el software de dinámica de estructuras CYPECAD, se realizó un levantamiento de las partes principales de la estructura del hospital como son las columnas, vigas, losas, paredes, celosías y cubiertas. Todo este procedimiento se realizó por medio de un levantamiento visual dado que no existen ningún tipo de planos o especificaciones de la estructura del hospital. La carencia de planos estructurales complicó la elaboración del modelo estructural debido a que no se pudo visualizar los cimientos de la edificación quedando la incertidumbre, si los cimientos están bien dimensionados para el tipo de suelo que se encuentra en la zona de construcción del hospital. Las columnas fueron otro de los impedimentos al momento del levantamiento visual, debido a que se encuentran embebidas en mamposterías en todo el hospital, a excepción de unas cuantas que fueron construidas en ampliaciones posteriores.

A pesar de las dificultades en el levantamiento de información de la estructura se pudo realizar el modelo estructural satisfactoriamente, pero, se debe tener en cuenta que las dimensiones, resistencias, y demás aspectos de la estructura no siguen un lineamiento técnico que se pueda comprobar con planos y memoria. Las dimensiones de columnas y vigas que se obtuvo son sin considerar espesores de enlucido, ya que, durante los 40 años de construcción no se sabe a ciencia cierta cuantas veces los miembros han sido reparados o refaccionados.

En el modelo matemático realizado de la estructura del Hospital Aida León de Rodríguez Lara se consideró las cargas correspondientes para una edificación esencial según los capítulos de Cargas No Sísmica y Diseño Sísmico de la NEC. También se consideró la aceleración esperada que tiene la construcción debido a la zona sísmica en donde se encuentra para así, tener una idea clara del comportamiento de la edificación en caso de un evento sísmico.

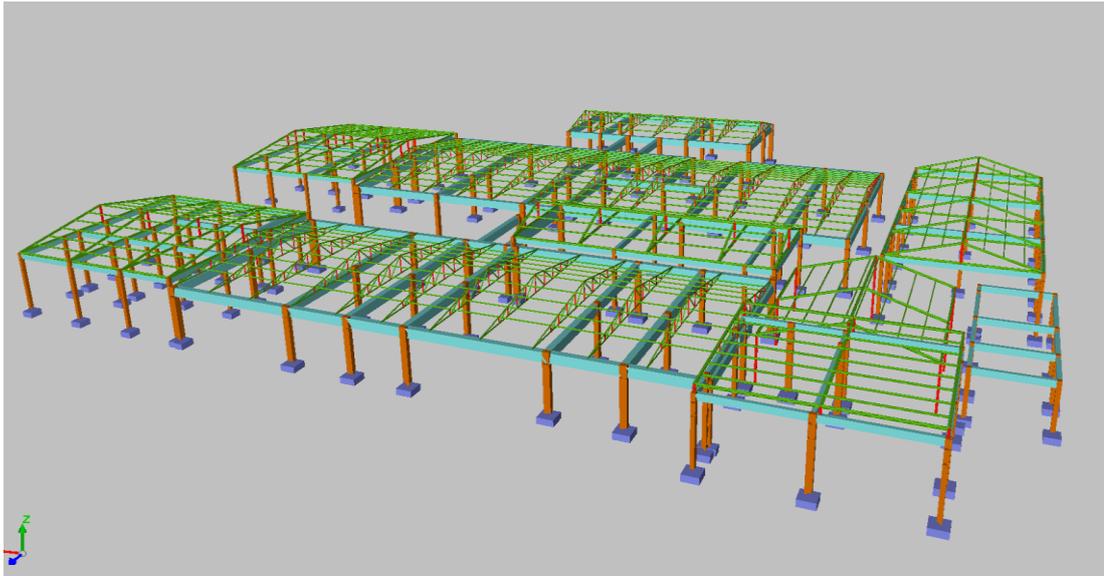


Figura 3.6: Vista frontal el modelo estructural en el software CYPECAD del Hospital Aida León de Rodríguez Lara del Cantón Girón

Fuente: CYPECAD 2017

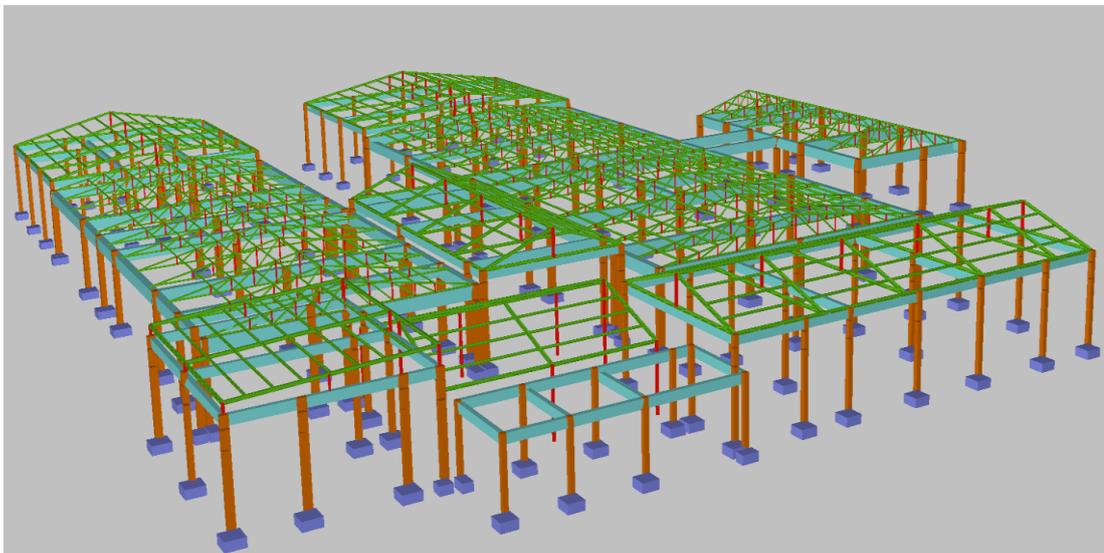


Figura 3.7: Vista Lateral Derecha del modelo estructural en el software CYPECAD del Hospital Aida León de Rodríguez Lara del Cantón Girón

Fuente: CYPECAD 2017

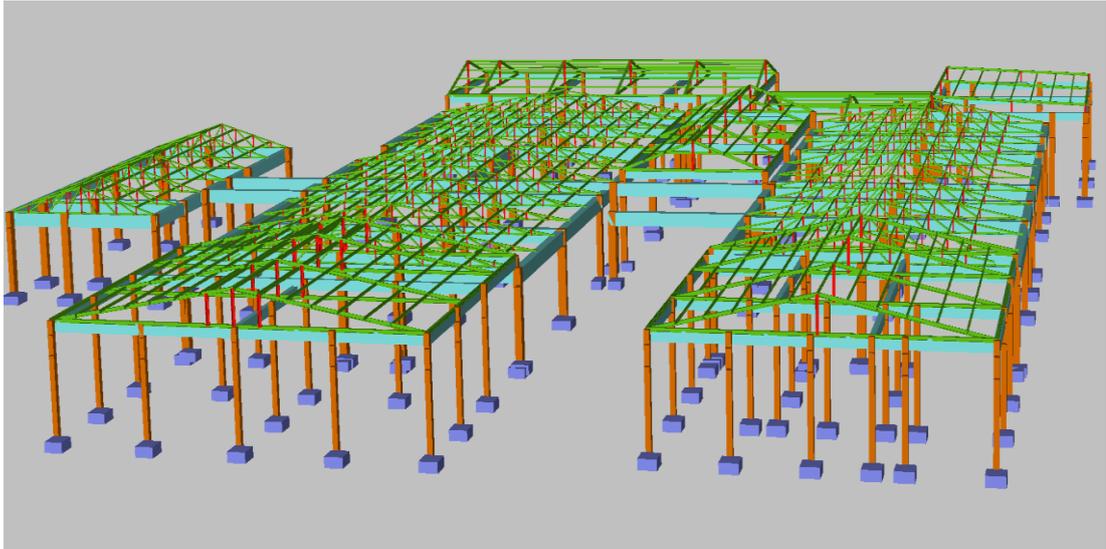


Figura 3.8: Vista Lateral Izquierda del modelo estructural en el software CYPECAD del Hospital Aida León de Rodríguez Lara del Cantón Girón

Fuente: CYPECAD 2017

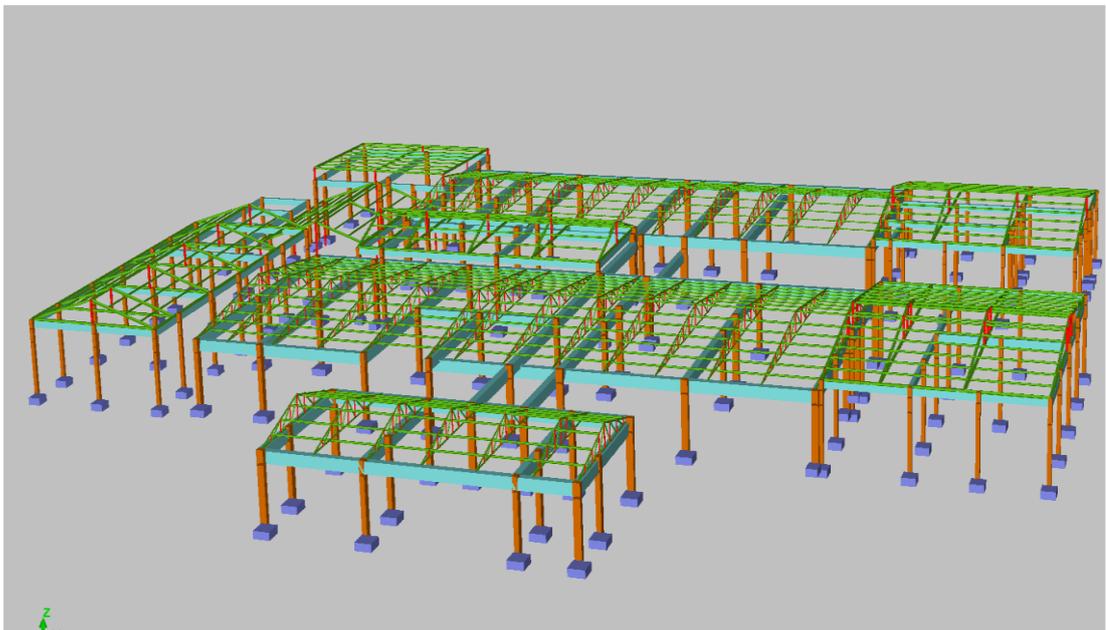


Figura 3.9: Vista Posterior del modelo estructural en el software CYPECAD del Hospital Aida León de Rodríguez Lara del Cantón Girón

Fuente: CYPECAD 2017

3.3 Esfuerzos Últimos

El método de diseño por Estado de Límite Último (ELU), que también se lo conoce como diseño por resistencia última tiene que ver con las capacidades de los materiales. La capacidad de soportar pesos de una edificación y de sus elementos estructurales en especial depende de los materiales que se utilicen para su construcción. Los esfuerzos que los miembros estructurales soportan no se pueden conocer en forma precisa, ya que además de la resistencia propia de cada uno estos, ellos dependen de los métodos constructivos y del buen cuidado y supervisión que se tenga en ellos. Se pueden dar errores como la cantidad de agua en la dosificación del hormigón, el refuerzo mal colocado, las dimensiones especificadas pueden variar, etc. (Nilson, 2008)

La característica principal del diseño por última resistencia es la capacidad de los miembros estructurales de resistir, con un margen de sobra, las solicitaciones que actúen en él durante su vida de uso. Teniendo que los miembros estructurales trabajar con los máximos esfuerzos que éstos puedan resistir sin llegar al fallo, fisuración u otra patología. Para esto se tiene que los materiales estén trabajando en su rango inelástico. (Nilson, 2008)

Unido a este método de diseño estructural el American Concrete Institute, (ACI) establece normas de seguridad teniendo factores para reducir resistencias. Estos factores se obtienen principalmente por experiencia, y sentido común en el campo de la ingeniería. De lo que se tiene que la resistencia de diseño tiene que ser mayor o igual a la resistencia requerida del miembro.

$$\phi S_n \geq U$$

La resistencia de diseño denominada como S_n se calcula con métodos aceptados ampliamente. Utilizando las combinaciones de cargas que se estipuló en la sección 2.6 de la presente investigación se calcula la resistencia adquirida U . Los factores de reducción de resistencias ϕ son dados en valores diferentes, ya que estos dependen en su gran mayoría de la importancia y de la exactitud con que se calcula las resistencias de cada elemento, es por eso que, un valor menor del factor es utilizado para columnas

que para vigas. Siguiendo principalmente la filosofía de diseño: columna fuerte viga débil. A continuación, se presenta los valores de factores de reducción según el ACI y también están contemplados en la NEC. (Nilson, 2008)

Tabla 3.1: Factores de reducción según el American Concrete Institute

Condición de resistencia	Reduccion de resistencia Factor Φ
Secciones controladas por tención	0.9
Secciones controladas por compresión	
Miembros con reforsamiento espiral	0.75
Otros miembros reforzados	0.65
Cortante y torsión	0.75
Soportes en concreto	0.65
Zonas de anclaje pos-tencionadas	0.85

Fuente: (Nilson, 2008)

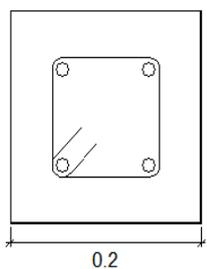
3.4 Comprobación del diseño de los diferentes miembros estructurales

Una vez que se obtuvo la modelación dinámica del Hospital Aida León de Rodríguez Lara, usando el software estructural CYPECAD, se procedió a realizar un análisis de cada miembro estructural que actúa en el hospital, para así determinar falencias y deficiencias de los diferentes elementos mediante una comparación con las normas actuales que especifica la NEC. Esto se realizó utilizando datos que se obtuvo con los ensayos no destructivos que se realizó en el hospital.

3.4.1 Columnas

Con los resultados que dio el software de análisis dinámico, CYPECAD de los diferentes elementos estructurales. Se demostró que los diferentes elementos no cumplen con las normas de diseño NEC. Las columnas, siendo el elemento principal de soporte de la edificación, presentan fallas sustanciales en cuanto a diseño sismo resistente teniendo a la columna más desfavorable en lo que se refiere a fallas de diseño a continuación:

Tabla 3.2: Datos de la columna más desfavorable del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Datos del pilar		
	Geometría	
	Dimensiones : 20x20 cm	
	Tramo : 0.000/2.850 m	
	Altura libre : 2.40 m	
	Recubrimiento geométrico : 4.0 cm	
	Tamaño máximo de árido : 15 mm	
	Materiales	Longitud de pandeo
	Hormigón : $f'c=210$	Plano ZX : 2.40 m
	Acero : Grado 60 (Latinoamérica)	Plano ZY : 2.40 m
	Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø14	Estribos : 1eØ8	
Cuantía : 1.54 %	Separación : 15 cm	

Comprobación de columna mas desfavorable del Hospital Aida León de Rodríguez Lara				
Parámetros		Criterios	Cumprobación	
Disposiciones relativas de las armaduras ACI 318M-11	Armadura longitudinal		Cumple	
	Armadura Transversal	$S_t \geq S_{t,min}$	Cumple	
		$S_t \leq S_{t,max}$	Cumple	
		$d_{b,t} \geq \phi 10mm$	No cumple	
Armadura mínima y máxima ACI 318M-11	Armadura longitudinal	$A_{st} \geq 0,01 \cdot A_{gl}$	Cumple	
		$A_{st} \leq 0,08 \cdot A_{gl}$	Cumple	
Estado límite de agotamiento frente a cortante ACI 318M-11	Combinaciones no sísmicas	$\eta \leq 1$	Cumple	
	Combinaciones sísmicas	$\eta \leq 1$	Cumple	
	Armadura Transversal	Eje x		No cumple
		Eje y		No cumple
	Armadura Transversal	Eje x		Cumple
	Eje y		Cumple	
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales ACI 318M-11	Cominaciones no sísmicas	$\eta \leq 1$	Cumple	
		$P_u \leq \phi \cdot P_{n,max}$	Cumple	
	Combinaciones sísmicas	$\eta \leq 1$	No cumple	
		$P_u \leq \phi \cdot P_{n,max}$	Cumple	
Criterios de diseño por sismo ACI 318M-11	Geometría	$b \geq 300mm$	No cumple	
	Armadura longitudinal	$A_{st} \geq 0,01 \cdot A_{gl}$	Cumple	
		$A_{st} \leq 0,06 \cdot A_{gl}$	Cumple	
	Armadura transversal	Eje x		No cumple
		Eje y		No cumple
	Armadura transversal	$S_o \leq S_{o,max}$		No cumple
	Ganchos	Eje x		Cumple
Eje y			Cumple	
	$h_x \leq 350mm$			

Parametros		Criterios	Comprobación
Criterios de diseño por sismo para elementos en flexo-compresión Nec-2014	Cuantía máxima de armadura longitudinal	$\rho_g \geq 0,01$	Cumple
		$\rho_g \leq 0,03$	Cumple
	Armadura transversal $A_l \geq A_{sh}$	Eje x	No cumple
		Eje y	No cumple
	Armadura transversal	$S \leq \min(6.d_{b,l}; 100\text{mm})$	No cumple
		$X_l \leq 350\text{mm}$	Cumple
Resistencia mínima a flexión de columnas ACI 318-11	$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \cdot \Sigma M_{nb}$ Sismo x	s+	No cumple
		s-	No cumple
	$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \cdot \Sigma M_{nb}$ SISMO Y	s+	No cumple
		s-	No cumple
Cortante de diseño para columnas ACI 318M-11	$\Phi \cdot V_n \geq V_e$	Eje x	Cumple
		Eje y	Cumple
Diseño del refuerzo principal en columnas NEC-2014	$\Phi_s \cdot M_N \geq M_{CP}$	SX+	Cumple
		SX-	Cumple
		SY+	No cumple
		SY-	No cumple
Resistencia de elementos en flexocompresión NEC-2014	$\Phi_s \cdot V_N \geq \Phi^0 V_E + 0,1 \cdot \mu \cdot V_{E,base}$ $\leq (M_t^0 + M_b^0)/H_c$	X	Cumple
		Y	Cumple

Fuente: CYPECAD-2017

Se obtuvo que este tipo de columna de 20*20 cm y se encuentra en una de las salas de hospitalización de una ampliación del hospital, no cumple criterios básicos como diámetro mínimo de los estribos, como también, dimensiones mínimas de secciones que tiene que tener una columna sismo resistente. Los demás criterios que se cumple y que no se cumple se puede observar en la figura 3.11 del presente capítulo.

3.4.2 Vigas

Las vigas con más deficiencias de diseño en la edificación son aquellas que se encuentran en las ampliaciones de hospital, específicamente en el área del centro de salud del hospital. Las diferentes falencias de diseño de la viga con mayores errores de diseño se presentan a continuación:

Tabla 3.3: Datos de la viga más desfavorable del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Datos de la viga											
		Geometría									
		Dimensiones : 0.2x0.3		Luz libre : 0.4 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)					
Vano	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (ACI 318M-11)										
	Disp.	Arm.	Q	Q S.	N,M	N,M S.	T _c	T _{st}	T _{sl}	TNM _x	TV _x
V-104: C97 - C100	Cumple	Cumple	'0.445 m' $\eta = 2.8$	'0.445 m' $\eta = 13.4$	'0.248 m' $\eta = 14.4$	'0.223 m' $\eta = 34.1$	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(1)
COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (ACI 318M-11)											Estado
TV _y	TV _{xst}	TV _{yst}	T,Disp. _{sl}	T,Disp. _{st}	T,Geom. _{sl}	T,Arm. _{st}	Sism.	Disp. S.	Cap. H	Cap. S	
N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	Error ⁽¹⁾	Error ⁽¹⁾	Error ⁽²⁾	Error ⁽³⁾	ERROR

Notación:

Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras

Arm.: Armadura mínima y máxima

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

Q S.: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)

N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)

N,M S.: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas)

T_c: Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua.

T_{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma.

T_{sl}: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales.

TNM_x: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje X.

TV_x: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Compresión oblicua

TV_y: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua

<p>TV_{XSt}: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Tracción en el alma.</p> <p>TV_{YSt}: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma.</p> <p>T,Disp._{sl}: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal.</p> <p>T,Disp._{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal.</p> <p>T,Geom._{sl}: Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal.</p> <p>T,Arm._{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados.</p> <p>Sism.: Criterios de diseño por sismo</p> <p>Disp. S.: Criterios de diseño por sismo</p> <p>Cap. H: Cortante de diseño para vigas.</p> <p>Cap. S: Resistencia a cortante de elementos en flexión, 5.2.1</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>h: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p>					
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>(1) La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p>(2) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre torsión y esfuerzos normales.</p>					
<p>Errores:</p> <p>(1) No cumple: 'Criterio de diseño por sismo'</p> <p>(2) No cumple: 'Cortante de diseño para vigas.'</p> <p>(3) No cumple: 'Resistencia a cortante de elementos en flexión, 5.2.1'</p>					
Vano	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (ACI 318M-11)				Estado
	SC, _{sup.}	SC, _{Lat.Der.}	SC, _{inf.}	SC, _{Lat.Izq.}	
V-104: C97 - C100	x: 0.445 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE
<p>Notación:</p> <p>SC,_{sup.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior</p> <p>SC,_{Lat.Der.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral derecha</p> <p>SC,_{inf.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior</p> <p>SC,_{Lat.Izq.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral izquierda</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p>					
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>(1) La comprobación no procede, ya que no hay ninguna armadura traccionada.</p>					

Viga Deformación	Activa (Característica) $f_{A,max} \leq f_{A,lim}$ $f_{A,lim} = L/480$	Estado
V-104: C97 - C100	$f_{A,max}$: 0.02 mm $f_{A,lim}$: 1.85 mm	CUMPLE

Fuente: CYPECAD-2017

3.4.3 Cortante basal

El cortante basal obtenido del hospital se obtuvo luego de la simulación dinámica en el software CYPECAD, con la cual se puede interpretar el comportamiento del Hospital Aida León de Rodríguez Lara ante un evento sísmico.

Tabla 3.4: Cortante basal dinámico del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Hipótesis sísmica (X)	$V_{d,x}$ (t)	Hipótesis sísmica (Y)	$V_{d,y}$ (t)
Sismo X1	39.7194	Sismo Y1	44.6861

Fuente: CYPECAD-2017

3.4.4 Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones del análisis:

$V_{s,x}$: Cortante sísmico en la base (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2)

$$V_{s,x} : \underline{62.0025} \text{ t}$$

$S_{a,x}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X) $S_{a,x}(T_a) : \underline{0.187} \text{ g}$

$T_{a,x}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a)

$$T_{a,x} : \underline{0.18} \text{ s}$$

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

h: Altura del edificio

$$h : \underline{3.25} \text{ m}$$

$V_{s,y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2)

$$V_{s,y} : \underline{62.0025} \text{ t}$$

$$S_{d,Y}(T_a): \text{Aceleración espectral horizontal de diseño (Y)} \quad S_{d,Y}(T_a) : \underline{0.187} \text{ g}$$

$$T_{a,Y}: \text{Periodo fundamental aproximado (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a)} \quad T_{a,Y} : \underline{0.18} \text{ s}$$

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

$$h: \text{Altura del edificio} \quad h : \underline{3.25} \text{ m}$$

$$W: \text{Peso sísmico total de la estructura} \quad W : \underline{332.3210} \text{ t}$$

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

w_i : Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica. (CYPECAD,2017)

3.4.5 Verificación de la condición de cortante basal

“Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 85 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.85 \cdot V_s / V_d$.” (CYPECAD,2017)

Tabla 3.5: Factores de modificación del cortante basal del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.85 \cdot V_{s,X}$ 39.7194 t \geq 52.7021 t	1.33
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.85 \cdot V_{s,Y}$ 44.6861 t \geq 52.7021 t	1.18

Fuente: CYPECAD-2017

CAPÍTULO IV

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y PROPUESTAS DE MITIGACIÓN

Una vez terminado el análisis en el software de dinámica estructural CYPECAD, se procedió a interpretar los resultados que se obtuvo en los diferentes elementos estructurales de la edificación hospitalaria. Con este fin, se analizó los varios parámetros de comprobación que dio el programa y de esta manera interpretar el estado de los elementos estructurales y su nivel de cumplimiento con las normas actuales de diseño sismo resistente.

El software CYPECAD realiza el análisis de comprobación de los diferentes parámetros:

- Las disposiciones relativas a las armaduras, las cuales están contempladas en la norma del American Concrete Institute (ACI), en su edición 318M-11, artículos 7.3 y 7.10, en este parámetro de diseño se analiza los espaciamientos de las barras longitudinales y de los estribos.
- El siguiente parámetro es la armadura máxima y mínima (ACI 318M-11 Artículo 10.9.1), con su principal comprobación del área de refuerzo longitudinal.
- Estado límite de agotamiento frente a cortante en combinaciones no sísmicas (ACI 318M-11, Artículo 11), en la cual se analiza los diferentes esfuerzos a cortante que se da en la sección del elemento.
- Estado límite de agotamiento frente a cortante con combinaciones sísmicas (ACI 318M-11, Artículo 11), esfuerzos cortantes que actúan en la sección del elemento sometido a cargas sísmicas.
- Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales con combinaciones no sísmicas (ACI 318M-11, Artículo 10), realiza la comprobación de resistencia de la sección, estado límite de inestabilidad y el cálculo de la capacidad resistente con las respectivas excentricidades de la sección, para así, asegurar que ésta no falle debido al agotamiento de sus elementos.

- Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales con combinaciones sísmicas (ACI 318M-11, Artículo 10), se realiza la comprobación de resistencia de la sección, estado límite de inestabilidad y el cálculo de la capacidad resistente con las respectivas excentricidades de la sección para así asegurar que esta no falle debido al agotamiento de sus elementos debido a cargas sísmicas que actúen en el elemento.
- Criterios de diseño por sismo (ACI 318M-11, Capítulo 21), parámetro que comprueba la geometría mínima del elemento, así como, el área de la armadura longitudinal y los parámetros necesarios que estipula el ACI para que se considere que el elemento sea sismo resistente.
- Criterios de diseño por sismo (NEC-14), características que según la NEC se tiene que tener en el elemento para ser considerado sismo resistente. Se considera comprobaciones de resistencia, cuantía máxima de refuerzo longitudinal y confinamiento.
- Resistencia mínima a flexión de columnas (ACI 318M-11), se trata de comprobar la resistencia a la flexión con los momentos que se generan en el elemento. Esto se realiza en ambas direcciones y sentidos.
- Cortante de diseño para columnas (ACI 318-11), determinación de las fuerzas de cortantes máximas que se pueden generar en las caras de los nudos en cada extremo del elemento. Esto se calcula tanto en el eje x como en el eje y.
- Diseño del refuerzo principal en columnas (NEC-14). Cálculo de los momentos más desfavorables que se pueden dar en el elemento. Esto es calculado tanto en el eje x como en el eje y, en ambas direcciones.
- Resistencia a cortante de elementos en flexo compresión (NEC-14).

Las respectivas hojas de cálculo y la formulación involucrada en todos los parámetros se pueden encontrar en los anexos.

4.1 Depuración e interpretación de los resultados obtenidos de la modelación

Una vez comprendidos los diferentes parámetros que se tomó en cuenta para calcular el estado de cumplimiento de los diferentes elementos que se tiene en la estructura, haciendo un énfasis especial en las columnas que existe en ella, se procedió a la interpretación de los diferentes resultados con el fin de tener una idea clara del estado

en que se encuentra el hospital en cuanto al cumplimiento de las normas sismo resistentes actuales, con el objetivo de tener una edificación segura para los pacientes.

4.1.1 Columnas

Teniendo tres familias distintas de columnas, fue necesario tomar cada una de ellas y clasificar el cumplimiento de la norma por columna más desfavorable de la familia. Una vez realizado esto, se generó un gráfico explicando el estado de cumplimiento de cada familia con las diferentes normas que aseguran un buen comportamiento sismo resistente.

Tabla 4.1: Comprobación de parámetros de diseño de cada familia de columnas del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Comprobación de columna mas desfavorables de cada familia del Hospital				
Dimensiones		35*25	30*20	20*20
Parámetros				
Disposicion es relativas de las armaduras ACI 318M-11	Armadura longitudinal	Cumple	Cumple	Cumple
	Armadura Transversal	No cumple	No cumple	No Cumple
Armadura mínima y máxima ACI 318M-11	Armadura longitudinal	Cumple	Cumple	Cumple
Estado límite de agotamiento frente a cortante ACI 318M-11	Combinaciones no sísmicas	Cumple	Cumple	Cumple
	Combinaciones sísmicas	Cumple	Cumple	Cumple
	Armadura Transversal $S \leq S_{max}$	No cumple	No cumple	No Cumple
	Armadura Transversal $A_v \geq A_{v,min}$	Cumple	Cumple	Cumple
Estado límite de agotamiento frente	Cominaciones no sísmicas	Cumple	Cumple	Cumple
	Combinaciones sísmicas	Cumple	Cumple	No Cumple
Criterios de diseño por sismo ACI 318M-11	Geometría	No cumple	No cumple	No Cumple
	Armadura longitudinal	Cumple	Cumple	Cumple
	Armadura transversal $A_{sh} \geq A_{sh,min}$	No cumple	No cumple	No Cumple
	Armadura transversal $S_o < S_{o,max}$	No cumple	No cumple	No Cumple
	Ganchos $h_x \leq 350mm$	Cumple	Cumple	Cumple

Dimensiones		25-35	20*30	20*20
Parametros				
Criterios de diseño por sismo para elementos en flexo-compresión Nec-2014	Cuantía máxima de armadura longitudinal	Cumple	Cumple	Cumple
	Armadura transversal $A_l \geq A_{sh}$	No cumple	No cumple	No Cumple
	Armadura transversal	No cumple	No cumple	No Cumple
Resistencia mínima a flexión de columnas ACI 318-11	$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \cdot \Sigma M_{nb}$ Sismo x	No cumple	No cumple	No Cumple
	$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \cdot \Sigma M_{nb}$ SISMO Y	No cumple	No cumple	No Cumple
Cortante de diseño para columnas ACI 318M-	$\Phi \cdot V_n \geq V_e$	No cumple	Cumple	No Cumple
Diseño del refuerzo principal en columnas NEC-2014	$\Phi_s \cdot M_N \geq M_{CP}$	No cumple	Cumple	No Cumple
Resistencia de elementos en flexocompresión NEC-2014	$\Phi_s \cdot V_N \geq \Phi^0 V_E + 0,1 \cdot \mu \cdot V_{E,base}$ $\leq (M_t^0 + M_b^0) / H_c$	No cumple	Cumple	No Cumple

Fuente: CYPECAD-2017

Tabla 4.2: Desplome total máximo de los pilares del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 1438	1 / 4600	1 / 110	1 / 143
Notas: ⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.			

Fuente: CYPECAD-2017

4.2 Generación de gráficos explicativos de la comparación

Para el mejor entendimiento de los resultados que dio el software de dinámica estructural, se procedió a realizar gráficos aplicativos que representan el cumplimiento de diferentes comprobaciones de parámetros de diseño que se tiene que cumplir según las normas sismo resistentes. Siendo este el procedimiento para entender mejor el estado estructural del Hospital Aida León de Rodríguez Lara. Los siguientes gráficos son de vital importancia para comprender las medidas de mitigación que se propuso y para comprender el riesgo que se tiene en el hospital en caso que se dé un evento sísmico.

Las tres familias de columnas que se encuentran en el hospital varían en los parámetros de cumplimiento de las diferentes normas, esto es debió principalmente a las ampliaciones que se han hecho en el hospital. Se nota la falta de asesoría técnica; teniendo columnas de sección de 20*20 cm que difícilmente cumplen 8 de los 22 parámetros que se analiza. Estas columnas están situadas en las partes de ampliaciones del hospital. Como en el área de hospitalización y el área de atención de primer nivel, conocido como el centro de salud que esta anidado al hospital, donde existen estas columnas deficientes en la mayoría de comprobaciones. Las columnas de sección 20*30 se encuentran en la ampliación que está en el área de la oficina de la dirección general del hospital, estas columnas son mucho más robustas y son las que más parámetros cumplen, debido principalmente al poco peso de soportar las vigas de 20*30 cm que son muy diferentes a las de 35*45 cm que tienen que soportar las columnas de 25*35 cm. Las columnas de 35*25 cm son las más robustas que existen en nuestro estudio, pero, sin embargo, no cumple muchos de los parámetros debido a los grandes pesos que tiene al soportar vigas de 45*25 cm. A continuación, se presenta un gráfico el cual muestra la familia de columnas y la cantidad de parámetros que éstas cumplen.

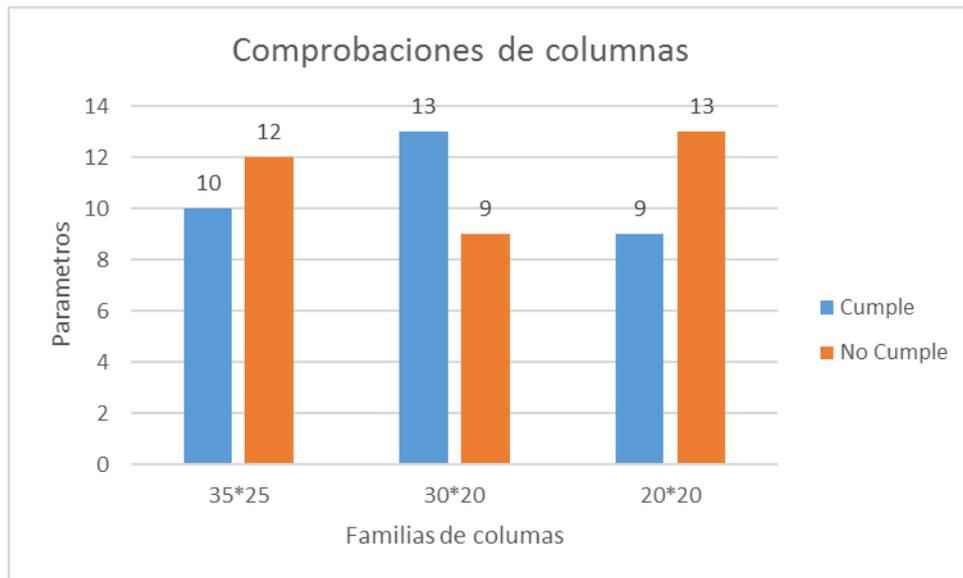


Figura 4.1 Cantidad de parámetros cumplidos según la NEC de las diferentes familias de columnas del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Fuente: CYPECAD-2017

El siguiente gráfico muestra los diferentes parámetros de los cuales se hicieron las comprobaciones y el cumplimiento de todas las columnas en general.

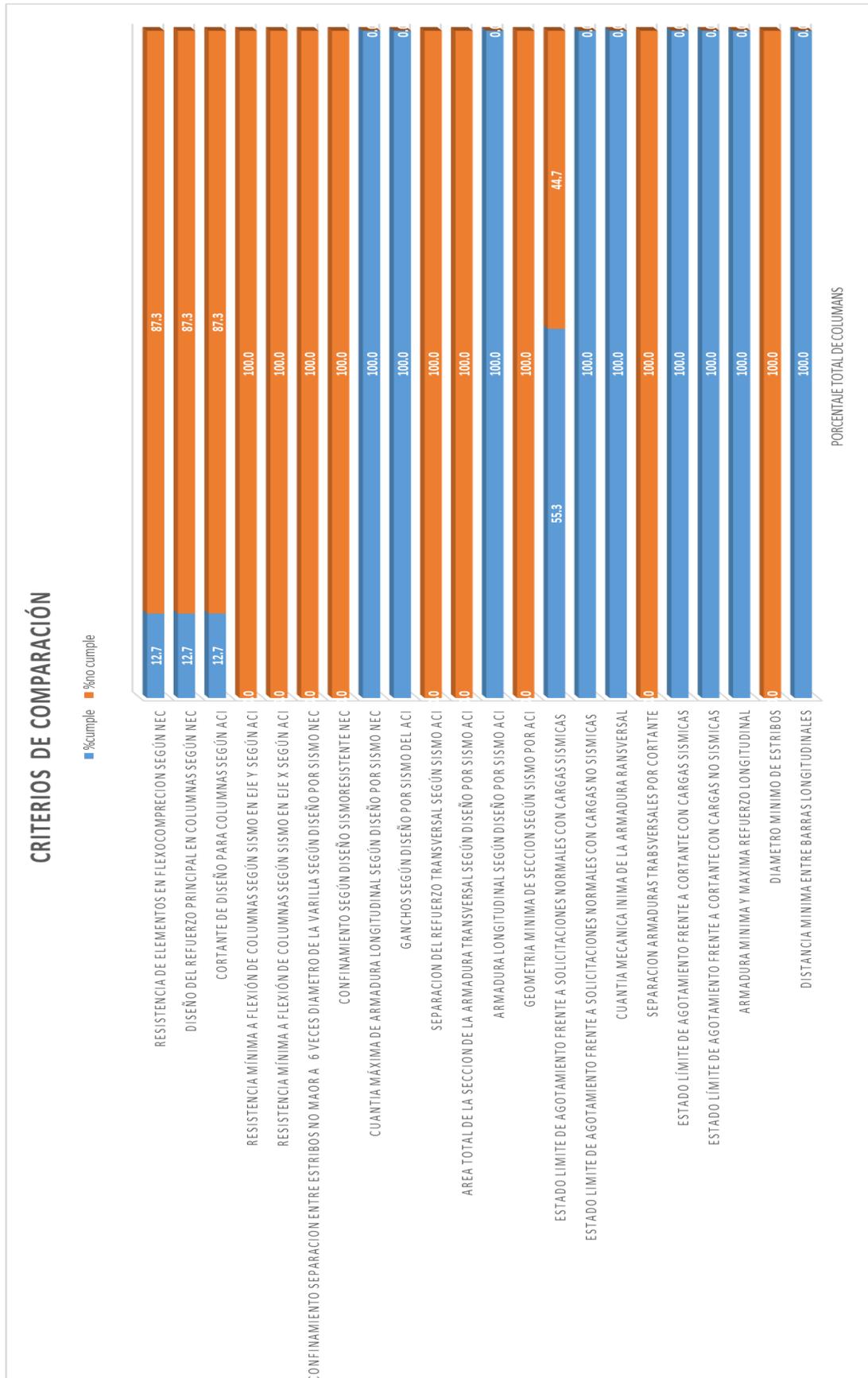


Figura 4.2 Cantidad de parámetros cumplidos de todas las columnas del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Fuente: CYPECAD-2017

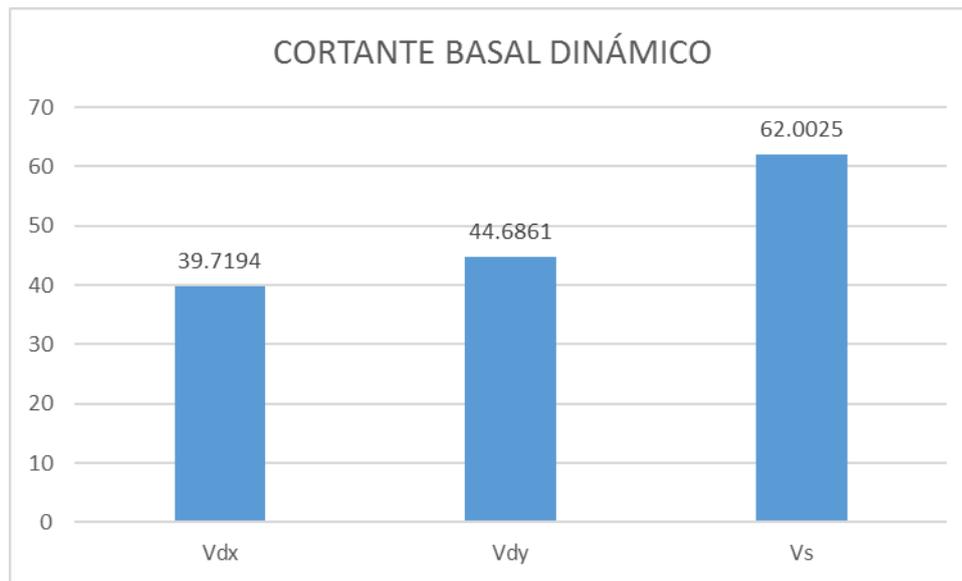


Figura 4.3 Cortante basal dinámico del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Fuente: CYPECAD-2017

El gráfico que se encuentra en la parte superior, muestra el cortante basal dinámico en ambas direcciones como también el cortante basal estático para fines de comparación.

Las derivas de piso que se tiene en el hospital se muestran a continuación, teniendo en cuenta que los niveles o forjados no son plantas del hospital. En realidad, son los diferentes niveles que tiene el hospital de una sola planta.

Tabla 4.3: Desplome local máximo del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Desplome local máximo de los pilares (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Forjado 3	1 / 417	1 / 834	1 / 55	1 / 97
Forjado 2	1 / 1084	1 / 1084	1 / 48	1 / 128
Forjado 1	1 / 1438	1 / 4600	1 / 101	1 / 134

Notas:
⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Fuente: CYPECAD-2017

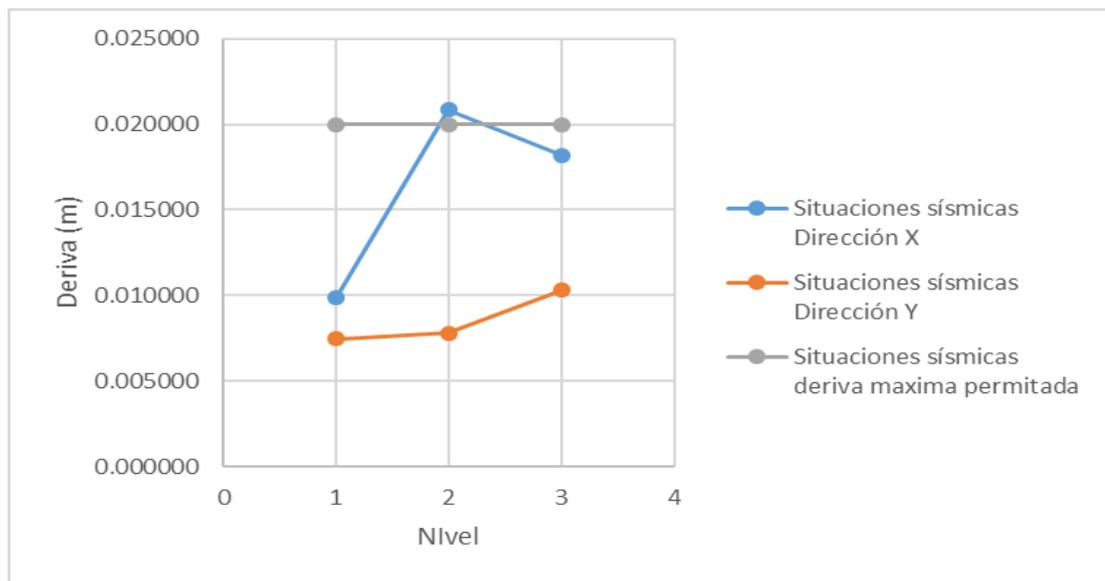


Figura 4.4 Desplome local máximo del Hospital Aida León de Rodríguez Lara

Fuente: CYPECAD-2017

4.3 Análisis de resultados y elaboración de propuestas de mitigación

La edificación del Hospital Aida León de Rodríguez Lara cuenta con elementos estructurales deficientes teniendo que las columnas, que son los elementos fundamentales de resistencia ante cualquier desastre, no cumplen con la mayoría de criterios sismo resistentes; además de no cumplir con parámetros mínimos de diseño de la NEC, como son los estribos que tienen que tener un diámetro mínimo de 10 mm y la geometría que debe de ser por lo menos 30 cm de lado en caso de edificaciones sismo resistentes. Queda demostrado que todas las columnas del hospital son deficientes en su diseño incluyendo las más robusta que tiene como dimensiones 35*25 cm. Teniendo el hospital columnas de dimensione tan pequeñas como 20*20 cm es fundamental el refuerzo de éstas.

Para las columnas de menor sección se propone un encamisado de refuerzo de acero en las columnas para luego ser cubierto por hormigón, formando así, una columna externa a la original que proporciona mayor rigidez, resistencia y mayor dimensión en su área transversal. Para las columnas de mayor dimensión se tiene como opción la utilización de la técnica de fibras reforzadas con polímeros (FRP), las que darán una mayor resistencia a la columna sin dañar su estética o sus dimensiones.

CONCLUSIONES

- Una vez completada la evaluación del ISH, el que evalúa los elementos estructurales y parte de los no estructurales, en el Hospital Aida León de Rodríguez Lara se cuantificó, basándose en los resultados obtenidos en las fichas de evaluación, un coeficiente de seguridad del 0.55 y un coeficiente de vulnerabilidad de 0.45 con una calificación de B en el ISH.
- El ISH fue realizado con información levantada en el sitio de la edificación, se identificó amenazas en el entorno de la edificación hospitalaria con la ayuda de encuestas, mapas de riego y un análisis de suelos en la parte geológica, complementado por el equipo administrativo del hospital en la parte funcional. Consideramos que se debe realizar una evaluación totalmente externa al hospital con un equipo multidisciplinario que permita una evaluación objetiva e imparcial.
- En la presente investigación se ha tratado de llegar al máximo de detalle en lo que tiene que ver con la evaluación y modelación de la construcción existente, utilizando fichas de evaluación para la parte estructural y no estructural para el diseño de una maqueta virtual en entorno BIM, sin embargo, debido a la antigüedad de la entidad hospitalaria, la falta de planos y especificaciones técnicas con las que fue construida, y a pesar, de toda la información levantada con apoyo de ensayos no destructivos, existe incertidumbre de no haber llegado al 100% de exactitud en cuanto a dimensiones exactas y estado real de la estructura resistente.
- Debido al estado de la estructura resistente del hospital, el cual fue evaluado en software especializado en dinámica de estructuras agrupando y modelando cargas que especifica la norma NEC-SE-2014, se debe proponer un plan de intervención en la que se asegure la mitigación y reforzamiento de las deficiencias de diseño que se encuentran en los miembros estructurales, para que garantice la seguridad del personal y pacientes de la edificación.

- Se determinó diferencias entre la evaluación en la parte estructural, y el ISH que dio como resultado que el Hospital tiene una probabilidad de un 60 % de funcionar en caso de que se dé un desastre de tipo sísmico. Pero, la comparación con la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente, da cuenta que el sistema estructural está en condiciones desfavorables, incluso algunos miembros están en pésima condición, en virtud de lo expuesto existe contradicciones entre la investigación y el ISH, por lo que se propuso medidas de mitigación y reforzamiento en la parte estructural del hospital, las que, se pueden apreciar en la sección 4.3 del capítulo IV de la presente investigación.

- EL objetivo por el cual se realiza la evaluación con la metodología del ISH en el hospital, es principalmente porque ésta es una herramienta de gestión y planificación, que identifica de manera rápida los sectores más sensibles y cruciales para el buen funcionamiento del hospital durante y después de un desastre, debe ser tomada como prioridad al momento de la elaboración del presupuesto de la entidad hospitalaria, sin embargo, no se descarta a futuro investigaciones más detalladas que se utilicen para una mejor comprensión del estado real del hospital.

RECOMENDACIONES

- Teniendo como base la maqueta virtual que se presenta en la actual investigación, se recomienda utilizarla como una herramienta que detalla el estado actual del hospital, sistematizando los sistemas: eléctrico, hidrosanitario, estructural, etc. Punto de partida para realizar mejoras y reparaciones.
- De la evaluación estructural realizada al hospital se recomienda realizar un análisis dinámico no lineal debido al estado del mismo. Con esto se puede identificar y predecir el nivel de daño en áreas que pueden estar más propensas al colapso o al fallo, y permita se generen propuestas de mitigación y reforzamiento con el objetivo de la funcionalidad continua de la entidad hospitalaria.
- Se recomienda complementar con estudios de recopilación de información a detalle de cimentaciones, agua potable, elementos estructurales e instalaciones eléctricas, para así comprender mejor el estado del hospital en evaluaciones posteriores.
- En ampliaciones futuras que se hagan al hospital se debe de contratar consultoría y supervisión profesional para asegurar el correcto dimensionamiento de elementos estructurales y un adecuado proceso constructivo.
- Se necesita un análisis costo beneficio de la mitigación y reforzamiento del hospital. La cantidad de recursos, que se debe asignar a la intervención estructural del hospital, tiene que ser justificada y comparada con el costo de una nueva edificación.

BIBLIOGRAFÍA

- Astorga, A. &. (2014). *Definición de términos básicos*. Recuperado el Noviembre 24, 2016, de Eduriesgo Chacao:
http://www.chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad_archivos/01_definicion_de_t_erminos_basicos.pdf
- Castellanos, V. (2010). *Sistema de gestión de hospitales seguros frente a desastres*.
Obtenido de Fundación MAPFRE:
https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1077152
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). *Resultados de censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador*. Recuperado el Noviembre 24, 2016, de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec//resultados/>
- LLanes, C. (2013). *Hospitales seguros frente a desastres: Evaluación de las Amenazas*. La Habana : OPS .
- NEC. (2014). *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*. Obtenido de Norma Ecuatoriana de la Construcción: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Nilson, A. (2008). *Diseño de estructuras de concreto*. Santafé de Bogotá: McGraw-hill Interamericana, S.A.
- OMS. (2008). *Hospitales Seguros Frente a Desastres* . Obtenido de Hospitals Safe From Disasters : <http://safehospitals.info/images/stories/1WhySafeHosp/wdrc-2008-2009-information-kit.pdf>
- OPS. (2008). *Guía Del Evaluador de Hospitales Seguros*. Obtenido de Institutional Repository for Information Sharing:
<http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/6250/SafeHosEvaluatorGuideSpa.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

OPS. (Julio de 2014). *Desastres Preparativos y Mitigacion En Las Americas*. Obtenido de Organizacion Panamericana de la salud:
http://www.paho.org/disasters/newsletter/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=72&lang=es

Ordoñez, F. (2016). *Estudio geotecnico para la evaluacion de la edificacion donde funciona el hospital del Cantón Girón*.

Proteccion Civil Guanajuato . (2015). *Atlas de Riesgos*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2016, de Secretaría de Seguridad Pública de Estado :
<http://proteccioncivil.guanajuato.gob.mx/atlas.php>