



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

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

**Evaluación estructural de la entidad hospitalaria “Hospital
San Sebastián” del Cantón Sígig – 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 ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Autor:

CARLOS SANTIAGO BERMEO VANEGAS

Director:

JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ CALERO

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres quienes siempre han confiado en mí y han puesto su esfuerzo y esperanza en que sea una persona de bien y alcance las metas que me he propuesto; sin duda son mi gran ejemplo a seguir.

Carlos Santiago Bermeo Vanegas

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza y las ganas para culminar esta etapa de mi vida.

A mi familia, por sus consejos y su apoyo incondicional.

Al personal del Hospital San Sebastián, quienes siempre prestaron la colaboración necesaria para la realización de este trabajo.

Así mismo quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor de tesis Ing. José Fernando Vázquez Calero, quien con su sabiduría y su paciencia me supo guiar de manera correcta en este último paso de mi vida universitaria.

Carlos Santiago Bermeo Vanegas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
 INTRODUCCION	 1
 CAPÍTULO 1 - INFORMACIÓN PRELIMINAR.....	 3
1.1 Ubicación geográfica	3
1.2 Antecedentes	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos:	4
1.4 Metodología	5
1.5 Problemática	6
1.6 Marco teórico	6
 CAPÍTULO 2 - LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	 9
2.1 Información arquitectónica y de ingeniería	9
2.1.1 Elementos estructurales	9
2.1.2 Líneas vitales	10
2.2 Determinación del nivel de aplicación del índice de seguridad hospitalaria en las áreas estructural y parte de las no estructurales	12
2.2.1 Aplicación de los formularios de evaluación para la determinación del Índice de seguridad hospitalaria	13

2.2.1.1	Resultados de la aplicación de la metodología Índice de seguridad hospitalaria.....	38
2.2.2	Determinación de amenazas.....	40
2.2.2.1	Amenazas generales	41
2.2.2.2	Amenazas específicas.....	45
2.2.3	Mapas de amenazas generales y específicas	47
2.2.4	Evaluación de miembros estructurales.....	55
2.2.4.1	Ensayo esclerométrico (Martillo de rebote).....	55
2.2.4.2	Ensayo con ultrasonido	65
2.2.4.3	Detector de armaduras de hormigón armado	66
2.2.5	Evaluación de miembros no estructurales.....	70
2.2.5.1	Líneas vitales.....	71
2.2.5.2	Detalles arquitectónicos	75
2.2.5.3	Área de almacenaje de gases y combustible	78
2.2.6	Determinación de las características del suelo.....	79
CAPÍTULO 3 – MODELACIÓN Y AGRUPACIÓN DE CARGAS.....		84
3.1	Cargas gravitacionales.....	84
3.1.1	Cargas vivas de uso	84
3.1.2	Cargas permanentes	84
3.2	Cargas accidentales	85
CAPÍTULO 4 – MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA.....		87
4.1	Idealización del modelo de estructura hospitalaria	87
4.1.1	Maqueta virtual en 3D.....	87
4.2	Generación y modelación dinámica estructural de la entidad hospitalaria en software especializado.....	90
4.2.1	Diseño por capacidad	93
4.2.2	Estado límites últimos (E.L.U)	93
4.2.3	Estados límites de servicio (E.L.S)	94
4.3	Comprobación del diseño de los miembros estructurales	94

4.3.1	Columnas	95
4.3.2	Vigas de cimentación	96
4.3.3	Vigas superiores	97
4.3.4	Diseño por capacidad	99
4.3.5	Cortante basal.....	100
CAPÍTULO 5 – INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		103
5.1	Depuración e interpretación de los resultados obtenidos de la modelación 103	
5.2	Generación de gráficos explicativos de la comparación	119
5.3	Análisis de resultados y elaboración de propuestas de mitigación.....	126
CONCLUSIONES.....		128
RECOMENDACIONES.....		129
BIBLIOGRAFÍA.....		130

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Área urbana Sígsig.....	3
Figura 2.1: Distribución física.....	14
Figura 2.2: Resultado del aspecto relacionado con la seguridad estructural.....	38
Figura 2.3: Resultado del aspecto relacionado con la seguridad no-estructural	39
Figura 2.4: Resultado del aspecto relacionado con la seguridad en base a la capacidad funcional.....	39
Figura 2.5: Índice de seguridad hospitalaria	40
Figura 2.6: Cuadro de Zonas y peligro sísmico	42
Figura 2.7: Nivel de amenaza por deslizamiento	44
Figura 2.8: Desnivel existente.....	46
Figura 2.9: Vista de la Av. John F. Kennedy al 27/01/2016.....	47
Figura 2.10: Martillo esclerométrico.....	56
Figura 2.11: Curvas de retroceso	57
Figura 2.12: Ensayo esclerométrico en viga	58
Figura 2.13: Ultrasonido	66
Figura 2.14: Detector de armaduras de hormigón armado.....	67
Figura 2.15: Ensayo con scanner en viga.....	68
Figura 2.16: Nomenclatura en vigas	69
Figura 2.17: Nomenclatura en columnas	70
Figura 2.18: Tuberías de distribución de agua potable	71
Figura 2.19: Bombas de agua.....	72
Figura 2.20: Calderos	73
Figura 2.21: Gabinetes contra incendios.....	74
Figura 2.22: Generador eléctrico de emergencia	74
Figura 2.23: Área de gases medicinales	75
Figura 2.24: Acumulación de agua lluvia sobre la losa de cubierta	76
Figura 2.25: Fisuras en pared y losa de cubierta.....	76
Figura 2.26: Bajante de agua lluvia al interior de capilla	77
Figura 2.27: Canales de recolección de agua lluvia al interior de la sala de espera ..	78
Figura 2.28: Área de almacenaje de gases	79
Figura 2.29: Método de la cuchara de Casagrande	81
Figura 3.1: Mapa de peligrosidad sísmica en el Ecuador.....	86

Figura 4.1: Maqueta virtual Hospital San Sebastián.....	88
Figura 4.2: Distribución de componentes estructurales y líneas vitales	88
Figura 4.3: Distribución arquitectónica.....	89
Figura 4.4: Normas a emplearse.....	90
Figura 4.5: Datos generales.....	91
Figura 4.6: Capacidad portante del suelo	91
Figura 4.7: Normativa para el cálculo de la acción sísmica.....	92
Figura 4.8: Estructura completa	93
Figura 4.9: Secciones y distribución de acero en columnas.....	95
Figura 4.10: Sección y distribución de acero en viga de cimentación tipo.....	96
Figura 4.11: Corte viga de cimentación tipo	96
Figura 4.12: Sección y distribución de acero en viga superior tipo	98
Figura 4.13: Corte viga superior tipo	98
Figura 4.14: Representación de los momentos nominales a flexión.....	100
Figura 5.1: Armadura longitudinal.....	119
Figura 5.2: Armadura transversal (estribos).....	120
Figura 5.3: Armadura máxima y mínima	120
Figura 5.4: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)	120
Figura 5.5: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)	121
Figura 5.6: Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (combinaciones no sísmicas).....	121
Figura 5.7: Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (combinaciones no sísmicas).....	122
Figura 5.8: Criterios de diseño por sismo (geometría).....	122
Figura 5.9: Criterios de diseño por sismo (armado longitudinal)	122
Figura 5.10: Criterios de diseño por sismo (Armado transversal)	123
Figura 5.11: Criterios de diseño por sismo (Elementos en flexocompresión)	123
Figura 5.12: Criterios de diseño por sismo (Cuantía máxima del refuerzo longitudinal)	123
Figura 5.13: Criterios de diseño por sismo (Confinamiento).....	124
Figura 5.14: Resistencia mínima a la flexión.....	124
Figura 5.15: Cortante de diseño para columnas	124

Figura 5.16: Diseño del refuerzo principal en columnas	125
Figura 5.17: Resistencia a cortante de elementos a flexocompresión.....	125
Figura 5.18: Cortante basal dinámico	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Resultado de ensayo N° 1	59
Tabla 2.2: Resultado de ensayo N°2	60
Tabla 2.3: Resultado de ensayo N°3	61
Tabla 2.4: Resultado de ensayo N°4	62
Tabla 2.5: Resultado de ensayo N°5	63
Tabla 2.6: Resultado de ensayo N°6	64
Tabla 2.7: Resumen de resistencias obtenidas	65
Tabla 2.8: Resultado ensayo en vigas	69
Tabla 2.9: Ensayo en columnas.....	70
Tabla 2.10: Resultado de la clasificación de suelos	82
Tabla 2.11: Resultados del ensayo de compresión simple.....	82
Tabla 2.12: Perfil estratigráfico.....	83
Tabla 4.1: Comprobaciones de columnas tipo	95
Tabla 4.2: Comprobaciones de resistencia.....	97
Tabla 4.3: Comprobaciones de fisuración viga de cimentación	97
Tabla 4.4: Comprobaciones de resistencia.....	98
Tabla 4.5: Comprobaciones de fisuración vigas superiores.....	99
Tabla 4.6: Comprobaciones de flecha en viga tipo	99
Tabla 4.7: Diseño por capacidad.....	100
Tabla 4.8: Análisis del cortante basal dinámico en la dirección X	101
Tabla 4.9: Análisis del cortante basal dinámico en la dirección Y	101
Tabla 4.10: Desplome local máximo de los pilares	102
Tabla 5.1: Comprobaciones en columnas	104
Tabla 5.2: Condición de cortante basal mínimo	119

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Plano de distribución de agua potable.

Anexo 2: Plano de red de incendios.

Anexo 3: Plano de red de aguas servidas.

Anexo 4: Ortofotografía.

Anexo 5: Hoja de cálculo del modelo matemático del Índice de seguridad hospitalaria.

Anexo 6: Mapa de amenaza sísmica en el Ecuador.

Anexo 7: Mapa de amenaza sísmica por Cantón en el Ecuador.

Anexo 8: Mapa de amenaza volcánica por Cantón en el Ecuador.

Anexo 9: Mapa del nivel de amenaza por deslizamiento.

Anexo 10: Memoria fotográfica.

Anexo 11: Estudio de suelos.

Anexo 12: Maqueta virtual “Hospital San Sebastián”.

Anexo 13: Planos estructurales.

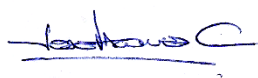
Anexo 14: Justificación de la acción sísmica.

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA ENTIDAD HOSPITALARIA
“HOSPITAL SAN SEBASTIÁN” DEL CANTÓN SÍGSIG – PROCINCIA DEL
AZUAY, PARA CUANTIFICAR LAS AMENAZAS Y LA
VULNERABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN HOSPITALARIA**

RESUMEN

El trabajo de investigación da cuenta de la evaluación de la estructura en el la Entidad Hospitalaria “Hospital San Sebastián” del Cantón Sígsig, enmarcado en el proyecto de investigación científica “Implementación de una estrategia de Hospitales Seguros Frente a Desastres”; se recopiló información esencial como la geotecnia, la distribución arquitectónica, las amenazas externas y el estado actual de la estructura, realizando la evaluación de la misma y generando una modelación digital de acuerdo a la normativa actual. Finalmente se formuló una propuesta de mitigación y/o reforzamiento de la estructura para aumentar su nivel de seguridad frente a desastres.

Palabras clave: Evaluación, hospital, amenazas, vulnerabilidad, modelación, mitigación.



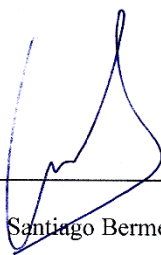
José Fernando Vázquez Calero

Director del Trabajo de Titulación



Paúl Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela



Carlos Santiago Bermeo Vanegas

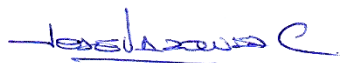
Autor

**STRUCTURAL EVALUATION OF SAN SEBASTIAN HOSPITAL, SIGSIG
CANTON - PROVINCE OF AZUAY IN ORDER TO QUANTIFY THREATS
AND VULNERABILITY OF THE HOSPITAL BUILDING**

ABSTRACT

The research work presents the structural evaluation of *San Sebastián* Hospital building located in *Sígsig* Canton, which is part of the scientific research project entitled "*Implementación de una estrategia de Hospitales Seguros Frente a Desastres*" (Implementation of Hospitals Safe from Disasters). Essential geotechnical data as well as information about architectural distribution, external threats and the structure current state were compiled, carrying out the evaluation of the structure and generating a digital modeling according to current regulations. Finally, a proposal for mitigation and / or reinforcement of the structure to increase its security level against disasters was presented.

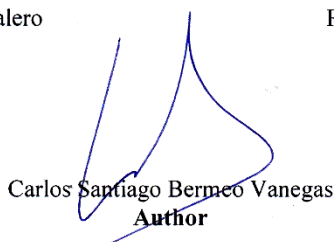
Keywords: Evaluation, Hospital, Threats, Vulnerability, Modeling, Mitigation.



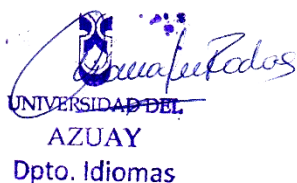
José Fernando Vázquez Calero
Thesis Director



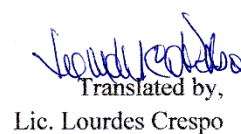
Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director



Carlos Santiago Bermeo Vanegas
Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Carlos Santiago Bermeo Vanegas

Trabajo de Titulación

Ing. José Fernando Vázquez Calero, M.Sc.

Febrero, 2017

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA ENTIDAD HOSPITALARIA
“HOSPITAL SAN SEBASTIÁN” DEL CANTÓN SÍGSIG – PROVINCIA DEL
AZUAY, PARA CUANTIFICAR LAS AMENAZAS Y LA
VULNERABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN HOSPITALARIA.**

INTRODUCCIÓN

El trabajo que se presenta a continuación se enmarca dentro de la línea de investigación aprobada por la Universidad del Azuay denominada Vulnerabilidad estructural y de acuerdo al programa de investigación científica “Hospitales seguros frente a desastres”.

Los hospitales son entidades que prestan diferentes servicios médicos a la comunidad y ayudan al normal desarrollo de la sociedad en situaciones de funcionamiento regular y de emergencia, razón por la cual sus estructuras físicas e instalaciones deben mantenerse siempre en buen estado proporcionando seguridad y comodidad a sus ocupantes.

En el año 2005, luego de haberse conmemorado diez años del terremoto en la ciudad de Kobe en Japón, la Organización Panamericana de la Salud se planteó que era imprescindible la implementación de estrategias de hospitales seguros frente a desastres, de ahí surgió la metodología ISH¹, que contempla la evaluación de las estructuras hospitalarias existentes por equipos multidisciplinarios para contar con una valoración estimada de la seguridad del establecimiento que ha sido evaluado. (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008)

¹ Índice de Seguridad Hospitalaria.

El Hospital San Sebastián atiende los 7 días de la semana, aproximadamente 2000 pacientes al mes, es por esto que su evaluación estructural y de las potenciales amenazas es de carácter importante, ya que al ser la principal casa de salud del cantón Sígsig debe estar siempre presta a recibir a los usuarios que requieran de atención médica urgente en caso de presentarse un desastre de consideración.

CAPÍTULO 1

INFORMACIÓN PRELIMINAR

1.1 Ubicación geográfica

El cantón Sígsig se encuentra ubicado al sureste de la Provincia del Azuay, posee una altitud media de 2500 m.s.n.m y está formado por seis parroquias rurales y una parroquia urbana que lleva el mismo nombre, se encuentra asentado sobre elevaciones que poseen grandes pendientes y rodeado por numerosos cuerpos de agua como ríos y lagunas.

El hospital San Sebastián se encuentra ubicado en la zona baja del área urbana, precisamente en la Av. John F. Kennedy entre Sor Carmelina Arias y Regina Maldonado, con coordenadas geográficas 3°03'02.07"S 78°47'50.25"O y una elevación de 2459 m.s.n.m.

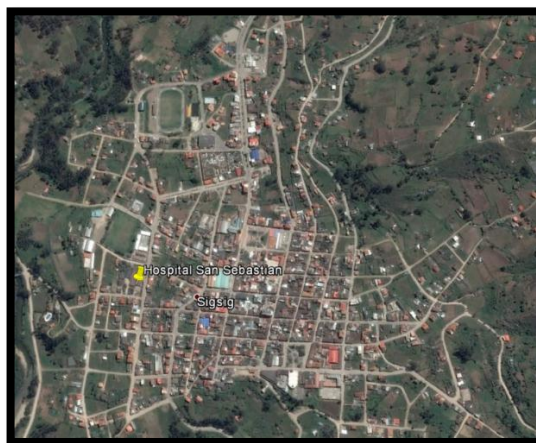


Figura 1.1: Área urbana Sígsig

Fuente: (Google Earth, 2016)

1.2 Antecedentes

El 20 de enero de 1947, en Asamblea general, los habitantes de Sígsig se reúnen para definir la construcción del Hospital San Sebastián, nombrado así en honor al patrono del lugar, se define una junta administrativa y se procede a elegir el lugar en el cual será edificado, siendo escogido el sector a orillas del río Santa Bárbara y Alcacay en terrenos donados por dos habitantes del sector.

Los trabajos inician gracias a las donaciones económicas de habitantes del cantón y la formación de diversas comisiones para la realización de los trabajos en base a planos arquitectónicos elaborados por un estudiante de arquitectura del cantón, los materiales fueron donados por los habitantes en las diferentes jornadas y mingas realizadas a lo largo del proceso de construcción entrando en servicio el 17 de septiembre de 1957.

En el año de 1976 se celebra un nuevo contrato para la construcción del nuevo edificio del hospital, el mismo que entra en funcionamiento en el año de 1980 ubicándose en la Av. Kennedy junto al Colegio Técnico Sígsg, lugar que es utilizado hasta la actualidad y que se encuentra bajo administración estatal ya que forma parte del Ministerio de Salud Pública. (Quizhpe & varios, 2011)

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar los elementos estructurales y parte de los no estructurales de la entidad hospitalaria “Hospital San Sebastián” del Cantón Sígsg – Provincia del Azuay, cuantificando las amenazas y la vulnerabilidad de la edificación.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Identificar las amenazas en el entorno de la edificación hospitalaria, utilizando encuestas y mapas de riesgo existentes.
- Realizar un análisis de suelos que permita determinar las características geológicas del suelo de cimentación.
- Evaluar los elementos estructurales y parte de los no estructurales del hospital, utilizando fichas de evaluación.
- Diseñar una maqueta virtual utilizando software BIM.²
- Agrupar y modelar las cargas que especifica la norma NEC-SE-2014 utilizando un software especializado y comparar con el modelo estructural existente.
- Cuantificar la vulnerabilidad y el riesgo de la edificación basándose en los resultados obtenidos.
- Proponer medidas de mitigación y reforzamiento.

² Building Information Modeling.

1.4 Metodología

Recopilar información sobre el establecimiento hospitalario existente y su estructura, accediendo a los planos base con el fin de conocer a detalle la distribución arquitectónica y la de los miembros estructurales y parte de los no estructurales a ser evaluados, para facilitar su identificación y realizar la maqueta virtual utilizando software BIM.

Realizar un ensayo de penetración estándar SPT³, que consiste en extraer una muestra de suelo a una profundidad de entre 5 y 6 metros para su posterior análisis en un laboratorio de suelos y así obtener ciertas propiedades mecánicas del suelo tales como: su capacidad admisible, el tipo y su clasificación para la realización de una columna estratigráfica.

Identificar las amenazas al entorno de la edificación hospitalaria, con el apoyo de mapas de riesgo de la DNR⁴, sistemas de información geográfica y entrevistas a funcionarios de la entidad con varios años de servicio.

Evidenciar el estado actual de la estructura en general mediante inspecciones visuales y la creación de registros fotográficos que permitan identificar las zonas que requieran de especial atención al momento de la evaluación.

Evaluar los miembros estructurales y algunos no estructurales mediante fichas de evaluación basadas en la metodología para la obtención del ISH y ensayos no destructivos a ser realizados con la ayuda de los siguientes equipos: esclerómetro, scanner, ultrasonido, dron con cámara de alta definición.

Con los datos obtenidos en las fases previas, se procederá a realizar la modelación en software especializado y la agrupación de cargas basándose en la normativa vigente para el país, que permitirá determinar si la estructura actual cumple con las solicitaciones de cargas de dicha normativa.

³ Estándar Penetration Test.

⁴ Dirección nacional de riesgo.

Finalmente se realizará una propuesta de mitigación ante las amenazas externas identificadas y de ser necesario también se formulará una propuesta de reforzamiento para la estructura debidamente justificada en base a la modelación y la evaluación de la estructura.

1.5 Problemática

Debido a que en el país rige una nueva normativa de construcción denominada NEC⁵, la evaluación de las estructuras con varios años de servicio toma fuerza con el fin de precautelar la seguridad de sus ocupantes.

Los hospitales están considerados dentro del grupo de edificaciones esenciales y/o peligrosas según la NEC, motivo por el cual su estructura debe permanecer prestando seguridad para el desarrollo de las actividades de salud luego de haberse presentado situaciones de emergencia.

1.6 Marco teórico

Es de suma importancia poseer una infraestructura hospitalaria en completa operación luego de un desastre de consideración para que las actividades médicas que se brindan den respuesta de manera efectiva a aquellas personas que se hayan visto afectadas y que su vida esté en peligro, es por esto que los entes administrativos de los hospitales deben realizar ciertos estudios para el análisis de la vulnerabilidad integral de sus edificaciones, comprendiendo evaluaciones a sus componentes estructurales, no estructurales y administrativo-organizacional, con el fin de determinar el grado de vulnerabilidad al cual está expuesta su estructura.

La vulnerabilidad es el grado de predisposición o susceptibilidad que se obtiene debido a la presencia de una amenaza, reflejando los puntos débiles que posee la estructura hospitalaria poniendo en riesgo la seguridad de sus ocupantes y el normal desarrollo de sus actividades, en consecuencia se tomarán los correctivos pertinentes para disminuir dicha vulnerabilidad haciendo a la edificación más segura ante la presencia de amenazas. (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008)

⁵ Norma ecuatoriana de construcción.

La amenaza es la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, este puede ser de origen natural o debido a actividad humana, siendo de importancia el detectar las potenciales amenazas a las que esté expuesta la estructura hospitalaria para una correcta aplicación en la determinación del grado de vulnerabilidad que posee dicha estructura. (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008)

En América Latina y El Caribe, el 67% de hospitales están ubicados en zonas de riesgo de desastres, lo cual ante un eventual desastre, un hospital que se vea afectado por este y que salga de operación deja sin atención médica a un promedio de 200.000 personas, por lo que disminuye de manera considerable la posibilidad de salvar vidas.

Es por esto que el Consejo Directivo de la Organización Panamericana de la Salud en el año 2004 insta a sus estados miembros a adoptar políticas de hospitales seguros frente a desastres con el énfasis en la reducción de riesgos, aplicando medidas sencillas apoyadas en normas de construcción. (Centro de Conocimiento en Salud Pública y Desastres, s.f.)

En el año 2008 la Organización Panamericana de la Salud publica una herramienta para la evaluación de los hospitales en campos multidisciplinarios, con el fin de obtener resultados sobre la probabilidad de que la estructura de un hospital y su campo organizacional continúe en funcionamiento luego de presentarse un desastre, a esta metodología la denominó “Índice de Seguridad Hospitalaria”, que consiste en realizar estudios de vulnerabilidad los cuales incluyen el estudio de las amenazas del interior y exterior, la evaluación de los componentes estructurales y no estructurales de la edificación y en el aspecto organizativo-funcional.

Con base en los formularios de evaluación incluidos dentro de la publicación de la Organización Panamericana de la Salud para determinar el Índice de Seguridad Hospitalaria, se evalúan 145 aspectos o elementos del establecimiento de salud, a estos aspectos una comisión designada para la calificación asigna un valor numérico de acuerdo a su importancia y con esto se obtiene el Índice de Seguridad Hospitalaria, mismo que ubica a las entidades hospitalarias en una de las tres categorías, determinando de esta manera si el establecimiento necesita de intervención urgente:

- Categoría A, índice de seguridad (0.66 – 1): en esta categoría se ubica a los hospitales que protegen la vida de sus ocupantes y poseen una alta probabilidad de que continúen funcionando luego de una situación de desastre.
- Categoría B, índice de seguridad (0.36 – 0.65): se asignan a esta categoría los establecimientos que pueden permanecer en pie luego de una situación de desastre, pero su equipamiento y servicios están en riesgo.
- Categoría C, índice de seguridad (0 – 0.35): comprende los establecimientos que ponen en peligro la vida y la seguridad de sus ocupantes y que probablemente dejen de funcionar ante una situación de desastre.

Esta metodología de evaluación ya ha sido utilizada en hospitales de varios países de América como: Bolivia, Ecuador y Perú, en los que según las conclusiones evidencian que los elementos no estructurales (elementos arquitectónicos, instalaciones básicas y equipos), son los que presentan mayores vulnerabilidades.

Este índice no reemplaza al estudio exhaustivo de la vulnerabilidad, sino que da una idea rápida a las autoridades de los elementos que necesitan de intervención urgente con el fin de mejorar la seguridad en los establecimientos de salud. (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008)

CAPÍTULO 2

LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

2.1 Información arquitectónica y de ingeniería

Para la determinación de esta información ha sido necesario recurrir a los planos arquitectónicos, estructurales y de las diferentes líneas vitales que están disponibles y que reflejan la realidad de lo ejecutado, además de un recorrido por las instalaciones con el personal de mantenimiento quienes conocen sobre la configuración estructural y el funcionamiento de los diferentes servicios vitales instalados en el hospital, ya que al ser una edificación con más de 30 años a de construcción ha sufrido ciertas modificaciones debido a la ampliaciones menores.

2.1.1 Elementos estructurales

Cimentación.- La cimentación de la estructura es de tipo viga, asentada sobre un replantillo de piedra, está conformada en su totalidad de hormigón armado y con una sección transversal de 60 x 35 centímetros, con diferentes configuraciones en la armadura de acero con diámetros de 8 milímetros utilizados tanto en los estribos como para el refuerzo longitudinal y 12 milímetros para el refuerzo longitudinal.

Columnas.- Las columnas están construidas en hormigón armado con una altura de 3.05 metros, dependiendo de su ubicación en la estructura sus secciones transversales son 30 x 17 centímetros, 20 x 17 centímetros y 45 x 17 centímetros, con diámetros de acero de 8 milímetros utilizados para los estribos y para el refuerzo longitudinal diámetros de 12 y 14 milímetros.

Vigas y cadenas superiores.- Estas se encuentran asentadas sobre las columnas, poseen una sección de 35 x 17 centímetros, y están fabricadas de hormigón armado, con diámetros de acero de 8 milímetros en los estribos y para el refuerzo longitudinal se han utilizado diámetros de 14 y 16 milímetros.

Paredes.- Tanto las paredes utilizadas para dividir los ambientes interiores y las paredes perimetrales de la estructura están formadas en su totalidad por bloques de ladrillo macizo, en el interior a 1/3 y 2/3 de su altura se ha colocado 2 varillas de

diámetro 6 milímetros en disposición longitudinal, estos bloques de ladrillo han sido enlucidos y recubiertos con pintura lavable y antimicrobiana, además en el área de quirófanos, sala de recuperación, neonatología, pasillos de circulación y cocina las paredes están recubiertas de baldosa lavable.

Estructura de cubierta.- La estructura de cubierta está construida de acero galvanizado utilizando medio perfil en disposición longitudinal tipo IPE 160 para el cordón superior e inferior y con diagonales y montantes tipo ángulo AL 30 x 3 milímetros, unidos mediante placas de anclaje con pernos tipo M14 x 40 y arandelas planas de diámetro 15 milímetros, además cuenta con correas metálicas tipo G con medidas 100 x 50 x 3 milímetros para fijar los ganchos de platino para anclaje de la cubierta, la estructura de cubierta se encuentra asentada sobre las vigas superiores.

Cubierta.- La cubierta en su mayoría de superficie está hecha con planchas de fibrocemento 110 TIPO 7, c que cuenta con longitudes de 110 milímetros de ancho y 240 milímetros de largo, traslapados 14 centímetros en disposición longitudinal y 5 centímetros en disposición lateral, en ciertas áreas de la cubierta se han colocado planchas translúcidas de policarbonato con el fin de permitir el ingreso de luz natural hacia el interior.

2.1.2 Líneas vitales

Aprovisionamiento de agua potable.- La provisión de agua potable para uso del hospital se realiza mediante una cisterna de 20 m³ y un sistema de bombeo con bombas hidroneumáticas, ya que la dotación de agua que proporciona la red pública no abaste la demanda diaria para los diferentes usos en el hospital, además se cuenta con calderos para dotar de agua caliente, misma que se encuentra a temperaturas de 40° y 80° centígrados.

La distribución para los diferentes sectores del hospital como baños, duchas, lavabos y lavandería se realiza principalmente por tuberías y válvulas de hierro galvanizado y tuberías de PVC con diámetros entre 1 pulgada y 2 pulgadas con derivaciones hacia diámetros convencionales como son los de ½ pulgada y ¾ de pulgada.

Existen 3 redes de tuberías las cuales se encuentran accesibles para efectos de mantenimiento, estas se distribuyen por la parte alta en el espacio que forman la estructura de cubierta y la loseta de hormigón utilizada como cielo raso:

- Distribución de agua fría.
- Distribución de agua caliente a 40° C.
- Distribución de agua caliente a 80° C (Anexo 1)

Red de incendios.- La red de incendios instalada en el hospital posee 3 gabinetes contra incendios que poseen una salida para manguera y extintores, ubicados de la siguiente manera:

- 2 en el área de consulta externa
- 1 en el área de hospitalización

Las tuberías de distribución se ubican en la parte alta, al igual que las tuberías de conducción de agua fría y agua caliente, con diámetros de 2 pulgadas y de 1 ½ de pulgada. (Anexo 2)

Red de aguas servidas.- Esta red se encuentra ubicada en la periferia de los 3 bloques hospitalarios, recolecta las aguas servidas de las diferentes descargas de lavabos, baños, duchas y lavandería, consta de una red de pozos de revisión interconectados con tuberías de hormigón y PVC con diámetros entre los 110 milímetros y 200 milímetros, la descarga total se la realiza de manera directa al sistema de alcantarillado público sin ofrecer un tratamiento previo. (Anexo 3)

Red de distribución de oxígeno.- La provisión de oxígeno se realiza mediante tanques con capacidad de 3500 litros los cuales están ubicados en la parte trasera del bloque de hospitalización, como protección contra la intemperie están cubiertos únicamente con una cerca metálica y planchas de fibra de vidrio.

La distribución de oxígeno se realiza mediante tuberías y válvulas con diámetro de ½ pulgada, con derivaciones de tuberías de cobre con diámetros diversos y menores a la red principal en los puntos de salida en quirófanos, habitaciones y en la sala de emergencia.

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

Para realizar la aplicación del índice de seguridad hospitalaria según la Guía para el evaluador de hospitales seguros y los Formularios para la aplicación del índice de seguridad hospitalaria, ambas publicaciones de la Organización Panamericana de la Salud, es necesario determinar las amenazas a las que está expuesta la estructura hospitalaria, tanto generales como amenazas específicas.

Además es necesario realizar la evaluación de los componentes estructurales al igual que de una parte de elementos no estructurales para crear una descripción apegada a la realidad de la situación dentro de estos campos con el fin de proporcionar información del estado actual de los mismos y tomar los correctivos pertinentes.

2.2.1 Aplicación de los formularios de evaluación para la determinación del Índice de seguridad hospitalaria.

FORMULARIO 1

INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO DE SALUD

- 1) **Nombre del Establecimiento:** Hospital San Sebastián de Sígsg
- 2) **Dirección:** Av. Kennedy y Vía al puente de Belén
- 3) **Teléfonos (incluya el código de la ciudad):** 072266-115, 072266-617
- 4) **Página web y dirección electrónica:**
hospital.sansebastian@saludzona6.gob.ec
- 5) **Número total de camas:** 18
- 6) **Índice de ocupación de camas en situaciones normales:** Medicina (8); Cirugía (2); Pediatría (5); Gineco-obstetricia (3).
- 7) **Descripción de la institución:** El hospital San Sebastián es un hospital básico según tipología establecida por el Ministerio de Salud Pública. Es un hospital de referencia de las 9 unidades de salud del primer nivel pertenecientes a la Dirección Distrital 01D08-SÍGSIG-SALUD. Dentro de su cartera de servicios presta atención especializada en cirugía, ginecología y obstetricia, medicina interna y pediatría. Según población programática para el 2016 se tendría una cobertura para 29259 habitantes, cuenta con servicio de emergencias y hospitalización 24 horas y consulta externa 7 días a la semana en horarios 8:00 – 13:00 y 14:00 – 17:00.
- 8) **Distribución física:** La entidad hospitalaria se encuentra conformada principalmente por 3 bloques: Bloque No. 1 se encuentran las áreas de lavandería, nutrición (cocina), generador eléctrico, transformador de energía, almacenamiento de gases y cisterna de agua. Bloque No. 2 quirófanos, salas de emergencia y hospitalización. Bloque No. 3 laboratorio, sala de rayos X, consulta externa y oficinas administrativas; al entorno de estos bloques existen pequeñas edificaciones utilizadas como oficinas del departamento de labor social y bodegas del departamento de mantenimiento.

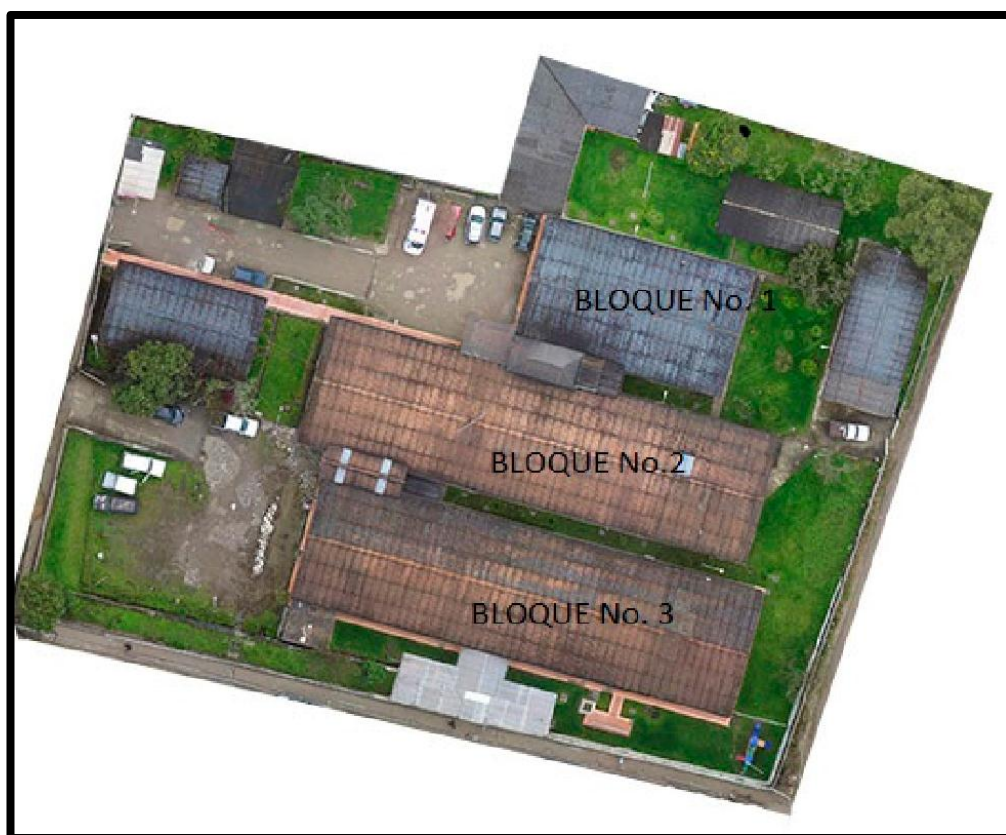


Figura 2.1: Distribución física

Fuente: Ortofotografía Hospital San Sebastián (Anexo 4)

9) Capacidad hospitalaria

a) Medicina interna

Departamento o servicio	Número de camas	Capacidad adicional	Observaciones
Medicina general	8	2	
Pediatría	5	2	
Cardiología			
Neumología			
Neurología			
Endocrinología			
Hematología			
Gastroenterología			
Dermatología			
Med. física y rehabilitación			
Psiquiatría			
Total	13	4	

b) Cirugía

Departamento o servicio	Número de camas	Capacidad adicional	Observaciones
Cirugía general	2	2	
Obstetricia y ginecología	3	2	
Ortopedia y traumatología			
Urología			
Otorrinolaringología			
Oftalmología			
Neurocirugía			
Cirugía plástica			
Cirugía cardiovascular			
Otros, especifique			
Total	5	4	

c) Unidad de cuidados intensivos (UCI)

Departamento o servicio	Número de camas	Capacidad adicional	Observaciones
Cuidados intensivos general			
Cuidados intermedios general			
UCI cardiovascular			
UCI pediátrica			
Otros, especifique			
Total	0	0	

d) Quirófanos

Tipo de quirófano	Número de quirófanos	Capacidad adicional	Observaciones
Cirugía séptica	1		El quirófano de cirugía aséptica y gineco-obstetricia es el mismo
Cirugía aséptica	1		
Cirugía pediátrica			
Cirugía gineco-obstétrica	1		
Cirugía de urgencias			
Otros, especifique			
Total	2		

FORMULARIO 2

LISTA DE VERIFICACIÓN DE HOSPITALES SEGUROS

1.1 Amenazas Consultar mapas de amenazas. Solicitar al comité hospitalario el o los mapas que especifiquen las amenazas sobre seguridad del inmueble.	Nivel de amenaza				OBSERVACIONES	
	No existe amenaza	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.						
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	X					

lluvias intensas con base en la historia de esos eventos.					
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.					
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	X				

encuentra expuesto el hospital frente a contaminación de sus sistemas.					
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) De acuerdo a la historia de la zona donde está ubicado el hospital, especifique y señale el nivel de amenaza por algún fenómeno sanitario ecológico no incluido.					

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) Especifique y señale el nivel de otra amenaza química o tecnológica en la zona donde se encuentra ubicado el hospital.					
1.2 Propiedades geotécnicas del suelo					
Licuefacción 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 especificar 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			OBSERVACIONES	
	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. B= Daños mayores; M= Daños moderados; A= Daños menores.					
2. ¿El hospital ha sido reparado o construido utilizando estándares actuales apropiados? Corroborar si el inmueble ha sido reparado, en qué fecha y si se realizó con base a la normatividad de establecimientos seguros. B= No se aplicaron los estándares; M=Estándares parcialmente aplicados; A=Estándares aplica- dos completamente.	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. B= Remodelaciones o adaptaciones mayores; M= Remodelaciones o adaptaciones moderadas; A= Remodelaciones o adaptaciones menores o no han sido necesarias.			X		
2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.	Grado de Seguridad			OBSERVACIONES	
	BAJO	MEDIO	ALTO		
4. Estado de la edificación. B= Deteriorada por meteorización o exposición al ambiente, grietas en primer nivel y elementos discontinuos de altura; M= Deteriorada sólo por meteorización o exposición al ambiente; A= Sana, no se observan deterioros ni grietas.			X		
5. Materiales de construcción de la estructura. B= Oxidada con escamas o grietas mayores de 3mm; M= Grietas entre 1 y 3 mm u óxido en forma de polvo; A= Grietas menores a 1mm y no hay óxido.			X		
6. Interacción de los elementos no estructurales con la estructura. 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.			X		

7. Proximidad de los edificios (martilleo, túnel de viento, incendios, etc.) B= Separación menor al 0.5% de la altura del edificio de menor altura; M= Separación entre 0.5 – 1.5% de la altura del edificio de menor altura; A= Separación mayor al 1.5% del edificio de menor altura.			X	
8. Redundancia estructural. 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.		X		
9. Detallamiento estructural incluyendo conexiones. 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.		X		
10. Seguridad de fundaciones o cimientos. 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.		X		
11. Irregularidades en planta (rigidez, masa y resistencia). 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.		X		
12. Irregularidades en elevación (rigidez, masa y resistencia). 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.			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. 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.		X		
3.1 Líneas vitales (instalaciones)	Grado de seguridad			OBSERVACIONES
	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. B = Sólo se enciende manualmente o cubre del 0 – 30% de la demanda; M = Se enciende	X			

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.				
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. B= > 3 meses; M= 1 – 3 meses; A=< 1 mes.		X		
16. ¿Está el generador adecuadamente protegido de fenómenos naturales? B= No; M= Parcialmente; A= Sí.			X	
17. Seguridad de las instalaciones, ductos y cables eléctricos. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.			X	
18. Sistema redundante al servicio local de suministro de energía eléctrica. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.		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. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.			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. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.			X	
21. Sistemas eléctricos externos, instalados dentro del perímetro del hospital. Verificar si existen subestaciones eléctrica o transformadores que proveen electricidad al hospital. B= No existen subestaciones eléctricas instaladas en el hospital; M= Existen subestaciones, pero no proveen suficiente energía al hospital; A= Subestación eléctrica instalada y provee suficiente energía al hospital.			X	

3.1.2 Sistema de telecomunicaciones				
22. Estado técnico de las antenas y soportes de las mismas. Verificar el estado de las antenas y de sus abrazaderas y soportes. B= Mal estado o no existen; M= Regular; A= Buen estado.	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. B= Mal estado o no existen; M= Regular; A= Bueno.			X	
24. Estado técnico del sistema de comunicación alterno. Verificar el estado de otros sistemas: radiocomunicación, teléfono satelital, Internet,			X	

etc. B= mal estado o no existe; M= Regular; A= Bueno.				
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. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.				
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. 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.			X	
27. Local con condiciones apropiadas para sistemas de telecomunicaciones. B= Malo o no existe; M= Regular; A= Bueno	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. B= mal o no existe; M= Regular; A= Bueno			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 B= Cubre la demanda de 24 horas o menos; M = Cubre la demanda de más de 24 horas pero menos de 72 horas; A= Garantizado para cubrir la demanda por 72 horas o más.			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. B= Si el espacio es susceptible de falla estructural o no estructural; M= Cuando la falla no representa posibilidad de colapso; A= Cuando tiene poca posibilidad de funcionar.	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. B= Si da menos de 30% de la demanda; M= Si suple valores de 30 a 80% de la demanda; A= Si suple más del 80% de la dotación diaria.			X	

32. Seguridad del sistema de distribución. Verificar el buen estado y funcionamiento del sistema de distribución, incluyendo la cisterna, válvula, tuberías y uniones. B= Si menos del 60% se encuentra en buenas condiciones de operación; M= entre 60 y 80 %; A= más del 80 %.		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. 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.			X	
3.1.4 Depósito de combustible (gas, gasolina o diésel):				
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. 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.	X			
35. Anclaje y buena protección de tanques y cilindros 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.	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. 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.	X			
37. Seguridad del sistema de distribución (válvulas; tuberías y uniones). B= Si menos del 60% se encuentra en operación; M=entre el 60 y 80%A=Más del 80%.		X		
3.1.5 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.)				
38. Almacenaje suficiente para 15 días como mínimo. B= Menos de 10 días; M= entre 10 y 15 días; A= Más de 15 días.		X		
39. Anclaje de tanques, cilindros y equipos complementarios B= No existen anclajes; M= Los anclajes no son	X			

de buen calibre; A= Los anclajes son de buen calibre.				
40. Fuentes alternas disponibles de gases medicinales. B= No existen fuentes alternas o están en mal estado; M= Existen, pero en regular estado; A= Existen y están en buen estado.	X			
41. Ubicación apropiada de los recintos. B= Los recintos no tienen accesos; M= los recintos tienen acceso, pero con riesgos A= Los recintos son accesibles y están libres de riesgos;		X		
42. Seguridad del sistema de distribución (válvulas; tuberías y uniones). B= Si menos del 60% se encuentra en buenas condiciones de operación; M= Entre 60 y 80 %; A= Más del 80 %.		X		
43. Protección de tanques y/o cilindros y equipos adicionales. B= No existen áreas exclusivas para tanques y equipos adicionales.; M= Áreas exclusivas para protección de tanques y equipos, pero el personal no está entrenado; A= Áreas exclusivas para este equipamiento y el personal está entrenado.	X			
44. Seguridad apropiada de los recintos. B= No existen áreas reservadas para almacenar gases; M= Áreas reservadas para almacenar gases, pero sin medidas de seguridad apropiadas; A= Se cuenta con áreas de almacenamiento adecuados y no tienen riesgos		X		
3.2 Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas	Grado de Seguridad			OBSERVACIONES
	BAJO	MEDIO	ALTO	
45. Soportes adecuados para los ductos y revisión del movimiento de los ductos y tuberías que atraviesan juntas de dilatación. B= No existen soportes y tienen juntas rígidas; M=Existen soportes o juntas flexibles; A= Existen soportes y las juntas son flexibles		X		
46. Condición de tuberías, uniones, y válvulas. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			X	
47. Condiciones de los anclajes de los equipos de calefacción y agua caliente. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			X	
48. Condiciones de los anclajes de los equipos de aire acondicionado. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			X	
49. Ubicación apropiada de los recintos. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			X	
50. Seguridad apropiada de los recintos. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.		X		
51. Funcionamiento de los equipos (Ej. Caldera, sistemas de aire acondicionado y extractores entre otros). B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			X	
3.3 Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil y almacenes (Incluye computadoras, impresoras, etc.)	Grado de Seguridad			OBSERVACIONES
	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. 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.	X			
53. Computadoras e impresoras con seguro. Verificar que las mesas para computadora estén aseguradas y con frenos de ruedas aplicados. B= Malo; M= Regular; A= Bueno o no necesita anclaje.			X	
54. Condición del mobiliario de oficina y otros equipos. Verificar en recorrido por oficinas el anclaje y/o fijación del mobiliario. B= Malo; M= Regular; A= Bueno o no necesita anclaje.			X	
3.4 Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento.	Grado de Seguridad			OBSERVACIONES
	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. 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.			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. 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.			X	
57. Condición y seguridad del equipo médico en laboratorios. 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.			X	
58. Condición y seguridad del equipo médico en el servicio de urgencias. 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.			X	
59. Condición y seguridad del equipo médico de la unidad de cuidados intensivos o intermedios. 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.			X	
60. Condición y seguridad del equipamiento y mobiliario de farmacia 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.			X	

61. Condición y seguridad del equipo de esterilización. 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.			X	
62. Condición y seguridad del equipo médico para cuidado del recién nacido. 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.			X	
63. Condición y seguridad del equipo médico para la atención de quemados. 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.			X	
64. Condición y seguridad del equipo médico para radioterapia o medicina nuclear. SI EL HOSPITAL NO CUENTA CON ESTOS SERVICIOS, DEJAR EN BLANCO. B= Cuando no existe o el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.				
65. Condición y seguridad del equipo médico en otros servicios. 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 de pérdida, A=Si menos del 10% de los equipos tiene riesgo de pérdida.			X	
66. Anclajes de la estantería y seguridad de contenidos médicos. 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 porque no requiere anclaje.		X		
3.5 Elementos arquitectónicos	Grado de seguridad			OBSERVACIONES
	BAJO	MEDIO	ALTO	
67. Condición y seguridad de puertas o entradas. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes, sistemas o funciones; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento de otros componentes; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.			X	
68. Condición y seguridad de ventanales. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes, sistemas o funciones; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento de otros componentes; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.			X	

69. Condición y seguridad de otros elementos de cierre (muros externos, fachada, etc.). 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.			X	
70. Condición y seguridad de techos y cubiertas. 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.		X		
71. Condición y seguridad de parapetos (pared o baranda que se pone para evitar caídas, en los puentes, escaleras, cubiertas, etc.) 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.			X	
72. Condición y seguridad de cercos y cierres perimétricos. 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.		X		
73. Condición y seguridad de otros elementos perimetrales (cornisas, ornamentos etc.). 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.		X		
74. Condición y seguridad de áreas de circulación externa. B= Los daños a la vía o los pasadizos impide el acceso al edificio o ponen en riesgo a los peatones; M= Los daños a la vía o los pasadizos no impiden el acceso al edificio a los peatones, pero sí el acceso vehicular; A= No existen daños o su daño es menor y no impide el acceso de peatones ni de vehículos.			X	
75. Condición y seguridad de áreas de circulación interna (pasadizos, elevadores, escaleras, salidas, etc.). B= Los daños a las rutas de circulación interna impiden la circulación dentro del edificio o ponen en riesgo a las personas; M= Los daños a la vía o los pasadizos no impiden la circulación de las personas, pero sí el acceso de camillas y otros; A= No existen daños o su daño es menor y no impide la circulación de personas ni de camillas y equipos rodantes.			X	

76. Condición y seguridad de particiones o divisiones internas. 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.			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. 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.			X	
78. Condición y seguridad del sistema de iluminación interna y externa. 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.			X	
79. Condición y seguridad del sistema de protección contra incendios. 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.		X		
80. Condición y seguridad de ascensores. SI NO EXISTEN ELEVADORES, DEJE LAS TRES CASILLAS EN BLANCO. 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.				

81. Condición y seguridad de escaleras. 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.		X		
82. Condición y seguridad de las cubiertas de los pisos. 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.		X		

83. Condición de las vías de acceso al hospital. 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.		X		
84. Otros elementos arquitectónicos incluyendo señales de seguridad. 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.		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 seguridad			OBSERVACIONES
	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. B= No existe comité; M= Existe el comité pero no es operativo; A= Existe y es operativo.		X		
86. El Comité está conformado por personal multidisciplinario. 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. B= 0-3; M=4-5; A= 6 o más			X	
87. Cada miembro tiene conocimiento de sus responsabilidades específicas. Verificar que cuenten con sus actividades por escrito dependiendo de su función específica: B= No asignadas; M= Asignadas oficialmente; A= Todos los miembros conocen y cumplen su responsabilidad.			X	
88. Espacio físico para el centro de operaciones de emergencia (COE) del hospital. Verificar la sala destinada para el comando operativo que cuente con todos los medios de comunicación (teléfono, fax, Internet, entre otros). B= No existe; M= Asignada oficialmente; A= Existe y es funcional.	X			

89. El COE está ubicado en un sitio protegido y seguro. Identificar la ubicación tomando en cuenta su accesibilidad, seguridad y protección. 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.	X			
90. El COE cuenta con sistema informático y computadoras. Verificar si cuenta con intranet e internet. B= No; M=Parcialmente; A= Cuenta con todos los requerimientos	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. B= No funciona/ no existe; M = Parcialmente; A= Completo y funciona.		X		
92. El COE cuenta con sistema de comunicación alterna. Verificar si además de conmutador existe comunicación alterna como celular, radio, entre otros. B= No cuenta; M= Parcialmente; A= Si cuenta.	X			
93. El COE cuenta con mobiliario y equipo apropiado. Verificar escritorios, sillas, tomas de corriente, iluminación, agua y drenaje. B= No cuenta; M= Parcialmente; A= Si cuenta.	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). B= No; M= Existe pero no está actualizado; Si cuenta y está actualizado.	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. B= No; M= Insuficiente (cantidad y calidad); A= Todos la tienen.	X			
4.2 Plan operativo para desastres internos o externos.	Grado de seguridad			OBSERVACIONES
	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). 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.		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. 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.		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. B= No existen las previsiones o existen únicamente en el documento; M= Existen previsiones y el personal capacitado; A= Existe	X			

el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.				
99. Recursos financieros para emergencias presupuestados y garantizados. El hospital cuenta con presupuesto específico para aplicarse en caso de desastre: B= No presupuestado; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.	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: B= No se encuentran identificadas las áreas de expansión; M= Se han identificado las áreas de expansión y el personal capacitado para implementarlos; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar los procedimientos.	X			
101. Procedimiento para admisión en emergencias y desastres. El plan debe especificar los sitios y el personal responsable de realizar el TRIAGE. B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.	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.): 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.	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: 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.	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. B= No existe; M = inspección parcial o sin vigencia; A= Completa y actualizada.	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: 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.		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: 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.	X			
107. Procedimientos para triage, reanimación, estabilización y tratamiento. 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.		X		
108. Transporte y soporte logístico. Verificar si el hospital cuenta con ambulancias y otros vehículos oficiales: B= No cuenta con ambulancias y otros vehículos para soporte logístico; M= Cuenta con vehículos insuficientes; A= Cuenta con vehículos adecuados y en cantidad suficiente.		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. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más	X			
110. Asignación de funciones para el personal adicional movilizad durante la emergencia 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.	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. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas.	X			
112. Vinculado al plan de emergencias local. Existe antecedente por escrito de la vinculación del plan a otras instancias de la comunidad. B= No vinculado; M= Vinculado no operativo; A= Vinculado y operativo.		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: B=No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el	X			

mecanismo y el personal capacitado; A=Existe el mecanismo, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el censo.				
---	--	--	--	--

114. Sistema de referencia y contrarreferencia. 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.	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): 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.		X		
116. Procedimientos operativos para respuesta en turnos nocturnos, fines de semana y días feriados. B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.	X			
117. Procedimientos para evacuación de la edificación Verificar si existe plan o procedimientos para evacuación de pacientes, visitas y personal B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.		X		
118. Las rutas de emergencia y salida son accesibles Verificar que las rutas de salida están claramente marcadas y libres de obstrucción B= Las rutas de salida no están claramente señalizadas y varias están bloqueadas; M=Algunas rutas de salida están marcadas y la mayoría están libres de obstrucciones; A=Todas las rutas están claramente marcadas y libres de obstrucciones.		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. 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.		X		
4.3 Planes de contingencia para atención médica en desastres.	Grado de seguridad			OBSERVACIONES
	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. 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.				
121. Crisis sociales y terrorismo. 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.	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. 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.				
123. Incendios y explosiones. 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.	X			
124. Emergencias químicas o radiaciones ionizantes. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.	X			
125. Agentes con potencial epidémico. 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.	X			
126. Atención psico-social para pacientes, familiares y personal de salud. 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.	X			
127. Control de infecciones intra-hospitalarias. Solicitar el manual correspondiente y verificar vigencia: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el manual y el personal capacitado; A= Existe el manual, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.		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			OBSERVACIONES
	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: 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.	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: 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.	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: 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.	X			
131. Gases medicinales El área de mantenimiento deberá presentar el manual de suministro de gases medicinales, así como bitácora de mantenimiento preventivo. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.	X			
132. Sistemas habituales y alternos de comunicación. 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.		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. 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.		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. 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.		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. 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.		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			OBSERVACIONES
	BAJO	MEDIO	ALTO	
136. Medicamentos. Verificar la disponibilidad de medicamentos para emergencias. Se puede tomar como referencia el listado recomendado por OMS. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		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). B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		X		
138. Instrumental. Verificar existencia y mantenimiento de instrumental específico para urgencias. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		X		
139. Gases medicinales. Verificar teléfonos y domicilio así como la garantía de abastecimiento por parte del proveedor. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= garantizado para 72 horas o más.		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. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		X		
141. Equipos electro-médicos. El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad y condiciones de uso de los equipos electromédicos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		X		
142. Equipos para soporte de vida. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		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. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		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. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		X		
145. Tarjetas de triage 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. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.	X			

2.2.1.1 Resultados de la aplicación de la metodología Índice de seguridad hospitalaria

Luego de recopilar los datos y registrarlos en los formularios de evaluación se procede a tabularlos utilizando una hoja electrónica, la cual posee un modelo matemático en base a asignar un peso para cada pregunta, con el fin de determinar el nivel de seguridad estructural, no estructural, funcional y el índice de seguridad hospitalaria.



Figura 2.2: Resultado del aspecto relacionado con la seguridad estructural

Fuente: Hoja de cálculo para determinación del ISH (Anexo 5)

La aplicación del ISH para el aspecto estructural muestra que la estructura es medianamente segura ya que los niveles de seguridad media y baja suman unos 58%, contrastados con el 42% del nivel de seguridad alto, debido a aspectos relacionados con la edad de la edificación y la configuración de la misma, este resultado se lo comparará con el resultado obtenido de la modelación de la estructura en el capítulo 4.

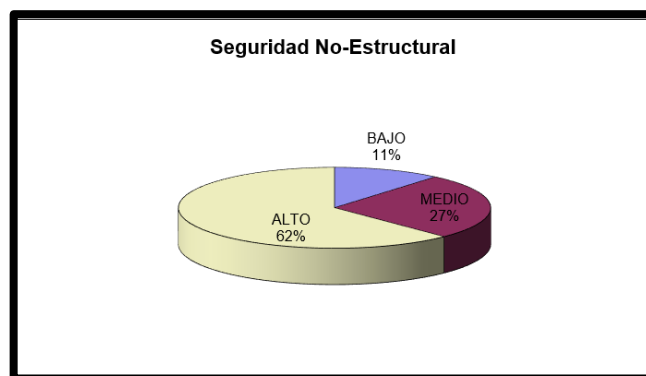


Figura 2.3: Resultado del aspecto relacionado con la seguridad no-estructural

Fuente: Hoja de cálculo para determinación del ISH

En la evaluación de los componentes no estructurales la entidad posee un alto nivel de seguridad reflejando un 62%, gracias a que la mayoría de los elementos no estructurales como: líneas vitales, sistemas de comunicación, equipos médicos y elementos arquitectónicos se encuentran en buen estado y permitiendo el normal desarrollo de las actividades de la entidad hospitalaria.

Los niveles medio y bajo de seguridad en conjunto suman un 38% debido principalmente a la baja seguridad y capacidad que poseen las áreas de almacenamiento de combustibles, gases medicinales y tanque de reserva de agua.

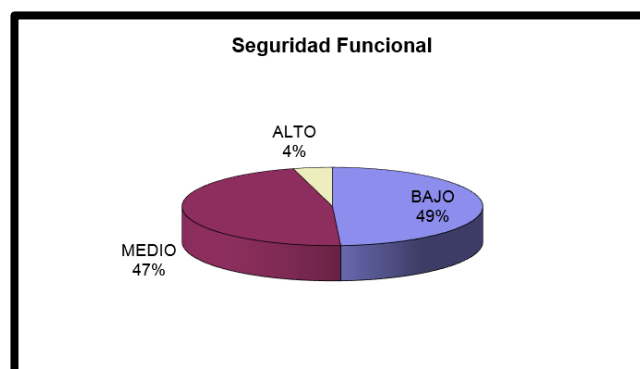


Figura 2.4: Resultado del aspecto relacionado con la seguridad en base a la capacidad funcional

Fuente: Hoja de cálculo para determinación del ISH

La evaluación en cuanto a la seguridad funcional muestra un nivel de seguridad bajo de 49% y medio de 47%, lo que demuestra que es necesario implementar varias medidas para aumentar la capacidad de respuesta del hospital ante una situación de emergencia o desastre.

Determinación del índice de seguridad hospitalaria.- Luego de obtener los niveles de seguridad para los aspectos relacionados con la seguridad estructural, no-estructural y funcional, es posible obtener el índice de seguridad hospitalaria.

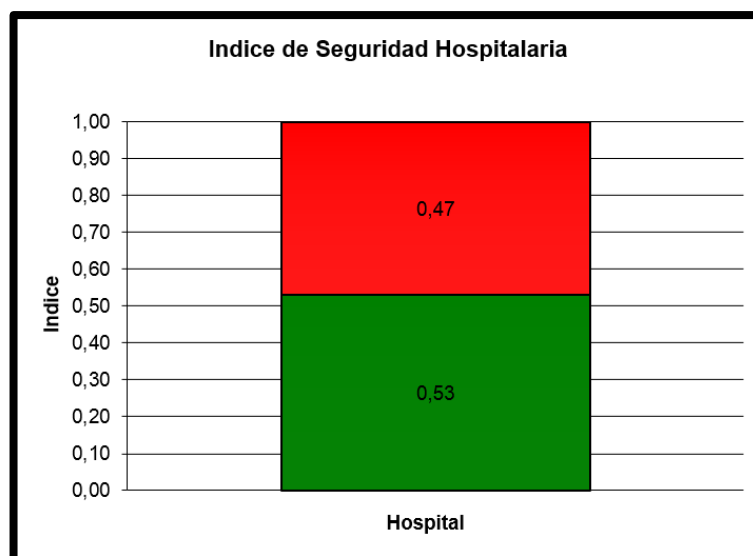


Figura 2.5: Índice de seguridad hospitalaria

Fuente: Hoja de cálculo para determinación del ISH

El Hospital “San Sebastián” del Cantón Sigsig obtiene un índice de seguridad de 0.53 con una vulnerabilidad de 0.47, lo que lo ubica en la categoría “B” índice de seguridad (0.36 – 0.65), la cual menciona: “Aunque es probable que el hospital continúe funcionando en caso de desastres se recomienda continuar con medidas para mejorar la capacidad de respuesta y ejecutar medidas preventivas en el mediano y largo plazo, para mejorar el nivel de seguridad frente a desastres”. (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008)

2.2.2 Determinación de amenazas

La determinación de amenazas es de importancia ya que hace referencia al peligro o riesgo que una situación generada de manera natural o por el hombre puede comprometer la seguridad de la estructura hospitalaria y la de sus ocupantes, motivo por el cual la determinación de las potenciales amenazas generales y específicas a las que se encuentra expuesta la estructura del Hospital “San Sebastián” se ha realizado teniendo en cuenta la clasificación expresada dentro de los formularios de evaluación para hospitales seguros y la determinación del Índice de seguridad hospitalaria, además

con el apoyo de mapas de riesgo del sector publicados por el SNI⁶ de la República del Ecuador, Mapas de amenazas de origen natural por cantón en el Ecuador de Florent Demoraes y Robert D'ércole y eventos suscitados en el pasado o potenciales eventos que pueden ocasionarse dentro y fuera del hospital.

2.2.2.1 Amenazas generales

Son algunas amenazas las que se presentan de manera natural y sin previo aviso, capaces de afectar no solo a la entidad hospitalaria sino a la población en general.

Sismos.- Los sismos son movimientos de la corteza terrestre originados por el choque de las placas tectónicas, en el cual se libera energía de manera brusca en forma de ondas que agitan la superficie hasta que los elementos de esta se reorganicen y alcancen el equilibrio mecánico. (Llanes Burón)

En dependencia del momento en que un sismo se genere, la intensidad del mismo y el tipo de construcciones puede existir un gran número de víctimas mortales o la concurrencia de personas con heridas graves o leves hacia la casa de salud, en consecuencia se podrían presentar daños a la estructura física del hospital y el bloqueo de las vías de acceso principales al mismo. (Llanes Burón)

En los Mapas de amenazas de origen natural por cantón, la zonificación se ha realizado en base a la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño obteniendo las zonas I, II, III y IV y asignando el valor numérico de 0 a las zonas con menor peligro sísmico y 3 a las zonas con mayor peligro sísmico. (Demoraes & D'ercole, 2011)

Para determinar la zona a la que pertenece el punto de estudio y el grado de amenaza sísmica se ha acudido a los mapas especificados en el párrafo anterior, explícitamente al Mapa N°2: Amenaza sísmica y de tsunami en el Ecuador (Anexo 6), en donde se ha constatado que el Cantón Sígsig se encuentra ubicado en la zona II, con una aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño igual a 0,25, así mismo, para determinar el grado de amenaza se ha revisado el Mapa A: Nivel de amenaza sísmica por cantón en el Ecuador, el cual lo cataloga con el valor de 1. (Anexo 7)

⁶ Sistema nacional de información.

Peligro sísmico	Valor
Zona IV	3
Zona III	2
Zona II	1
Zona I	0
Máximo	3
Mínimo	0

Figura 2.6: Cuadro de Zonas y peligro sísmico

Fuente: Mapas de amenazas de origen natural por cantón en el Ecuador

Esto representa que el Hospital “San Sebastián” de este cantón se encuentra en una zona con baja amenaza sísmica ya que en eventos pasados su estructura física no ha presentado ninguna alteración ni en su funcionamiento ni en su estética.

Erupciones volcánicas.- Las erupciones volcánicas son explosiones con emanación de gases, cenizas y roca fundida procedentes del interior de la tierra a través de los volcanes, estos materiales expulsados inciden en la población, la flora y fauna y los bienes según el lugar en donde se encuentren, es decir, si una población se encuentra cercana a un volcán la erupción originará flujos de lava y/o lahares compuestos de sedimentos, roca fundida y agua los cuales se deslizan por las pendientes de los volcanes a diferentes velocidades dependiendo de la dimensión y volumen de los canales que los conducen, en muchos casos arrasando con todo lo que encuentren en su trayecto, la emisión de cenizas afecta a las poblaciones cercanas y dependiendo de la dirección del viento y la altura de la columna esta puede viajar hacia poblaciones distantes. (Llanes Burón)

Las erupciones volcánicas pueden originar varios inconvenientes en la salud aumentando la concurrencia de la población hacia los hospitales, también podrían causar que estos dejen de operar debido a colapsos totales o parciales en su estructura debido a la excesiva caída de ceniza, rocas o por flujos de lava y/o lahares si estos se encuentran en su camino, además podría presentarse el aprovisionamiento de servicios básicos. (Llanes Burón)

Para la elaboración de los mapas de amenaza volcánica se ha asignado una de escala de 0 a 3, al igual que en los mapas de amenaza sísmica, para determinar el nivel de riesgo al que están expuestos los cantones, obteniendo la siguiente clasificación:

- Mayor peligro volcánico (grado 3): cantones que se encuentran directamente amenazados por volcanes que son considerados peligrosos y que aún están en proceso de erupción y que representan un peligro para las poblaciones aledañas, pueden estar afectados principalmente por flujos piroplásticos y caída de ceniza.
- Alto peligro volcánico (grado 2): cantones que están asentados en los alrededores de volcanes que hayan presentado actividad en el pasado y que aún representan una amenaza potencial.
- Peligro volcánico relativamente bajo (grado 1): cantones que se ubican en los alrededores de volcanes que han presentado actividad histórica pero que se ha determinado que no entrarán en proceso de erupción nuevamente.
- Bajo peligro volcánico (grado 0): cantones que se encuentran fuera de la zona de concentración de volcanes. (Demoraes & D'ercole, 2011)

Para determinar el grado de peligro volcánico que presenta en Cantón Sígfig se han revisado los Mapas de amenazas naturales por cantón, específicamente el Mapa C: Nivel de amenaza volcánica por cantón en Ecuador (Anexo 8), el que indica que este cantón posee un grado de 0, es decir, bajo peligro volcánico ya que se encuentra fuera de la zona de concentración de los volcanes existentes en el país.

Cabe anotar que en el año 2014 debido al proceso eruptivo que presenta el volcán Tungurahua las partículas de ceniza se desplazaron con ayuda del viento hacia las provincias del sur del país incluida la Provincia del Azuay.

Luego de haber determinado el grado de peligro volcánico en el cantón se concluye que el Hospital “San Sebastián” no se verá amenazado por la eventual erupción de un volcán, ya que los principales volcanes que presentan actividad eruptiva en la actualidad se encuentran en la zona norte y zona central del país.

Deslizamientos.- Deslizamiento masivo de material superficial que puede darse de manera lenta o rápida pendiente abajo y que en su camino puede acumular más

material aumentando su volumen, esto puede provocarse debido a la pérdida de consistencia del suelo, pérdida del talud natural debido a construcciones existentes, aumento de peso en el suelo y por fallas geológicas. (Llanes Burón)

En dependencia de su magnitud, este puede causar elevadas pérdidas de vida y una mayor concurrencia de población con lesiones hacia el hospital, dentro del aspecto de la estructura física de la edificación hospitalaria este evento puede causar colapsos totales o parciales, deterioro en la cimentación y el ingreso de masas de suelo hacia el interior del hospital, además la dotación de servicios básicos se puede ver comprometida, así como el bloqueo de la vías de acceso. (Llanes Burón)

La escala adoptada para determinar el grado de amenaza en los mapas es de 0 a 3 en donde:

- Mayor peligro (grado 3): cantones que se encuentran ubicados en zonas con pendientes elevadas.
- Peligro relativamente alto (grado 2): cantones que poseen más del 30% de su superficie expuesta a deslizamientos.
- Peligro relativamente alto (grado 1): cantones en donde menos del 30% de su superficie se encuentra expuesta a deslizamientos.
- Bajo peligro de deslizamientos (grado 0): cantones que aparentemente no se encuentran expuestos a deslizamientos. (Demoraes & D'ercole, 2011)

Deslizamientos	Valor
Potencial con mayores pendientes	3
Potencial bien representado	2
Potencial poco representado	1
El resto	0
Máximo	3
Mínimo	0

Figura 2.7: Nivel de amenaza por deslizamiento

Fuente: Mapas de amenazas de origen natural por cantón en el Ecuador

El cantón Síg sig se encuentra dentro del grado 2, como lo expone el Mapa E: Nivel de amenaza por deslizamiento por cantón en el Ecuador (Anexo 9), ya que se encuentra

asentado sobre laderas de montañas con pendientes elevadas, especialmente su cabecera cantonal.

Debido al nivel de amenaza obtenido en los mapas al Hospital “San Sebastián” se lo categorizará en dicho grado de amenaza para la calificación, aunque se encuentre dentro de una zona poblada con construcciones aledañas esto no impide que se provoquen deslizamientos en un futuro.

2.2.2.2 Amenazas específicas

Hace referencia a las amenazas que pueden afectar de manera directa a la estructura hospitalaria y su funcionamiento, debido a situaciones que podrían ser evitadas con la ejecución correcta de los protocolos de seguridad y la implementación de los correctivos pertinentes:

- Caída de objetos desde la altura.- Debido a que el hospital se encuentra a 5 metros por debajo del nivel de calle del lado de la Av. John F. Kennedy y su cerramiento está conformado por un pequeño muro de hormigón ciclópeo de 40 centímetros de altura y malla de acero galvanizado, puede ser propenso a la caída de objetos que ingresen ya sea por arriba de la malla de acero o derribándola, pudiendo estos objetos realizar daños parciales en la cubierta de asbesto cemento o dependiendo del tamaño del objeto crear daños mayores en la cubierta, mampostería y en los elementos estructurales.

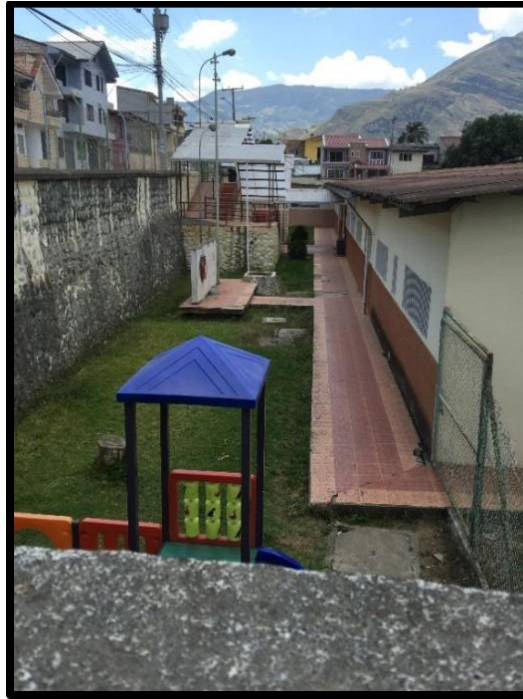


Figura 2.8: Desnivel existente

- Vías de acceso.- Las vías de acceso hacia el hospital no se encuentran en buen estado, la calle Regina Maldonado que sirve como acceso hacia el área de emergencia es una calle parcialmente pavimentada, ya que el pavimento empieza en la mitad de la cuadra y la otra mitad es de tierra afirmada y debido al sentido de la circulación en primera instancia se utiliza la parte de la calle de tierra afirmada y luego de unos metros de asfalto se encuentra la entrada hacia emergencia. El acceso peatonal al área de consulta externa se lo realiza por la Av. John F. Kennedy por medio de un bloque de escaleras y una rampa para salvar el desnivel de 5 metros, esta avenida durante el periodo de ejecución de este estudio se vio afectada en la circulación de vehículos y la dificultad de desplazamiento de peatones debido a que se realizaban trabajos de remoción de la capa de asfalto y el cambio de la matriz de alcantarillado.



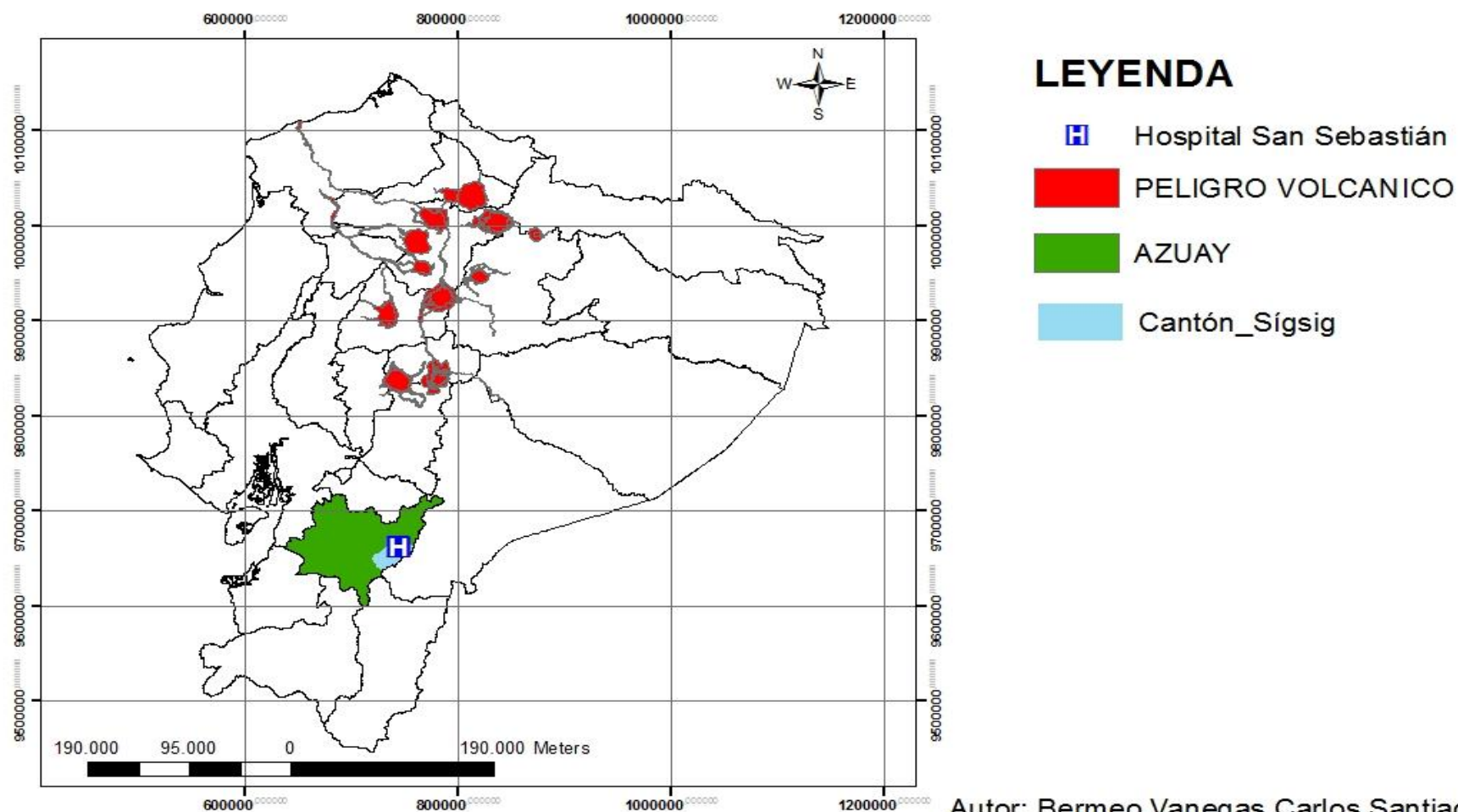
Figura 2.9: Vista de la Av. John F. Kennedy al 27/01/2016

Fuente: Autor

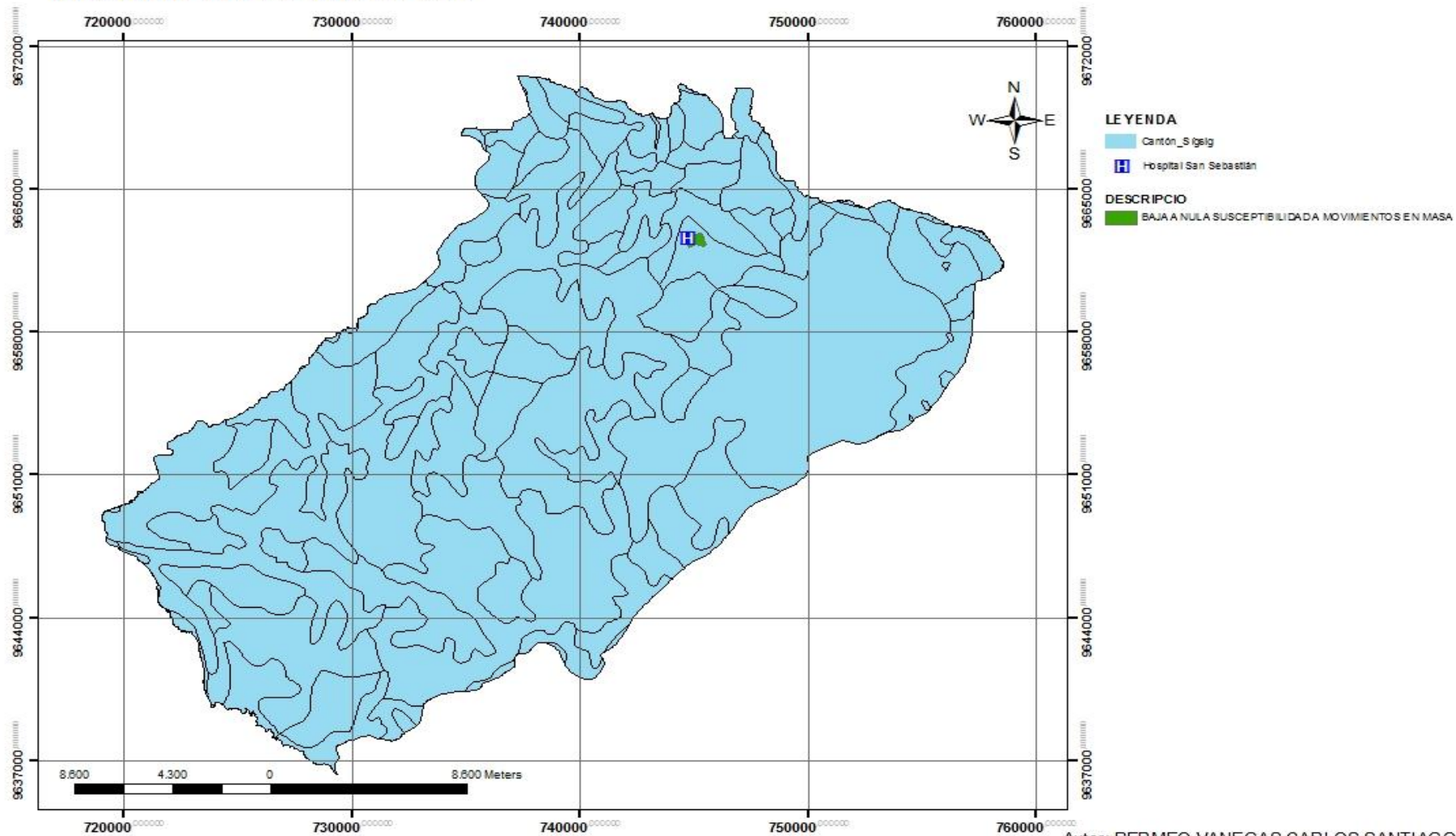
Incendios y explosiones.- Debido a las actividades realizadas dentro del hospital es necesario la utilización de gases envasados a presiones elevadas, como tanques de oxígeno y de gas licuado de petróleo, gases con alto índice de inflamabilidad, los cuales al no ser manipulados ni almacenados de manera correcta pueden generar una liberación de energía de manera abrupta y causar la pérdida de vidas, heridos y daños a la estructura. La información del estado actual de los lugares de almacenamiento de estos gases se la proporcionará más adelante dentro de la evaluación de los elementos estructurales y no estructurales de la edificación hospitalaria.

2.2.3 Mapas de amenazas generales y específicas

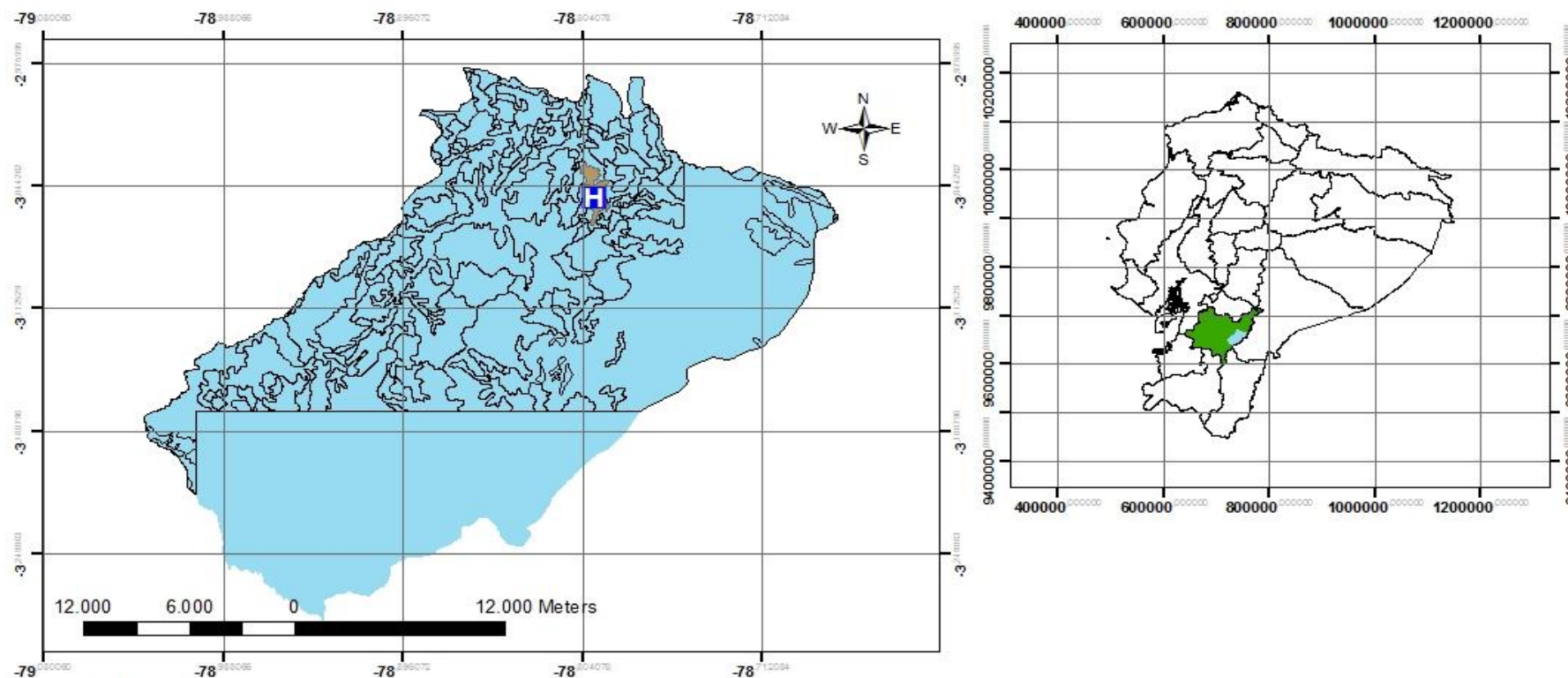
PELIGRO VOLCÁNICO



MOVIMIENTOS DE MASA



TAXONOMÍA



LEYENDA

 Hospital San Sebastián

DESCRIPCIO

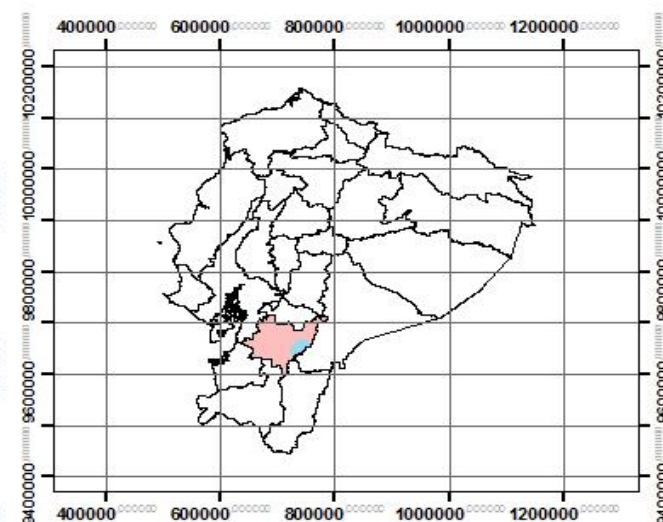
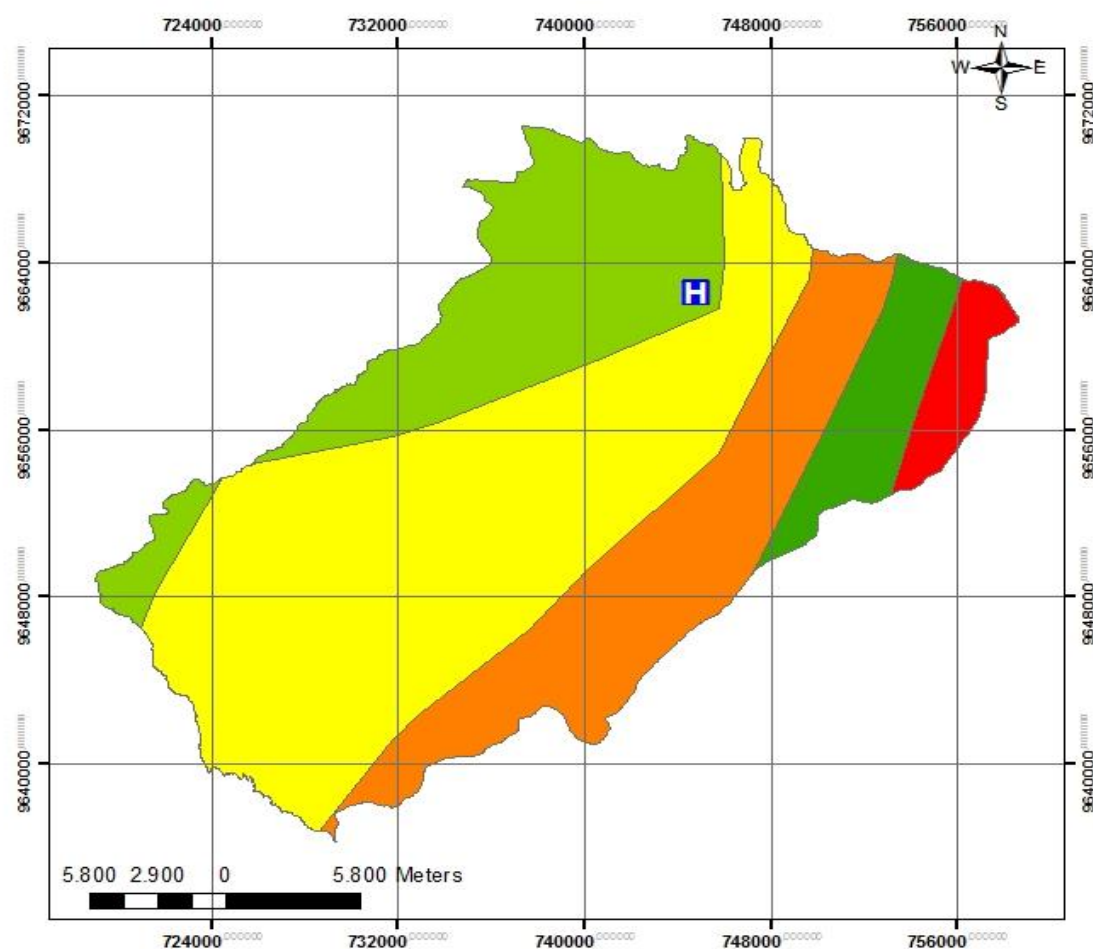
 Suelo arcilloso medio profundo de 40 a 60 cm. de espesor, encima del material mas o menos duropoco meteorizado.

 Cantón Sígsig

 AZUAY

Autor: BERMEO VANEGAS CARLOS SANTIAGO

ISOYETAS



LEYENDA

-  Hospital San Sebastián
-  AZUAY
-  Cantón Sigsig

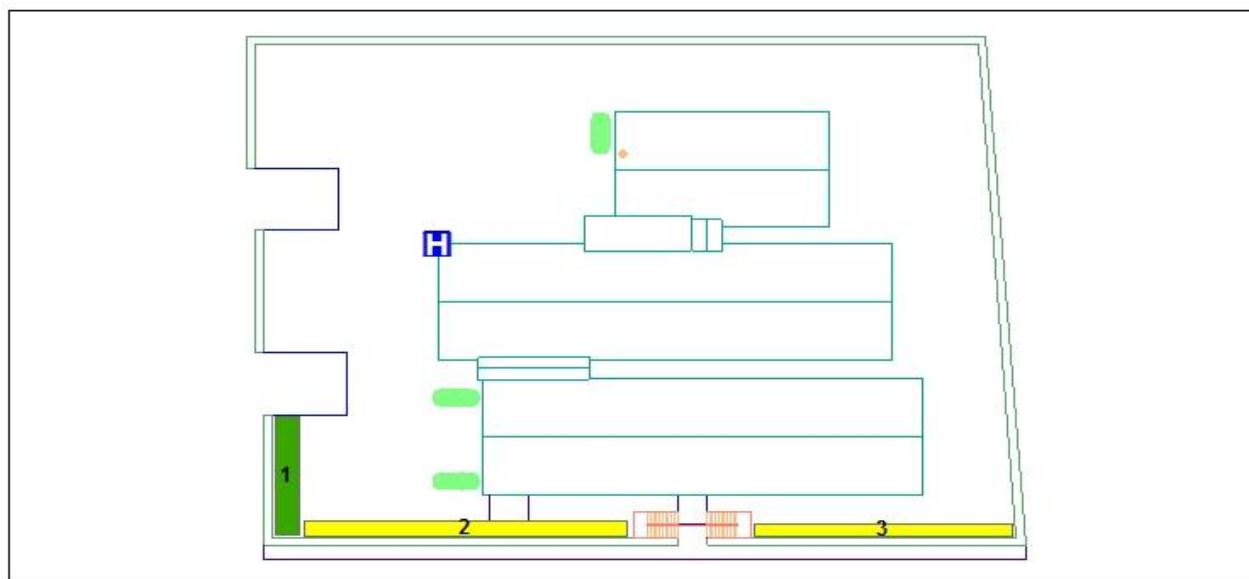
ISOYETAS

RANGO

-  1000-1250
-  1250-1500
-  1500-1750
-  500-750
-  750-1000

Autor: BERMEO VANEGAS CARLOS SANTIAGO

CAIDA DE OBJETOS DESDE LA ALTURA



LEYENDA

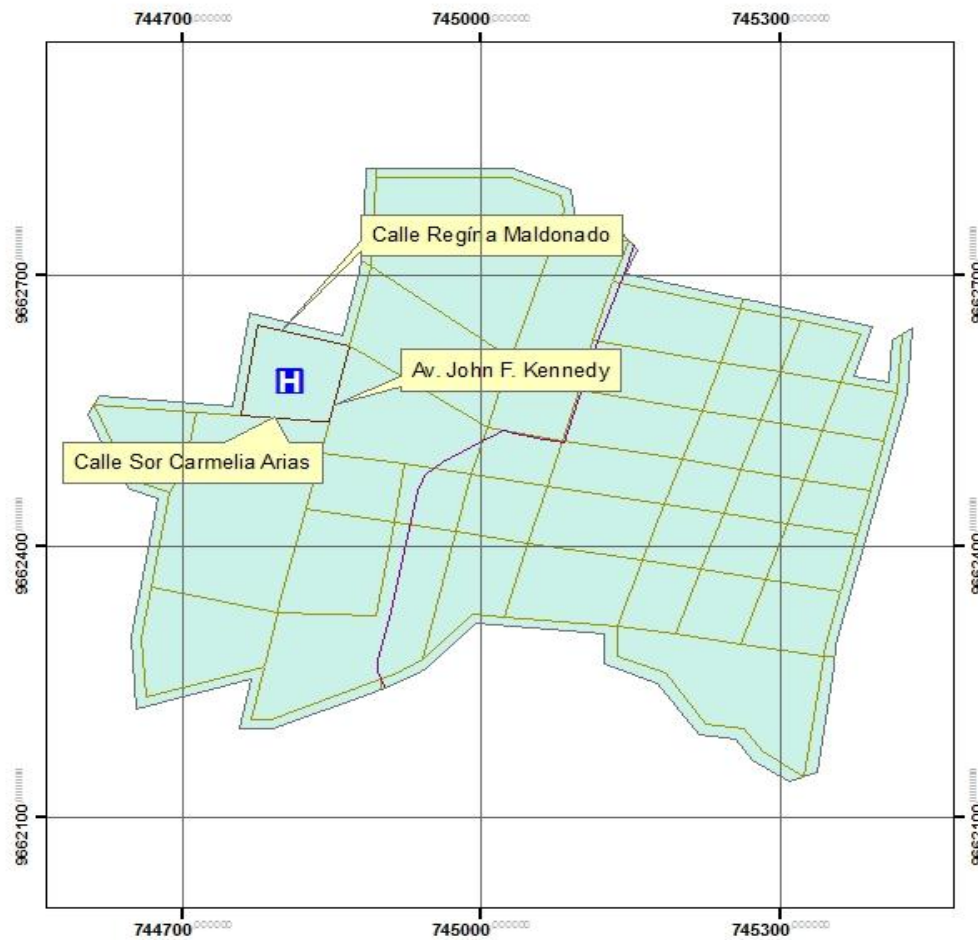
 Hospital San Sebastián

Caída de objetos desde la altura

Id, Descripción, Desnivel

-  1, Desnivel existente entre nivel de calle y nivel del hospital, 3.90 metros
-  2, Desnivel existente entre nivel de calle y nivel del hospital, 5.00 metros
-  3, Desnivel existente entre nivel de calle y nivel del hospital, 5.00 metros

VÍAS DE ACCESO



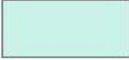
Leyenda

— EN CONTACTO CON LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

— Red Vial Estatal

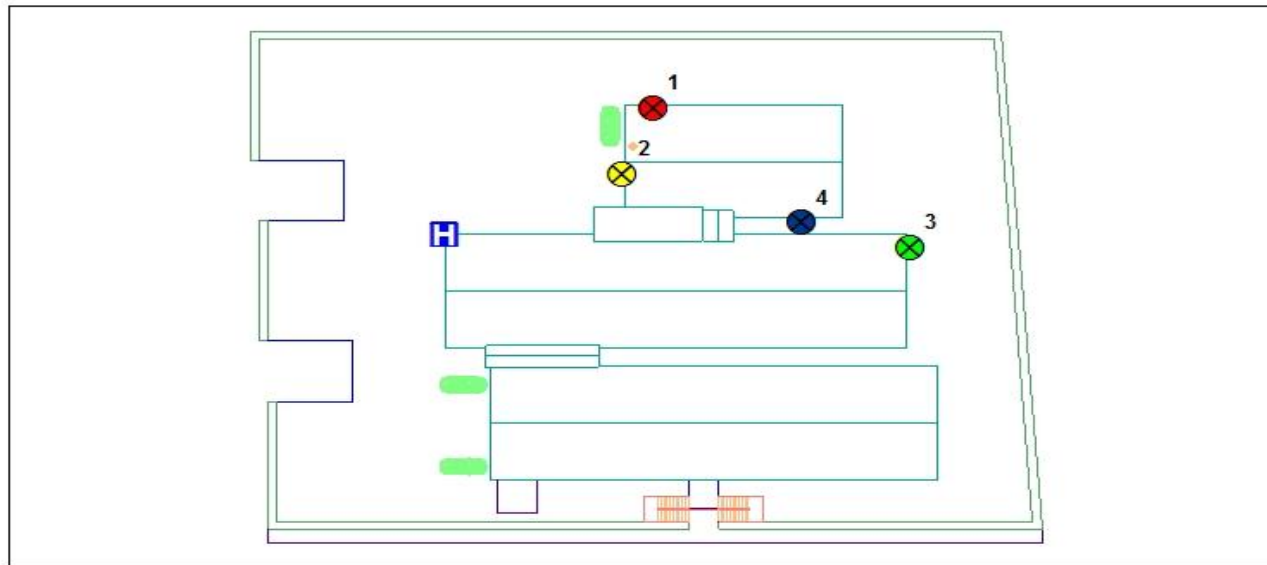
— Vías Urbanas

 Hospital San Sebastián

 Zona Urbana Sígsig

Autor: Bermeo Vanegas Carlos Santiago

AMENAZA DE EXPLOSIONES



LEYENDA

 Hospital San Sebastián

Amenaza de Explosiones

Id, Lugar, Causas

-  1, Generador de energía eléctrica, Explosiones debido a diesel almacenado en este lugar
-  2, Almacén de gases, Explosiones debido al almacenamiento de gases medicinales y de cocina
-  3, Estación de oxígeno, Explosiones debido al almacenamiento de tanques de oxígeno
-  4, Estación de gas para cocina, Explosiones debido al almacenamiento de gas de cocina

Autor: BERMEO VANEGAS CARLOS SANTIAGO

2.2.4 Evaluación de miembros estructurales

La evaluación de los miembros estructurales de la edificación hospitalaria tales como vigas y columnas ha sido realizada mediante procedimientos apoyados en ensayos no destructivos y con la ayuda de los dispositivos idóneos para la realización de este tipo de ensayos.

Se denomina ensayo no destructivo al procedimiento o cualquier tipo de prueba que aplicada a un material nos proporciona información sobre el estado actual del mismo sin alterar sus propiedades físicas, químicas, dimensionales o mecánicas.

Estos ensayos son mínimamente invasivos, esto quiere decir, que pueden ser aplicados a miembros estructurales conservando aspectos estéticos y estructurales ya que principalmente se los realiza en la superficie de dichos elementos con la aplicación de fenómenos físicos como ondas electromagnéticas, elásticas, etc.

2.2.4.1 Ensayo esclerométrico (Martillo de rebote)

Este ensayo es utilizado para la determinación aproximada de la resistencia a compresión de un hormigón f^c ⁷ a través de un sistema indirecto esto es midiendo su dureza superficial, a medida que esta sea mayor, teóricamente también será mayor la resistencia del hormigón ensayado.

El esclerómetro es el dispositivo utilizado para realizar este ensayo, fue creado por el ingeniero suizo Ernest Schmidt en 1948, el principio de este dispositivo radica en una masa que golpea en el embolo o punta que se encuentra en contacto con la superficie de hormigón, al momento de realizar presión sobre el hormigón el resorte interior se comprime, luego de llegar a su punto máximo de compresión este resorte se libera y la masa se dispara con fuerza hacia la superficie de hormigón rebotando hacia el lado opuesto, en su camino impulsa un indicador que corre sobre una escala graduada obteniendo así el denominado “índice esclerométrico” que con la ayuda de las curvas de correlación se determinará la resistencia aproximada del hormigón ensayado. (Cortes, 1986)

⁷ Resistencia a compresión del hormigón

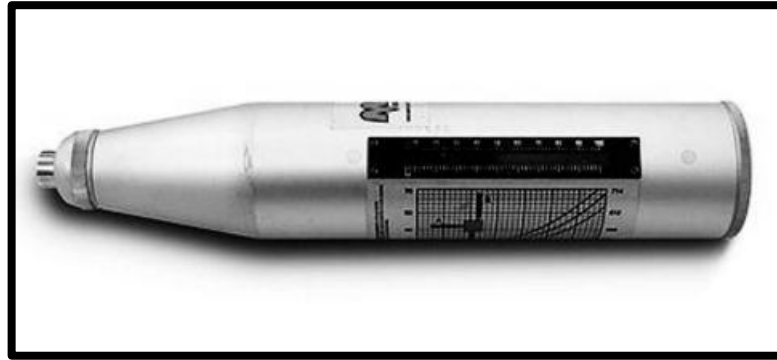


Figura 2.10: Martillo esclerométrico

Fuente: <http://www.patologiasconstruccion.net/2013/11/resistencia-del-hormigon-mediante-esclerometro-o-indice-de-rebote-1/>

Este ensayo fue aplicado a vigas y columnas que forman parte de la estructura de la entidad hospitalaria, se seleccionó una viga y una columna de cada uno de los tres bloques, en los lugares que fue posible se realizó el ensayo directamente sobre el hormigón del elemento ya que por disposición de la administración del hospital no se concedió la autorización para la remoción de la capa de enlucido.

Materiales:

- Esclerómetro
- Piedra abrasiva
- Flexómetro
- Tiza

Procedimiento:

- 1) Identificar las vigas y columnas a ser ensayadas.
- 2) Aplicar sobre la zona de ensayo en el elemento estructural la piedra abrasiva con movimientos circulares a fin obtener uniformidad del material.
- 3) Realizar la cuadrícula sobre la zona de ensayo para determinar los puntos en los que se realizaran los disparos con el esclerómetro.
- 4) Realizar los disparos con el esclerómetro.
- 5) Registrar las lecturas para cada disparo.

Obtención de resultados.- Las lecturas obtenidas en la aplicación del ensayo se las procesa para obtener el $f'c$ aproximado que ha sido utilizado para la confección del elemento.

Para este ensayo se han realizado 12 disparos con el esclerómetro obteniendo el mismo número de valores numéricos a los que se les denomina índice esclerométrico, se obtiene una media aritmética pero rechazando el menor y mayor valor del conjunto de índices esclerométricos, a esta media aritmética se la identifica dentro del gráfico que poseen las curvas de retroceso para la obtención del $f'c$ dependiendo del ángulo formado por el eje del esclerómetro con el eje horizontal al momento de realizar los disparos.

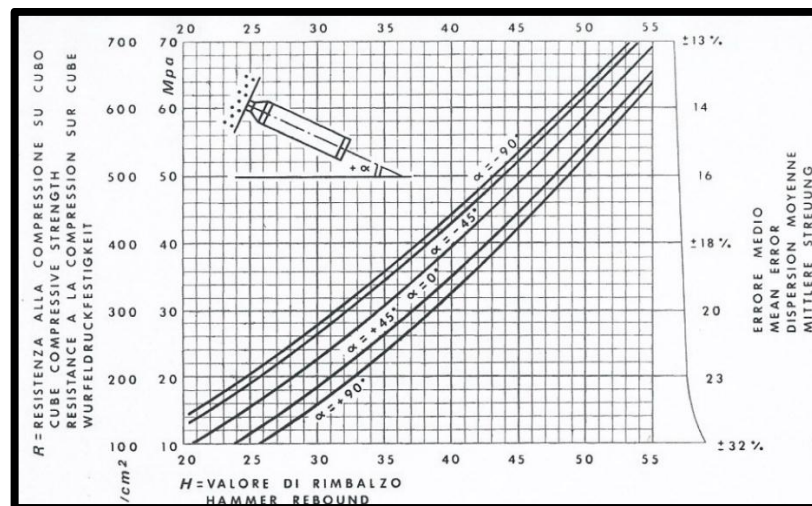


Figura 2.11: Curvas de retroceso

Fuente: Manual de usuario ECTHA 1000 (Diagnostic Research Company)



Figura 2.12: Ensayo esclerométrico en viga

Ensayo N° 1

Ubicación: Bloque 1

Tipo de elemento: Viga

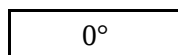
Fecha: 08 de abril del 2016

Tabla 2.1: Resultado de ensayo N° 1

Elemento	N° de toma	N° de disparos	I. esclerométrico	Promedio	f'c (kg/cm ²)
VIGA Bloque 1	1	1	30	29,5	220
	2	1	30		
	3	1	28		
	4	1	30		
	5	1	32		
	6	1	31		
	7	1	30		
	8	1	29		
	9	1	42		
	10	1	29		
	11	1	26		
	12	1	26		
		12			



Valores no considerados en el promedio



0°

Ángulo de uso del esclerómetro

Ensayo N° 2

Ubicación: Bloque 1

Tipo de elemento: Columna

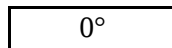
Fecha: 08 de abril del 2016

Tabla 2.2: Resultado de ensayo N°2

Elemento	N° de toma	N° de disparos	I. esclerométrico	Promedio	f'c (kg/cm ²)
COLUMNA Bloque 1	1	1	34	25,5	162,5
	2	1	24		
	3	1	27		
	4	1	27		
	5	1	24		
	6	1	20		
	7	1	35		
	8	1	26		
	9	1	44		
	10	1	29		
	11	1	29		
	12	1	39		
		12			



Valores no considerados en el promedio



Ángulo de uso del esclerómetro

Ensayo N° 3

Ubicación: Bloque 2

Tipo de elemento: Viga

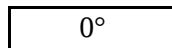
Fecha: 08 de abril del 2016

Tabla 2.3: Resultado de ensayo N°3

Elemento	N° de toma	N° de disparos	I. esclerométrico	Promedio	f'c (kg/cm ²)
VIGA Bloque 2	1	1	26	31,1	230
	2	1	28		
	3	1	29		
	4	1	30		
	5	1	30		
	6	1	29		
	7	1	29		
	8	1	36		
	9	1	34		
	10	1	42		
	11	1	32		
	12	1	34		
		12			



Valores no considerados en el promedio



Ángulo de uso del esclerómetro

Ensayo N° 4

Ubicación: Bloque 2

Tipo de elemento: Columna

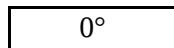
Fecha: 08 de abril del 2016

Tabla 2.4: Resultado de ensayo N°4

Elemento	N° de toma	N° de disparos	I. esclerométrico	Promedio	f'c (kg/cm ²)
COLUMNA Bloque 2	1	1	34	34,7	302,5
	2	1	32		
	3	1	42		
	4	1	37		
	5	1	35		
	6	1	29		
	7	1	35		
	8	1	34		
	9	1	39		
	10	1	37		
	11	1	30		
	12	1	34		
		12			



Valores no considerados en el promedio



Ángulo de uso del esclerómetro

Ensayo N° 5

Ubicación: Bloque 3

Tipo de elemento: Viga

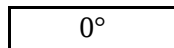
Fecha: 08 de abril del 2016

Tabla 2.5: Resultado de ensayo N°5

Elemento	N° de toma	N° de disparos	I. esclerométrico	Promedio	f'c (kg/cm ²)
VIGA Bloque 3	1	1	20	32,4	272,5
	2	1	31		
	3	1	28		
	4	1	36		
	5	1	32		
	6	1	36		
	7	1	30		
	8	1	32		
	9	1	32		
	10	1	35		
	11	1	35		
	12	1	33		
		12			



Valores no considerados en el promedio



Ángulo de uso del esclerómetro

Ensayo N° 6

Ubicación: Bloque 3

Tipo de elemento: Columna

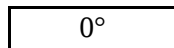
Fecha: 08 de abril del 2016

Tabla 2.6: Resultado de ensayo N°6

Elemento	N° de toma	N° de disparos	I. esclerométrico	Promedio	f'c (kg/cm ²)
COLUMNA Bloque 3	1	1	32	31,6	250
	2	1	24		
	3	1	30		
	4	1	30		
	5	1	32		
	6	1	33		
	7	1	30		
	8	1	32		
	9	1	34		
	10	1	32		
	11	1	31		
	12	1	30		
		12			



Valores no considerados en el promedio



Ángulo de uso del esclerómetro

Con los resultados obtenidos se ha elaborado una tabla con el resumen de las resistencias de hormigón obtenidas durante el ensayo.

Tabla 2.7: Resumen de resistencias obtenidas

RESUMEN DE RESISTENCIAS OBTENIDAS	
Elemento/Ubicación	f'c (kg/cm²)
VIGA Bloque 1	220
COLUMNA Bloque 1	162,5
VIGA Bloque 2	230
COLUMNA Bloque 2	302,5
VIGA Bloque 3	272,5
COLUMNA Bloque 3	250

2.2.4.2 Ensayo con ultrasonido

Los ensayos con ultrasonido son utilizados en el campo de la ingeniería civil para determinar la uniformidad de un material, sea este hormigón, acero estructural y para uniones soldadas, la velocidad de propagación de las ondas determinará la homogeneidad del material, a mayor tiempo menor homogeneidad, es utilizado para determinar la profundidad de las grietas y fisuras en los elementos estructurales, además de vacíos dentro del hormigón y las soldaduras, con el fin de establecer el método idóneo de rehabilitación estructural que requiera cada caso.

Los ultrasonidos utilizan ondas similares a las ondas de sonido, la única diferencia entre estas es su frecuencia de operación ya que estos dispositivos operan con frecuencias superiores a las de la zona audible en el espectro acústico.

Tipos de ondas:

- **Infrasónicas:** son ondas imperceptibles al oído humano con oscilaciones cuya frecuencia es menor a 16 Hz.
- **Sónicas:** son ondas audibles, que se encuentran dentro de frecuencias de oscilación entre 16 y 20.000 Hz, siendo el último el límite máximo soportado por el oído dentro del “umbral de dolor”.
- **Ultrasónicas:** son ondas cuya frecuencia de oscilación es mayor a los 20 KHz (Gómez de León, 2009)

El equipo de ultrasonido utilizado para realizar la evaluación estructural está comprendido por 2 transductores y una unidad central la cual contiene una pantalla que muestra los datos de la medición.



Figura 2.13: Ultrasonido

Fuente: http://www.directindustry.es/prod/proceq/product-7242-52715.html#product-item_589132

Este ensayo no fue necesario aplicarlo ya que en los elementos estructurales no se evidenció la formación de grietas o fisuras que comprometan su seguridad y funcionamiento.

2.2.4.3 Detector de armaduras de hormigón armado

Estos dispositivos se utilizan para detectar las diferentes configuraciones del armado de acero estructural en elementos como columnas y vigas con el fin de conocer la disposición de los mismos y obtener datos como el espaciamiento entre cada uno de ellos y su diámetro aproximado.

Este instrumento es utilizado dentro de la ingeniería civil para realizar la fiscalización de los armados de acero estructural en obras de hormigón armado, verificando que lo indicado en los planos de diseño se encuentre ejecutado en obra, además, son de gran utilidad para conocer la disposición del acero estructural dentro de los diferentes elementos de una estructura cuando no se cuenta con información tales como planos de diseño o planos constructivos con el objetivo de conocer lo ejecutado en obra y realizar los diferentes correctivos de ser necesario.



Figura 2.14: Detector de armaduras de hormigón armado

Fuente: <http://www.jewsonertools.co.uk/bosch-d-tect-150-sv-professional-detector.html>

Para la realización de este ensayo se utilizó el scanner de armaduras con las siguientes características:

- Marca: Bosch
- Modelo: D-tech 150

El ensayo fue realizado a los mismos miembros estructurales a los que se aplicó el ensayo esclerométrico.

Materiales:

- Scanner Bosch D-tech 150
- Piedra abrasiva
- Flexómetro
- Tiza
- Carboncillo

Procedimiento:

- 1) Identificar las vigas y columnas a ser ensayadas.
- 2) Aplicar sobre la zona de ensayo en el elemento estructural la piedra abrasiva con movimientos circulares a fin obtener uniformidad del material.
- 3) Desplazar el scanner sobre el elemento en estudio de manera horizontal para identificar la ubicación y diámetro de los aceros de refuerzo (estribos) en vigas y aceros de refuerzo verticales en columnas.

- 4) Desplazar el scanner sobre el elemento en estudio de manera vertical para identificar la ubicación y diámetro de los aceros de refuerzo horizontales en vigas y aceros de refuerzo (estribos) en columnas.
- 5) Con ayuda de la tiza o carboncillo trazar un diagrama de los datos obtenidos con el scanner a fin de obtener un gráfico aproximado de la disposición de los aceros de refuerzo en cada elemento.
- 6) Contrastar los resultados obtenidos en el ensayo con la información proporcionada en los planos.



Figura 2.15: Ensayo con scanner en viga

Ensayo en vigas

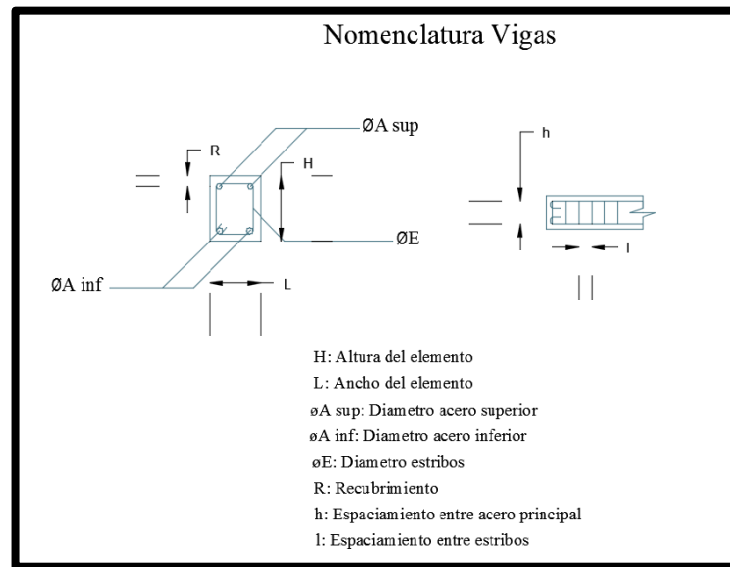


Figura 2.16: Nomenclatura en vigas

Tabla 2.8: Resultado ensayo en vigas

Ensayo en vigas		Viga 1	Viga 2	Viga 3
H	cm	35	35	35
L	cm	17	17	17
ØA sup	mm	20	20	20
ØA inf	mm	20	20	20
ØE	mm	10	10	10
R	cm	5	4	4
h	cm	25	26	25
l	cm	20	18	20

Los valores para los diferentes diámetros expresados en la tabla anterior corresponden a una aproximación de los diámetros reales, ya que esta información fue proporcionada por el equipo utilizado para la realización de este ensayo.

Ensayo en Columnas

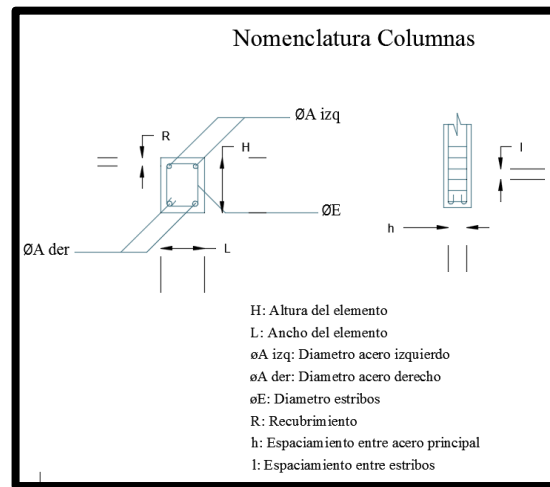


Figura 2.17: Nomenclatura en columnas

Tabla 2.9: Ensayo en columnas

Ensayo en columnas				
		Columna 1	Columna 2	Columna 3
H	cm	17	17	17
L	cm	30	30	30
ØA sup	mm	15	17	16
ØA inf	mm	15	17	16
ØE	mm	10	10	10
R	cm	5	4	4
h	cm	25	25	25
l	cm	10	10	10

Los valores para los diferentes diámetros expresados en la tabla anterior corresponden a una aproximación de los diámetros reales, ya que esta información fue proporcionada por el equipo utilizado para la realización de este ensayo.

2.2.5 Evaluación de miembros no estructurales

Dentro de la evaluación de miembros no estructurales se realizó una inspección del funcionamiento y el estado actual de las líneas vitales, detalles arquitectónicos, generador de energía eléctrica, bombas hidroneumáticas, calderos y áreas de almacenaje. (Anexo 10)

2.2.5.1 Líneas vitales

El correcto funcionamiento de las líneas vitales del hospital es esencial ya que estas satisfacen las necesidades del personal para realizar las labores médicas y las de los pacientes para recibir una atención adecuada, además de mantener al hospital operativo en todas sus áreas y servicios:

Aprovisionamiento de agua potable.- El hospital no cuenta con un sistema adicional de provisión y almacenamiento de agua potable en caso de que se presente un evento adverso, únicamente se cuenta con una cisterna con una capacidad de 20 m³ de almacenamiento de agua la misma que es utilizada para dotar de agua a la red de distribución principal sea esta de agua fría y agua caliente en condiciones de normal funcionamiento ya que la dotación que se recibe por parte de la red de distribución pública no abastece las necesidades del hospital.

Las tuberías que conforman la red interna de distribución de agua fría y agua caliente se encuentran en buen estado, debido a la antigüedad de la edificación algunas tuberías se han reemplazado ya que se han presentado diferentes fallas en las mismas debido al normal funcionamiento de estas.

En los sitios que las tuberías son visibles estas se encuentran debidamente señalizadas dependiendo del tipo de agua que transportan, el color azul representa a la red que conduce el agua fría desde las bombas hidroneumáticas y el color rojo representa a la red que conduce el agua caliente desde los calderos.



Figura 2.18: Tuberías de distribución de agua potable

Sistema de bombeo de agua potable.- El sistema de bombeo está conformado por dos bombas hidroneumáticas de funcionamiento automático, estas bombas trabajan de manera alternada durante todos los días, existen 2 bombas debido a que si una de ellas experimenta un daño inmediatamente la otra queda en funcionamiento sin comprometer el abastecimiento de agua al hospital hasta que la bomba averiada sea reparada, estas bombas se encuentran en buen estado y funcionando.



Figura 2.19: Bombas de agua

Sistema de calderos.- El caldero con el que cuenta el hospital sirve para dotar de agua caliente a las unidades del hospital que lo requieran a través de las tuberías de conducción de agua caliente, su operación es a diésel, el sistema de almacenamiento y los filtros de combustible se encuentran averiados pero se posee un tanque de almacenamiento adicional, la temperatura de salida del agua es de entre 30 y 32 grados centígrados la cual puede ser regulada mediante el sistema de termostatos según sea la necesidad, este caldero se encuentra en operación desde el inicio de las actividades en este hospital, se le da mantenimiento frecuente y actualmente se encuentra funcionando correctamente.



Figura 2.20: Calderos

Red de aguas servidas.- El sistema de evacuación de aguas servidas se encuentra en buen estado y funcionando de manera correcta, periódicamente se realizan limpiezas a los pozos de revisión para evitar obstrucciones en la conducción de estas aguas, el hospital no posee una planta de pre-tratamiento de estas aguas, sino que su descarga se realiza directamente hacia la red de alcantarillado público.

Red de incendios.-Si bien el hospital posee una red de distribución de agua para su uso en caso de incendio esta no está operativa, los gabinetes de incendios se encuentran desprovistos de extintores, mangueras y herramientas útiles para esta situación, además, en todo el hospital existen únicamente tres gabinetes de incendio.

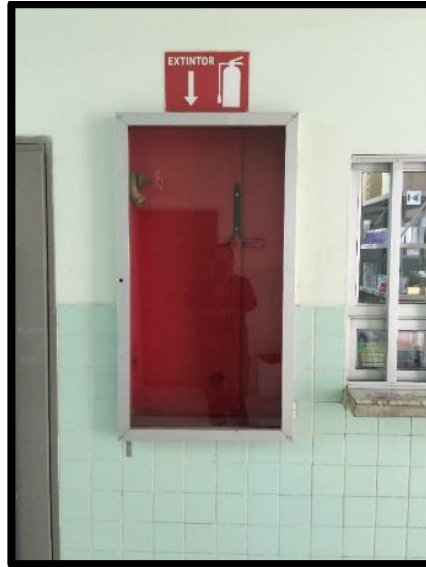


Figura 2.21: Gabinetes contra incendios

Generador eléctrico de emergencia.- El hospital cuenta con un generador eléctrico de emergencia el cual funciona con diésel, se mantiene permanentemente cargado de este combustible ya que la manguera de paso directo del combustible desde los alimentadores hacia el deposito del generador se encuentra averiada, por lo que su carga se realiza de manera manual, el generador no posee un sistema automatizado de encendido que garantice la transferencia inmediata de energía sino que se lo realiza manualmente por la persona encargada del departamento de mantenimiento.

A excepción de la manguera de paso directo de diésel los demás componentes de este generador funcionan de manera normal.



Figura 2.22: Generador eléctrico de emergencia

Los tableros de control de distribución de energía eléctrica se encuentran funcionando y en buen estado, así como las líneas internas de distribución; el hospital no dispone de una doble acometida pública de energía, además, no cuenta con un transformador de energía propio.

Sistemas de telecomunicación.- En el hospital no existe un espacio físico destinado al manejo funcional de las telecomunicaciones tales como líneas telefónicas y líneas de datos, los sistemas se encuentran dispersos sin un orden específico y sin obedecer a un estudio técnico e integral.

Red de distribución de oxígeno.- La red de distribución se encuentra en buen estado y funcionando de manera correcta, en los lugares que las tuberías de la red son visibles estas están identificadas con pintura de color verde para informar que pertenecen a la red de distribución de oxígeno.

El área destinada para los tanques de este gas presenta bajas condiciones de seguridad y no existe ningún tipo de anclaje para estos tanques.



Figura 2.23: Área de gases medicinales

2.2.5.2 Detalles arquitectónicos

Debido a las ampliaciones que ha tenido el hospital se han evidenciado diferentes anomalías que afectan directamente a elementos no estructurales y que afectan la sensación de seguridad de la estructura.

Para emplazar un laboratorio en el hospital ha sido necesario realizar una ampliación menor la cual se encuentra adosada a los bloques construidos originalmente y no poseen juntas de dilatación, razón por la cual se ha evidenciado la formación de fisuras a nivel de la pared de mampostería y en la losa de cubierta presentando eventuales filtraciones debido a la acumulación de aguas lluvias sobre la misma.



Figura 2.24: Acumulación de agua lluvia sobre la losa de cubierta

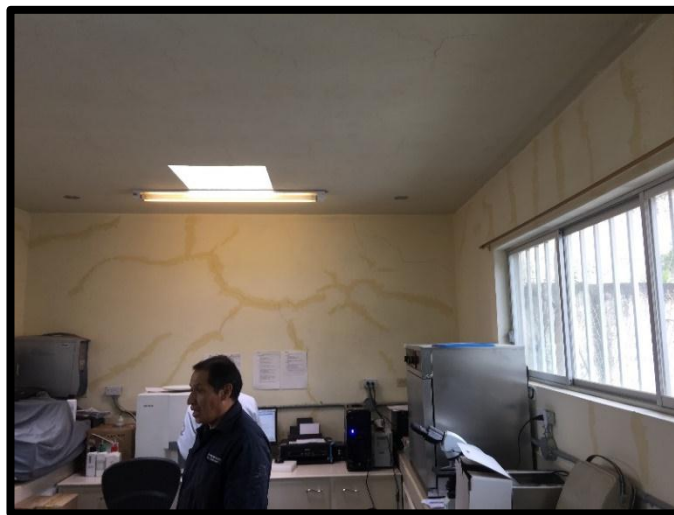


Figura 2.25: Fisuras en pared y losa de cubierta

En el retiro interior de dos de los tres bloques que conforman la estructura del hospital se ha realizado un cierre de cubiertas con el fin de crear un espacio que en la actualidad está siendo utilizado como capilla, esto provoca que las bajantes de recolección de

aguas lluvias queden vistas al interior produciéndose filtraciones especialmente en temporada de lluvias fuertes.



Figura 2.26: Bajante de agua lluvia al interior de capilla

El caso anterior se repite en el área de emergencia, en donde se ha realizado un cierre de cubiertas con una estructura de acero y cubierta de vidrio para incluir una sala de espera para esta área, en este lugar se observa que los canales de recolección de agua lluvia y los bajantes han quedado al interior de esta estructura improvisada dando paso a filtraciones en las paredes circundantes.



Figura 2.27: Canales de recolección de agua lluvia al interior de la sala de espera

2.2.5.3 Área de almacenaje de gases y combustible

El hospital no posee un área de almacenaje adecuada para gases y combustibles, los gases que se requieren para las diferentes actividades son gases medicinales como el oxígeno y gas licuado de petróleo para las cocinas y los calderos, el combustible se lo utiliza para la central de generación eléctrica de emergencia, estos gases se encuentran acopiados en un mismo espacio con poca ventilación, sin rótulos de señalización, ausencia de anclajes de fijación y junto al área de calderos y del transformador eléctrico, el combustible es almacenado directamente en el generador eléctrico el cual posee una capacidad de 40 galones siendo llenado de forma permanente de acuerdo a la necesidad.



Figura 2.28: Área de almacenaje de gases

2.2.6 Determinación de las características del suelo

El propósito fundamental de esta sección es definir las condiciones físicas y geomecánicas del subsuelo en la zona de estudio, mediante ensayos in-situ y ensayos de laboratorio con la ayuda de toma de muestras, para esto se realizó la ejecución de una calicata, de la que se obtuvo muestras para ser analizadas en el laboratorio con el fin de clasificar y caracterizar los materiales, para así determinar la capacidad portante del terreno, la altura de excavación fue de 2.10 metros.

Clasificación del suelo.- Durante años se han realizado diversos estudios sobre la clasificación de los suelos buscando que estos satisfagan los campos de aplicación, pero el estudio más destacado fue el realizado por el Dr. A. Casagrande en el año de 1942, el estableció un sistema de división de los suelos en dos grupos de acuerdo al tamaño de sus partículas:

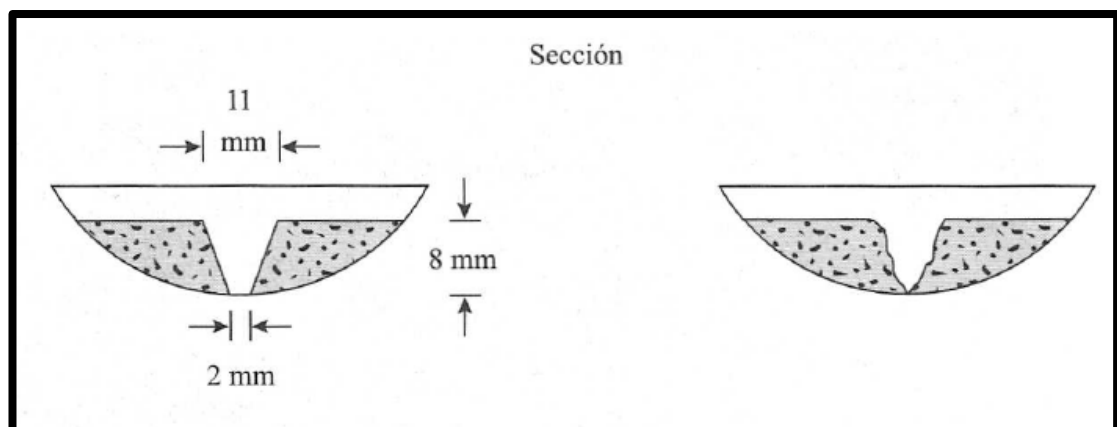
- Suelo Grueso
 - Partículas de suelo cuyo tamaño sea mayor al tamiz o malla No. 200 (0.074 mm), a las cuales son denominadas como gravas.
 - Partículas menores al tamiz o malla No. 3" (7.62 cm) denominadas como arenas.

- Suelo Fino
 - Todas las partículas que pasen el tamiz o malla No. 200 (0.074 mm), para las cuales se realizan análisis de deformación y resistencia, permeabilidad, compresibilidad, etc. (Badillo & Rodríguez, 2005)

Actualmente los suelos son clasificados principalmente por dos métodos:

Clasificación AASHTO (AASHTO M 145-82).- Fue desarrollado en el año de 1929, se basa principalmente en las características de estabilidad de suelos empleados en la construcción de caminos. Se fundamenta en distribución granulométrica, límite líquido y límite plástico, además de las mallas No. 10, No. 40 y No. 200. La clasificación de la realiza mediante siete grupos mayores: A-1 al A-7:

- Distribución granulométrica
 - Grava: fracción que pasa por la malla de 75 mm y es retenida en la malla No. 10 (2mm) de Estados Unidos.
 - Arena: fracción que pasa por la malla No.10 (2 mm) U.S. y es retenida en la malla No. 200 (0.075 mm) U.S.
 - Limo y arcilla: fracción que pasa la malla No. 200 (0.075 mm) U.S.
- Límite líquido (LL): este ensayo consiste en colocar pasta de suelo realizando una ranura en el centro dentro de la cuchara de Casagrande, la cual se deja caer sobre la base por una leva operada por una manivela desde una altura de 10 mm, el contenido de agua en porcentaje requerido para cerrar una distancia de 12.7 mm a los 25 golpes es denominado límite líquido. (M. Das, 2001)



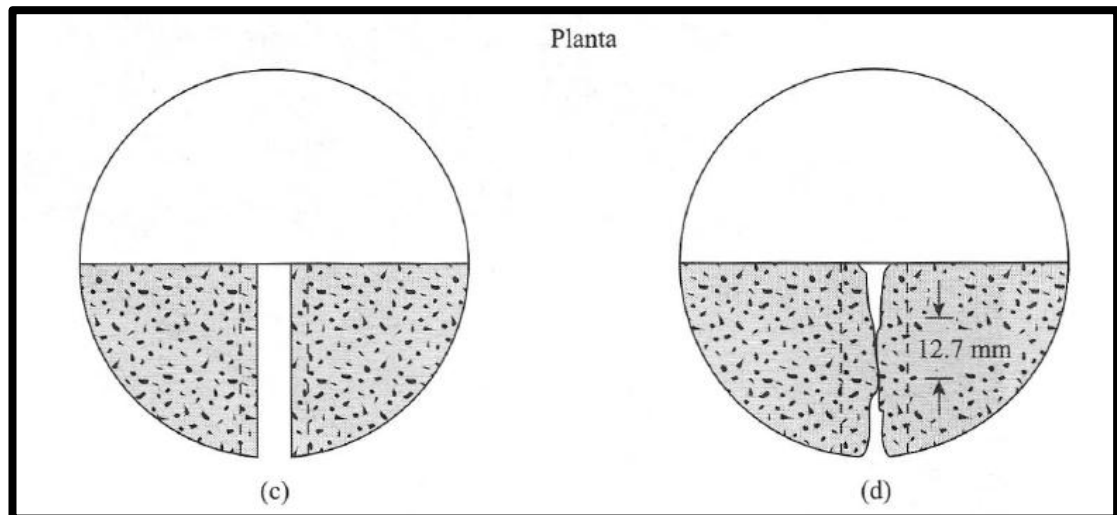


Figura 2.29: Método de la cuchara de Casagrande

Fuente: (M. Das, 2001)

- **Límite plástico (LP):** se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollada en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. El límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo. El ensayo se lo realiza enrollando repetidamente a mano sobre una placa de vidrio una masa de suelo en forma elipsoidal. (M. Das, 2001)

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).- Este sistema de clasificación es el más usado en la actualidad en la práctica de la geotécnica. Fue inicialmente propuesto por Arthur Casagrande en 1932 y está basado en el análisis granulométrico y los límites de Atterberg (límite líquido y plástico) de los suelos.

En primer lugar se analiza el contenido de partículas finas que son todas aquellas pasantes de la malla No. 200 (0.075 mm), si menos de 50% en peso del suelo pasa esta malla entonces se lo cataloga como “suelo grueso”, subclasificándolo en arena o grava con el uso de la malla o tamiz No. 4. De otro modo el suelo sería clasificado como “fino” y se subclasifica en limo o arcillo, usando los límites de plasticidad. (Santamarina & Narsilio)

Procedimiento y resultados.- Para determinar la granulometría del suelo se sometió a la muestra al proceso de cribado, que consiste en segregar en material con la ayuda de mallas o tamices de diferente abertura, adicional a esto a una porción de la muestra previamente lavada se la utilizo para determinar el porcentaje de limos y arcillas, para

concluir la fase práctica se realizaron los ensayos de límite líquido y plástico, mediante el método de la cuchara de Casagrande y el método de los cilindros y el ensayo de compresión simple con el fin de determinar la capacidad portante del suelo. (Anexo 11)

Tabla 2.10: Resultado de la clasificación de suelos

Ubicación	SUCS	AASHTO
CALICATA 1 a 1.9 metros	MH (Limo de alta plasticidad)	A - 7 - 5 (Suelo Arcilloso)

Tabla 2.11: Resultados del ensayo de compresión simple

Profundidad (m)	Capacidad admisible (kPa)	Capacidad admisible (kg/cm²)
1,70	136,55	1,39
2,00	141,34	1,44
2,50	148,18	1,51
3,00	154,01	1,57

Perfil estratigráfico del suelo.- Se realiza a partir de datos de perforaciones o bien de cortes naturales o artificiales del terreno que permiten observar de manera directa los estratos que conforman el suelo en estudio y crear una columna estratigráfica detallando el tipo de material del cual están conformados.

CALICATA 1		SECTOR:	SIGSIG
		FECHA:	25 de Febrero del 2016
		COORDENADAS:	719127 E / 9680967 N
ESQUEMA		DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA	
0.1	CAPA VEGETAL	Capa vegetal, Espesor del Estrato = 0.30 m	
0.2			
0.3			
0.4	RELLENO ARENO ARCILLOSO	Material de relleno areno arcilloso conglomerático color negro, Espesor del Estrato = 0.70 m	
0.5			
....			
1			
1.1	ARENAS ARCILLOSAS CONGLOMERADO	Material areno arcilloso conglomerático color café amarillento, Espesor del Estrato = 0.70 m	
1.2			
1.3			
....			
1.6			
1.7	MH	Material limo arcilloso color verde amarillento, catalogado por la SUCS como MH (limos de alta plasticidad) y por la AASHTO como A - 7 - 5 (suelos arcillosos) , Espesor del Estrato = 0.40 m	
1.8			
1.9			
2			
2.1			

Tabla 2.12: Perfil estratigráfico

Fuente: Estudio de Suelos

CAPÍTULO 3

MODELACIÓN Y AGRUPACIÓN DE CARGAS

3.1 Cargas gravitacionales

3.1.1 Cargas vivas de uso

Las sobrecargas vivas de uso obedecen a la ocupación a la que está destinada la edificación tales como el peso de las personas, mobiliario fijo o temporal, etc. para este caso se tomaran como referencias las cargas vivas especificadas para hospitales en la NEC.

Salas de quirófano y laboratorios.- Son zonas que habitualmente no están abiertas a la circulación libre de personas, sino que están restringidas únicamente para el personal que labora en el hospital, poseen en su mayoría mobiliario de carácter permanente, la NEC establece que para estas áreas se considere una carga de diseño uniformemente distribuida con un valor de 2.90 KN/m^2 .

Salas de pacientes (área de hospitalización).- En estas áreas existe circulación de personas y mobiliario permanente como estantes, camas y camillas, por lo que la norma ha establecido que la carga actuante de diseño sea una carga uniformemente distribuida con un valor de 2.0 KN/m^2 , esta carga también se la designará en otras áreas como oficinas y consultorios médicos.

Corredores.- En estas zonas la circulación de personas y enseres de carácter móvil es abundante, es por esto que la norma ha establecido una carga uniformemente distribuida de diseño con valor de 4.00 KN/m^2 para corredores que se encuentren situados en los pisos superiores a la planta baja. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014)

3.1.2 Cargas permanentes

Carga permanente se considera a todo el peso de la estructura (carga muerta) y al peso de cualquier elemento que se encuentre ligado de manera permanente a esta.

Carga muerta.- Se considera carga muerta a toda la carga producida por la estructura como los elementos estructurales (vigas y columnas), estructura de cubierta, cubierta, mampostería, puertas, ventanas, baldosas entre otros que en conjunto permanecen durante toda la vida útil de la estructura, la carga muerta será proporcionada por la modelación en el programa CYPECAD.

Carga de instalaciones.- Son cargas producidas por elementos que se encuentran ligados a la estructura de forma permanente cuando estos están en uso, pero no necesariamente están presentes durante toda la vida útil de la estructura ya que pueden ser removidos en cualquier momento o reubicados, estos pueden ser: instalaciones de telecomunicación, ascensores, sistemas de ventilación, etc.

3.2 Cargas accidentales

Coeficiente de aceleración (Z).- El valor de Z para cada zona sísmica en el país representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014)

Luego de diversos estudios en la NEC se ha publicado un mapa de zonas sísmicas del territorio nacional para propósitos de diseño con sus respectivos valores de Z.

El valor de Z tomado será el de la ciudad de Chordeleg, provincia del Azuay, ya que esta es la población más cercana a la ciudad de Sígig al no encontrarse expresado un valor de Z para esta ciudad en esta norma.

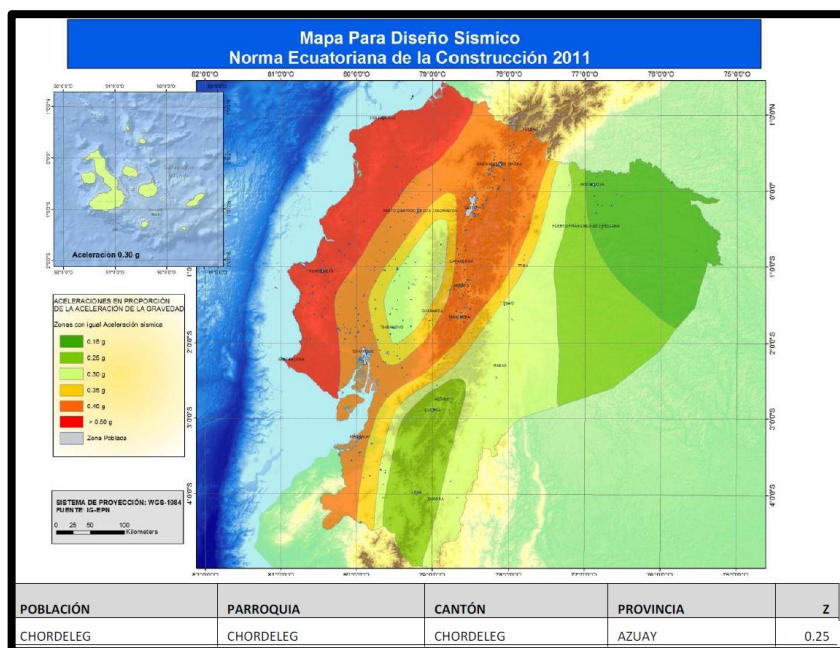


Figura 3.1: Mapa de peligrosidad sísmica en el Ecuador

Fuente: NEC

CAPÍTULO 4

MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA

La modelación matemática de la estructura se realizó en el software CYPECAD v2016.n a partir de un modelo BIM el cual representa en tres dimensiones las características físicas y funcionales de la edificación, esta permitirá conocer el comportamiento de los miembros estructurales a solicitaciones diversas con el fin de comprobar el grado de cumplimiento de la normativa vigente de la estructura y así proponer las medidas correctivas necesarias para garantizar la seguridad.

4.1 Idealización del modelo de estructura hospitalaria

4.1.1 Maqueta virtual en 3D

La maqueta virtual fue diseñada en el software REVIT v2016 con la ayuda de los planos arquitectónicos, estructurales, instalaciones sanitarias y detalles recopilados mediante registros fotográficos.

En la maqueta virtual generada para el Hospital “San Sebastián” se muestran los siguientes componentes:

- Componentes estructurales: columnas, vigas y cubiertas.
- Componentes arquitectónicos: paredes de mampostería, ventanas, puertas y mobiliario.
- Líneas vitales: redes de distribución de agua fría y caliente, red de recolección de aguas servidas, red de distribución de oxígeno.

Todos los componentes de la maqueta virtual representan la realidad de lo existente en la estructura física, siendo de utilidad para identificar de manera rápida los diferentes espacios y elementos constructivos sin necesidad de acudir a la estructura física.

(Anexo 12)



Figura 4.1: Maqueta virtual Hospital San Sebastián

Fuente: Revit v2016

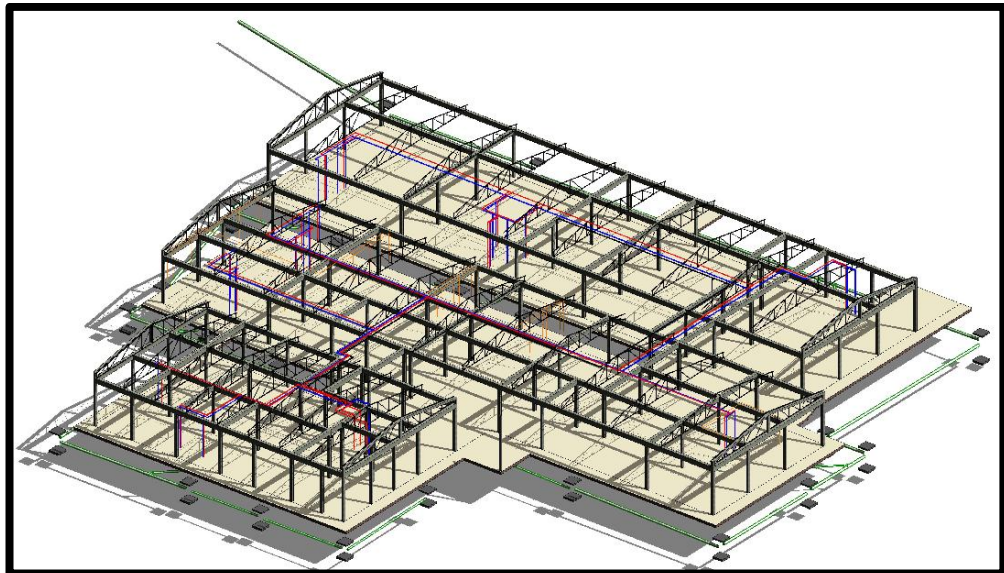


Figura 4.2: Distribución de componentes estructurales y líneas vitales

Fuente: Revit v2016

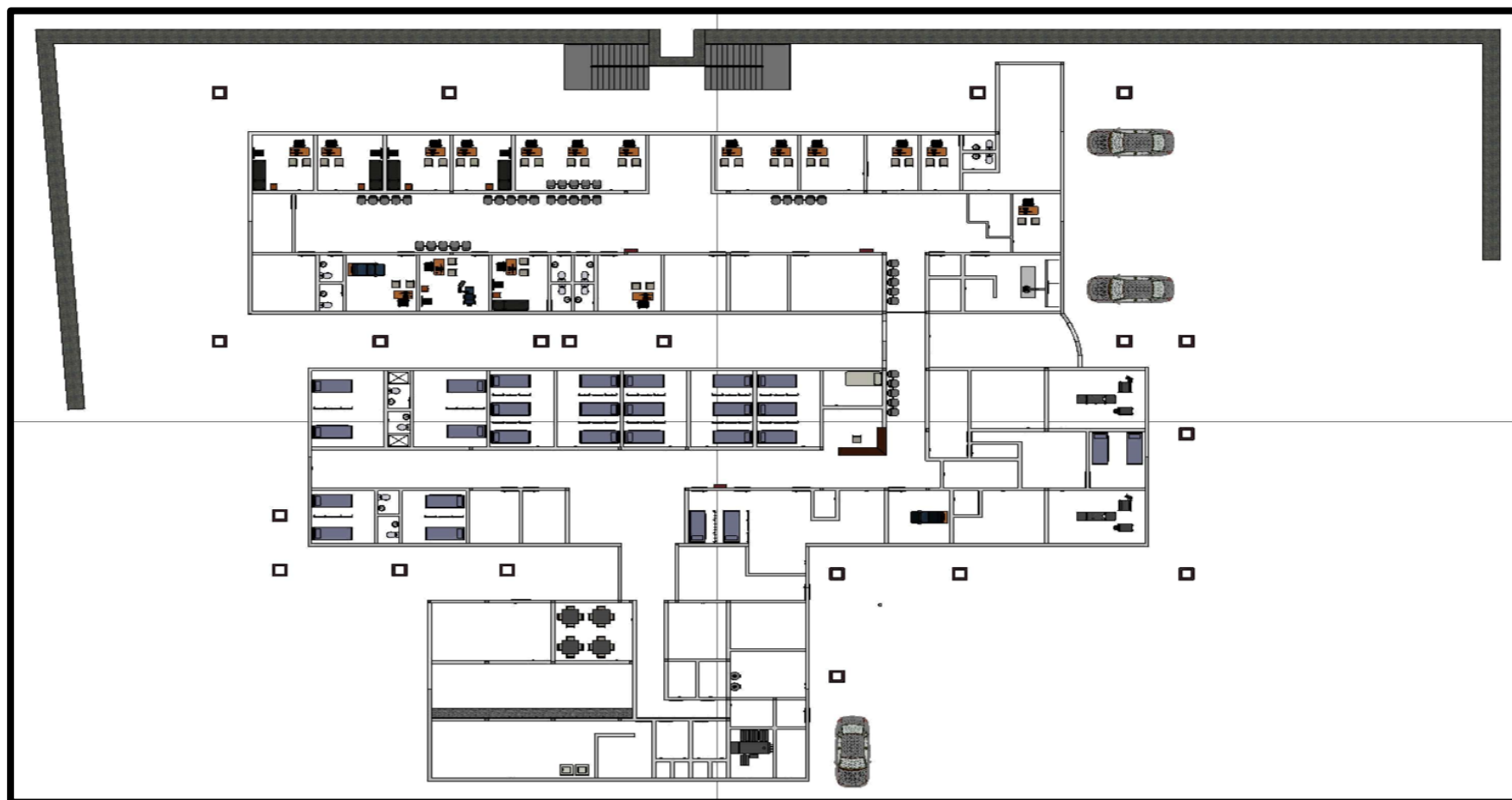


Figura 4.3: Distribución arquitectónica

Fuente: Revit v2016

4.2 Generación y modelación dinámica estructural de la entidad hospitalaria en software especializado

La modelación dinámica de la estructura se realizó en el software CYPECAD v2016.n, el cual incorpora métodos matriciales de elementos finitos y de rigidez apoyado en la introducción de parámetros como: geometría de los elementos estructurales, cargas y datos obtenidos en la realización de los ensayos no destructivos detallados en el Capítulo 2.

Para proceder con modelación estructural es necesario configurar el programa CYPECAD v2016.n con las diferentes normas a emplearse.

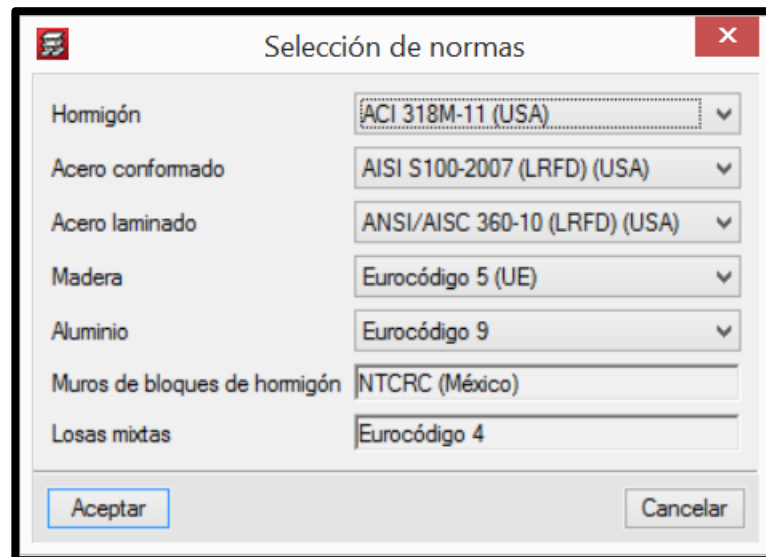


Figura 4.4: Normas a emplearse

Fuente: CYPECAD v2016.n

A continuación se definen en el programa los datos generales de la estructura tales como: calidad de los materiales y capacidad portante del suelo cuyo valor fue calculado a partir del estudio de suelos expresado anteriormente.

Figura 4.5: Datos generales

Fuente: CYPECAD v2016.n

Figura 4.6: Capacidad portante del suelo

Fuente: CYPECAD v2016.n

Consideraciones para el cálculo de la acción sísmica:

- 1) Método de análisis: análisis dinámico (modal espectral)
- 2) Tipología estructural en ambos sentidos: pórtico de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.
- 3) Emplazamiento: Cantón Sísgig, Provincia del Azuay, Región sierra.
- 4) Importancia de la estructura: edificaciones esenciales y/o peligrosas, debido a la clasificación que reciben los hospitales en la NEC.
- 5) Geometría en altura: regular, una sola planta.
- 6) Tipo de suelo: perfiles de suelo muy densos o roca blanda, tipo C
- 7) Otros: las demás consideraciones necesarias para el cálculo de la acción sísmica en el programa CYPECAD serán consideradas por el mismo de acuerdo a la NEC.

The screenshot shows the 'Normativa para el cálculo de la acción sísmica' (Seismic Action Calculation Normative) dialog box in the CYPECAD software. The interface is in Spanish and includes various configuration options for seismic analysis.

Normativa para el cálculo de la acción sísmica

☐ CPE INEN 5.2001 ☐ NEC-11 ☒ NEC-SE-DS 2014

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN
Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

☒ Acción sísmica según X ☒ Acción sísmica según Y

Método de análisis
☒ Dinámico (modal espectral) ☐ Estático (fuerza lateral equivalente)

Definición del espectro
☒ Según norma ☐ Especificado por el usuario

Parámetros de cálculo
Fracción de sobrecarga de uso: 0.25
Factor multiplicador del espectro: 1.00

Estimación del periodo fundamental de la estructura
☒ Según norma ☐ Especificado por el usuario

☐ Altura del edificio

Tipología estructural (X) ☒ I ☐ II ☐ III ☐ IV
Tipología estructural (Y) ☒ I ☐ II ☐ III ☐ IV

Caracterización del emplazamiento
Zona sísmica ☐ I ☒ II ☐ III ☐ IV ☐ V ☐ VI
☒ Sierra, Esmeraldas y Galápagos
Región sísmica ☐ Costa (excepto Esmeraldas) ☐ Oriente
☐ Aplicar reducción a todos los modos excepto al modo fundamental

Importancia de la obra
☒ Edificaciones esenciales y/o peligrosas ☐ Estructuras de ocupación especial ☐ Otras estructuras

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis
☒ Según norma

Sistema estructural
Coeficiente de reducción (X): 6.00
Coeficiente de reducción (Y): 6.00
Coeficiente de regularidad en planta: 0.90
Coeficiente de regularidad en elevación: 0.90
Geometría en altura: ☒ Regular ☐ Irregular

Tipo de suelo
☐ A ☐ B ☒ C ☐ D ☐ E
Perfiles de suelos muy densos o roca blanda (760 m/s > Vs >= 360 m/s)

Buttons: Aceptar, Sin efectos de 2ª orden, Espectro de cálculo, Cancelar

Figura 4.7: Normativa para el cálculo de la acción sísmica

Fuente: CYPECAD v2016.

Luego de definir los parámetros requeridos por el programa se procede con la modelación en 3D de la estructura introduciendo los elementos estructurales en la

disposición que ocupan dentro de la estructura y con sus respectivas secciones. (Anexo 13)

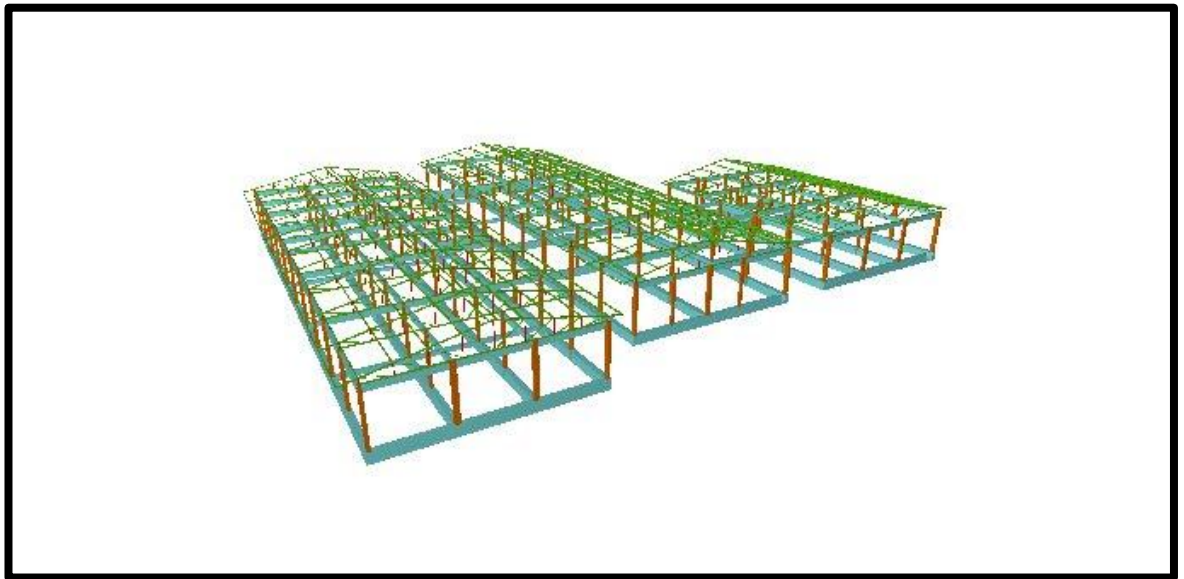


Figura 4.8: Estructura completa

Fuente: CYPECAD v2016.n

4.2.1 Diseño por capacidad

El diseño por capacidad es aplicable para estructuras sometidas a la acción sísmica, los elementos estructurales que resistirán las fuerzas gravitatorias y las acciones sísmicas deben ser cuidadosamente diseñados para ser capaces de disipar la energía y permitir la formación de un adecuado mecanismo de falla (deformación plástica), evitando la ocurrencia de fallas frágiles. (Salas, 2008)

En donde se debe tener en cuenta estas tres ideas principales:

- Considerar que un edificio se comportará de manera inelástica ante la acción de un sismo (sismo de diseño).
- Las partes de la estructura que entrarán en un rango inelástico se deben localizar en las vigas y no en las columnas, prevaleciendo el criterio de columna fuerte – viga débil.
- Las fuerzas en los nudos o rótulas dependen de las armaduras presentes en estas zonas.

4.2.2 Estado límites últimos (E.L.U)

Son estados que al ser superados dejan fuera de servicio a la estructura debido a colapsos totales o parciales afectando la seguridad de sus ocupantes.

Los principales estados límites últimos que deben ser considerados son:

- Falla por equilibrio: produce pérdida de estabilidad ocasionando deslizamientos de la estructura y/o el vuelco de la misma.
- Fallas por deformación: se producen debido al agotamiento de los miembros estructurales debido a cortante, punzonamiento y torsión.

4.2.3 Estados límites de servicio (E.L.S)

Son aquellos que al ser superados no cumplen los criterios de servicio especificados restando seguridad en la estructura debido a motivos de funcionalidad, comodidad o apariencia estética.

Los principales estados límites de servicio a considerarse son:

- Fisuraciones: cuando estas son frecuentes y su abertura es excesiva.
- Deformaciones: se presentan en los miembros estructurales con flechas y/o giros excesivos.
- Vibraciones: se presentan frecuencias de vibraciones que causan molestias.

Cuando estos estados límites de servicio han sido superados la aparición de los mismos resta la percepción de seguridad de la estructura en sus ocupantes.

El programa en el que se ha realizado la modelación genera los coeficientes de seguridad basados en la norma a utilizarse con el fin de comprobar si la estructura cumple o no con los estados últimos mencionados.

4.3 Comprobación del diseño de los miembros estructurales

Luego del proceso de modelación el programa presenta los resultados basados en las normativas utilizadas. A continuación se presenta un análisis de estos resultados en las secciones tipo que se han determinado para columnas y vigas superiores y de cimentación

Cortante (ACI-318M-11)		Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)				Resis. Cortante elemen a flexcom	
$\phi V_n \geq V_e$		$M_{cp} \leq \phi_s M_n$				$\phi_s V_n \geq \phi V_e + 0.1 \mu V_{e,base} \leq M_t + M_b/H_c$	
Eje X	Eje Y	SX+	SX-	SY+	SY-	Eje X	Eje Y
C	C	NC	NC	NC	NC	C	C
C	C	NC	NC	NC	NC	C	C
NC	C	NC	NC	NC	NC	NC	C

Fuente: CYPECAD v2016.n

4.3.2 Vigas de cimentación

Para las vigas de cimentación existe un solo tipo de sección en toda la estructura.

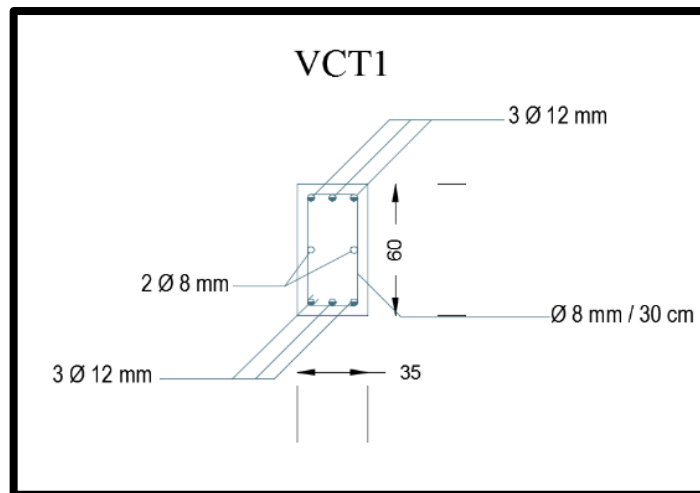


Figura 4.10: Sección y distribución de acero en viga de cimentación tipo

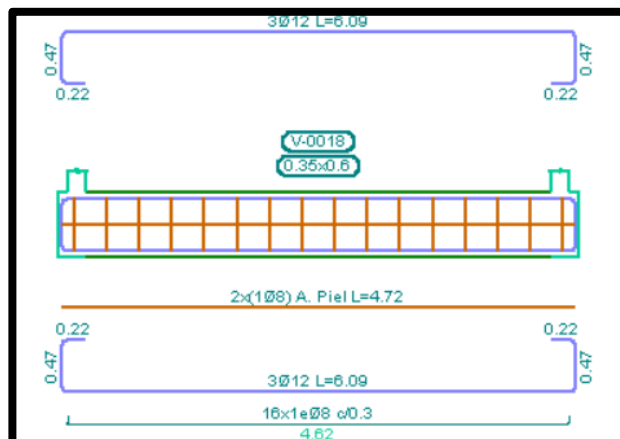


Figura 4.11: Corte viga de cimentación tipo

Fuente: CYPECAD v2016.n

Tabla 4.2: Comprobaciones de resistencia

COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (ACI-318M-11)							ESTADO
VANO	Disp.	Arm.	Q	Q.S.	N,M.	N,M S.	
V-0018: C24-C25	CUMPLE	CUMPLE	ERROR ⁽¹⁾	ERROR ⁽¹⁾	1.834 m $\eta=13.1$	1.834 m $\eta=12.4$	ERROR
	T_c	T_{sc}	T_{sl}	TNM_x	TV_x	TV_y	
	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽²⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	
	TVxst	TVyst	T,Disp.sl	T,Geom.sl	T,Arm.st		
	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾		

Fuente: CYPECAD v2016.n

Error ⁽¹⁾: la separación longitudinal entre armaduras transversales es superior a la necesaria para asegurar un adecuado confinamiento del hormigón sometido a compresión oblicua.

NP ⁽¹⁾: la comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

NP ⁽²⁾: la comprobación no procede, ya que no hay interacción entre torsión y esfuerzos normales.

Tabla 4.3: Comprobaciones de fisuración viga de cimentación

COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (ACI-318M-11)					
VANO	Sc, sup.	Sc,Lat.Der	Sc,inf	Sc,Lat.lzq	ESTADO
V-0018: C24-C25	x: 2.14 m CUMPLE	x: 2.14 m CUMPLE	x: 4.28 m CUMPLE	x: 2.14 m CUMPLE	CUMPLE

Fuente: CYPECAD v2016.n

4.3.3 Vigas superiores

Existen un solo tipo de vigas superiores en la estructura, la disposición del acero longitudinal y transversal se presenta a continuación.

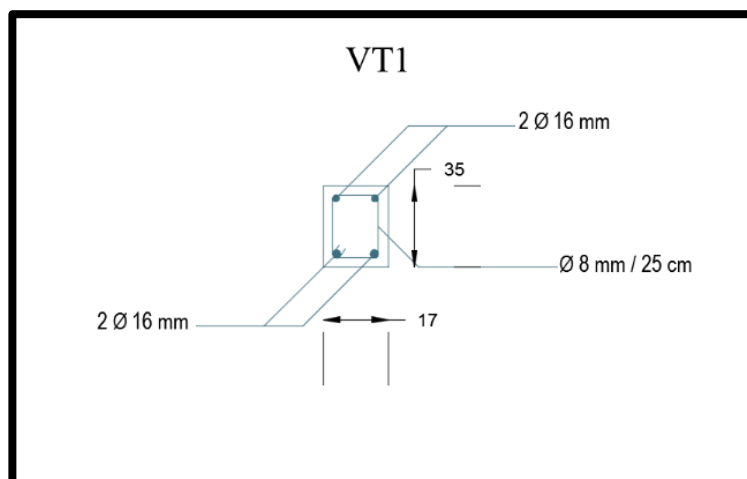


Figura 4.12: Sección y distribución de acero en viga superior tipo

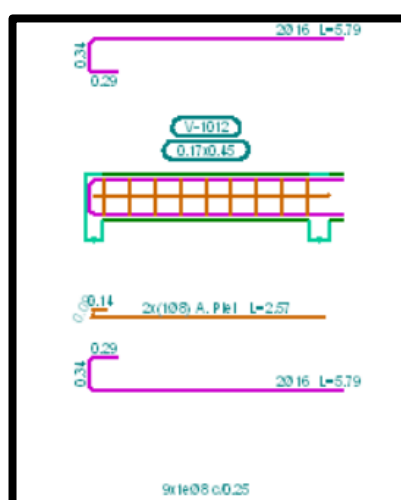


Figura 4.13: Corte viga superior tipo

Fuente: CYPECAD v2016.n

Tabla 4.4: Comprobaciones de resistencia

COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (ACI-318M-11)							
VANO	Disp.	Arm.	Q	Q.S.	N,M.	N,M S.	ESTADO
V-1012: C15- C16	CUMPLE	CUMPLE	ERROR ⁽¹⁾	ERROR ⁽¹⁾	2.045 m η=4.3	C15 m η=5.6	ERROR
	T _c	T _{st}	T _{sl}	TNM _x	TV _x	TV _y	
	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽²⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	
	TVxst	TVyst	T,Disp.sl	T,Geom.sl	T,Arm.st	Sism.	
	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽¹⁾	ERROR ⁽²⁾	
	Disp. S.	Cap. H.	Cap. S.				
	ERROR ⁽²⁾	ERROR ⁽³⁾	ERROR ⁽⁴⁾				

Fuente: CYPECAD v.2016.n

Error ⁽¹⁾: la separación longitudinal entre armaduras transversales es superior a la necesaria para asegurar un adecuado confinamiento del hormigón sometido a compresión oblicua.

Error ⁽²⁾: No cumple: ‘Criterio de diseño por sismo’.

Error ⁽³⁾: No cumple: ‘Cortante de diseño para vigas’.

Error ⁽⁴⁾: No cumple: ‘Resistencia a cortante de elementos en flexión’.

NP ⁽¹⁾: la comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

NP ⁽²⁾: la comprobación no procede, ya que no hay interacción entre torsión y esfuerzos normales.

Tabla 4.5: Comprobaciones de fisuración vigas superiores

COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (ACI-318M-11)					
VANO	Sc, sup.	Sc,Lat.Der	Sc,inf	Sc,Lat.Izq	ESTADO
V-1012: C15-C16	x: 2.045 m CUMPLE	x: 2.045 m CUMPLE	x: 0.682 m CUMPLE	x: 2.045 m CUMPLE	CUMPLE

Fuente: CYPECAD v2016.n

Tabla 4.6: Comprobaciones de flecha en viga tipo

Viga	Activa (Característica)	ESTADO
	$f_{A,max} \leq f_{A,lim}$	
	$f_{A,lim} = L/480$	
V-1012: C15-C16	$f_{A,max}$: 0.00 mm $f_{A,lim}$: 4.26 mm	CUMPLE

Fuente: CYPECAD v2016.n

4.3.4 Diseño por capacidad

El diseño por capacidad viene dado por la sumatoria de los momentos nominales a flexión de las columnas ($\sum M_{nc}$) y la sumatoria de los momentos resistentes nominales a flexión de las vigas ($\sum M_{nb}$), debiendo satisfacer la ecuación expresada en el artículo 21.6.2.2 de ACI-318M-11:

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

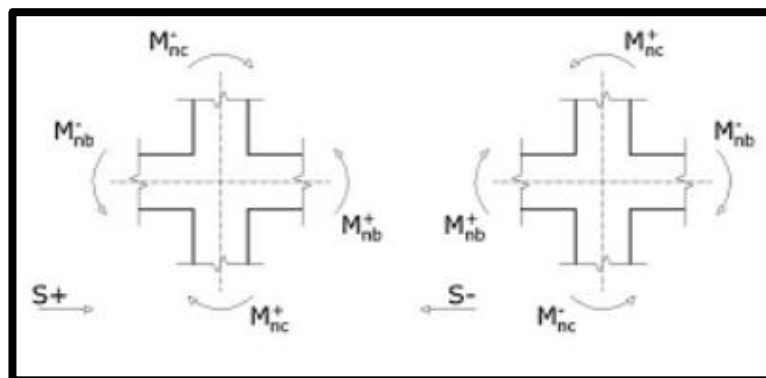


Figura 4.14: Representación de los momentos nominales a flexión

Fuente: CYPECAD v2016.n

Tabla 4.7: Diseño por capacidad

Dirección y sentido de la acción sísmica	Sismo X		Sismo Y	
	S+	S-	S+	S-
$\Sigma M_{nc} \text{ (t}\cdot\text{m)}$	2.61	2.61	1.35	1.35
$\Sigma M_{nb} \text{ (t}\cdot\text{m)}$	4.54	4.54	4.54	4.49
(*): pésimo	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Dirección y sentido de la acción sísmica	Sismo X		Sismo Y	
	S+	S-	S+	S-
$\Sigma M_{nc} \text{ (t}\cdot\text{m)}$	1.07	1.42	1.42	1.42
$\Sigma M_{nb} \text{ (t}\cdot\text{m)}$	4.54	4.51	9.07	9.07
(*): pésimo	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Dirección y sentido de la acción sísmica	Sismo X		Sismo Y	
	S+	S-	S+	S-
$\Sigma M_{nc} \text{ (t}\cdot\text{m)}$	9.18	9.18	2.41	2.41
$\Sigma M_{nb} \text{ (t}\cdot\text{m)}$	18.78	19.15	9.07	9.07
(*): pésimo	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: CYPECAD v2016.n

4.3.5 Cortante basal

Las siguientes tablas presenta el análisis del cortante basal dinámico en la estructura hospitalaria con sus hipótesis y periodos.

Tabla 4.8: Análisis del cortante basal dinámico en la dirección X

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	$V_x(t)$	$V_{d,x}(t)$
SISMO X1	Modo 1	6,6275	24,5257
	Modo 2	2,3311	
	Modo 3	1,1537	
	Modo 4	0,0001	
	Modo 5	4,6196	
	Modo 6	0,0000	
	Modo 7	0,0030	
	Modo 8	0,0097	
	Modo 9	0,0365	
	Modo 10	0,0480	
	Modo 11	6,2227	
	Modo 12	2,1479	
	Modo 13	0,4592	
	Modo 14	19,0391	

Fuente: CYPECAD v2016.n, Justificación de la acción sísmica (Anexo 14)

Tabla 4.9: Análisis del cortante basal dinámico en la dirección Y

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	$V_y(t)$	$V_{d,y}(t)$
SISMO Y1	Modo 1	0,0000	49,2795
	Modo 2	0,0000	
	Modo 3	0,0000	
	Modo 4	0,0000	
	Modo 5	0,0013	
	Modo 6	49,2771	
	Modo 7	0,0003	
	Modo 8	0,0000	
	Modo 9	0,0001	
	Modo 10	0,0228	
	Modo 11	0,0002	
	Modo 12	0,0001	
	Modo 13	0,0000	
	Modo 14	0,0001	

Fuente: CYPECAD v2016.n

Derivas de piso.- El siguiente cuadro muestra el análisis de las derivas de piso obtenidas para la modelación.

Tabla 4.10: Desplome local máximo de los pilares

DESPLOME LOCAL MÁXIMO DE LOS PILARES (δ/h)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
--	--	1/184	1/98

Fuente: CYPECAD v2016.n

CAPÍTULO 5

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Luego de realizar la modelación dinámica de la estructura hospitalaria en el software CYPECAD v2016.n se presenta a continuación los resultados a las solicitaciones analizadas en base a las normativas utilizadas.

5.1 Depuración e interpretación de los resultados obtenidos de la modelación

Las tablas que se muestran a continuación pertenecen a la depuración de los resultados obtenidos de la modelación dinámica para cada una de las columnas de la estructura.

Tabla 5.1: Comprobaciones en columnas

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Tipo	17x30							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	C	C	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C9	C14	C15	C18	C23	C24	C26	C27
Tipo	17x30							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	NC	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	NC	C	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	NC	C	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C28	C30	C31	C34	C35	C36	C37	C38
Tipo	17x30							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	NC	C	NC	NC	C	C	NC	C
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	C	C	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C39	C40	C41	C42	C43	C44	C45	C48
Tipo	17x30							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	NC	C	NC	NC	C	NC	NC	NC
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	NC	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	NC	NC	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	NC	NC	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C50	C53	C64	C67	C68	C69	C70	C71
Tipo	17x30							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	NC	NC	NC	NC	C	C	NC	NC
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	NC	NC
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	NC	C	C	C	NC	NC

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C72	C73	C74	C75	C76	C77	C80	C81
Tipo	17x30							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	NC	C	NC	C	C	NC	NC	NC
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	C	C	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C82	C83	C84	C85	C86	C87	C88	C89
Tipo	17x30							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	NC	NC	NC	C	NC	C	NC	C
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	C	C	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C90	C91	C101	C102	C112	C113	C114	C115
Tipo	17x30							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	C	C	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C116	C117	C118	C119	C120	C121	C122	C123
Tipo	17x30							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	NC	C	NC	C	NC	NC	NC
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	C	C	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C10	C11	C12	C13	C16	C17	C19	C20
Tipo	17x20							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	NC	C	NC	C	C	NC	NC	C
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	C	C	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C21	C22	C25	C46	C47	C49	C51	C52
Tipo	17x20							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	NC	C	NC	C	C	C	NC	NC
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	C	C	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C54	C55	C56	C57	C58	C59	C60	C61
Tipo	17x20							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	NC	C	NC	NC	C	NC
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	C	C	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C62	C63	C65	C66	C92	C93	C94	C95
Tipo	17x20							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	NC	NC	C	NC	NC	NC
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	C	C	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS								
ELEMENTO	C96	C97	C98	C99	C100	C103	C104	C105
Tipo	17x20							
Disposiciones relativas a las armaduras								
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura								
Mínima	C	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	NC	NC	NC	NC	NC	C	NC	NC
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)								
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)								
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)								
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	C	C
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	C	C	C	C	C	C

COMPROBACIONES EN COLUMNAS							
ELEMENTO	C106	C107	C108	C108	C110	C111	C29
Tipo	17x20						17x45
Disposiciones relativas a las armaduras							
Armadura longitudinal	C	C	C	C	C	C	NC
Estribos	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armadura							
Mínima	C	C	C	C	C	C	C
Máxima	C	C	C	C	C	C	C
Estado límite de agotamiento frente a cortante (ACI-318M-11)							
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (ACI-318M-11)							
No sísmica	C	C	C	C	C	C	C
Sísmica	C	C	C	C	C	C	C
Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11)							
Geometría	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Armado longitudinal	C	C	C	C	C	C	C
Armado transversal	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)							
Flexocompresión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cuantía	C	C	C	C	C	C	C
Confinamiento	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resistencia mínima a flexión	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Cortante de diseño para columnas(ACI-318M-11)	C	C	C	C	C	C	NC
Diseño del refuerzo principal (NEC - 14)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Resis. Cortante elemen a flexcom	C	C	C	C	C	C	NC

Fuente: CYPECAD v2016.n

Tabla 5.2: Condición de cortante basal mínimo

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo		Factor de modificación
Sísmo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80V_{s,X}$	$24,5257t \geq 39,3311t$	1,6
Sísmo Y1	$V_{d,Y1} \geq 8.80V_{s,Y}$	$49,2795t \geq 39,3311t$	N.P

Fuente: CYPECAD v2016.n

5.2 Generación de gráficos explicativos de la comparación

Luego del proceso de depuración de datos para las columnas se han realizado los siguientes gráficos que permiten verificar el porcentaje de columnas que cumplen y no cumplen con los criterios que ha analizado el programa en base a las normativas actuales.

Disposiciones relativas a las armaduras:

- **Armadura longitudinal**

La distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor que $S_{l,min}$

$$S_l \geq S_{l,min}$$

En donde:

$S_{l,min}$: Valor máximo de S_1 , S_2 , S_3

$$S_1 = 1.5 D_b; S_2 = 40 \text{ mm}; S_3 = 1.33 D_{Ag}$$

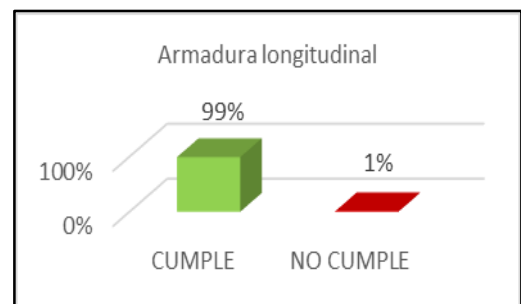


Figura 5.1: Armadura longitudinal

- **Armadura transversal (estribos)**

Todas las barras no pre-esforzadas deben estar confinadas por medio de estribos transversales de por lo menos diámetro No. 10. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014)

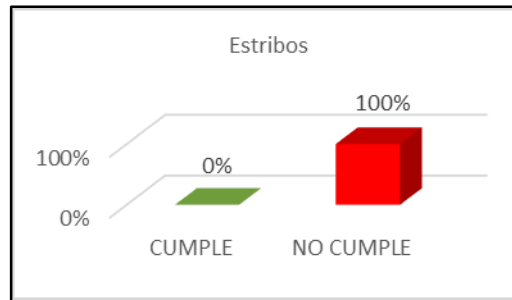


Figura 5.2: Armadura transversal (estribos)

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

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

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

A_g : Área total de la sección de hormigón

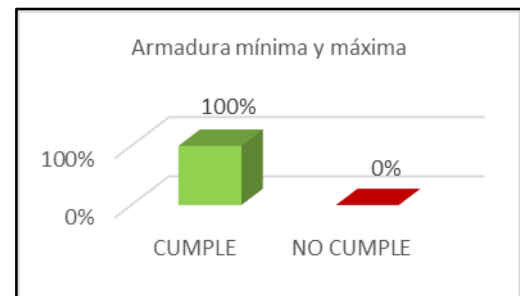


Figura 5.3: Armadura máxima y mínima

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (ACI-318M-11, Artículo 11)

$$\eta = \frac{V_{u,y}}{\phi \cdot V_{n,y}} \leq 1$$

$$V_n = V_c$$

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

$$\sqrt{f_c} > 8.3 \text{ MPa}$$

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

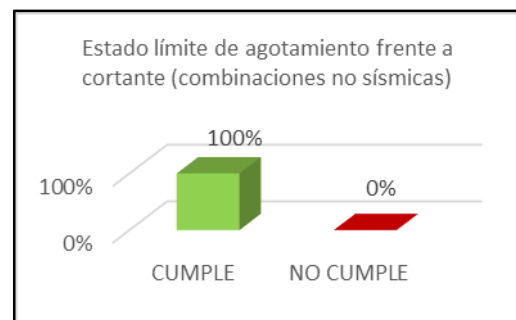


Figura 5.4: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas) (ACI-318M-11, Artículo 11)

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

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0$$

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

$$V_s = 0.66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

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

$$\sqrt{f_c} > 8.3 \text{ MPa}$$

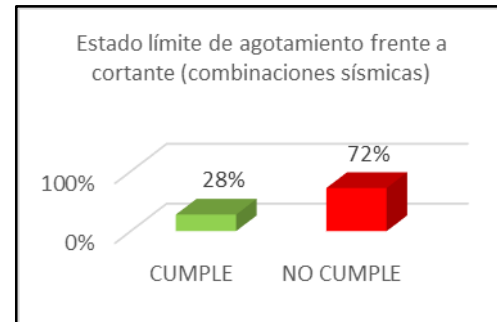


Figura 5.5: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo se producen en el pie para la combinación
1.2 PP + 1.2 CM + 1.6 Qa

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

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

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

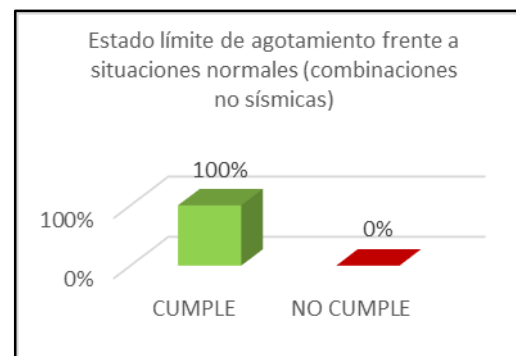


Figura 5.6: Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (combinaciones no sísmicas)

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

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

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

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

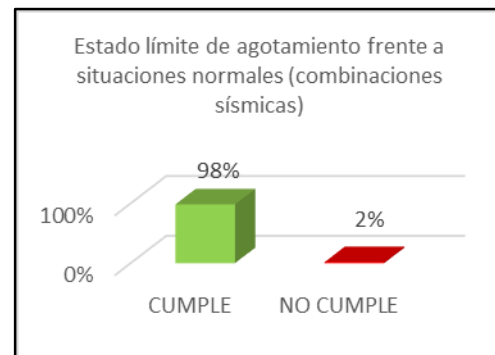


Figura 5.7: Estado límite de agotamiento frente a situaciones normales (combinaciones no sísmicas)

Criterios de diseño por sismo (ACI-318M-11; Artículo 21):

- Geometría**

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

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

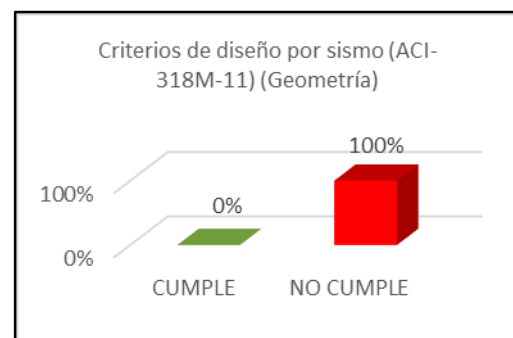


Figura 5.8: Criterios de diseño por sismo

- Armado longitudinal**

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

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

A_g : Área total de la sección de hormigón

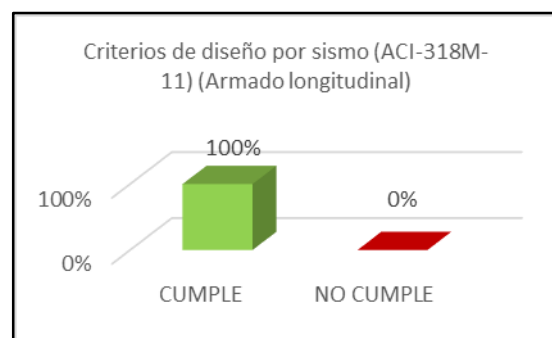


Figura 5.9: Criterios de diseño por sismo (armado longitudinal)

- **Armado transversal**

$$A_{sh} \geq A_{sh,min}$$

$A_{sh,min}$: Valor máximo de A_{sh1} , A_{sh2} .

$$A_{sh1} = 0.3 \cdot \frac{s \cdot b_c \cdot f_c}{f_{yt}} \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh2} = 0.09 \cdot \frac{s \cdot b_c \cdot f_c}{f_{yt}}$$

Criterios de diseño por sismo (NEC-14)

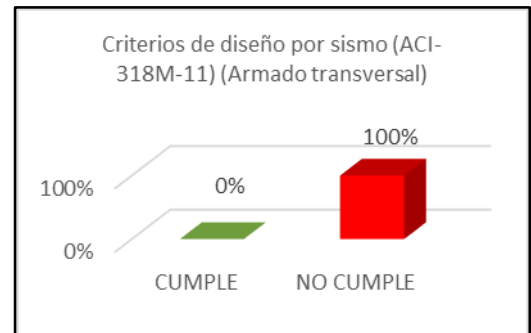


Figura 5.10: Criterios de diseño por sismo (Armado transversal)

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

- Sean parte de sistemas estructurales resistentes a cargas sísmicas.
- Fuerzas axiales menores a: $0.10 \cdot f_c \cdot A_g$.
- Razón entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión en la dirección ortogonal sea mayor a 0.40 mm.
- La dirección más pequeña de la sección transversal no menor que 300 mm.

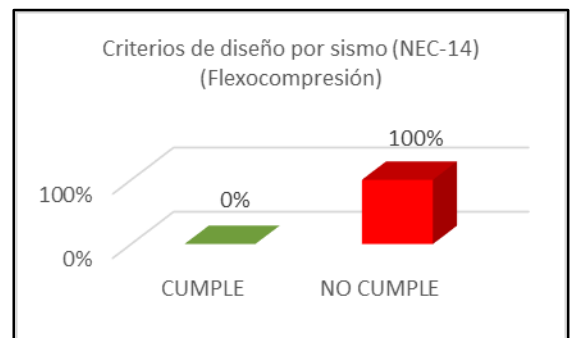


Figura 5.11: Criterios de diseño por sismo (Elementos en flexocompresión)

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

$$0.01 \leq \rho_g \leq 0.03$$

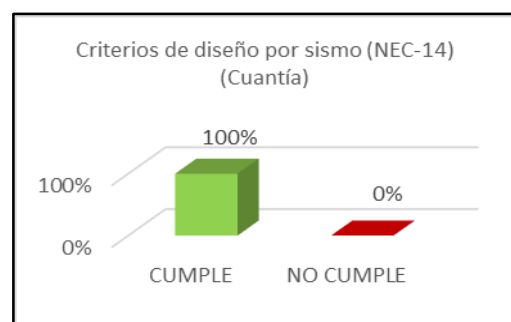


Figura 5.12: Criterios de diseño por sismo (Cuantía máxima del refuerzo longitudinal)

- **Confinamiento (4.3.4)**

La separación “s” máxima del refuerzo en espiral o entre estribos, no debe exceder de seis veces el diámetro menor del refuerzo longitudinal, ni tampoco 100 mm.

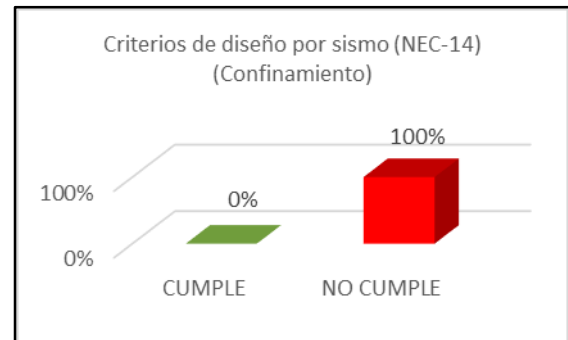


Figura 5.13: Criterios de diseño por sismo (Confinamiento)

Resistencia mínima a flexión de columnas (ACI-318M-11, Artículo 21.6.2.2)

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

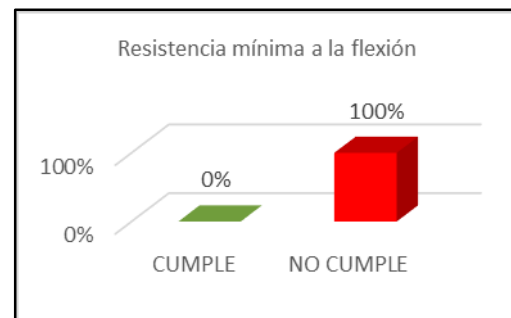


Figura 5.14: Resistencia mínima a la flexión

Cortante de diseño para columnas (ACI-318M-11; Artículo 21.6.5.1)

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

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

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

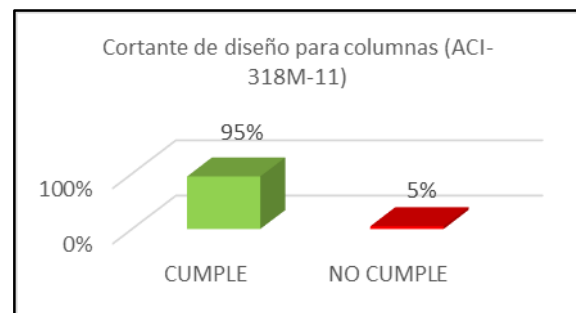


Figura 5.15: Cortante de diseño para columnas

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

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

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

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

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

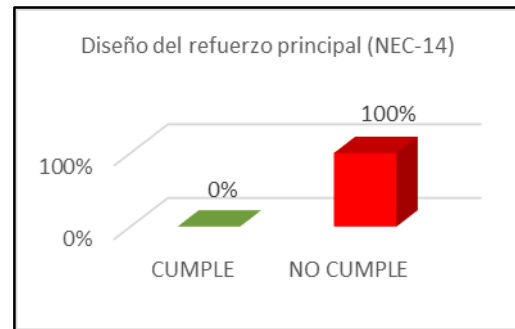


Figura 5.16: Diseño del refuerzo principal en columnas

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

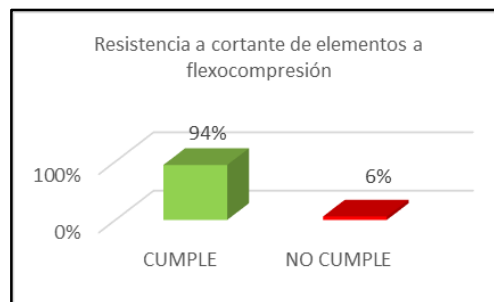


Figura 5.17: Resistencia a cortante de elementos a flexocompresión

Cortante basal dinámico

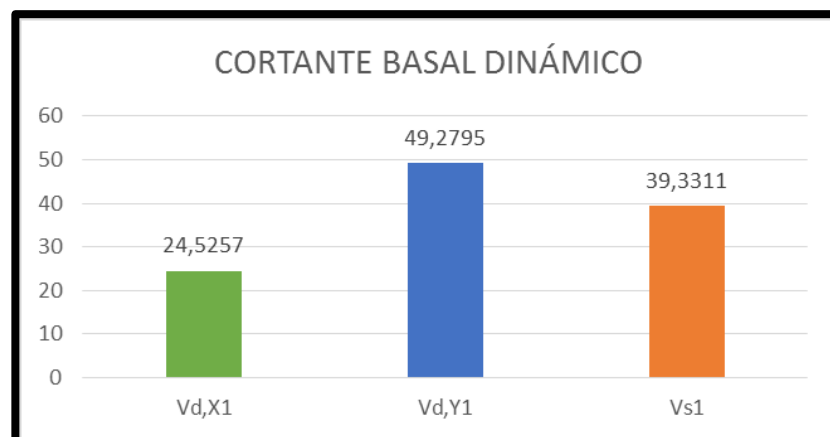


Figura 5.18: Cortante basal dinámico

5.3 Análisis de resultados y elaboración de propuestas de mitigación

Con los resultados obtenidos mediante la aplicación de los formularios de evaluación del ISH, la modelación dinámica y la elaboración de los gráficos explicativos se han realizado las siguientes propuestas de mitigación:

Componente Estructural:

El espaciamiento entre los elementos que conforman la armadura transversal (estribos) en columnas es mayor al límite y el diámetro de las varillas de acero utilizados para la conformación de este refuerzo es menor al diámetro mínimo recomendado por la normativa actual, debido a esto el refuerzo transversal no garantiza un adecuado confinamiento del hormigón, como solución se propone encamisar con acero o con láminas de fibra de carbono las columnas; para que su resistencia a compresión aumente disminuyendo así las derivas en columnas ocasionadas por sismo.

Impermeabilizar con láminas sintéticas y/o emulsiones los elementos expuestos a filtraciones de agua, principalmente en lugares en donde se ha procedido realizar cierres de cubiertas para la ampliación de espacios y la losa de cubierta del laboratorio.

Reubicar o adecuar la sala de rayos X proporcionando un recubrimiento de láminas plomo en sus paredes para evitar la propagación de radiación hacia el exterior.

Colocar amortiguadores lineales de vibración en los pórticos resistentes para reducir las vibraciones ocasionadas por un sismo, los cuales reducirán los efectos de respuesta de la estructura, especialmente en desplazamiento y velocidad ante dicho evento.

Componente no estructural:

Reubicar el área de almacenaje de gases y combustible creando un espacio físico destinado para cada uno de ellos e implementar rótulos de señalización que informen sobre la peligrosidad de los materiales almacenados.

Rehabilitar el sistema contra incendios que posee el hospital para ponerlo en funcionamiento, además, proveer todos los insumos necesarios para el control del fuego en los gabinetes.

Realizar el anclaje correspondiente en los equipos médicos, mobiliario de oficina y estanterías para evitar que estos pongan en riesgo a los ocupantes

Componente funcional:

Mejorar los planes de evacuación en caso de desastre capacitando al personal sobre las funciones que deben cumplir en caso de suscitarse un evento que ponga en riesgo la estructura y sus ocupantes, señalar las rutas de evacuación y puntos de encuentro de manera que sean de fácil identificación para el público en general.

Crear manuales y bitácoras en el departamento de mantenimiento para las reparaciones realizadas a las líneas vitales y componentes estructurales con el fin de poseer información sobre los procedimientos realizados e identificar de manera rápida las causas que provoquen futuros inconvenientes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Luego de la evaluación realizada al Hospital “San Sebastián” se ha determinado el grado de vulnerabilidad que presenta en los aspectos estructurales, no estructurales y funcionales mediante la aplicación de la metodología ISH, la cual clasifica a esta entidad hospitalaria en la categoría B.
- La modelación en software especializado mediante modelos matemáticos concluye que la estructura presenta elementos que no satisfacen las normativas vigentes de construcción sismoresistente, lo que implica realizar métodos de reforzamiento estructural.
- La modelación de la estructura complementó la evaluación realizada bajo la metodología ISH, la misma que precisó un cambio de perspectiva de la seguridad estructural al ser un método de análisis investigativo en comparación con la metodología ISH que es un método evaluativo de carácter visual.
- La evaluación realizada en este trabajo se profundizó en el componente estructural, para el cual se formuló propuestas de mitigación y reforzamiento, pero es responsabilidad de la entidad encargada de la administración del hospital la realización de una evaluación complementaria conformada por un equipo multidisciplinario y multisectorial con el fin de adoptar el método de reforzamiento adecuado según los criterios técnicos y económicos que la evaluación concluya.

Recomendaciones:

- Debido a q las entidades hospitalarias están catalogadas dentro de las edificaciones esenciales y/o peligrosas según la Norma ecuatoriana de la construcción, se recomienda realizar un análisis dentro del rango inelástico no-lineal, para evaluar la posibilidad de colapso parcial, progresivo y total de la estructura.
- Se recomienda realizar una evaluación económica para cuantificar la conveniencia de la aplicación de un método de reforzamiento estructural frente al costo de la estructura existente.
- Evaluar la posibilidad de recategorizar a la entidad en dependencia de las condiciones funcionales y de seguridad estructural que presenta, con el fin de proponer la construcción de una nueva edificación que cumpla con los parámetros técnicos y funcionales expresados por las normativas vigentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Badillo, J., & Rodríguez, R. (2005). *Mecánica de Suelos: Fundamentos de la MECÁNICA DE SUELOS* (Vol. 1). México: Limusa.
- Centro de Conocimiento en Salud Pública y Desastres. (s.f.). *Centro de Conocimiento en Salud Pública y Desastres*. Recuperado el 2015, de http://www.saludydesastres.info/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=473&lang=es
- Cortes, G. G. (1986). *Portal de revistas Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <http://revistas.unal.edu.co/index.php/ingenv/article/viewFile/21576/22582>
- Demoraes, F., & D'ercole, R. (2011). *Nacionalización de la extracción en Bolivia y Ecuador*. Recuperado el 18 de 01 de 2016, de http://www.proyecto-nebe.org/upload/books/5/Ecuador_original.pdf
- Diagnostic Research Company. (s.f.). Manual de Usuario ECTHA 1000.
- Earth, G. (2016).
- Gómez de León, E. (2009). *Ultrasonidos nivel II: Ensayos no destructivos*. Madrid: Fundación Confemental.
- Llanes Burón, C. (s.f.). Evaluación de Amenazas.
- M. Das, B. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. California, Estados Unidos.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Obtenido de <http://normaconstruccion.ec/>
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2008). *Organización Panamericana de la Salud*. Recuperado el 2015, de <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/6250/SafeHosEvaluat orGuideSpa.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2015). *Centro regional de información sobre desastres para América Latina y El Caribe*. Recuperado el 26 de 11 de 2015, de <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc17160/doc17160-contenido.pdf>
- Quizhpe, J., & varios. (2011). *Justificación técnica para la ampliación del Hospital San Sebastián*.
- Salas, N. (2008). *EL DISEÑO POR CAPACIDAD EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO*. Recuperado el 09 de 09 de 2016, de <http://es.slideshare.net/nelsonrsalas/diseo-por-capacidad>
- Santamarina, C., & Narsilio, G. (s.f.). *Clasificación de suelos*. Recuperado el 2016 de 07 de 13, de <http://pmrl.ce.gatech.edu/presentations/Paper%20-%20Venezuela%202008.pdf>