



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

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

**Evaluación estructural de la entidad hospitalaria
“Hospital General Macas” de la ciudad de Macas-provincia
de Morona Santiago – para cuantificar 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**

Autores:

**EDISON ANDRÉS LITUMA SOLÍS
FRANKLIN JUVENAL SOLÍS CAMACHO**

Director:

JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ CALERO

CUENCA, ECUADOR

2016

DEDICATORIA

Mi tesis va dedicada a las personas más importantes en mi vida, mis padres Edison Lituma y Columba Solís, gracias por apoyarme y estar siempre para mí.

A mis hermanas Dayana y Brenda, gracias por formar parte de mi vida.

A mi tía Leonor, que pese a todo siempre ha estado dispuesta apoyarme en todo instante de este largo camino.

Edison Andrés Lituma Solís.

DEDICATORIA

Mi tesis va dedicada a las personas más importantes en mi vida, mi madre Nélide Ubaldina Camacho Orellana, gracias por apoyarme y estar siempre para mí.

A mis hermanos, gracias por formar parte de mi vida.

A dos personas muy importantes en mi vida, Paul un amigo que hoy no está conmigo pero que pese a todo siempre estuvo dispuesto apoyarme en todo instante de este largo camino, a la mujer que me apoyo y nunca dudo de mí y de mis capacidades muchas gracias por el apoyo brindado en todo momento.

Franklin Juvenal Solis Camacho.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad del Azuay por abrirnos las puertas de la institución y permitirnos estudiar la carrera.

A los profesores por brindarnos toda su confianza y darnos las herramientas necesarias para poder desempeñarnos adecuadamente en nuestra vida profesional.

Un agradecimiento especial a nuestro director de tesis Ing. José Fernando Vázquez Calero por la oportunidad de formar parte de este proyecto, por su paciencia y por su dedicación para sacar este proyecto adelante.

A los miembros del tribunal asignado Ing. Roberto Gamón Torres e Ing. Paúl Cordero Díaz por darse el tiempo de revisar y corregir nuestra tesis.

Finalmente, a todos los compañeros y amigos que formaron parte de este largo camino gracias por todo su apoyo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general.	4
1.2.2 Objetivos específicos:.....	4
1.3 Metodología.....	5
1.4 Descripción general	9
1.4.1 Ubicación geográfica.....	9
1.4.2 Seguridad estructural	10
1.4.3 Aspectos relacionados con la seguridad no estructural	10
1.4.4 Amenazas.....	10
1.5 Estado del arte y marco teórico	20

CAPÍTULO II: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN 23

2.1	Recopilación de información arquitectónica y de ingeniería.	23
2.2	Determinación del nivel de aplicación del índice de seguridad hospitalaria en las áreas estructural y parte de las no estructurales.	36
2.3	Resultado del índice de seguridad hospitalaria.....	81
2.4	Determinación de las características geotécnicas del suelo mediante spt (standard penetration test).	83

CAPÍTULO III: AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE ESPECÍFICA LA NORMA. 84

3.1	Cargas gravitacionales.....	84
3.1.1	Cargas vivas de uso	84
3.1.2	Cargas muertas y permanentes	84
3.2	Cargas accidentales.....	85
3.2.1	Cargas sísmicas	85
3.2.2	Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones (S_a).....	90
3.2.3	Datos generales.....	91
3.2.4	Deriva de piso.....	93
3.2.5	Combinaciones de cargas	94

CAPÍTULO IV: MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA 95

4.1	Idealización del modelo de estructura hospitalaria.....	95
-----	---	----

4.2	Generación y modelación dinámica estructural del hospital en software especializado.....	98
4.3	Respuesta estructural	101
4.3.1	Rigidez	101
4.3.2	Resistencia	102
4.3.3	Ductilidad	103
4.3.4	Diseño por capacidad.....	104
4.4	Esfuerzos últimos	105
4.4.1	Estados límites últimos (ELU)	105
4.4.2	Estados límites de servicio (ELS).....	106
4.5	Comprobación del diseño de los diferentes miembros estructurales.....	107

CAPÍTULO V: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 114

5.1	Depuración e interpretación de los resultados obtenidos de la modelación....	114
5.2	Generación de gráficos explicativos.....	122
5.2.1	Armadura longitudinal.....	122
5.2.2	Estribos.....	123
5.2.3	Armadura mínima y máxima.....	124
5.2.4	Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas).....	125
5.2.5	Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)....	126
5.2.6	Separación armaduras transversales	127
5.2.7	Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal	128
5.2.8	Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas).....	129

5.2.9	Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas).....	130
5.3	Criterios de diseño por sismo (ACI 318M-11).....	131
5.3.1	Geometría	131
5.3.2	Armadura longitudinal.....	132
5.3.3	Armadura transversal.....	133
5.4	Criterios de diseño por sismo (NEC-14)	134
5.4.1	Elementos en flexo compresión.....	134
5.4.2	Cuantía máxima de refuerzo longitudinal.	135
5.4.3	Confinamiento.	135
5.4.4	Resistencia mínima a la flexión.....	136
5.4.5	Cortante de diseño para columnas (ACI)	136
5.4.6	Diseño del refuerzo principal (NEC-14)	137
5.4.7	Resistencia a cortante de elementos en flexo compresión (NEC-14).....	137
5.5	Análisis de los criterios del bloque 2 como ejemplo de cálculo.....	138
5.6	Medidas de mitigación	139
	CONCLUSIONES	141
	RECOMENDACIONES	143
	BIBLIOGRAFÍA	144
	ANEXOS	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Mapa de la litología del cantón Morona.....	11
Figura 1-2: Mapa de movimiento de masas del cantón Morona.....	12
Figura 1-3: Mapa del área de inundación del cantón Morona	13
Figura 1-4: Mapa de isoyetas del cantón Morona.....	14
Figura 1-5: Mapa de peligro volcánico del cantón Morona.....	15
Figura 1-6: Mapa de onda expansiva de explosiones.....	16
Figura 1-7: Mapa de cercanía de árboles	17
Figura 1-8: Mapa de tráfico vehicular.....	17
Figura 2-1: Plano sistema de iluminación etapa I y IV	23
Figura 2-2: Plano sistema de fuerza etapa I y IV	24
Figura 2-3: Plano sistema de apantallamiento, tableros, canaleta y alimentadores etapa I y IV.....	25
Figura 2-4: Plano salidas especiales aire acondicionado	26
Figura 2-5: Diagrama unifilar general.....	27
Figura 2-6: Diagrama unifilares	28
Figura 2-7: Plano sistema de gases medicinales planta baja.....	29
Figura 2-8: Plano alcantarillado combinado	30
Figura 2-9: Plano instalaciones hidráulicas planta baja	31
Figura 2-10: Plano instalaciones sanitarias planta baja	32
Figura 2-11: Plano pozo rectangular tipo 1	33
Figura 2-12: Plano pozo rectangular tipo 2.....	34
Figura 2-13: Plano pozo rectangular tipo 3.....	35
Figura 2-14: Generadores y tableros	73
Figura 2-15: Iluminación rayos-x.....	74
Figura 2-16: Cisterna.....	74
Figura 2-17: Casa de bombas	75
Figura 2-18: Depósito de combustible	75
Figura 2-19: Ubicación depósito de combustibles	76
Figura 2-20: Central de oxígeno	76
Figura 2-21: Sistema de distribución gases medicinales.....	77
Figura 2-22: Aire acondicionado y calefacción	77

Figura 2-23: Mobiliario de oficina	78
Figura 2-24: Equipos de laboratorio	78
Figura 2-25: Equipos médicos	79
Figura 2-26: Ventanales y parqueadero	79
Figura 2-27: Acceso de ambulancias	80
Figura 2-28: Losa de cubierta	80
Figura 2-29: Seguridad estructural ISH	81
Figura 2-30: Seguridad no estructural ISH	81
Figura 2-31: Seguridad funcional ISH	82
Figura 2-32: Índice de seguridad hospitalaria.....	82
Figura 3-1: Mapa de zonificación sísmica del Ecuador	86
Figura 3-2: Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones	90
Figura 3-3: Espectro elástico de aceleración.....	92
Figura 3-4: Espectro de diseño según X e Y	93
Figura 4-1: Vistas en planta hospital renderizado.....	96
Figura 4-2: Instalaciones	97
Figura 5-1: Armadura longitudinal	122
Figura 5-2: Estribos.....	123
Figura 5-3: Armadura mínima y máxima.....	124
Figura 5-4: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas).....	125
Figura 5-5: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas).....	126
Figura 5-6: Separación armaduras transversales.....	127
Figura 5-7: Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal	128
Figura 5-8: Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales (combinaciones no sísmicas).....	129
Figura 5-9: Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales (combinaciones sísmicas).....	130
Figura 5-10: Geometría	131
Figura 5-11: Armadura longitudinal	132
Figura 5-12: Armadura transversal	133
Figura 5-13: Elementos en flexo compresión	134
Figura 5-14: Cuantía máxima de refuerzo longitudinal	135

Figura 5-15: Confinamiento	135
Figura 5-16: Resistencia mínima a la flexión	136
Figura 5-17: Cortante de diseño para columnas (ACI)	136
Figura 5-18: Diseño del refuerzo principal	137
Figura 5-19: Resistencia a cortante de elementos en flexo compresión	137
Figura 5-20: Análisis de los criterios del bloque 2 como ejemplo de cálculo....	138
Figura 5-21: Criterios de diseño por sismo bloque 2	138
Figura 5-22: Criterios de diseño por sismo bloque 2	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Niveles de seguridad para una edificación.....	7
Tabla 2.1: Índice de seguridad hospitalaria.....	36
Tabla 3.1: Cargas vivas de uso.....	84
Tabla 3.2: Cargas muertas y permanentes.....	85
Tabla 3.3: Factor de zona	86
Tabla 3.4: Tipos de perfiles de suelo	87
Tabla 3.5: Tipo de suelo y factores de sitio Fa	88
Tabla 3.6: Tipo de suelo y factores de sitio Fd	89
Tabla 3.7: Tipo de suelo y factores de sitio Fs.....	89
Tabla 3.8: Factores para elaborar el espectro de respuesta de la ciudad de Macas....	91
Tabla 3.9: Control de deriva de piso	93
Tabla 4.1: Datos generales del pilar	107
Tabla 4.2: Listado de comprobaciones Bloque 1	108
Tabla 4.3: Datos generales de la viga tipo	110
Tabla 4.4: Datos generales de la viga tipo completa.....	110
Tabla 4.5: Resumen de comparaciones de resistencia viga tipo	111
Tabla 4.6: Resumen de comprobaciones de fisuración viga tipo.....	111
Tabla 4.7: Resumen de comprobaciones de flecha viga tipo	111
Tabla 4.8: Resumen de comprobación de dirección y sentido de la acción sísmica	112
Tabla 4.9: Cortante basal dinámico por dirección e hipótesis sísmica en el eje X,Y	113
Tabla 5.1: Interpretación de resultados losa 2.....	114
Tabla 5.2: Interpretación de resultados losa 3.....	116
Tabla 5.3: Interpretación de resultados losa 4.....	118
Tabla 5.4: Datos generales columna tipo C1, C1'	119
Tabla 5.5: Datos generales columna tipo C2, C2'	120
Tabla 5.6: Datos generales columna tipo C3, C3'	120
Tabla 5.7: Datos generales columna tipo C4	121
Tabla 5.8: Condición de cortante basal mínimo	121
Tabla 5.9: Desplome de pilares	122

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Planos Hospital General Macas

Anexo 2: Bloques Cype

Anexo 3: Columnas

Anexo 4: Fotos Hospital General Macas

Anexo 5: Fotos bloques CYPE.

Anexo 6: Mapas

Anexo 7: Ortofoto

Anexo 8: Planos descriptivos

Anexo 9: Revit

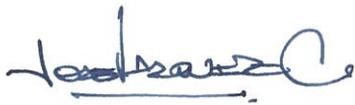
Anexo 10: Videos hospital

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA ENTIDAD HOSPITALARIA
“HOSPITAL GENERAL MACAS” DE LA CIUDAD DE MACAS-
PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO – PARA CUANTIFICAR
AMENAZAS Y VULNERABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN
HOSPITALARIA”**

RESUMEN

La finalidad del proyecto es la determinación de amenazas y evaluación estructural, no estructural y funcional del Hospital General Macas, que forma parte del proyecto de investigación científica de la Universidad del Azuay, “Implementación de una estrategia de Hospitales Seguros Frente a Desastres”. Primero se procedió a recabar información de la entidad hospitalaria como: planos arquitectónicos, estudios geotécnicos e información estructural obtenida mediante ensayos no destructivos, se identifica las amenazas internas y externas. Una vez definidos los parámetros de la edificación se realiza el análisis dinámico estructural; para determinar el grado de cumplimiento de los miembros estructurales se generó un modelo matemático idealizado con la normativa vigente. Para concluir se formularon propuestas de mitigación intentando disminuir la vulnerabilidad y riesgo.

Palabras clave: Entidad hospitalaria, estructura, evaluación, investigación, ingeniería.



José Fernando Vázquez Calero

Director del Trabajo de Titulación



Paúl Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela



Edison Andrés Lituma Solís



Franklin Juvenal Solís Camacho

Autores

**STRUCTURAL EVALUATION OF "HOSPITAL GENERAL MACAS "
LOCATED IN THE CITY OF MACAS, MORONA SANTIAGO PROVINCE –
TO QUANTIFY THE THREATS AND VULNERABILITY OF THE
HOSPITAL BUILDING"**

ABSTRACT

The purpose of the project is to determine the threats and the structural, non-structural and functional evaluation of the *Hospital General Macas*; study entitled "Implementation of a strategy of hospitals safe from disasters", which is part of a scientific research project carried out by Universidad del Azuay. First, information from the hospital entity such as architectural drawings, and geotechnical and structural information was collected through nondestructive testing; consequently, the internal and external threats were identified. Once the parameters of the building were defined, the structural dynamic analysis is performed. In order to determine the degree of compliance with the structural members, an idealized mathematical model based on current regulations was generated. To conclude, mitigation proposals were made so as to reduce vulnerability and risk.

Keywords: Hospital Entity, Structure, Evaluation, Research, Engineering.



José Fernando Vázquez Calero
Thesis Director



Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director



Edison Andrés Lituma Solís



Franklin Juvenal Solís Camacho

Authors



Translated by,

Lic. Lourdes Crespo

Lituma Solís Edison Andrés
Solís Camacho Franklin Juvenal
Trabajo de Titulación
Ing. José Fernando Vázquez Calero M.Sc.
Octubre, 2016

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA ENTIDAD HOSPITALARIA
“HOSPITAL GENERAL MACAS” DE LA CIUDAD DE MACAS -
PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO – PARA CUANTIFICAR
AMENAZAS Y VULNERABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN
HOSPITALARIA”**

INTRODUCCIÓN

El Ecuador forma parte del cinturón de fuego del pacífico, una de las zonas sísmicas más activas en el mundo, además se encuentra en una zona geográfica de una constante actividad telúrica por la interacción de la placa tectónica Sudamericana y la placa tectónica de Nazca; motivo por el cual las edificaciones están sometidas a una continua actividad sísmica.

Los efectos producidos por grandes sismos en el Ecuador han sido devastadores produciendo pérdida de vidas humanas y destrucción de edificaciones; hay que tener en consideración que el mayor daño no se produce por el sismo, más bien por el desmoronamiento de edificaciones, que a su vez está ligado con el mal diseño o fallas en el proceso de construcción de las estructuras.

Por lo antes mencionado es importante verificar el estado de edificaciones esenciales como la entidad hospitalaria Hospital General Macas, que a pesar de ser de construcción reciente y su normativa se apega a las exigencias de la norma vigente siempre es importante verificar que dichas normas se cumplan durante el proceso constructivo.

En el capítulo I se da a conocer la problemática, el objeto de investigación, se plantea el objetivo general y los objetivos específicos que se van a desarrollar durante la investigación, también se presenta toda la base teórica en la que se va a sustentar el proyecto.

En el capítulo II se presenta la información recopilada tanto arquitectónica como de ingeniería; se realiza y se interpretan los resultados del Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH), mediante la metodología de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS); finalmente se identifican las propiedades geotécnicas del suelo.

En el capítulo III se realiza la agrupación de cargas que van a intervenir en nuestro modelo, mismas que fueron tomadas de la normativa vigente en este caso Norma Ecuatoriana de la Construcción 2014 (NEC-SE-2014).

En el capítulo IV se presenta el modelo digital arquitectónico elaborado en BIM y el modelo matemático que presenta el comportamiento de la edificación ante la acción del sismo, mismo que se realizó en CYPE 3D 2016.

En el capítulo V se presentan los gráficos comparativos y resultados obtenidos de la modelación, a continuación se dan a conocer medidas de mitigación para reducir la vulnerabilidad y riesgo del hospital.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes.

En el año 1964, en la provincia de Morona Santiago, se creó la primera Asistencia Social ejecutada por la provincia del Azuay, para 1968 en la ciudad de Macas capital de la provincia, se crea el primer centro de salud pública al servicio de la colectividad. Durante los años 1973 - 1989 el sub centro de salud pública, toma el nombre de Hospital “Provincial de Macas”, el mismo que tenía una dotación de 16 camas; en el año 1990 existió un incremento de 25 camas, logrando atender con mayor eficiencia a la comunidad.

En 1992 el Hospital Provincial de Macas, luego de 18 años de darse el proceso de la descentralización en áreas de salud, se convirtió en Jefatura de Área, prestando sus servicios con la misma dotación de camas frente a un alto crecimiento poblacional, ocasionando que esta casa de salud no preste sus servicios de forma eficiente.

El Hospital Provincial de Macas fue cabecera del área de salud No.1 Morona, siendo este un hospital de referencia en la provincia de Morona Santiago, con las cuatro especialidades básicas de cirugía, medicina general, traumatología y neonatología. (Ministerio de Salud Pública, 2015)

El 29 de mayo del 2010 el nuevo y flamante Hospital Macas después de una incansable lucha de más de diecisiete años consecutivos abre sus puertas al público como uno de los hospitales emblemáticos del país. La inversión fue alrededor de más de 6,7 millones de dólares; la construcción de esta casa de salud fue creada para el servicio de la comunidad Amazónica con una infraestructura moderna y equipamiento tecnológico de punta con las cuatro especialidades básicas de: pediatría, cirugía, ginecología y medicina interna. Además, cuenta con el servicio de imagenología y anestesiología y sub especialidades en neonatología, traumatología, emergencia y dermatología.

El Hospital Macas es una de las casas de salud más completas de la región Amazónica con una capacidad de 70 camas, brindando atención de primera a una población de 145.000 habitantes pertenecientes al cantón Morona y otras provincias de la Amazonia como Pastaza y Zamora.

En la actualidad esta casa asistencial debido al rápido crecimiento poblacional del 2% anual tiene un alto índice de demanda en sus servicios, es así que en consulta externa se atiende alrededor de 250 pacientes diarios. (Ministerio de Salud Pública, 2015)

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo general.

Evaluar los elementos estructurales y parte de los no estructurales de la entidad Hospitalaria General Macas, cuantificando las amenazas y la vulnerabilidad de la edificación.

1.2.2 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 permiten determinar las características geológicas del hospital.
-) Evaluar los elementos estructurales y parte de los no estructurales del hospital, utilizando fichas de evaluación.
-) Diseñar una maqueta virtual utilizando un software BIM (modelado en 3D)
-) Agrupar y modelar las cargas que especifica la norma NEC-SE-2014 utilizando un software especializado y comparar con el diseño estructural existente.
-) Cuantificar la vulnerabilidad y el riesgo de la edificación de salud basándonos en los resultados obtenidos.
-) Proponer medidas de mitigación y reforzamiento.

1.3 Metodología.

Se evaluarán las amenazas identificadas y por definir al entorno de la instalación hospitalaria, con la ayuda de mapas de riesgo de la Dirección Nacional de Riesgo (DNR), Sistemas de Información Geográfica (SIG) y entrevistas a diferentes funcionarios de la entidad hospitalaria, teniendo presente los siguientes conceptos fundamentales.

Amenaza o peligro (A).- definida como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastrosa durante cierto período de tiempo en un sitio dado. (Cardona, 1986)

Riesgo Específico (Rs). - es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad. (Cardona, 1986)

Elementos Expuestos a Riesgo (E).- la población, las edificaciones, obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada. (Cardona, 1986)

Riesgo Total (Rt).- el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un evento desastroso, es decir, el producto del Riesgo Específico Rs y los elementos bajo riesgo E. (Cardona, 1986)

Una vez conocida la amenaza o peligro (A_i), entendida como la probabilidad de que presente un evento con una intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t , y conocida la vulnerabilidad V_e , entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto a ser afectado o de ser susceptible de sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento con una intensidad i , el riesgo R_{ie} puede entenderse como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento e , como consecuencia de la ocurrencia de un evento con una intensidad mayor o igual a i . (Cardona, 1986)

$$R_{ie} = (A_i * V_e)$$

Es decir, la probabilidad de exceder unas consecuencias sociales y económicas durante un período de tiempo t dado. (Cardona, 1986)

La organización de Naciones Unidas complementa el término de Amenaza como peligro evento físico, potencialmente perjudicial, fenómeno y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Estos incluyen condiciones latentes que pueden derivar en futuras amenazas/peligros, los cuales pueden tener diferentes orígenes: natural (geológico, hidrometeorológico y biológico) o antrópico (degradación ambiental y amenazas tecnológicas). Las amenazas pueden ser individuales, combinadas o secuenciales en su origen y efectos. Cada una de ellas se caracteriza por su localización, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad. ((EIRD), Estrategia Internacional para la reducción de desastres, 2010)

Gestión del riesgo de desastres. - Es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas, estrategias y fortalecer sus capacidades a fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos consecuentes. Esto involucra todo tipo de actividades, incluyendo medidas estructurales y no-estructurales para evitar (prevención) o limitar (mitigación y preparación) los efectos adversos de los desastres. ((EIRD), Estrategia Internacional para la reducción de desastres, 2010)

Evaluación del riesgo. - análisis y metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de amenazas potenciales y evaluación de condiciones existentes de vulnerabilidad que pudieran representar una amenaza potencial o daño a la población, propiedades, medios de subsistencia y al ambiente del cual dependen. El proceso de evaluación de riesgos se basa en una revisión tanto de las características técnicas de amenazas, a saber: su ubicación, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad; así como en el análisis de las dimensiones físicas, sociales, económicas y ambientales de la vulnerabilidad y exposición; con especial consideración a la capacidad de enfrentar los diferentes escenarios del riesgo. ((EIRD), Estrategia Internacional para la reducción de desastres, 2010)

Desarrollo sostenible. - desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de cubrir sus propias necesidades. Incluye dos conceptos fundamentales: “necesidades”, en particular aquellas inherentes a los pobres, a quienes se debe dar prioridad; y la idea de “limitaciones” de la capacidad del ambiente para resolver necesidades presentes y futuras, impuestas por el estado de la tecnología y la organización social. (Riechmann, 2016)

El desarrollo sostenible se basa en el desarrollo socio-cultural, la estabilidad y decoro político, el crecimiento económico y la protección del ecosistema, todo ello relacionado con la reducción del riesgo de desastres. ((EIRD), Estrategia Internacional para la reducción de desastres, 2010)

Vulnerabilidad estructural. - la vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a posibles daños en aquellas partes del establecimiento hospitalario que lo mantienen en pie incluso ante un sismo intenso. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas y losas. (Applied Technology Council (ATC), 1995)

El ATC-331 define varios niveles de seguridad para una edificación en caso de que se presente un evento sísmico importante. El siguiente cuadro presenta las recomendaciones de los requisitos Visión 2000.

Tabla 1.1: Niveles de seguridad para una edificación

Nivel de diseño sísmico	Comportamiento requerido			
	Operación permanente	Ocupación inmediata	Protección de la vida	Prevención del colapso
Frecuente (50%/30 años)	X			
Ocasional (50%/50 años)	⊙	X	Comportamiento Inaceptable (para edificios nuevos)	
Raro (10%/50 años)	⊙	⊙	X	
Muy raro (10%/100 años)		⊙	⊙	X

⊙ Seguridad crítica como hospitales, departamento de bomberos

⊙ Instalación esencial o peligrosa, como centrales telefónicas, edificio con químicos tóxicos

X Instalación básica o convencional, como edificios de oficinas y de residencias

Fuente: (Applied Technology Council (ATC), 1995)

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

Pero a que se refiere en el caso de las instalaciones hospitalarias y sus diferentes niveles de operatividad:

) **Nivel de ocupación inmediata.-** en este caso, únicamente se presentan daños muy limitados en la estructura y en los componentes no estructurales. Los sistemas resistentes a cargas laterales y verticales conservan casi toda la capacidad que tenían antes del evento. El daño no estructural es mínimo, de modo que los accesos y los sistemas de protección tales como puertas, escaleras, ascensores, luces de emergencia, alarmas contra incendio, etc., permanecen operacionales, siempre que se garantice el suministro de electricidad. Podría presentarse la ruptura de vidrios y pequeños daños en conexiones o lámparas. (Applied Technology Council (ATC), 1995)

Se espera que los usuarios puedan permanecer dentro del edificio, aunque el uso normal del establecimiento podría estar limitado y se hace necesaria la limpieza e inspección. En general, los componentes electromecánicos se encuentran seguros y deberán operar si se lo requiere. Algunos de estos componentes podrían quedar descalibrados, sufrir desalineamientos o daños internos que imposibilitan su uso. Podría haber falta de electricidad, de agua, problemas con las líneas de comunicación y tuberías de gas. El riesgo de lesiones severas es bajo y el edificio puede ser ocupado; sin embargo, es posible que no sea apto para su funcionamiento normal hasta que se hayan efectuado reparaciones. (Applied Technology Council (ATC), 1995)

) **Nivel de protección de la vida.** - es el estado posterior al sismo en el cual se presenta daño significativo en la estructura, aunque se cuenta con un cierto

rango de protección contra el colapso parcial o total. El daño es mayor que en el caso anterior. La mayoría de los componentes estructurales y no estructurales no han caído, y por lo tanto no constituyen una amenaza dentro o fuera del edificio. (Applied Technology Council (ATC), 1995)

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

-) **Nivel de prevención del colapso.** - Si el daño posterior al sismo es de gran magnitud que la edificación puede sufrir un colapso parcial o total como consecuencia de la degradación de la rigidez o de la resistencia del sistema portante ante las fuerzas laterales, la deformación lateral permanente de la estructura o la disminución de su capacidad para soportar cargas verticales. No obstante, todos los componentes básicos del sistema resistente a cargas gravitacionales pueden continuar funcionando y, aunque el edificio puede mantener su estabilidad, existe un riesgo grave de heridos debido a la caída de objetos. (Applied Technology Council (ATC), 1995)

Es probable que no sea práctico reforzar la estructura y el edificio no es seguro para su ocupación inmediata, puesto que las actividades consecuentes pueden inducir su colapso. (Organización panamericana de la salud (OPS), 2008-2009)

1.4 Descripción general

1.4.1 Ubicación geográfica

Permite la caracterización rápida de las amenazas o peligros y del suelo donde se encuentra el establecimiento de salud.

1.4.2 Seguridad estructural

Comprende aspectos para evaluar la seguridad del establecimiento en función al tipo de estructura, materiales y antecedentes de exposición a amenazas naturales y otras. El objetivo es definir si la estructura física cumple con las normas que le permitan seguir prestando servicios a la población.

También se intenta analizar la exposición de la entidad hospitalaria a amenazas naturales ocurridas en el hospital, el impacto y las consecuencias que estos desastres han tenido en la institución y como fueron resueltas.

Analizar el tipo de material usado en la edificación mediante el cual intentaremos identificar los riesgos potenciales y evaluar la seguridad relacionada con el tipo de diseño, estructura, materiales de construcción y elementos de la estructura considerados críticos.

1.4.3 Aspectos relacionados con la seguridad no estructural

Los elementos no estructurales no implican peligro para la estabilidad del edificio, pero ponen en riesgo la vida o la integridad de las personas dentro del edificio. En este punto se analiza la seguridad relativa a las líneas vitales, los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado en áreas críticas, los equipos médicos de diagnóstico y tratamiento.

Los elementos arquitectónicos también son evaluados con el fin de verificar la vulnerabilidad del revestimiento del edificio incluyendo puertas, ventanas, voladizos y el impacto de objetos volantes. Las condiciones de las vías de acceso y las circulaciones internas y externas de la instalación sanitaria son tomadas en cuenta así en conjunto con los sistemas de iluminación, protección ante incendios, falsos techos y otros.

1.4.4 Amenazas

Se analizarán las diferentes amenazas relacionadas con el lugar donde se encuentra ubicado el establecimiento hospitalario. El grado de amenaza al que se encuentra sometido el hospital es considerado directamente proporcional a la probabilidad de que ocurra y a la magnitud de la amenaza.

Así, se pueden clasificar como alto (alta probabilidad de una amenaza o amenaza de gran magnitud), medio (alta probabilidad de una amenaza moderada) y bajo (baja probabilidad o amenaza de poca magnitud).

1.4.4.1 Mapas de amenazas

1.4.4.1.1 Fenómenos geológicos

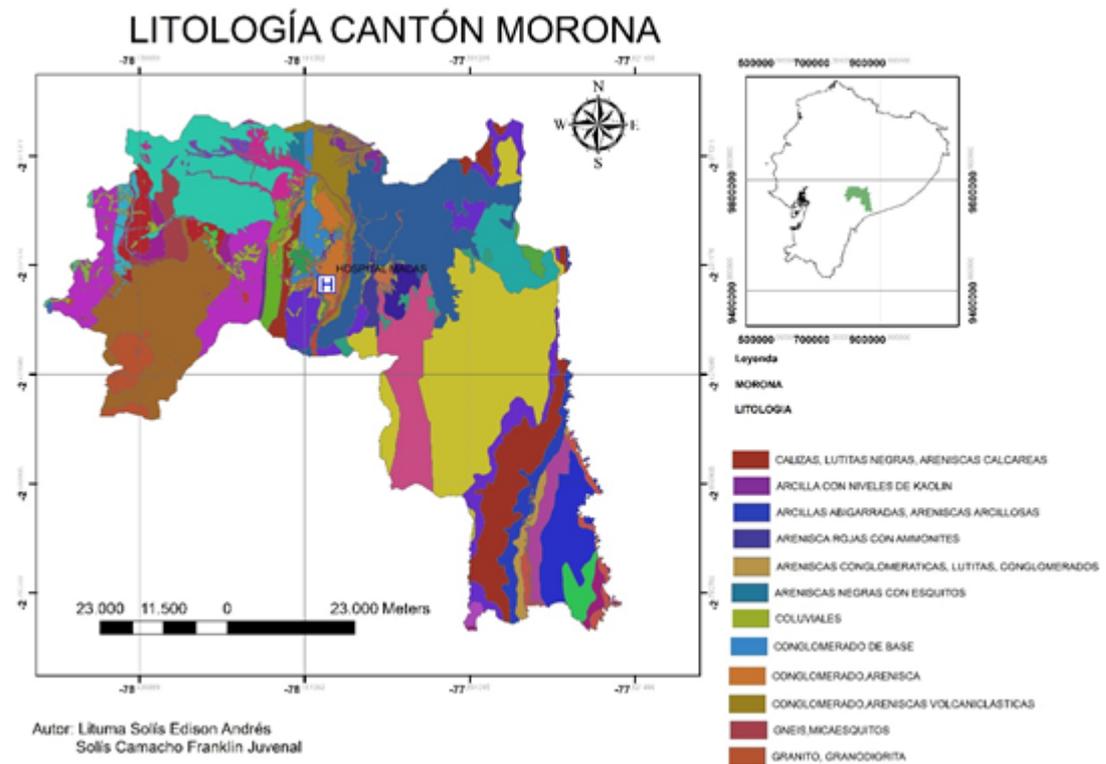


Figura 1-1: Mapa de la litología del cantón Morona

Fuente: (Instituto Geofísico)

El hospital General Macas se encuentra en una zona donde el suelo es conglomerado arenisca de la formación Mera en la era Cuaternaria, tiene una permeabilidad media y posee un tipo de permeabilidad con porosidad intergranular.

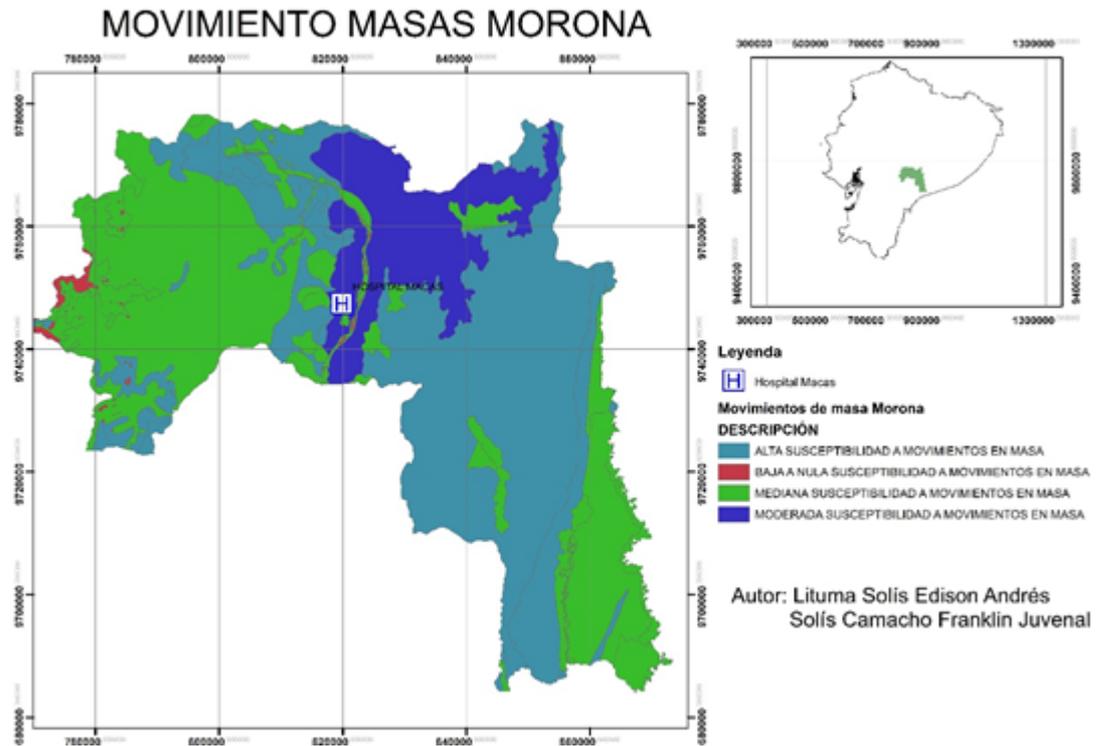


Figura 1-2: Mapa de movimiento de masas del cantón Morona

Fuente: (Instituto geofísico)

El Hospital General Macas se encuentra en una zona donde los movimientos en masa tienen una susceptibilidad moderada lo cual nos da a conocer que no se da muy a menudo el movimiento de masas, pero se debe estar consiente que pueden existir.

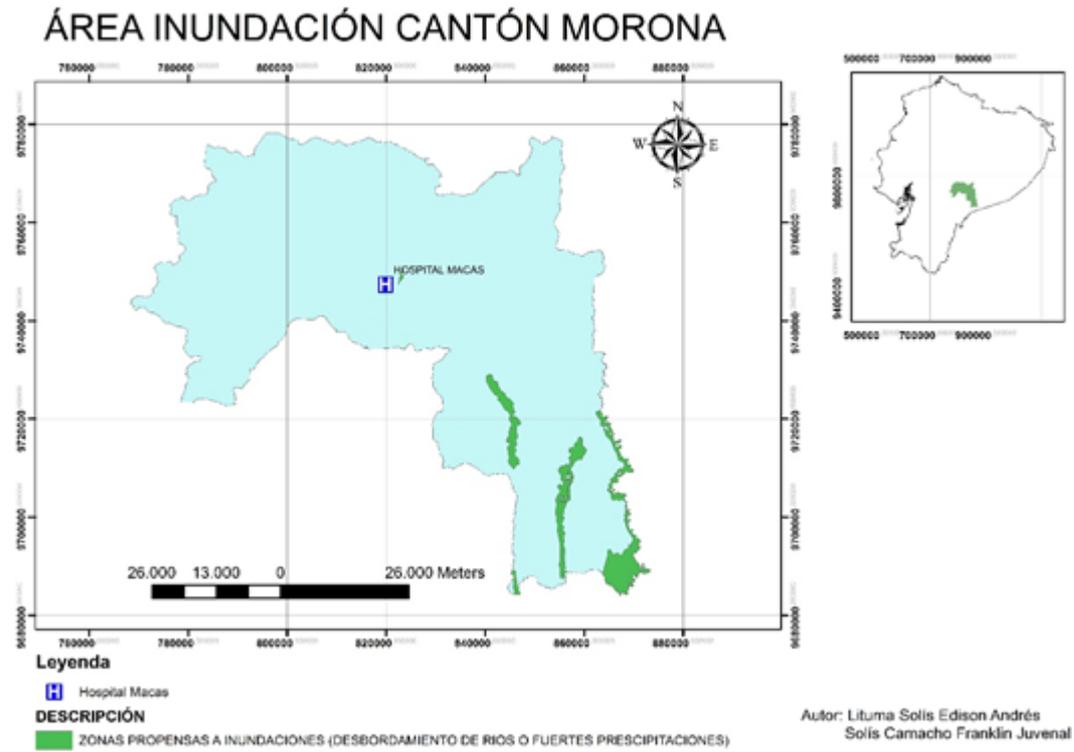


Figura 1-3: Mapa del área de inundación del cantón Morona

Fuente: (Instituto geofísico)

El Hospital General Macas se encuentra en un área donde es nula la posibilidad de inundación.

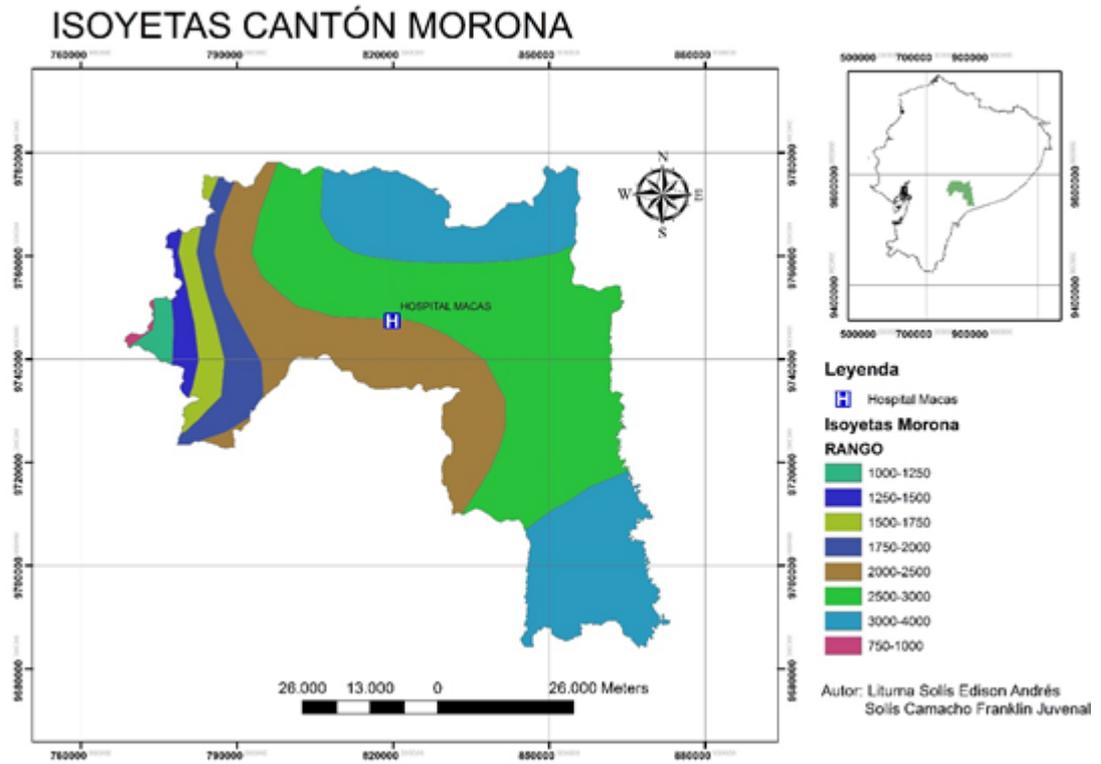


Figura 1-4: Mapa de isoyetas del cantón Morona

Fuente: (Instituto geofísico)

El Hospital General Macas se encuentra comprendido entre dos áreas las cuales presentan una moderada precipitación en un rango de (2000-3000) mm de agua.

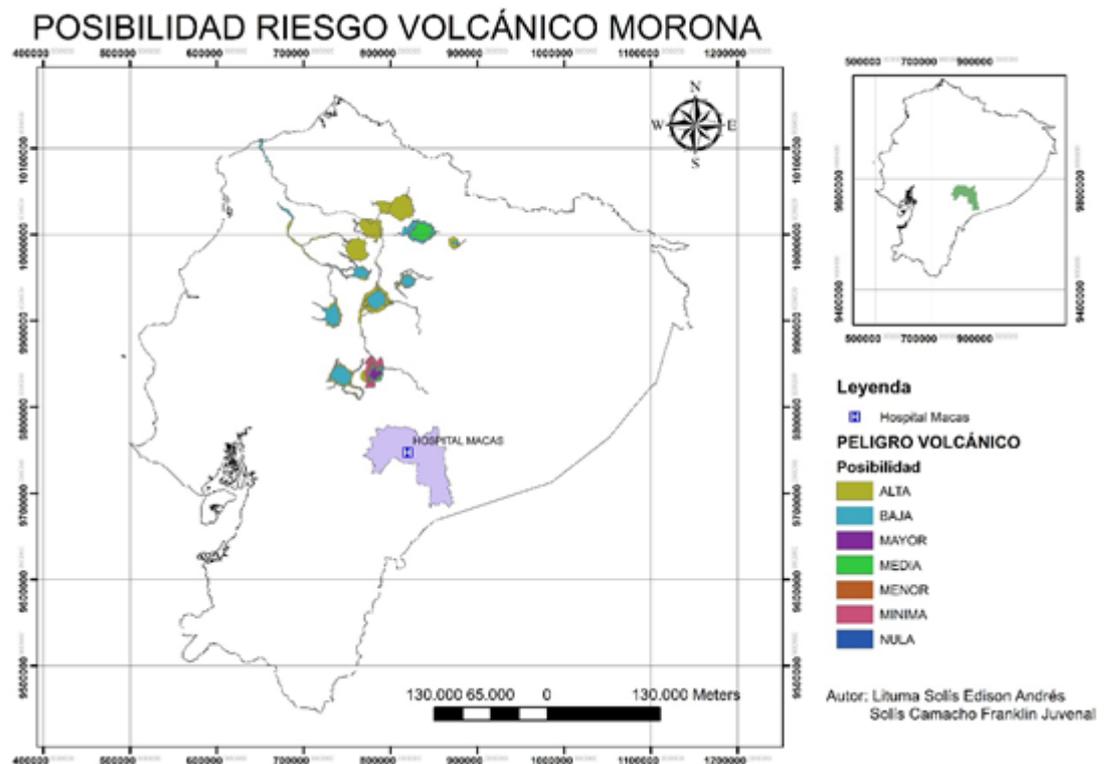


Figura 1-5: Mapa de peligro volcánico del cantón Morona

Fuente: (Instituto geofísico)

El Hospital General Macas se encuentra en una zona donde la probabilidad de peligro volcánico es nula, sin embargo, pueden existir efectos como: caída de ceniza y pequeños movimientos telúricos.

1.4.4.2 Amenazas específicas

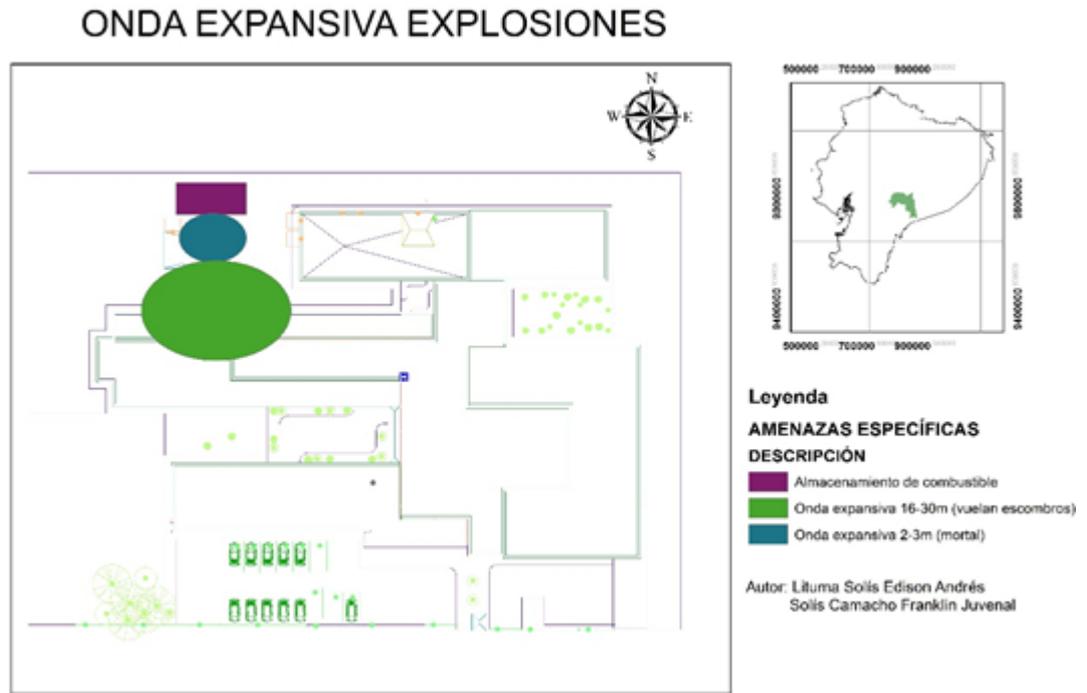


Figura 1-6: Mapa de onda expansiva de explosiones

El depósito de combustible se encuentra extremadamente cerca al hospital, en el caso de que ocurra una explosión su rango de daños sería de 2-3 m mortal para la vida humana y de 16-30 m escombros volando por todo el lugar.

CERCANÍA DE ÁRBOLES AL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLES

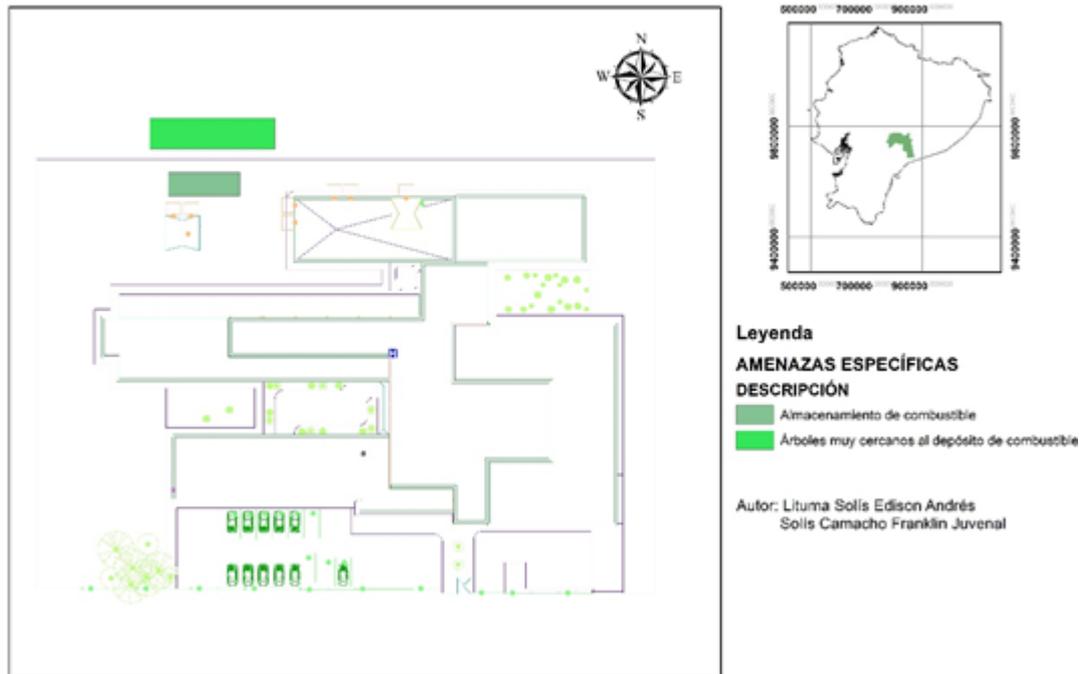


Figura 1-7: Mapa de cercanía de árboles

La cercanía de grandes árboles al depósito de combustible, implica un alto riesgo para la seguridad del hospital, los árboles pueden caer sobre el depósito y ocasionar grandes daños.

TRÁFICO VEHICULAR

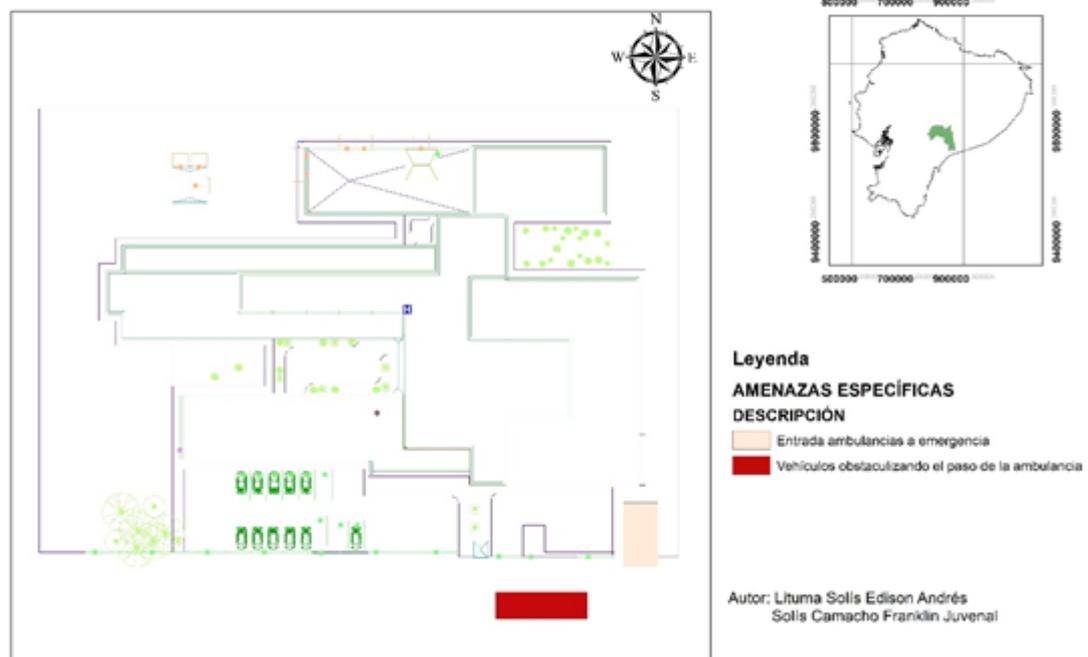


Figura 1-8: Mapa de tráfico vehicular

El tráfico vehicular que se produce en el sector de ingreso de la ambulancia a emergencias acarrea el riesgo de pérdida de tiempo importante para los pacientes en situaciones críticas.

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

Recopilar la información del establecimiento hospitalario existente: planificación arquitectónica, estudios de ingeniería, estado actual de miembros estructurales resistentes y miembros no estructurales con procedimientos visuales y apoyo de ensayos no destructivos (END), con la ayuda de equipos de precisión: dron con cámara de alta definición, esclerómetro, scanner, ultrasonido.

Los ingenieros deben garantizar que toda estructura cumpla con las especificaciones mínimas establecidas en las normas, razón por lo que se realizan pruebas en laboratorios durante la construcción de las obras o a su vez se puede realizar los ensayos no destructivos para comprobar su correcta construcción según los planos dados.

Los ensayos esclerométricos pretenden proporcionar una estimación de la resistencia a la compresión del hormigón basándose en la correlación entre dicha resistencia con su dureza superficial. (Reyes, 2016)

Para determinar la dureza superficial existen tres formas principales de medida: medición de un rebote (con el esclerómetro o martillo Schmidt), medición de la huella impresa por una bola (martillo Frank), y medición de la profundidad de la penetración de un clavo (sonda Windsor). (Reyes, 2016)

En cada uno de estos ensayos el principio es impactar la superficie del hormigón con una determinada masa, activada de una determinada energía cinética, y medir la magnitud de la fuerza, del rebote, o de la profundidad de penetración. Los ensayos de

rebote son rápidos y baratos, y además permiten estudiar la uniformidad superficial del hormigón. (Reyes, 2016)

Pero tienen algunas limitaciones porque las medidas son afectadas por la rugosidad o la forma de la superficie, las condiciones de humedad, el tamaño y el tipo de los agregados. (Reyes, 2016)

El martillo Schmidt es el más utilizado por su sencillez y bajo costo, mide la dureza superficial del hormigón en función del rechazo de un martillo ligero. Debe obtenerse el rechazo medio de varias determinaciones, limpiando y alisando previamente la superficie que se ensaya. Útil para determinar la evolución de la resistencia del endurecimiento del hormigón, o para comparar su calidad entre distintas zonas de una misma obra. (Reyes, 2016)

El martillo Frank mide la dureza superficial del hormigón por el diámetro de la huella que deja impresa una bola de acero sobre la que se da un golpe. La pistola Windsor se basa en aplicar a la superficie del hormigón una especie de clavo de acero extra duro, que se introduce en el material mediante de una carga explosiva.

Se mide la profundidad de penetración, que viene relacionada con la resistencia a compresión del hormigón. El ensayo es aplicable a superficies planas y curvas, losas de pequeño espesor, etc. (Reyes, 2016)

El fundamento de la utilización del método de los ultrasonidos se basa en el estudio del tiempo de tránsito y/o de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas a través del hormigón. (Reyes, 2016)

Mediante un transductor electro acústico se genera un impulso de vibración longitudinal; después de recorrer una distancia determinada, un segundo transductor recibe la señal y mediante un circuito electrónico se mide el tiempo de tránsito o de propagación del impulso a través del material. (Reyes, 2016)

La velocidad de transmisión o velocidad de propagación se determina en cada caso por el cociente entre la distancia o separación entre los transductores y el tiempo de tránsito

para esta distancia. La velocidad de las ondas en el material permite obtener informaciones sobre las propiedades elásticas.

Pero se debe recordar que este método no mide directamente la resistencia del material, sino su módulo elástico dinámico. Estas medidas dependen de la edad del hormigón, de la humedad, de la relación agua cemento, del tipo de agregado utilizado, y de la posición de las armaduras con relación a la posición de los transductores. (Reyes, 2016)

1.5 Estado del arte y marco teórico

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

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

(Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008)

El Índice de Seguridad Hospitalaria es una herramienta de evaluación rápida y confiable que ayuda a priorizar los establecimientos de salud otorgando un valor numérico que expresa la probabilidad de que continúe funcionando en caso de desastre (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008).

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

“Los establecimientos de salud son edificaciones esenciales y/o peligrosas” (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014), es por esto que el nivel de análisis en el diseño de los miembros estructurales y no estructurales es más exigente; se pretende realizar un estudio de vulnerabilidad que “busca determinar la susceptibilidad a daños que presentan los diferentes componentes de un hospital ante la ocurrencia de un desastre” (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008).

Los hospitales representan más del 70% del gasto público en salud, en el cual se concentran personal de salud especializado y equipamiento sofisticado y costoso, su funcionamiento continuo es primordial, pues, en casos de que ocurra un desastre, la población acude de inmediato al hospital más cercano para poder ser atendidos (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008).

Los desastres no son naturales. El riesgo de desastre es la probabilidad de que se presenten daños que superen la capacidad de respuesta de la comunidad afectada, está en función de la amenaza y la vulnerabilidad. La amenaza, que es la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, interactúa con la vulnerabilidad que, a su vez, corresponde al grado de predisposición o susceptibilidad que tiene la comunidad de ser dañada por la amenaza. (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008)

La amenaza puede ser de origen natural o por la actividad humana, pero la vulnerabilidad es siempre la expresión de la condición generada por la acción humana a través de la planificación, construcción y desarrollo de asentamientos humanos con mayor o menor resistencia frente a las amenazas que se presentan en el área geográfica donde se encuentra ubicada la comunidad. (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008).

La extensión y gravedad de los daños de un evento adverso es menor mientras mayor sea la resistencia, entonces la capacidad de respuesta para enfrentar los daños determina si el evento es una emergencia o un desastre (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008).

Los desastres causan más daño a los países en vías de desarrollo y a las comunidades con menos recursos ya que es directamente proporcional al grado de vulnerabilidad de las poblaciones.

CAPÍTULO II

LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

2.1 Recopilación de información arquitectónica y de ingeniería.

Los planos estructurales y arquitectónicos, así como los estudios de ingeniería que se detallarán a continuación fueron proporcionados por el Ministerio de Salud Pública.



Figura 2-1: Plano sistema de iluminación etapa I y IV

Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

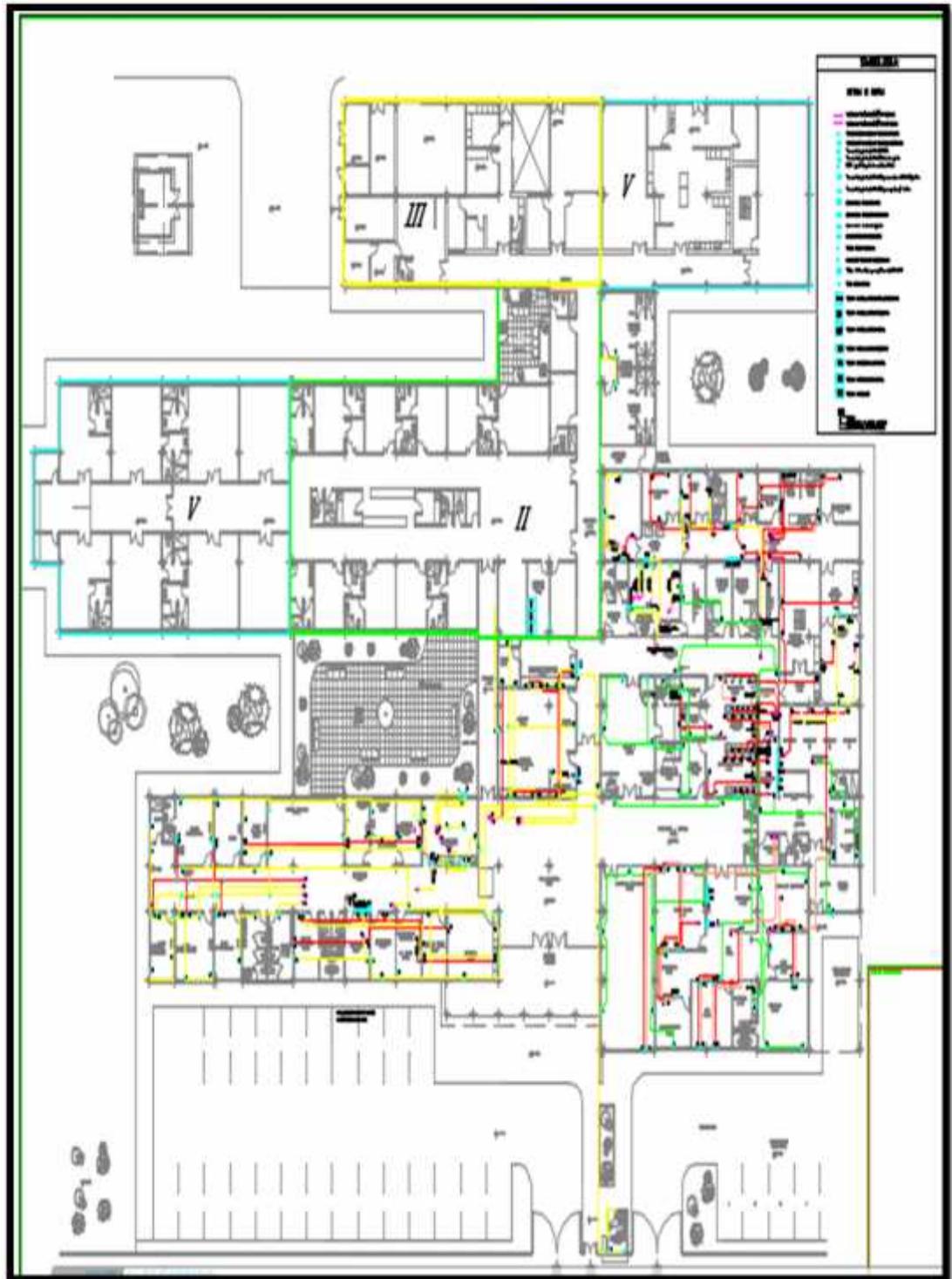


Figura 2-2: Plano sistema de fuerza etapa I y IV

Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

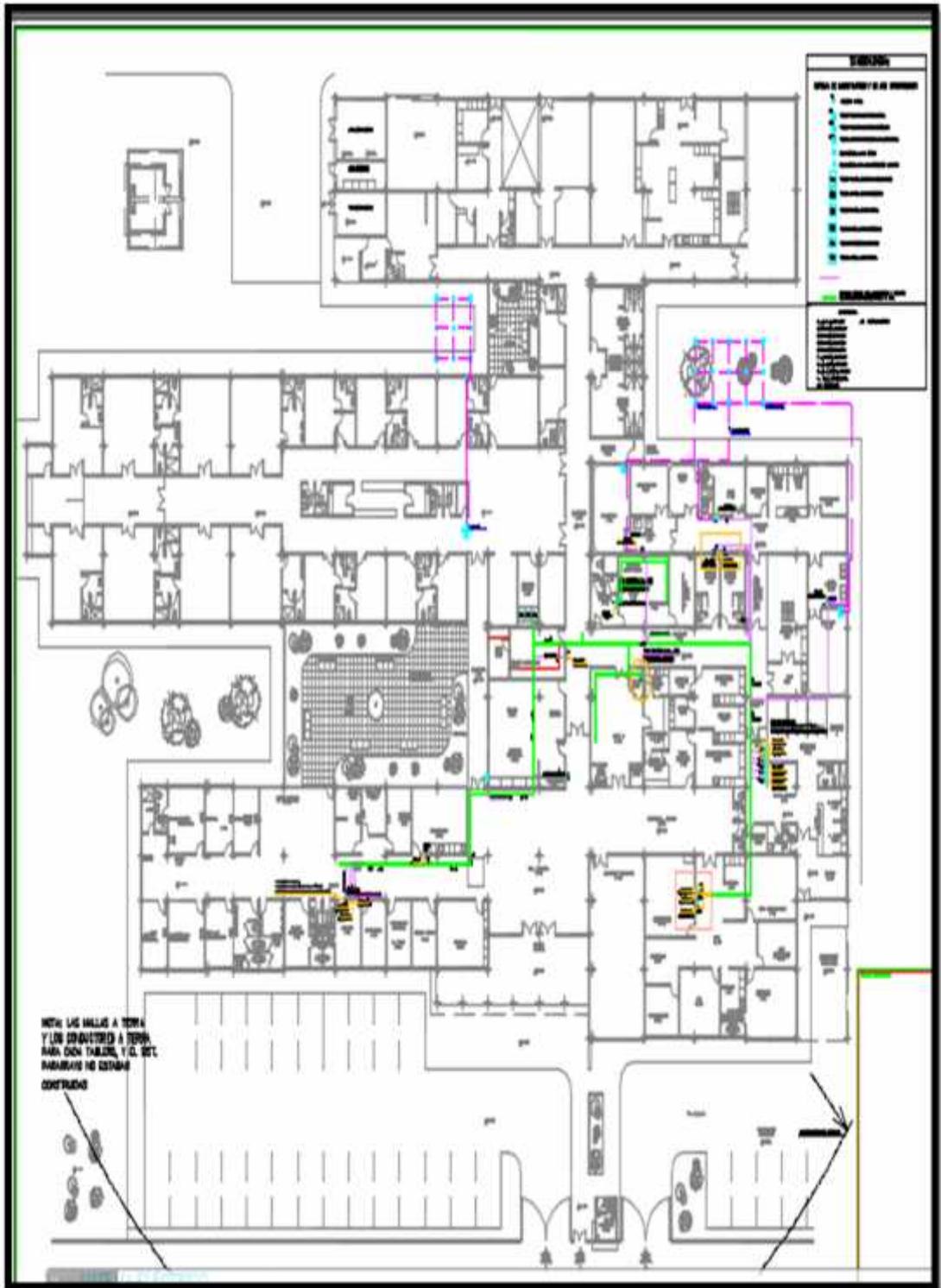


Figura 2-3: Plano sistema de apantallamiento, tableros, canaleta y alimentadores etapa I y IV
Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

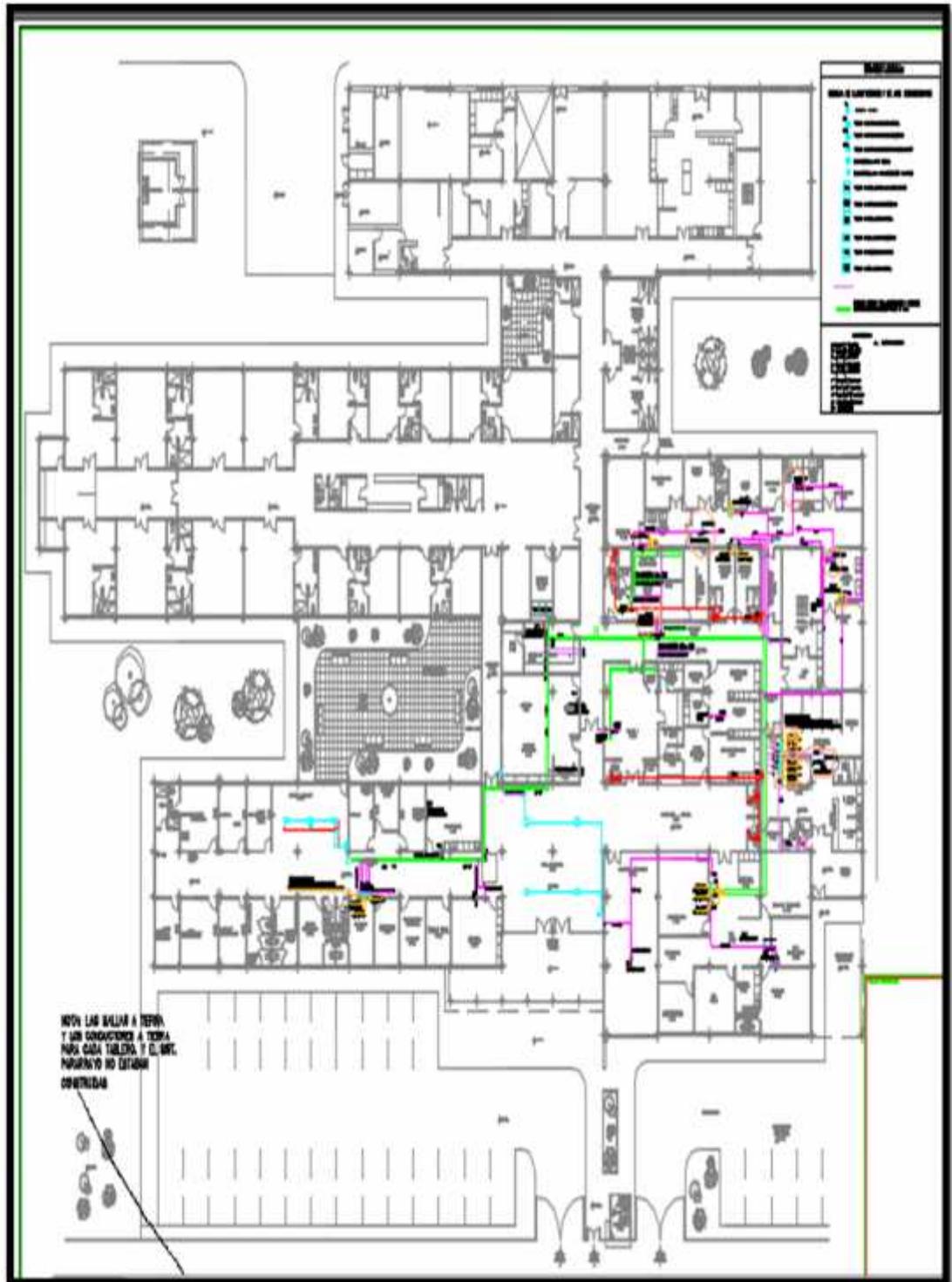


Figura 2-4: Plano salidas especiales aire acondicionado

Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

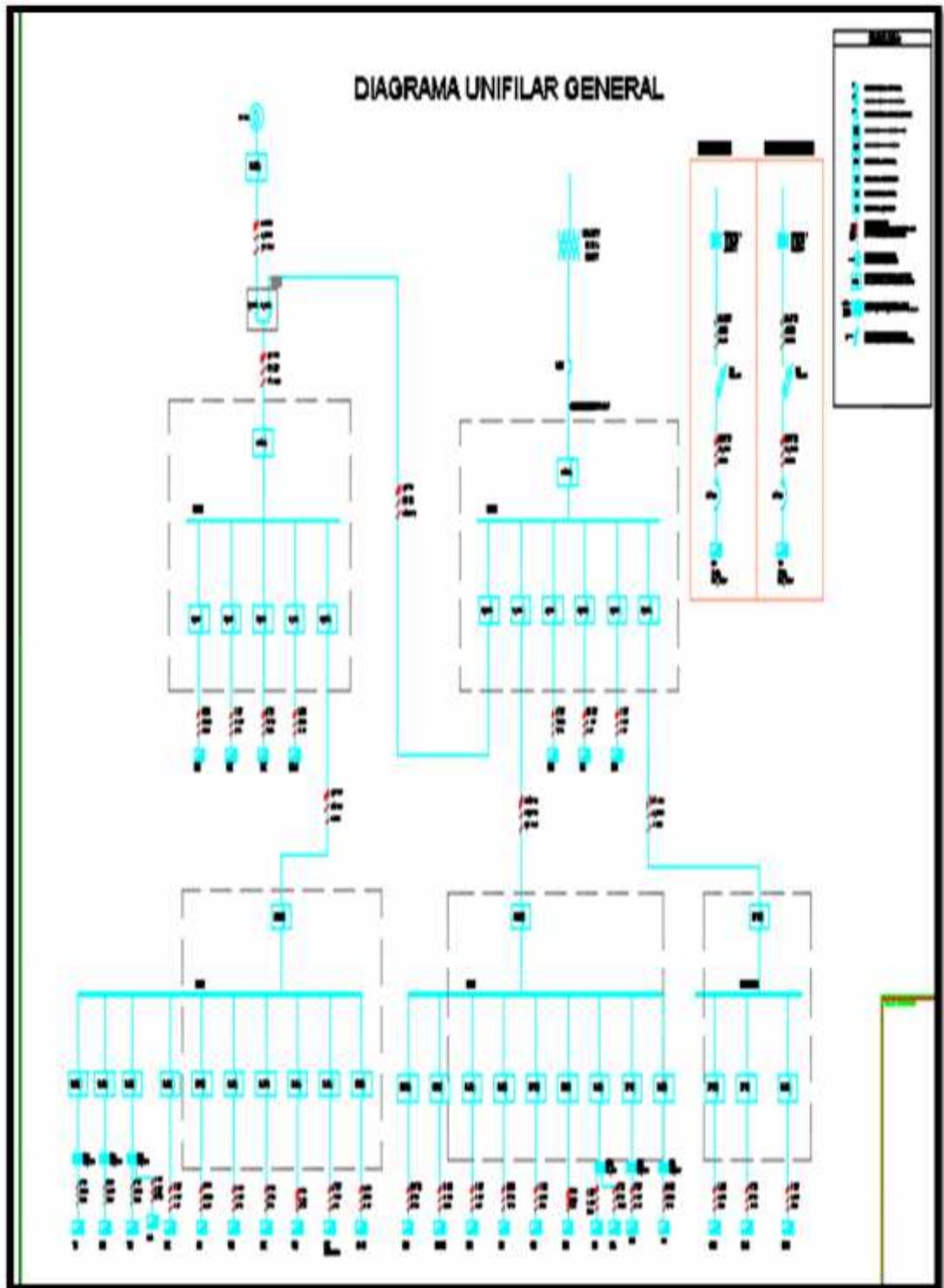


Figura 2-5: Diagrama unifilar general

Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

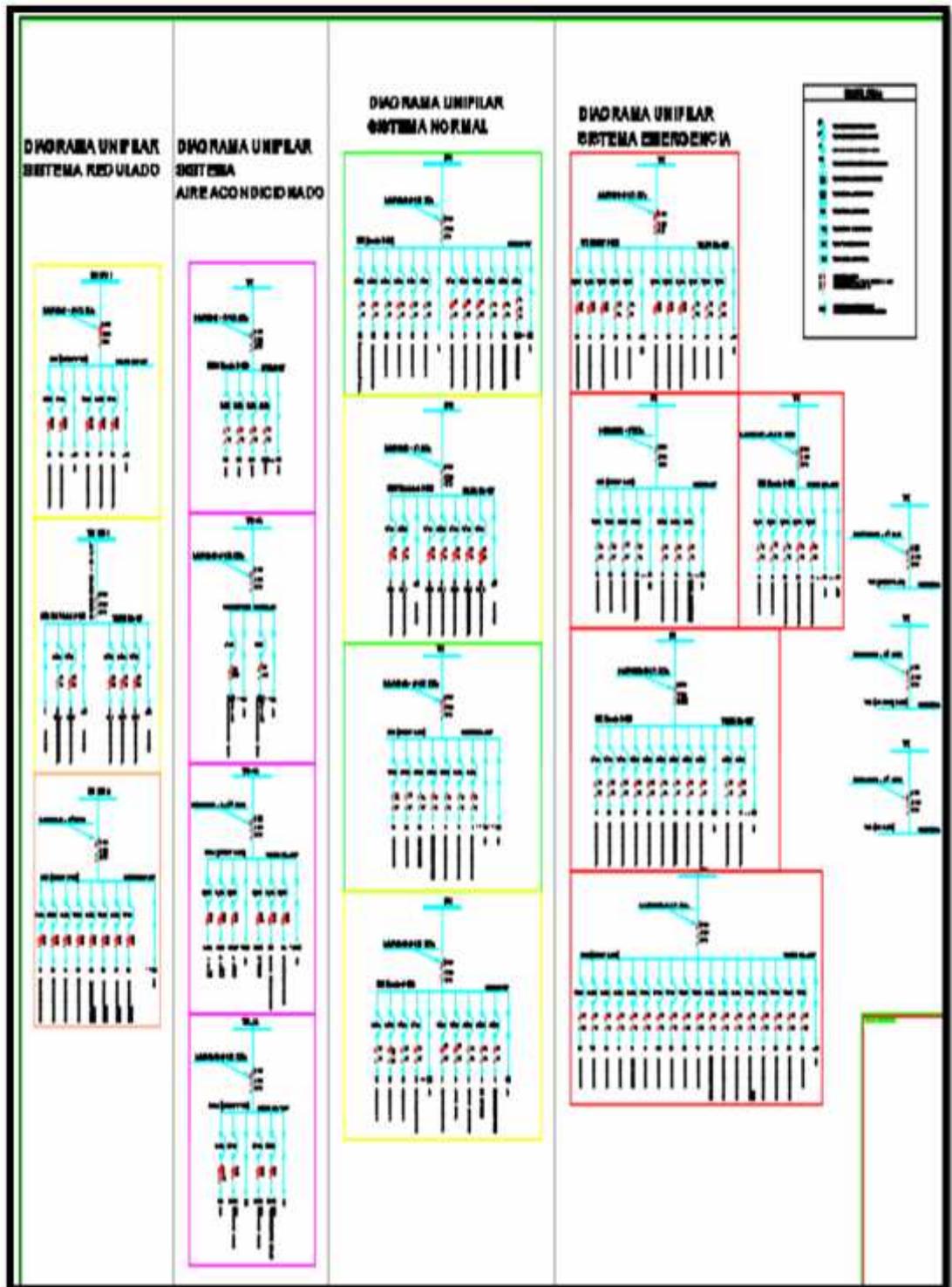


Figura 2-6: Diagrama unifilares

Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

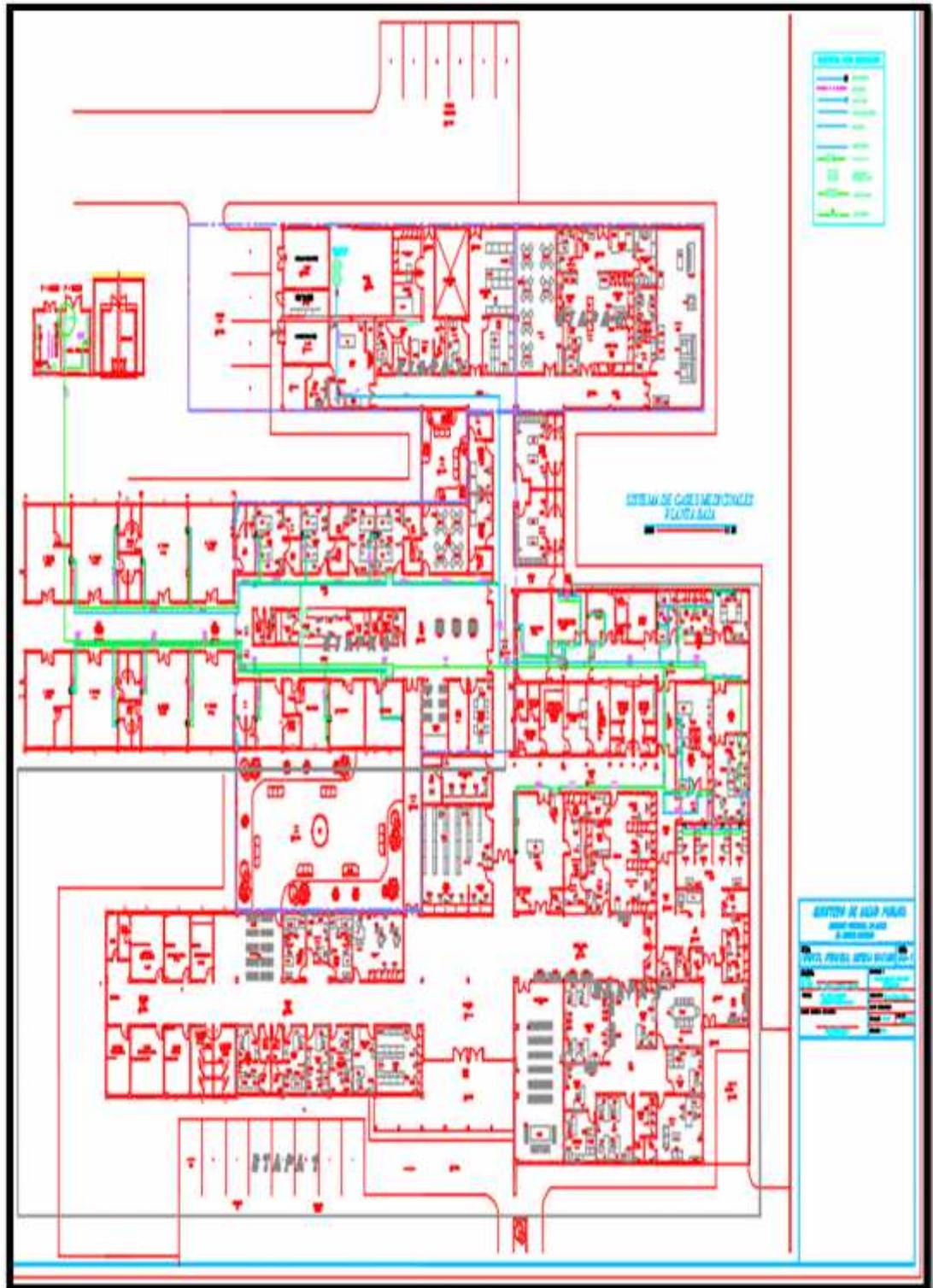


Figura 2-7: Plano sistema de gases medicinales planta baja

Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

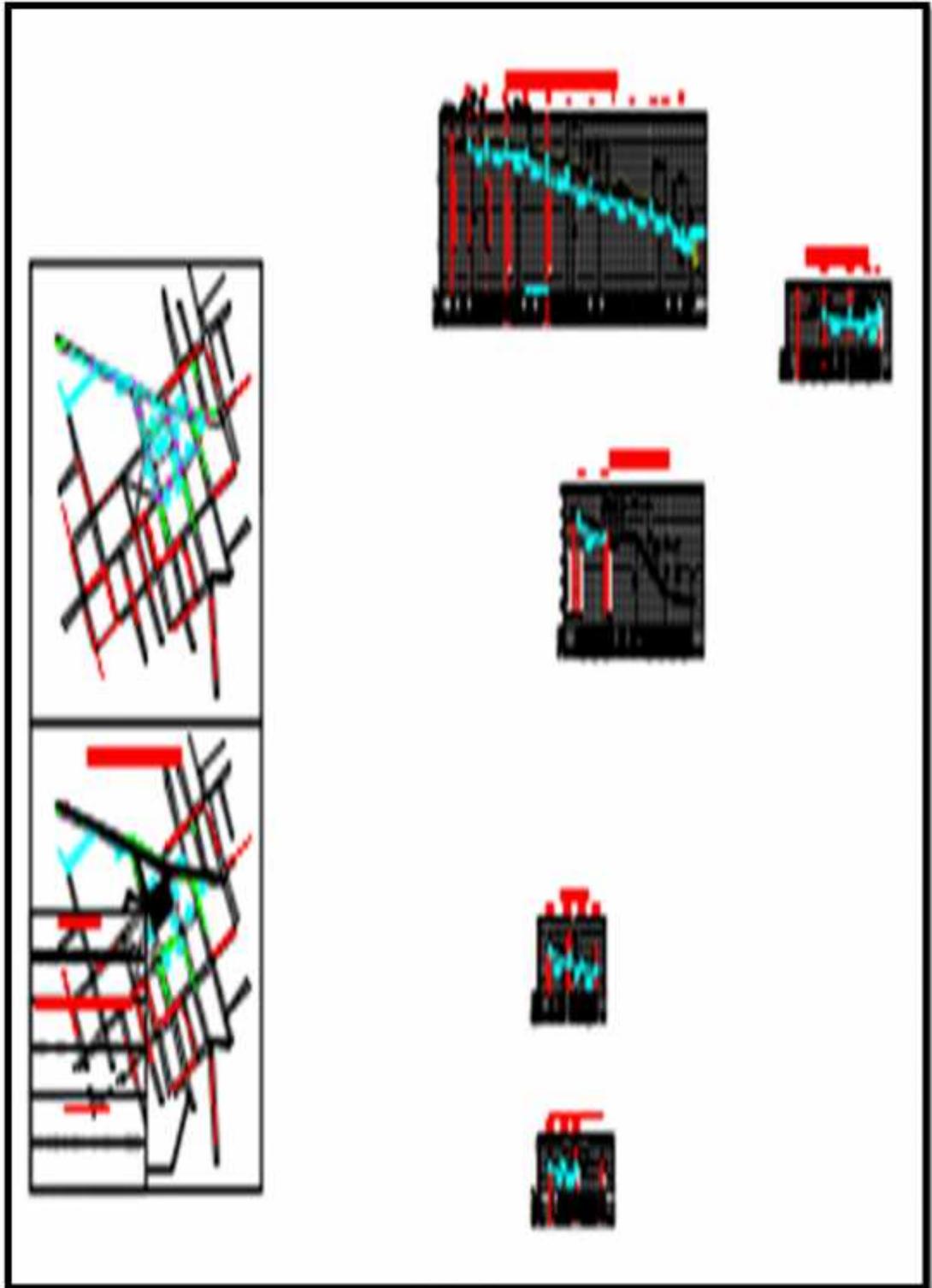


Figura 2-8: Plano alcantarillado combinado

Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

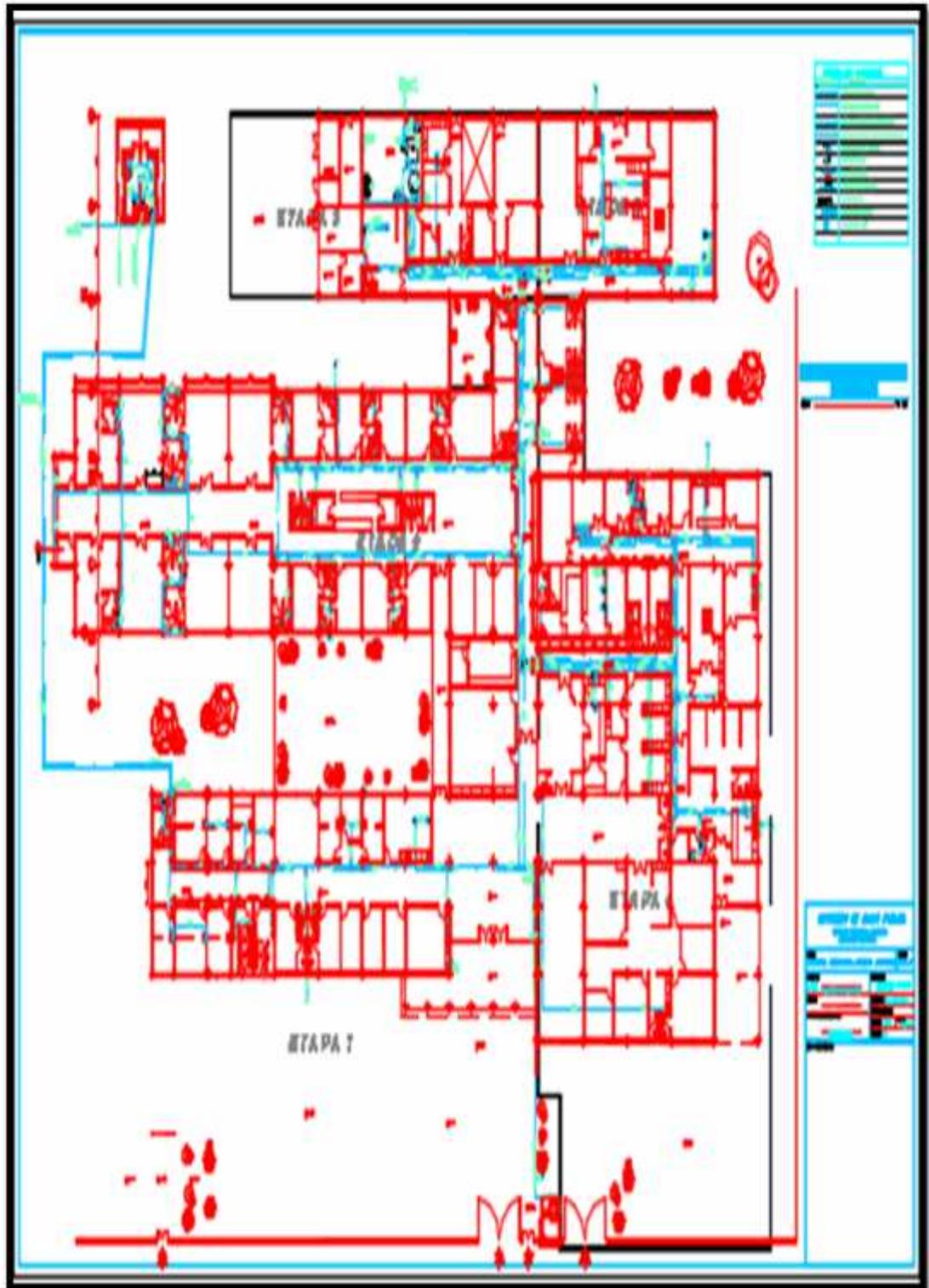


Figura 2-9: Plano instalaciones hidráulicas planta baja

Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

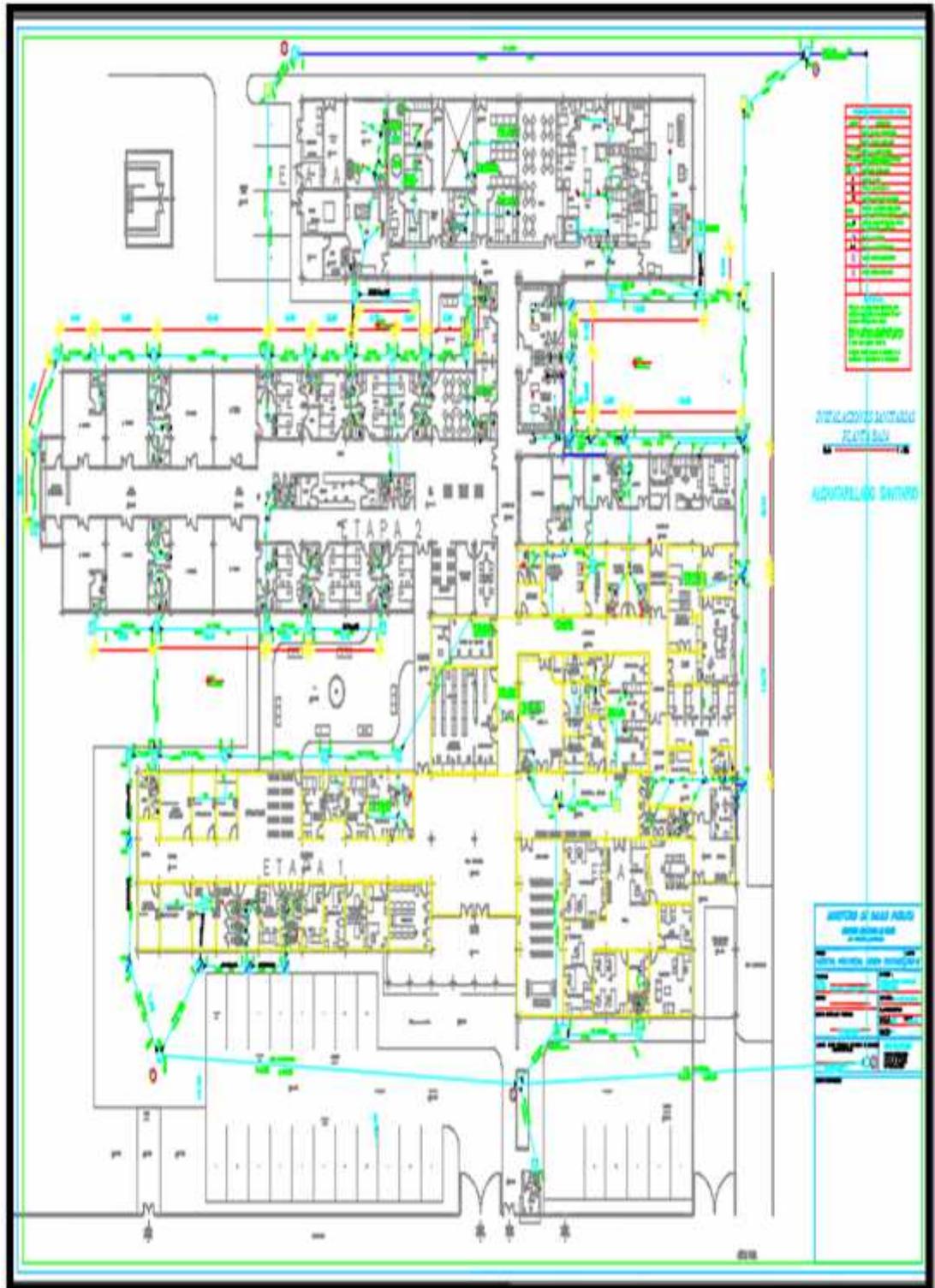


Figura 2-10: Plano instalaciones sanitarias planta baja

Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

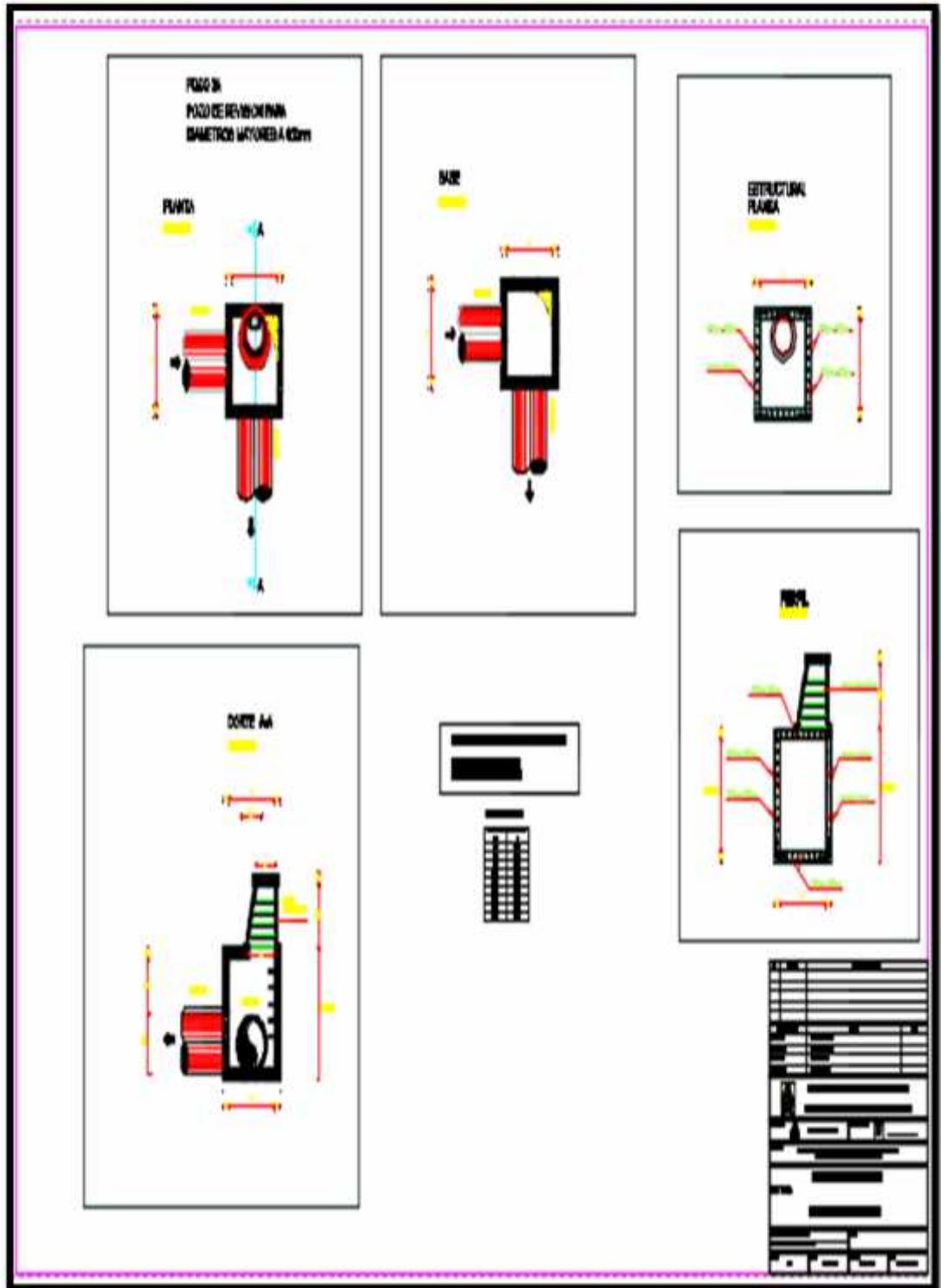


Figura 2-11: Plano pozo rectangular tipo 1

Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

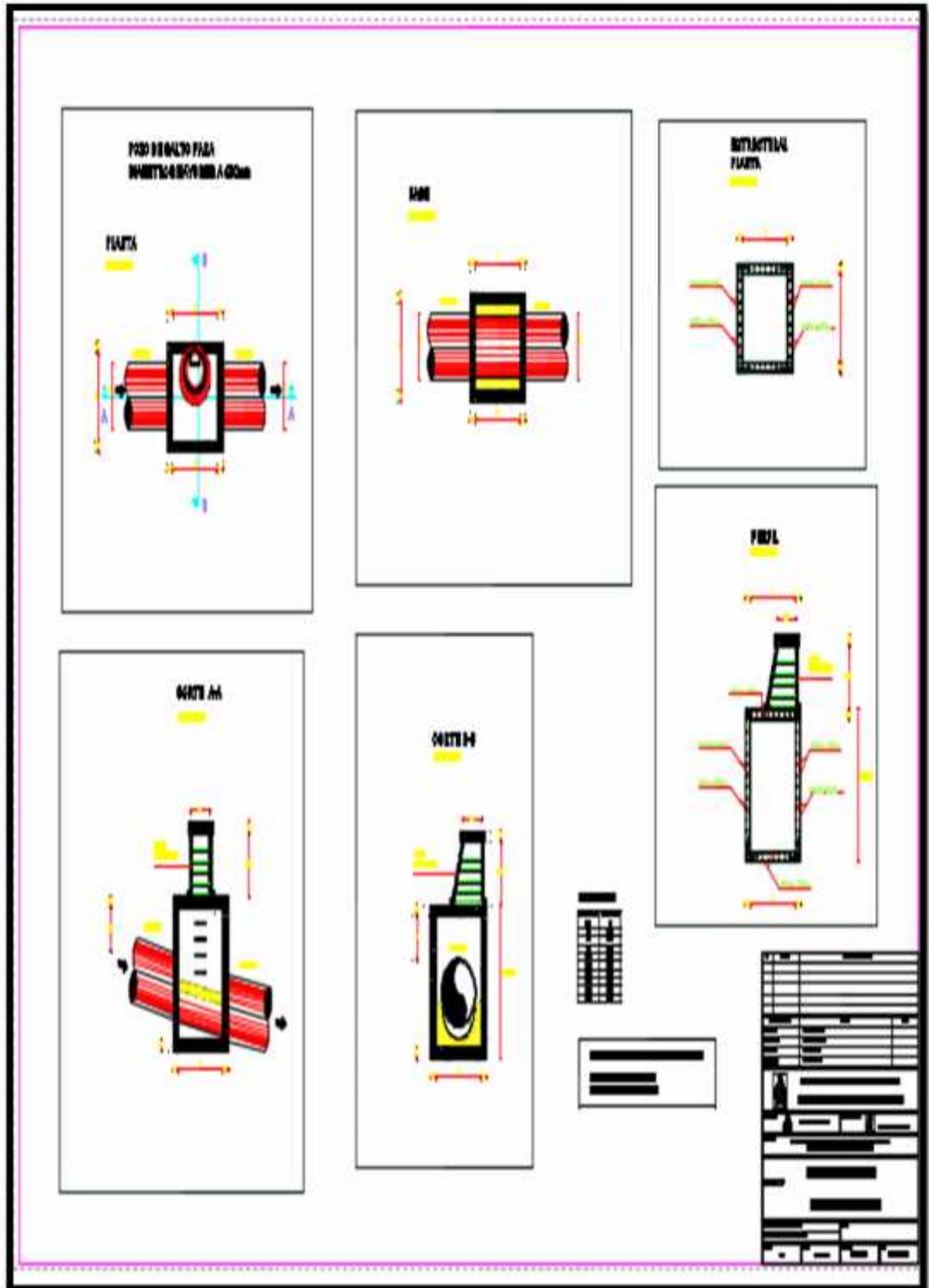


Figura 2-12: Plano pozo rectangular tipo 2

Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

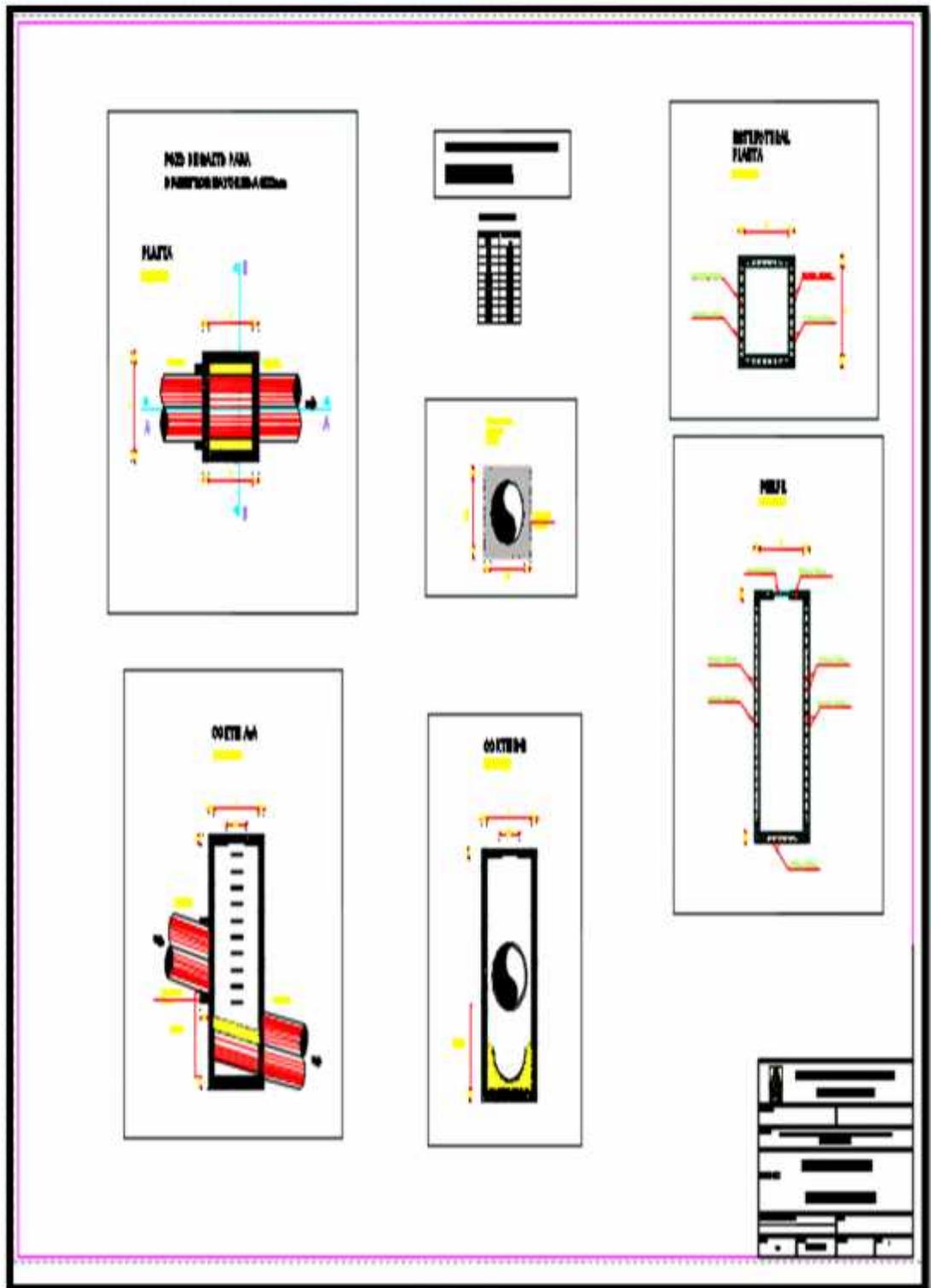


Figura 2-13: Plano pozo rectangular tipo 3

Fuente: (Departamento de mantenimiento Hospital General Macas)

La edificación hospitalaria es una estructura en su totalidad de hormigón armado, en el caso de columnas y vigas tiene una resistencia a compresión de 240 kg/cm^2 para las losas tiene una resistencia de 210 y 240 kg/cm^2 , los contrapisos poseen una resistencia de 180 kg/cm^2 .

No posee muros portantes ni vigas arriostradas, la mampostería es simple de ladrillo y mortero, el hospital fue construido por módulos o bloques en los cuales se evidencia la falta de juntas de dilatación.

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

El índice de seguridad hospitalaria (ISH) es una herramienta para determinar la vulnerabilidad y capacidad de funcionamiento de las entidades de salud durante y después de un desastre natural. El procedimiento se realiza a través de encuestas y entrevistas a funcionarios y personal del hospital en los que se evalúa diversas amenazas a las que está expuesta la entidad de salud como: geológicas, hidrometeorológicas, sociales, sísmicas, sanitario-ecológicas y químico-tecnológicas.

Tabla 2.1: Índice de seguridad hospitalaria

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	Aceleración esperada $0,30g$ (NEC 2014 capítulo 2)

<p>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.</p>		X		Caída de ceniza
<p>Deslizamientos Referirse al mapa de amenazas para identificar el nivel de amenaza para el hospital por deslizamientos ocasionados por suelos inestables (entre otras causas).</p>			X	
<p>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.</p>	X			
<p>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.</p>	X			
1.1.2 Fenómenos hidrometeoro lógicos				
<p>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.</p>	X			

<p>Lluvias torrenciales Valore el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital en relación a inundaciones causadas por lluvias intensas con base en la historia de esos eventos.</p>			X		
<p>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.</p>	X				
<p>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.</p>		X			
<p>Otros (especificar).De acuerdo al mapa de amenazas identifique si existe alguna amenaza hidrometeorológica no incluida en las anteriores, especifique y señale el nivel de amenaza correspondiente.</p>	X				

1.1.3 Fenómenos sociales					
<p>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.</p>	X				
<p>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.</p>		X			
<p>Otros (especificar)</p>					

1.1.4 Fenómenos sanitarios-ecológicos					
<p>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.</p>		X			
<p>Contaminación (sistemas) De acuerdo a eventos previos que involucraron contaminación, marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital frente a contaminación de sus sistemas.</p>		X			
<p>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.).</p>		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		Lugar de almacenamiento de combustibles no está lo suficientemente alejado del hospital
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			Pequeñas fugas que han sido controladas inmediatamente
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					
Liquefacción De acuerdo al análisis geotécnico del suelo, especifique el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante riesgos de subsuelos lodosos, frágiles.		X			No se ha producido pero se da en suelos granulares y en la ocurrencia de terremotos debido a que aumenta la presión de agua en los poros y reduce la resistencia al corte

Suelo arcilloso De acuerdo al mapa de suelo, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante suelo arcilloso.		X			El suelo hasta una profundidad de 3 m es limo arcilloso del tipo (MH), a partir de los 3,5 m a 5,5 m es un suelo limo arcillo arenoso (ML)
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. B= Daños mayores; M= Daños moderados; A= Daños menores.			X	
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 aplicados completamente.			X	Hospital nuevo sin ningún tipo de reparaciones importantes
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	No existen remodelaciones hasta la fecha

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.				No existe ninguna edificación cercana al hospital
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.				
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	

<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	

3.1 Líneas vitales (instalaciones)	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
3.1.1 Sistema eléctrico				
<p>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 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.</p>			X	El generador se enciende aproximadamente en 8 segundos y cubre el 80 % de la demanda
<p>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.</p>			X	Generador puesto a prueba cada 15 a 20 días
<p>16. ¿Está el generador adecuadamente protegido de fenómenos naturales? B= No; M= Parcialmente; A= Sí.</p>			X	
<p>17. Seguridad de las instalaciones, ductos y cables eléctricos. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.</p>		X		
<p>18. Sistema redundante al servicio local de suministro de energía eléctrica. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.</p>		X		
<p>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.</p>			X	

<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>	X			
3.1.2 Sistema de telecomunicaciones				
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		
<p>24. Estado técnico del sistema de comunicación alterno. Verificar el estado de otros sistemas: radiocomunicación, teléfono satelital, Internet, etc. B= mal estado o no existe; M= Regular; A= Bueno.</p>			X	

<p>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.</p>				
<p>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.</p>			X	
<p>27. Local con condiciones apropiadas para sistemas de telecomunicaciones. B= Malo o no existe; M= Regular; A= Bueno</p>		X		
<p>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</p>			X	

3.1.3 Sistema de aprovisionamiento de agua				
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		
<p>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 %.</p>		X		

<p>33. Sistema de bombeo alterno. Identificar la existencia y el estado operativo del sistema alterno 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.</p>		X		
3.1.4 Depósito de combustible (gas, gasolina o diésel):				
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		
3.1.5 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.)				
<p>38. Almacenaje suficiente para 15 días como mínimo. B= Menos de 10 días; M= entre 10 y 15 días; A= Más de 15 días.</p>			X	

<p>39. Anclaje de tanques, cilindros y equipos complementarios B= No existen anclajes; M= Los anclajes no son de buen calibre; A= Los anclajes son de buen calibre.</p>			X	
<p>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.</p>	X			
<p>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;</p>			X	
<p>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 %.</p>			X	
<p>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.</p>			X	
<p>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</p>			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	

<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>		X		
<p>3.4 Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento.</p>	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	

<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		

<p>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.</p>				
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>		X		

3.5 Elementos arquitectónicos	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
<p>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.</p>			X	

<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		

<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		

<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>				
<p>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.</p>			X	

<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
<p>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.</p>		X		

<p>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</p>		X		
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>	X			
<p>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.</p>	X			No existe espacio físico para el centro de operaciones de emergencia
<p>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</p>	X			
<p>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.</p>			X	

<p>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.</p>	X			
<p>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.</p>	X			
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>		X		
<p>4.2 Plan operativo para desastres internos o externos.</p>	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
<p>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.</p>		X		

<p>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.</p>		X		
<p>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 provisiones o existen únicamente en el documento; M= Existen provisiones y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>		X		
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>	X			

<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	

<p>105. Procedimientos para vigilancia epidemiológica intrahospitalaria. Verificar si el Comité de Vigilancia Epidemiológica intrahospitalaria cuenta con procedimientos específicos para casos de desastre o atención masiva de víctimas: B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>		X		
<p>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.</p>	X			
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>		X		
<p>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</p>		X		

<p>110. Asignación de funciones para el personal adicional movilizado 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.</p>	X			
<p>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.</p>	X			
<p>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.</p>	X			
<p>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 mecanismo y el personal capacitado; A=Existe el mecanismo, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el censo.</p>	X			
<p>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.</p>	X			

<p>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.</p>		X		
<p>116. Procedimientos operativos para respuesta en turnos nocturnos, fines de semana y días feriados. B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>			X	
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		

<p>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.</p>		X		
<p>4.3 Planes de contingencia para atención médica en desastres.</p>	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
<p>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.</p>				Sismos y caída de ceniza
<p>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.</p>	X			
<p>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.</p>				
<p>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.</p>			X	

<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>		X		
<p>126. Atención psicosocial 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.</p>		X		
<p>127. Control de infecciones intrahospitalarias. 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.</p>		X		
<p>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.</p>	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
<p>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.</p>			X	

<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>			X	

<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>			X	
<p>4.5 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres. Verificar con lista de cotejo la disponibilidad de insumos indispensables ante una emergencia.</p>	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>		X		

<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>			X	
<p>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.</p>		X		
<p>141. Equipos electro-médicos. El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad y condiciones de uso de los equipos electro médicos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</p>		X		
<p>142. Equipos para soporte de vida. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</p>		X		
<p>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.</p>		X		
<p>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.</p>	X			

<p>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.</p>	X			
--	---	--	--	--

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud)

En la tabla anterior se presentan todos los puntos de evaluación del ISH a detalle, a continuación se redacta un breve resumen de los puntos de mayor importancia:

) Amenazas geológicas

El Hospital General Macas se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico, con una aceleración esperada de 0.30g; los deslizamientos no presentan amenaza al encontrarse en una zona plana, sin taludes a su alrededor que representen riesgo al momento de producirse un desastre.

Respecto al tipo de suelo, al ser un limo arcilloso existe un nivel de amenaza bajo para liquefacción que se produce por lo general en suelos granulares. El nivel de amenaza para suelo arcilloso también es bajo y no existe amenaza para talud inestable como ya se menciono anteriormente.

) Peligro volcánico

A pesar de la proximidad del volcán Sangay, la edificación no esta en la zona de mayor influencia del volcán, la mayor amenaza volcánica para el hospital es la caída de cenizas en pequeñas cantidades.

) Amenazas hidrometeorológicas

Las lluvias torrenciales representan una amenaza para la edificación con un rango de 2000-3000mm de precipitación, no existe amenaza de desbordes de ríos al no haber ríos o cuerpos de agua en las cercanías; los huracanes y tsunamis no son

posibles debido a que la región geográfica donde se encuentra ubicado del hospital (Región Oriente).

) **Amenazas sociales**

En referencia con amenazas respecto de fenómenos sociales, la entidad no posee concentraciones de población que puedan ocasionar problemas, ya que se encuentra en un sector despoblado. Las personas desplazadas constituyen un nivel de amenaza bajo debido a que en el sector no se han presentado protestas o conflictos de mayor importancia.

) **Fenómenos sanitarios-ecológicos**

Al ser un establecimiento de salud nuevo, el Hospital General Macas tiene un nivel de amenaza bajo con respecto a: epidemias, contaminación (sistemas) y plagas. Los contratiempos que se han presentado han sido controlados con facilidad por el personal hospitalario.

) **Fenómenos químico-tecnológicos**

Las explosiones constituyen un nivel de amenaza medio debido a que el lugar de almacenamiento de combustibles se encuentra bastante próximo al hospital; los incendios tienen un nivel de amenaza bajo, el personal se encuentra en condiciones de controlar conatos de incendio.

La fuga de materiales peligrosos tiene un nivel bajo de amenaza y las pequeñas fugas que han existido se han controlado sin contratiempo alguno.

) **Seguridad estructural**

El Hospital General Macas es una edificación de construcción reciente, se inauguró en el año 2011; no registra reparaciones de mayor importancia y tampoco se ha registrado en el sector fenómenos naturales importantes que puedan causar daños estructurales.

La edificación fue construída por etapas o módulos, entre el comienzo y el final de cada etapa no existe la separación de la junta constructiva que recomienda la norma (10cm) o la colocación de un material elastomérico que ayude a evitar el martilleo entre cada módulo.

Se pueden identificar columnas cortas en los sectores donde existen losas a diferente nivel; el criterio de columna fuerte viga débil no se cumple, se da todo lo contrario columna débil (30x30cm) y viga fuerte (25x50cm).

) **Suministro eléctrico e iluminación**

El generador esta en la capacidad de cubrir el 80% del consumo eléctrico de la edificación, con un encendido automático de 8 segundos una vez que el edificio no disponga de energía eléctrica. El lugar de almacenamiento del generador y tableros se encuentra protegido de agentes climáticos, así como también garantiza el fácil acceso tanto para brindar mantenimiento y monitoreo de los equipos; los anclajes al suelo y paredes son de buena calidad.

En un hospital es importante garantizar la excelente condición de las luminarias para brindar la visibilidad adecuada al personal médico en los sectores más influyentes como: sala de quirofanos, rayos-x, cuidados intensivos, laboratorios, neonatología, odontología, emergencias entre otros servicios que brinda el hospital a la comunidad.

) **Suministro de agua**

La cisterna tiene capacidad de dotar con 325 litros por cama diarios de ser necesario; la ubicación de la cisterna es la adecuada encontrándose lejos de todos los equipos eléctricos, para que en caso de existir fugas de agua los artefactos eléctricos no se vean afectados por el contacto con el agua y se eviten cortocircuitos y daños en los equipos. La casa de bombas y la cisterna se encuentran separadas para mayor seguridad, las conexiones, anclajes, tuberías de la casa de bombas se encuentran en buen estado y funcionando a toda su capacidad. Existe una bitacora de control y mantenimiento que se realiza una vez cada 15 días para verificar el correcto funcionamiento de los equipos.

) **Suministro de combustible**

El suministro de combustible tiene al menos 4 días de abastecimiento garantizado, la distancia existente entre el depósito de combustibles y la casa de máquinas es corta por lo tanto representa un riesgo significativo en caso de derrames.

La seguridad con respecto al contacto con sustancias inflamables esta garantizada al no existir ningún otro tipo de elemento con el que pueda realizar combustión cercano al depósito; los anclajes y mecanismos de protección ante agentes climáticos se encuentran bajo excelentes condiciones.

) Gases medicinales

La central de almacenamiento de gases medicinales se encuentra protegida de agentes climáticos y con sus respectivos anclajes en buenas condiciones; la recarga de los diversos gases medicinales que se requieren se realizan cada 15 días para asegurar que exista la cantidad necesaria, además de existir una reserva para casos de emergencia que asegura la autonomía de estos gases medicinales por tres días.



Figura 2-14: Generadores y tableros



Figura 2-15: Iluminación rayos-x



Figura 2-16: Cisterna



Figura 2-17: Casa de bombas



Figura 2-18: Depósito de combustible



Figura 2-19: Ubicación depósito de combustibles



Figura 2-20: Central de oxígeno



Figura 2-21: Sistema de distribución gases medicinales



Figura 2-22: Aire acondicionado y calefacción



Figura 2-23: Mobiliario de oficina



Figura 2-24: Equipos de laboratorio



Figura 2-25: Equipos médicos



Figura 2-26: Ventanales y parqueadero



Figura 2-27: Acceso de ambulancias



Figura 2-28: Losa de cubierta

2.3 Resultado del índice de seguridad hospitalaria

Gráficos por resultados

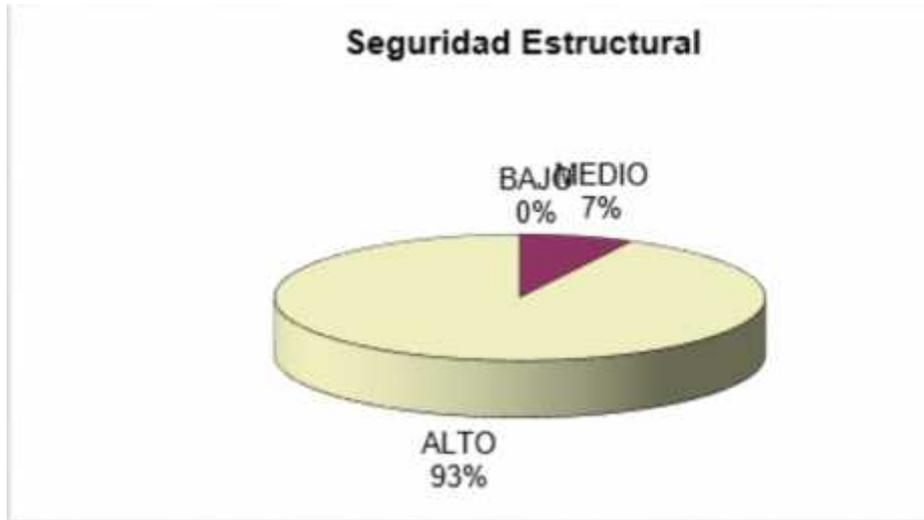


Figura 2-29: Seguridad estructural ISH

El grado alto representa un 93% (posibilidad de funcionar), el grado medio representa un 7% y el grado bajo equivale a un 0%.

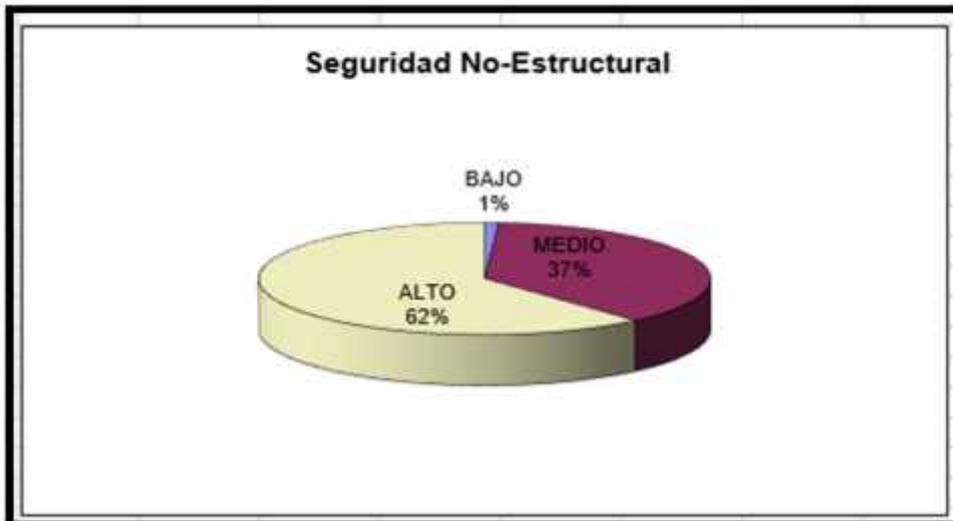


Figura 2-30: Seguridad no estructural ISH

El grado alto representa un 62%, el grado medio un 37% y el grado bajo un 1% en referenecia a lo no estructural.



Figura 2-31: Seguridad funcional ISH

El grado alto representa un 28%, el grado medio un 55% y el grado bajo un 17%.



Figura 2-32: Índice de seguridad hospitalaria

El presente gráfico representa, en un rango de 0 a 1, el Índice de Seguridad Hospitalaria definitivo de la institución, el cual es de 0.21 para vulnerabilidad, que determina la categoría “A” y 0.79 de índice de seguridad.

2.4 Determinación de las características geotécnicas del suelo mediante spt (standard penetration test).

La realización de este estudio se basa en una serie de perforaciones; toma de muestras alteradas en tubo partido; análisis de laboratorio e interpretación de resultados, con la finalidad de conocer las condiciones naturales del subsuelo para establecer la capacidad de carga que permita su aplicación en el diseño y construcción del proyecto.

Es de suma importancia realizar este estudio para conocer el perfil estratigráfico del subsuelo, la capacidad de carga admisible y los asentamientos del suelo. (Cuerpo de ingenieros del ejército ecuatoriano, 2010)

Se realizaron 4 perforaciones verticales en los sitios más representativos del proyecto, con una profundidad promedio alcanzada de 5.5m. (Cuerpo de ingenieros del ejército ecuatoriano, 2010)

El ensayo SPT se practicó por cada metro, con el fin de obtener el número de golpes necesarios para introducir el muestreador denominado cuchara partida a una profundidad de 12 pulgadas (30 cm) mediante un martinete de 140 lb. (63.5 Kg.) de peso que cae desde una altura de 30 pulgadas (76 cm), para conocer de esta manera la compacidad y/o consistencia relativa del suelo; así como otras características, a saber: profundidad, estratigrafía, clasificación S.U.C.S., descripción y número “N”. (Cuerpo de ingenieros del ejército ecuatoriano, 2010)

CAPÍTULO III

AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE ESPECÍFICA LA NORMA.

3.1 Cargas gravitacionales.

3.1.1 Cargas vivas de uso

Las cargas que se usan para el cálculo dependen de la ocupación para la cual será destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014)

Tabla 3.1: Cargas vivas de uso

Ocupación o uso (Hospitales)	Carga uniforme (kN/m^2)	Carga concentrada (kN)
Sala de quirófanos, laboratorios	2.90	4.5
Sala de pacientes	2.00	4.5
Corredores en pisos superiores a la planta baja	4.00	4.5
Escaleras y rutas de escape	4.80	
Cubiertas	4.80	
Oficinas	4.80	
Bodegas de almacenamiento liviano	6.00	
Corredores en primer piso	4.80	

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

3.1.2 Cargas muertas y permanentes

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

Tabla 3.2: Cargas muertas y permanentes

Material	Peso Unitario KN/m²
Baldosa de cerámica con mortero de cemento	0.20
Contra piso de hormigón ligero simple, por cada cm, de espesor	0.16
De mortero de cemento compuesto de cal y arena	0.55
Muro de ladrillo para edificio	1.20

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

3.2 Cargas accidentales

Son todas aquellas que pueden presentarse en cualquier momento sin previo aviso produciendo fuerzas y esfuerzos adicionales a la edificación como por ejemplo las cargas de viento y sísmicas por citar las más importantes.

3.2.1 Cargas sísmicas

Las cargas horizontales o cargas sísmicas que se producen en un evento telúrico son las que generalmente producen el mayor daño en una estructura por lo que su análisis es de vital importancia en nuestro proceso de modelación, otros factores a considerar son: zona sísmica del Ecuador, características del suelo, importancia de la estructura, tipo de sistema y tipo de uso.

3.2.1.1 Zonificación sísmica y factor de zona Z

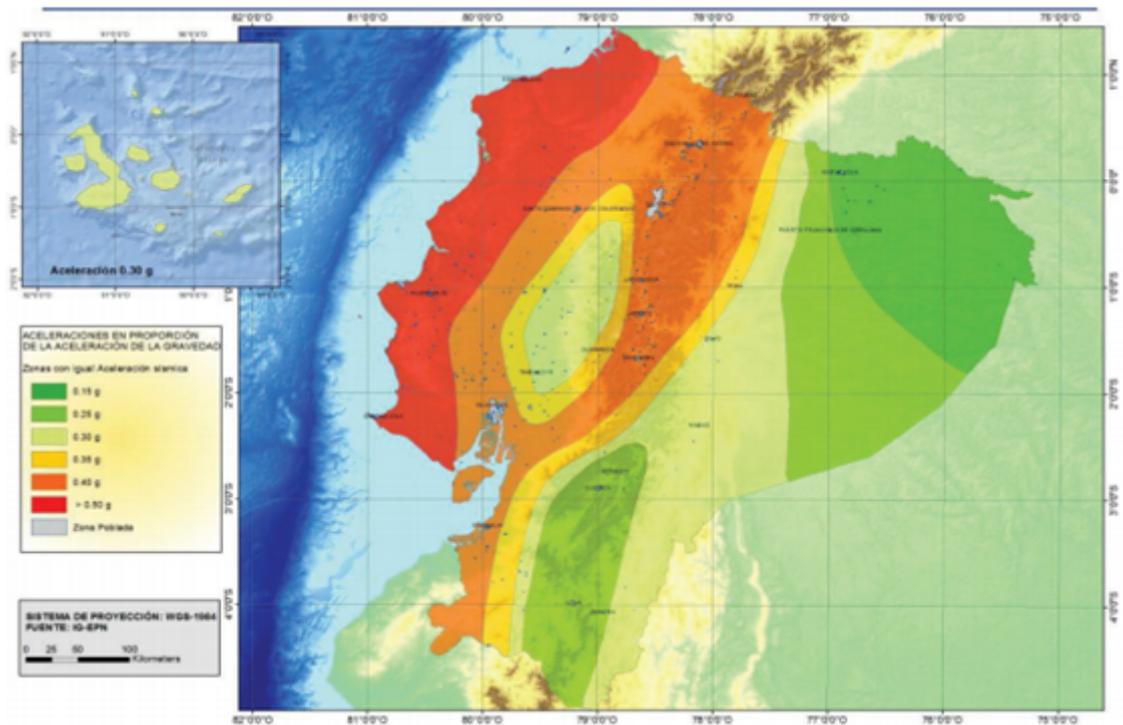


Figura 3-1: Mapa de zonificación sísmica del Ecuador

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

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

Tabla 3.3: Factor de zona

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	0,50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

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

3.2.1.2 Tipos de perfiles de suelo

Tabla 3.4: Tipos de perfiles de suelo

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

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

Para determinar el tipo de suelo en el que se construyó el hospital se realizó un ensayo SPT, del mismo que se obtuvo una columna estratigráfica para saber como se encuentran constituidos los estratos de suelo a medida que se va perforando. Obteniendo como resultado que a la profundidad de 5m la resistencia del suelo es alta, existe rebote al realizar el ensayo SPT, por lo tanto es probable que exista material rocoso que impide seguir con la perforación y la capacidad portante es de 1.4 kg/cm². (Cuerpo de ingenieros del ejército ecuatoriano, 2010)

En lo referente a la clasificación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción establece que para suelos tipo A,B,C,D se utiliza el suelo de los últimos 30m, en conclusión se clasifica al suelo como tipo C, por lo tanto se toman todos los datos para la modelación.

3.2.1.3 Espectro elástico de diseño

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), de debe diseñar con un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, a continuación, se detallarán los factores que intervienen en el diseño del espectro.

) **Fa:** Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó.

Tabla 3.5: Tipo de suelo y factores de sitio Fa

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,30	0,35	0,4	0,50
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,4	1,3	1,25	1,23	1,2	1,18
D	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,12
E	1,8	1,4	1,25	1,1	1	0,85
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

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

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

Tabla 3.6: Tipo de suelo y factores de sitio F_d

	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
Tipo de perfil del subsuelo	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	0,50
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,36	1,28	1,19	1,15	1,11	1,06
D	1,62	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11
E	2,1	1,75	1,7	1,65	1,6	1,5
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

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

-) **F_s**: Coeficiente de amplificación de suelo.

Tabla 3.7: Tipo de suelo y factores de sitio F_s

	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
Tipo de perfil del subsuelo	0,15	0,75	0,3	0,35	0,4	0,50
A	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
B	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
C	0,85	0,94	1,02	1,06	1,11	1,23
D	1,02	1,06	1,11	1,19	1,28	1,4
E	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10,6,4					

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

3.2.2 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones (S_a)

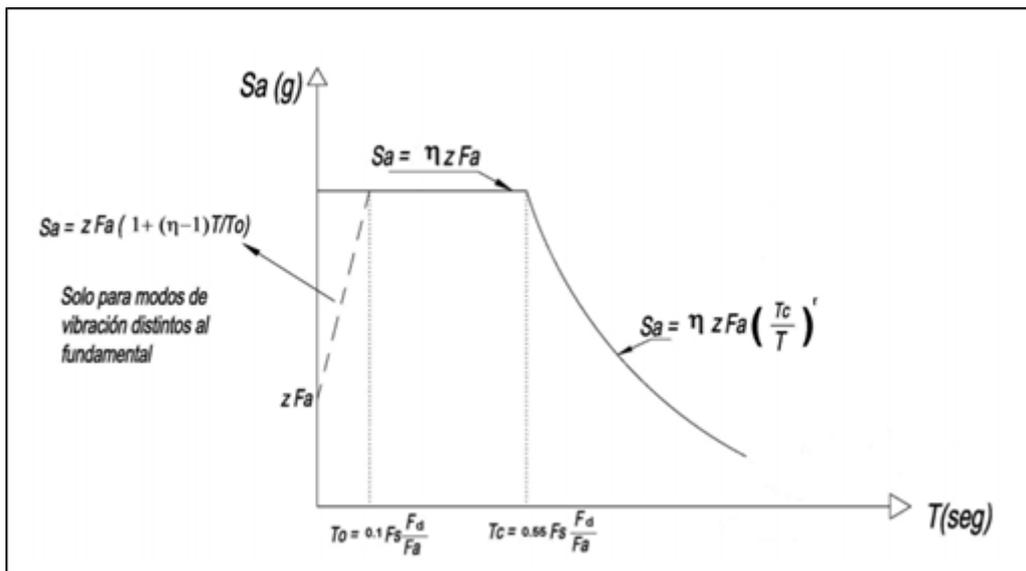


Figura 3-2: Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

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

Donde:

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

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

$$S = \eta Z \quad \text{Para } 0 < T < T_c$$

$$S = \eta Z \left(\frac{T_c}{T}\right)^{1.5} \quad \text{Para } T > T_c$$

$$T = 0.55 F \frac{F}{F}$$

$$T = 2.4 F$$

Para periodos de vibración $T < T_o$

$$T = 0.10 F \frac{F}{F}$$

$$S = Z F \left[1 + (\eta - 1) \frac{T}{T_0} \right] \quad \text{Para } T \leq T_0$$

Para Macas que es la ciudad donde se encuentra ubicado el hospital evaluado tenemos los siguientes datos según la Norma Ecuatoriana de la Construcción:

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

Factor	Valor	Descripción
η	2.60	Provincias del Oriente (NEC_SE_15, 3.1.2)
R	1	Para tipo de suelo A,B o C (NEC_SE_15, 3.3.1)
Fa	1.25	Para suelos tipo C y con Z= 0.30g (NEC_SE_15, 3.2.2 Tabla.3)
Fs	1.2	Para suelos tipo C y con Z= 0.30g (NEC_SE_15, 3.2.2 Tabla. 5)
Fd	1.4	Para suelos tipo C y con Z= 0.30g (NEC_SE_15, 3.2.2 Tabla. 4)
Tc	0.7s	Límite de periodo de vibración. (NEC_SE_15, 3.3.2)

3.2.3 Datos generales

Datos generales del sismo

-) Zona sísmica(NEC_SE_15, 3.1.1 Tabla.1): **III**
-) Valor de factor Z (NEC_SE_15, 3.1.1: Tabla.1): **0.30**
-) Tipo de suelo(NEC_SE_15, 3.2.1, Tabla.2): **C**
-) Características del peligro sísmico(NEC_SE_15, 3.1.1 Tabla.1): **Alta**
-) Región sísmica (NEC_SE_15, 3.1.2)

Oriente

Sistema estructural

-) Rx: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) Rx:8.00
-) Ry: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) Ry: 8.00
-) P: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a)
P: 0.90
-) E: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)
E:0.90
-) Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular

Estimación del periodo fundamental de la estructura: Según norma

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

) h: Altura del edificio

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Edificaciones esenciales y/o peligrosas

Parámetros de cálculo

) Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

) Fracción de sobrecarga de uso: 0.30

) Factor multiplicador del espectro: 1.00

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

) No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

) Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Según NEC-SE-DS 2014

Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6 b)

) Vigas: 0.5

) Losas: 0.5

) Columnas: 0.8

) Tabiques: 0.6

) Muros: 0.6

) Muros de mampostería: 0.5

Espectro elástico de aceleraciones

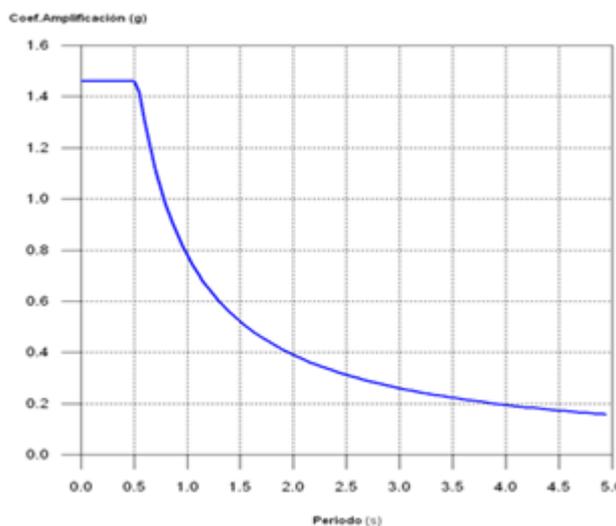


Figura 3-3: Espectro elástico de aceleración

Fuente: (CYPE 3D 2016)

Direcciones de análisis

-) Acción sísmica según X
-) Acción sísmica según Y

Espectro de diseño según X e Y

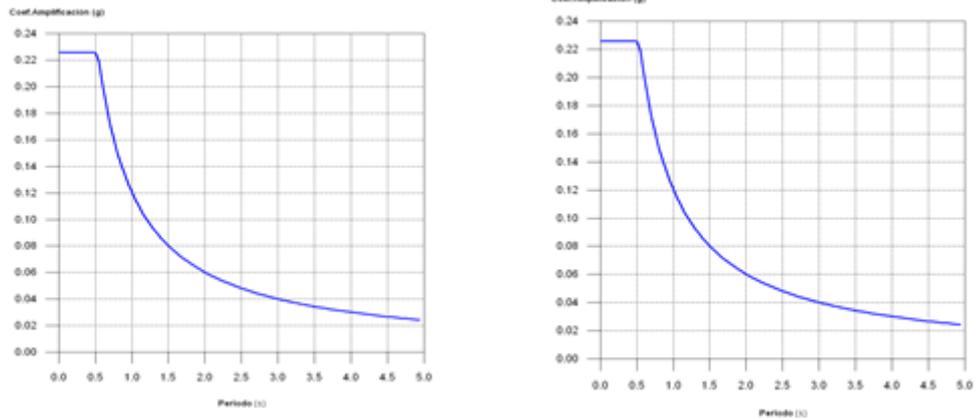


Figura 3-4: Espectro de diseño según X e Y

Fuente: (CYPE 3D 2016)

3.2.4 Deriva de piso

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

Tabla 3.9: Control de deriva de piso

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

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

3.2.5 Combinaciones de cargas

Combinaciones básicas:

-) $1.4 D$
-) $1.2D + 1.6L + 0.5 \text{ máx. (Lr; S; R)}$
-) $1.2D + 1.6 \text{ máx. (Lr; S; R)} + \text{máx. (L; 0.5W)}$
-) $1.2D + 1.0W + L + 0.5 \text{ máx. (Lr; S; R)}$
-) $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
-) $0.9D + 1.0W$
-) $0.9D + 1.0E$
-) Para las combinaciones 3, 4, 5 $L = 0.5 \text{ kN/m}^2$ si $L_0 \leq 4.8 \text{ kN/m}^2$ (excepto para estacionamientos y espacios de reuniones públicas)

Donde:

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

(Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014)

CAPÍTULO IV

MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA

4.1 Idealización del modelo de estructura hospitalaria

La idealización del Hospital General Macas se basa en modelar una maqueta virtual con todas las características reales del hospital en un software, constando todos los datos estructurales, arquitectónicos e instalaciones: sanitarias, agua fría caliente, gases medicinales etc.

En la maqueta virtual se podrá manipular de forma efectiva toda la información del hospital agilizando los procesos y tiempo; se utilizó un proceso llamado BIM (*Building Information Modeling*) o también conocido como “modelado de información para la edificación”, el cual genera y gestiona los datos del proyecto utilizando un software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y tiempo real.

El software usado en este proceso fue REVIT ARCHITECTURE, este software produce un modelo virtual del hospital que contiene la geometría, las relaciones espaciales, información geográfica, cantidades y componentes del hospital.

Para instalaciones se utilizó REVIT ARCHITECTURE MEP que es usado para analizar instalaciones sanitarias, redes de agua potable fría o caliente, gases medicinales, cableado eléctrico, aire acondicionado etc.



Figura 4-1: Vistas en planta hospital renderizado

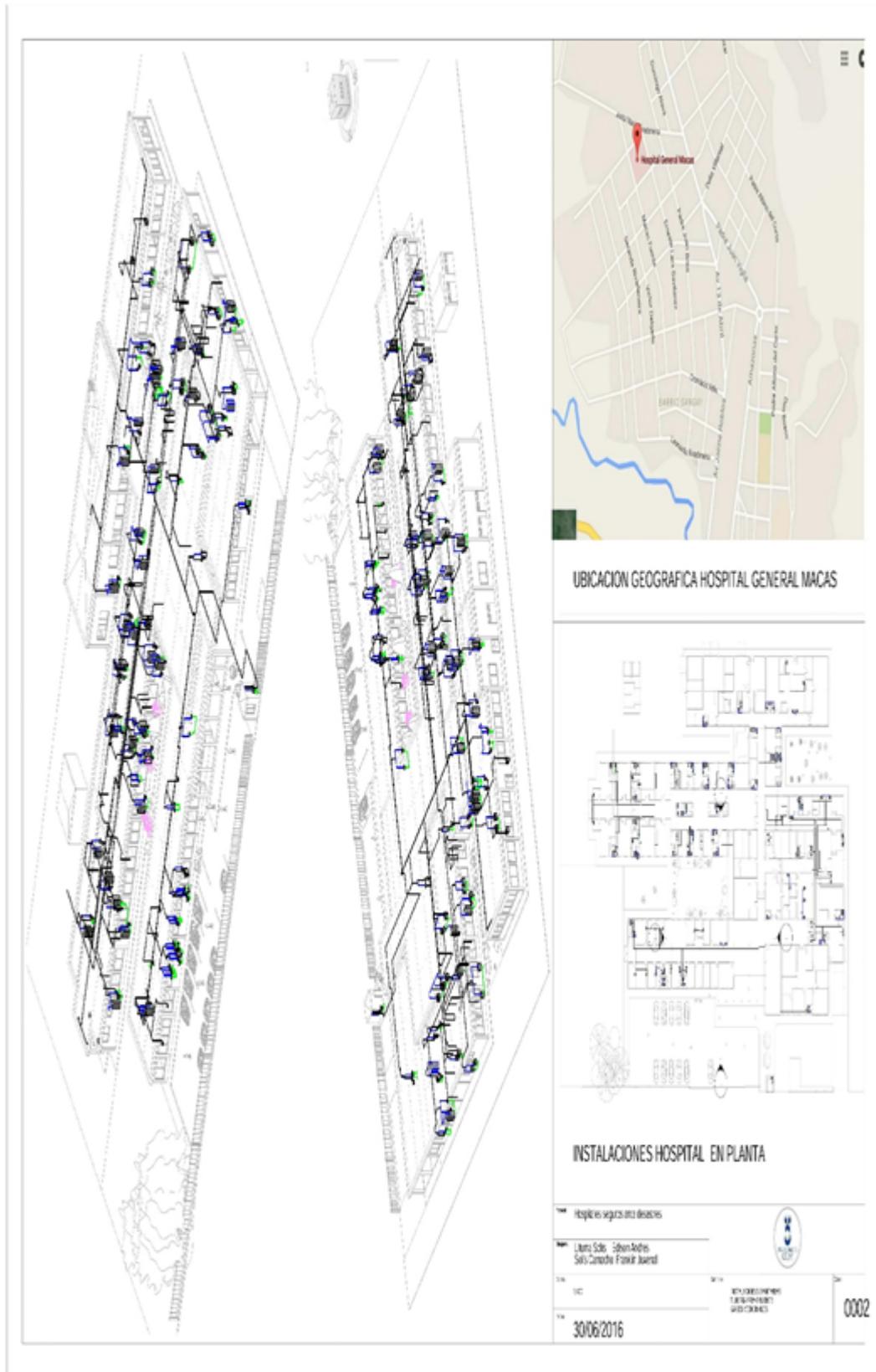


Figura 4-2: Instalaciones

4.2 Generación y modelación dinámica estructural del hospital en software especializado

La modelación es un proceso que genera una idealización matemática que representa la conducta de la estructura considerando aspectos como: geometría de la estructura, propiedades de los materiales, acciones y condiciones de apoyo, magnitud y ubicación de cargas permanentes y variables.

Para la modelación dinámica del Hospital General Macas se procedió a utilizar un software especializado “CYPE 3D”, el cual se encarga de realizar el diseño, cálculo y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado y metálicas en obras civiles las cuales estarán sometidas a acciones horizontales, verticales y acciones como: fuego, sismos entre otros. (CYPE INGENIEROS , 2016)

Para facilitar el cálculo se procedió a separar el hospital por módulos y someterlos a acciones sísmicas y de viento para proceder a su dimensionamiento por separado. El software implementa la normativa propia de cada país, para los diseños en Ecuador se utiliza:

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

La versión del programa “CYPE 3D” es la del 2016 y se utilizó la versión de campus. Los aspectos a tomarse en cuenta en el software son:

) **Periodo y frecuencia**

Cuando en una estructura actúa una carga producida por un sismo este se desplazará desde su posición de equilibrio, de un lado a otro hasta retornar a su posición inicial gracias al efecto de una fuerza gravitacional o una fuerza elástica que restituye su posición inicial. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

) **Amortiguamiento**

En este proceso la vibración disminuye en amplitud logrando que la energía en vibración del sistema sea disipada por muchos mecanismos los cuales están presentes de forma simultánea, las fuerzas de fricción y amortiguamiento causan que se pierda la energía en el sistema, esta energía, ya sea cinética o potencial, se transforma en calor, sonido o desplazamiento las cuales son otras formas de energía. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

) **Vibración libre**

Se considera vibración libre cuando a una partícula o un cuerpo en este caso la entidad hospitalaria vibra solamente por el producto de la fuerza elástica la cual restablece su posición inicial (fuerza de restablecimiento), después de haberle aplicado una fuerza o impulso inicial a esta partícula o cuerpo. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

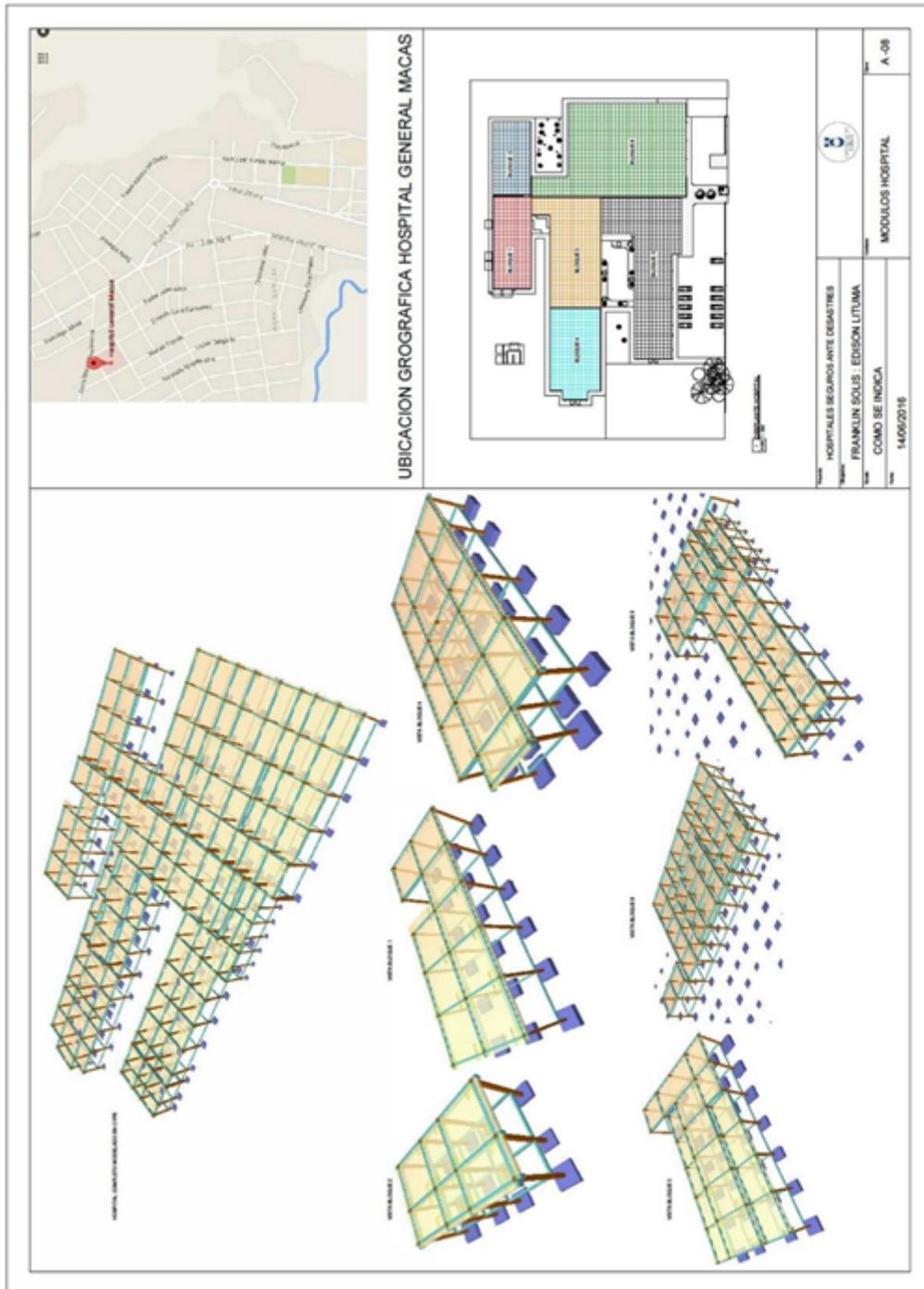


Figura 4-3: Módulos hospital en CYPECAD

4.3 Respuesta estructural

Características de respuesta estructural.- ante la acción de los aspectos mencionados se espera una respuesta estructural en la entidad hospitalaria, estos parámetros son considerados como los más influyentes en la ingeniería sísmica: rigidez, resistencia y ductilidad. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

4.3.1 Rigidez

La rigidez es una propiedad que poseen todas las estructuras y sus componentes para soportar grandes cargas sin que se produzcan grandes desplazamientos o deformaciones. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

Factores que influyen en la rigidez

Los factores que influyen directamente sobre la rigidez son: las propiedades de los miembros estructurales, la sección de los miembros estructurales, las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, el número de elementos presentes en un nudo y las propiedades del sistema escogidos por el diseñador.

-) Propiedades de los miembros. - la resistencia a un sismo es dada por la rigidez lateral de los elementos estructurales en el sistema. Las deformaciones por flexión son normalmente más altas que las deformaciones de esfuerzo de corte para componentes estructurales relativamente delgados.
-) Propiedades de la sección. - las propiedades que afectan son: el área de la sección transversal, el momento de torsión de inercia y el momento de flexión de inercia, las secciones con índice de inercia (I_x/I_y) cercanas a la unidad se deben usar debido a que no se sabe la dirección del sismo.
-) Propiedades de los materiales. - las propiedades de los materiales que influyen en la rigidez son: módulo de elasticidad E y el módulo de elasticidad a cortante G , la rigidez de un material es calculado mediante la relación del módulo de elasticidad E y el peso específico γ .

-) Propiedades de los nudos. - los nudos y su comportamiento influyen directamente a la deformación lateral de las edificaciones, a causa de la rotación de los nudos, mientras más elementos estructurales estén convergiendo en un nudo este alcanzará mayor rigidez estructural, pero al introducir tuberías u otras conexiones el nudo perderá rigidez.
-) Propiedades del sistema.- la rigidez de una estructura es un mecanismo del sistema utilizado para resistir las cargas provocadas por el sismo, los marcos de concreto armado compuestos de columnas, vigas y muros de corte poseen más rigidez que los compuestos solo por columnas y vigas. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

Se debe evitar la redundancia estructural la cual consiste en una distribución no uniforme de la rigidez en plantas distintas (baja y elevación), también hay que tomar en cuenta la interacción del suelo con la estructura, para una evaluación general de la edificación ya que esta interacción reduce la rigidez del sistema y puede ocasionar alteraciones de la distribución de cargas sísmicas. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

4.3.2 Resistencia

La resistencia es la capacidad que posee un miembro o conjunto de miembros estructurales para soportar las acciones de las fuerzas. Para calcular la resistencia de una estructura se utilizan los siguientes parámetros: la resistencia axial, a la flexión y al corte. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

Factores que influyen a la resistencia

Los factores que modifican la resistencia de una estructura son: propiedades de los materiales utilizados, propiedades de la sección transversal escogida, propiedades de los miembros y los nudos. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

-) Propiedades de los materiales. - Un material es eficiente calculando su resistencia específica que es la relación de la resistencia y el peso específico, los materiales compuestos por fibras tienen un alto valor de resistencia específica por lo cual son los más indicados para ser usados en aplicaciones de ingeniería sísmica estructural.

La pérdida de adherencia entre el hormigón y el acero de refuerzo bajo grandes cargas que se alternan reduce la rigidez y la resistencia.

-) Propiedades de la sección. - el área de la sección transversal afecta la resistencia a fuerza axial y de corte, para secciones de hormigón armado la resistencia aumenta al aumentar el acero de refuerzo por ende una adecuada sección puede disminuir la cantidad de acero de refuerzo y esto está en función a las cargas que van a soportar.
-) Propiedades de los miembros.- La resistencia de la edificación depende directamente de la resistencia de los elementos estructurales que la conforman, por lo general las columnas poseen menor resistencia a la flexión y al corte. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

En las columnas de hormigón armado el confinamiento logra reducir la probabilidad de pandeo y aumenta la resistencia del concreto a compresión. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

4.3.3 Ductilidad

La ductilidad es la capacidad de un material para deformarse más allá del rango elástico. Cuando se deforma el material este libera energía, al degradarse la rigidez de un elemento este pierde elasticidad y resistencia, la ductilidad permite que el elemento tenga la capacidad de deformarse un poco más de lo que le permite su rigidez, evitando un colapso bruto. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

Propiedades de los materiales. - La ductilidad de un material se caracteriza por deformaciones plásticas de él. La ductilidad de un sistema estructural obedece a las características de la respuesta del material. (Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

La ductilidad de un material (μ) se expresa como la relación de deformación última (μ) y deformación de fluencia (y).

$$\mu = \mu / y$$

Propiedades de la sección. - Las deformaciones plásticas de las secciones transversales de los elementos estructurales sometidos a momentos de flexión se miden generalmente por la ductilidad de curvatura (μ_x), que se define como:

$$\mu_x = \mu / y$$

Donde:

μ = curvatura última

y = curvatura de fluencia

(Alejandro Hernandez Yoc, 2012)

4.3.4 Diseño por capacidad

Es una metodología de diseño por flexión de los elementos de hormigón en una edificación, se basa en un comportamiento hipotético de la estructura en respuesta a las acciones sísmicas. Este comportamiento busca que la estructura alcance su estado cerca al colapso ante las acciones sísmicas y que las rótulas plásticas se formen simultáneamente en localizaciones predeterminadas formando un mecanismo de colapso que simula un comportamiento dúctil. (MARIBEL BURGOS MANUCHE, 2007)

El objetivo de este método es conseguir una estructura extremadamente tolerante a los desplazamientos generados por el sismo, evitando el colapso, a pesar de haber excedido su resistencia. Se debe escoger y diseñar ciertos elementos resistentes a las fuerzas sísmicas para disipar energía ante desplazamientos producidos por el sismo. (MARIBEL BURGOS MANUCHE, 2007)

Los siguientes puntos resumen las características relevantes del diseño por capacidad:

1. “Se escoge un mecanismo plástico cinemáticamente admisible con el fin de identificar los lugares potenciales de rótulas plásticas donde tendrá lugar la disipación de energía”. (MARIBEL BURGOS MANUCHE, 2007)
2. “Las rótulas plásticas deben ser diseñadas para tener una resistencia a la flexión mayor o igual a la resistencia requerida, estas regiones son detalladas para asegurar que las demandas de ductilidad sean las esperadas. Esto se logra con menores espaciamientos del refuerzo transversal”. (MARIBEL BURGOS MANUCHE, 2007)

3. “La magnitud de las máximas acciones posibles, tales como momentos flectores en cada articulación plástica, se debe evaluar y deben estar basadas en propiedades que han sido provistas durante la construcción, y no en las supuestas o especificadas. Estas son las acciones que se desarrollarían durante un terremoto. A esto se le ha denominado la “sobre resistencia” de dicho elemento”. (MARIBEL BURGOS MANUCHE, 2007)

4. “Las regiones potencialmente frágiles son diseñadas para permanecer elásticas independientemente de la intensidad del sismo o la magnitud de las deformaciones inelásticas que puedan ocurrir”. (MARIBEL BURGOS MANUCHE, 2007)

4.4 Esfuerzos últimos

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

Estados límites.

Los estados límites son las situaciones que, de ser superadas, las estructuras no podrán cumplir algunas de las funciones para las que ha sido proyectada. (MINISTERIO DE FOMENTO ESPAÑA, 1998)

Los estados límites se clasifican en:

-) Estados Límites Últimos.
-) Estados Límite de Servicio.

4.4.1 Estados límites últimos (ELU)

Se llama estado límites últimos a todos aquellos que provocan una que la estructura quede fuera de servicio por colapso o rotura de la misma o una parte de ella. (MINISTERIO DE FOMENTO ESPAÑA, 1998)

Los estados límites últimos que deben comprobarse son:

-) Pérdidas de equilibrio de la estructura o de una parte de la misma, considerada como cuerpo rígido.

-) Fallo por deformación excesiva, rotura o inestabilidad de la estructura o de una parte de la misma.
-) Fallo por acumulación de deformaciones o fisuración progresiva bajo cargas que se repiten. (MINISTERIO DE FOMENTO ESPAÑA, 1998)

4.4.2 Estados límites de servicio (ELS)

Son estados que determinan las situaciones de la estructura que al ser rebasados originan la pérdida de funcionalidad, comodidad, durabilidad o aspectos requeridos de la estructura. (MINISTERIO DE FOMENTO ESPAÑA, 1998)

Los estados límites de servicio comprenden:

-) Estado límite de Deformaciones. - producido por deformaciones que afectan a las acciones aplicadas o a la apariencia, uso de la estructura o pueden causar daños en elementos no estructurales.
-) Estado límite de Fisuración. - se produce cuando la fisuración del hormigón por tracción afecta a la durabilidad, impermeabilidad o el aspecto de la estructura.
-) Estado límite de Vibraciones.- es producido por vibraciones que pueden ser desagradables o causar molestias a los usuarios o provocar daños a la estructura y equipos. (MINISTERIO DE FOMENTO ESPAÑA, 1998)

En el software los estados límites últimos se definen para la comprobación y dimensionamiento de las secciones. El programa genera automáticamente los coeficientes parciales de seguridad y define un conjunto de combinaciones, las cuales son seleccionadas para cada cálculo y dependerá de la norma a aplicar.

Para la comprobación y dimensionamiento de secciones se deberá indicar los grupos de combinaciones para hormigón, aceros laminados, armados, conformados, madera y aluminio. Por lo tanto, el programa comprueba los siguientes estados:

-) **ELU. de rotura.** Hormigón. Dimensionado de secciones.
-) **ELU. de rotura.** Hormigón en cimentaciones. Dimensionado de secciones.

-) **Tensiones sobre el terreno.** Comprobación de tensiones en el terreno.
-) **Desplazamientos.** Para la obtención de desplazamientos máximos de la estructura.
-) **ELU. de rotura. Acero laminado y armado.** Dimensionado de secciones.
-) **ELU. de rotura. Acero conformado.** Dimensionado de secciones.
-) **ELU. de rotura. Madera.** Dimensionado de secciones.
-) **ELU. de rotura. Aluminio.** Dimensionado de secciones.

4.5 Comprobación del diseño de los diferentes miembros estructurales

Luego de haber modelado la entidad hospitalaria se realizará un análisis comparativo entre los elementos estructurales diseñados y los datos obtenidos con los ensayos no destructivos y la norma actual de construcción.

Columnas: se presenta el análisis de las columnas en el bloque 1 de la entidad hospitalaria.

Tabla 4.1: Datos generales del pilar

Datos del pilar			
	Geometría		
	Dimensiones	: 30x30 cm	
	Tramo	: 3.900/5.000 m	
	Altura libre	: 0.60 m	
	Recubrimiento geométrico	: 4.0 cm	
	Tamaño máximo de agregado	: 15 mm	
	Materiales		Longitud de pandeo
	Hormigón : $f_c=210$	Acero : Grado 60 (Latinoamérica)	Plano ZX : 0.60 m Plano ZY : 0.60 m
	Armadura longitudinal		Armadura transversal
	Esquina : 4Ø25 Cara X : 2Ø25 Cara Y : 2Ø25 Cuantía : 4.36 %	Estribos : 1eØ12 Separación : 5 cm	

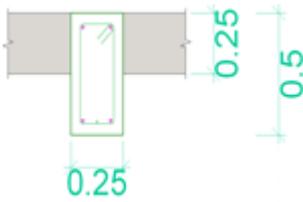
Fuente: (CYPE 3D 2016)

sísmicas) (ACI 318M-11)												
Criterios de diseño por sismo (ACI 318M-11)												
Geometría	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Armadura longitudinal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Armadura transversal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Criterios de diseño por sismo (NEC-14)												
Elementos en flexo compresión	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Cuantía máxima de refuerzo longitudinal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Confinamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resistencia mínima a flexión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cortante de diseño para columnas (ACI)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diseño del refuerzo principal (NEC-11)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resistencia a cortante de elementos en flexo compresión (NEC-11)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1=CUMPLE: 0 = NOCUMPLE												

Fuente: (CYPE 3D 2016)

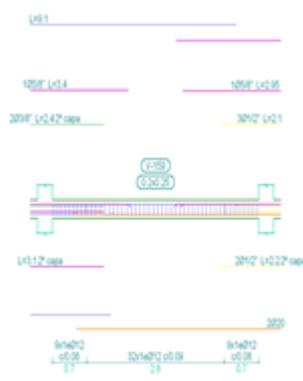
Vigas: se presenta el análisis de la viga tipo más desfavorable.

Tabla 4.3: Datos generales de la viga tipo

Datos de la viga	
	Geometría
	Dimensiones : 0.25x0.5
	Recubrimiento geométrico superior : 4.0 cm
	Recubrimiento geométrico inferior : 4.0 cm
	Recubrimiento geométrico lateral : 4.0 cm
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Arm. montaje superior : 2Ø16	Estribos : 1eØ10
Arm. montaje inferior : 2Ø16	Separación : c/0.22
Arm. refuerzo inferior : 1Ø3/8"	
Materiales	
Hormigón : $f_c=210$	
Armadura longitudinal : Grado 60 (Latinoamérica)	
Armadura transversal : Grado 60 (Latinoamérica)	

Fuente: (CYPE 3D 2016)

Tabla 4.4: Datos generales de la viga tipo completa

Datos de la viga	
	Geometría
	Dimensiones : 0.2x0.25
	Luz libre : 4.2 m
	Recubrimiento geométrico superior : 4.0 cm
	Recubrimiento geométrico inferior : 4.0 cm
Recubrimiento geométrico lateral : 4.0 cm	
Materiales	
Hormigón : $f_c=210$	
Armadura longitudinal : Grado 60 (Latinoamérica)	
Armadura transversal : Grado 60 (Latinoamérica)	

Fuente: (CYPE 3D 2016)

Tabla 4.5: Resumen de comparaciones de resistencia viga tipo

Vano	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (ACI 318M-11)						Estado
	Disp.	Arm.	Q	Q S.	N,M	N,M S.	
V-159: C119 - C120	'2.800 m'	Cumpl e	'0.000 m'	'4.200 m'	'C119'	'C119'	Error
	Error ⁽¹⁾		h = 4.3	h = 24.6	h = 11.6	h = 96.8	
	T _c	T _{st}	T _{sl}	TNM _x	TV _x	TV _y	
	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	
	TV _{XSt}	TV _{YSt}	T,Disp. sl	T,Disp. st	T,Geom .sl	T,Arm. st	
	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	
	Sism.	Disp. S.	Cap. H	Cap. S			
	'0.000 m'	Error ⁽²⁾	'4.200 m'	'4.200 m'			
	Error ⁽²⁾		Cumple	Cumple			

Fuente: (CYPE 3D 2016)

Tabla 4.6: Resumen de comprobaciones de fisuración viga tipo

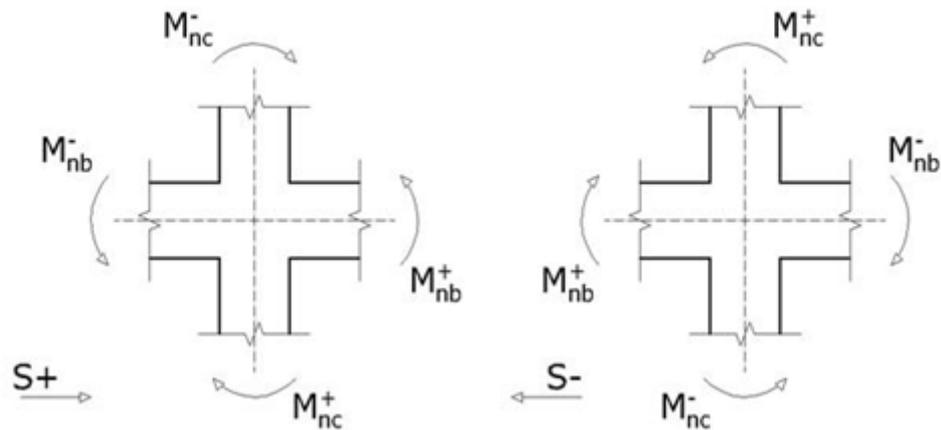
Vano	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (ACI 318M-11)				Estado
	SC,sup.	SC,Lat.Der.	SC,inf.	SC,Lat.Izq.	
V-159: C119 - C120	x: 0 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	x: 2.1 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Cumple

Fuente: (CYPE 3D 2016)

Tabla 4.7: Resumen de comprobaciones de flecha viga tipo

Viga	Activa (Característica)	Estado
	$f_{A,max} \leq f_{A,lim}$	
	$f_{A,lim} = L/480$	
V-159: C119 - C120	$f_{A,max}: 0.31 \text{ mm}$ $f_{A,lim}: 8.75 \text{ mm}$	CUMPLE

Fuente: (CYPE 3D 2016)

Diseño por capacidad.

Representación de los momentos nominales a flexión.

$$M_{nc} \mid 1, 2 \quad M_{nb}$$

Donde:

dM_{nc} : Suma de los momentos nominales a flexión de las columnas.

dM_{nb} : Suma de los momentos resistentes nominales a flexión de las vigas.

Tabla 4.8: Resumen de comprobación de dirección y sentido de la acción sísmica

Dirección y sentido de la acción sísmica	Sismo X		Sismo Y	
	S+	S-	S+	S-
ϕM_{nc} (t·m)	10.05	10.05	10.05	10.05
ϕSM_{nb} (t·m)	15.28	19.75	14.93	11.72
(*): pésimo	X	X	X	X

Fuente: (CYPE 3D 2016)

Cortante basal. - se muestra el análisis del cortante basal en el Bloque 4 de la entidad Hospitalaria.

Tabla 4.9: Cortante basal dinámico por dirección e hipótesis sísmica en el eje X,Y

Cortante basal dinámico por dirección e hipótesis sísmica en el eje X-Y				
Hipótesis modal	Hipótesis sísmica (X)		Hipótesis sísmica (Y)	
	Sismo X1		Sismo Y1	
	V _X	V _{d,X}	V _Y	V _{d,Y}
	(t)	(t)	(t)	(t)
Modo 1	13.159		468.782	
Modo 2	1.062.435		140.296	
Modo 3	155.025	1.200.859	599.886	928.492
Modo 4	0.0054		0.0134	
Modo 5	0.1655		0.5394	

Fuente: (Elaboración propia- Informe de justificación sísmica CYPE 3D 2016)

Derivas de piso.- no se realizó el análisis debido a que la entidad hospitalaria solo cuenta con una planta en todos sus bloques por tal motivo es despreciable las derivas de piso.

CAPÍTULO V

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Depuración e interpretación de los resultados obtenidos de la modelación.

Para poder interpretar de forma más clara los resultados del modelo dinámico realizado en CYPECAD, se realizó una tabla detallando las diferentes comprobaciones de las columnas tipo en cada una de las losas de la edificación.

Tabla 5.1: Interpretación de resultados losa 2

	COLUMNA TIPO			
	TRAMO			
	Losa 2 (0-3,9m)			
NOMBRE DE COLUMNA	Columna H4		Columna N13	
DIMENSIÓN (cm)	30x30		30x30	
PARÁMETROS	C1,C1'	Observación	C2,C2'	Observación
Armadura longitudinal	✓		✓	
Estribos	✓		✓	
Armadura mínima y máxima	✓		✓	
Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)	✓		✓	
Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)	✓		✓	
Separación armaduras transversales	✓		✓	
Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal	✓		✓	
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)	✓		X	La altura h no satisface la norma (h > 1)

Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales (combinaciones sísmicas)	✓		X	La altura h no satisface la norma (h > 1)
Criterios de diseño por sismo				
Geometría	✓		✓	
Armadura longitudinal	✓		✓	
Armadura transversal	X	Área total de sección transversal de estribos es menor que el área mínima requerida (3,28 cm ²)	X	Área total de sección transversal de estribos es menor que el área mínima requerida (3,28 cm ²)
Elementos en flexo compresión	X	Fuerzas axiales actuantes no exceden el valor determinado por la norma ($0.10 \cdot f_c \cdot A_g$)	✓	
Cuantía máxima de refuerzo longitudinal	✓		✓	
Confinamiento	X	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.	X	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.

Resistencia mínima a flexión	X	La suma de los momentos nominales a flexión de las columnas es menor que 1,2 la suma de los momentos resistentes nominales a flexión de las vigas	X	Esfuerzos actuantes producen la rotura de la sección
Cortante de diseño para columnas				
Diseño del refuerzo principal	X	Momentos últimos usados para el diseño son menores a los que establece la norma	X	Esfuerzos actuantes producen la rotura de la sección
Resistencia a cortante de elementos en flexo compresión	✓		X	Esfuerzos actuantes producen la rotura de la sección

Tabla 5.2: Interpretación de resultados losa 3

	COLUMNA TIPO			
	TRAMO			
	Losa 3 (3,9-5m)		Losa 3 (0-5m)	
NOMBRE DE COLUMNA	Columna N13		Columna M17	
DIMENSIÓN (cm)	30x30		30x30	
PARÁMETROS	C2,C2'	Observación	C3,C3'	Observación
Armadura longitudinal	✓		✓	
Estribos	✓		✓	
Armadura mínima y máxima	✓		✓	
Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)	✓		✓	
Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)	✓		✓	

Separación armaduras transversales	✓		✓	
Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal	✓		✓	
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)	X	La altura h no satisface la norma (h 1)	✓	
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas)	X	La altura h no satisface la norma (h 1)	✓	
Criterios de diseño por sismo				
Geometría	✓		✓	
Armadura longitudinal	✓		✓	
Armadura transversal	X	Área total de sección transversal de estribos es menor que el área mínima requerida (3,28 cm ²)	X	Área total de sección transversal de estribos es menor que el área mínima requerida (3,28 cm ²)
Elementos en flexo compresión	✓		X	Fuerzas axiales actuantes no exceden el valor determinado por la norma ($0.10 \cdot f'c \cdot A_g$)
Cuantía máxima de refuerzo longitudinal	✓		✓	
Confinamiento	X	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.	X	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.

Resistencia mínima a flexión	X	Esfuerzos actuantes producen la rotura de la sección	X	La suma de los momentos nominales a flexión de las columnas es menor que 1,2 la suma de los momentos resistentes nominales a flexión de las vigas
Cortante de diseño para columnas				
Diseño del refuerzo principal	X	Esfuerzos actuantes producen la rotura de la sección	X	Momentos últimos usados para el diseño son menores a los que establece la norma
Resistencia a cortante de elementos en flexo compresión	X	Esfuerzos actuantes producen la rotura de la sección	✓	

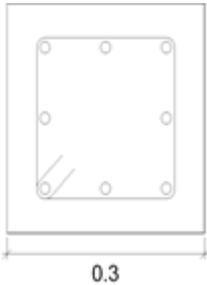
Tabla 5.3: Interpretación de resultados losa 4

		COLUMNA TIPO	
		TRAMO	
		Losa 4 (0-6,1m)	
NOMBRE DE COLUMNA	Columna S14		
DIMENSIÓN (cm)	30x30		
PARÁMETROS	C4	Observación	
Armadura longitudinal	✓		
Estribos	✓		
Armadura mínima y máxima	✓		
Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)	✓		
Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)	✓		
Separación armaduras transversales	✓		
Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal	✓		
Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)	✓		
Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales (combinaciones sísmicas)	X	La altura h no satisface la norma (h 1)	
Criterios de diseño por sismo			
Geometría	✓		

Armadura longitudinal	✓	
Armadura transversal	X	Área total de sección transversal de estribos es menor que el área mínima requerida (3,28 cm ²)
Elementos en flexo compresión	✓	
Cuantía máxima de refuerzo longitudinal	✓	
Confinamiento	X	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.
Resistencia mínima a flexión	X	Esfuerzos actuantes producen la rotura de la sección
Cortante de diseño para columnas		
Diseño del refuerzo principal	X	Esfuerzos actuantes producen la rotura de la sección
Resistencia a cortante de elementos en flexo compresión	X	Esfuerzos actuantes producen la rotura de la sección

A continuación, se detalla las características y componentes de cada columna tipo.

Tabla 5.4: Datos generales columna tipo C1, C1'

Datos del pilar			
	Geometría		
	Dimensiones	: 30x30 cm	
	Tramo	: 0.000/3.900 m	
	Altura libre	: 3.40 m	
	Recubrimiento geométrico	: 4.0 cm	
	Tamaño máximo de agregado	: 15 mm	
	Materiales		Longitud de pandeo
	Hormigón : f _c =210	Acero : Grado 60 (Latinoamérica)	Plano ZX : 3.40 m Plano ZY : 3.40 m
	Armadura longitudinal		Armadura transversal
	Esquina : 4Ø16 Cara X : 2Ø16 Cara Y : 2Ø16 Cuantía : 1.79 %		Estribos : 1eØ10 Separación : 10 cm

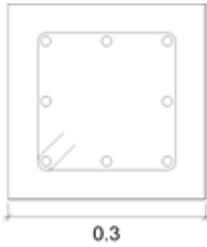
Fuente: (CYPE 3D 2016)

Tabla 5.5: Datos generales columna tipo C2, C2'

Datos del pilar	
	Geometría
	Dimensiones : 30x30 cm
	Tramo : 3.900/5.000 m
	Altura libre : 0.60 m
	Recubrimiento geométrico : 4.0 cm
Tamaño máximo de agregado : 15 mm	
	Materiales
Hormigón : $f'c=210$	Longitud de pandeo
Acero : Grado 60 (Latinoamérica)	Plano ZX : 0.60 m
	Plano ZY : 0.60 m
	Armadura longitudinal
Esquina : 4Ø16	Armadura transversal
Cara X : 2Ø16	Estribos : 1eØ10+X1rØ10+Y1rØ10
Cara Y : 2Ø16	Separación : 10 cm
Cuantía : 1.79 %	n

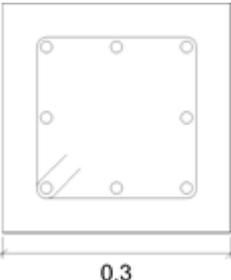
Fuente: (CYPE 3D 2016)

Tabla 5.6: Datos generales columna tipo C3, C3'

Datos del pilar	
	Geometría
	Dimensiones : 30x30 cm
	Tramo : 0.000/5.000 m
	Altura libre : 4.50 m
	Recubrimiento geométrico : 4.0 cm
Tamaño máximo de agregado : 15 mm	
	Materiales
Hormigón : $f'c=210$	Longitud de pandeo
Acero : Grado 60 (Latinoamérica)	Plano ZX : 4.50 m
	Plano ZY : 4.50 m
	Armadura longitudinal
Esquina : 4Ø16	Armadura transversal
Cara X : 2Ø16	Estribos : 1eØ10
Cara Y : 2Ø16	Separación : 10 cm
Cuantía : 1.79 %	

Fuente: (CYPE 3D 2016)

Tabla 5.7: Datos generales columna tipo C4

Datos del pilar			
 <p>0.3</p>	Geometría		
	Dimensiones	: 30x30 cm	
	Tramo	: 0.000/6.100 m	
	Altura libre	: 5.60 m	
	Recubrimiento geométrico	: 4.0 cm	
	Tamaño máximo de agregado	: 15 mm	
	Materiales		Longitud de pandeo
	Hormigón : $f'_c=210$	Acero : Grado 60 (Latinoamérica)	Plano ZX : 5.60 m Plano ZY : 5.60 m
	Armadura longitudinal		Armadura transversal
	Esquina : 4Ø16 Cara X : 2Ø16 Cara Y : 2Ø16 Cuantía : 1.79 %		Estribos : 1eØ10 Separación : 10 cm

Fuente: (CYPE 3D 2016)

Tabla 5.8: Condición de cortante basal mínimo

Modulo	Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo		Factor de modificación
1	Sismo X1	$V_{d,x1} 0.80 \cdot V_{s,x}$	18.0933 t 18.2501 t	1.01
	Sismo Y1	$V_{d,y1} 0.80 \cdot V_{s,y}$	18.1216 t 18.2501 t	1.01
2	Sismo X1	$V_{d,x1} 0.80 \cdot V_{s,x}$	22.1416 t 57.25454 t	2.6
	Sismo Y1	$V_{d,y1} 0.80 \cdot V_{s,y}$	21.2658 t 57.5454 t	2.71
3	Sismo X1	$V_{d,x1} 0.80 \cdot V_{s,x}$	50.7273 t 73,0868 t	1,44
	Sismo Y1	$V_{d,y1} 0.80 \cdot V_{s,y}$	51,5158 t 73,0868 t	1,42
4	Sismo X1	$V_{d,x1} 0.80 \cdot V_{s,x}$	120.0859 t 108.9344 t	N.P.
	Sismo Y1	$V_{d,y1} 0.80 \cdot V_{s,y}$	92.8492 t 108.9344 t	1.17
5	Sismo X1	$V_{d,x1} 0.80 \cdot V_{s,x}$	151.6027t 229.4528 t	1,51
	Sismo Y1	$V_{d,y1} 0.80 \cdot V_{s,y}$	161.3613 t 229.4528 t	1,42
6	Sismo X1	$V_{d,x1} 0.80 \cdot V_{s,x}$	83.4065 t 117.2113t	1,41
	Sismo Y1	$V_{d,y1} 0.80 \cdot V_{s,y}$	92.2229 t 117.2113 t	1,27
7	Sismo X1	$V_{d,x1} 0.80 \cdot V_{s,x}$	22.3032 t 46.2661t	2,07
	Sismo Y1	$V_{d,y1} 0.80 \cdot V_{s,y}$	21.8209 t 46.2661 t	2,12

Fuente: (Elaboración propia basado en comprobaciones de justificación sísmica CYPE 3D 2016)

Tabla 5.9: Desplome de pilares

MODULO	Desplome total máximo de los pilares (U / H)			
	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1	1/4500	1/7715	1/56	1/59
2	1/1810	1/760	1/12	1/9
3	1/6000	1/3858	1/26	1/26
4	...	1/6000	1/82	1/59
5	1/3612	1/6500	1/22	1/26
6	1/3858	1/3600	1/29	1/31
7	1/2709	1/1355	1/17	1/15
Notas:	(1) los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.			

Fuente: (CYPE 3D 2016)

5.2 Generación de gráficos explicativos

Luego del cálculo de todos los bloques en CYPE se procedió a realizar graficas que explican cómo se comportan los elementos estructurales y que criterios cumplen cada uno.

5.2.1 Armadura longitudinal

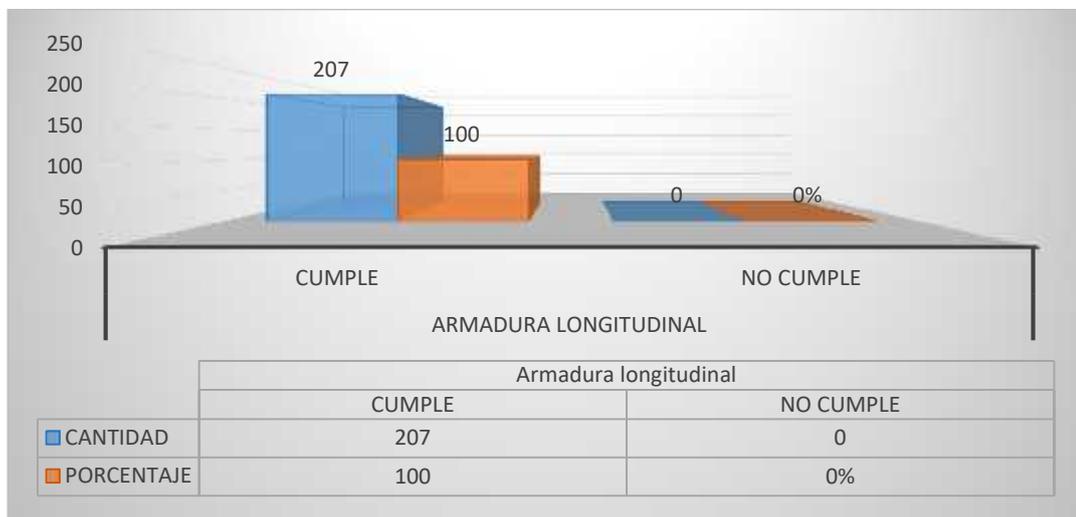


Figura 5-1: Armadura longitudinal

Como se muestra en la gráfica un total de 207 columnas cumplen con el criterio de armadura longitudinal dando el 100% de columnas que cumplen en todo el hospital.

En elementos a compresión reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor de $s_{l,min}$ (NEC 2014):

$$s_l \geq s_{l,min}$$

5.2.2 Estribos

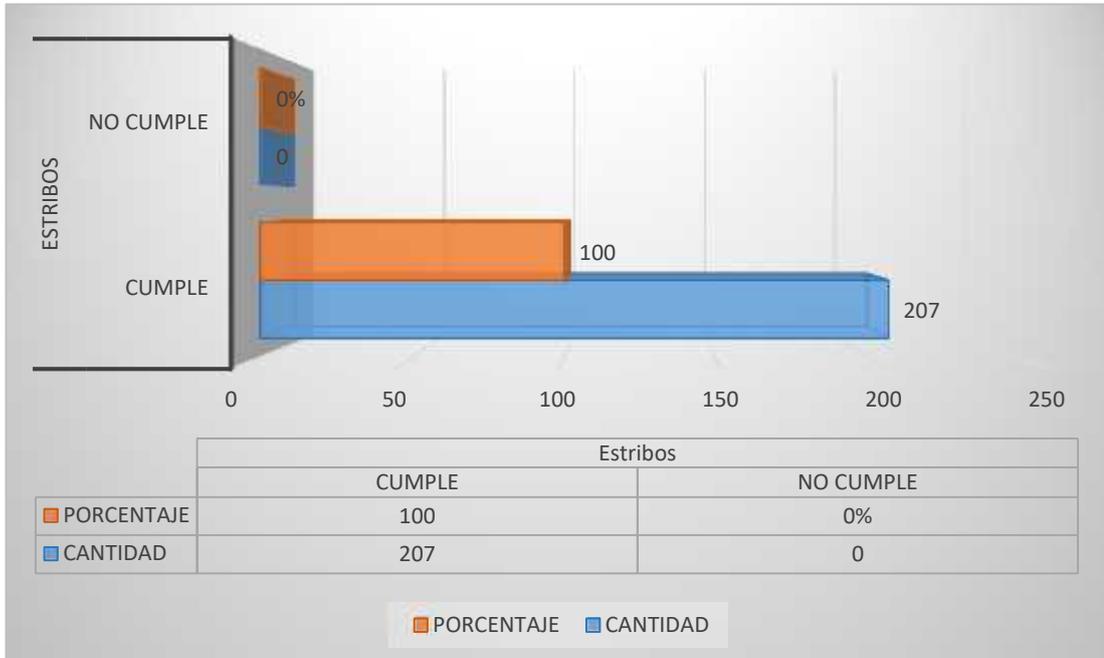


Figura 5-2: Estribos

Todas las columnas del hospital cumplen con el criterio de estribos.

En elementos a compresión reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre refuerzos transversales no debe ser menor de $s_{t,min}$ (Artículo 7.6.3 NEC 2014):

$$s_t \geq s_{t,min}$$

5.2.3 Armadura mínima y máxima

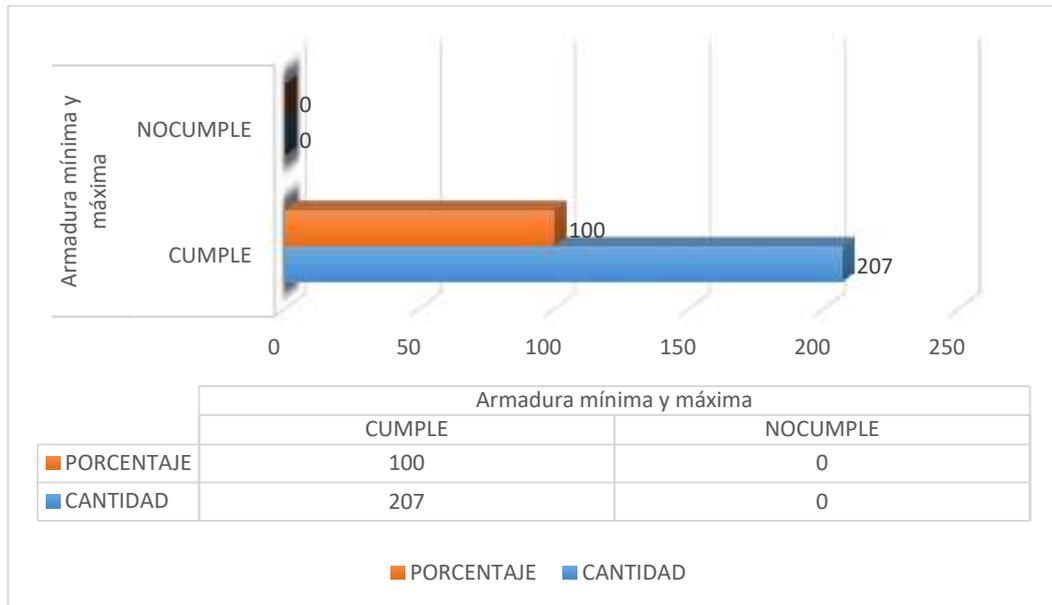


Figura 5-3: Armadura mínima y máxima

El 100% de las columnas cumplen con el criterio de armadura mínima y máxima.

El área de refuerzo longitudinal, A_{st} , para elementos no compuestos a compresión no debe ser menor que $0.01 \cdot A_g$ ni mayor que $0.08 \cdot A_g$ (Artículo 10.9.1):

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

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

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

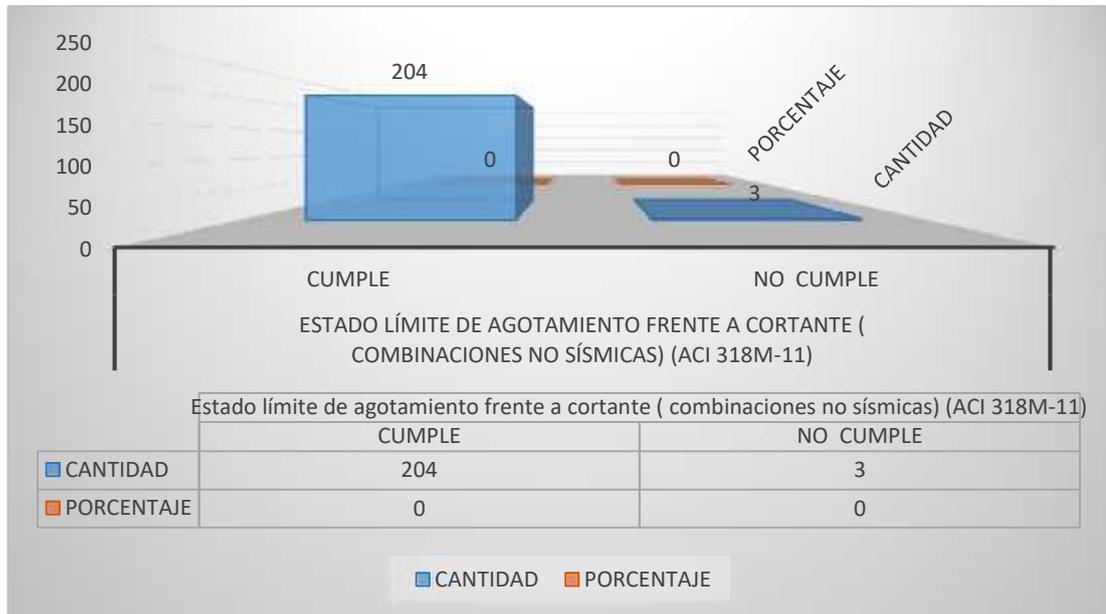


Figura 5-4: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)

Se debe satisfacer:

$$y = \sqrt{\frac{V_{u,x}^2}{\leftarrow V_{n,x}} + \Gamma \frac{V_{u,y}^2}{\leftarrow V_{n,y}}} \quad TM1$$

Donde:

V_u : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$w \cdot V_n$: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

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

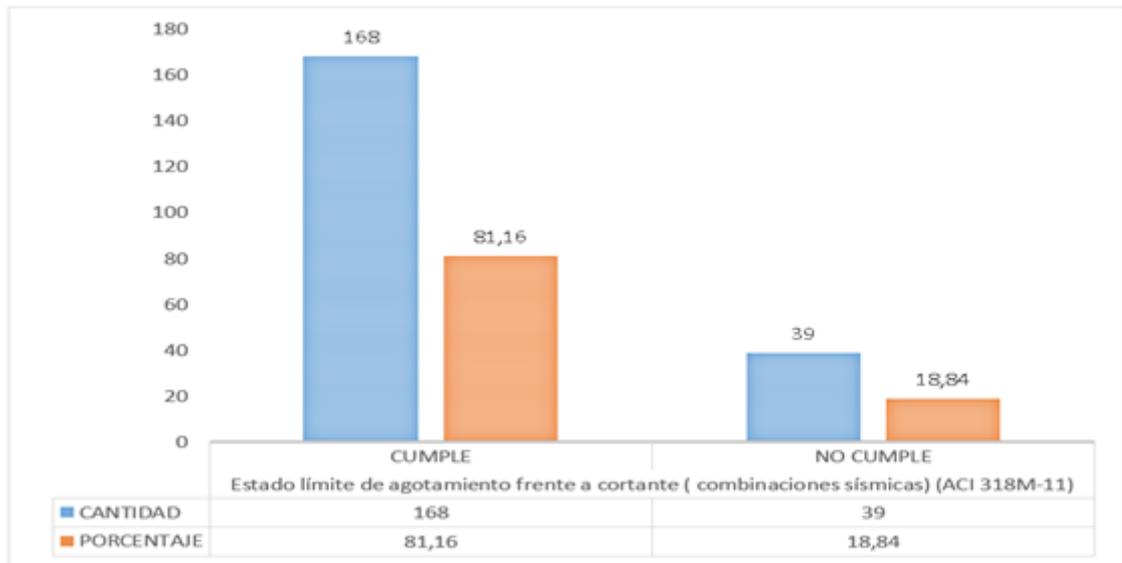


Figura 5-5: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)

Este criterio 168 de 207 columnas cumplen con el estado límite de agotamiento frente a cortante (combinación sísmica) (ACI 318M-11).

Se debe satisfacer:

$$y = \sqrt{\frac{V_{u,x}^2}{\leftarrow V_{n,x}} + \frac{V_{u,y}^2}{\leftarrow V_{n,y}}} \leq 1$$

Donde:

V_u : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

V_n : Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

5.2.6 Separación armaduras transversales

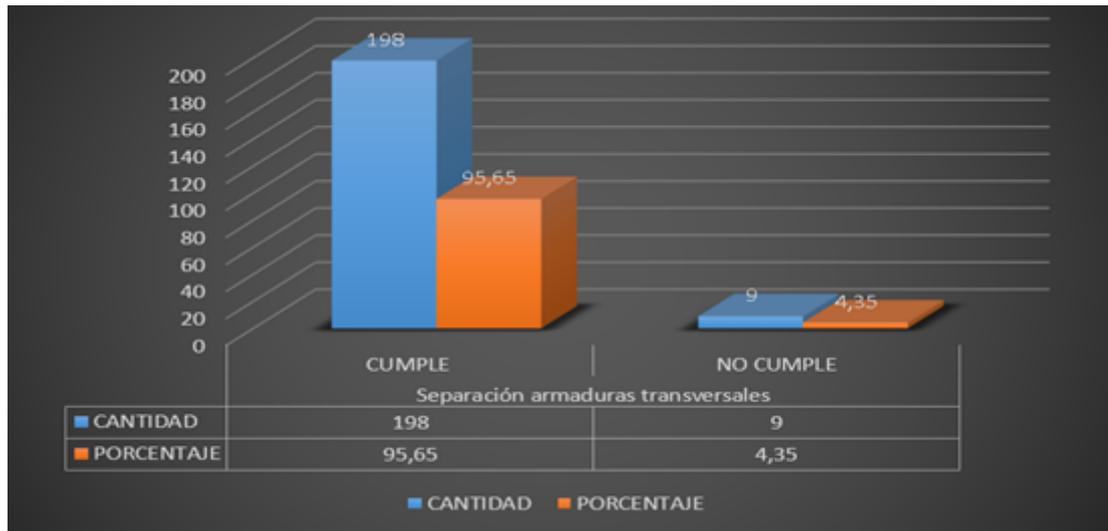


Figura 5-6: Separación armaduras transversales

EL 95,65 % de las columnas cumplen con la separación de armadura transversal.

Se debe cumplir:

El espaciamiento del refuerzo de cortante colocado perpendicularmente al eje del elemento no debe exceder s_{max} (Artículo 11.4.5 NEC 2014):

$$s \leq s_{max}$$

Donde:

s_{max} : Valor mínimo de s_1 , s_2 .

$$s_1 \leq d/2$$

Siendo:

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

5.2.7 Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal

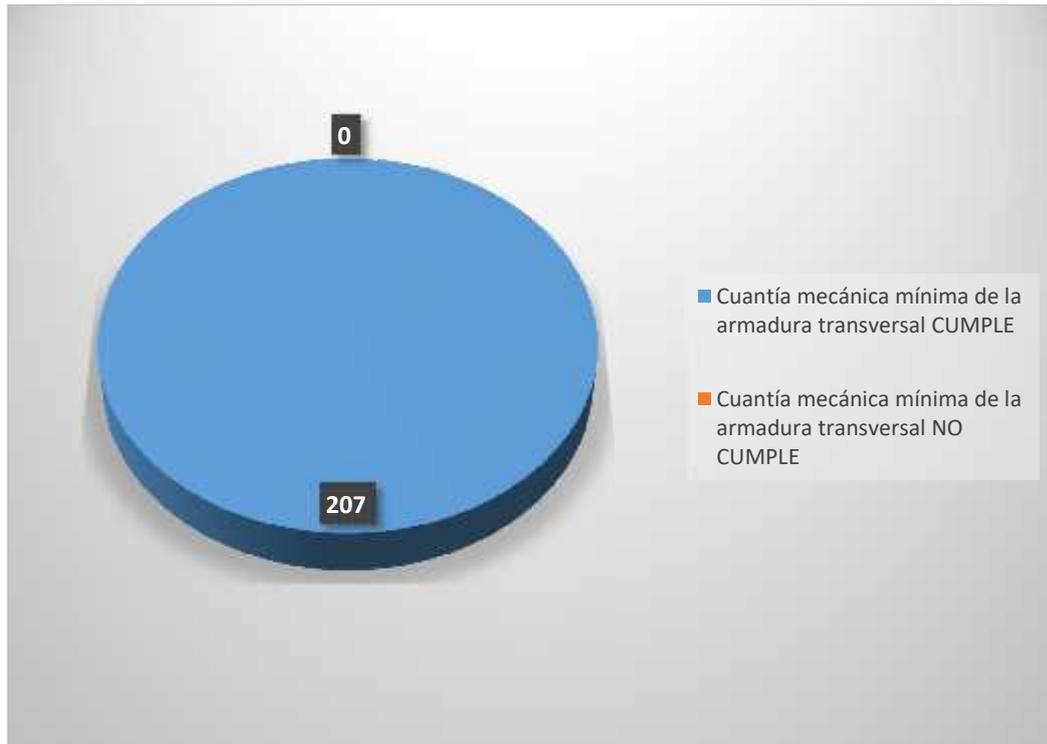


Figura 5-7: Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal

El 100% de las columnas cumplen con el criterio de cuantía mecánica de la armadura transversal.

Se debe cumplir:

Debe colocarse un área mínima de refuerzo para cortante, $A_{v,min}$, en todo elemento de concreto reforzado sometido a flexión (preesforzado y no preesforzado) (Artículo 11.4.6 NEC 2014):

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

Donde:

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

Pero no debe ser menor a:

$$A_{v,min} \geq 0.35 b_w s / f_{yt}$$

Siendo:

f'_c : Resistencia específica a compresión del hormigón.

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

b_w : Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

s : Separación medida centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

f_{yt} : Resistencia específica a la fluencia f_{yt} del refuerzo transversal.

$$f_y \geq 420 M$$

5.2.8 Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)

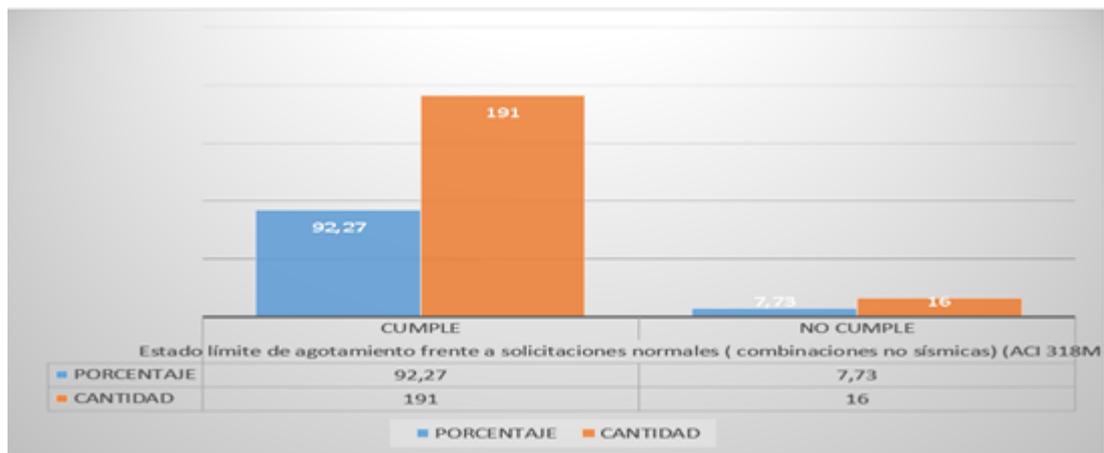


Figura 5-8: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)

Un total de 191 columnas cumplen con este criterio en donde se debe cumplir:

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Cabeza', para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa".

Se debe satisfacer:

$$y_B = \sqrt{\frac{P_u^2 \Gamma M_{u,x}^2 \Gamma M_{u,y}^2}{f_{c,n} A^2 \Gamma f_{c,n,x} A^2 \Gamma f_{c,n,y} A^2}} \quad TM \ 1$$

$$P_u \quad TM \leftarrow P_{n,max}$$

5.2.9 Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas)

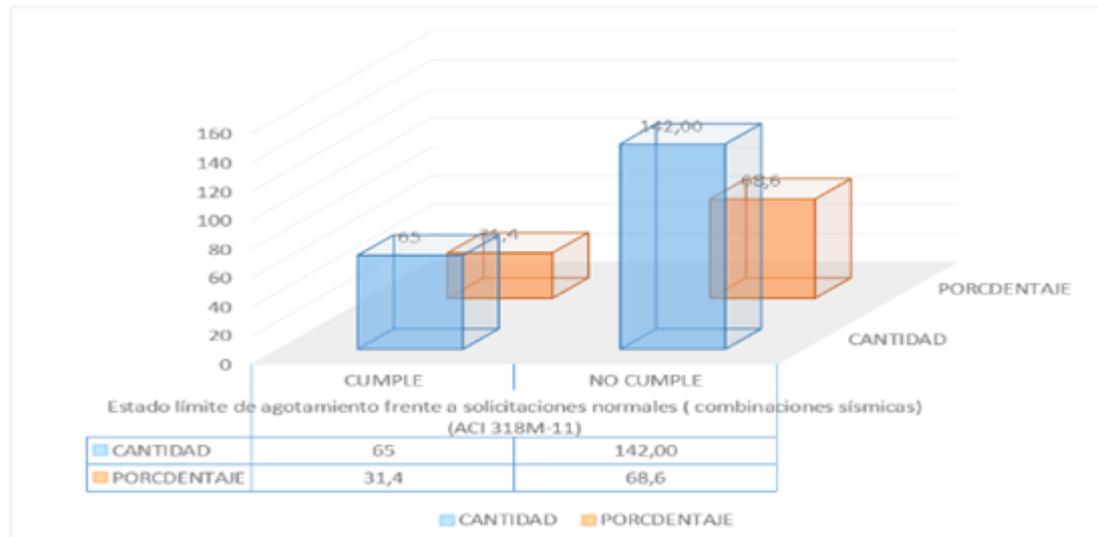


Figura 5-9: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas)

Un total de 142 columnas no cumplen con el criterio de estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Cabeza', para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa+SX".

Se debe satisfacer:

$$y_B = \sqrt{\frac{P_u^2 \Gamma M_{u,x}^2 \Gamma M_{u,y}^2}{f_{c,n} A^2 \Gamma f_{c,n,x} A^2 \Gamma f_{c,n,y} A^2}} \quad \text{TM 1}$$

$$P_u \text{ TM} \leftarrow P_{n,max}$$

5.3 Criterios de diseño por sismo (ACI 318M-11)

5.3.1 Geometría

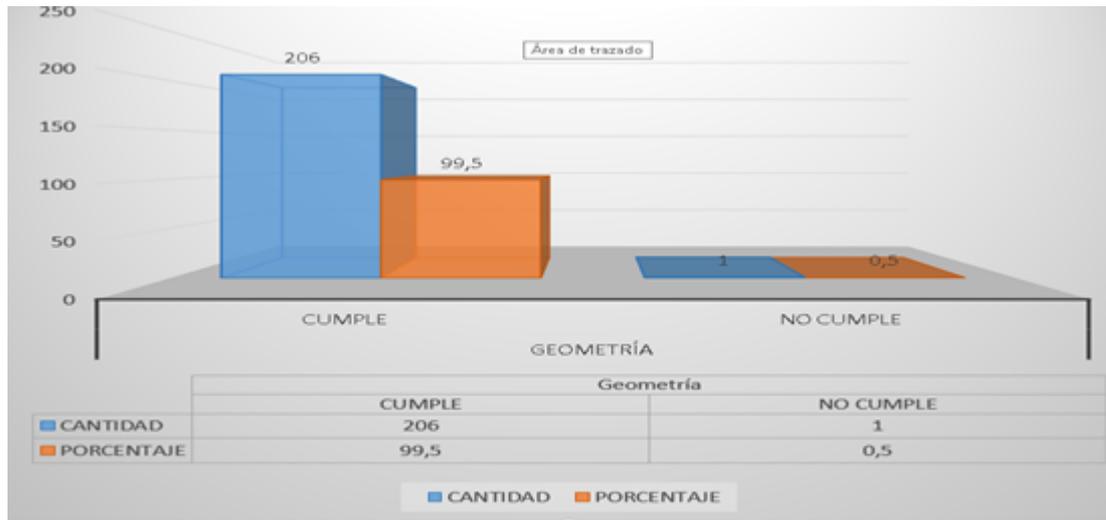


Figura 5-10: Geometría

Solo una columna no cumple con el criterio de geometría.

La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 300.00 mm (Artículo 21.6.1.1):

$b \geq 300 \text{ mm}$

Donde:

b: Dimensión menor de la sección del soporte.

5.3.2 Armadura longitudinal.

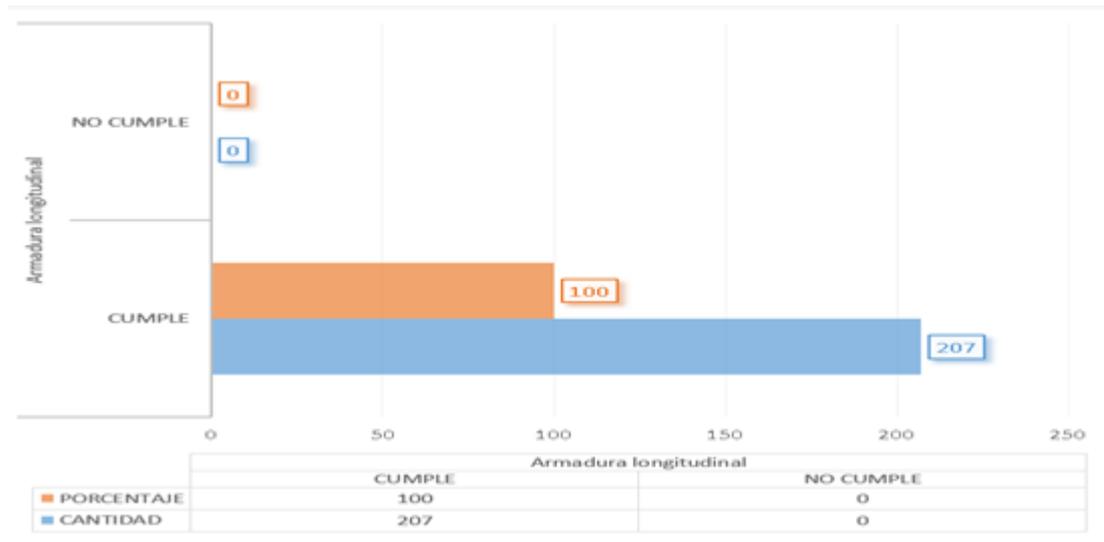


Figura 5-11: Armadura longitudinal

Todas las columnas cumplen con este criterio el cual estipula:

El área de refuerzo longitudinal, A_{st} , no debe ser menor que $0.01 \cdot A_g$ ni mayor que $0.06 \cdot A_g$ (Artículo 21.6.3.1):

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

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

Donde:

A_g : Área total de la sección de hormigón.

5.3.3 Armadura transversal.

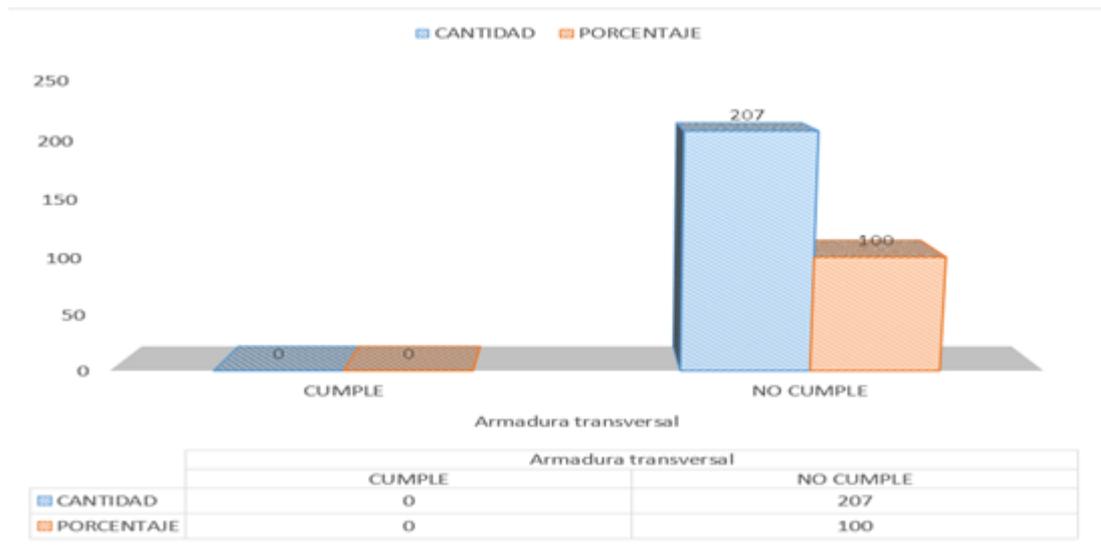


Figura 5-12: Armadura transversal

Ninguna de las columnas cumple con este criterio arrojando los siguientes resultados: El área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares, A_{sh} , no debe ser menor que $A_{sh,min}$ (Artículo 21.6.4.4) tanto para x como para y :

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

Donde:

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

$$A_{sh1} \geq 0.3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \frac{A_g}{A_{ch}} \geq 1$$

$$A_{sh2} \geq 0.09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

Siendo:

s: Separación medida centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

b_c : Dimensión transversal del núcleo del elemento medida entre los bordes externos del refuerzo transversal.

f'_c : Resistencia específica a compresión del hormigón.

f_{yt} : Resistencia específica a la fluencia f_{yt} del refuerzo transversal.

Ag: Área total de la sección de hormigón.

Ach: Área de la sección transversal de un elemento estructural, medida entre los bordes exteriores del refuerzo transversal.

5.4 Criterios de diseño por sismo (NEC-14)

5.4.1 Elementos en flexo compresión.

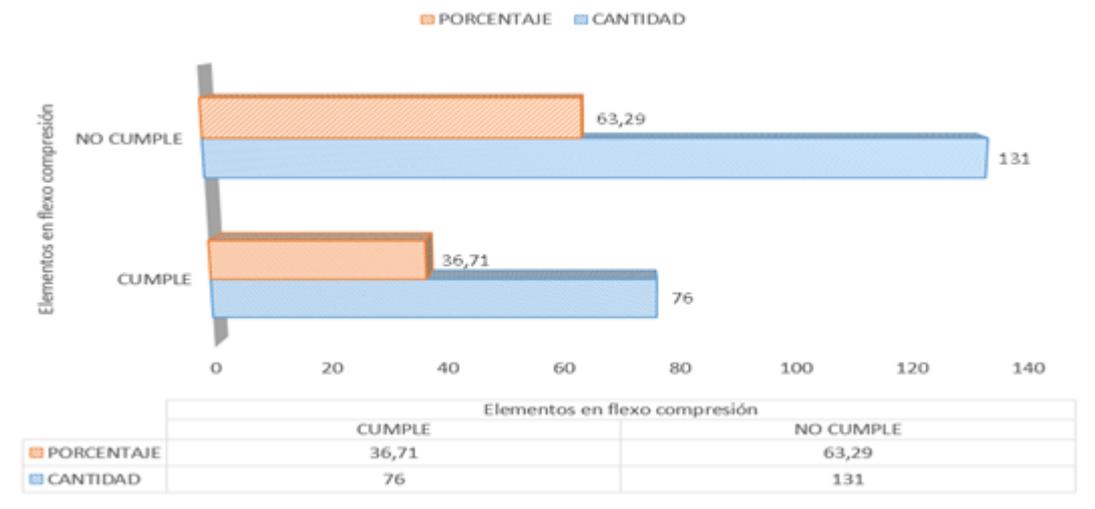


Figura 5-13: Elementos en flexo compresión

En este criterio 131 columnas no cumplen flexo compresión.

Los requisitos de este artículo se aplican a columnas, elementos de pórticos rígidos y otros elementos estructurales que presenten las siguientes características:

- Sean parte de sistemas estructurales resistentes a cargas sísmicas.
- Soporten fuerzas axiales que excedan $0.10 \cdot f'c \cdot Ag$ en alguna de las combinaciones de carga en que participen las cargas sísmicas.
- La razón entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión en la dirección ortogonal sea mayor que 0.40 ó en su defecto, que su altura libre sea mayor que cuatro veces la dimensión mayor de la sección transversal del elemento.
- La dimensión más pequeña de la sección transversal, medida sobre una línea recta que pasa por su centroide geométrico, no sea menor que 300 mm.

5.4.2 Cuantía máxima de refuerzo longitudinal.

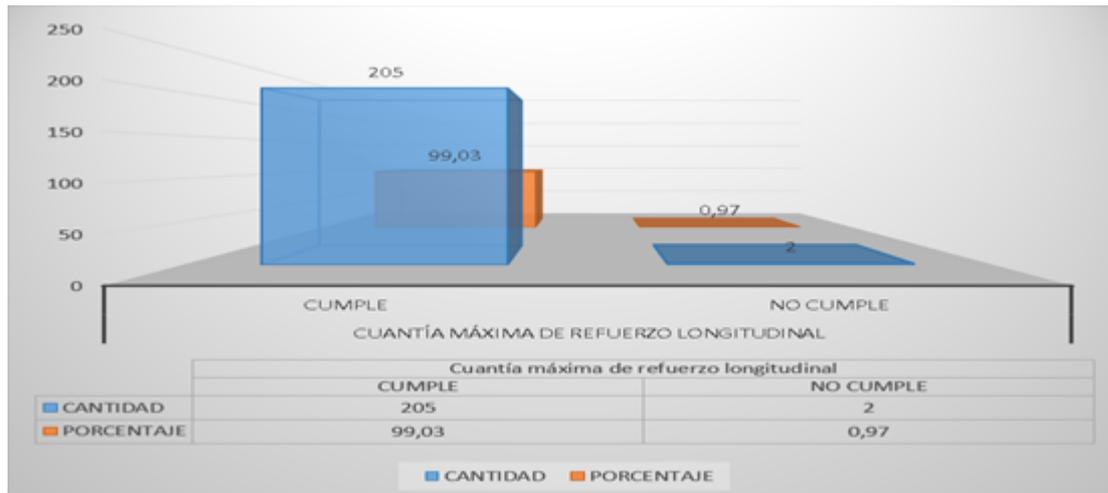


Figura 5-14: Cuantía máxima de refuerzo longitudinal

Casí la mayoría de las columnas dando un total de 205 cumplen este criterio el cual estipula:

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

5.4.3 Confinamiento.

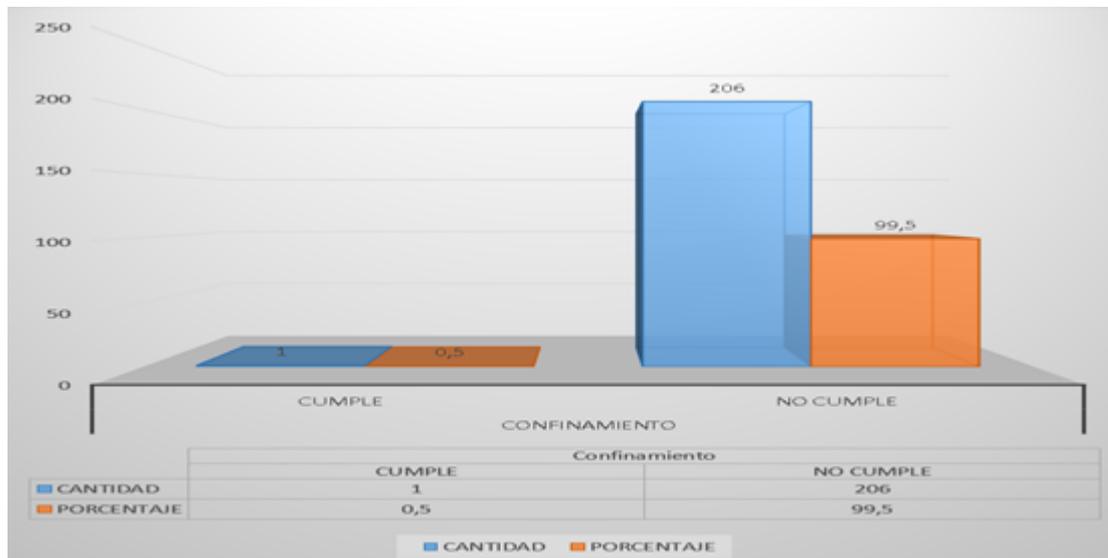


Figura 5-15: Confinamiento

Solo una columna cumple con el criterio de confinamiento el cual estipula en:

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.

s: $100 \text{ mm} \cdot \frac{1}{2} \min(96, 100) \text{ mm} = 96 \text{ mm}$

5.4.4 Resistencia mínima a la flexión

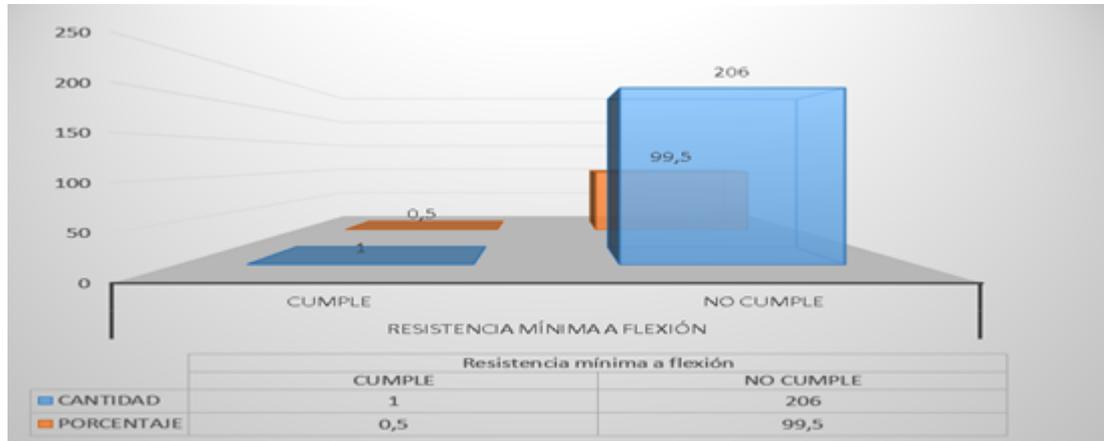


Figura 5-16: Resistencia mínima a la flexión

Este criterio no cumple ninguna de las 206 columnas.

5.4.5 Cortante de diseño para columnas (ACI)

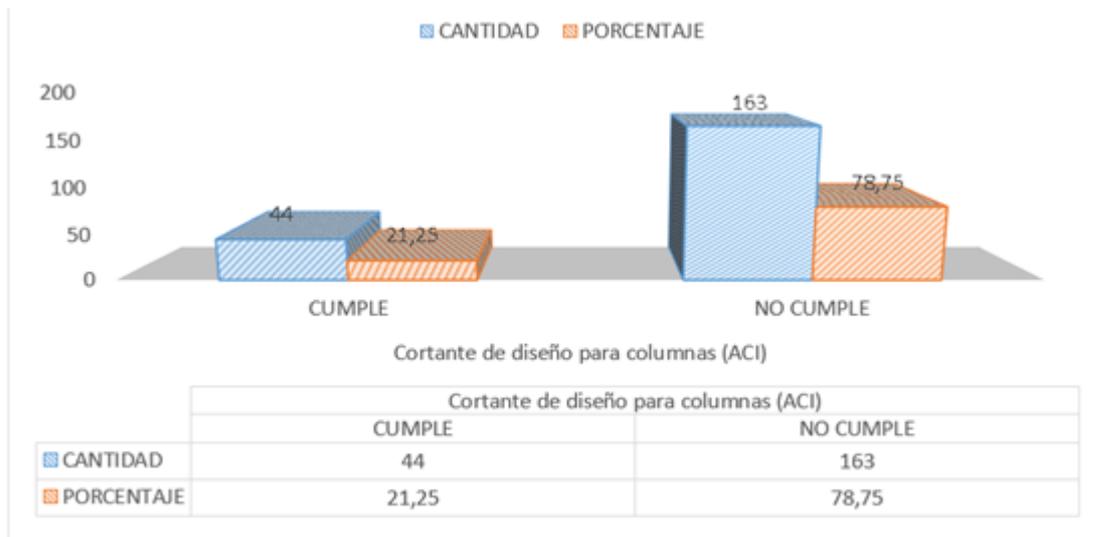


Figura 5-17: Cortante de diseño para columnas (ACI)

5.4.6 Diseño del refuerzo principal (NEC-14)

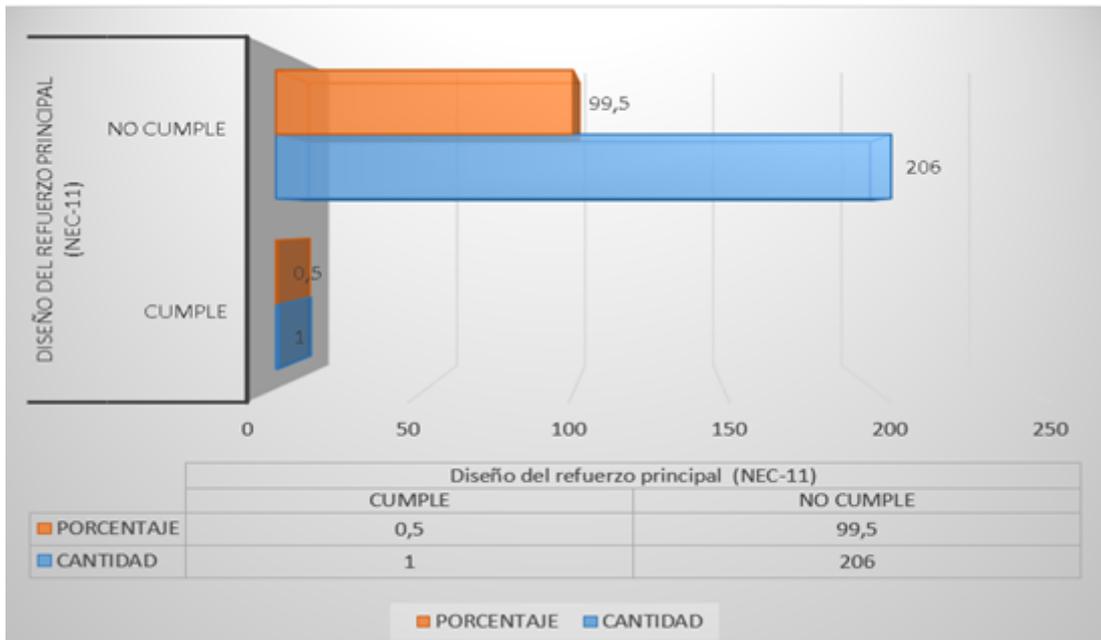


Figura 5-18: Diseño del refuerzo principal

5.4.7 Resistencia a cortante de elementos en flexo compresión (NEC-14)

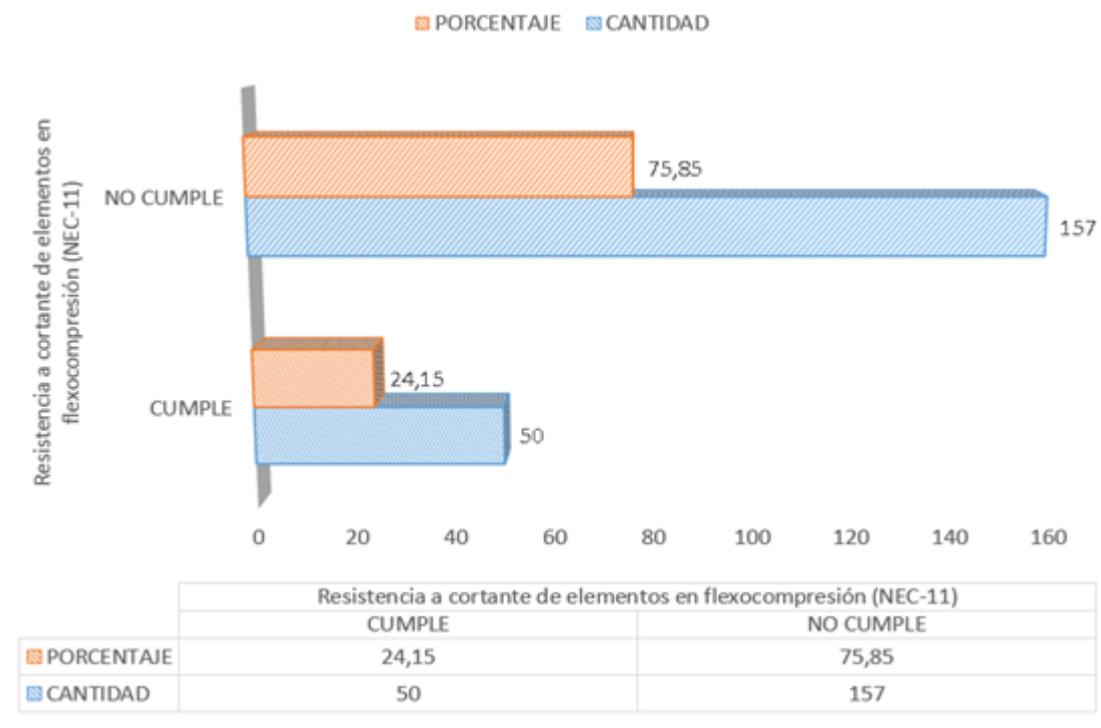


Figura 5-19: Resistencia a cortante de elementos en flexo compresión

5.5 Análisis de los criterios del bloque 2 como ejemplo de cálculo.

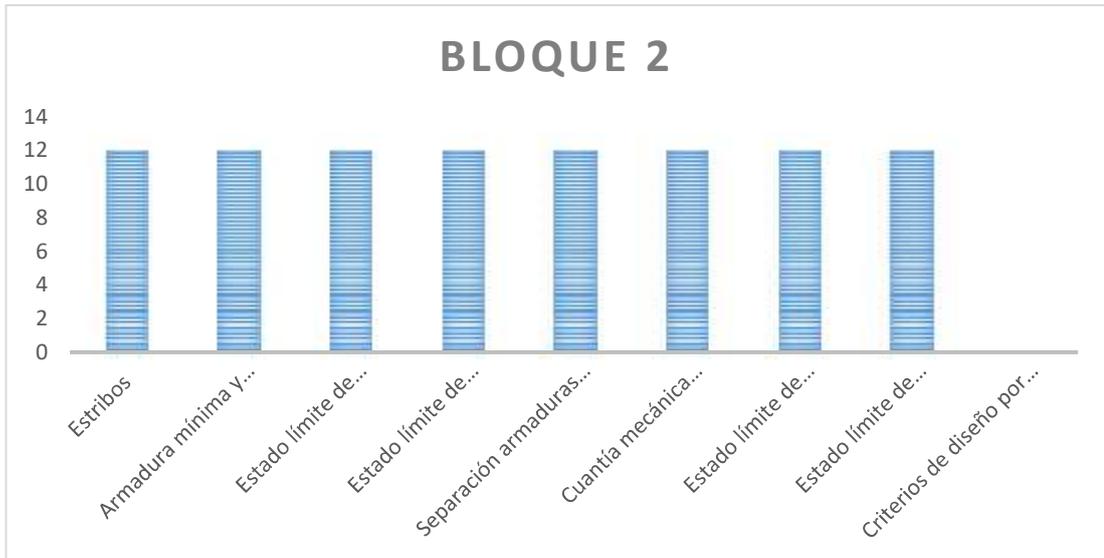


Figura 5-20: Análisis de los criterios del bloque 2 como ejemplo de cálculo

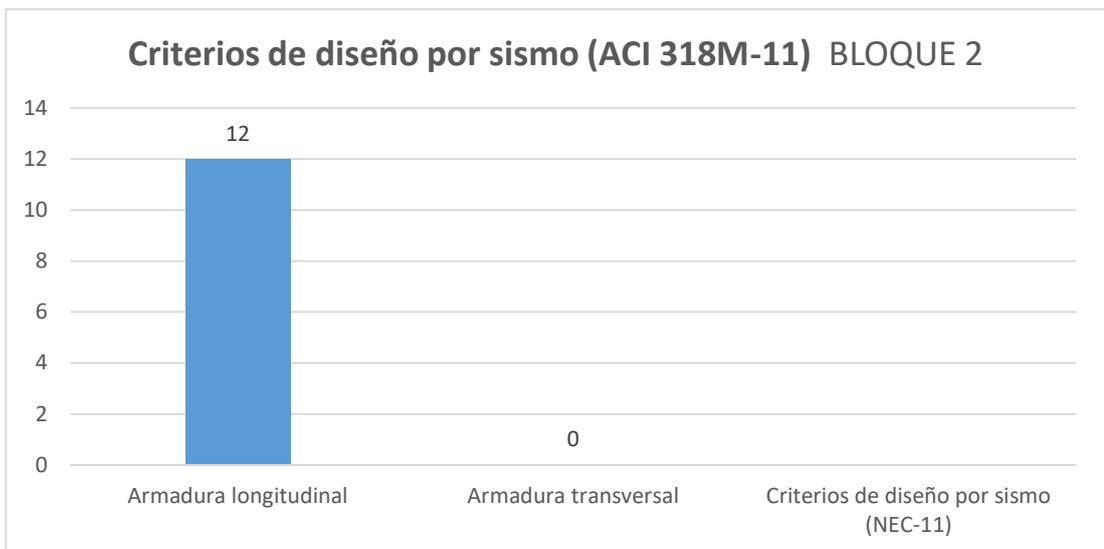


Figura 5-21: Criterios de diseño por sismo bloque 2

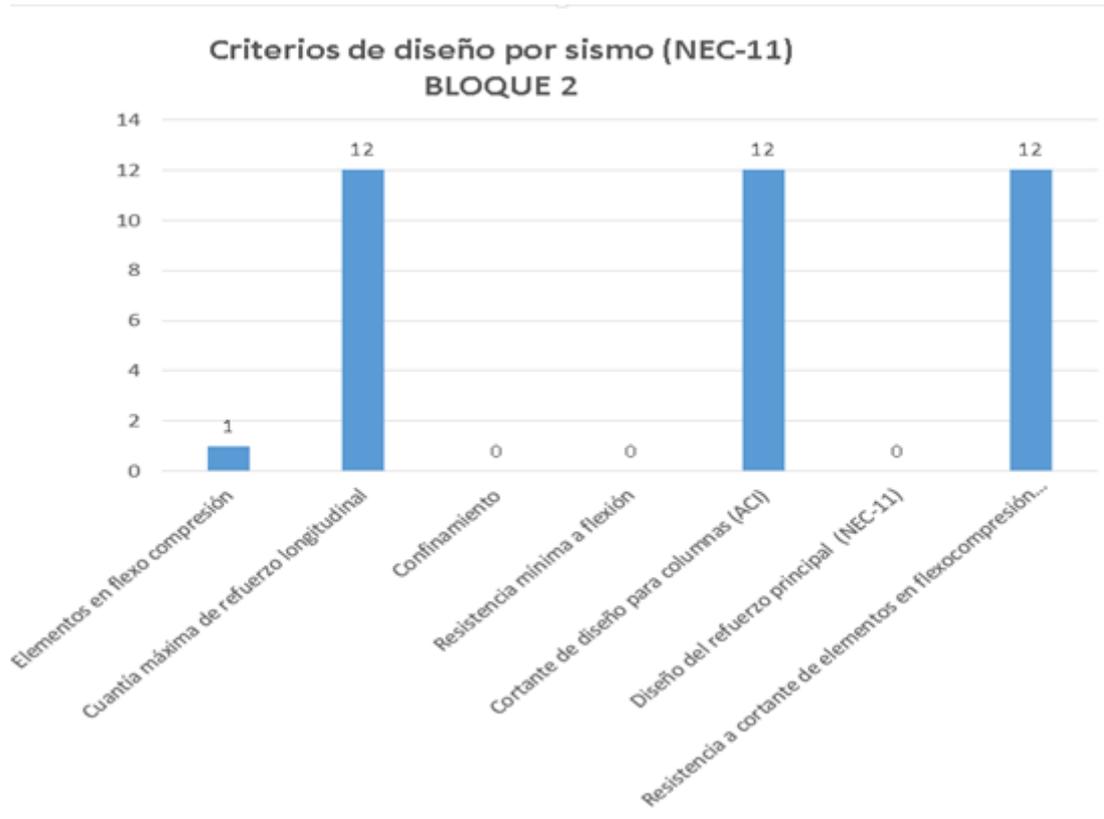


Figura 5-22: Criterios de diseño por sismo bloque 2

5.6 Medidas de mitigación

El análisis dinámico no lineal es prioridad, identificando las zonas donde se producen las rótulas plásticas con el afán de determinar la respuesta estructural ante movimientos sísmicos, para cuantificar el comportamiento y conocer la seguridad que posee la entidad hospitalaria.

Se recomienda generar falsas columnas de hormigón con vigas electro soldadas para salvar luces grandes rigidizando de esta manera los extremos que es donde se produce los mayores esfuerzos y evitar el fallo global de la estructura y complementariamente el uso de dinteles para rigidizar en los dos sentidos y no llegar al colapso total.

La presencia de columnas cortas, además de columnas débiles y vigas fuertes a lo largo de toda la edificación, lleva a la conclusión de proponer el reforzamiento de columnas y uniones con fibra de carbono o encamisado en acero, implementar amortiguadores de vibración lineal en los pórticos resistentes.

Finalmente, es muy importante resaltar que el Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH), no sirve exclusivamente para medir la vulnerabilidad de la edificación sino es también una herramienta fundamental de planificación, es decir, optimizar el presupuesto asignado, administrando el gasto y priorizando los aspectos de mayor importancia en una casa de salud.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

-) Se priorizó el aspecto arquitectónico de la edificación por sobre el estructural.
-) Con la ayuda de la modelación dinámica lineal y los ensayos no destructivos (END) realizados se pudo constatar que la estructura no es segura, a pesar de que la calificación obtenida por el índice de seguridad hospitalaria (ISH) indicaban poca vulnerabilidad y que es una edificación segura.
-) Se constató la existencia de columnas cortas por incumplir con las juntas de construcción sismo resistente.
-) Luego de haber realizado el análisis del Hospital General Macas y hecho una revisión general del estado de la edificación se determinó un índice de vulnerabilidad y seguridad ISH, que califica a la estructura como categoría A según las tablas del índice de seguridad hospitalaria.
-) Es indispensable realizar un análisis dinámico no lineal estructural para saber la probabilidad de entrar en estado de colapso parcial o total de la edificación.
-) La prioridad en el presente trabajo fue el componente estructural de la edificación, incluso se propuso medidas de mitigación y reforzamiento, pero la aplicación del índice de seguridad hospitalaria es un procedimiento de evaluación multidisciplinario y multisectorial donde la experiencia de los evaluadores es primordial en la clasificación del hospital.
-) Mediante la metodología aplicada se demostró que los parámetros de mayor influencia para determinar la vulnerabilidad son: sistema estructural, tipo de suelo, calidad de los materiales, vegetación del lugar, red de agua potable, configuración en elevación y planta, cimentación y elementos de contención.

-) El modelo matemático o maqueta virtual de la estructura se desarrolló con el método de los estados límites últimos (E.L.U.), las comprobaciones se realizaron bajo la normativa ACI-318M-11 referidas al método de LRFD y la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC).

Recomendaciones:

-) No es suficiente con una evaluación visual del hospital, es indispensable realizar ensayos no destructivos y estudios dinámicos lineales.
-) Antes de construir se debe cumplir con un mínimo de análisis dinámico estructural.
-) En todas las estructuras se deber priorizar las juntas constructivas sísmicas.
-) Por tratarse de estructuras esenciales es importante que el análisis se profundice a uno dinámico no lineal para generar las rótulas plásticas, colapso parcial, colapso global, colapso progresivo y colapso total.

BIBLIOGRAFÍA

(EIRD), Estrategia Internacional para la reducción de desastres. (2010). *Vivir con el riesgo - Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres*. Ginebra.

Alejandro Hernandez Yoc. (2012). *CONSIDERACION DE ESBELTEZ EN COLUMNAS EXTERNAS COMO REDUCTORES DE ENERGIA SISMICA EN ESTRUCTURAS DE BAJA ALTURA DE CONCRETO ARMADO*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

ATC. (1995). *Guidelines for Seismic Rehabilitation of Buildings*. Redwood City.

Cardona, E. d. (1986). *Estudios de vulnerabilidad y evaluación del riesgo sísmico: planificación física y urbana en áreas propensas*. Bogotá.

Cuerpo de ingenieros del ejército ecuatoriano. (2010). *Estudio de suelos para la construcción del Hospital General Macas*. Macas.

CYPE INGENIEROS . (15 de MAYO de 2016). *CYPECAD*. Obtenido de CYOE INGENIEROS: <http://cypecad.cype.es/>

MARIBEL BURGOS MANUCHE. (2007). *ESTUDIO DE LA METODOLOGIA "DISEÑO POR CAPACIDAD" EN EDIFICACIONES APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO PARA SER INCORPORADA A LA NORMA PERUANA E-060 COMO ALTERNATIVA DE DISEÑO* . PERU: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.

MINISTERIO DE FOMENTO . (1998). *Instrucción de Hormigón Estructural "EHE"*.

Ministerio de Salud Pública, E. (23 de 11 de 2015). *www.hospitalmacas.gob.ec/*.

Obtenido de

http://www.hospitalmacas.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=28

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Recuperado el 31 de Agosto de 2015, de

<http://www.normaconstruccion.ec/>

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2008). *Organizacion Panamericana de la Salud*. Recuperado el 2015, de

<http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/6250/SafeHosEvaluatorGuideSpa.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Organización panamericana de la salud (OPS). (2008-2009). *Recursos de información y capacitación*. Quito.

Reyes, R. R. (18 de 01 de 2016). *cdigital.uv.mx*. Obtenido de

<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30542/1/Tesis.pdf>

Riechmann, J. (12 de 01 de 2016). *Desarrollo sostenible: La lucha por la interpretación*. Obtenido de [http://www.ceh.cl/wp-](http://www.ceh.cl/wp-content/uploads/2009/12/Desarrollo-sostenible-la-lucha-por-la-interpretaci+%C2%AAAn.pdf)

[content/uploads/2009/12/Desarrollo-sostenible-la-lucha-por-la-interpretaci+%C2%AAAn.pdf](http://www.ceh.cl/wp-content/uploads/2009/12/Desarrollo-sostenible-la-lucha-por-la-interpretaci+%C2%AAAn.pdf)

