



**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

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

**Evaluación estructural del centro de la entidad hospitalaria  
“Hospital Moreno Vázquez” del Cantón Gualaceo –  
Provincia del Azuay, para cuantificar las amenazas y  
vulnerabilidad de la edificación hospitalaria.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO (A) CIVIL**

**CON MENCIÓN EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES**

**Autores:**

**CALLE CENTENO JOSÉ NAPOLEÓN**

**SERRANO RODRÍGUEZ VERÓNICA CATALINA**

**Director:**

**JOSÉ FERNANDO VAZQUEZ CALERO**

**CUENCA, ECUADOR**

**2016**

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de graduación primeramente a mi hija que ha sido el motor que me ayudó a culminar uno de mis mayores sueños, a mis padres y abuelos que me han apoyado incondicionalmente, a mis hermanos, familia, compañeros de trabajo y amigos.

**Napoleón Calle**

### **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado a mi familia y amigos que me han aguantado e impulsado a no rendirme. A mis abuelitos por recordarme la importancia de esta etapa de la vida. A mis ñañas por enseñarme que todo es posible. Y a mis Pas por apoyarme incondicionalmente para alcanzar todas mis metas y propósitos.

**Verónica Serrano**

## **Agradecimientos**

Agradecemos a todos nuestros familiares y amigos que nos han preguntado incansablemente por nuestro avance y nos han apoyado incansablemente a lo largo de este camino.

De una manera especial queremos agradecer a los ingenieros  
José Vázquez, Paul Cordero y Roberto Gamón,  
que nos han guiado para finalizar exitosamente este proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO 1: GENERALIDADES .....</b>	<b>2</b>
1.1 Antecedentes .....	2
1.2 Objetivos .....	3
1.2.1 Objetivo General .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos:.....	3
1.3 Metodología .....	4
1.4 Estado del arte .....	5
1.5 Marco teórico .....	7
1.5.1 Agisoft Photoscan .....	8
1.5.2 American Concrete Institute (ACI).....	8
1.5.3 Archicad (Graphisoft) .....	8
1.5.4 Building Information Modeling (BIM).....	8
1.5.5 Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON).....	8
1.5.6 Cortante basal de diseño ( $V_s$ ).....	9
1.5.7 CYPE Ingenieros.....	9
1.5.8 Dron .....	9
1.5.9 Espectro.....	9
1.5.10 Estructuras esenciales.....	9
1.5.11 Hospital seguro .....	10
1.5.12 Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH) .....	10
1.5.13 Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) .....	10

1.5.14 Muro estructural .....	11
1.5.15 Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-14).....	11
1.5.16 Ortofoto .....	11
1.5.17 Peligro sísmico .....	12
1.5.18 PGA (Peak Ground Acceleration).....	12
1.5.19 Revit (Autodesk) .....	12
1.5.20 Sismo de diseño .....	12
1.5.21 Z (factor) .....	12
1.5.22 Zonas sísmicas .....	13
<b>CAPÍTULO 2: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Información general del establecimiento de salud .....	24
2.2.2 Aspectos relacionados con la ubicación geográfica.....	26
2.2.2.1 Amenazas .....	26
2.2.2.1.1 Fenómenos geológicos .....	26
2.2.2.1.2 Fenómenos hidrometeorológicos .....	28
2.2.2.1.3 Fenómenos sociales.....	29
2.2.2.1.4 Fenómenos sanitarios-ecológicos.....	29
2.2.2.1.5 Fenómenos químico-tecnológicos.....	30
2.2.2.2 Propiedades geotécnicas del suelo .....	30
2.2.3 Aspectos relacionados con la seguridad estructural.....	31
2.2.3.1 Seguridad de vida a antecedentes del establecimiento.....	31
2.2.3.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación .....	32
2.2.3.3 Líneas vitales (instalaciones) .....	34
2.2.3.3.1 Sistema eléctrico .....	34
2.2.3.3.2 Sistema de telecomunicaciones.....	35
2.2.3.3.3 Sistema de aprovisionamiento de agua .....	35
2.2.3.3.4 Depósito de combustible (gas, gasolina o diésel) .....	36
2.2.3.3.5 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc).....	37
2.2.3.4 Sistema de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas ....	37
2.2.3.5 Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil, y almacenes (incluye computadoras, impresora, etc.) .....	38

2.2.3.6 Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento.....	38
2.2.3.7 Elementos arquitectónicos .....	39
2.2.4 Aspectos relacionados con la seguridad en base a la capacidad funcional .....	43
2.2.4.1 Organización del comité hospitalario para desastres y centro de operaciones de emergencia.....	43
2.2.4.2 Plan operativo para desastres internos o externos.....	43
2.2.4.3 Planes de contingencia para atención médica en desastres.....	44
2.2.4.4 Planes para el funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de los servicios vitales .....	44
2.2.4.5 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres .....	44
2.3 Formularios para la evaluación de hospitales seguros (ISH).....	44
2.4 Determinación de las características geotécnicas del suelo mediante SPT (Standard Penetration Test).....	55
2.4.1 Perfil estratigráfico.....	56
2.4.2 Capacidad portante.....	56
2.5 Conclusiones .....	58

### **CAPÍTULO 3: AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE ESPECIFICA LA NORMA .....**

3.1 Cargas viva de uso .....	61
3.2 Carga muerta y permanente .....	61
3.3 Cargas sísmicas .....	62
3.3.1 Zonificación sísmica y curva de peligro s.....	62
3.3.2 Perfil de suelo.....	64
3.3.2.1 Coeficientes de perfil de suelo $F_a$ , $F_d$ y $F_s$ .....	64
3.3.3 Espectros elásticos de diseño .....	65
3.3.4 Componente vertical del sismo de diseño.....	68
3.3.5 Combinación de las componentes horizontales de las fuerzas sísmicas .....	69
3.3.6 Categoría de edificio y coeficiente de importancia I .....	69
3.4 Combinaciones de cargas.....	70

<b>CAPÍTULO 4: MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA</b> .....	71
4.1 Dron con cámara de alta definición .....	71
4.2 Scanner estructural .....	71
4.3 Esclerómetro .....	72
4.3.1 Definición de bloques y distribución de elementos presentes .....	72
4.3.2 Capacidad resistente de los elementos de hormigón armado.....	72
4.3.3 Detalle de elementos .....	75
4.4 Arquicad (Graphisoft) .....	78
4.5 Generación y modelación dinámica estructural del hospital en software especializado .....	78
4.5.1 Cálculo y consideraciones generales.....	78
4.5.2 Respuesta estructural.....	81
4.5.3 Análisis de resultados.....	82
4.5.3.1 Elemento tipo C1 .....	83
4.5.3.2 Elemento tipo C2 .....	85
4.5.3.3 Elemento tipo C3 .....	90
4.5.3.4 Elemento tipo V1 .....	92
4.5.4 Modelación dinámica en 3D .....	95
<b>CAPÍTULO 5: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	99
5.1.1 Tipo de elemento.....	101
5.1.1.1 Vigas .....	101
5.1.1.2 Columna .....	102
5.1.1.3 Cubierta.....	103
5.1.2 Materiales.....	104
5.1.2.1 Hormigón Armado .....	104
5.1.2.2 Acero .....	105
5.1.2.3 Madera.....	106
5.1.3 Bloques.....	107
5.1.3.1 B1 – Administración .....	107
5.1.3.2 B2 - Consultorios antiguos.....	109

5.1.3.3 B3 - Consultorios nuevos .....	111
5.1.3.4 B4 - Cuarto de máquinas.....	113
5.1.3.5 B5 - Emergencia y laboratorio .....	114
5.1.3.6 B6 – Hospitalización .....	116
5.1.3.7 B7 - Lavandería 1 .....	118
5.1.3.8 B8 - Lavandería 2.....	120
5.1.3.9 B9 – Quirófano.....	122
5.2 Interpretación de resultados de los errores presentes en los elementos .....	123
5.2.1 Errores en comprobaciones de columnas tipo C1 .....	124
5.2.2 Errores en comprobaciones de columnas tipo C2 .....	125
5.2.3 Errores en comprobaciones de columnas tipo C3 .....	126
5.2.4 Errores en comprobaciones del total de columnas que no cumplen (C1, C2, C3) .....	127
5.2.5 Errores en comprobaciones del total de vigas que no cumplen (V1).....	128
5.3 Recomendaciones en base a la evaluación estructural .....	129
5.3.1 Aspectos relacionados con la ubicación geográfica del establecimiento de salud. ....	129
5.3.2 Aspectos relacionados con la seguridad estructural.....	130
5.3.3 Aspectos relacionados con la seguridad no estructural.....	131
<b>CONCLUSIONES</b> .....	134
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	136
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	137

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación del Hospital “Moreno Vázquez” en la ciudad de Gualaceo. ...	14
Figura 2.2 Mapa de limitación de distritos de salud. ....	16
Figura 2.3 Diferencia de niveles dentro del perímetro del Hospital. ....	16
Figura 2.4 Orto-foto tomada con dron el día miércoles 22 de julio del 2016. ....	17
Figura 2.5 Viga tipo 1 de 30x35 cm. ....	18
Figura 2.6 Viga metálica 2CG 150x50x3 mm. Columna metálica 2CG 200x75x4mm. .....	19
Figura 2.7 Columna de hormigón armado 20x20 cm. ....	19
Figura 2.8 Columna de hormigón armado 35x35 cm. ....	20
Figura 2.9 Columna de hormigón armado 40x40 cm. ....	20
Figura 2.10 Bombona de gas centralizado. ....	21
Figura 2.11 Tanques de oxígeno en la parte externa del Hospital. ....	22
Figura 2.12 Tanques de oxígeno en la parte interna del Hospital. ....	22
Figura 2.13 Plano de distribución de líneas vitales del Hospital “Moreno Vázquez”. .....	23
Figura 2.14 Mapa litología cantón Gualaceo. ....	26
Figura 2.15 Movimiento de masas cantón Gualaceo. ....	27
Figura 2.16 Mapa de precipitación del cantón Gualaceo. ....	28
Figura 2.17 Mapa amenaza de población del cantón Gualaceo. ....	29
Figura 2.18 Esquema de excavación. ....	31
Figura 2.19 Readecuaciones realizadas. ....	32
Figura 2.20 Distribución de bloques evaluados y sus áreas. ....	33
Figura 2.21 Proximidad con vivienda colindante. ....	34
Figura 2.22 Iluminación exterior ubicada en la parte de ingreso. ....	35
Figura 2.23 Tanque de agua, ubicados en la parte posterior del hospital. ....	36
Figura 2.24 Grupo de presión para la red de distribución de agua potable. ....	36
Figura 2.25 Lugar de almacenamiento para cilindros de gases medicinales. ....	37
Figura 2.26 Calefón para agua caliente en baño de cuarto de residentes. ....	37
Figura 2.27 Anclaje de estantería y equipo de oficina suelto. ....	38
Figura 2.28 Equipo médico y suministros que carecen de anclaje. ....	38
Figura 2.29 Puerta de madera. ....	39
Figura 2.30 Puerta de aluminio. ....	39

Figura 2.31 Puerta de aluminio.....	39
Figura 2.32 Muro de estructura mixta.....	40
Figura 2.33 Placa colaborante y chapa de hormigón en cubierta.....	40
Figura 2.34 Sistema de protección contra incendios.....	41
Figura 2.35 Acceso principal al Hospital por la Calle 9 de Octubre, foto en ambos sentidos.....	41
Figura 2.36 Calle Luis Salazar Bravo, acceso lateral al Hospital.....	42
Figura 2.37 Intersección entre las calles Luis Salazar Bravo y Vía a la Pirámide.....	42
Figura 2.38 Intersección entre las calles Fidel Antonio Piedra y Abelardo J Andrade.....	42
Figura 2.39 Perfil estratigráfico del suelo del Hospital “Moreno Vázquez” en Gualaceo – Azuay.....	56
Figura 2.40 Capacidad portante, conforme se profundiza, del suelo del Hospital “Moreno Vázquez” en Gualaceo – Azuay.....	57
Figura 2.41 Resultados de calificación de la seguridad estructural.....	58
Figura 2.42 Resultados de calificación de la seguridad no-estructural.....	59
Figura 2.43 Resultados de calificación de la seguridad funcional.....	59
Figura 2.44 Índice de seguridad hospitalaria.....	60
Figura 3.1 Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.....	63
Figura 3.2 Curvas de peligro sísmico, Cuenca.....	64
Figura 3.3 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.....	66
Figura 4.1 Render de la maqueta virtual del Hospital “Moreno Vázquez” rediseñada en Arqucad.....	78
Figura 4.2 Detalle de elemento estructural tipo C1.....	83
Figura 4.3 Detalle de elemento estructural tipo C2.....	85
Figura 4.4 Detalle de elemento estructural tipo C3.....	90
Figura 4.5 Detalle de elemento estructural tipo V1.....	92
Figura 4.6 Modelación 3D del Hospital “Moreno Vázquez” completo en software especializado CYPECAD.....	95
Figura 4.7 Modelación 3D del bloque de consultorios antiguos del Hospital “Moreno Vázquez” en software especializado CYPECAD.....	95
Figura 4.8 Modelación del bloque de laboratorio y emergencia del Hospital “Moreno Vázquez” en software especializado CYPECAD.....	96

Figura 4.9 Modelación del bloque 1 de lavandería del Hospital “Moreno Vázquez” en software especializado CYPECAD.....	96
Figura 4.10 Modelación del bloque 2 de lavandería del Hospital “Moreno Vázquez” en software especializado CYPECAD.....	97
Figura 4.11 Modelación del bloque de quirófanos del Hospital “Moreno Vázquez” en software especializado CYPECAD.....	97
Figura 4.12 Modelación del cuarto de máquinas del Hospital “Moreno Vázquez” en software especializado CYPECAD.....	98
Figura 5.1 Distribución de bloques evaluados.....	99
Figura 5.2 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.....	100
Figura 5.3 Cuadro comparativo de vigas que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.....	101
Figura 5.4 Cuadro comparativo de columnas que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.....	102
Figura 5.5 Cuadro comparativo de elementos de cubierta que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”. .....	103
Figura 5.6 Cuadro comparativo de elementos de hormigón armado que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.....	104
Figura 5.7 Cuadro comparativo de elementos de acero que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”. .....	105
Figura 5.8 Cuadro comparativo de elementos de madera que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”. .....	106
Figura 5.9 Axonometría del proyecto destacando el bloque B1. ....	107
Figura 5.10 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 1 del Hospital “Moreno Vázquez”. .....	108
Figura 5.11 Axonometría del proyecto destacando el bloque B2. ....	109
Figura 5.12 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 2 del Hospital “Moreno Vázquez”. .....	110
Figura 5.13 Axonometría del proyecto destacando el bloque B3. ....	111
Figura 5.14 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 3 del Hospital “Moreno Vázquez”. .....	112
Figura 5.15 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 4 del Hospital “Moreno Vázquez”. .....	113

Figura 5.16 Axonometría del proyecto destacando el bloque B5. ....	114
Figura 5.17 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 5 del Hospital “Moreno Vázquez”. ....	115
Figura 5.18 Axonometría del proyecto destacando el bloque B6. ....	116
Figura 5.19 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 6 del Hospital “Moreno Vázquez”. ....	117
Figura 5.20 Axonometría del proyecto destacando el bloque B7. ....	118
Figura 5.21 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 7 del Hospital “Moreno Vázquez”. ....	119
Figura 5.22 Axonometría del proyecto destacando el bloque B8. ....	120
Figura 5.23 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 8 del Hospital “Moreno Vázquez”. ....	121
Figura 5.24 Axonometría del proyecto destacando el bloque B9. ....	122
Figura 5.25 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 9 del Hospital “Moreno Vázquez”. ....	123
Figura 5.26 Cuadro comparativo de la cantidad de errores en las columnas tipo C1 en el Hospital “Moreno Vázquez”. ....	124
Figura 5.27 Cuadro comparativo de la cantidad de errores en las columnas tipo C2 en el Hospital “Moreno Vázquez”. ....	125
Figura 5.28 Cuadro comparativo de la cantidad de errores en las columnas tipo C3 en el Hospital “Moreno Vázquez”. ....	126
Figura 5.29 Cuadro comparativo de la cantidad de errores presentes en todas las columnas que no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”. ....	127
Figura 5.30 Cuadro comparativo de la cantidad de errores presentes en todas las vigas que no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”. ....	128

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Definición de bloques evaluados y sus áreas. ....	33
Tabla 2.2 Parte 1 del formulario de evaluación del Hospital “Moreno Vázquez”.....	45
Tabla 2.3 Parte 2 del formulario de evaluación del Hospital “Moreno Vázquez”.....	46
Tabla 2.4 Parte 3 del formulario de evaluación del Hospital “Moreno Vázquez”.....	47
Tabla 2.5 Parte 4 del formulario de evaluación del Hospital “Moreno Vázquez”.....	52
Tabla 2.6 Resultados de las características del suelo analizado.....	55
Tabla 2.7 Tabulación de las respuestas ponderadas de acuerdo a la categoría de los elementos.....	58
Tabla 2.8 Resultado del índice de seguridad e índice de vulnerabilidad .....	60
Tabla 2.9 Categorías del índice de seguridad. ....	60
Tabla 3.1 Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas .....	61
Tabla 3.2 Pesos unitarios de materiales de construcción. ....	62
Tabla 3.3 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	63
Tabla 3.4 Datos para el cálculo del espectro sísmico de Gualaceo.....	68
Tabla 4.1 Ubicación de elementos estructurales en el Hospital “Moreno Vázquez”. 72	72
Tabla 4.2 Resultados del esclerómetro de la viga tipo V1 de 30x35 cm. ....	73
Tabla 4.3 Resultados del esclerómetro de la columna tipo C1 de 20x20 cm.....	74
Tabla 4.4 Resultados del esclerómetro de la columna tipo C2 de 35x35 cm.....	74
Tabla 4.5 Resultados del esclerómetro de la columna tipo C3 de 40x40 cm.....	75
Tabla 4.6 Síntesis de resultados de fatigas de los elementos. ....	75
Tabla 4.7 Detalles de vigas y columnas del Hospital “Moreno Vázquez”. ....	76
Tabla 4.8 Detalles de elementos de cubierta del Hospital “Moreno Vázquez”. ....	77
Tabla 4.9 Resultados del análisis estructural realizado en CYPECAD. ....	82
Tabla 4.10 Resistencia mínima a flexión de columnas (ACI 318M-11).....	84
Tabla 4.11 Resultado de cálculos de criterios de diseño por sismo (NEC-14).....	87
Tabla 4.12 Resistencia mínima a flexión de columnas (ACI 318M-11).....	88
Tabla 4.13 Diseño del refuerzo principal en columnas, 4.3.2 (NEC-14).....	89
Tabla 4.14 Resultado de cálculos de criterios de diseño por sismo (ACI 318M-11, Artículo 21) .....	91
Tabla 4.15 Resistencia a cortante de elementos en flexión, 5.2.1 (NEC-14).....	94
Tabla 5.1 Distribución de bloques y elementos que los conforman. ....	99

Tabla 5.2 Elementos que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.	100
Tabla 5.3 Cantidad de vigas presentes en la estructura y sus especificaciones. ....	101
Tabla 5.4 Vigas que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.....	101
Tabla 5.5 Cantidad de columnas presentes en la estructura y sus especificaciones.	102
Tabla 5.6 Columnas que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.	102
Tabla 5.7 Cantidad de elementos de cubierta presentes en la estructura. ....	103
Tabla 5.8 Elementos de cubierta que cumplen y no cumplen en el Hospital.....	103
Tabla 5.9 Cantidad de elementos de hormigón armado presentes en la estructura..	104
Tabla 5.10 Cantidad de elementos de hormigón armado que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.	104
Tabla 5.11 Cantidad de elementos de acero presentes en esta estructura. ....	105
Tabla 5.12 Cantidad de elementos de acero que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.....	105
Tabla 5.13 Cantidad de elementos de madera presentes en la estructura. ....	106
Tabla 5.14 Cantidad de elementos de madera que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.....	106
Tabla 5.15 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 1.....	108
Tabla 5.16 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 2.....	110
Tabla 5.17 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 3.....	112
Tabla 5.18 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 4.....	113
Tabla 5.19 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 5.....	115
Tabla 5.20 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 6.....	117
Tabla 5.21 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 7.....	119
Tabla 5.22 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 8.....	121
Tabla 5.23 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 9.....	123
Tabla 5.24 Cantidad de errores en las columnas tipo C1 en el Hospital “Moreno Vázquez”.....	124
Tabla 5.25 Cantidad de errores en las columnas tipo C2 en el Hospital “Moreno Vázquez”.....	125
Tabla 5.26 Cantidad de errores en las columnas tipo C3 en el Hospital “Moreno Vázquez”.....	126

Tabla 5.27 Cantidad de errores presentes en todas las columnas que no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.....	127
Tabla 5.28 Cantidad de errores presentes en todas las vigas que no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.....	128
Tabla 5.29 Cuadro de recomendaciones sugeridas respecto a la ubicación geográfica. .....	129
Tabla 5.30 Cuadro de recomendaciones sugeridas respecto a la seguridad estructural. .....	130
Tabla 5.31 Cuadro de recomendaciones sugeridas respecto a la seguridad no-estructural.....	131

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL CENTRO DE LA ENTIDAD  
HOSPITALARIA “HOSPITAL MORENO VÁZQUEZ” DEL CANTÓN  
GUALACEO - PROVINCIA DEL AZUAY; PARA CUANTIFICAR LAS  
AMENAZAS Y VULNERABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN  
HOSPITALARIA**

**RESUMEN**

Considerando una entidad hospitalaria como una edificación de principal prioridad, este trabajo se concentra en su evaluación según los parámetros del Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH), en donde considera el entorno, las probabilidades de amenazas y vulnerabilidad de los miembros estructurales, parte de los no estructurales y funcionales de la edificación. Para la obtención de estos resultados en este trabajo se usaron diferentes herramientas: software BIM (Building Information Modeling), scanner estructural, esclerómetro, dron y ensayo SPT. Este trabajo presenta como resultado la determinación del nivel de seguridad de la institución hospitalaria y un informe con propuestas de mitigación basadas en un análisis comparativo entre el diseño ideal y la construcción en su estado actual.

**Palabras claves:** Evaluación Estructural, Índice de Seguridad Hospitalaria, Vulnerabilidad, Amenazas.



José Fernando Vázquez Calero

**Director de Titulación**



Paúl Cornelio Cordero Díaz

**Director de Escuela**



José Napoleón Calle Centeno



Verónica Catalina Serrano Rodríguez

**Autores**

**"STRUCTURAL ASSESSMENT OF THE MORENO VÁZQUEZ HOSPITAL,  
LOCATED IN GUALACEO CANTON - AZUAY PROVINCE, IN ORDER TO  
QUANTIFY THREATS AND VULNERABILITY OF THE HOSPITAL  
BUILDING"**

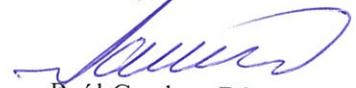
**ABSTRACT**

Due to the fact that a hospital entity is considered as a priority construction, this work focuses on its evaluation in accordance with the Hospital Safety Index (HSI) parameters, which considers environment, probability of threats and vulnerability of structural, part of non-structural and functional members of the building. The results of this work were obtained through the use of different tools: BIM (Building Information Modeling) software, structure sensor scanner, sclerometer, drone, and SPT test. The outcome of this research paper is the determination of the hospital institution safety level, and a report with proposals for mitigation based on a comparative analysis between the ideal design and the construction in its current state.

**Keywords:** Structural Assessment, Hospital Safety Index, Vulnerability, Threats.



José Fernando Vázquez Calero  
**Thesis Director**



Paúl Cordero Díaz  
**School Director**



José Napoleón Calle Centeno

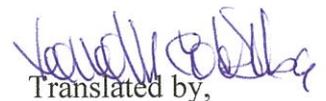


Verónica Catalina Serrano Rodríguez

**Authors**



UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas



Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Calle Centeno José Napoleón  
Serrano Rodríguez Verónica Catalina  
Trabajo de Graduación  
Ing. José Fernando Vázquez Calero, M.Sc.  
Octubre 2016

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL CENTRO DE LA ENTIDAD  
HOSPITALARIA “HOSPITAL MORENO VÁZQUEZ” DEL CANTÓN  
GUALACEO – PROVINCIA DEL AZUAY, PARA CUANTIFICAR LAS  
AMENAZAS Y VULNERABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN  
HOSPITALARIA.**

**INTRODUCCIÓN**

Las edificaciones hospitalarias tienen un papel muy importante, ya que es la encargada de prestar servicios de atención médica a la comunidad, es así que debe ser evaluado en sus componentes estructurales, no estructurales y funcionales. Se podrá saber su reacción frente a un evento sísmico, inundación, movimiento de masa, impactos de agentes externos como vehículos, etc. Al responder a estos de la mejor manera garantiza que el hospital pueda seguir en funcionamiento.

Es por esto que sabiendo que el “Hospital Moreno Vázquez” del Cantón Gualaceo, lleva ya algunos años en funcionamiento, y que en el país no existía una norma de construcción a la que se rigieron los diseños y construcción de la edificación; este estudio se concentra en la evaluación necesaria de su comportamiento estructural frente a la norma de construcción que rige actualmente, NEC-14 (MIDUVI; CAMICON, 2014), para que en el caso de que presente demasiadas variaciones, ofrecer recomendaciones para la corrección o reforzamiento de la estructura.

## CAPÍTULO 1

### GENERALIDADES

#### 1.1 Antecedentes

Los inicios de la entidad se remontan al 9 de marzo de 1889 en donde a partir de la herencia dejada por el Sr. Manuel Moreno Vázquez, ciudadano de Gualaceo, ordena la compra de un terreno para dejar bajo la dependencia de la iglesia católica. Luego de varios años, el día 28 de noviembre de 1975 se realizó el traslado de la entidad hacia un nuevo edificio ubicado en la dirección que se encuentra vigente en la actualidad con una capacidad para 25 camas y servicios completos. (Chimbo, 2015)

Desde su establecimiento se ha visto enfrentado a ciertos desastres iniciando en 1985 con un diluvio que generó un desborde de la quebrada que pasa por debajo del Hospital a través de unos tubos que circulan desde Bulcay, teniendo como resultado la inundación del parqueadero. A partir de esta ocasión, se produjo una segunda inundación durante el 2012-2013 que “entró por la parte posterior al patio con una altura de 15 cm aproximadamente” (Encalada, 2015), sólo que en esta ocasión la causa fue un bloqueo de la quebrada en un sector posterior al que cruza por el Hospital.

En el caso de situaciones de emergencia, en 1981 se desplomó la Plaza de Toros portátil puesta por primera y única vez para el “Festival del Durazno”, este suceso tuvo como resultado cientos de heridos en busca de asistencia médica. Después de este evento sucedió la caída de un bus en el Río San José en donde murieron 35 personas. En ambos casos el Hospital supo responder ante las circunstancias de manera efectiva (Encalada, 2015).

La estructura actual se generó a partir de varias renovaciones, ampliaciones y rediseños de la estructura general y no cuenta con ningún plano estructural o arquitectónico actual, además de que todas las adaptaciones de las instalaciones tanto de líneas vitales, eléctricas y sanitarias se han realizado sin retirar ninguna de las originales. Respecto a la parte funcional, la institución brinda servicio a los cantones de Gualaceo y Chordeleg, que con un flujo de egresos de 2.342 habitantes al año (Ministerio de Salud Pública, 2014), y una población total aproximada de 60.000 habitantes (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2014), presenta una deficiencia de capacidad

de atención al no cumplir con la recomendación necesaria de 1 cama por cada 1000 habitantes (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

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

### **1.2.2 Objetivos Específicos:**

- Identificar las amenazas en el entorno de la edificación hospitalaria, utilizando encuestas y mapas de riesgos existentes en la Dirección Nacional de Riesgos (DNR) para conocer las consecuencias a las que podría estar expuesta la edificación en caso de desastres
- Realizar un análisis de suelos en una ubicación previamente escogida para la selección de muestras, que permitan determinar los límites de Atterberg y clasificarlo de acuerdo a las características que se presenten en el ensayo de penetración estándar (SPT) a (5-6 m) de profundidad
- Evaluar los elementos estructurales tales como columnas, vigas, muros, fundaciones, losas y otros; además de parte de los elementos no estructurales tales como fachadas, particiones interiores, estructuras de techumbre, apéndices, etc.; sistemas y componentes tales como líneas vitales, equipamiento industrial, médico y de laboratorio, mobiliario, sistemas de distribución eléctrica, instalaciones básicas, sistemas de climatización y de transporte vertical del hospital. Estas evaluaciones se realizarán usando fichas de evaluación previamente desarrolladas que se realizarán a los diferentes funcionarios y asistentes dentro y fuera del Hospital
- Diseñar una maqueta virtual utilizando un software BIM (Building Information Modeling) para obtener los planos arquitectónicos y estructurales de la edificación según el diseño propuesto y visualizar las diferentes vistas necesarias para su análisis. Para de esta manera unir las diferentes ingenierías dentro de un solo modelo
- Agrupar y modelar las cargas que especifica la norma NEC-14 (MIDUVI; CAMICON, 2014) utilizando un software especializado y comparar con el diseño

estructural existente, para que a partir de esto se puedan determinar las condiciones adecuadas o erróneas en las que se encuentran los elementos de la estructura

- Cuantificar la vulnerabilidad y el riesgo de la edificación de salud basándonos en los resultados obtenidos en base a la modelación y cálculo estructural de la edificación realizada en este trabajo de investigación
- Proponer medidas de mitigación y reforzamiento para que la entidad hospitalaria pueda mantener su correcto funcionamiento en caso de estar expuesto a alguna amenaza identificada

### **1.3 Metodología**

Se evaluarán las amenazas identificadas y por definir al entorno de la instalación hospitalaria, apoyándonos en mapas de riesgo de la Dirección Nacional de Riesgo (DNR), Sistemas de Información Geográfica (SIG) y entrevistas a diferentes funcionarios de la entidad hospitalaria, enfocándonos en el nivel de gravedad que presenten dentro del entorno de la Institución y como podrían afectar en su correcto funcionamiento y desarrollo de actividades como: vías de acceso, funcionamiento de equipos médicos, afectación de líneas vitales, inundaciones, hundimiento de suelo, derrumbes, etc.

Se realizará un Ensayo de Penetración Estándar SPT (Standard Penetration Test) que consiste en la extracción de una muestra del suelo a una profundidad de 7 m identificando previamente la ubicación en donde se tomarán las calicatas, para posteriormente determinar la capacidad admisible del suelo; además se identificará su tipo y clasificación para realizar una columna estratigráfica. Este ensayo aportará a la modelación estructural en un entorno BIM (Building Information Modeling).

Recopilar la información, planificación arquitectónica, estudio de ingenierías, estado actual de miembros estructurales resistentes y miembros no estructurales con procedimientos visuales y apoyo de ensayos no destructivos (END) con la ayuda de equipos de precisión: dron con cámara de alta definición, esclerómetro, scanner, ultrasonido. Toda esta información estará basada en encuestas y estudios desarrollados en campo.

Se obtendrá una maqueta virtual de los miembros estructurales y parte de los no estructurales en un entorno BIM (Building Information Modeling) el cual consta de información tanto en el ámbito arquitectónico, estructural, hidrosanitario, eléctrico, geotécnico y de líneas vitales, que nos permite observar una fiel representación de la Institución.

Se identificarán las cargas vivas y permanentes que actúan en la estructura, mediante la recolección de información acerca de losas, vigas, columnas y elementos no estructurales. Posteriormente se procederá a la modelación dinámica estructural del establecimiento hospitalario en software especializado, que permitan determinar el comportamiento de la edificación ante amenazas calificadas, y poder cuantificar su vulnerabilidad. Para los parámetros de modelación, se utilizarán las especificaciones establecidas en los capítulos de Cargas Sísmicas y Diseño Sismo-resistente de la NEC-14 (MIDUVI; CAMICON, 2014).

Se compararán los resultados de la modelación existente que contiene los armados reales de la estructura con la modelación implementando la norma actual de construcción, NEC-14 (MIDUVI; CAMICON, 2014), donde se obtendrán gráficos comparativos del comportamiento de la infraestructura hospitalaria, para finalmente con todos los datos obtener una calificación de los componentes estructurales y parte de los no estructurales del hospital según el “Índice de Seguridad Hospitalaria” (ISH).

Recopilada toda la información de los elementos estructurales y parte de las no estructurales del hospital y realizadas las fichas de evaluación se propondrán medidas de mitigación y reforzamiento. Estas medidas se desarrollarán únicamente con objetivos académicos, es decir, su implementación en la edificación no serán de carácter obligatorio.

#### **1.4 Estado del arte**

“Los establecimientos de salud son edificaciones esenciales y/o peligrosas” (MIDUVI; CAMICON, 2014), es por esto que el nivel de análisis en el diseño de los miembros estructurales y no estructurales es más exigente y 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, 2008).

Esta investigación nace a partir del desarrollo del Índice de Seguridad Hospitalaria (Organización Panamericana de la Salud, 2008) que a su vez, parte de la conmemoración de los 10 años de aniversario del terremoto sucedido en la ciudad de Kobe (Japón) en 1995. Esto fue establecido cuando la Organización Panamericana de la Salud consideró necesario plantearse una estrategia que determine el índice de seguridad de los hospitales de acuerdo a los riesgos a los que se encuentran expuestos, evitando consecuencias más graves como pueden ser inundaciones, deslizamiento de suelos o incluso una sobre-capacidad estructural.

Como contexto de esta investigación tenemos algunos desastres que han ocurrido a lo largo de los años, como son los casos de terremotos en Haití y Chile durante el 2010 en donde una gran cantidad de hospitales sufrieron graves daños estructurales, disminuyendo las posibilidades de socorro a las personas afectadas. Otros casos tenemos las inundaciones y deslizamientos como resultado de las fuertes lluvias en países como El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y México; dejando a las Instituciones de Salud con situaciones de emergencia y riesgo de mayores epidemias e infecciones al tener estancamiento de agua, estructuras afectadas, falta de acceso para el tratamiento de las víctimas, entre otras consecuencias. (Organización Panamericana de la Salud)

Una de las mayores amenazas a las que se encuentra expuesta nuestro país son los movimientos sísmicos, teniendo como historia:

- 5 de agosto, 1949. Magnitud de 6.8 en la escala de Richter, epicentro en Ambato con consecuencias de un 75%, Guano (Chimborazo) un 80%, Píllaro 90%, Pelileo 100%. Área afectada: 1.920 km<sup>2</sup>. Muertos: 6.000 (aproximado). Personas sin hogar: 100.000, aproximadamente (El Universo, 2016)
- 8 de abril, 1961. Magnitud de 7 en la escala de Richter, ocurre en Chimborazo (El Universo, 2016)
- 19 de mayo, 1964. Magnitud de 8 en la escala de Richter, ocurre en Manabí (El Universo, 2016)

- 5 de marzo, 1987. Magnitud de 6.9 en la escala de Richter, con epicentro en Napo (El Universo, 2016)
- 2 de octubre, 1995. Magnitud de 6.9 en la escala de Richter ocurre en Tena con daños no estructurales moderados en el Hospital Velasco Ibarra (Argudo Rodríguez I. J., s.f.)
- 4 de agosto, 1998. Magnitud de 7.1 en la escala de Richter ocurre en Bahía de Caráquez, a 20km del epicentro del sismo, afectando de manera moderada la estructura y de manera severa los elementos no estructurales del Hospital Miguel H. Alcívar. Estas consecuencias fueron previstas por el Ing. Jaime Argudo (Consultor OPS/OMS) en los reportes sobre evaluación estructural realizados a partir del proyecto Radius en Guayaquil que inició en 1995 (Argudo Rodríguez I. J., s.f.)
- 16 de Abril, 2016. Magnitud de 7.8 en la escala de Richter, epicentro entre Cojimíes y Pedernales, con consecuencias en Manta, Portoviejo, Manabí, Santa Elena, Esmeraldas, Guayas, Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos. Con 600 fallecidos es considerado “el más mortal de Sudamérica desde el de Colombia en 1999, que mató a más de 1.000 personas” (BBC Mundo, 2016)

Como contexto más local, respecto a la realización y aplicación de planes preventivos frente a amenazas, se realizó el reforzamiento sísmico del Hospital de Santo Domingo en el año 2000, el cual se llevó a cabo a partir del informe técnico evaluativo sobre el Hospital realizado por el Ing. Jaime Argudo Rodríguez y solicitado por el Ministerio de Salud. (Argudo Rodríguez, 1995) “Con el reforzamiento de dicho hospital se marcó un hito en la historia de la Ingeniería Sísmica del Ecuador, dado que fue la primera estructura esencial reforzada a partir de estudios científicos que anticipaban su desempeño estructural deficiente evaluado con modelos matemáticos calibrados por evidencias de sismos históricos observadas en edificios con idéntico sistema estructural (Tena y Bahía de Caráquez).” (Argudo Rodríguez I. J., s.f.)

### **1.5 Marco teórico**

A continuación se presenta una lista de conceptos fundamentales que se usarán dentro de este trabajo investigativo.

### **1.5.1 Agisoft Photoscan**

“Agisoft PhotoScan es un producto de software autónomo que realiza un proceso fotogramétrico de imágenes digitales y genera datos espaciales en 3D” (Agisoft, 2016)

### **1.5.2 American Concrete Institute (ACI)**

El Código de Requerimientos de Construcción para Concreto Estructural (Código) provee un número mínimo de requerimientos para los materiales, diseño, y detalle de edificaciones de concreto estructural y, en donde sea aplicable, simplemente un sistema de estructuras. (ACI, 2016)

### **1.5.3 Archicad (Graphisoft)**

“Archicad es el software de aplicación de modelado de la información del edificio (BIM) usado por arquitectos, diseñadores, ingenieros y constructores para diseño profesional, documentación y colaboración en proyectos profesionales. Desde su lanzamiento hace 30 años, ARCHICAD ha sido todo sobre BIM.” (© 2016 Graphisoft SE., 2016)

### **1.5.4 Building Information Modeling (BIM)**

BIM es el acrónimo de Building Information Modeling (modelado de la información del edificio) y se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar. Esta información puede ser de tipo formal, pero también puede referirse a aspectos como los materiales empleados y sus calidades físicas, los usos de cada espacio, la eficiencia energética de los cerramientos, etc. (Picó, 2008)

### **1.5.5 Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)**

“Es una organización gremial que promueve el desarrollo socioeconómico del país y el bienestar de la población a través del impulso a la construcción de infraestructura y vivienda de calidad, fomentando los principios éticos y de transparencia, la institucionalidad, la defensa y superación técnica de sus miembros y el cuidado del medio ambiente, conjugando el aporte de los socios con el bien común.” (Cámara de la Industria de la Construcción, CAMICON, 2016)

### **1.5.6 Cortante basal de diseño ( $V_s$ )**

“Fuerza total de diseño por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura, resultado de la acción del sismo de diseño con o sin reducción, de acuerdo con las especificaciones de la presente norma.” (MIDUVI; CAMICON, 2014)

### **1.5.7 CYPE Ingenieros**

Software para arquitectura, ingeniería y construcción. Este software abarca programas de Estructuras, Instalaciones, y Gestión y Documentación de Proyecto para calcular y dimensionar estructuras con una variedad de materiales y servicios, así como su aislamiento, certificación energética y seguridad en caso de incendio; los cuales contemplan normas nacionales e internacionales para calcular y dimensionar las estructuras sometidas a acciones gravitatorias, viento, sismo y nieve. (CYPE Ingenieros, S.A., 2016)

### **1.5.8 Dron**

“Aeronave no tripulada.” (Real Academia Española, 2016)

### **1.5.9 Espectro**

“Para el análisis sísmico de la estructura debe definirse un espectro de diseño. Cada norma sismo-resistente proporciona los criterios que han de seguirse dentro de un determinado territorio para la consideración de la acción sísmica en el proyecto. No obstante, CYPECAD y CYPE 3D permiten al proyectista adoptar, bajo su responsabilidad, criterios distintos a los establecidos en la norma. Ambos programas ofrece, para determinadas normas de sismo, dos formas de proceder para definir el espectro con el que se va a realiza el análisis sísmico de la estructura. El espectro sísmico de diseño puede ser: Calculado según lo especificado en la norma sísmica de aplicación. Especificado por el usuario en base a consideraciones propias.” (CYPE Ingenieros, S.A., 2016)

### **1.5.10 Estructuras esenciales**

“Son las estructuras que deben permanecer operativas luego de un terremoto para atender emergencias.” (MIDUVI; CAMICON, 2014). Dichas estructuras tales como: hospitales, las estaciones de bomberos y de policías, escuelas, etc. Son merecedoras de estudios mucho más profundizados o especiales, ya que como se mencionó

anteriormente son las encargadas de brindar servicio en el momento de la emergencia y en la recuperación de esta, sirven también como refugios para gente que sufrió danos en sus viviendas.

#### **1.5.11 Hospital seguro**

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). Esto implica que sus elementos estructurales, no estructurales y funcionales mantengan sus condiciones que le permitirán continuar con su atención especialmente en las zonas de emergencia y críticas.

#### **1.5.12 Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH)**

El Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH), es un tema de novedad científica reciente del siglo XXI que se está aplicando en diferentes partes del mundo. Es una herramienta de diagnóstico rápida, sencilla, de bajo costo y fácil de aplicar por un equipo de ingenieros, arquitectos y profesionales de la salud. Esta herramienta está justificada en la evaluación de los miembros estructurales, parte de los no estructurales y del servicio funcional de las instalaciones, además de la calificación de las amenazas en el sector y entorno; a las cuales se les asigna una calificación de acuerdo a su nivel de importancia y se realiza una suma usando un modelo matemático previamente establecido para determinar un nivel de seguridad de la Institución diagnosticada que puede ser: alto, medio o bajo. Además es posible desarrollar un informe para establecer las correcciones que se deben realizar en la estructura, además de poder priorizar los establecimientos de salud al otorgar un valor numérico que expresa la probabilidad de que continúe funcionando en caso de desastre. (Organización Panamericana de la Salud)

#### **1.5.13 Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)**

“Contribuir al desarrollo del País a través de la formulación de políticas, regulaciones, planes, programas y proyectos, que garanticen un Sistema Nacional de Asentamientos Humanos, sustentado en una red de infraestructura de vivienda y servicios básicos que consoliden ciudades incluyentes, con altos estándares de calidad, alineados con las

directrices establecidas en la Constitución Nacional y el Plan Nacional de Desarrollo.” (MIDUVI, 2016)

#### **1.5.14 Muro estructural**

“Pared construida a todo lo alto de la estructura, diseñada para resistir fuerzas sísmicas en su propio plano, cuyo diseño proporcionará un comportamiento dúctil ante cargas sísmicas.” (MIDUVI; CAMICON, 2014)

#### **1.5.15 Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-14)**

“El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda mediante Acuerdo Ministerial número 0047 del 10 de enero de 2015, publicado en el Registro Oficial N°413, dispuso la aplicación obligatoria en todo el país de 10 capítulos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC. Los 10 capítulos de la NEC fueron elaborados mediante el Convenio de Cooperación Interinstitucional suscrito en el 2008 entre el MIDUVI y CAMICON. En este trabajo participaron profesionales, investigadores, docentes de varios Centros de Educación Superior del país, consultores nacionales y extranjeros, Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y Organismos Internacionales... Esta normativa representa para el Ecuador, un medio idóneo para mejorar la calidad de las edificaciones y sobre todo para proteger la vida de las personas. Su aplicación incidirá en el impulso al desarrollo tecnológico.” (Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC, 2016)

#### **1.5.16 Ortofoto**

“Una ortofoto, u ortofotografía, es una fotografía aérea corregida geoméricamente (ortorectificada). A diferencia de una imagen aérea, una ortofoto puede ser utilizada para realizar mediciones reales ya que es una representación precisa de la superficie terrestre, en la que se han corregido las distorsiones inherentes a las imágenes aéreas. Las ortofotos combinan las características de detalle y cobertura temporal de las fotografías aéreas y la escala uniforme y precisión geométrica de los mapas. Esto permite a las ortofotos ser usadas en muchas ocasiones como fondo sobre el que se superponen los elementos de un mapa.” (Cartografía de Canaria, S.A., 2016)

### **1.5.17 Peligro sísmico**

“Probabilidad de excedencia, dentro de un período específico de tiempo y dentro de una región determinada, de movimientos del suelo cuyos parámetros: aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad, son cuantificados.” (MIDUVI; CAMICON, 2014). Para evaluar dichos parámetros es necesario analizar los fenómenos ocurridos por el sismo desde la emisión de las ondas, hasta que llegan a la zona de estudio o de afectación.

### **1.5.18 PGA (Peak Ground Acceleration)**

“Aceleración sísmica máxima en el terreno.” (MIDUVI; CAMICON, 2014). Es una media muy importante dentro del análisis estructural, que se utiliza para cuantificar la aceleración que tiene el suelo al momento del sismo.

### **1.5.19 Revit (Autodesk)**

“Es un software de aplicación única que soporta un método de trabajo BIM, desde su concepción hasta su construcción. Se usa Revit para modelar diseños con precisión, optimizar el desempeño, y colaborar de manera más efectiva” (Autodesk Inc., 2016). Este programa permite una mejor integración de todas las áreas involucradas en un proyecto, solucionando problemas antes de que se presenten en la construcción del proyecto.

### **1.5.20 Sismo de diseño**

“Evento sísmico que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años (período de retorno de 475 años), determinado a partir de un análisis de la peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento de la estructura o a partir de un mapa de peligro sísmico. Para caracterizar este evento, puede utilizarse un grupo de acelerogramas con propiedades dinámicas representativas de los ambientes tectónicos, geológicos y geotécnicos del sitio, conforme lo establece esta norma. Los efectos dinámicos del sismo de diseño pueden modelarse mediante un espectro de respuesta para diseño, como el proporcionado en esta norma.” (MIDUVI; CAMICON, 2014)

### **1.5.21 Z (factor)**

“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.”

(Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI; Cámara de la Industria de la Construcción, CAMICON, 2014)

#### **1.5.22 Zonas sísmicas**

“El Ecuador se divide en seis zonas sísmicas, caracterizada por el valor del factor de zona Z. Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta.” (MIDUVI; CAMICON, 2014)



De acuerdo a la investigación de (Chimbo, 2015), que presenta una información que no varía de manera significativa hasta la actualidad:

Posee una población de cobertura de 54.324 habitantes y tiene una dotación normal de 25 camas. Se realizan a más de las actividades curativas, las preventivas, enmarcadas dentro del nivel secundario de salud como hospital; y a nivel de unidades operativas como nivel primario.

El Hospital tiene una capacidad resolutive alta, contando actualmente con personal calificado y con especialidades médicas en: pediatría, cirugía, ginecología y clínica, brindando servicios con una atención de calidad al usuario. Dotado de 25 camas: 9 Clínica, 6 Cirugía, 5 Ginecología, 5 Pediatría. Además dentro del hospital labora un total de 100 personas.

En el área de hospitalización cuenta con su respectiva estación de enfermería, un cuarto para preparación de medicación, un cuarto para ropería y un cuarto para utensilios médicos, además está distribuido en 8 salas; una sala de pediatría, una sala de ginecología, una sala de recuperación, una sala de aislamiento y una sala de cuidados intermedios para los pacientes.

Los proyectos y programas que se llevan a cabo en el hospital son: programa Amplio de Inmunizaciones (PAI), Programa de maternidad gratuita, Programa para la tuberculosis, Adulto mayor, Programa EBAS (Equipo Básico de Atención de Salud).

En sus límites se encuentran el distrito El Pan – Guachapala – Paute - Sevilla de Oro (01D06) al norte; distrito Sigsig (01D08), Baños – Cumbe – Chaucha – Molleturo – Turi - Valle - Victoria del Portete - Tarqui - Quingeo - Santa Ana - San Sebastián - El Batán - Yanuncay – Sucre - Huayna Capac - Monay (01D02) al sur; distrito Limón Indanza – Santiago - Tiwintza (14D06) al este; y el distrito Nulti – Paccha – Ricaurte – Llacao – Sidcay - Octavio Palacios – Checa – Chiquintad – Sinincay - San Joaquin – Sayausí – Machángara - Hmno Miguel - El Vecino – Totoracocha – Cañaribamba - San Blas - El Sagrario - Gil Ramírez Dávalos - Bellavista (01D01) al oeste.

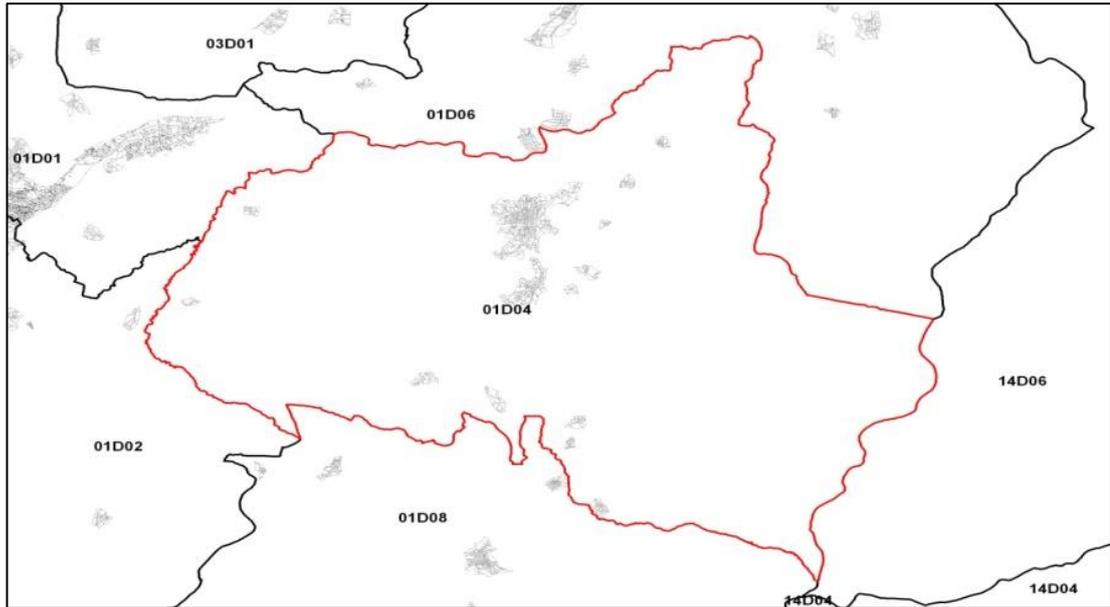


Figura 2.2 Mapa de limitación de distritos de salud.

Fuente: (Sistema Nacional de Información, SNI, 2016).

### 2.1.2 Información arquitectónica

A primera vista la institución no presenta daños ni afecciones graves y se encuentra ubicado a unas 2 cuadras de la plaza principal en una zona céntrica con vías de acceso estrechas y de circulación constante. La topografía sobre la que se asienta tiene una diferencia de 5,60 m entre su punto más alto y su punto más bajo, como se muestra en la siguiente Figura, lo que presenta un talud en la parte interna del perímetro de construcción.



Figura 2.3 Diferencia de niveles dentro del perímetro del Hospital.



Figura 2.4 Orto-foto tomada con dron el día miércoles 22 de julio del 2016.

La distribución de sus bloques son irregulares con solamente una planta y algunos desniveles de no más de una planta; patios interiores y una red de corredores tanto interiores como exteriores, teniendo dos principales que cruzan casi todo el hospital en ambos sentidos. El bloque de vacunación, de estimulación temprana y el cuarto de máquinas son los únicos espacios que se encuentran ubicados en la parte alta del terreno.

La estructura actual del Hospital “Moreno Vázquez” es el resultado de numerosas adaptaciones que se han venido realizando a lo largo de los años a partir de su establecimiento en 1975. La información existente sobre la Institución son planos en papel dibujados a mano, guardados en el cuarto de máquinas sin ninguna protección o

cuidado; muchos de ellos manchados o ilegibles, y muchos otros perdidos; y no existe registro alguno de los rediseños o adaptaciones realizadas a partir de sus inicios, los cuales han sido muchos cabe la aclaración. El documento más reciente obtenido es el “Levantamiento planimétrico del Hospital Moreno Vázquez en la ciudad de Gualaceo” realizado por la Arq. Katy Tello en el año 2006, fecha en la cual el Hospital aún no contaba con algunas de sus estructuras actuales.

### **2.1.3 Información de ingeniería**

Para la obtención de esta información, aparte del método de análisis visual, se aplicaron dos ensayos no destructivos, y ellos son el scanner estructural para determinar la cantidad y espaciamiento de las varillas dentro de las columnas, y esclerómetro para definir la resistencia del hormigón.

A continuación se enumeran los elementos estructurales con sus detalles definidos a partir de los ensayos aplicados.

#### **2.1.3.1 Vigas**

La edificación está construida con dos tipos de vigas:

- Viga tipo V1: Hormigón armado con una geometría rectangular de 30x35 cm con un recubrimiento regular de 4 cm, con un armado de 8 varillas de 20 mm y un armado transversal de varillas de 20 mm cada 15 cm. Forman parte de todas las estructuras originales y de construcción inicial, así como algunas de sus ampliaciones.



Figura 2.5 Viga tipo 1 de 30x35 cm.

- Viga tipo V2: Vigas de acero dos perfiles en G en caja de 150x50x3 mm. Estas se encuentran en todas las estructuras más reciente, construidas después del año 2000 aproximadamente.



Figura 2.6 Viga metálica 2CG 150x50x3 mm. Columna metálica 2CG 200x75x4mm.

### 2.1.3.2 Columnas

Respecto a las columnas, se presentan dos tipos de materiales: hormigón armado y acero, correspondiente a la edad de la edificación como se menciona en la descripción de las vigas. A diferencia de las vigas, en las columnas se presentan 4 variaciones de columnas:

- Columna tipo C1: Hormigón armado con una geometría cuadrada de 20x20 cm con un recubrimiento regular de 4 cm, con un armado de 4 varillas de 14 mm y un armado transversal de varillas de 10 mm cada 7 cm. Este armado de columna se encuentra en el bloque nuevo de los consultorios.



Figura 2.7 Columna de hormigón armado 20x20 cm.

- Columna tipo C2: Hormigón armado con una geometría cuadrada de 35x35 cm con un recubrimiento regular de 7 cm, con un armado de 4 varillas de 16 mm y un armado transversal de varillas de 10 mm cada 10 cm. Este armado de columna se encuentra presente en toda la estructura principal que fue construida originalmente en 1975 y las adecuaciones realizadas directamente a la misma.



Figura 2.8 Columna de hormigón armado 35x35 cm.

- Columna tipo C3: Hormigón armado con una geometría cuadrada de 40x40 cm con un recubrimiento regular de 7 cm, con un armado de 4 varillas de 18 mm y un armado transversal de varillas de 12 mm cada 10 cm. Este armado de columna se encuentra en el cuarto de máquinas ubicado en la parte alta del Hospital.



Figura 2.9 Columna de hormigón armado 40x40 cm.

- Columna tipo C4: Columnas de acero dos perfiles en G en caja de 200x75x4 mm. Estas se encuentran en algunas de las estructuras más recientes, como la oficina de administración, los baños externos, la sala de partos y los vestidores en el bloque de quirófanos. Ver Figura 2.4.

### 2.1.3.3 Redes hidrosanitaria y de distribución de gases

La institución cuenta con una red de distribución de agua potable, de recolección de aguas servidas, gas centralizado, oxígeno y CO<sub>2</sub> que cuentan con las siguiente características:

- La red de agua potable no ha tenido ninguna modificación desde su construcción inicial, a excepción de las ampliaciones realizadas. De acuerdo a las mismas, técnicamente supera la capacidad para la que fue diseñada la red. Dentro de esta red se considera la distribución de agua tanto fría como caliente. Consta de su respectiva acometida, cisterna y grupo de presión.
- La red de aguas servidas presenta las mismas características y contexto que la red de agua potable acorde a su capacidad y adecuaciones realizadas.
- La red de gas centralizado está distribuida mediante una tubería de 12 mm (1/2 pulg.) de diámetro, color amarillo, la misma que se abastece el área de cocina.



Figura 2.10 Bombona de gas centralizado.

- El abastecimiento de oxígeno ( $O_2$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ) se realiza mediante tanques que son trasladados desde los espacios de almacenamiento hacia los espacios de uso, mediante tubería de color verde de 12 mm (1/2 pul.). Cuando son necesarios, los tanques son trasladados a los espacios de uso como la sala de partos, sala de labor, habitaciones, y en el caso de quirófano, a la parte exterior de una de sus paredes, para ser distribuido a través de una tubería instalada.



Figura 2.11 Tanques de oxígeno en la parte externa del Hospital.



Figura 2.12 Tanques de oxígeno en la parte interna del Hospital.

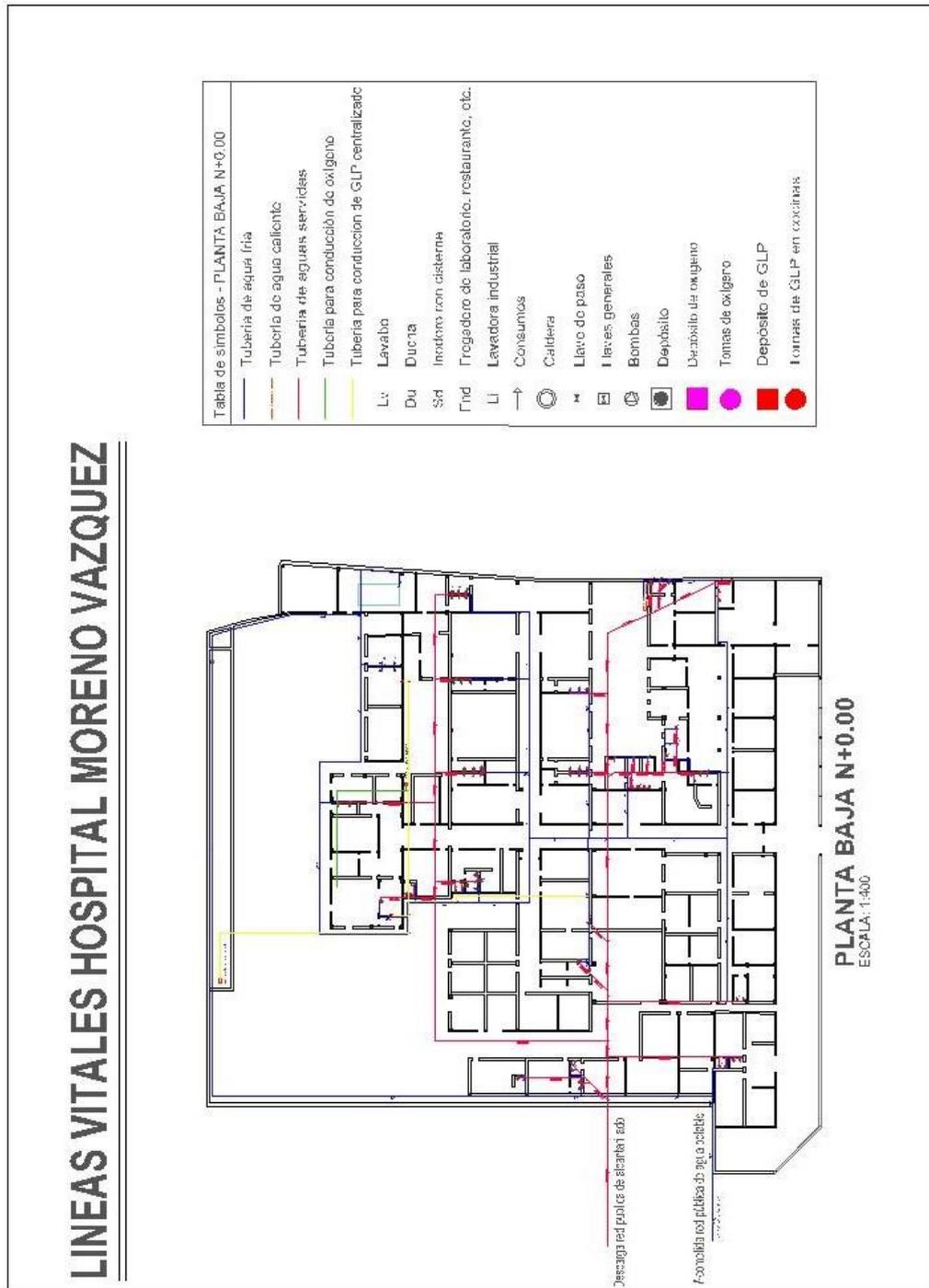


Figura 2.13 Plano de distribución de líneas vitales del Hospital “Moreno Vázquez”.

### **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) (Organización Panamericana de la Salud, 2008), establece un método simple y de bajo costo para la determinación de seguridad de una Institución Hospitalaria.

Este método se aplica a través de un formulario desarrollado que aplica un modelo matemático considerando la importancia de los elementos analizados para determinar los puntajes mayores o menores. A partir de esto se determina un resultado numérico que se puede interpretar en un establecimiento de nivel de seguridad alto, medio o bajo.

#### **2.1.4 Información general del establecimiento de salud**

- 1) Nombre del establecimiento: “Hospital Moreno Vázquez”
- 2) Dirección: 9 de Octubre E11-68 entre Abelardo Jota Andrade y Luis Salazar Bravo
- 3) Teléfonos: 072-255-064 / 074-256-537
- 4) Página web y dirección electrónica: no tiene.
- 5) Número total de camas: 25
- 6) Índice de ocupación de camas en situaciones normales: 90% - 96%
- 7) Descripción de la institución: establecida en 1975. Pertenece al Ministerio de Salud y es una Institución de Nivel 2 que ofrece atención médica general y preventiva, y servicio de hospitalización. Tiene una estructura de hormigón y acero. Da asistencia a los cantones de Gualaceo y Chordeleg que suman una cantidad de más de 60.000 habitantes aproximadamente. Cuenta con un 98% de personal asistencial. Poseen un índice de 2.3 partos por día y de 3 a 5 egresos por día.
- 8) Distribución física: Cuenta con pediatría, cirugía, gineco-obstetricia, ginecología, odontología, servicios de emergencia. Medios o accesorios de diagnóstico: laboratorio, imágenes: ecografía y rayos X. Quirófanos, sala de partos y neonatología. Administración: planificación, enfermería, recuperación de costos, director, secretaria.
- 9) Capacidad hospitalaria:
  - Gineco-obstetricia 5 camas
  - Pediatría 6 camas

- Cirugía 6 camas
- Clínica 9 camas

10) Ambientes susceptibles a aumentar la capacidad operativa: Hospitalización

11) Datos adicionales: La Institución ha sobrepasado el límite de capacidad funcional para el que fue creado, considerando que en su diseño inicial estaba contemplado para sustentar su servicio de capacidad ya tiene más de 20 años de vida. Además se han desarrollado varias ampliaciones y construcciones a lo largo de los años para poder ofrecer el servicio necesario.

## 2.1.5 Aspectos relacionados con la ubicación geográfica

### 2.1.5.1 Amenazas

#### 2.1.5.1.1 Fenómenos geológicos

El Hospital se encuentra construido sobre una geología formada en su gran mayoría por materiales aglomerado, es decir contiene fragmentos de arena, grava y maderas, unidos mediante un material aglutinante, y en menor cantidad por material de depósito coluvial que consiste en la unión de materiales de diferentes tamaños en una matriz arenosa, esta se forma por la desintegración de las rocas que están ubicadas en la parte superior de las montañas cercanas, acompañada de la acción de la gravedad. Conociendo esto se puede determinar que la edificación está emplazada en un suelo apto para la construcción.

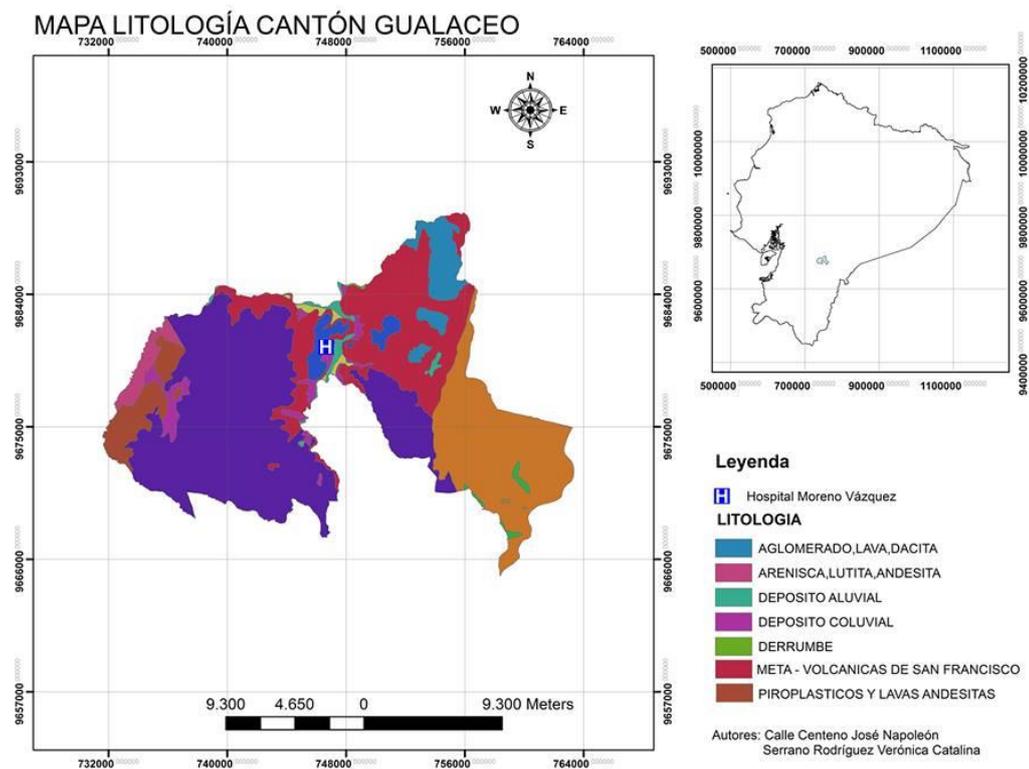


Figura 2.14 Mapa litología cantón Gualaceo.

Con respecto a movimiento de masas la edificación tiene una susceptibilidad media a nula, teniendo una cercanía a zonas de media y alta amenaza. Un punto muy importante en el tema del suelo es el corte de talud que se realizó para la construcción del hospital, ya que este es una de las principales amenazas a tener en cuenta.

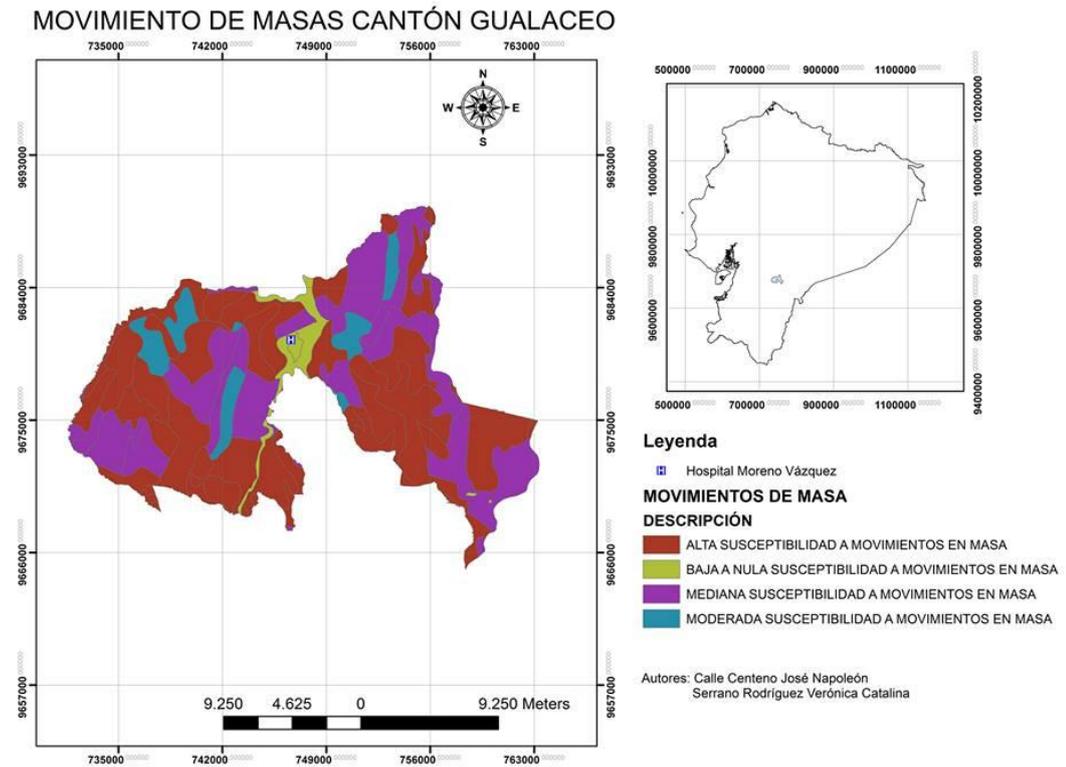


Figura 2.15 Movimiento de masas cantón Gualaceo.

### 2.1.5.1.2 Fenómenos hidrometeorológicos

La institución hospitalaria está ubicada en la zona con menor valor de precipitación respecto a las otras zonas dentro del cantón. Esto representa un bajo riesgo hidrometeorológico. A pesar de esto el hospital presenta un historial que incluyen algunas inundaciones que han requerido la atención del personal pero con consecuencias de bajo riesgo; gracias a estos sucesos se han tomado ciertas precauciones con la intención de prevenir una recurrencia de los mismos.

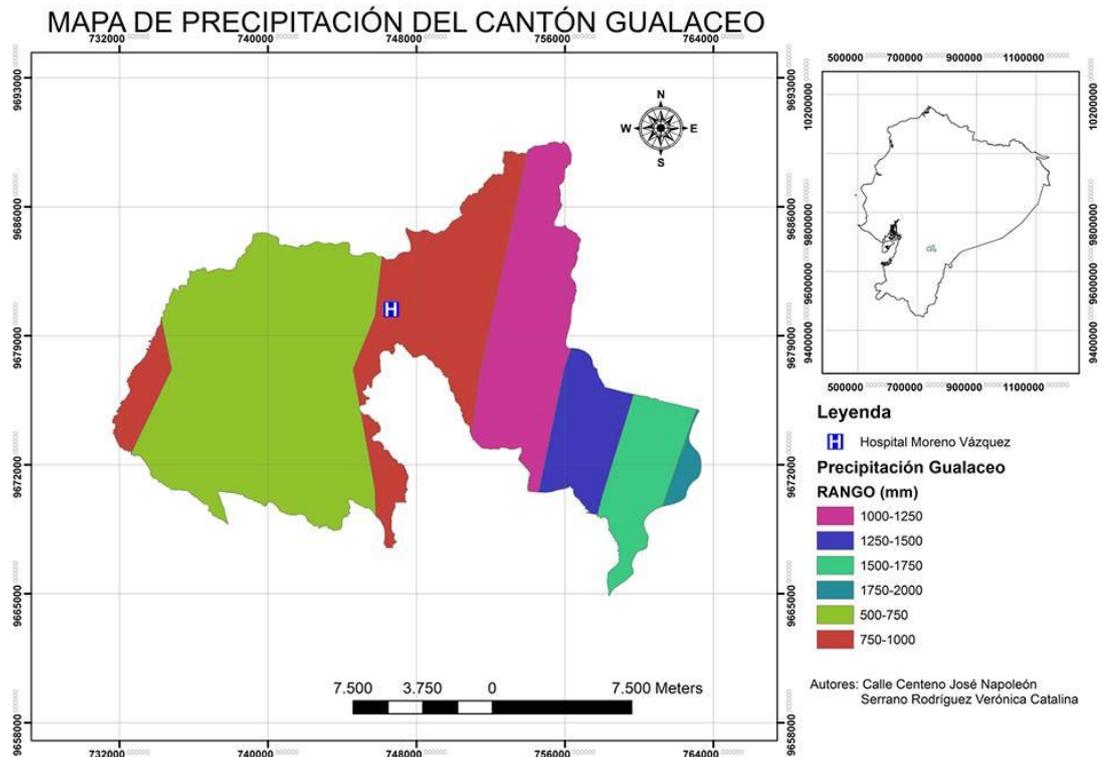


Figura 2.16 Mapa de precipitación del cantón Gualaceo.

### 2.1.5.1.3 Fenómenos sociales

De acuerdo al mapa obtenido se puede observar que el hospital tiene una alta concentración poblacional presentando, a su vez, un alto riesgo social es así que en el caso de suceder una emergencia de este tipo sus vías de acceso quedarían limitadas para que la institución pueda atender de manera eficaz y los pacientes tengan acceso a esta atención.

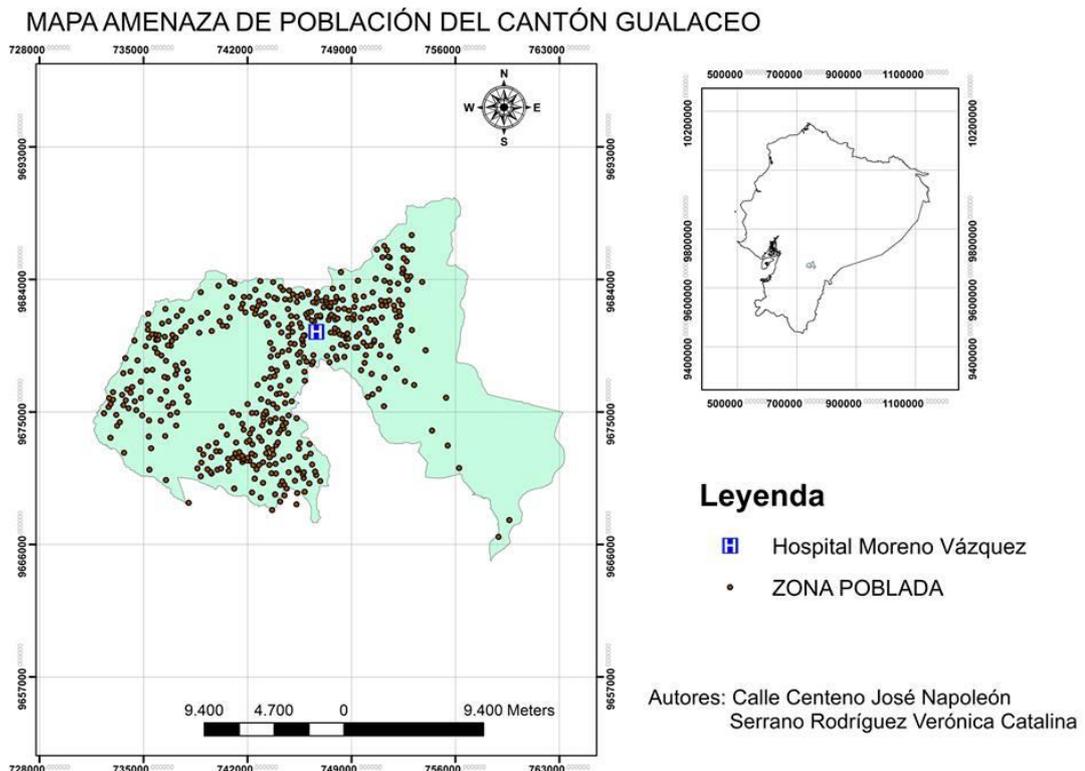


Figura 2.17 Mapa amenaza de población del cantón Gualaceo.

### 2.1.5.1.4 Fenómenos sanitarios-ecológicos

De acuerdo a eventos a previos, el hospital se ha enfrentado a dos epidemias, siendo la más grave la gripe H1N1 por la cual se registraron pocos casos que se resolvieron sin mayores consecuencias. Respecto a la segunda epidemia que sucedió alrededor de los años 1964-1965, se presentó un caso de cólera a partir de un paciente contagiado fuera del Cantón que falleció en el traslado hacia Cuenca, luego de no poder ser atendido en Gualaceo. (Encalada, 2015)

#### **2.1.5.1.5 Fenómenos químico-tecnológicos**

Se registra un antecedente de un incendio en la sección de enfermería que inició a causa del calentamiento excesivo de una lámpara en el techo, lo que generó el inicio del fuego; pero este incidente no pasó a mayores consecuencias gracias a la rápida reacción del personal del hospital.

No tiene ningún riesgo de fuga de materiales peligrosos o explosiones, ya que se encuentra en una zona urbana rodeado de viviendas.

#### **2.1.5.2 Propiedades geotécnicas del suelo**

Los tipos de suelos observados según el estudio se encuentran, según la profundidad de excavación, de la siguiente manera:

- A una profundidad de 2,50 m. se presenta material arcillo-limoso, plástico compresible, de coloración café oscuro, con minoritarios porcentajes de gravas y arenas, catalogado por la SUCS como CH (arcilla de alta plasticidad)
- A una profundidad de 6,50 m. se presenta material limoso de mediana plasticidad de coloración café clara, catalogado por la SUCS como MH (limo de alta plasticidad)
- A una profundidad de 7,0 m., siendo esta la mayor profundidad de excavación, se presenta material limoso de baja plasticidad, con un mayor porcentaje de material arenoso, catalogado por la SUCS como ML (limo de baja plasticidad)

El estudio de suelos muestra una consistencia creciente conforme se profundiza. No se determinó la presencia de nivel freático hasta la profundidad alcanzada en el muestreo.

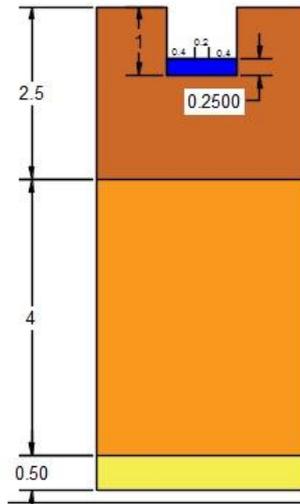


Figura 2.18 Esquema de excavación.

Fuente: (Pesántez, 2016).

Los parámetros específicos del suelo, a una profundidad entre 1,50 y 2,50 m., son:

- Cohesión (c) 0.59 kg/cm<sup>2</sup>
- Ángulo de fricción ( $\Phi$ ) 9° grados.
- Esfuerzo (G) 1742 kg/cm<sup>2</sup>

## 2.1.6 Aspectos relacionados con la seguridad estructural

### 2.1.6.1 Seguridad de vida a antecedentes del establecimiento

Los planos del hospital están fechados en el año de 1975, por lo que su diseño se rige a una norma anterior a la primera norma de autoría ecuatoriana de la construcción que entró en vigencia en 1982. Previamente a esta normativa los diseños se basaban en normas internacionales como la ACI (American Concrete Institute – Instituto americano de concreto) o la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials – Asociación americana de autopistas estatales y oficiales de transporte).

Según esta información, y observando las características que presenta el Hospital podemos determinar que la estructura fue edificada de manera segura, con medidas que exceden los parámetros mínimos de construcción en la actualidad. Además, a pesar de que no se conoce el detalle de construcción de cimentación, se puede deducir que las mismas mantienen el mismo diseño constructivo de alta seguridad y resistencia estructural.

Las remodelaciones que se han realizado a lo largo de los años, incluyen paredes, muros, ampliaciones de cuartos, bodegas, estructuras metálicas simples, entre otras. Todas estas construcciones que se reconocen como nuevas respecto al diseño original, mantienen un patrón similar, sin ninguna contrariedad o afectación frente a la normativa que corresponde su diseño y construcción.

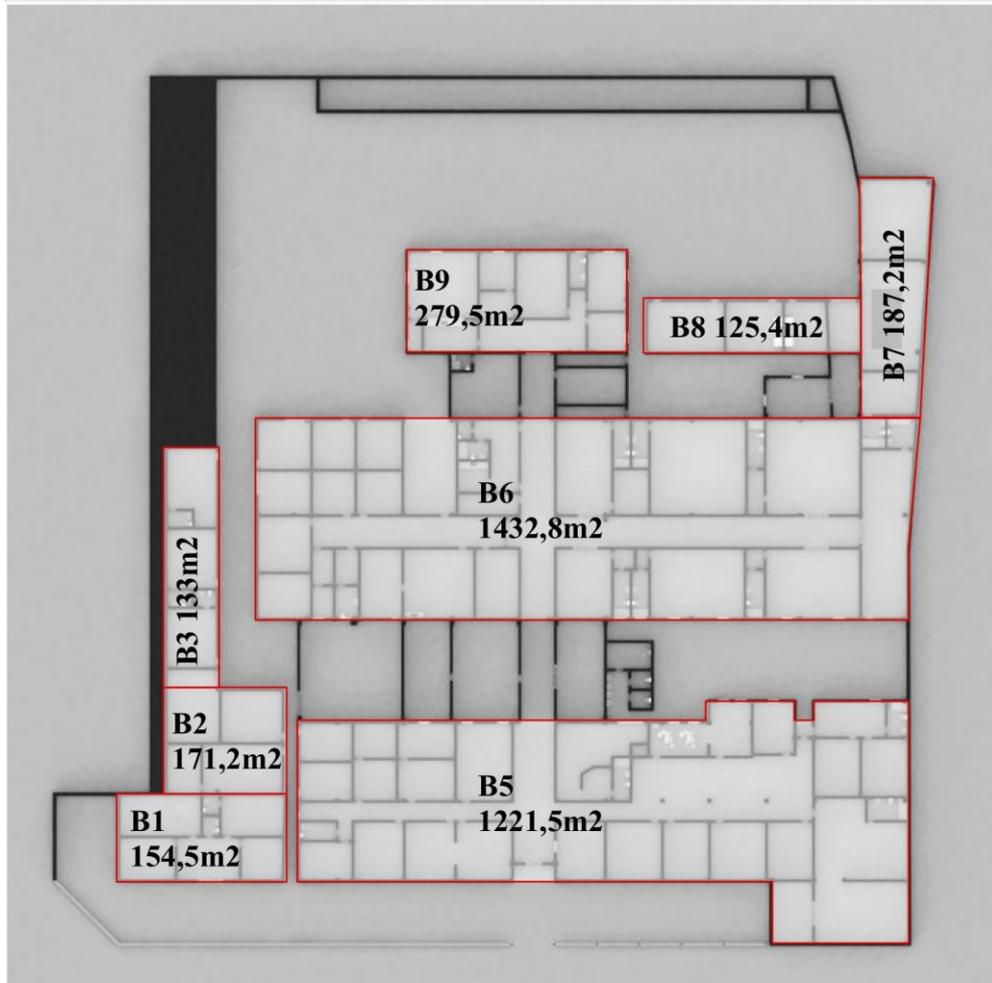


Figura 2.19 Readecuaciones realizadas.

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

Como se menciona anteriormente la construcción se remonta a un periodo de diseño y construcción entre 1970-1990, sin contar la gran cantidad de ampliaciones realizadas. Todas estas nuevas adaptaciones dejan al hospital en una situación de espacios acomodados al tumbar y construir paredes, muros, columnas y vigas según las exigencias funcionales del hospital, así como nuevas estructuras sin conexiones necesarias con la anterior. Esto da como resultado una irregularidad en la distribución de sus áreas como se puede observar en la planta arquitectónica, teniendo a su vez, una irregularidad en la distribución de sus columnas. En el sentido vertical no presenta grandes diferencias al mantenerse con una sola planta a excepción de la administración que se encuentra construida con un desnivel de 0,80 m de altura sobre el resto de la estructura hospitalaria, y sin considerar las áreas de Vacunación, Estimulación temprana y Cuarto de máquinas, que fueron construidos sobre el talud natural que presenta el terreno.

## DISTRIBUCIÓN DE BLOQUES



planta general del proyecto

Figura 2.20 Distribución de bloques evaluados y sus áreas.

Tabla 2.1 Definición de bloques evaluados y sus áreas.

Bloques		Área (m <sup>2</sup> )
B1	Administración	154,2
B2	Consultorios antiguos	171,2
B3	Consultorios nuevos	133
B4	Cuarto de máquinas	
B5	Emergencia y laboratorio	1221,5
B6	Hospitalización	1432,8
B7	Lavandería 1	187,2
B8	Lavandería 2	125,4
B9	Quirófano	279,5

Respecto a los materiales, la estructura no presenta ningún desgaste significativo considerando la edad que conserva. Todos sus detalles arquitectónicos y estructurales mantienen sus acabados sin fallas o fisuras visibles. En esta observación hay que tener en cuenta las renovaciones constantes que se han realizado a lo largo de los años, lo que representa una constancia en sus revisiones tanto estéticas como estructurales al contar con equipo constructivo a su disposición.

La proximidad frente a las estructuras colindantes genera un alto riesgo, ya que los muros se encuentran contruidos sin junta de dilatación como se puede observar en la Figura 2.21, y la altura del hospital es de una planta frente a la de la vivienda que es de 3 plantas. De igual manera, el muro de contención construido como medida de seguridad frente al talud natural que tiene el terreno, debe ser considerado en esta descripción, ya que su construcción y desempeño tiene un alto nivel de importancia en toda la Institución.



Figura 2.21 Proximidad con vivienda colindante.

### **2.1.6.3 Líneas vitales (instalaciones)**

#### **2.1.6.3.1 Sistema eléctrico**

El sistema eléctrico cuenta con un generador instalado desde el inicio de la obra. Considerando los años que se encuentra en funcionamiento, las veces que ha sido necesaria su puesta en uso y las pruebas constantes que se realizan para que, tanto el motor como las baterías, no pierdan su capacidad de funcionamiento, se puede determinar que se encuentra en óptimas condiciones.

En las instalaciones existe una variedad de cables que van desde su primera instalación hasta la actualidad con gran cantidad de adaptaciones y nuevas instalaciones en el proceso de renovación de elementos y cobertura completa. Ninguna instalación ha sido retirada, todos los cables están presentes en las paredes y en el techo distribuidos en todo el hospital sin mayor seguridad que la altura para encontrarse fuera del alcance de una persona de estatura media.

El hospital cuenta con un muy buen sistema de iluminación que cubre todas las zonas necesarias, especialmente las zonas claves como urgencias, UCI, quirófano, etc. Además cuenta con sistemas eléctrico externos para el tomógrafo, rayos X y el hospital en general.



Figura 2.22 Iluminación exterior ubicada en la parte de ingreso.

#### **2.1.6.3.2 Sistema de telecomunicaciones**

Las ambulancias cuentan con un sistema de comunicación alterno a través de radio, aunque es un sistema de rango limitado. Respecto a un sistema propio de telecomunicaciones como antenas o sistemas de baja corriente, el hospital no cuenta con los mismos por su reducida magnitud y capacidad. Todos los sistemas con los que cuenta el hospital, se encuentran completamente asegurados y en condiciones apropiadas.

#### **2.1.6.3.3 Sistema de aprovisionamiento de agua**

Los tanques de reserva con los que cuenta el hospital, ofrecen un abastecimiento para el hospital completo de 8 horas aproximadamente. Su ubicación se encuentra en un espacio abierto sin mayores protecciones, pero completamente asegurado y en buenas condiciones y con mantenimiento constante. Aunque el sistema de distribución y de

bombeo alternativo no ha sido renovado desde su instalación inicial, por lo que su grado de seguridad se puede clasificar como medio por sus años de servicio.



Figura 2.23 Tanque de agua, ubicados en la parte posterior del hospital.



Figura 2.24 Grupo de presión para la red de distribución de agua potable.

#### 2.1.6.3.4 Depósito de combustible (gas, gasolina o diésel)

Existe un solo depósito de combustible en el hospital en donde se almacena diésel para el motor en caso de pérdida de energía. Se encuentra en malas condiciones estéticas pues tiene la antigüedad de la edificación, poniendo en duda su funcionamiento. No cuenta con ningún tipo de anclaje y el recinto donde está ubicado se encuentra junto a las áreas de estimulación temprana y vacunación, poniendo en riesgo la seguridad de éstas áreas.

### 2.1.6.3.5 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc)

Cuenta únicamente con oxígeno. Su conducción va desde el área de almacenamiento y distribución hasta la sala de quirófano mediante tubería, y su almacenamiento tendría una duración de hasta 8 días, aunque su entrega es diaria. Esta conducción se la realiza mediante una tubería de 12 mm color verde, que va por la cubierta de la estructura. Si fuera necesario este gas medicinal en otras áreas y de uso inmediato, se cuenta con carritos para el traslado de los tanques de oxígeno que están ubicados en una zona de acceso libre aunque no de circulación constante y sin anclajes.



Figura 2.25 Lugar de almacenamiento para cilindros de gases medicinales.

### 2.1.6.4 Sistema de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas

Todo este sistema se encuentra en muy buenas condiciones como son las tuberías de distribución, uniones, válvulas, ductos, anclajes, recintos, etc. La caldera es el único elemento que se encuentra fuera de funcionamiento por sus años de uso, así que fue reemplazado por un sistema eléctrico.



Figura 2.26 Calefón para agua caliente en baño de cuarto de residentes.

### 2.1.6.5 Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil, y almacenes (incluye computadoras, impresora, etc.)

El mobiliario, equipo de oficina y almacenes se encuentran parcialmente anclados y con frenos de seguridad en los equipos necesarios. A pesar de esto, durante la evaluación, se pudo constatar que los elementos que se encuentran almacenados no cuentan con ninguna protección, seguridad o anclaje al igual que el equipo de oficina como se muestra en la Figura 2.27.



Figura 2.27 Anclaje de estantería y equipo de oficina suelto.

### 2.1.6.6 Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento

El equipo médico de laboratorio y suministros utilizados cuenta con las seguridades necesarias de anclaje en su gran mayoría, aun así existe un gran porcentaje de equipos y suministros sueltos que podrían complicar aún más una situación de emergencia.



Figura 2.28 Equipo médico y suministros que carecen de anclaje.

### 2.1.6.7 Elementos arquitectónicos

Los elementos arquitectónicos en general se encuentran en buen estado, debido al mantenimiento constante por parte del personal del hospital. Existen 3 tipos de puertas que son construidas con madera, metal, aluminio y policarbonato; mientras que las ventanas están construidas con vidrio y policarbonato, con una protección de hierro en todas ellas.



Figura 2.29 Puerta de madera.



Figura 2.30 Puerta de aluminio.

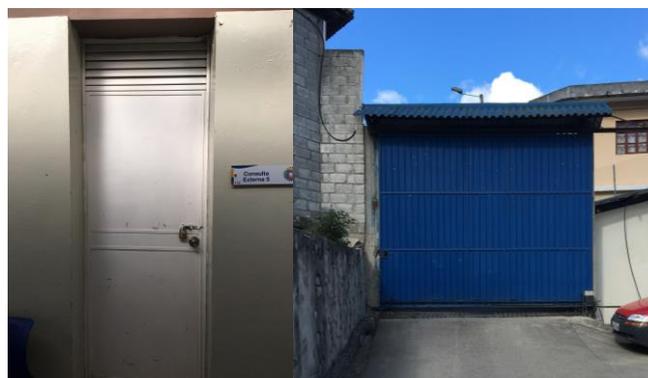


Figura 2.31 Puerta de aluminio.

Lo que hace referencia a los elementos de cierre como son muros y fachada, consta de mampostería de bloque con estructuras de columnas de hormigón armado. En algunos lugares donde existe riesgo de impacto vehicular con la fachada del hospital se puede observar que existe una protección de muros estructurales de hormigón armado.



Figura 2.32 Muro de estructura mixta.

En la parte de techos y cubiertas, se puede observar que la edificación mantiene su estructura original. Esta consta de estructura metálica con planchas de fibrocemento que cubren a toda la estructura, también como parte estructural se puede observar una placa colaborante acompañada de una chapa de hormigón simple de 10 cm de espesor, actuando esta como techo.



Figura 2.33 Placa colaborante y chapa de hormigón en cubierta.

La red de protección contra incendios está tomada directamente de la acometida principal de agua potable esto quiere decir que cuenta con la misma presión de la red pública, sin cumplir la normativa según el cuerpo de bomberos que exige un tanque de reserva y bomba de presión propia para esta red. Respecto al área protección contra incendios, lo mencionado anteriormente, representaría el único inconveniente ya que sí cuenta con alarma, pulsadores, extintores y detectores de humo estratégicamente ubicados.



Figura 2.34 Sistema de protección contra incendios.

El hospital se encuentra ubicado en una zona céntrica y sus calles no poseen gran amplitud por ser parte del centro histórico, además de poseer un alto flujo vehicular y ningún espacio de parqueo público, lo que complica su acceso y evacuación en caso de cualquier emergencia.



Figura 2.35 Acceso principal al Hospital por la Calle 9 de Octubre, foto en ambos sentidos.



Figura 2.36 Calle Luis Salazar Bravo, acceso lateral al Hospital.



Figura 2.37 Intersección entre las calles Luis Salazar Bravo y Vía a la Pirámide.



Figura 2.38 Intersección entre las calles Fidel Antonio Piedra y Abelardo J. Andrade.

## **2.1.7 Aspectos relacionados con la seguridad en base a la capacidad funcional**

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

Dentro del hospital existe ya un comité establecido para responder a emergencias o desastres masivos, consta de un personal multidisciplinario, teniendo en cuenta las áreas de tratamiento hospitalario acorde al nivel de la institución. Cada miembro del comité conoce sus responsabilidades y su desempeño en caso de emergencia. Además cuentan con tarjetas de acción designadas a cada uno de los funcionarios.

Uno de los problemas que presenta es que el Comité de Operaciones de Emergencia no cuenta con un espacio definido dentro de las instalaciones de la institución, por lo que no presenta ninguna de las condiciones necesarias para desempeñar una función efectiva en momentos de desastres.

### **2.1.7.2 Plan operativo para desastres internos o externos**

Si cuenta con un plan operativo antes, durante y después de un desastre y los participantes conocen muy bien cada uno de sus papeles en la puesta de acción del plan. El hospital cuenta con una cobertura de presupuesto para emergencia para 72 horas. Existen procedimientos para la habilitación de espacios, es decir, personal capacitado, recursos y planes de acción para el aumento de capacidad de atención en caso de ser necesario.

Todos los expedientes médicos mantienen un método de archivo físico, por lo que no cuentan con un sistema de protección de los mismos, ya que todos los planes están dirigidos a la priorización de la atención del paciente.

En situaciones de emergencia, no cuentan con un lugar físico designado para el descanso, hidratación y alimentación del personal. Las rutas de emergencia y evacuación son bastante estrechas y con una señalización pobre.

A pesar de sus fallas, la administración se encarga regularmente de realizar simulacros completos y revisiones constantes de los planes de acción, responsabilidades y elementos necesarios para poder actuar de una manera efectiva en un caso de

emergencia; realizando una reestructura, si es necesario, en base a los resultados de los simulacros previos.

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

Todos sus planes de contingencia se encuentran actualizados y en constante adaptación a las amenazas que se enfrenta, siendo entre estas: sismos, tsunamis, deslizamientos, erupciones volcánicas, inundaciones, incendios, explosiones, emergencias químicas, agentes con potencial epidémico, atención psicosocial y control de infección intrahospitalarias.

#### **2.1.7.4 Planes para el funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de los servicios vitales**

Estos planes se los califica con un alto nivel de seguridad en su mayoría a excepción de los sistemas habituales y alternos de comunicación, en donde cuentan únicamente con un sistema de radio de corto alcance, y el sistema de aguas residuales, que por sus años de vida y la carencia de un manual de manejo de aguas residuales, se lo califica con un nivel de seguridad bajo.

#### **2.1.7.5 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres**

Los insumos indispensables ante una emergencia que son: medicamentos, material de curación, instrumental, gases medicinales, equipos de protección personal para epidemias, y tarjetas de triage e implementos para manejo de victimas en masa, están garantizados para 72 horas o más en momentos de emergencia. Mientras que la parte de equipos de ventilación asistida, electro-médicos, para soporte de vida, tienen una cobertura menor a 72 horas.

### **2.2 Formularios para la evaluación de hospitales seguros (ISH)**

Este formulario fue desarrollado por la Organización Panamericana de la Salud, para poder aplicar en las evaluaciones de los planes de hospitales seguros. Esta evaluación toma en cuenta los aspectos necesarios que puedan generar una amenaza dentro de la estructura o funcionalidad de la Institución, considerando la importancia de ciertos aspectos sobre otros para poder determinar un resultado correcto.

Tabla 2.2 Parte 1 del formulario de evaluación del Hospital “Moreno Vázquez”.

**1. Aspectos relacionados con ubicación geográfica del establecimiento de salud.**

1.1 Amenazas	Nivel de amenaza				Observaciones
	No existe amenaza	Nivel de amenaza			
		B	M	A	
<b>1.1.1 Fenómenos geológicos</b>					
Sismos				x	
Erupciones volcánicas		x			
Deslizamientos			x		
Tsunamis	x				
Otros (especificar)	x				
<b>1.1.2 Fenómenos hidrometeorológicos</b>					
Huracanes	x				
Lluvias torrenciales			x		
Penetraciones del mar o río				x	
Deslizamientos			x		
Otros (especificar)		x			
<b>1.1.3 Fenómenos sociales</b>					
Concentraciones de población				x	Ya que su capacidad de servicio fue superada.
Personas desplazadas	x				
Otros (especificar)	x				
<b>1.1.4 Fenómenos sanitarios-ecológicos</b>					
Epidemias		x			
Contaminación (sistemas)	x				
Plagas	x				
Otros (especificar)	x				
<b>1.1.5 Fenómenos químico-tecnológicos</b>					
Explosiones		x			
Incendios		x			A partir de una lámpara prendida se generó un incendio en enfermería, no causó daños.
Fuga de materiales peligrosos		x			
Otros (especificar)	x				
<b>1.2 Propiedades geotécnicas del suelo</b>					
Licuefacción					
Suelo arcilloso					
Talud inestable				x	

GS: Grado de Seguridad.

Tabla 2.3 Parte 2 del formulario de evaluación del Hospital “Moreno Vázquez”.

**2. Aspectos relacionados con la seguridad estructural**

2.1 Seguridad debida a antecedentes del establecimiento	*GS			Observaciones
	B	M	A	
1. ¿El hospital ha sufrido daños estructurales debido a fenómenos naturales? SI NO HAN OCURRIDO FENOMENOS NATURALES EN LA ZONA DONDE ESTÁ EL HOSPITAL, NO MARQUE NADA. DEJE ESTA LÍNEA EN BLANCO, SIN CONTESTAR.	x			
2. ¿El hospital ha sido reparado o construido utilizando estándares actuales apropiados?		x		
3. ¿El hospital ha sido remodelado o adaptado afectando el comportamiento de la estructura?		x		Sólo por razones de espacio, no estructurales o correctivas.
2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.	*GS			Observaciones
	B	M	A	
4. Estado de la edificación.			x	
5. Materiales de construcción de la estructura.			x	
6. Interacción de los elementos no estructurales con la estructura.		x		
7. Proximidad de los edificios (martilleo, túnel de viento, incendios, etc.)		x		
8. Redundancia estructural.		x		
9. Detallamiento estructural incluyendo conexiones.		x		
10. Seguridad de fundaciones o cimientos.	x			
11. Irregularidades en planta (rigidez, masa y resistencia).			x	
12. Irregularidades en elevación (rigidez, masa y resistencia).			x	
13. Adecuación estructural a fenómenos. (meteorológicos, geológicos entre otros)			x	

GS: Grado de Seguridad.

Tabla 2.4 Parte 3 del formulario de evaluación del Hospital “Moreno Vázquez”.

**3. Aspectos relacionados con la seguridad no estructural del hospital**

3.1 Líneas vitales (instalaciones)	*GS			Observaciones
	B	M	A	
3.1.1 Sistema eléctrico				
14. Generador adecuado para el 100% de la demanda.			x	Sistema de activación manual.
15. Regularidad de las pruebas de funcionamiento en las áreas críticas.			x	Se realizan pruebas regulares para que las baterías no se descarguen y el motor no pierda integridad.
16. ¿Está el generador adecuadamente protegido de fenómenos naturales?			x	
17. Seguridad de las instalaciones, ductos y cables eléctricos.		x		
18. Sistema redundante al servicio local de suministro de energía eléctrica.		x		
19. Sistema con tablero de control e interruptor de sobrecarga y cableado debidamente protegido.			x	
20. Sistema de iluminación en sitios clave del hospital.			x	
21. Sistemas eléctricos externos, instalados dentro del perímetro del hospital.			x	3 en total para: hospital, tomógrafo y rayos X.
3.1.2 Sistema de telecomunicaciones				
22. Estado técnico de las antenas y soportes de las mismas.	x			No tiene ya que es un hospital pequeño y no hay necesidad.
23. Estado técnico de sistemas de baja corriente (conexiones telefónicas/cables de Internet).	x			
24. Estado técnico del sistema de comunicación alterno.			x	Se manejan a través de radios en los vehículos de emergencia.
25. Estado técnico de anclajes de los equipos y soportes de cables. SI EL SISTEMA NO NECESITA ANCLAJES O ABRAZADERAS, NO LLENAR. DEJAR LAS TRES CASILLAS EN BLANCO.				

26. Estado técnico de sistemas de telecomunicaciones externos, instalados dentro del perímetro del hospital.			X	
27. Local con condiciones apropiadas para sistemas de telecomunicaciones.			X	
28. Seguridad del sistema interno de comunicaciones.			X	
3.1.3 Sistema de aprovisionamiento de agua				
29. Tanque de agua con reserva permanente suficiente para proveer al menos 300 litros por cama y por día durante 72 horas.	X			
30. Los depósitos se encuentran en lugar seguro y protegido.		X		
31. Sistema alternativo de abastecimiento de agua adicional a la red de distribución principal.			X	
32. Seguridad del sistema de distribución.		X		Se le califica como medio por su alto tiempo de vida.
33. Sistema de bombeo alternativo.		X		
3.1.4 Depósito de combustible (gas, gasolina o diesel):				
34. Tanques para combustible con capacidad suficiente para un mínimo de 5 días.	X			
35. Anclaje y buena protección de tanques y cilindros.	X			
36. Ubicación y seguridad apropiada de depósitos de combustibles.		X		
37. Seguridad del sistema de distribución (válvulas; tuberías y uniones).		X		
3.1.5 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.)				
38. Almacenaje suficiente para 15 días como mínimo.	X			
39. Anclaje de tanques, cilindros y equipos complementarios.		X		
40. Fuentes alternas disponibles de gases medicinales.	X			
41. Ubicación apropiada de los recintos.			X	

42. Seguridad del sistema de distribución (válvulas; tuberías y uniones).		x		Se le califica como medio por su alto tiempo de vida.
43. Protección de tanques y/o cilindros y equipos adicionales.		x		
44. Seguridad apropiada de los recintos.		x		
3.2 Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas.	*GS			Observaciones
	B	M	A	
45. Soportes adecuados para los ductos y revisión del movimiento de los ductos y tuberías que atraviesan juntas de dilatación.			x	
46. Condición de tuberías, uniones, y válvulas.			x	
47. Condiciones de los anclajes de los equipos de calefacción y agua caliente.			x	
48. Condiciones de los anclajes de los equipos de aire acondicionado.			x	
49. Ubicación apropiada de los recintos.			x	
50. Seguridad apropiada de los recintos.			x	
51. Funcionamiento de los equipos.		x		Se usa sistema eléctrico porque el caldero quedó en disfunción por su alto tiempo de vida.
3.3 Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil y almacenes (Incluye computadoras, impresoras, etc.)	*GS			Observaciones
	B	M	A	
52. Anclajes de la estantería y seguridad de contenidos.			x	
53. Computadoras e impresoras con seguro.			x	
54. Condición del mobiliario de oficina y otros equipos.			x	
3.4 Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento.	*GS			Observaciones
	B	M	A	
55. Equipo médico en el quirófano y la sala de recuperación.			x	
56. Condición y seguridad del equipo médico de Rayos X e Imagenología.			x	

57. Condición y seguridad del equipo médico en laboratorios.			x	
58. Condición y seguridad del equipo médico en el servicio de urgencias.			x	
59. Condición y seguridad del equipo médico de la unidad de cuidados intensivos o intermedios.			x	
60. Condición y seguridad del equipamiento y mobiliario de farmacia.			x	
61. Condición y seguridad del equipo de esterilización.			x	
62. Condición y seguridad del equipo médico para cuidado del recién nacido.			x	
63. Condición y seguridad del equipo médico para la atención de quemados.	x			No tiene atención de quemados por ser un Hospital de Nivel 2.
64. Condición y seguridad del equipo médico para radioterapia o medicina nuclear. SI EL HOSPITAL NO CUENTA CON ESTOS SERVICIOS, DEJAR EN BLANCO.				
65. Condición y seguridad del equipo médico en otros servicios.			x	
66. Anclajes de la estantería y seguridad de contenidos médicos.			x	
3.5 Elementos arquitectónicos	*GS			Observaciones
	B	M	A	
67. Condición y seguridad de puertas o entradas.			x	
68. Condición y seguridad de ventanales.			x	
69. Condición y seguridad de otros elementos de cierre (muros externos, fachada, etc.).			x	
70. Condición y seguridad de techos y cubiertas.			x	
71. Condición y seguridad de parapetos (pared o baranda que se pone para evitar caídas, en los puentes, escaleras, cubiertas, etc.)			x	

72. Condición y seguridad de cercos y cierres perimétricos.			x	
73. Condición y seguridad de otros elementos perimetrales (cornisas, ornamentos etc.).			x	
74. Condición y seguridad de áreas de circulación externa.			x	
75. Condición y seguridad de áreas de circulación interna (pasadizos, elevadores, escaleras, salidas, etc.).			x	
76. Condición y seguridad de particiones o divisiones internas.			x	
77. Condición y seguridad de cielos falsos o rasos SI EL HOSPITAL NO TIENE TECHOS FALSOS O SUSPENDIDOS, NO MARQUE NADA. DEJE LAS TRES CASILLAS EN BLANCO.			x	
78. Condición y seguridad del sistema de iluminación interna y externa.			x	
79. Condición y seguridad del sistema de protección contra incendios.		x		Carece de red muerta y cisterna.
80. Condición y seguridad de ascensores. <i>SI NO EXISTEN ELEVADORES, DEJE LAS TRES CASILLAS EN BLANCO.</i>				
81. Condición y seguridad de escaleras.			x	
82. Condición y seguridad de las cubiertas de los pisos.			x	
83. Condición de las vías de acceso al hospital.		x		
84. Otros elementos arquitectónicos incluyendo señales de seguridad.			x	

\*GS: Grado de Seguridad.

Tabla 2.5 Parte 4 del formulario de evaluación del Hospital “Moreno Vázquez”.

**4. Aspectos relacionados con la seguridad en base a la capacidad funcional**

4.1 Organización del comité hospitalario para desastres y centro de operaciones de emergencia. Mide el nivel de organización alcanzado por el comité hospitalario para casos de desastre.	**GS			*Obs.
	B	M	A	
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.			x	
86. El Comité está conformado por personal multidisciplinario. <i>B= 0-3; M=4-5; A= 6 o más</i>			x	
87. Cada miembro tiene conocimiento de sus responsabilidades específicas.			x	
88. Espacio físico para el centro de operaciones de emergencia (COE) del hospital.	x			
89. El COE está ubicado en un sitio protegido y seguro.	x			
90. El COE cuenta con sistema informático y computadoras.	x			
91. El sistema de comunicación interna y externa del COE funciona adecuadamente.	x			
92. El COE cuenta con sistema de comunicación alterna.	x			
93. El COE cuenta con mobiliario y equipo apropiado.	xx			
94. El COE cuenta con directorio telefónico de contactos actualizado y disponible.	x			
95. “Tarjetas de acción” disponibles para todo el personal.			x	
4.2 Plan operativo para desastres internos o externos.	**GS			*Obs.
	B	M	A	
96. Refuerzo de los servicios esenciales del hospital.			x	
97. Procedimientos para la activación y desactivación del plan.			x	
98. Previsiones administrativas especiales para desastres.			x	
99. Recursos financieros para emergencias presupuestados y garantizados.		x		
100. Procedimientos para habilitación de espacios para aumentar la capacidad, incluyendo la disponibilidad de camas adicionales.			x	
101. Procedimiento para admisión en emergencias y desastres.			x	
102. Procedimientos para la expansión del departamento de urgencias y otras áreas críticas.			x	

103. Procedimientos para protección de expedientes médicos (historias clínicas).	x			
104. Inspección regular de seguridad por la autoridad competente.			x	
105. Procedimientos para vigilancia epidemiológica intra-hospitalaria.			x	
106. Procedimientos para la habilitación de sitios para la ubicación temporal de cadáveres y medicina forense.		x		
107. Procedimientos para triage, reanimación, estabilización y tratamiento.			x	
108. Transporte y soporte logístico.			x	
109. Raciones alimenticias para el personal durante la emergencia.			x	
110. Asignación de funciones para el personal adicional movilizado durante la emergencia.			x	
111. Medidas para garantizar el bienestar del personal adicional de emergencia.	x			
112. Vinculado al plan de emergencias local.			x	
113. Mecanismos para elaborar el censo de pacientes admitidos y referidos a otros hospitales.			x	
114. Sistema de referencia y contrarreferencia.			x	
115. Procedimientos de información al público y la prensa.			x	
116. Procedimientos operativos para respuesta en turnos nocturnos, fines de semana y días feriados.			x	
117. Procedimientos para evacuación de la edificación.			x	
118. Las rutas de emergencia y salida son accesibles.		x		
119. Ejercicios de simulación o simulacros.			x	
4.3 Planes de contingencia para atención médica en desastres.	**GS			*Obs.
	B	M	A	
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.			x	
121. Crisis sociales y terrorismo.			x	
122. Inundaciones y huracanes. SI NO EXISTEN ESTAS AMENAZAS EN LA ZONA DONDE ESTÁ UBICADO EL HOSPITAL, NO MARCAR NADA. DEJAR LAS TRES CASILLAS EN BLANCO.	x			
123. Incendios y explosiones.			x	
124. Emergencias químicas o radiaciones ionizantes.			x	
125. Agentes con potencial epidémico.			x	

126. Atención psico-social para pacientes, familiares y personal de salud.			x	
127. Control de infecciones intrahospitalarias.			x	
4.4 Planes para el funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de los servicios vitales.	**GS			*Obs.
	B	M	A	
128. Suministro de energía eléctrica y plantas auxiliares.			x	
129. Suministro de agua potable.			x	
130. Reserva de combustible.			x	
131. Gases medicinales.			x	
132. Sistemas habituales y alternos de comunicación.			x	
133. Sistemas de agua residuales.	x			
134. Sistema de manejo de residuos sólidos.			x	
135. Mantenimiento del sistema contra incendios.			x	
4.5 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres.	**GS			*Obs.
	B	M	A	
136. Medicamentos.			x	
137. Material de curación y otros insumos.			x	
138. Instrumental.			x	
139. Gases medicinales.			x	
140. Equipos de ventilación asistida (tipo volumétrico).	x			
141. Equipos electro-médicos.		x		
142. Equipos para soporte de vida.		x		
143. Equipos de protección personal para epidemias (material desechable).			x	
144. Carro de atención de paro cardiorrespiratorio.			x	
145. Tarjetas de <i>triage</i> y otros implementos para manejo de víctimas en masa.			x	

\* Obs.: Observaciones.

\*\* GS: Grado de Seguridad.

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

Se realizó un levantamiento geotécnico en un lugar, dentro de los límites de la institución hospitalaria, para establecer la composición del suelo, capacidad del suelo y de servicio. De acuerdo al estudio la perforación resultó a una profundidad de hasta 7m, y se lo efectuó mediante el uso de un equipo de perforación por percusión mediante muestreadores tipo Cuchara Partida, para la obtención de muestras inalteradas, y en las cuales se realizó las pruebas de penetración estándar (SPT). De estas muestras por parte del laboratorio SueloTEC – Asesoría en Ingeniería Civil (Pesántez, 2016) contratado por parte de los autores, debido a la ausencia de un estudio de suelos del hospital, se realizaron los siguientes ensayos:

- Granulometría > Tamiz #200: ASTM D422-63 y lavado en muestras que pasan por el tamiz #200
- Contenido de humedad natural (ASTM D2216)
- Plasticidad. Límites de Atterberg, límite líquido (ASTM 423-66) y límite plástico (ASTM 424-59)
- Ensayos SPT (ASTM D-1586)
- Ensayo compresión simple (ASTM D2166) (para suelos cohesivos)
- Clasificación de los suelos por SUCS y ASSHTO

Tabla 2.6 Resultados de las características del suelo analizado.

Muestra	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Ø (°)	γ (kg/m <sup>3</sup> )
Prof: 1,50 a 2,50 m	0,59	9	1742

c: cohesión.

Ø: ángulo de fricción.

γ: peso específico.

### 2.3.1 Perfil estratigráfico

A continuación se puede observar el perfil estratigráfico determinado a través de la evaluación de suelos solicitada:

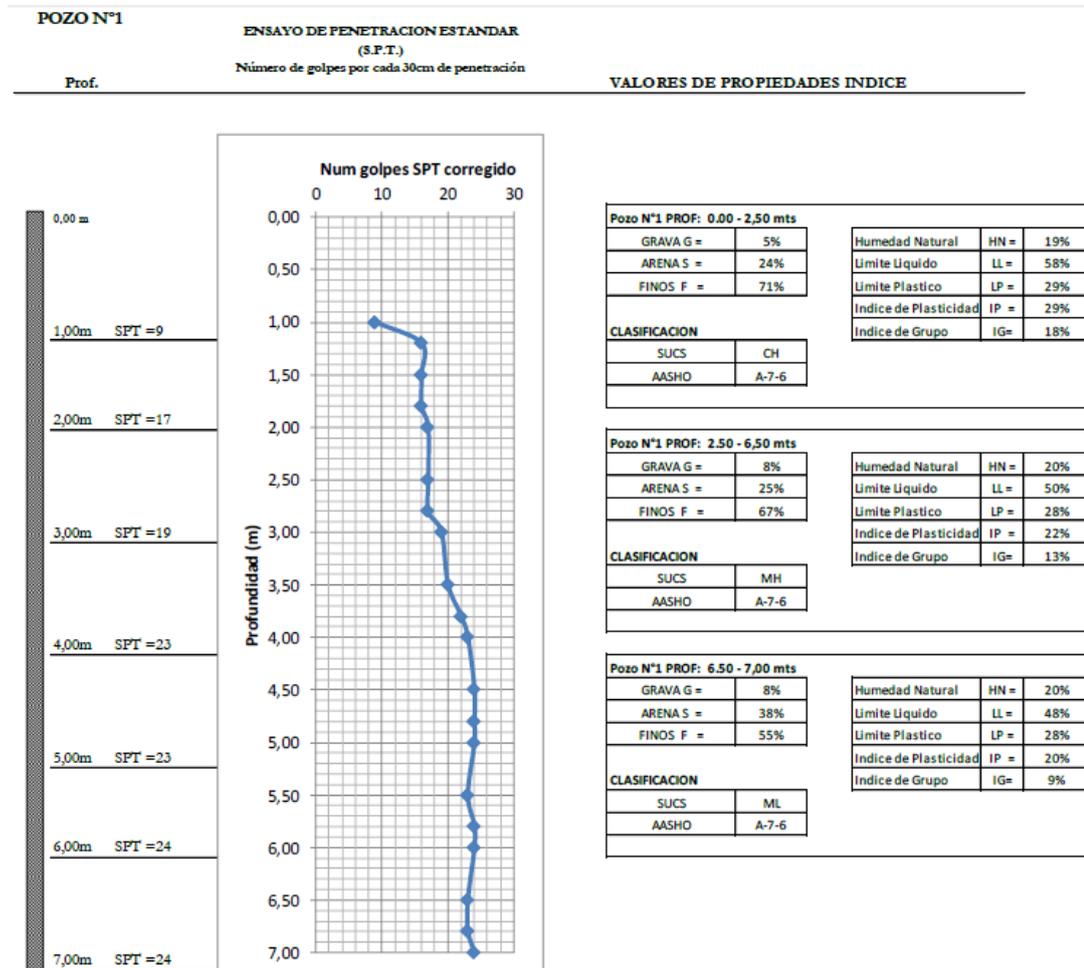


Figura 2.39 Perfil estratigráfico del suelo del Hospital “Moreno Vázquez” en Gualaceo – Azuay.

Fuente: (Pesántez, 2016).

### 2.3.2 Capacidad portante

La capacidad portante para una cimentación en arenas y suelos granulares se calcula con la ecuación desarrollada por Terzaghi y Peck (1948) (Rodríguez Ortiz, Serra Gesta, & Oteo Mazo, 1989):

$$q_{adm} = \frac{N \cdot s}{8} \quad B \leq 1.20m$$

$$q_{adm} = \frac{N \cdot s}{8} \cdot \left( \frac{B+0.3}{B} \right)^2 \quad B > 1.20m$$

En donde:

- N: número de golpes corregido
- s: máximo asiento permisible
- B: ancho del cimiento

Según el estudio de suelos realizado por (Pesántez, 2016), se considera un ancho de cimiento de B=1.00 mtrs.; y un máximo asiento posible de s= ½ pulg. (1.27cm). Desarrollado este resultado en un gráfico para que muestre la capacidad portante según la profundidad tenemos:

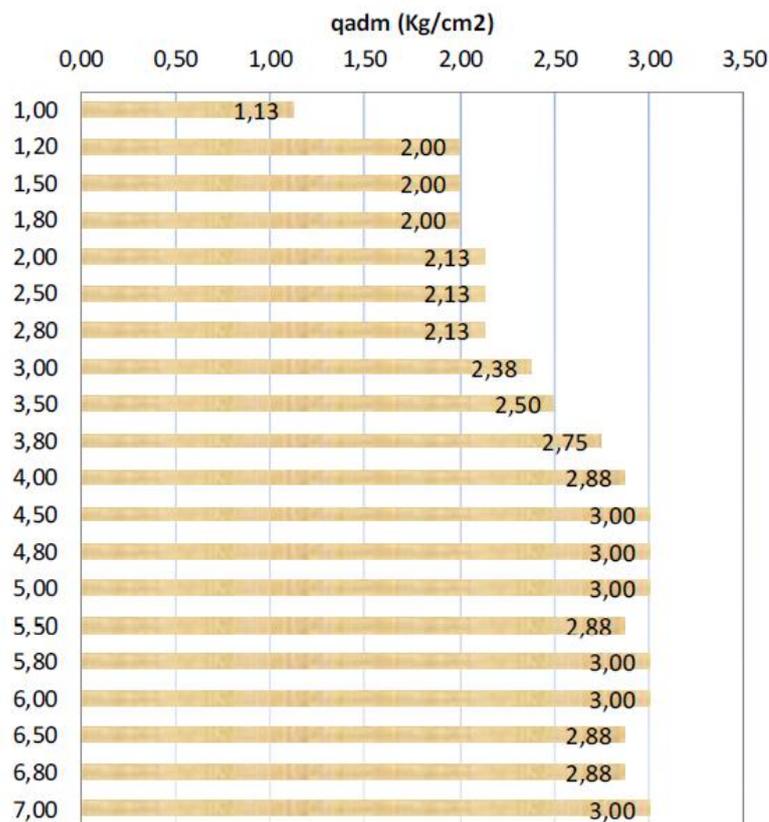


Figura 2.40 Capacidad portante, conforme se profundiza, del suelo del Hospital “Moreno Vázquez” en Gualaceo – Azuay.

Fuente: (Pesántez, 2016).

## 2.4 Conclusiones

Luego de haber evaluado el hospital, y aplicando el modelo matemático desarrollado por la Organización Panamericana de la Salud para la determinación del Índice de seguridad hospitalaria (Organización Panamericana de la Salud), obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla 2.7 Tabulación de las respuestas ponderadas de acuerdo a la categoría de los elementos.

Categoría	Alta probabilidad de no funcionar	Probablemente funcione	Alta probabilidad de funcionar	Total
<b>Estructural</b>	15,00	58,75	26,25	100
<b>No-estructural</b>	5,40	34,64	59,96	100
<b>Funcional</b>	2,70	0,00	97,30	100

A continuación se puede observar los gráficos desarrollados a partir del análisis de los diferentes grupos de elementos:

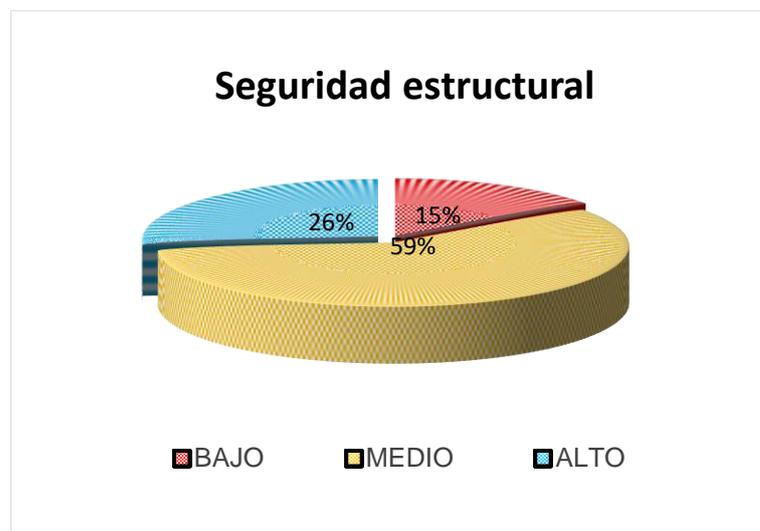


Figura 2.41 Resultados de calificación de la seguridad estructural.

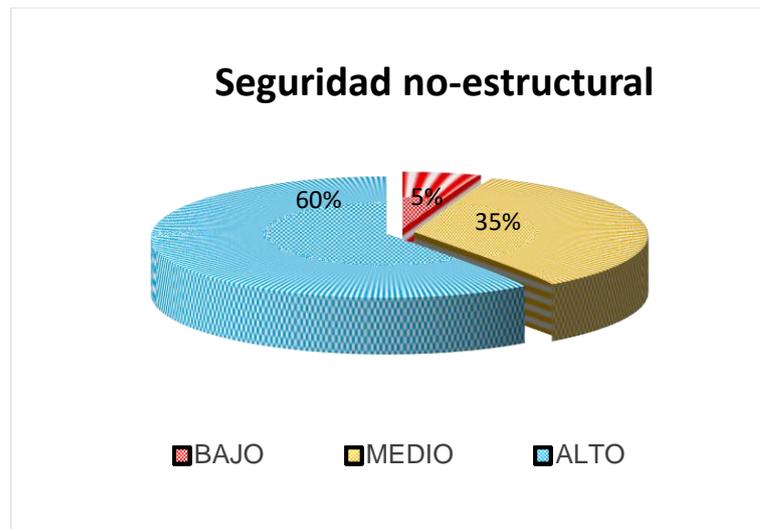


Figura 2.42 Resultados de calificación de la seguridad no-estructural.



Figura 2.43 Resultados de calificación de la seguridad funcional.

Según los cálculos elaborados a través del ingreso de datos en el modelo matemático (Organización Panamericana de la Salud), obtenemos un factor de seguridad final de 2,91. Mientras que el cálculo del índice de seguridad y el índice de vulnerabilidad aplicando las ecuaciones desarrolladas por (Organización Panamericana de la Salud) según el modelo matemático nos da como resultado:

Tabla 2.8 Resultado del índice de seguridad e índice de vulnerabilidad

<b>Índice seguridad</b>	<b>0,64</b>
<b>Índice de vulnerabilidad</b>	<b>0,36</b>

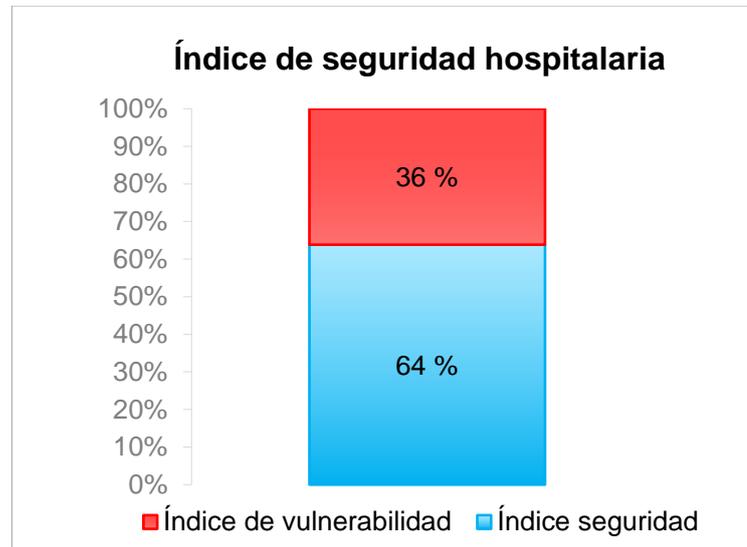


Figura 2.44 Índice de seguridad hospitalaria.

Tabla 2.9 Categorías del índice de seguridad.

<b>Índice de seguridad</b>	<b>Categoría</b>
<b>0 – 0.35</b>	<b>C</b>
<b>0.36 – 0.65</b>	<b>B</b>
<b>0.66 – 1</b>	<b>A</b>

Con los resultados obtenidos y la aplicación del modelo matemático del índice de seguridad hospitalaria, el “Hospital Moreno Vázquez” concluye con una categoría B, lo que significa que se requiere tomar medidas correctivas necesarias en el corto plazo, ya que los niveles actuales de seguridad del establecimiento pueden potencialmente poner en riesgo a los pacientes, el personal y su funcionamiento durante y después de un desastre.

## CAPÍTULO 3

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

#### 3.1 Cargas viva de uso

De acuerdo a la NEC-SE-CG (MIDUVI; CAMICON, 2014): “la carga viva, también llamada sobrecargas de uso, que se utilizara en el cálculo depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras.”

Tabla 3.1 Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas

Ocupación o uso	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> )
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0,70
Estanterías	7,20
Bodegas de almacenamiento (liviana)	6,00
Oficinas	2,40
Sala de quirófanos, laboratorios	2,90
Sala de pacientes	2,00
Habitaciones	2,00

Las cargas observadas en la Tabla 3.1, están determinadas a partir de la Tabla 9 de la NEC-SE-CS (MIDUVI; CAMICON, 2014), considerando que la Institución tiene un uso de Hospital, se considera una carga viva entre sala de quirófanos, laboratorios de 2,90 kN/m<sup>2</sup> y 2,00

#### 3.2 Carga muerta y permanente

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

En la Tabla 3.2 se detallan los pesos unitarios de los materiales de construcción que se encuentran presentes en el Hospital “Moreno Vásquez”.

Tabla 3.2 Pesos unitarios de materiales de construcción.

<b>Material</b>	<b>Peso unitario</b>
<b>Elementos principales</b>	<b>kN/m<sup>3</sup></b>
A. Piedras artificiales	
Hormigón armado	24,00
Ladrillo artesanal	16,00
Bloque hueco de hormigón alivianado	8,50
B. Morteros	
Cemento compuesto y arena 1:3 a 1:5	20,00
C. Metales	
Acero	78,50
Aluminio	27,00
D. Materiales diversos	
Plástico en planchas	21,00
Vidrio plano	26,00
<b>Elementos secundarios</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
E. Contrapisos y recubrimientos	
Baldosa de cerámica, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	0,20
Contrapiso de hormigón simple, por cada cm, de espesor	0,22
F. Cielorrasos y cubiertas	
De mortero de cemento compuesto de cal y arena	0,55
Plancha ondulada de fibrocemento: de 8 mm de espesor	0,20
Chapa ondulada de acero galvanizado: 0.5 mm de espesor	0,07
<b>TOTAL</b>	<b>222,24</b>

### 3.3 Cargas sísmicas

#### 3.3.1 Zonificación sísmica y curva de peligros

Las construcciones en nuestro país se rigen a la NEC-14 (MIDUVI; CAMICON, 2014), que establece una zonificación del peligro sísmico y efectos sísmicos locales para determinar las consideraciones necesarias al momento tanto de la construcción como de la evaluación de la misma.

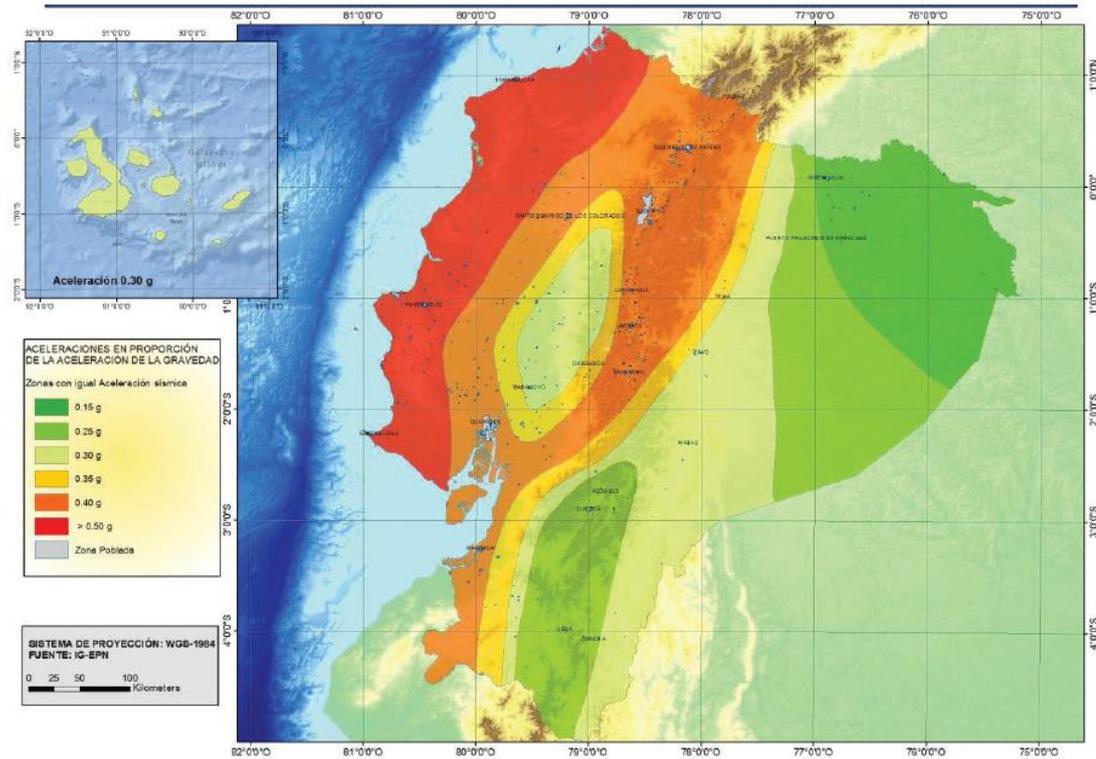


Figura 3.1 Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.

Fuente: NEC-SE-DS (MIDUVI; CAMICON, 2014).

Considerando que la aceleración máxima en roca (Z) es de 0.25 para Gualaceo, según lo observado en la Figura 3.1; y teniendo la Tabla 3.3 se puede determinar que el Hospital se encuentra en una zona sísmica II, es decir, con una alta caracterización de peligro sísmico.

Tabla 3.3 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Las curvas de peligro sísmico en la NEC-SE-DS (MIDUVI; CAMICON, 2014) están desarrolladas únicamente para las capitales de cada una de las provincias. Es así que en la Figura 3.2 se presenta la curva de peligro sísmico para Cuenca, que al considerar que tiene un mismo Z y una cercanía geográfica se puede establecer una similitud en sus resultados.

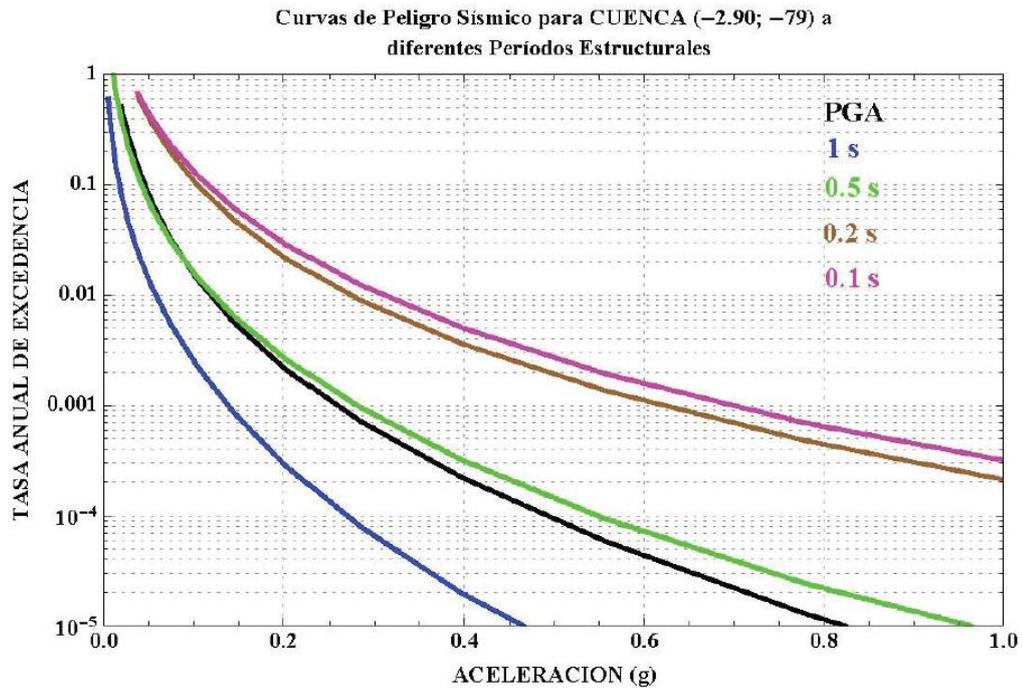


Figura 3.2 Curvas de peligro sísmico, Cuenca.

Fuente: NEC-SE-DS (MIDUVI; CAMICON, 2014).

### 3.3.2 Perfil de suelo

Basándonos en la Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo dentro de la NEC-SE-DS (MIDUVI; CAMICON, 2014), se puede determinar que el Hospital tiene un “perfil tipo C, con una descripción de perfil de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios”, debido a que cumple con las características de un cortante basal ( $V_s$ ) entre 760 m/s y 360 m/s, con un  $N \geq 50.0$  y un  $S_u \geq 100$  Kpa.

#### 3.3.2.1 Coeficientes de perfil de suelo $F_a$ , $F_d$ y $F_s$

Sabiendo que el Hospital tiene un perfil de subsuelo de C, ubicado en una zona sísmica de nivel II, con un factor  $Z$  de 0.25, se pueden determinar los datos para los coeficientes  $F_a$ ,  $F_d$  y  $F_s$  descritos a continuación:

- $F_a$ : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto. “Este coeficiente amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio.” (MIDUVI; CAMICON, 2014) Este coeficiente se determina de acuerdo los

valores determinados en la Tabla 3 de la NEC-SE-DS que dependen del tipo de perfil del subsuelo, la zona sísmica y factor  $Z$ ; teniendo como resultado el valor de  $F_a = 1.3$

- $F_d$ : Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca. “Este coeficiente amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta elástico de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.” (MIDUVI; CAMICON, 2014) Este coeficiente se determina de acuerdo los valores determinados en la Tabla 4 de la NEC-SE-DS que dependen del tipo de perfil del subsuelo, la zona sísmica y factor  $Z$ ; teniendo como resultado el valor de  $F_d = 1.28$

- $F_s$ : Comportamiento no lineal de los suelos. “Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.” (MIDUVI; CAMICON, 2014) Este coeficiente se determina de acuerdo los valores determinados en la Tabla 5 de la NEC-SE-DS que dependen del tipo de perfil del subsuelo, la zona sísmica y factor  $Z$ ; teniendo como resultado el valor de  $F_s = 0.94$

### 3.3.3 Espectros elásticos de diseño

A continuación se presenta el gráfico para el cálculo del espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones desarrollado por la NEC-SE-DS (MIDUVI; CAMICON, 2014):

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones  $S_a$ , expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel del sismo de diseño, se proporciona en la Figura 3.3, consistente con:

- El factor de zona sísmica  $Z$ ,
- El tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura,
- La consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo  $F_a$ ,  $F_d$  y  $F_s$

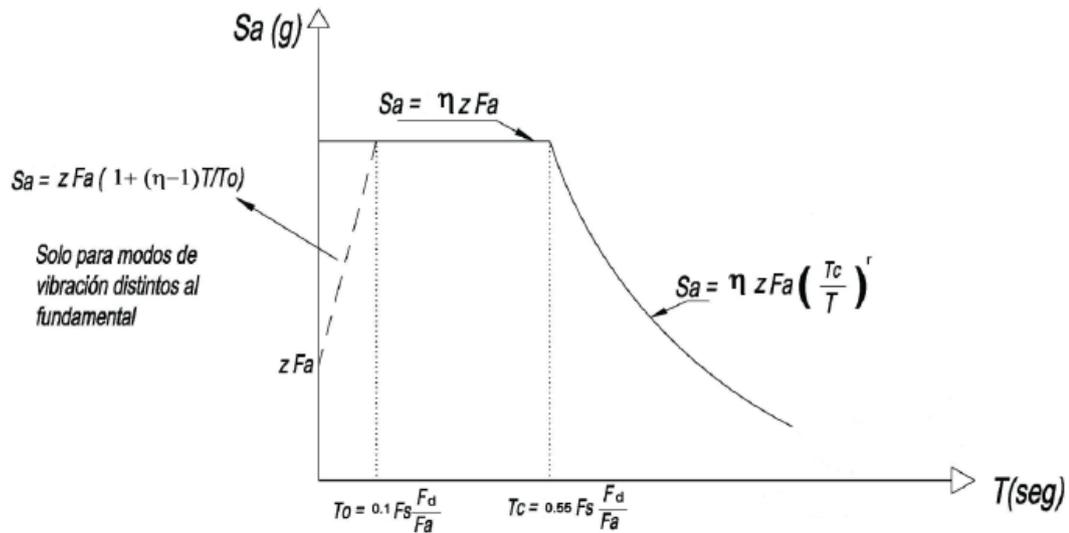


Figura 3.3 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.

Fuente: NEC-SE-DS (MIDUVI; CAMICON, 2014).

Donde:

$\eta$ : razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T=0.1$  s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.

$F_a$ : coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

$F_d$ : coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

$F_s$ : coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

$S_a$ : espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura.

T: período fundamental de vibración de la estructura.

$T_0$ : período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$T_c$ : período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Z: aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g.

En este proyecto para el cálculo del espectro sísmico de Gualaceo, según los factores obtenidos a partir de la NEC-SE-DS (MIDUVI; CAMICON, 2014) con su descripción y ubicación respectiva en la norma, tenemos:

Tabla 3.4 Datos para el cálculo del espectro sísmico de Gualaceo.

Factor	Valor	Descripción	NEC-SE-DS	
			Tabla / Fórmula	Pág.
	II	Zona sísmica.	Tabla 1	27
	C	Tipo de perfil de suelo.	Tabla 2	30
$F_a$	1,3	Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.	Tabla 3	31
$F_d$	1,28	Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.	Tabla 4	31
$F_s$	0,94	Comportamiento no lineal de los suelos.	Tabla 5	32
$\eta$	2,48	Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.	s/n	34
$r$	1	Factor usado en el espectro de diseño elástico.	s/n	34
$S_a$	0,81	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones.	$S_a = \eta Z F_a$ para $0 \leq T \leq T_c$	34
$T$	0,1 s	Periodo fundamental de vibración de la estructura	s/n	34
$T_c$	1,00	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.	$T_c = 0,55 F_s \frac{F_d}{F_a}$	34
$Z$	0,25	Factor de zona de Gualaceo.	Tabla 19	90

### 3.3.4 Componente vertical del sismo de diseño

De acuerdo a la NEC-SE-DE (MIDUVI; CAMICON, 2014): “se deberá incorporar la componente vertical del sismo para elementos que exceden los límites de las plantas de los pisos.”

Por lo que considerando que el Hospital “Moreno Vázquez” no tiene más de una planta de construcción, no es necesario el cálculo ni consideración de esta componente.

### 3.3.5 Combinación de las componentes horizontales de las fuerzas sísmicas

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas, la NEC-SE-DS (MIDUVI; CAMICON, 2014) establece que:

Las estructuras deben diseñarse para resistir fuerzas sísmicas provenientes de cualquier dirección horizontal. Debe asumirse que las fuerzas sísmicas de diseño actúan de manera no concurrente en la dirección de cada eje principal de la estructura.

Como alternativa, se podrán calcular los efectos ortogonales del siguiente modo:

$$E_h = \mp \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

Donde:

E: efectos del sismo

$E_h$ : componente horizontal de la fuerza sísmica

$E_x$ : componente horizontal de la fuerza sísmica según el axis x

$E_y$ : componente horizontal de la fuerza sísmica de dirección perpendicular a  $E_x$

### 3.3.6 Categoría de edificio y coeficiente de importancia I

“El propósito del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.” (MIDUVI; CAMICON, 2014)

Al saber que la edificación analizada cae en la categoría de edificación esencial por estar dentro del grupo de: hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria, entre otras; podemos determinar que el coeficiente de importancia  $I = 1.5$  a partir de la Tabla 6 de la NEC-SE-DS (MIDUVI; CAMICON, 2014).

### 3.4 Combinaciones de cargas

La NEC-SE-CG (MIDUVI; CAMICON, 2014) establece que “las estructuras, componentes y cimentaciones, deberán ser diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas, de acuerdo a las siguientes combinaciones”:

- 1)  $1.4 D$
- 2)  $1.2 D + 1.6 L + 0.5 \max[L_r ; S ; R]$
- 3)  $1.2 D + 1.6 \max[L_r ; S ; R] + \max[L ; 0.5w]$
- 4)  $1.2 D + 1.0 W + 0.5 \max[L_r ; S ; R]$
- 5)  $1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S$
- 6)  $0.9 D + 1.0 W$
- 7)  $0.9 D + 1.0 E$

Donde:

- D: carga permanente
- E: carga de sismo
- L: sobrecarga (carga viva)
- $L_r$ : sobrecarga cubierta (carga viva)
- R: factor de reducción de carga
- S: carga de granizo
- W: carga de viento

## CAPÍTULO 4

### MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA

La idealización del modelo de la estructura hospitalaria se inició con el levantamiento de cada una de las áreas del Hospital con flexómetro y cinta métrica durante varias semanas para poder obtener todos los detalles necesarios para la correcta evaluación del ISH.

Después de estas actividades se complementaron estos datos con los ensayos no destructivos realizados que son:

- Dron con cámara de alta definición
- Scanner estructural
- Esclerómetro

A partir de los datos obtenidos con estos ensayos se inició el desarrollo de la maqueta virtual en 3D a través del software especializado: Archicad (© 2016 Graphisoft SE., 2016), que soporta un método de trabajo BIM, y nos permite tener una perspectiva más amplia y un manejo más cómodo del modelo para, a su vez, ingresar en el software especializado de CYPE (CYPE Ingenieros, S.A., 2016) con el módulo de CYPECAD,

#### **4.1 Dron con cámara de alta definición**

Consiste en realizar un vuelo con un dron, Phantom 3 Professional marca DJI (dji, 2016), con cámara de alta definición, sobre la edificación hospitalaria, para que realice una cantidad necesaria de capturas y poder procesar las mismas en el programa Photoscan y realizar una ortofoto que nos permita observar la realidad de la Institución como se observa en la Figura 2.4.

#### **4.2 Scanner estructural**

Para este proyecto se usó el scanner estructural D-Tect 150 de marca Bosch, (Robert Bosch GmbH, 2016) que ayuda a conocer los armados de las vigas y columnas en construcciones finalizadas sin necesidad de lastimar la estructura. Es así que se pueden observar los resultados de sus armados en la Tabla 4.5.

### 4.3 Esclerómetro

Esta herramienta sirve para calcular la resistencia frente a la compresión del hormigón en columnas y vigas sin necesidad de realizar una invasión mayor en la estructura. Sus resultados no son completamente fieles a la realidad, pero su aproximación es lo suficientemente confiable como para poder ser utilizados sin dudas en esta evaluación.

El tipo de esclerómetro usado en este proyecto es el N Original Schmidt marca Proceq (Proceq, 2016), el cual a partir del valor obtenido mediante el ensayo, establecemos el resultado de fatiga de los elementos, que se determinan como un promedio de todos los ensayos realizados, descartando los valores extremos tanto máximo como mínimo.

#### 4.3.1 Definición de bloques y distribución de elementos presentes

A partir de los estudios realizados con anterioridad se pudo conocer la tipología y distribución de los diferentes elementos constructivos y los bloques a los que pertenecen:

Tabla 4.1 Ubicación de elementos estructurales en el Hospital “Moreno Vázquez”.

Bloques		Tipo												
		V1	V2	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B1	Administración		x				x		x	x				
B2	Consultorios antiguos		x	x							x	x		
B3	Consultorios nuevos		x	x					x	x				
B4	Cuarto de máquinas					x							x	x
B5	Emergencia y laboratorio	x			x			x			x	x		
B6	Hospitalización	x			x			x			x	x		
B7	Lavandería 1	x			x				x	x				
B8	Lavandería 2		x				x		x	x				
B9	Quirófano	x			x			x			x	x		

#### 4.3.2 Capacidad resistente de los elementos de hormigón armado

Este resultado se halla a partir de la toma de datos, con el esclerómetro, de 12 golpes en una misma área del elemento analizado, sin repetir los golpes en el mismo punto. A partir de estos datos, se descartan los valores extremos tanto superior como inferior. Se observa en la tabla proporcionada por la herramienta, que puede variar según el tipo

y marca, para poder tener un resultado de las resistencias de cada uno de los puntos analizados, para que a partir de estos resultados sacar un promedio de cada grupo de pruebas. Y a su vez sacar un promedio de los 3 ensayos realizados en el mismo tipo de elemento para obtener un valor aproximado de la resistencia real del elemento.

A continuación se observan las resistencias obtenidas de cada elemento:

Tabla 4.2 Resultados del esclerómetro de la viga tipo V1 de 30x35 cm.

Viga tipo V1 de 30x35 cm						
# Muestra	V1	Fatiga (kg/cm <sup>2</sup> )	V2	Fatiga (kg/cm <sup>2</sup> )	V1	Fatiga (kg/cm <sup>2</sup> )
1	38	367	28	206	40	-
2	36	335	28	206	32	-
3	34	300	33	-	38	367
4	32	-	28	206	40	-
5	34	300	28	206	38	367
6	40	404	26	180	38	367
7	38	367	26	180	35	320
8	34	300	31	254	39	386
9	40	404	29	224	36	335
10	41	420	27	193	37	350
11	41	420	25	-	33	286
12	43	-	25	-	37	350
Promedio:	362		206		348	
PROMEDIO TOTAL: 305 kg/cm <sup>2</sup>						

Tabla 4.3 Resultados del esclerómetro de la columna tipo C1 de 20x20 cm.

Columna tipo C1 de 20x20 cm						
# Muestra	C1	Fatiga (kg/cm <sup>2</sup> )	C2	Fatiga (kg/cm <sup>2</sup> )	C3	Fatiga (kg/cm <sup>2</sup> )
1	29	224	22	122	17	102
2	33	286	28	-	19	102
3	33	286	22	122	20	-
4	22	122	24	153	20	-
5	25	163	24	153	17	102
6	36	-	18	102	18	102
7	32	265	22	122	18	102
9	22	122	25	163	18	102
10	22	122	26	180	16	-
11	21	110	16	-	16	-
12	29	224	21	110	17	102
Promedio:	192		136		102	
PROMEDIO TOTAL: 144 kg/cm <sup>2</sup>						

Tabla 4.4 Resultados del esclerómetro de la columna tipo C2 de 35x35 cm.

Columna tipo C2 de 35x35 cm						
# Muestra	C1	Fatiga (kg/cm <sup>2</sup> )	C2	Fatiga (kg/cm <sup>2</sup> )	C3	Fatiga (kg/cm <sup>2</sup> )
1	28	206	29	224	44	474
2	27	193	28	206	42	440
3	27	193	26	-	28	206
4	29	224	28	206	28	206
5	28	206	30	240	30	240
6	33	-	30	240	28	206
7	28	206	33	286	40	404
8	29	224	34	-	42	440
9	22	-	34	-	45	-
10	26	180	34	-	43	456
11	32	266	28	206	26	-
12	26	180	34	-	32	266
Promedio:	208		230		334	
PROMEDIO TOTAL: 257 kg/cm <sup>2</sup>						

Tabla 4.5 Resultados del esclerómetro de la columna tipo C3 de 40x40 cm.

Columna tipo C3 de 40x40 cm		
# Muestra	V2	Fatiga (kg/cm <sup>2</sup> )
1	42	440
2	38	367
3	41	420
4	40	404
5	32	-
6	36	335
7	34	300
8	38	367
9	38	367
10	44	-
11	39	386
12	38	367
PROMEDIO TOTAL: 375 kg/cm <sup>2</sup>		

Tabla 4.6 Síntesis de resultados de fatigas de los elementos.

Tipo	Fatiga (kg/cm <sup>2</sup> )
V1	305
C1	144
C2	257
C3	375,3

### 4.3.3 Detalle de elementos

A partir de estos resultados se presenta, a continuación, la Tabla 4.5, en donde se detalla el tipo de elemento, el material con el que está construido, la geometría, la fatiga expresada en kN/cm<sup>2</sup>, el armado y la representación gráfica de cada uno de los elementos presentes en la edificación hospitalaria.

Tabla 4.7 Detalles de vigas y columnas del Hospital “Moreno Vázquez”.

Vigas			
Tipo	Material	Geometría	Gráfico
V1	HA	30x35 cm - *8Ø20 mm	
V2	Acero	2CG 150x50x15x3 mm	
Columnas			
Tipo	Mat.	Geometría	Gráfico
C1	HA	20x20 cm - *4Ø14 mm	
C2	HA	35x35 cm - *4Ø16 mm	
C3	HA	40x40 cm - *4Ø18 mm	
C4	Acero	2CG 200x75x25x4 mm	

\*Armado transversal del elemento.

Tabla 4.8 Detalles de elementos de cubierta del Hospital “Moreno Vázquez”.

Elementos de cubierta			
Tipo	Material	Geometría	Gráfico
T1 - Correa	Acero	CG 100x50x15x3 mm	
T2 - Correa	Acero	CG 150x50x15x3 mm	
T3 - Principal	Acero	2CG 150x50x15x3 mm	
T4 - Principal	Acero	IPE 160 mm	
T5 - Ángulo	Acero	L 45x45x4 mm	
T6 - Vigueta	Madera	150x130 mm	
T7 - Viga	Madera	200x140 mm	

#### 4.4 Arquicad (Graphisoft)

Con la obtención de los datos necesarios para poder realizar la modelación real de la Institución, tenemos como resultado la maqueta virtual en 3D como se puede observar en la Figura 4.1.

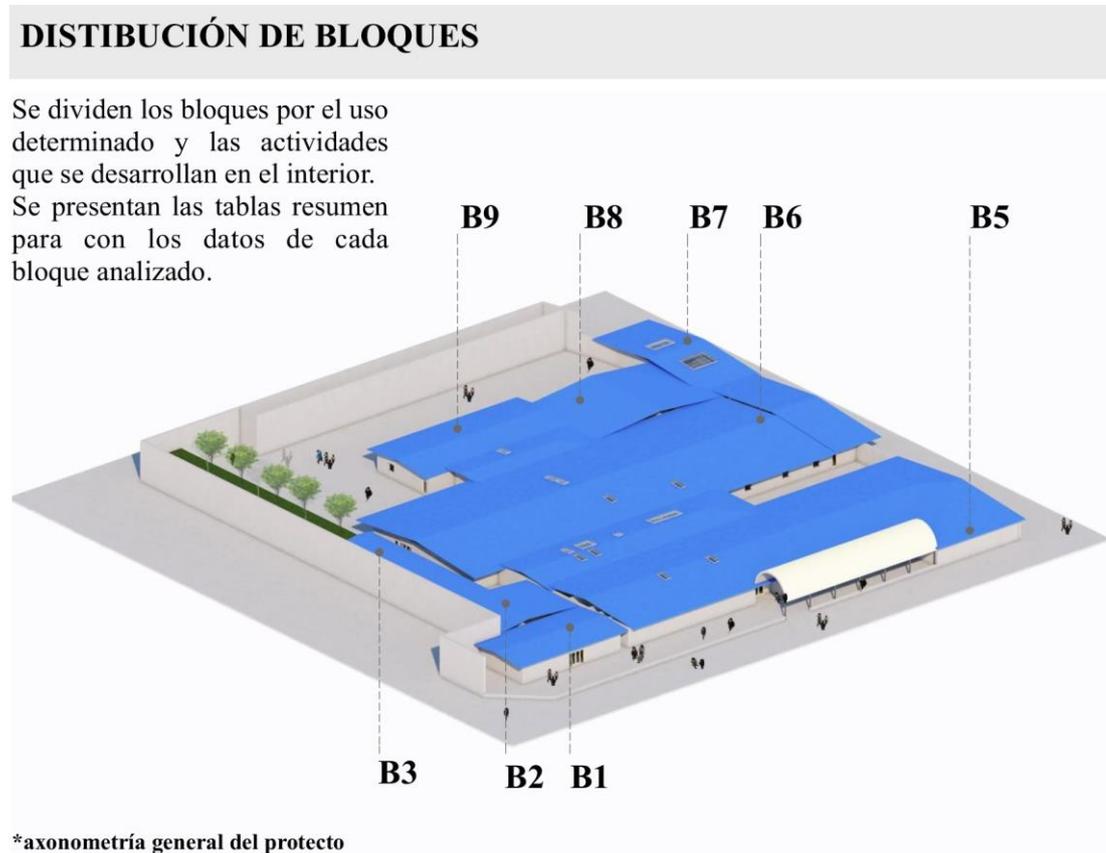


Figura 4.1 Render de la maqueta virtual del Hospital “Moreno Vázquez” rediseñada en Arquicad.

#### 4.5 Generación y modelación dinámica estructural del hospital en software especializado

Para la generación y modelación dinámica estructural del hospital se utilizó el software especializado de CYPE (CYPE Ingenieros, S.A., 2016) con el módulo de CYPECAD, el cual es específico para cálculo y diseño de estructuras tanto de hormigón como de acero, considerando la normativa necesaria que debe considerarse y sus características.

##### 4.5.1 Cálculo y consideraciones generales

En el programa CYPECAD “el usuario puede definir sus propias situaciones de proyecto para particularizar las combinaciones que se van a emplear en los cálculos

correspondientes a los elementos estructurales de la obra. Está adaptado para normativas nacionales e internacionales.” (CYPE Ingenieros, S.A., 2016) Conociendo esto, las normas usadas en el cálculo y comprobación estructural son acordes a la ACI-318 14 (ACI, 2016) y la NEC-14 (MIDUVI; CAMICON, 2014).

Para la determinación de estos resultados se usaron los datos detallados a continuación acorde a lo definido por el programa CYPECAD (CYPE Ingenieros, S.A., 2016):

**Norma utilizada:** NEC-SE-DS 2014

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN

Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

**Método de cálculo:** Análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e)

### **Caracterización del emplazamiento**

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): II

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): C

### **Sistema estructural**

**R<sub>x</sub>**: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) = 8

**R<sub>y</sub>**: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) = 8

**Φ<sub>P</sub>**: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) = 0,90

**Φ<sub>E</sub>**: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) = 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 = 3,20

**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

Factor multiplicador del espectro = 1

**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

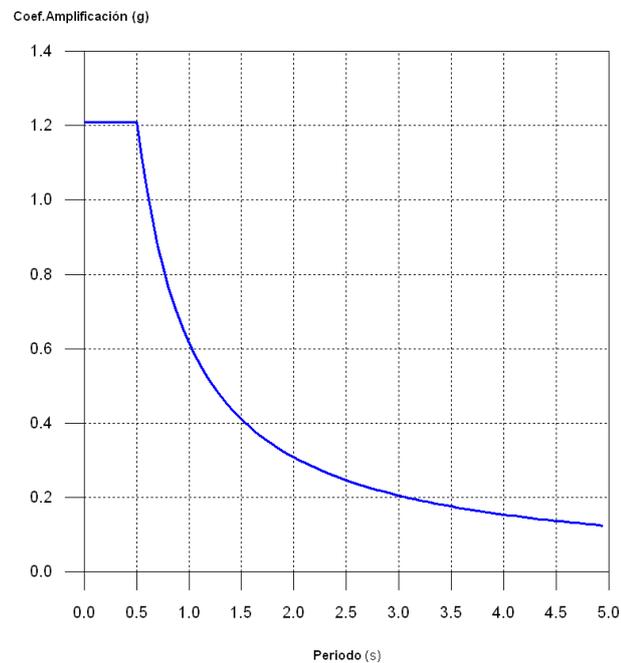
Columnas: 0.8

Tabiques: 0.6

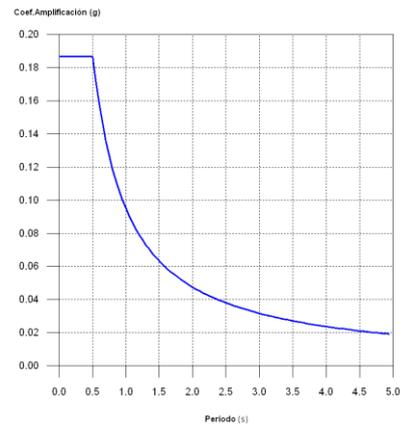
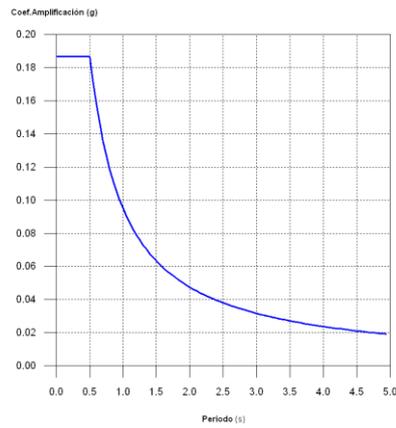
Muros: 0.6

Muros de mampostería: 0.5

**Espectro elástico de aceleraciones**



Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y

#### 4.5.2 Respuesta estructural

Según los análisis realizados en el programa se obtiene el resultado de los diferentes elementos estructurales según su ubicación y sus fallas, considerando los elementos y las situaciones más desfavorables acorde a la realidad. Con este conocimiento, se presenta la Tabla 4.8 en donde se detalla los bloques con los elementos que forman parte de cada uno de ellos y las razones por las cuales no cumplen cada uno de ellos.

Tabla 4.9 Resultados del análisis estructural realizado en CYPECAD.

Tipo	Cumple	No Cumple	Observaciones
V1		x	Cortante de diseño para vigas. Resistencia a cortante de elementos a flexión.
V2	x		
C1		x	Geometría. Resistencia del hormigón.
C2		x	Armadura mín. y máx. Armadura longitudinal. Armadura transversal en ambos ejes. Cuantía máx. de refuerzo longitudinal. Confinamiento. Resistencia mín. a flexión de columnas. Diseño del refuerzo principal en columnas.
C3		x	Armadura mínima y máxima. Armadura longitudinal. Geometría. Armadura transversal en ambos ejes. Cuantía máx. de refuerzo longitudinal. Confinamiento.
C4	x		
T1	x		
T2	x		
T3	x		
T4	x		
T5	x		
T6	x		
T7	x		

#### 4.5.3 Análisis de resultados

Los elementos y características importantes a considerar dentro del análisis estructural que cumplen según la normativa considerada son:

- Elementos tipo V2, C4, T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7.
- Deriva o desplomes totales de los pilares ( $\Delta/H$ ).

### 4.5.3.1 Elemento tipo C1

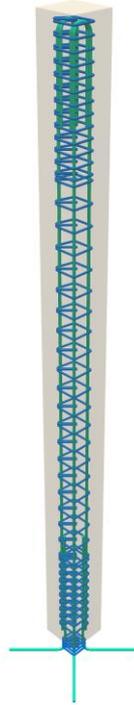


Figura 4.2 Detalle de elemento estructural tipo C1.

La columna de hormigón armado con una geometría cuadrada de 20x20cm con un recubrimiento regular de 4cm, con un armado de 4 varillas de 14mm, un armado transversal de varillas de 10mm cada 7cm, con una fatiga de 144 kg/cm<sup>2</sup>. Se encuentra presente en los bloques B2 y B3 que corresponden a los consultorios antiguos y nuevos respectivamente.

Las fallas presentes calculadas mediante CYPECAD (CYPE Ingenieros, S.A., 2016) son las siguientes:

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

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):

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

$$200 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

La resistencia a flexión de las columnas debe satisfacer la ecuación (Artículo 21.6.2.2).

Para este caso, resulta más desfavorable el esfuerzo axial mínimo:  $N_d=0,31$  t.

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

$$1,22 \text{ t}\cdot\text{m} \geq 4,18 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

Tabla 4.10 Resistencia mínima a flexión de columnas (ACI 318M-11).

Dirección y sentido de la acción sísmica	Sismo X		Sismo Y	
	S+	S-	S+	S-
$\Sigma M_{nc}$ (t·m)	1,22	1,22	1,22	1,22
$\Sigma M_{nb}$ (t·m)	3,48	3,48	1,74	1,74
	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

### 4.5.3.2 Elemento tipo C2

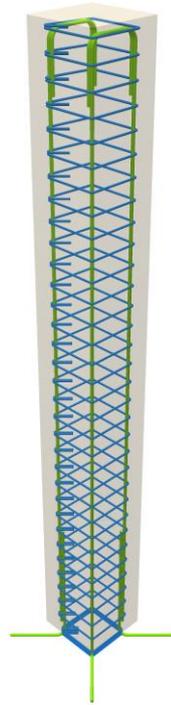


Figura 4.3 Detalle de elemento estructural tipo C2.

La columna de hormigón armado con una geometría cuadrada de 35x35cm con un recubrimiento regular de 7cm, con un armado de 4 varillas de 16mm y un armado transversal de varillas de 10mm cada 10cm, se encuentra presente en los bloques B5, B6, B7 y B9 que corresponden a emergencia y laboratorio, hospitalización, lavandería 1 y quirófano respectivamente.

Las fallas presentes calculadas mediante CYPECAD (CYPE Ingenieros, S.A., 2016) son las siguientes:

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

El área de refuerzo longitudinal,  $A_{st}$ , para elementos no compuestos a compresión no debe ser menor que  $0,01 A_g$  ni mayor que  $0,08 A_g$  (Artículo 10.9.1):

$$A_{st} \geq 0,01 \cdot A_g \qquad 8,04 \text{ cm}^2 \geq 12,25 \text{ cm}^2$$

Dónde:  $A_g$ : Área total de la sección de hormigón. =  $1225 \text{ cm}^2$

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

Armadura longitudinal: 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):

$$A_{st} \geq 0,01 \cdot A_g \qquad 8,04 \text{ cm}^2 \geq 12,25 \text{ cm}^2$$

Armadura transversal: 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):

$$\text{En el eje x: } A_{sh} \geq A_{sh,min} \qquad 1,57 \text{ cm}^2 \geq 3,92 \text{ cm}^2$$

$$\text{En el eje y: } A_{sh} \geq A_{sh,min} \qquad 1,57 \text{ cm}^2 \geq 3,92 \text{ cm}^2$$

La separación del refuerzo transversal a lo largo de lo del elemento no debe exceder  $S_{o,max}$  (Artículo 21.6.4.3):

$$S_o \geq S_{o,max} \qquad 100 \text{ mm} \leq 88 \text{ mm}$$

**Criterios de diseño por sismo (NEC-14)**

Cuantía máxima de refuerzo longitudinal (4.3.3): La razón  $\rho_g$  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.

$$0,01000 \leq \rho_g = 0,00656 \leq 0,03000 \qquad A_g: 122500 \text{ mm}^2; \rho_g = 0,00656$$

Confinamiento (4.3.4): El confinamiento especial en la región definida en el inciso 4.3.4.1 debe tener las siguientes características: (b) El área de refuerzo en forma de estribos rectangulares no puede ser menor que ninguna de las siguientes:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \cdot \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}}$$

Tabla 4.11 Resultado de cálculos de criterios de diseño por sismo (NEC-14).

	b (mm)	A <sub>sh</sub> (mm <sup>2</sup> )	(4-11) (mm <sup>2</sup> )	(4-12) (mm <sup>2</sup> )	max((4-11),(4.12)) (mm <sup>2</sup> )
x	260	157	400	148	400
y	260	157	400	148	400

Dónde:

A<sub>g</sub>, A<sub>ch</sub> = área bruta y área de la conexión interior confinada, respectivamente, mm<sup>2</sup>.

$$A_g = 122500 \text{ mm}, A_{ch} = 67600 \text{ mm}$$

A<sub>sh</sub> = área total de las varillas que forman los estribos y amarres suplementarios con separación s y perpendicular a la dimensión bc, mm<sup>2</sup>.

f<sub>yt</sub> = esfuerzo de fluencia del acero transversal, = 412 MPa.

f'c = 26 MPa

s = separación, centro a centro, entre estribos, = 100 mm.

b<sub>c</sub> = distancia máxima, medida centro a centro, entre esquinas del estribo, en mm.

Confinamiento (4.3.4): La separación s máxima del refuerzo en espiral o entre estribos, no debe exceder de seis veces le diámetro menor del refuerzo longitudinal, ni tampoco 100 mm.

$$s: 100 \text{ mm} < \min(96, 100) \text{ mm} = 96 \text{ mm}$$

Diámetro menor del refuerzo longitudinal: 16 mm

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

Las resistencias a flexión de las columnas deben satisfacer la ecuación (Artículo 21.6.2.2): Para este caso, resulta más desfavorable el esfuerzo axial mínimo:  $N_d = 2,13$  t.

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \cdot \sum M_{nb} \qquad 4,61 \text{ t}\cdot\text{m} \geq 9,17 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Dónde:

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

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

Tabla 4.12 Resistencia mínima a flexión de columnas (ACI 318M-11).

Dirección y sentido de la acción sísmica	Sismo X		Sismo Y	
	S+	S-	S+	S-
$\sum M_{nc}$ (t·m)	4,61	4,61	4,61	4,61
$\sum M_{nb}$ (t·m)	7,64	7,64	3,82	3,82
	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple

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

Las secciones en los extremos de las columnas serán diseñadas para la combinación más desfavorable de momentos (en ambas direcciones horizontales) y carga axial. Los momentos últimos para el diseño no deberán ser menores a los calculados con la siguiente ecuación:

$$S_{CP} = \phi^0 \cdot \omega \cdot S_E$$

Dónde:  $S_E$  es la demanda obtenida en el análisis,  $\phi^0$  es el factor de sobre-resistencia de las rótulas plásticas en las vigas que llegan al nudo junto a la sección que se diseña y  $\omega_f$  es un factor de amplificación dinámica.

$$51,35 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 55,20 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El valor del factor de sobre-resistencia  $\phi^0$ , calculado con la ecuación, es el cociente entre la capacidad en sobre-resistencia de las rótulas plásticas en las vigas que llegan al nudo junto a la sección que se diseña y la capacidad requerida por el análisis.

$$\phi^0 = \frac{M_0^- + M_0^+}{M_{req}^- + M_{req}^+}$$

El factor de amplificación dinámica  $w_f$  para flexión depende de la demanda de ductilidad  $m$  en la estructura y debe aplicarse desde el nivel 1 hasta un nivel a 3/4 de la altura de la estructura, como se muestra en la figura 4.6. El valor máximo se calcula con la ecuación 4.8.

$$w_f = 1,15 + 0,13 \left( \frac{\mu}{1,8} - 1 \right) > 1,15$$

Tabla 4.13 Diseño del refuerzo principal en columnas, 4.3.2 (NEC-14).

	$f^0$	$m$	$w_f$	$M_E$ (kN·m)	$M_{CP}$ (kN·m)	$f_S \cdot M_N$ (kN·m)	
SX+	18,97	4	1	2,91	55,2	51,35	No cumple
SX-	18,97	4	1	2,91	55,2	51,35	No cumple
SY+	26,21	4	1	0,96	25,16	51,35	Cumple
SY-	26,21	4	1	0,96	25,16	51,35	Cumple

### 4.5.3.3 Elemento tipo C3

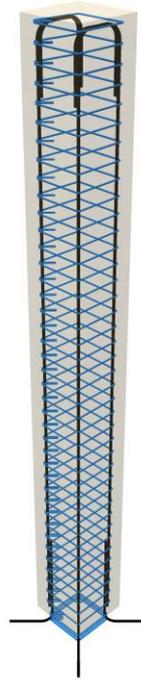


Figura 4.4 Detalle de elemento estructural tipo C3.

La columna de hormigón armado con una geometría cuadrada de 40x40cm con un recubrimiento regular de 7cm, con un armado de 4 varillas de 18mm y un armado transversal de varillas de 12mm cada 10cm, se encuentra presente en el bloque 4 que corresponde al cuarto de máquinas.

Las fallas presentes calculadas mediante CYPECAD (CYPE Ingenieros, S.A., 2016) son las siguientes:

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

Armadura longitudinal: 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):

$$A_{st} \geq 0,01 \cdot A_g$$

$$10,18 \text{ cm}^2 \geq 16,00 \text{ cm}^2$$

Cuantía máxima de refuerzo longitudinal (4.3.3): La razón  $\rho_g$  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.

$$0,01000 \leq \rho_g = 0,00636 \leq 0,03000$$

$$A_g = 160000 \text{ mm}^2$$

$$\rho_g = 0,00636$$

Confinamiento (4.3.4): El confinamiento especial en la región definida en el inciso 4.3.4.1 debe tener las siguientes características:

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

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \cdot \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (4 - 11)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \quad (4 - 12)$$

Tabla 4.14 Resultado de cálculos de criterios de diseño por sismo (ACI 318M-11, Artículo 21)

	b (mm)	A <sub>sh</sub> (mm <sup>2</sup> )	(4-11) (mm <sup>2</sup> )	(4-12) (mm <sup>2</sup> )	max((4-11),(4.12)) (mm <sup>2</sup> )
x	310	157	510	230	510
y	310	157	510	230	510

Donde:

$A_g$ ,  $A_{ch}$  = área bruta y área de la conexión interior confinada, respectivamente, mm<sup>2</sup>.

$$A_g = 160000 \text{ mm}, A_{ch} = 96100 \text{ mm}$$

$A_{sh}$  = área total de las varillas que forman los estribos y amarres suplementarios con separación  $s$  y perpendicular a la dimensión  $b_c$ , mm<sup>2</sup>.

$f_{yt}$  = esfuerzo de fluencia del acero transversal, = 412 MPa.

$$f'_c = 34 \text{ MPa}$$

$s$  = separación, centro a centro, entre estribos, = 100 mm.

$b_c$  = distancia máxima, medida centro a centro, entre esquinas del estribo, en mm.

#### 4.5.3.4 Elemento tipo V1

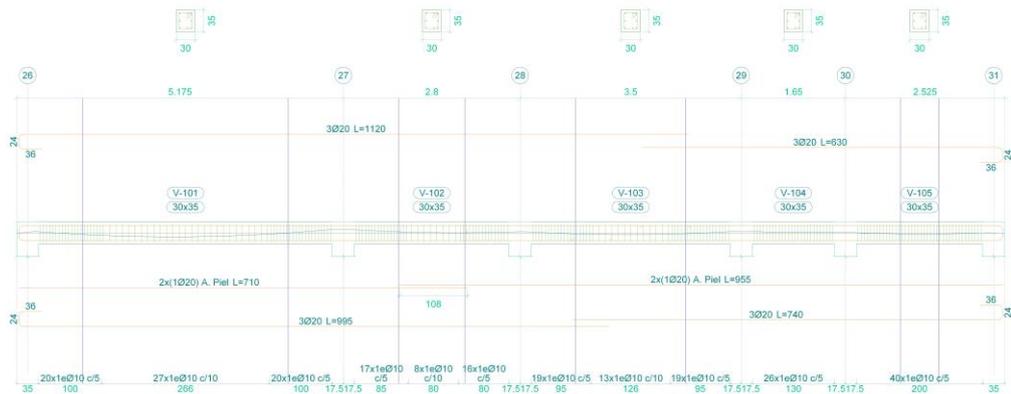


Figura 4.5 Detalle de elemento estructural tipo V1.

La viga de hormigón armado con una geometría cuadrada de 40x40cm con un recubrimiento regular de 7cm, con un armado de 4 varillas de 18mm y un armado transversal de varillas de 12mm cada 10cm, se encuentra presente en el bloque 5, 6, 7 y 9 que corresponden al bloque de emergencia y laboratorio, hospitalización, lavandería 1 y quirófano respectivamente.

Las fallas presentes calculadas mediante CYPECAD (CYPE Ingenieros, S.A., 2016) son las siguientes:

#### **Cortante de diseño para vigas. (ACI 318M-11)**

La fuerza cortante de diseño,  $V_e$ , se debe determinar a partir de las fuerzas estáticas en la parte del elemento comprendida entre las caras del nudo. Se debe suponer que en las caras de los nudos localizadas entre los extremos del elemento actúan momentos de signo opuesto correspondientes a la resistencia probable,  $M_{pr}$ , y que el elemento

está además cargado con cargas aferentes gravitacionales mayoradas a lo largo de la luz (Artículo 21.5.4.1).

Se debe satisfacer:

$$\Phi \cdot V_n \geq V_e \quad 17,92 \text{ t} \geq 19,45 \text{ t}$$

Donde:

$\Phi$ : Factor de reducción de resistencia. = 0,60

$V_n$ : Resistencia nominal a cortante. = 29,87 t

$V_e$ : Fuerza cortante de diseño, obtenida como el máximo entre  $V_{e1}$ ,  $V_{e2}$ . = 19,45 t.

$$V_{e1} = \frac{w_u \cdot l_n}{2} + \frac{M_{pr1}^- + M_{pr2}^+}{l_n} \quad V_{e1}: 19,45 \text{ t}$$

$$V_{e2} = \frac{w_u \cdot l_n}{2} + \frac{M_{pr1}^+ + M_{pr2}^-}{l_n} \quad V_{e2}: 19,45 \text{ t}$$

Siendo:

$w_u$ : Carga mayorada por unidad de longitud de viga. = 0,26 t/m

$l_n$ : Luz libre medida entre caras de los apoyos. = 1,30 m

$M_{pr}$ : Resistencia probable a la flexión del elemento, determinada usando las propiedades de los elementos en las caras de los nudos suponiendo un esfuerzo en tracción para las barras longitudinales de al menos  $1.25 \cdot f_y$ . = 12,53 t·m

$$M_{pr1}^- = 12,53 \text{ t} \cdot \text{m}, M_{pr2}^+ = 12,53 \text{ t} \cdot \text{m}, M_{pr2}^- = 12,53 \text{ t} \cdot \text{m}$$

**Resistencia a cortante de elementos en flexión, 5.2.1 (NEC-14):**

La resistencia a cortante última de elementos en flexión con ductilidad local óptima no debe ser menor que: (a) La requerida por el análisis de la estructura, (b) la correspondiente a un elemento con rótulas plásticas en sus extremos que produce una condición de doble curvatura, calculada de la siguiente manera:

$$\phi_s \cdot V_N \geq \frac{M_i^0 + M_j^0}{L-d} + V_{ug} \quad (4-16)$$

$$175,75 \text{ kN}\cdot\text{m} > 244,67 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_i, M_j$  = capacidades en momento multiplicada por el factor de sobre-resistencia, en los extremos de elemento, calculadas de manera que produzcan doble curvatura, considerando las dos direcciones de carga.

$L$  = longitud entre caras del elemento en flexión.

$d$  = altura efectiva del elemento.

$V_{ug}$  = Cortante a una distancia  $d/2$  correspondiente a la carga muerta no mayorada que actúa sobre el elemento.

Tabla 4.15 Resistencia a cortante de elementos en flexión, 5.2.1 (NEC-14).

$V_{ug}$ (kN)	$M_i^{0+}$ (kN·m)	$M_i^{0-}$ (kN·m)	$M_j^{0+}$ (kN·m)	$M_j^{0-}$ (kN·m)	$L$ (m)	$d$ (m)	$\phi_s \cdot V_n$ (kN)
1,3	122,9	122,9	122,9	122,9	1,3	0,29	175,75

#### 4.5.4 Modelación dinámica en 3D

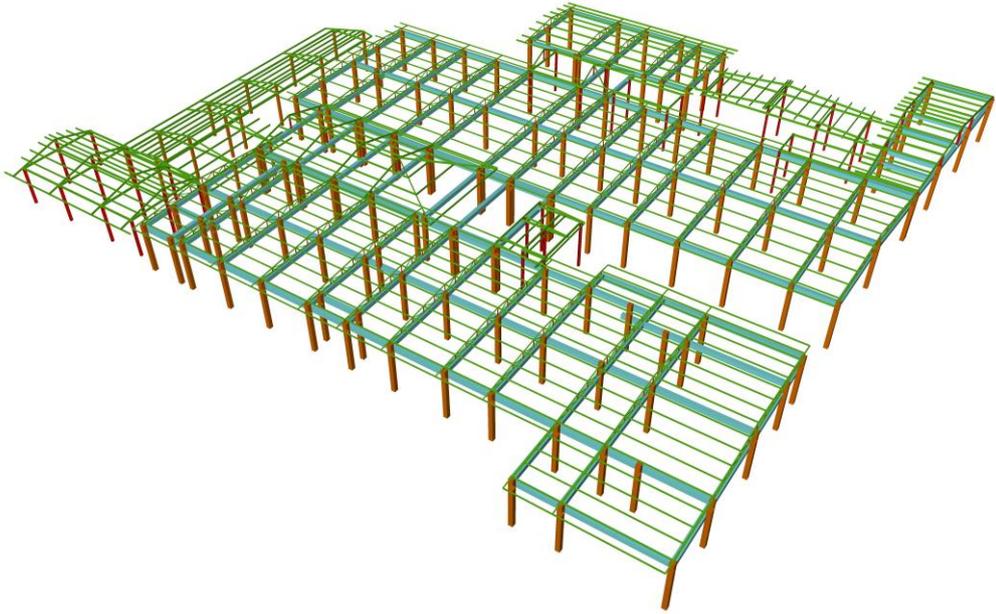


Figura 4.6 Modelación 3D del Hospital “Moreno Vázquez” completo en software especializado CYPECAD.

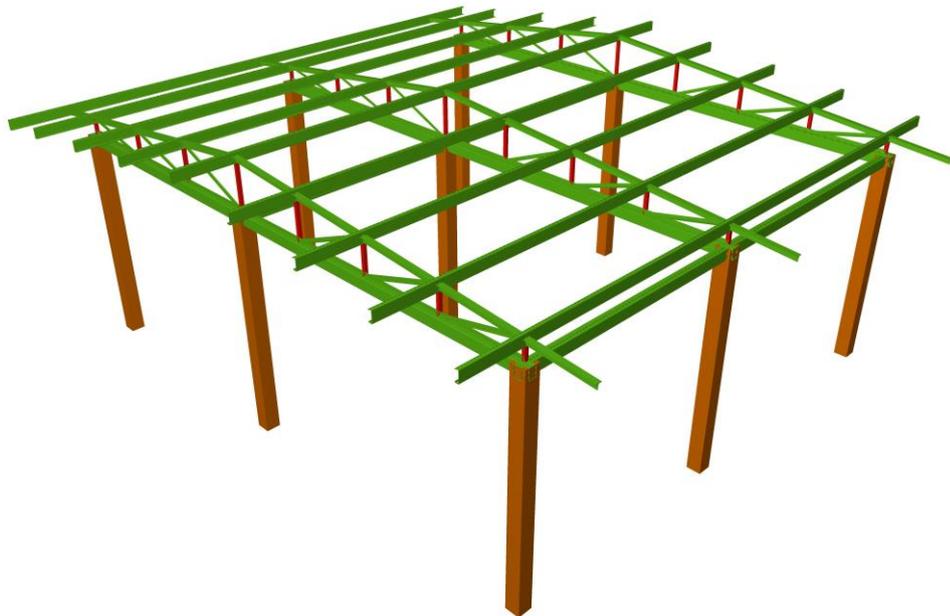


Figura 4.7 Modelación 3D del bloque de consultorios antiguos del Hospital “Moreno Vázquez” en software especializado CYPECAD.

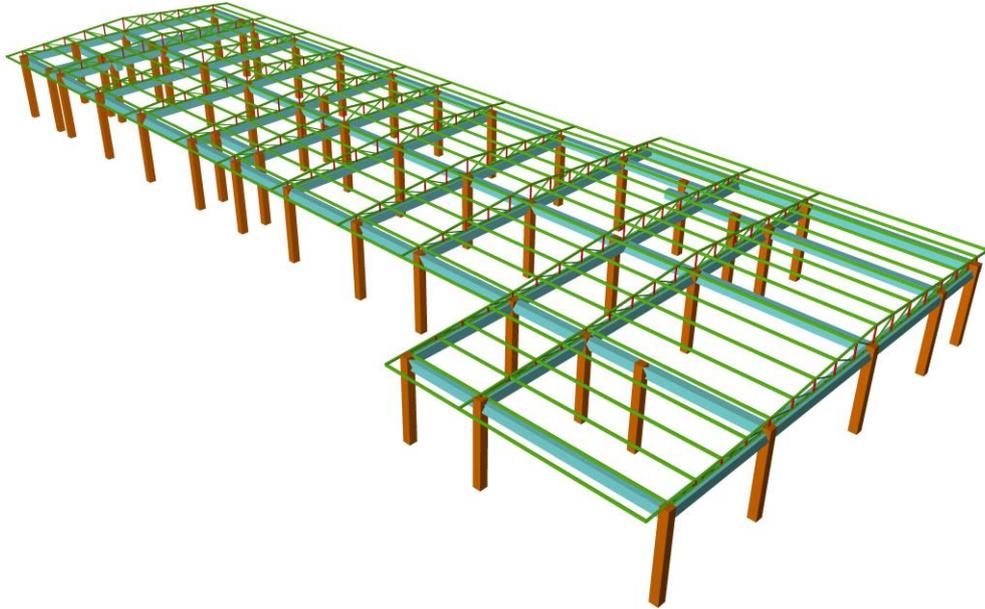


Figura 4.8 Modelación del bloque de laboratorio y emergencia del Hospital “Moreno Vázquez” en software especializado CYPECAD.

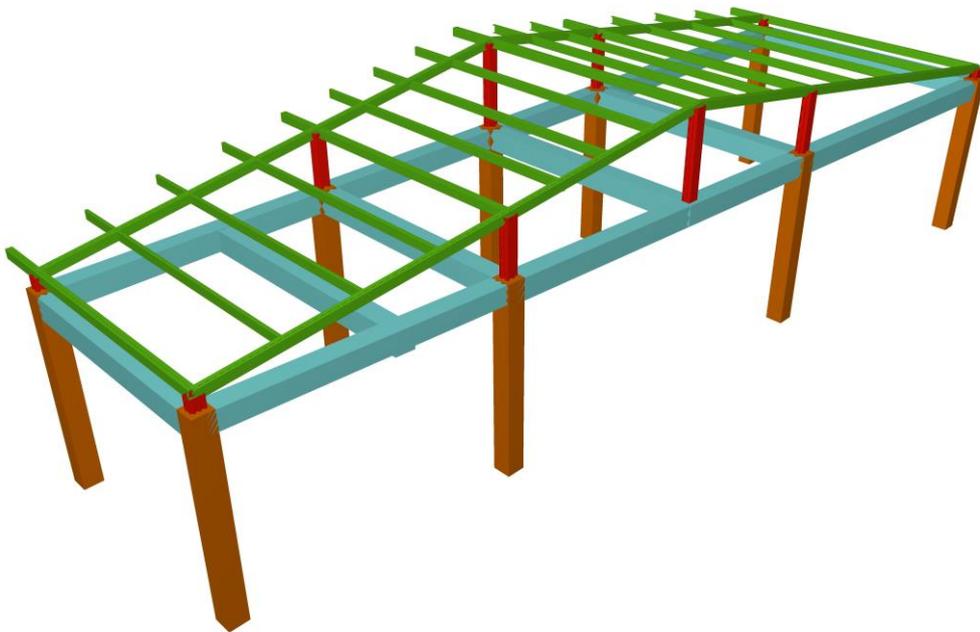


Figura 4.9 Modelación del bloque 1 de lavandería del Hospital “Moreno Vázquez” en software especializado CYPECAD.

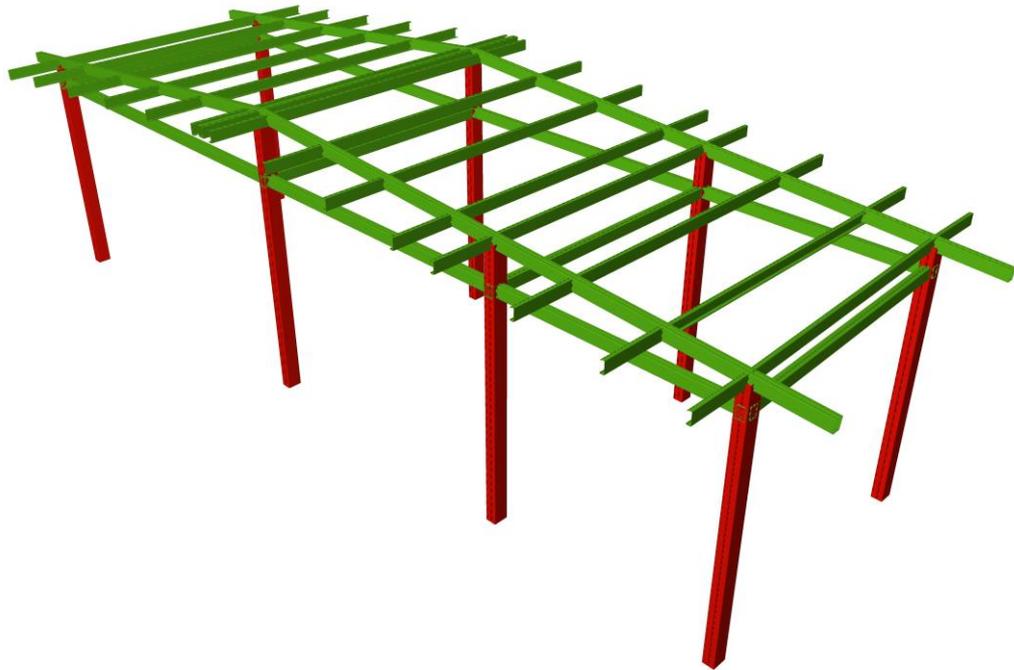


Figura 4.10 Modelación del bloque 2 de lavandería del Hospital “Moreno Vázquez” en software especializado CYPECAD.

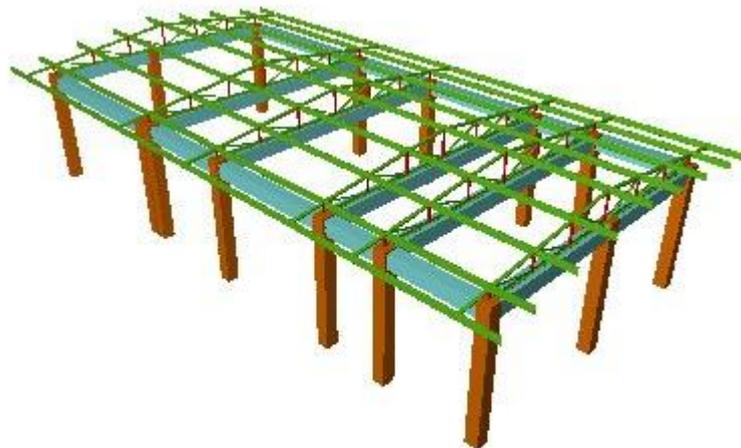


Figura 4.11 Modelación del bloque de quirófanos del Hospital “Moreno Vázquez” en software especializado CYPECAD.



Figura 4.12 Modelación del cuarto de máquinas del Hospital “Moreno Vázquez” en software especializado CYPECAD.

## CAPÍTULO 5

## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A partir de la información obtenida en este trabajo investigativo se presentan los siguientes gráficos comparativos que representan una síntesis de los resultados obtenidos en base a la maqueta virtual de acuerdo a los diferentes criterios analizados.

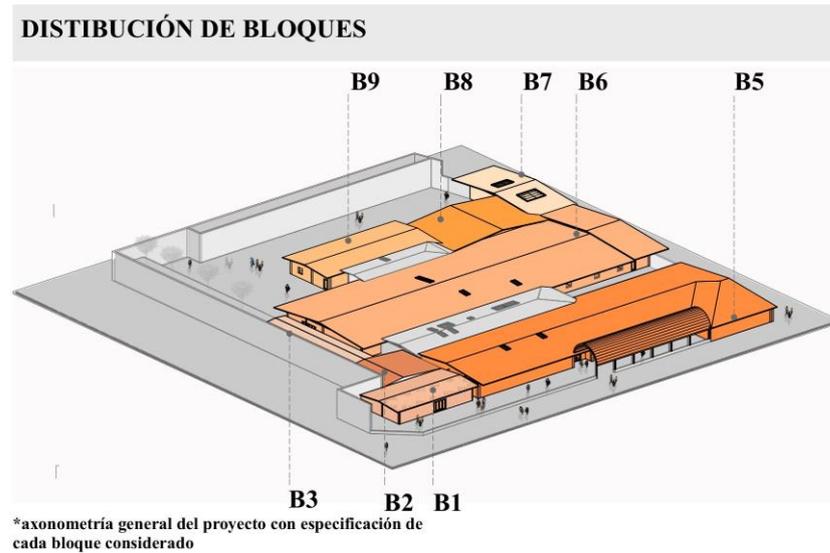


Figura 5.1 Distribución de bloques evaluados.

Tabla 5.1 Distribución de bloques y elementos que los conforman.

Bloques		Tipo												
		V1	V2	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B1	Administración		x				x		x	x				
B2	Consultorios antiguos		x	x							x	x		
B3	Consultorios nuevos		x	x					x	x				
B4	Cuarto de máquinas					x							x	x
B5	Emergencia y laboratorio	x			x			x			x	x		
B6	Hospitalización	x			x			x			x	x		
B7	Lavandería 1	x			x				x	x				
B8	Lavandería 2		x				x		x	x				
B9	Quirófano	x			x			x			x	x		

**5.1 Interpretación de resultados respecto a las características de los elementos**

Tabla 5.2 Elementos que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

Estructura completa					
Tipo	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
V1	44	80%	11	20%	55
V2	21	100%	0	0%	21
C1	0	0%	17	100%	17
C2	9	8%	110	92%	119
C3	0	0%	6	100%	6
C4	20	100%	0	0%	20
T1	218	96%	10	4%	228
T2	45	98%	1	2%	46
T3	17	89%	2	11%	19
T4	131	89%	16	11%	147
T5	532	75%	178	25%	710
T6	7	100%	0	0%	7
T7	2	40%	3	60%	5
<b>Total</b>	<b>1046</b>	<b>75%</b>	<b>354</b>	<b>25%</b>	<b>1400</b>

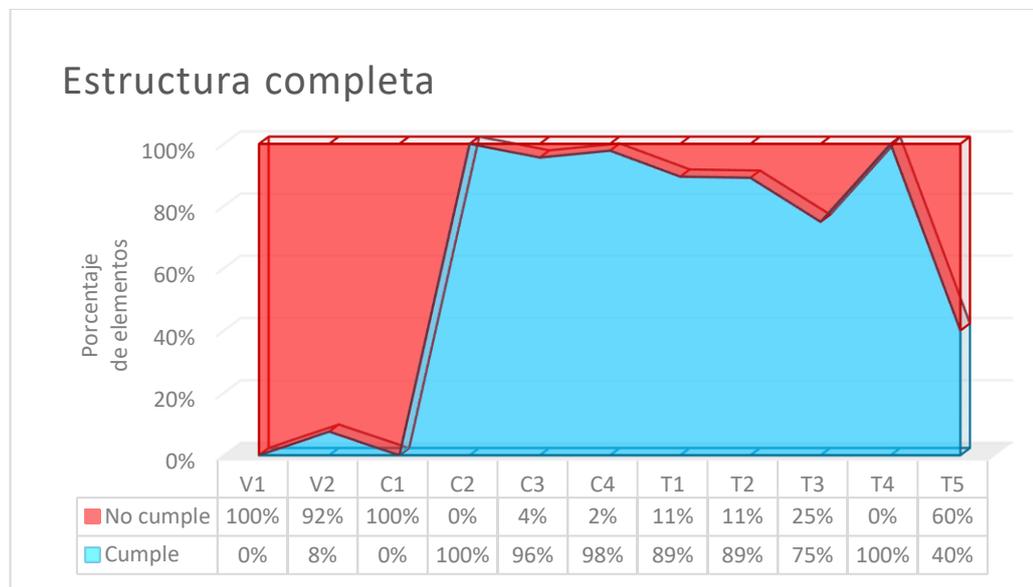


Figura 5.2 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

## 5.1.1 Tipo de elemento

### 5.1.1.1 Vigas

Tabla 5.3 Cantidad de vigas presentes en la estructura y sus especificaciones.

Tipo	Total	Elemento	Material	Geometría	*Bloques
V1	55	Viga	HA	30x35 cm - 8Ø20 mm	B5-B6-B7-B9
V2	21	Viga	Acero	2CG 150x50x15x3 mm	B1-B2-B3-B8

\* Bloques en los que se encuentra presente este elemento - Tabla 5.1.

Tabla 5.4 Vigas que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

Vigas					
Tipo	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
V1	44	80%	11	20%	55
V2	21	100%	0	0%	21
<b>Total</b>	<b>65</b>	<b>86%</b>	<b>11</b>	<b>14%</b>	<b>76</b>

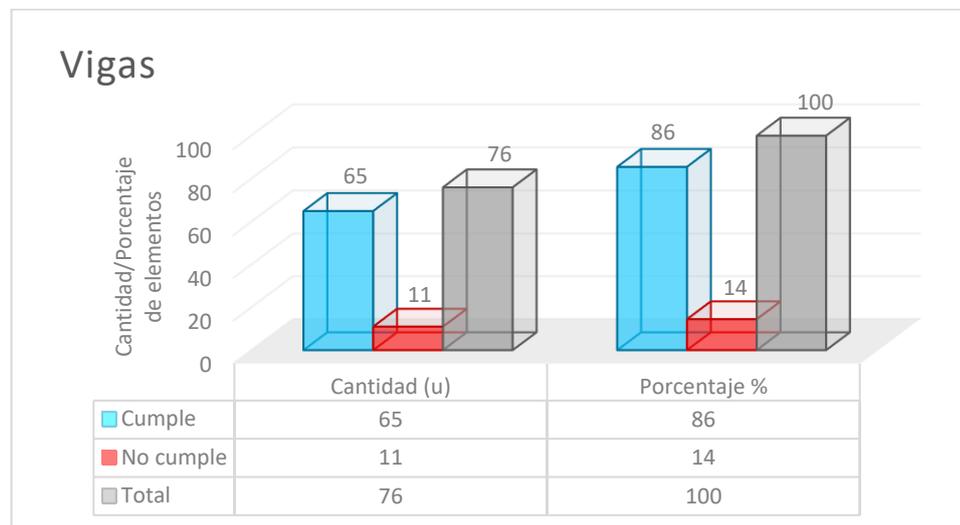


Figura 5.3 Cuadro comparativo de vigas que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.1.1.2 Columna

Tabla 5.5 Cantidad de columnas presentes en la estructura y sus especificaciones.

Tipo	Total	Elemento	Material	Geometría	*Bloques
C1	17	Columna	HA	20x20 cm - 4Ø14 mm	B2-B3
C2	119	Columna	HA	35x35 cm - 4Ø16 mm	B5-B6-B7-B9
C3	6	Columna	HA	40x40 cm - 4Ø18 mm	B4
C4	20	Columna	Acero	2CG 200x75x25x4 mm	B1-B8

\* Bloques en los que se encuentra presente este elemento - Tabla 5.1.

Tabla 5.6 Columnas que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

Columnas					
Tipo	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
C1	0	0%	17	100%	17
C2	9	8%	110	92%	119
C3	0	0%	6	100%	6
C4	20	100%	0	0%	20
<b>Total</b>	29	18%	133	82%	162

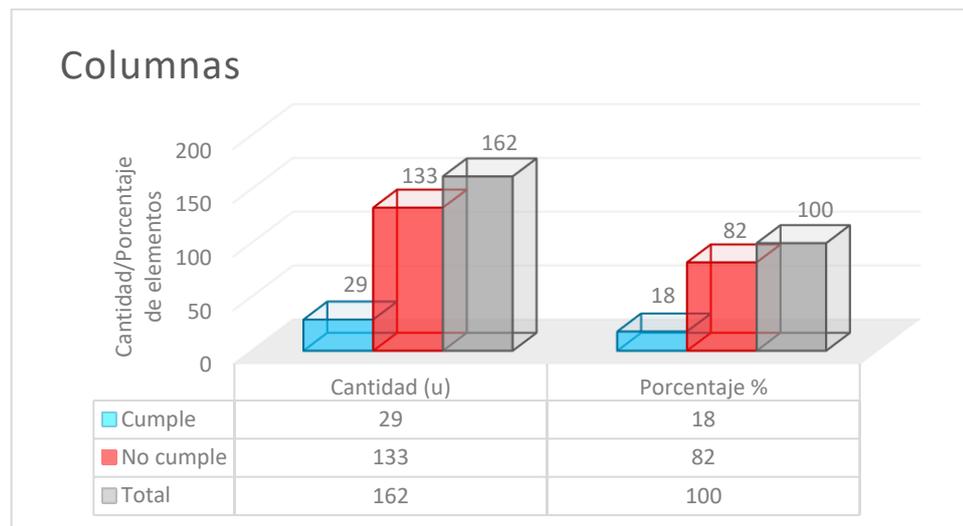


Figura 5.4 Cuadro comparativo de columnas que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.1.1.3 Cubierta

Tabla 5.7 Cantidad de elementos de cubierta presentes en la estructura.

Tipo	Total	Elemento	Material	Geometría	*Bloques
T1	228	Correa	Acero	CG 100x50x15x3 mm	B5-B6-B9
T2	46	Correa	Acero	CG 150x50x15x3 mm	B1-B3-B7-B8
T3	19	Principal	Acero	2CG 150x50x15x3 mm	B1-B3-B7-B8
T4	147	Principal	Acero	IPE 160 mm	B2-B5-B6-B9
T5	710	Ángulo	Acero	L 45x45x4 mm	B2-B5-B6-B9
T6	7	Vigueta	Madera	150x130 mm	B4
T7	5	Viga	Madera	200x140 mm	B4

\* Bloques en los que se encuentra presente este elemento - Tabla 5.1.

Tabla 5.8 Elementos de cubierta que cumplen y no cumplen en el Hospital.

Elementos de cubierta					
Tipo	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
<b>T1</b>	218	96%	10	4%	228
<b>T2</b>	45	98%	1	2%	46
<b>T3</b>	17	89%	2	11%	19
<b>T4</b>	131	89%	16	11%	147
<b>T5</b>	532	75%	178	25%	710
<b>T6</b>	7	100%	0	0%	7
<b>T7</b>	2	40%	3	60%	5
<b>Total</b>	952	82%	210	18%	1162

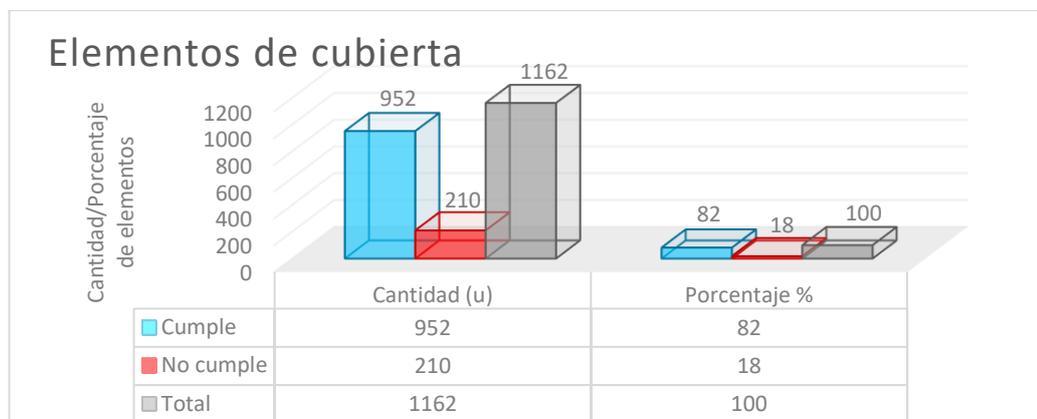


Figura 5.5 Cuadro comparativo de elementos de cubierta que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

## 5.1.2 Materiales

### 5.1.2.1 Hormigón Armado

Tabla 5.9 Cantidad de elementos de hormigón armado presentes en la estructura.

Tipo	Total	Elemento	Material	Geometría	*Bloques
V1	55	Viga	HA	30x35 cm - 8Ø20 mm	B5-B6-B7-B9
C1	17	Columna	HA	20x20 cm - 4Ø14 mm	B2-B3
C2	119	Columna	HA	35x35 cm - 4Ø16 mm	B5-B6-B7-B9
C3	6	Columna	HA	40x40 cm - 4Ø18 mm	B4

\* Bloques en los que se encuentra presente este elemento - Tabla 5.1.

Tabla 5.10 Cantidad de elementos de hormigón armado que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

Hormigón Armado					
Tipo	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
V1	44	80%	11	20%	55
C1	0	0%	17	100%	17
C2	9	8%	110	92%	119
C3	0	0%	6	100%	6
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>27%</b>	<b>144</b>	<b>73%</b>	<b>197</b>

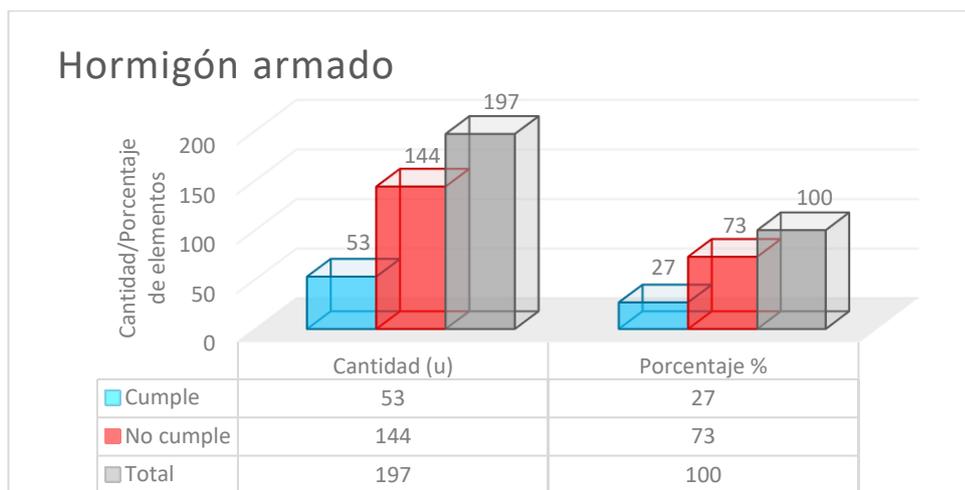


Figura 5.6 Cuadro comparativo de elementos de hormigón armado que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.1.2.2 Acero

Tabla 5.11 Cantidad de elementos de acero presentes en esta estructura.

Tipo	Total	Elemento	Material	Geometría	*Bloques
V2	21	Viga	Acero	2CG 150x50x15x3 mm	B1-B2-B3-B8
C4	20	Columna	Acero	2CG 200x75x25x4 mm	B1-B8
T1	228	Correa	Acero	CG 100x50x15x3 mm	B5-B6-B9
T2	46	Correa	Acero	CG 150x50x15x3 mm	B1-B3-B7-B8
T3	19	Principal	Acero	2CG 150x50x15x3 mm	B1-B3-B7-B8
T4	147	Principal	Acero	IPE 160 mm	B2-B5-B6-B9
T5	710	Ángulo	Acero	L 45x45x4 mm	B2-B5-B6-B9

\* Bloques en los que se encuentra presente este elemento - Tabla 5.1.

Tabla 5.12 Cantidad de elementos de acero que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

Acero					
Tipo	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
V2	21	100%	0	0%	21
C4	20	100%	0	0%	20
T1	218	96%	10	4%	228
T2	45	98%	1	2%	46
T3	17	89%	2	11%	19
T4	131	89%	16	11%	147
T5	532	75%	178	25%	710
<b>Total</b>	<b>984</b>	<b>83%</b>	<b>207</b>	<b>17%</b>	<b>1191</b>

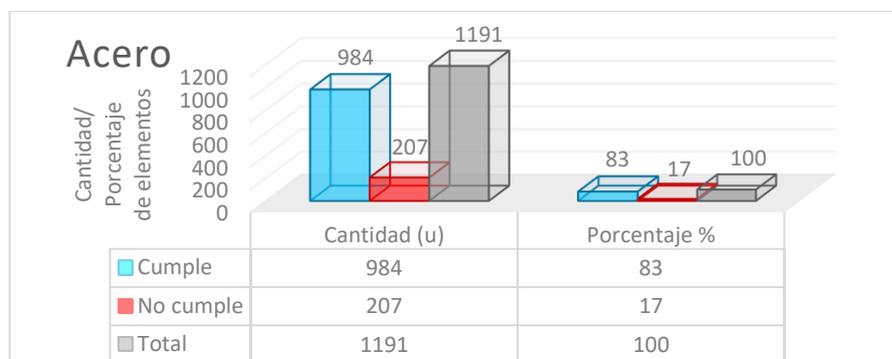


Figura 5.7 Cuadro comparativo de elementos de acero que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.1.2.3 Madera

Tabla 5.13 Cantidad de elementos de madera presentes en la estructura.

Tipo	Total	Elemento	Material	Geometría	*Bloques
T6	7	Vigueta	Madera	150x130 mm	B4
T7	5	Viga	Madera	200x140 mm	B4

\* Bloques en los que se encuentra presente este elemento - Tabla 5.1.

Tabla 5.14 Cantidad de elementos de madera que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

Madera					
Tipo	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
T6	7	100%	0	0%	7
T7	2	40%	3	60%	5
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>75%</b>	<b>3</b>	<b>25%</b>	<b>12</b>

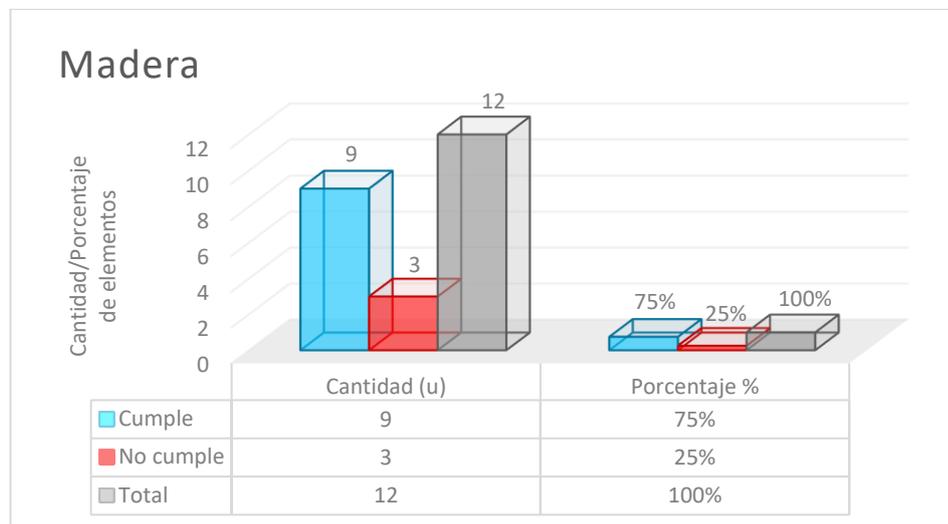
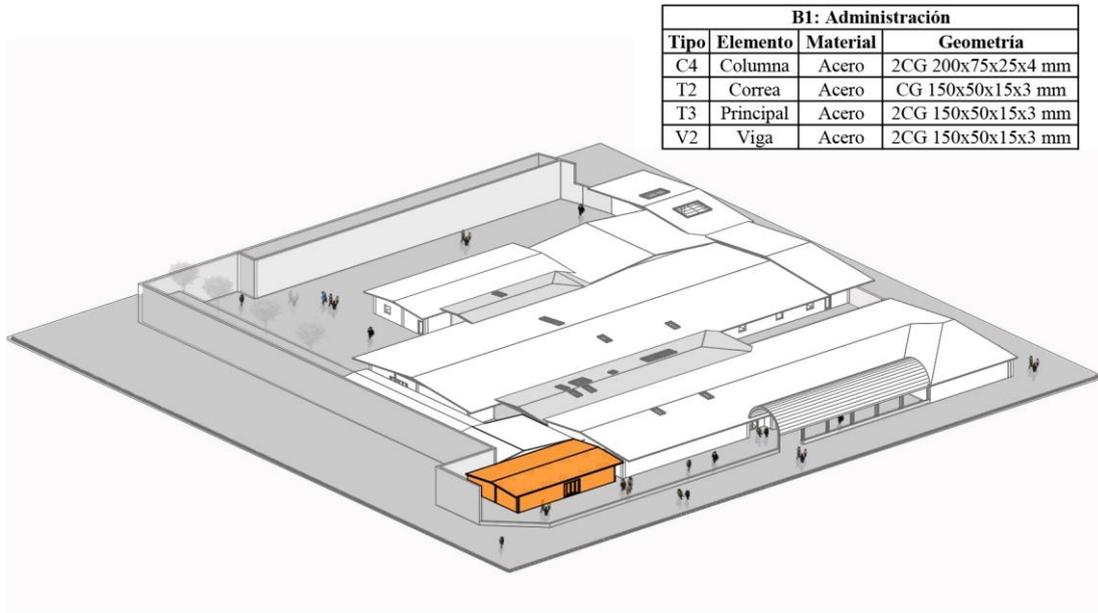


Figura 5.8 Cuadro comparativo de elementos de madera que cumplen y no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.1.3 Bloques

#### 5.1.3.1 B1 – Administración

#### Bloque B1 - ADMINISTRACIÓN



\*axonometría general del proyecto

Figura 5.9 Axonometría del proyecto destacando el bloque B1.

Este bloque está compuesto de una estructura de acero con los elementos detallados a continuación:

- 12 columnas tipo C4 de acero con una geometría 2CG 200x75x25x4 mm
- 9 correas tipo T2 de acero con una geometría CG 150x50x15x3 mm
- 5 vigas de cubierta tipo T3 de acero con una geometría 2CG 150x50x15x3 mm
- 7 vigas tipo V2 de acero con una geometría 2CG 150x50x15x3 mm

Tabla 5.15 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 1.

<b>B1: Administración</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Cumple</b>		<b>No cumple</b>		<b>Total</b>
	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	
<b>C4</b>	12	100%	0	0%	12
<b>T2</b>	9	100%	0	0%	9
<b>T3</b>	5	100%	0	0%	5
<b>V2</b>	7	100%	0	0%	7
<b>Total</b>	33	100%	0	0%	33

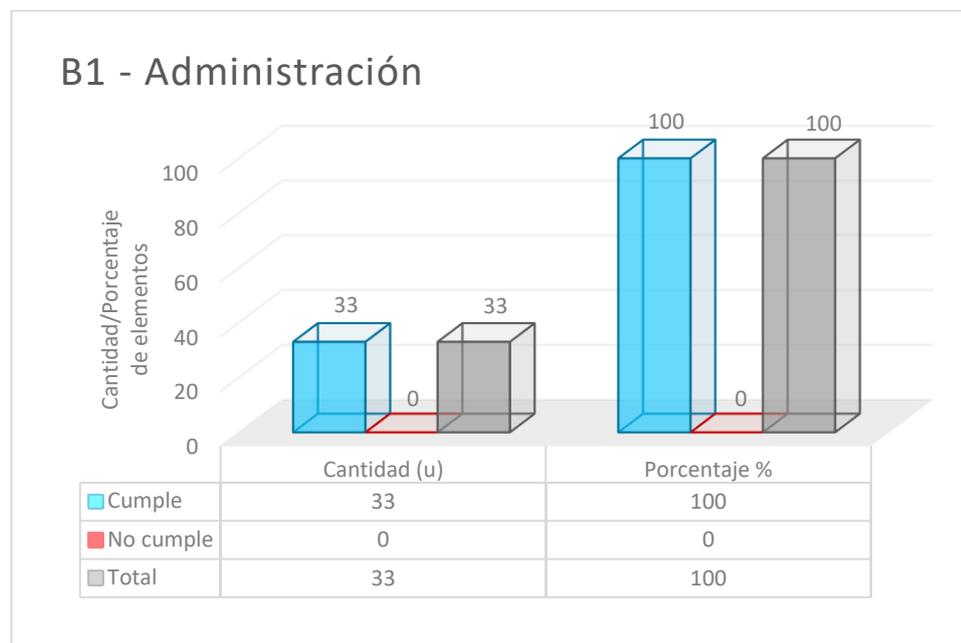
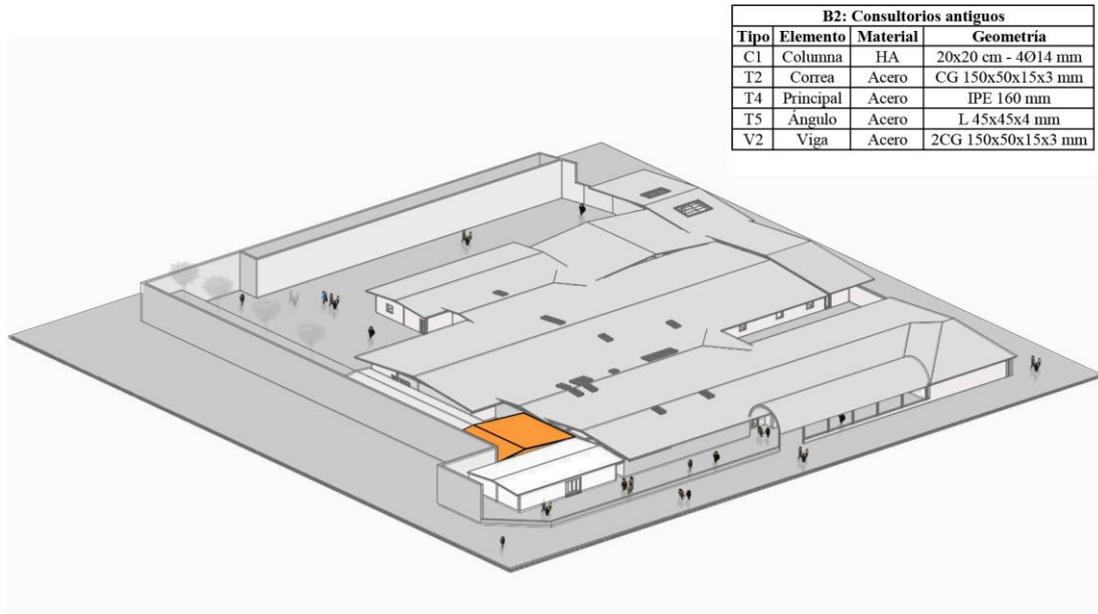


Figura 5.10 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 1 del Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.1.3.2 B2 - Consultorios antiguos

#### Bloque B2 - CONSULTORIOS ANTIGUOS



\*axonometría general del proyecto

Figura 5.11 Axonometría del proyecto destacando el bloque B2.

Este bloque tiene una estructura mixta de hormigón armado y acero:

- 9 columnas tipo C1 de hormigón armado con una geometría de 20x20 cm y un armado de 4Ø14mm
- 9 correas tipo T2 de acero con una geometría CG 150x50x15x3 mm
- 6 vigas principales de cubierta tipo T4 de acero con una geometría IPE 160 mm
- 45 ángulos tipo T5 de acero con una geometría L 45x45x4 mm
- 6 vigas tipo V2 de acero con una geometría 2CG 150x50x15x3 mm

Tabla 5.16 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 2.

<b>B2: Consultorios antiguos</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Cumple</b>		<b>No cumple</b>		<b>Total</b>
	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	
<b>C1</b>	0	0%	9	100%	9
<b>T2</b>	9	100%	0	0%	9
<b>T4</b>	6	100%	0	0%	6
<b>T5</b>	43	96%	2	4%	45
<b>V2</b>	6	100%	0	0%	6
<b>Total</b>	64	85%	11	15%	75

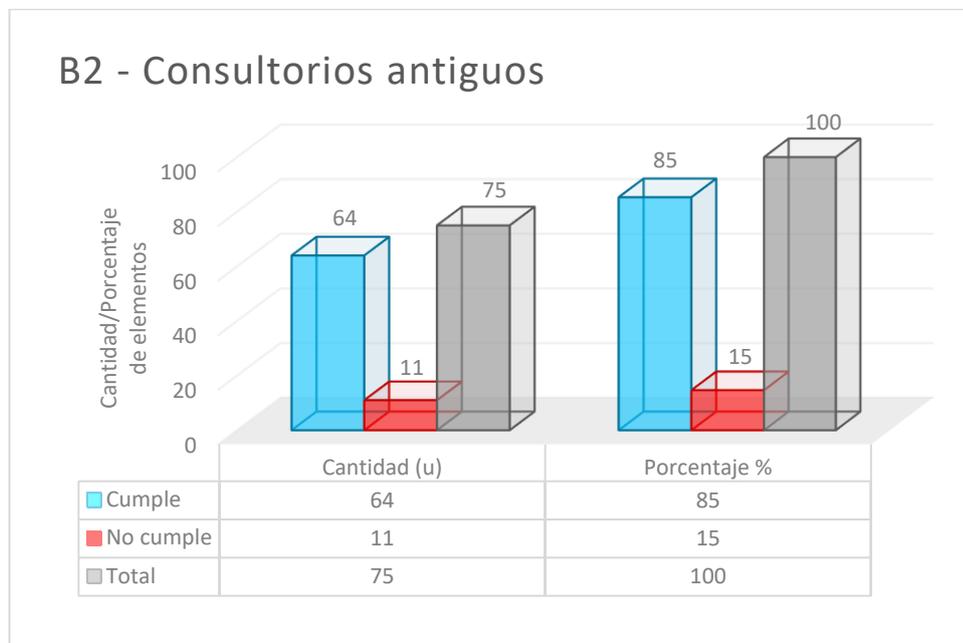
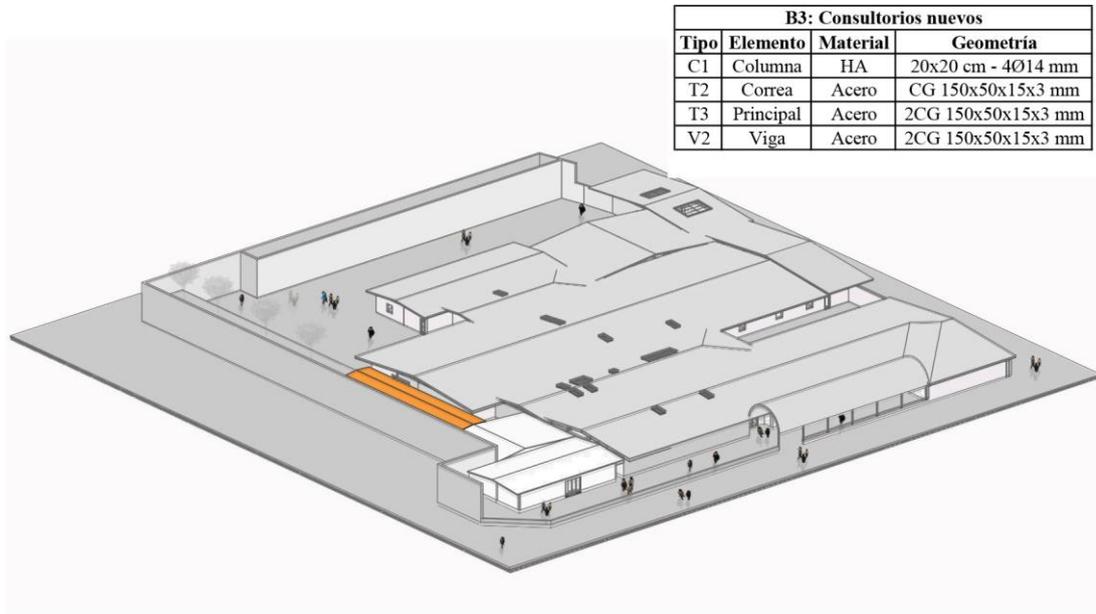


Figura 5.12 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 2 del Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.1.3.3 B3 - Consultorios nuevos

#### Bloque B3 - CONSULTORIOS NUEVOS



\*axonometría general del proyecto

Figura 5.13 Axonometría del proyecto destacando el bloque B3.

Este bloque tiene una estructura mixta de hormigón armado y acero, con los siguientes elementos:

- 8 columnas tipo C1 de hormigón armado con una geometría de 20x20 cm y armado de 4Ø14mm
- 7 correas tipo T2 de acero con una geometría CG 150x50x15x3 mm
- 6 vigas principales de cubierta tipo T3 de acero con una geometría 2CG 150x50x15x3 mm
- 8 vigas tipo V2 de acero con una geometría 2CG 150x50x15x3 mm

Tabla 5.17 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 3.

<b>B3: Consultorios nuevos</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Cumple</b>		<b>No cumple</b>		<b>Total</b>
	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	
<b>C1</b>	0	0%	8	100%	8
<b>T2</b>	7	100%	0	0%	7
<b>T3</b>	6	100%	0	0%	6
<b>V2</b>	8	100%	0	0%	8
<b>Total</b>	21	72%	8	28%	29

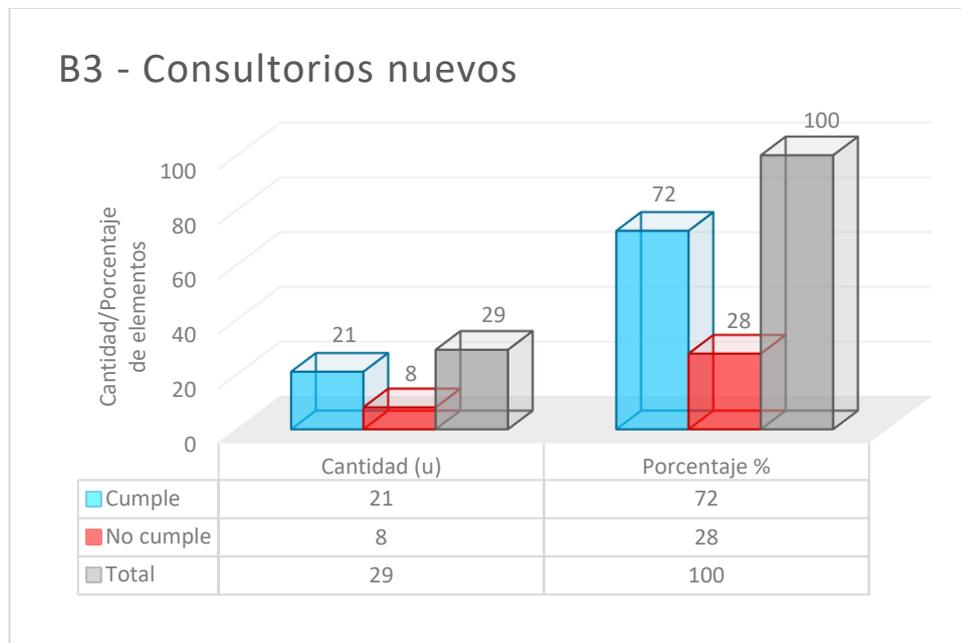


Figura 5.14 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 3 del Hospital “Moreno Vázquez”.

#### 5.1.3.4 B4 - Cuarto de máquinas

Este bloque tiene una estructura mixta de hormigón armado y acero:

- 6 columnas tipo C3 de hormigón armado con una geometría de 40x40 cm y armado de 4Ø18 mm
- 7 viguetas tipo T6 de madera con una geometría de 150x130 mm
- 5 vigas tipo T7 de madera con una geometría de 200x140 mm

Tabla 5.18 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 4.

B4: Cuarto de máquinas					
Tipo	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
C3	0	0%	6	100%	6
T7	2	40%	3	60%	5
T6	7	100%	0	0%	7
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>50%</b>	<b>9</b>	<b>50%</b>	<b>18</b>

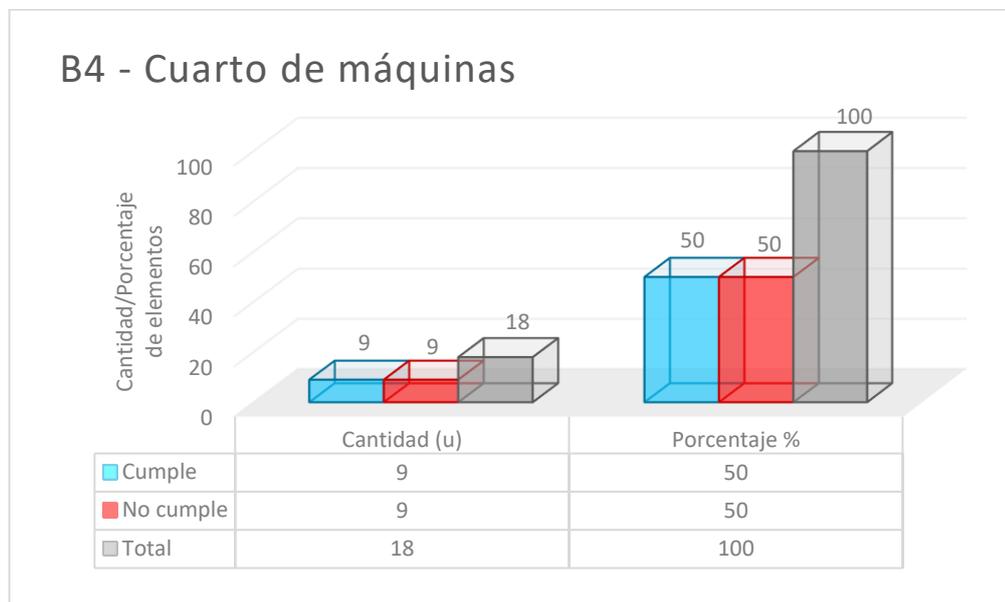
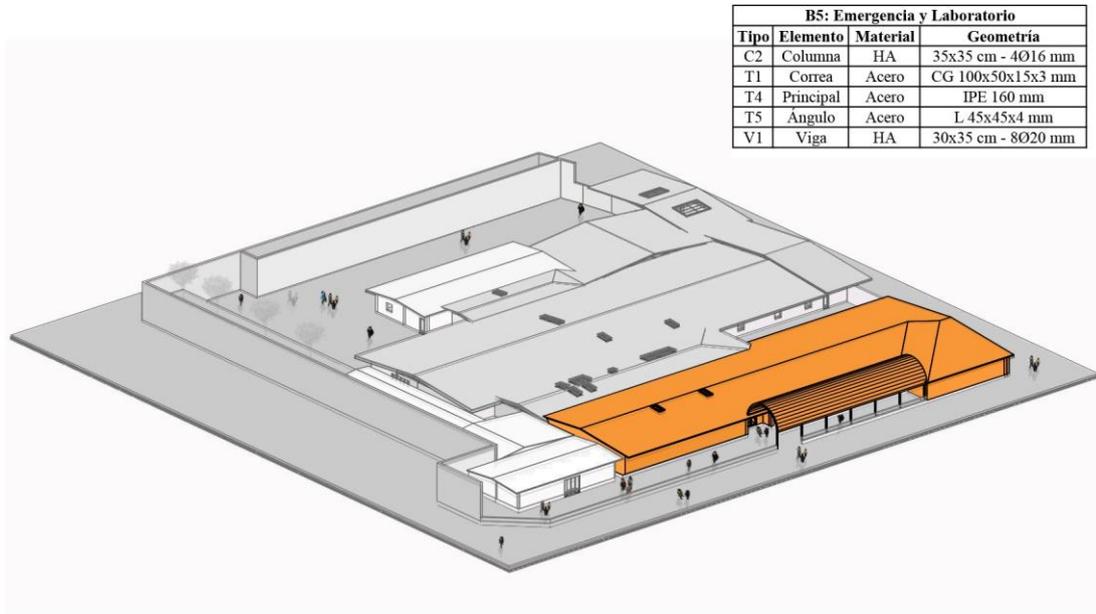


Figura 5.15 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 4 del Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.1.3.5 B5 - Emergencia y laboratorio

#### Bloque B5 - EMERGENCIA Y LABORATORIO



\*axonometría general del proyecto

Figura 5.16 Axonometría del proyecto destacando el bloque B5.

Este bloque tiene una estructura mixta de hormigón armado y acero:

- 52 columnas tipo C2 de hormigón armado con una geometría de 35x35 cm y un armado de 4Ø16 mm
- 100 correas tipo T1 de acero con una geometría CG 100x50x15x3 mm
- 64 vigas principales de cubierta tipo T4 de acero con una geometría IPE 160 mm
- 292 ángulos tipo T5 de acero con una geometría L 45x45x4 mm
- 21 vigas tipo V1 de hormigón armado con una geometría de 30x35 cm y un armado de 8Ø20 mm

Tabla 5.19 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 5.

<b>B5: Emergencia y laboratorio</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Cumple</b>		<b>No cumple</b>		<b>Total</b>
	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	
<b>C2</b>	0	0%	52	100%	52
<b>T1</b>	90	90%	10	10%	100
<b>T4</b>	56	88%	8	13%	64
<b>T5</b>	203	70%	89	30%	292
<b>V1</b>	14	67%	7	33%	21
<b>Total</b>	363	69%	166	31%	529

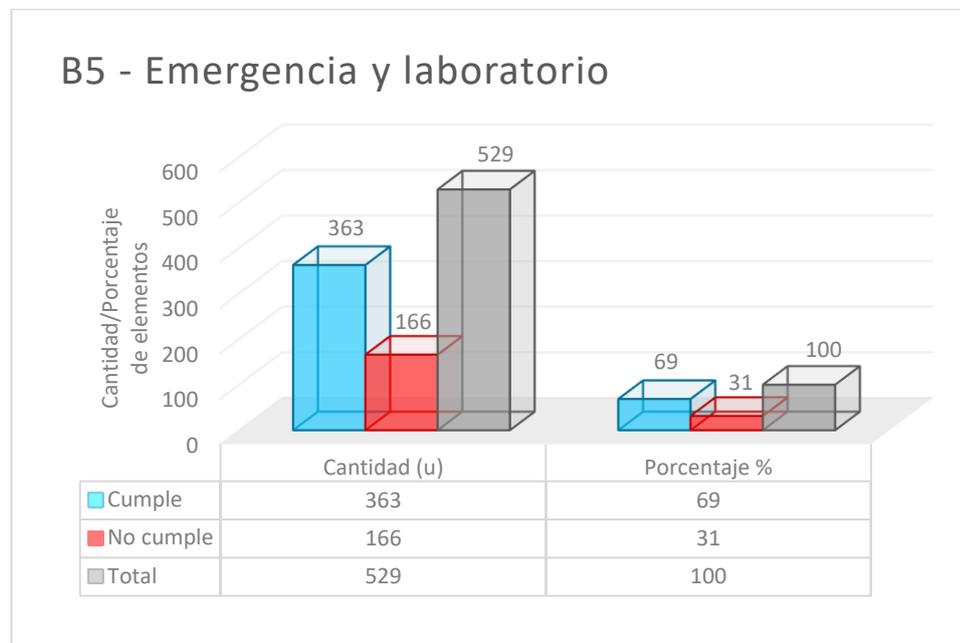
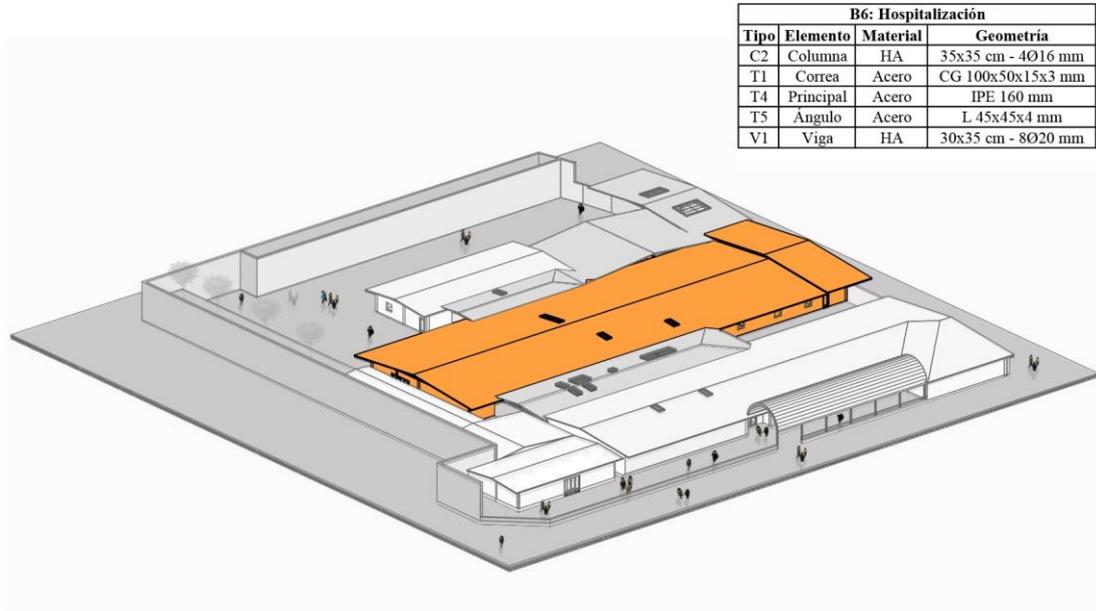


Figura 5.17 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 5 del Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.1.3.6 B6 – Hospitalización

#### Bloque B6 - HOSPITALIZACIÓN



\*axonometría general del proyecto

Figura 5.18 Axonometría del proyecto destacando el bloque B6.

Este bloque tiene una estructura mixta de hormigón armado y acero:

- 44 columnas tipo C2 de hormigón armado con una geometría de 35x35 cm y un armado de 4Ø16 mm
- 102 correas tipo T1 de acero con una geometría CG 100x50x15x3 mm
- 59 vigas de cubierta principales tipo T4 de acero con una geometría IPE 160 mm
- 295 ángulos tipo T5 de acero con una geometría L 45x45x4 mm
- 17 vigas tipo V1 de hormigón armado con una geometría de 30x35 cm y un armado de 8Ø20 mm

Tabla 5.20 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 6.

<b>B6: Hospitalización</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Cumple</b>		<b>No cumple</b>		<b>Total</b>
	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	
<b>C2</b>	0	0%	44	100%	44
<b>T1</b>	102	100%	0	0%	102
<b>T4</b>	55	93%	4	7%	59
<b>T5</b>	222	75%	73	25%	295
<b>V1</b>	16	94%	1	6%	17
<b>Total</b>	395	76%	122	24%	517

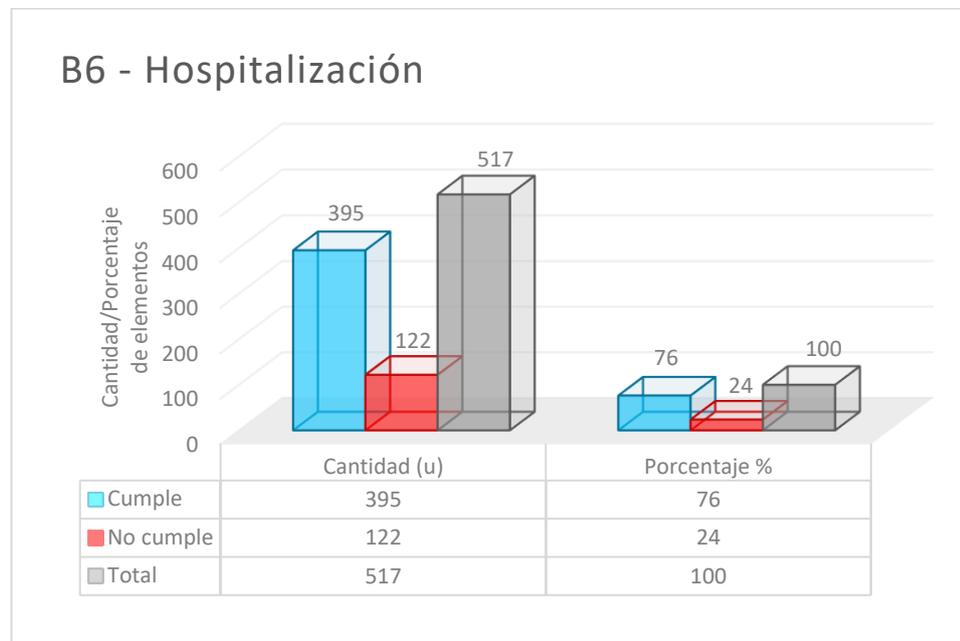
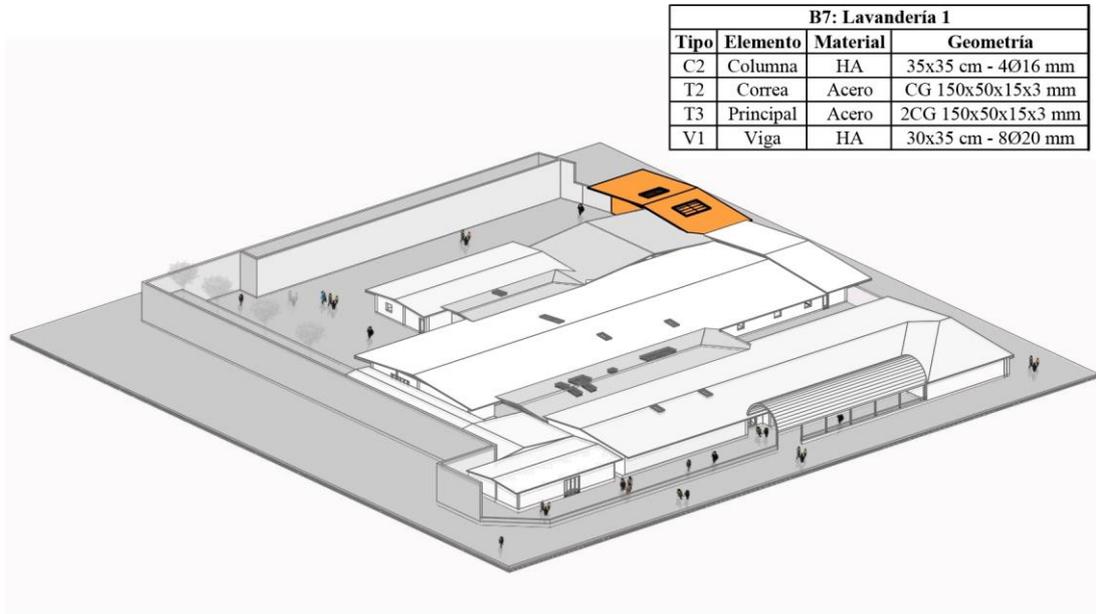


Figura 5.19 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 6 del Hospital “Moreno Vázquez”.

## 5.1.3.7 B7 - Lavandería 1

## Bloque B7 - LAVANDERÍA



\*axonometría general del proyecto

Figura 5.20 Axonometría del proyecto destacando el bloque B7.

Este bloque tiene una estructura mixta de hormigón armado y acero:

- 9 columnas tipo C2 de hormigón armado con una geometría de 35x35 cm y un armado de 4Ø16 mm
- 10 correas tipo T2 de acero con una geometría CG 150x50x15x3 mm
- 7 vigas principales de cubierta tipo T3 de acero con una geometría 2CG 150x50x15x3 mm
- 8 vigas tipo V1 de hormigón armado con una geometría de 30x35 cm y un armado de 8Ø20 mm

Tabla 5.21 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 7.

<b>B7: Lavandería 1</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Cumple</b>		<b>No cumple</b>		<b>Total</b>
	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	
<b>C2</b>	9	100%	0	0%	9
<b>T2</b>	9	90%	1	10%	10
<b>T3</b>	6	86%	1	14%	7
<b>V1</b>	7	88%	1	13%	8
<b>Total</b>	31	91%	3	9%	34

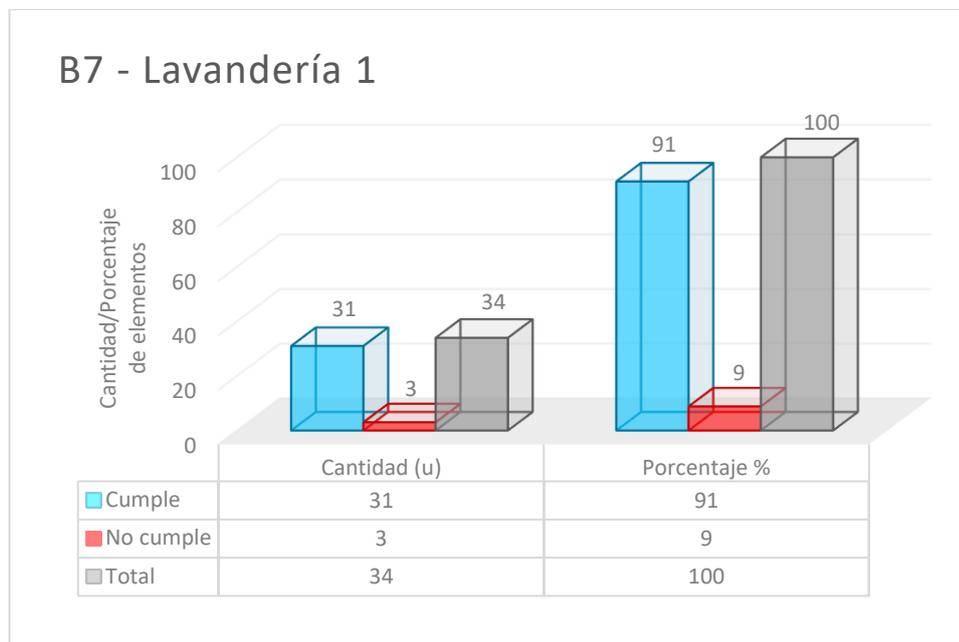
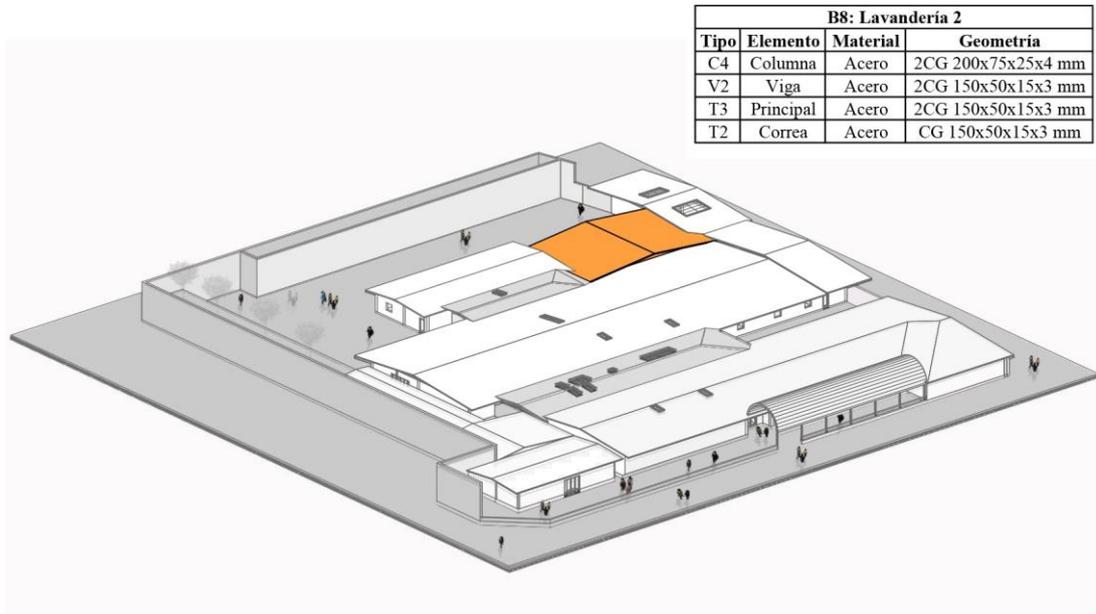


Figura 5.21 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 7 del Hospital “Moreno Vázquez”.

## 5.1.3.8 B8 - Lavandería 2

## Bloque B8 - LAVANDERÍA 2



\*axonometría general del proyecto

Figura 5.22 Axonometría del proyecto destacando el bloque B8.

Este bloque tiene una estructura de acero:

- 8 columnas tipo C4 de acero con una geometría 2CG 200x75x25x4 mm
- 11 correas tipo T2 de acero con una geometría CG 150x50x15x3 mm
- 6 vigas principales de cubierta tipo T3 de acero con una geometría 2CG 150x50x15x3 mm
- 6 vigas tipo V2 de acero con una geometría 2CG 150x50x15x3 mm

Tabla 5.22 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 8.

<b>B8: Lavandería 2</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Cumple</b>		<b>No cumple</b>		<b>Total</b>
	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	
<b>C4</b>	8	100%	0	0%	8
<b>V2</b>	6	100%	0	0%	6
<b>T3</b>	5	83%	1	17%	6
<b>T2</b>	11	100%	0	0%	11
<b>Total</b>	30	97%	1	3%	31

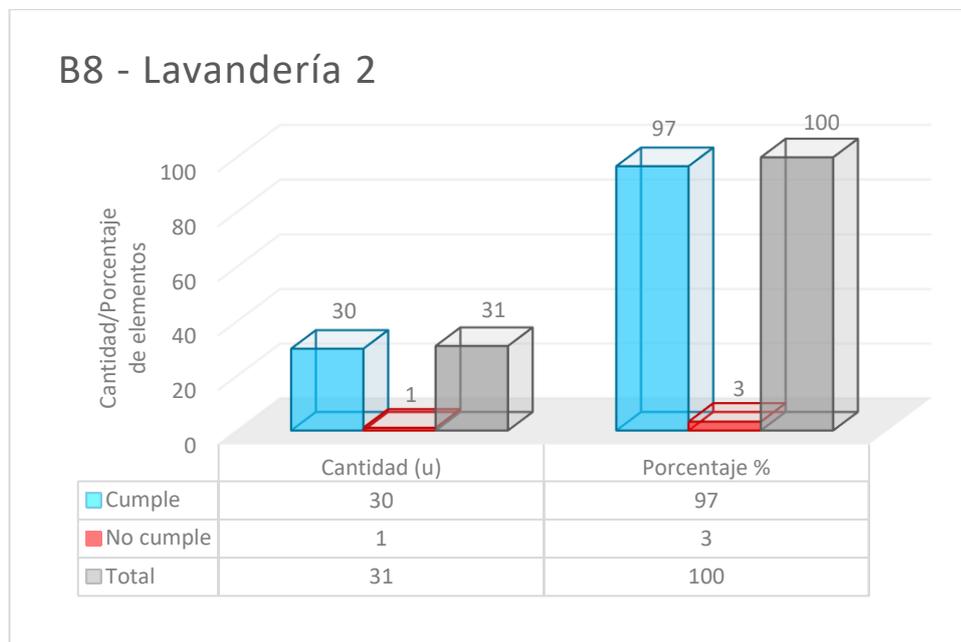
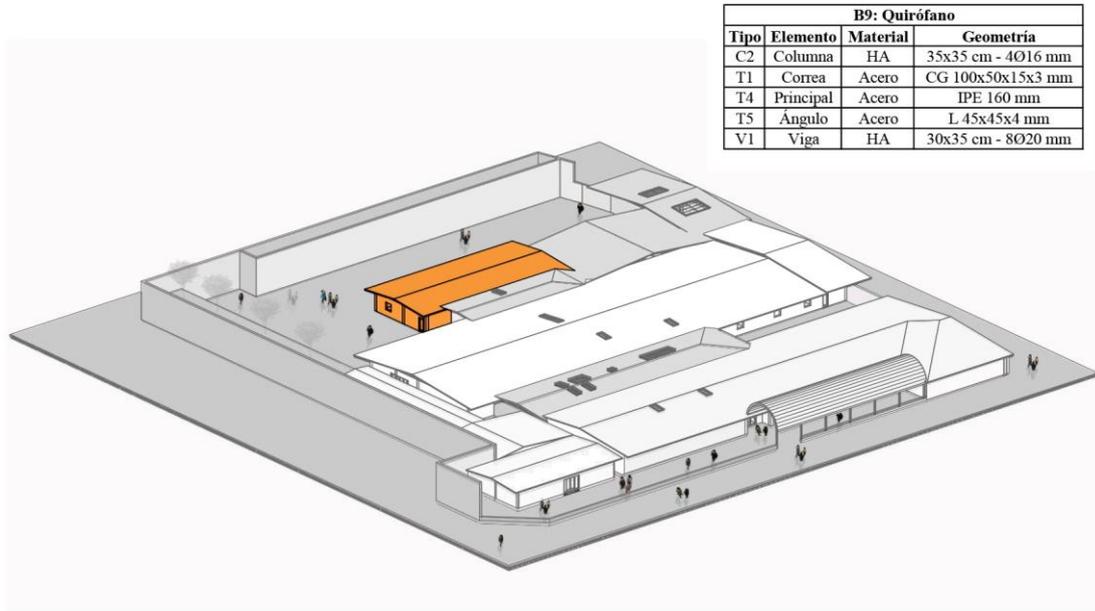


Figura 5.23 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 8 del Hospital “Moreno Vázquez”.

## 5.1.3.9 B9 – Quirófano

## Bloque B9 - QUIRÓFANO



\*axonometría general del proyecto

Figura 5.24 Axonometría del proyecto destacando el bloque B9.

Este bloque tiene una estructura mixta de hormigón armado y acero:

- 14 columnas tipo C2 de hormigón armado con una geometría de 35x35 cm y un armado de 4Ø16 mm
- 26 correas tipo T1 de acero con una geometría CG 100x50x15x3 mm
- 18 vigas de cubierta principales tipo T4 de acero con una geometría IPE 160 mm
- 78 ángulos tipo T5 de acero con una geometría L 45x45x4 mm
- 9 vigas tipo V1 de hormigón armado con una geometría de 30x35 cm y un armado de 8Ø20 mm

Tabla 5.23 Cantidad de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 9.

<b>B9: Quirófano</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Cumple</b>		<b>No cumple</b>		<b>Total</b>
	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	<b>Cant. (u)</b>	<b>Porc. %</b>	
<b>C2</b>	0	0%	14	100%	14
<b>T1</b>	26	100%	0	0%	26
<b>T4</b>	14	78%	4	22%	18
<b>T5</b>	64	82%	14	18%	78
<b>V1</b>	7	78%	2	22%	9
<b>Total</b>	111	77%	34	23%	145

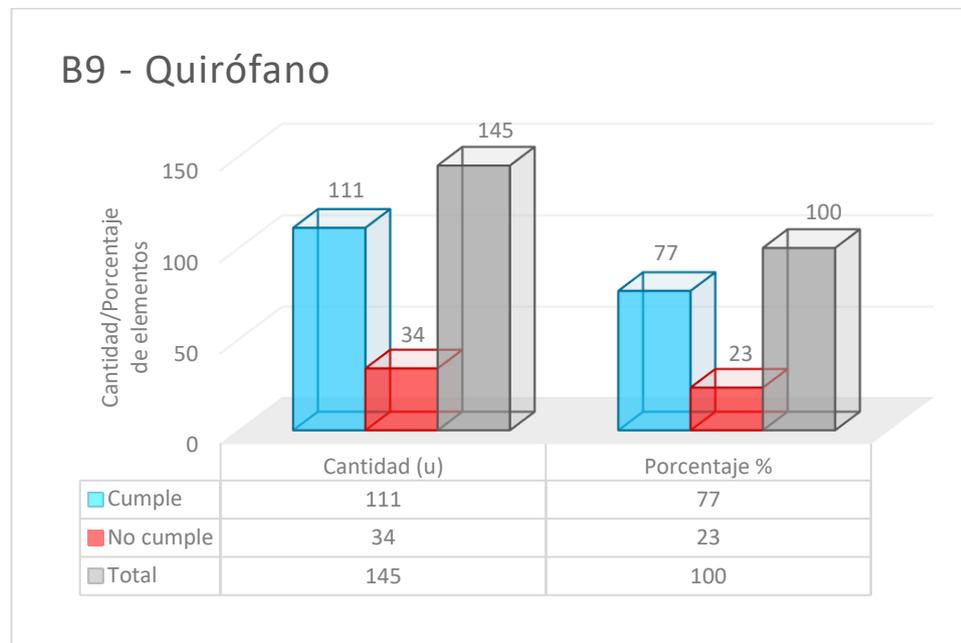


Figura 5.25 Cuadro comparativo de elementos que cumplen y no cumplen en el Bloque 9 del Hospital “Moreno Vázquez”.

## 5.2 Interpretación de resultados de los errores presentes en los elementos

A continuación se presentan los cuadros comparativos de los elementos que presentan algún error en las distintas comprobaciones, analizando sus fallas independientemente.

### 5.2.1 Errores en comprobaciones de columnas tipo C1

Tabla 5.24 Cantidad de errores en las columnas tipo C1 en el Hospital “Moreno Vázquez”.

TIPO C1					
Comprobaciones	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
Disp.	17	100%	0	0%	17
Armadura	17	100%	0	0%	17
Q (%)	17	100%	0	0%	17
N, M (%)	17	100%	0	0%	17
Sismo	0	0%	17	100%	17
Disp. S.	17	100%	0	0%	17
Cap.	0	0%	17	100%	17
Aprov. (%)	0	0%	17	100%	17

Disp.: disposición relativas a las armaduras.

Armadura: armadura min. y máx (armadura longitudinal).

Q (%): estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas).

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

Disp. S.: criterios de diseño por sismo.

Cap.: diseño por capacidad.

Aprov. (%): porcentaje de aprovechamiento.

Sis.: criterios de diseño por sismo.

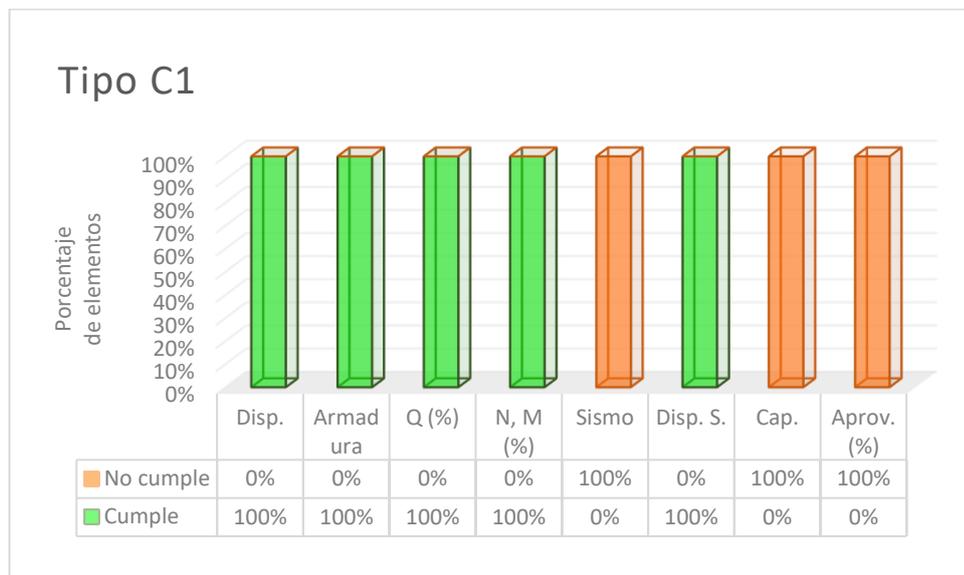


Figura 5.26 Cuadro comparativo de la cantidad de errores en las columnas tipo C1 en el Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.2.2 Errores en comprobaciones de columnas tipo C2

Tabla 5.25 Cantidad de errores en las columnas tipo C2 en el Hospital “Moreno Vázquez”.

TIPO C2					
Comprobaciones	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
Disp.	117	100%	0	0%	117
Armadura	0	0%	117	100%	117
Q (%)	117	100%	0	0%	117
N, M (%)	117	100%	0	0%	117
Sismo	0	0%	117	100%	117
Disp. S.	0	0%	117	100%	117
Cap.	0	0%	117	100%	117
Aprov. (%)	0	0%	117	100%	117

Disp.: disposición relativas a las armaduras.

Armadura: armadura min. y máx (armadura longitudinal).

Q (%): estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas).

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

Disp. S.: criterios de diseño por sismo.

Cap.: diseño por capacidad.

Aprov. (%): porcentaje de aprovechamiento.

Sism.: criterios de diseño por sismo.

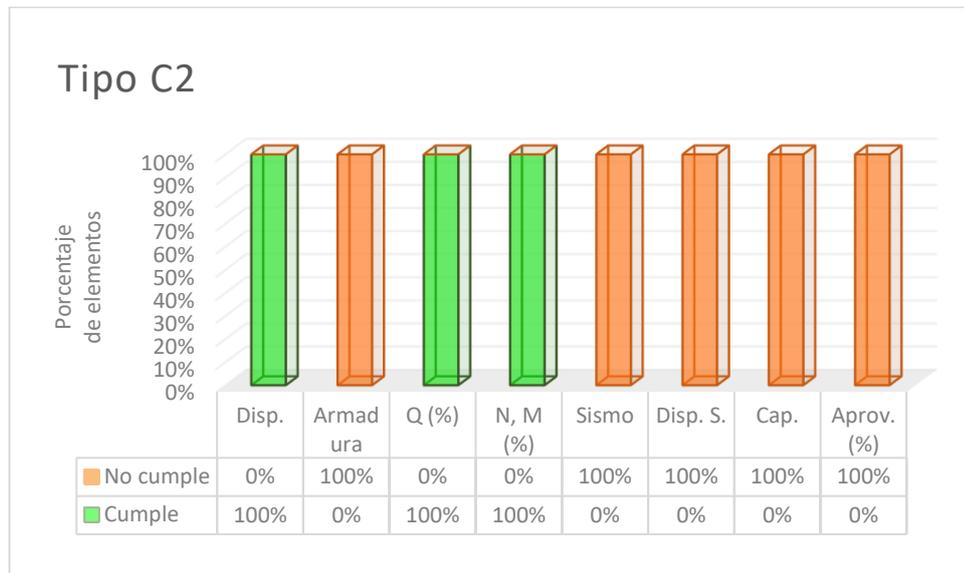


Figura 5.27 Cuadro comparativo de la cantidad de errores en las columnas tipo C2 en el Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.2.3 Errores en comprobaciones de columnas tipo C3

Tabla 5.26 Cantidad de errores en las columnas tipo C3 en el Hospital “Moreno Vázquez”.

TIPO C3					
Comprobaciones	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
Disp.	6	100%	0	0%	6
Armadura	0	0%	6	100%	6
Q (%)	6	100%	0	0%	6
N, M (%)	6	100%	0	0%	6
Sismo	0	0%	6	100%	6
Disp. S.	0	0%	6	100%	6
Cap.	6	100%	0	0%	6
Aprov. (%)	0	0%	6	100%	6

Disp.: disposición relativas a las armaduras.

Armadura: armadura min. y máx (armadura longitudinal).

Q (%): estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas).

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

Disp. S.: criterios de diseño por sismo.

Cap.: diseño por capacidad.

Aprov. (%): porcentaje de aprovechamiento.

Sism.: criterios de diseño por sismo.



Figura 5.28 Cuadro comparativo de la cantidad de errores en las columnas tipo C3 en el Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.2.4 Errores en comprobaciones del total de columnas que no cumplen (C1, C2, C3)

Tabla 5.27 Cantidad de errores presentes en todas las columnas que no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

TOTAL COLUMNAS					
Comprobaciones	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
Disp.	140	100%	0	0%	140
Armadura	17	12%	123	88%	140
Q (%)	140	100%	0	0%	140
N, M (%)	140	100%	0	0%	140
Sismo	0	0%	140	100%	140
Disp. S.	17	12%	123	88%	140
Cap.	6	4%	134	96%	140
Aprov. (%)	0	0%	140	100%	140

Disp.: disposición relativas a las armaduras.

Armadura: armadura min. y máx (armadura longitudinal).

Q (%): estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas).

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

Disp. S.: criterios de diseño por sismo.

Cap.: diseño por capacidad.

Aprov. (%): porcentaje de aprovechamiento.

Sism.: criterios de diseño por sismo.

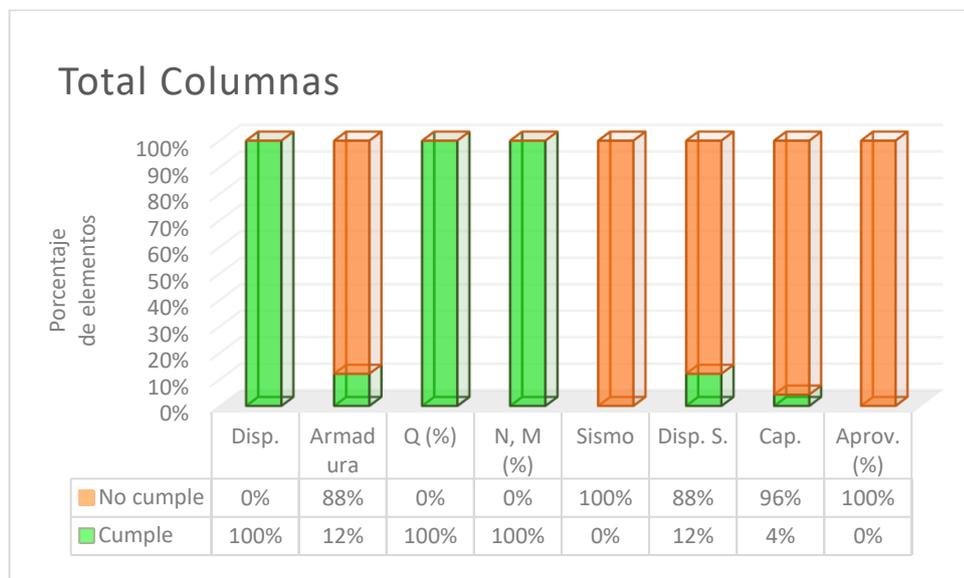


Figura 5.29 Cuadro comparativo de la cantidad de errores presentes en todas las columnas que no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.2.5 Errores en comprobaciones del total de vigas que no cumplen (V1)

Tabla 5.28 Cantidad de errores presentes en todas las vigas que no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

TOTAL VIGAS - TIPO V1					
Comprobaciones	Cumple		No cumple		Total
	Cant. (u)	Porc. %	Cant. (u)	Porc. %	
<b>Comprobaciones de resistencia</b>					
Disp.	188	100%	0	0%	188
Armadura	185	98%	3	2%	188
Sism.	173	92%	15	8%	188
Disp. S.	173	92%	15	8%	188
Cap. H.	174	93%	14	7%	188
Cap. S.	174	93%	14	7%	188
<b>Fisura</b>					
Fisuración	186	99%	2	1%	188
<b>Comprobaciones de flecha</b>					
Compr. flecha	188	100%	0	0%	188

Disp.: disposición relativas a las armaduras.

Armadura: armadura min. y máx (armadura longitudinal).

Sism.: criterios de diseño por sismo.

Disp. S.: criterios de diseño por sismo.

Cap. H.: cortante de diseño para vigas.

Cap. S.: resistencia a cortante de elementos en flexión.

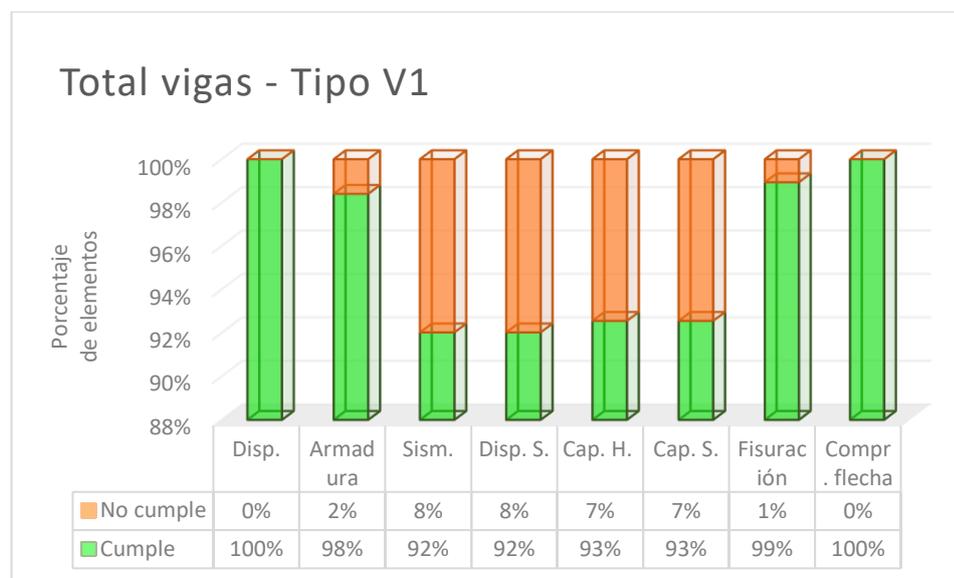


Figura 5.30 Cuadro comparativo de la cantidad de errores presentes en todas las vigas que no cumplen en el Hospital “Moreno Vázquez”.

### 5.3 Recomendaciones en base a la evaluación estructural

De acuerdo a la evaluación estructural se consideran los elementos con medio o bajo grado de seguridad, siendo estos los que presentan problemas, y a los cuales se redacta una recomendación sugerida, y se deja al criterio de las autoridades su consideración o acatación.

#### 5.3.1 Aspectos relacionados con la ubicación geográfica del establecimiento de salud.

Tabla 5.29 Cuadro de recomendaciones sugeridas respecto a la ubicación geográfica.

Elementos evaluados	Problemática	Actividades
1.1.1 Fenómenos geológicos		
Sismos.	La Institución se encuentra ubicada en una zona sísmica.	Cerciorarse de que la estructura presente un diseño sismo-resistente.
Deslizamientos.	Dentro del emplazamiento existe un talud.	Existe un muro de contención.
1.1.2 Fenómenos hidrometeorológicos		
Lluvias torrenciales.	Existen precedentes de inundaciones dentro de la institución.	Limpieza de las alcantarillas.
Penetraciones del mar o río.	Debajo del emplazamiento cruza una quebrada.	Existe una tubería para desviar la quebrada.
Deslizamientos.	Debido al talud presenta cierto riesgo.	El muro de contención mantiene el talud en su lugar.
1.1.3 Fenómenos sociales		
Concentraciones de población.	La capacidad de servicio fue superada.	Ampliación de la zona de atención.
1.2 Propiedades geotécnicas del suelo		
Talud inestable.	La pendiente del talud genera cierto riesgo.	El muro de contención mantiene el talud en su lugar.

### 5.3.2 Aspectos relacionados con la seguridad estructural

Tabla 5.30 Cuadro de recomendaciones sugeridas respecto a la seguridad estructural.

Elementos evaluados	Problemática	Actividades
2.1 Seguridad debida a antecedentes del establecimiento		
2. ¿El hospital ha sido reparado o construido utilizando estándares actuales apropiados?	El proceso de construcción se desarrolló a lo largo de los años con diferentes normas, muchas de ellas se encuentran fuera de uso.	Realizar los reforzamientos necesarios en la estructura acorde a la norma actual.
3. ¿El hospital ha sido remodelado o adaptado afectando el comportamiento de la estructura?	Se han llevado a cabo gran cantidad de remodelaciones y nuevas construcciones dentro de la Institución debido a la falta de espacio, sin ninguna continuidad ni similitud de diseños.	Corregir los fallos generados a partir de estas adaptaciones con reforzamientos, y procurar una continuidad en sus próximas adaptaciones.
2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.		
6. Interacción de los elementos no estructurales con la estructura.	Existe la presencia de columnas cortas.	Se debe aislar mampostería en donde se genera columna corta, o construir falsas columnas.
7. Proximidad de los edificios (martilleo, túnel de viento, incendios, etc.).	El muro de la Institución está construido sin ninguna separación de la edificación en su límite derecho.	Generar una junta constructiva mediante la construcción de columnas gemelas, o juntar ambas estructuras para evitar el martilleo de las estructuras.
8. Redundancia estructural.	Presente al menos 3 líneas de resistencia en cada dirección.	Construir diagonales rigidizadoras en las zonas de riesgo.
9. Detallamiento estructural incluyendo conexiones.	Edificio construido en los años 1970 y 1990.	Realizar las correcciones necesarias de acuerdo a la norma actual.

### 5.3.3 Aspectos relacionados con la seguridad no estructural

Tabla 5.31 Cuadro de recomendaciones sugeridas respecto a la seguridad no-estructural.

Elementos evaluados	Problemática	Actividades
3.1 Líneas vitales (instalaciones)		
3.1.1 Sistema eléctrico		
17. Seguridad de las instalaciones, ductos y cables eléctricos.	El cableado se encuentra a la interperie, sin un orden establecido ni protección debido a las adaptaciones que se han realizado en el transcurso de los años.	Proteger los cables necesarios.
18. Sistema redundante al servicio local de suministro de energía eléctrica.	Gran cantidad del cableado antiguo no ha sido retirado y continúa presente en la edificación.	Realizar un mapa del cableado actual y retiro de los cables que se encuentran en desuso.
3.1.2 Sistema de telecomunicaciones		
22. Estado técnico de las antenas y soportes de las mismas.	No tiene ya que es un hospital pequeño y no hay necesidad.	Implementar un sistema de comunicación emergente en caso de desastres.
23. Estado técnico de sistemas de baja corriente (conexiones telefónicas/cables de Internet).	Estas conexiones no presenten ningún orden debido a las adaptaciones que se han realizado a lo largo de los años.	Realizar un mapa del cableado actual y retiro de los cables que se encuentran en desuso.
3.1.3 Sistema de aprovisionamiento de agua		
29. Tanque de agua con reserva permanente suficiente para proveer al menos 300 litros por cama y por día durante 72 horas.	El tanque de reserva tiene una capacidad de 1000 lt. Cubre una demanda menor de 24 horas.	Construir tanques de reservas.
30. Los depósitos se encuentran en lugar seguro y protegido.	Los tanques se encuentran a la interperie sin ninguna protección.	Construir una estructura de protección para los tanques.
32. Seguridad del sistema de distribución.	No ha sido renovado desde el establecimiento de la Institución.	Es necesario realizar la renovación de las tuberías.
33. Sistema de bombeo alterno.	Todas las bombas están en regular estado de operación.	Por su tiempo de vida es necesario considerar una renovación de la misma.

3.1.4 Depósito de combustible (gas, gasolina o diesel):		
34. Tanques para combustible con capacidad suficiente para un mínimo de 5 días.	Tiene una reserva para menos de 3 días y su centro de almacenaje no presenta mayores seguridades.	Reemplazar el depósito de combustible con una capacidad suficiente y un cuarto de almacenaje con las seguridades necesarias.
35. Anclaje y buena protección de tanques y cilindros.	Se aprecian anclajes insuficientes.	Colocar anclajes suficientes para los cilindros.
36. Ubicación y seguridad apropiada de depósitos de combustibles.	Está ubicado en una edificación antigua con una cubierta de madera, alejada de la estructura principal de la Institución.	Reconstruir la cubierta de madera, limpiar el interior y reemplazar la puerta del depósito son un sistema de mayor seguridad.
37. Seguridad del sistema de distribución (válvulas; tuberías y uniones).	Entre 60 y 80 % se encuentra en buenas condiciones de operación, ya que no ha sido renovado desde el establecimiento de la Institución	Renovar las partes más antiguas del sistema.
3.1.5 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.)		
38. Almacenaje suficiente para 15 días como mínimo.	Su almacenaje es para menos de 10 días y su sustento es diario.	Contar con un almacenaje mayor a 15 días.
39. Anclaje de tanques, cilindros y equipos complementarios.	Los anclajes no son de buen calibre.	Establecer mejores sistemas de anclaje para los cilindros de uso constante.
40. Fuentes alternas disponibles de gases medicinales.	No existen fuentes alternas.	Incorporar fuentes alternas de gases medicinales.
42. Seguridad del sistema de distribución (válvulas; tuberías y uniones).	Algunos de sus sistemas no han sido renovados desde el establecimiento de la Institución.	Renovar las partes más antiguas del sistema.
43. Protección de tanques y/o cilindros y equipos adicionales.	Algunos de sus tanques se encuentran en una zona de circulación libre, aunque no constante.	Construir estructuras de protección de tanques y/o cilindros.
44. Seguridad apropiada de los recintos.	Áreas reservadas para almacenar gases, pero sin medidas de seguridad apropiadas.	Aislar los sitios de ubicación de los tanques y/o cilindros fuera del alcance del personal no autorizado.

3.2 Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas.		
51. Funcionamiento de los equipos.	Se usa sistema eléctrico porque el caldero quedó en disfunción por su alto tiempo de vida.	Reparar el sistema inicial establecido.
3.4 Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento.		
63. Condición y seguridad del equipo médico para la atención de quemados.	No tiene atención de quemados por ser un Hospital de Nivel 2.	
79. Condición y seguridad del sistema de protección contra incendios.	Carece de red muerta y cisterna.	Implementar un sistema contra-incendio moderno.
83. Condición de las vías de acceso al hospital.	Se encuentra en el centro de la ciudad con calles estrechas y alta circulación de tráfico.	Realizar un mejor control de tráfico y reorganizar los ingresos para dejar más libre la zona de acceso a emergencia.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- Las amenazas detectadas presentan un nivel de riesgo bajo, siendo la más representativa de ellas la densidad poblacional, esta genera la posibilidad de empeorar las situaciones de emergencia por el alto movimiento vehicular y circulación de personas en el lugar de ingreso al Hospital.
- De acuerdo al estudio de suelos realizado se obtuvo un suelo tipo C con un  $q_{adm} = 2 \text{ kg/cm}^2$  a la profundidad de la cimentación, lo que expresa buenas características para la construcción sin riesgos de licuefacción o características similares.
- Al aplicar el Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH), se obtuvo un índice de seguridad de 0,64, en el límite de una categoría B-A, este valor determina que la edificación requiere medidas a corto plazo. De acuerdo a los aspectos considerados la estructura en sí no presenta daños visuales; existen elementos que necesitan mantenimiento, por su antigüedad; además el propósito de planificación de los espacios no ha sido respetado, afectando la funcionalidad de la Institución Hospitalaria.
- Se realizó el levantamiento de datos que permitieron la ejecución de la maqueta virtual con sus detalles arquitectónicos y estructurales. Esta herramienta sirve para la presentación y visualización de la edificación en detalle, sus instalaciones y facilita la modelación dinámica, además permite generar planes de mantenimiento rutinario local y general, de instalaciones, y otros del Hospital.
- Se modela dinámicamente la edificación hospitalaria con la agrupación de cargas especificadas en la norma NEC-14, y se identifican los miembros estructurales que no cumplen el diseño por Estado de Límite Último (ELU) y sus fallas frente a las exigencias de la normativa vigente.
- La gran mayoría de los elementos no cumplen requerimientos de diseño sísmico, esto constituye un riesgo ante la amenaza permanente de alto peligro

sísmico de la zona. Otro aspecto a tomar en consideración es la característica que exhibe la estructura de columna débil – viga fuerte, esta no es la forma correcta de construcción en nuestro medio, debido a que durante un evento sísmico las columnas son las primeras en fallar pudiendo ocasionar el colapso de la estructura. Por falta de justas constructivas adecuadas existe peligro de “martilleo” en caso de sismo, por lo que se debería procurar corregir este inconveniente, o ligar las estructuras continuas para evitar ésta situación. Por último, es importante mencionar que a pesar de que visualmente la estructura parece segura, la modelación dinámica demuestra un alto porcentaje de elementos estructurales que no cumplen. En virtud de lo expuesto la modelación estructural determinó que el nivel de vulnerabilidad estructural es alto y se contradice con la obtenida en el ISH.

**Recomendaciones:**

- A partir de las conclusiones detalladas en la evaluación, la administración del Hospital puede considerar estos puntos para realizar una inversión correcta en los aspectos que son necesarios corregir a corto plazo, para mejorar la seguridad institucional, se tiene que establecer una evaluación detallada y precisa de la Institución hospitalaria.
- Una vez finalizada la investigación, podemos determinar que la estructura no se encuentra en el mejor estado para prestar el nivel de servicio que necesita el cantón Gualaceo; esta conclusión está basada en algunos aspectos principales: su capacidad operativa no cubre la demanda, el estado de la estructura es crítico y la Institución llegó a su tiempo de vida límite. Es así que se concluye que la edificación no es apta para brindar el servicio asignado actualmente, para que este sea el caso la inversión económica necesaria es demasiado alta, a pesar de su estado podría continuar en funcionamiento cambiando su objetivo de servicio a centro de salud.
- Es indispensable continuar investigando en el tema de Hospitales Seguros frente a Desastres, como en otros hospitales se recomienda se continúe en el análisis no lineal estructural de la entidad hospitalaria de la ciudad de Gualaceo.

## BIBLIOGRAFÍA

© 2016 Graphisoft SE. (Junio de 2016). *Archicad*. Obtenido de Graphisoft: A nemetschek company: <http://www.graphisoft.com/archicad/>

ACI. (Julio de 2016). *ProductDetail*. Obtenido de American Concrete Institute (ACI): <https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=31814>

Agisoft. (Julio de 2016). *Agisoft*. Obtenido de Agisoft: <http://www.agisoft.com/>

Argudo Rodríguez, I. (1995). *Informe técnico evaluativo de los daños producidos por el sismo del 2 de Octubre de 1995 en el Hospital de Tena: Dr. José María Velasco Ibarra y sus posibles soluciones*. OPS/OMS, Consultor.

Argudo Rodríguez, I. J. (s.f.). *Evaluación y reforzamiento de Hospitales en Ecuador*. Obtenido de Jaime Argudo - Ingeniería Geotécnica, Sísmica y Estructural: <http://jaimeargudo.com/estudios-hospitales/evaluacion-y-reforzamiento-de-hospitales-vulnerables-en-el-ecuador/>

Autodesk Inc. (Julio de 2016). *Revit*. Obtenido de Autodesk: <http://www.autodesk.com/products/revit-family/overview>

Autodesk Inc. (Julio de 2016). *Revit*. Obtenido de Autodesk: <http://www.autodesk.com/products/revit-family/overview>

BBC Mundo. (20 de abril de 2016). *Terremoto de magnitud 7,8 en la Zona costera de Ecuador deja más de 600 muertos*. Obtenido de BBC Mundo: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160416\\_ecuador\\_terremoto\\_magnitud\\_colombia\\_peru\\_bm](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160416_ecuador_terremoto_magnitud_colombia_peru_bm)

CAMICON. (Julio de 2016). *Cámara*. Obtenido de CAMICON: Cámara de la Industria de la Construcción: <http://www.camicon.ec/mision-vision-camicon/>

Cartografía de Canaria, S.A. (Julio de 2016). *Ortofotos*. Obtenido de Mapas de Canarias: Cartografía de Canarias S.A. (GRAFCAN): <https://www.grafcan.es/ortofotos>

Chimbo, D. (2015). Implementación de herramientas de control interno en el Hospital Cantonal "Moreno Vásquez" de Gualaceo. (I. C. Peña, Ed.) 295.

CYPE Ingenieros, S.A. (Julio de 2016). *CYPE Ingenieros*. Recuperado el 2016, de CYPE Ingenieros: Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción: <http://programas.cype.es/>

CYPE Ingenieros, S.A. (Julio de 2016). *CYPECAD*. Obtenido de CYPE Ingenieros: Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción: <http://cypecad.cype.es/>

dji. (Julio de 2016). *Aircraft*. Obtenido de dji: [http://www.dji.com/product/phantom-3-pro?gclid=CjwKEAjwqpK8BRD7ua-U0orrgkESJADIN3YBLksqcxuJm7zKoiBNqzvpmrWn2bk31j\\_LuqmoN0x4xoCvfw\\_wcB](http://www.dji.com/product/phantom-3-pro?gclid=CjwKEAjwqpK8BRD7ua-U0orrgkESJADIN3YBLksqcxuJm7zKoiBNqzvpmrWn2bk31j_LuqmoN0x4xoCvfw_wcB)

El Universo. (17 de abril de 2016). *Sismos más potentes que han afectado Ecuador*. Obtenido de <http://www.eluniverso.com/noticias/2016/04/17/nota/5531580/sismos-mas-potentes-que-han-afectado-ecuador>

Encalada, D. D. (7 de Diciembre de 2015). Doctor. (V. Serrano, Entrevistador) Gualaceo.

Google Maps. (julio de 2016). *Google Maps*. Obtenido de Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/place/Hospital+Moreno+Vazquez,+Gualaceo/@-2.8888803,-78.7855113,16z/data=!4m5!3m4!1s0x91cd058f827d0725:0x720db6072e1d8f88!8m2!3d-2.8890401!4d-78.7810907?hl=en>

MIDUVI. (Julio de 2016). *Objetivos*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/objetivos/>

MIDUVI; CAMICON. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-14)*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI); Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON). (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS)*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

Ministerio de Salud Pública. (2014). *Egresos hospitalarios por establecimiento de salud*. Obtenido de Ministerio de Salud Pública: <https://public.tableau.com/profile/publish/egresoshospitalariosinec2014/Menu#!/publish-confirm>

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). (Julio de 2016). *Inicio*. Obtenido de Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC): <http://www.normaconstruccion.ec/>

Organización Panamericana de la Salud. (2008). *Índice de Seguridad Hospitalaria*. Obtenido de Organización Panamericana de la Salud: [http://www.paho.org/disasters/index.php?option=com\\_content&view=category&id=907&layout=blog&Itemid=884&lang=es](http://www.paho.org/disasters/index.php?option=com_content&view=category&id=907&layout=blog&Itemid=884&lang=es)

Organización Panamericana de la Salud. (2008). *Índice de seguridad hospitalaria: Guía del evaluador de hospitales seguros*. Recuperado el 2015, de Preparativos para situaciones de emergencia y socorro en casos de desastres: <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/6250/SafeHosEvaluatorGuideSpa.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Organización Panamericana de la Salud. (Mayo de 2010). *Indicadores Básicos de Salud*. Obtenido de Organización Panamericana de la Salud: [http://www.paho.org/els/index.php?option=com\\_content&view=article&id=25&Itemid=135](http://www.paho.org/els/index.php?option=com_content&view=article&id=25&Itemid=135)

Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). *Disaster Archives*. Recuperado el 08 de 12 de 2015, de Preparativos para situaciones de emergencia y socorro en casos de desastres:

[http://www.paho.org/disasters/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1933&Itemid=915&lang=es](http://www.paho.org/disasters/index.php?option=com_content&view=article&id=1933&Itemid=915&lang=es)

Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). Hospitales seguros ante inundaciones. Washington, D.C., 2006: Biblioteca Sede OPS - Catalogación en la fuente. Recuperado el 25 de Noviembre de 2015

Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). *Índice de Seguridad Hospitalaria*. Recuperado el 08 de 12 de 2015, de Preparativos para situaciones de emergencia y socorro en casos de desastres: [http://www.paho.org/disasters/index.php?option=com\\_content&view=category&id=907&layout=blog&Itemid=884&lang=es](http://www.paho.org/disasters/index.php?option=com_content&view=category&id=907&layout=blog&Itemid=884&lang=es)

Pesántez, I. R. (2016). *Informe geotécnico para la evaluación estructural de la entidad hospitalaria Hospital Moreno Vásquez - Cantón Gualaceo - Prov. Azuay*. Cuenca.

Picó, E. C. (Octubre de 2008). Introducción a la tecnología BIM. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña. Obtenido de <http://www.practicaintegrada.com/storage/tecnologiabim/>

Proceq. (Julio de 2016). *Concrete Rebound Test Hammer - Original Schmidt*. Obtenido de Proceq.

Real Academia Española. (Julio de 2016). *23a Edición del Diccionario de la Lengua Española - Edición del Tricentenario*. Obtenido de Real Academia de la Lengua: <http://dle.rae.es/?id=ED2QqnQ>

Robert Bosch GmbH. (Julio de 2016). *Herramientas eléctricas Bosch para la construcción y la industria*. Obtenido de Bosch: Innovación para tu vida.

Rodríguez Ortiz, J. M., Serra Gesta, J., & Oteo Mazo, C. (1989). *Curso aplicado de cimentaciones* (Cuarta ed.). Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2014). *Proyecciones referenciales de población cnatonal según años en grupos de edades*.

Sistema Nacional de Información (SNI). (Junio de 2016). Obtenido de Sistema Nacional de Información: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/RESPALDOS/APLICATIVO%20DISTRITOS/delimitacion%20circuitos%20y%20distritos/CIRCUITOS%20Y%20DISTRITOS/DISTRITOS/DISTRITOS\\_ZONA\\_6.xlsx](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/RESPALDOS/APLICATIVO%20DISTRITOS/delimitacion%20circuitos%20y%20distritos/CIRCUITOS%20Y%20DISTRITOS/DISTRITOS/DISTRITOS_ZONA_6.xlsx)