

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE POSGRADO EN INGENIERÍA Y CIENCIAS

**VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO PRINCIPAL DEL
HOSPITAL EUGENIO ESPEJO**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGISTER (M.Sc) EN
INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

DARÍO JAVIER CASTILLO SARANGO
dariojcastillo@gmail.com

DIRECTOR: ING. PATRICIO PLACENCIA M.Sc
patohpla@hotmail.com

Quito, Enero 2016

DECLARACIÓN

Yo, Darío Javier Castillo Sarango, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Darío Javier Castillo Sarango

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Darío Javier Castillo Sarango, bajo mi supervisión.

Ing. Patricio Placencia M.Sc
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los profesores que formaron parte de la carrera de Ingeniería Civil y que ahora se encuentran gozando de su beneficio de jubilación, ellos sin duda son referentes en el ámbito profesional y personal para quienes tuvimos el privilegio de conocerlos y ser sus alumnos, en especial al Ingeniero Patricio Placencia, quién ha sabido guiar este trabajo de una manera clara y objetiva, gracias ingeniero por confiar en mi como ejecutor del presente trabajo.

Gracias también a mis padres Alcívar y Barbarita, quienes nunca han dejado de confiar en mí y siempre han tenido palabras de aliento, Danilo y Diego, gracias por su ayuda, a mis sobrinos y sobrinas gracias por su cariño.

A mi esposa María Fernanda, gracias por paciencia, por tu complicidad y por todo tu amor, el cumplimiento de este trabajo no hubiera sido posible sin tu apoyo, gracias mi vida.

DEDICATORIA

*A mis hijos, Benjamín, Raquelita y María Paz
Gracias hijos míos por ser la razón de mi vida,
Los amo infinitamente*

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	II
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
PRESENTACIÓN	XIII
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.3 ALCANCE	2
1.4 PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN AFINES REALIZADOS	3
1.5 VARIABLES Y TÉRMINOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
CAPÍTULO 2	5
EDIFICACIONES ESENCIALES	5
2.1 CONCEPTO DE EDIFICACIONES ESENCIALES	5
2.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES ESENCIALES	6
2.2.1 COMPLEJIDAD	6
2.2.2 OCUPACIÓN	7
2.2.3 SUMINISTROS CRÍTICOS	7
2.2.4 SERVICIOS PÚBLICOS	7
2.2.5 MATERIALES PELIGROSOS	7
2.2.6 ARTÍCULOS PESADOS	8
2.3 ASPECTOS NORMATIVOS	8

2.3.1	FACTOR DE IMPORTANCIA.....	9
2.3.2	CONTROL DE LOS DESPLAZAMIENTOS.....	9
2.3.4.	PROTECCIÓN DE COMPONENTES NO ESTRUCTURALES ...	10
CAPÍTULO 3	12
EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE	12
3.1	DESCRIPCIÓN DEL NUEVO HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO – EDIFICIO PRINCIPAL.....	12
3.2	SELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL BLOQUE A SER ANALIZADO.	15
3.3	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO A SER ESTUDIADO.....	16
3.3.1	CIMENTACIÓN	19
3.3.2	MUROS DE SÓTANO.....	20
3.3.3	COLUMNAS	21
3.3.4	LOSAS	22
3.3.5	VIGAS	24
3.3.6	MUROS DE CORTE.....	24
3.3.7	ESCALERAS.....	26
3.3.8	MATERIALES.....	27
CAPÍTULO 4	29
VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO PRINCIPAL DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO	29
4.1	INTRODUCCIÓN.....	29
4.2	REVISIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL.....	29
4.2.1	ANÁLISIS DE CARGAS	29
4.2.1.1	Carga Viva.....	30
4.2.1.2	Carga Muerta	30
4.2.1.3	Fuerzas sísmicas de diseño.....	31
4.2.1.4	Distribución de fuerzas laterales.	36
4.2.1.5	Procedimiento dinámico del cálculo de fuerzas.....	37
	Acelerograma calculado con el CEC 2000	38
4.3	ELABORACIÓN MODELO MATEMÁTICO	42
4.3.1	GEOMETRÍA Y ELABORACIÓN DEL MODELO	42
4.3.2	REVISIÓN DESPLAZAMIENTOS DEL SISTEMA DE PISO, ANTES DE DEFINIRLO COMO RÍGIDO O SEMI RÍGIDO	43

4.3.3	DEFINICIÓN DE SECCIONES.....	45
4.3.3.1	Vigas y Columnas	45
4.3.3.2	Muros de Corte.....	46
4.3.3.3	Losas.....	46
4.3.4	ASIGNACIÓN DE CARGAS.....	47
4.3.4.1	Carga Permanente y Carga Viva.....	47
4.3.4.2	Carga Sísmica.....	48
4.3.4.3	Definición del análisis modal espectral.....	50
4.3.5	DEFINICIÓN DE LA MASA	51
4.3.6	COMBINACIÓN DE CARGAS.....	52
4.4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	53
4.4.1	DERIVAS DE PISO	53
4.4.2	REVISIÓN DISEÑO DE UNA VIGA.....	55
4.4.3	ANÁLISIS DEL DETALLAMIENTO DEL ACERO DE REFUERZO EN VIGAS.	62
4.4.4	REVISIÓN DEL DISEÑO DE COLUMNA TIPO CRUZ.....	69
4.4.4.1	Cálculo de puntos n.....	70
4.4.4.2	Otables del diagrama de interacción.	70
4.4.4.3	Cálculo ubicación del eje neutro.....	70
4.4.4.4	Determinación de fuerzas:.....	71
4.4.4.5	Efectos de esbeltez:	73
4.4.4.6	Cálculos de momentos de inercia:	74
4.4.4.7	Cálculo del factor de longitud efectiva k	75
4.4.4.8	Cálculo de rigidez a flexión:.....	76
4.4.4.9	Cálculo de la carga crítica de Euler, P_c	76
4.4.4.10	Cálculo del factor de amplificación de momentos, δ	76
4.4.4.11	Refuerzo Transversal.	77
4.4.4.12	Cálculo de A_v	80
4.4.4.13	Diagrama momento curvatura columna sección cruz.....	81
4.4.5	REVISIÓN CONEXIÓN VIGA-COLUMNA RECTANGULAR.....	84
4.4.5.1	Refuerzo transversal.	88
4.4.5.2	Cortante en el nudo.....	89

4.4.5.3 Resistencia a cortante en el nudo	93
4.4.5.4 Relación de resistencia a flexión.....	96
4.4.5.5 Acero longitudinal de vigas y columnas que pasan a través de nudo.....	97
CAPÍTULO 5.....	99
ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA MAMPOSTERÍA EN LA ESTRUCTURA DEL HOSPITAL.....	99
5.1 DESCRIPCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.....	99
5.1.1. PISO BLANDO	100
CAPITULO 6.....	104
EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL HOSPITAL SIGUIENDO LA METODOLOGÍA INDICADA POR LA ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD - OPS EN EL DOCUMENTO “ÍNDICE DE SEGURIDAD HOSPITALARIA”.....	104
6.1 EL ÍNDICE DE SEGURIDAD HOSPITALARIA.....	104
6.2. PROCEDIMIENTO PARA OBTENERE EL ÍNDICE DE SEGURIDAD.....	105
6.1.1. INSPECCIÓN PRELIMINAR DEL ENTORNO.....	105
6.1.2. APLICACIÓN DE LA LISTA DE VERIFICACIÓN	105
6.1.3. MODELO MATEMÁTICO	106
6.2. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE SEGURIDAD DEL HOSPITAL EUGENIO ESPEJO.....	107
6.2.1. LISTA DE VERIFICACIÓN DE HOSPITALES SEGUROS Y OBTENCIÓN DE MODELO MATEMÁTICO.....	107
6.2.2. CÁLCULO DEL RANGO A SER USADO PARA COMPUTAR LOS ÍNDICES DE SEGURIDAD Y VULNERABILIDAD.....	129
6.2.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SEGURIDAD Y EL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD.....	130
6.2.4. RECOMENDACIÓN DE LA INTERVENCIÓN DE ACUERDO AL ÍNDICE DE SEGURIDAD.....	130
CAPÍTULO 7.....	133
DIAGNOSTICO DE LA EDIFICACIÓN PRINCIPAL HOSPITAL EUGENIO ESPEJO.....	133

7.1 DESCRIPCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.....	133
7.1.1 PISO BLANDO	133
7.1.2 COLUMNA CORTA.....	135
7.2 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	136
TABLA 7. 1 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	136
7.3 ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA.....	136
7.3.1 VIGAS	137
7.3.2 COLUMNAS.....	138
7.3.3 CONEXIÓN VIGA COLUMNA.....	138
CAPÍTULO 8.....	140
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	140
8.1 CONCLUSIONES.....	140
8.2 RECOMENDACIONES.....	142
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144
ANEXOS	146
ANEXO N°1	147
INFORMACIÓN MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR- SUBSECRETARÍA NACIONAL DE PROVISIÓN DE SERVICIOS DE SALUD-DIRECCIÓN NACIONAL DE HOSPITALES.....	147
ANEXO N°2	154
PLANOS ESTRUCTURALES Y ARQUITECTÓNICOS DEL EDIFICIO PRINCIPAL DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Valores De ΔM Máximos, Expresados Como Fracción De La Altura de Piso.....	10
Tabla 4. 1 Pesos del esqueleto estructural.....	30
Tabla 4. 2 Análisis de carga permanente.....	31
Tabla 4. 3 Resumen cargas verticales.....	31
Tabla 4. 4 Parámetros para determinar el corte basal.....	32
Tabla 4. 5 Distribución vertical de fuerzas laterales.....	37
Tabla 4. 6 Acelograma elástico e inelástico.....	39
Tabla 4. 7 Parámetros para el cálculo del cortante basal.....	41
Tabla 4. 8 Resumen de derivas inelásticas en sentido x.....	54
Tabla 4. 9 Resumen de derivas inelásticas en sentido y.....	54
Tabla 4. 10 Combinaciones de carga para determinar la envolvente de momentos.....	57
Tabla 4. 11 Determinación de pb y mb.....	72
Tabla 4. 12 Acciones de cálculo.....	73
Tabla 4. 13 Combinaciones de carga.....	73
Tabla 4. 14 Cargas últimas.....	73
Tabla 4. 15 Cargas últimas.....	77
Tabla 6. 1: Clasificación del establecimiento de salud.....	107
Tabla 6. 2: Lista de verificación para obtener el índice de seguridad hospitalaria.....	108
Tabla 6. 3: Tabulación automática de las respuestas.....	128
Tabla 6. 4: Pesos verticales a ser usados en el modelo.....	128
Tabla 6. 5: Pesos verticales a ser usados en el modelo.....	128
Tabla 6. 6: Ingreso de los pesos horizontales a ser usados.....	129
Tabla 6. 7: Índice de seguridad.....	130
Tabla 7. 1: Estado límite deservicio.....	136

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3. 1: Distribución De Bloques.....	14
Gráfico 3. 2: Elevación Bloque A Del Hospital De Especialidades.....	14
Gráfico 3. 3: Ubicación Planta Bloque A	17
Gráfico 3. 4: Detalle De Antepechos	18
Gráfico 3. 5: Detalle De Antepechos Laterales, (Dimensiones En Mm)....	19
Gráfico 3. 6: Planta De Cimentación, Dimensiones (Mm).....	20
Gráfico 3. 7: Secciones Típicas De Muro De Sótano, Dimensiones.....	21
Gráfico 3. 8: Secciones Típicas De Columnas, Dimensiones En Mm.....	21
Gráfico 3. 9: Planta Tipo, Dimensiones En Mm.....	23
Gráfico 3. 10: Vigas Tipo, Dimensiones Mm.....	24
Gráfico 3. 11: Ubicación Muros De Corte.....	25
Gráfico 3. 12: Variación De Diafragmas En Altura.....	26
Gráfico 3. 13: Sección Típica De Escalera.....	27
Gráfico 4. 1 Clasificación de los suelos de quito.....	34
Gráfico 4. 4 Espectro dinámico c vs. T.....	38
Gráfico 4. 5 Espectro de diseño elástico e inelástico.....	40
Gráfico 4. 6 Vista 3d estructura del hospital eugenio espejo	43
Gráfico 4. 7 Desplazamiento eje "11" ante aplicación de fuerzas sísmicas en dirección x.....	43
Gráfico 4. 8 Desplazamiento eje "i" ante aplicación de fuerzas sísmicas en dirección y.....	44
Gráfico 4. 9 Definición de sección columna en modelo matemático.....	45
Gráfico 4. 10 Definición de sección agrietada de muro de corte.....	46
Gráfico 4. 11 Asignación propiedades al elemento tipo losa.....	47
Gráfico 4. 12 Asignación de cargas verticales: permanente y viva.....	48
Gráfico 4. 13 Asignación de carga sísmica, de acuerdo a cpe inen 5.....	49
Gráfico 4. 14 Asignación de carga sísmica, de acuerdo a nec.....	49
Gráfico 4. 15 Definición de espectro de acuerdo a cec 2000.....	50
Gráfico 4. 16 Definición de espectro.....	51
Gráfico 4. 17 Definición de la masa.....	52
Gráfico 4. 18 Llosa no. 6+55.....	56
Gráfico 4. 19 Envolvente de momentos, viga eje8, nv +6.55.....	56
Gráfico 4. 20 Envolvente de momentos viga eje 8, nv+ 6.60.....	58
Gráfico 4. 21 Secciones de vigas y propiedades de materiales.....	58
Gráfico 4. 22 Cálculo acero de refuerzo	59
Gráfico 4. 23 Factor a.....	59
Gráfico 4. 24 Momentos probables determinados en función a la armadura longitudinal colocada en las vigas.....	60
Gráfico 4. 25 Cortante por carga vertical.....	60
Gráfico 4. 26 Cortante hiperestático.....	60

Gráfico 4. 27 Cálculo acero de refuerzo transversal y comparación con acero transversal colocado.....	61
Gráfico 4. 28 Envolvente de momentos viga eje 8, nv+ 6.60.....	62
Gráfico 4. 29 Detallamiento acero de refuerzo eje f, viga 8, nv+6.60.....	62
Gráfico 4. 30 Sección viga 40x60.....	63
Gráfico 4. 31 Sección viga 40x60.....	66
Gráfico 4. 32 Sección de columna 5g, nv+3.25.....	69
Gráfico 4. 33 Deformaciones y fuerzas, columna 5g - nv+3.25.....	70
Gráfico 4. 34 Geometría bloque de compresión.....	71
Gráfico 4. 35 Diagrama de interacción columna 5g.....	72
Gráfico 4. 36 Ubicación de acciones últimas en diagrama de interacción.....	77
Gráfico 4. 37 Sección equivalente para determinar refuerzo transversal..	78
Gráfico 4. 38 Esquema para determinar Ash en dirección x.....	79
Gráfico 4. 39 Modelo esfuerzo deformación propuesto para carga monotónica del hormigón confinado y no confinado.....	83
Gráfico 4. 40 Modelo esfuerzo deformación para el acero.....	83
Gráfico 4. 41 Diagrama momento – curvatura, columna tipo cruz típica, segundo nivel medido desde el nivel del terreno.....	84
Gráfico 4. 42 Geometría del nudo, eje 8-f, nv+ 6.55.....	85
Gráfico 4. 43 Secciones de vigas del eje f que llega al nudo.....	85
Gráfico 4. 44 Desarrollo acero de refuerzo, vigas del eje f.....	86
Gráfico 4. 45 Secciones de vigas del eje 8 que llegan al nudo.....	86
Gráfico 4. 46 Detalle del acero de refuerzo de las vigas del eje 8.....	87
Gráfico 4. 47 Sección del nudo.....	88
Gráfico 4. 48 Armadura de losa que debe considerarse para determinar el cortante en el nudo.....	91
Gráfico 4. 49 Evaluación del cortante horizontal en el nudo alzado de nudo y sección de viga.....	93
Gráfico 4. 50 Determinación del ancho efectivo del nudo bj.....	94
Gráfico 4. 51 Longitud de desarrollo del refuerzo longitudinal de vigas.....	97
Gráfico 5. 1 Distribución de mampostería nv+10.85 hasta nv+37.29.....	100
Gráfico 5. 2 Deriva de piso, únicamente esqueleto estructural.....	101
Gráfico 5. 3 Deriva de piso, esqueleto estructural incluido mampostería..	101
Gráfico 5. 4 Diagrama de momento, sx.....	102
Gráfico 5. 5 Distribución de cortante, sx.....	102
Gráfico 5. 6 Diagrama de momento sx, modelo con mampostería.....	103
Gráfico 5. 7 Diagrama de cortante sx, modelo con mampostería.....	103
Gráfico 6. 1 Seguridad estructural del hospital.....	130
Gráfico 6. 2 Seguridad no - estructural del hospital.....	131
Gráfico 6. 3 Seguridad no - estructural del hospital.....	132
Gráfico 6. 4 Índice de seguridad hospitalaria.....	132

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3.1: Antiguo hospital eugenio-espejo.....	12
Fotografía 3.2: Nuevo hospital eugenio-espejo.....	13
Fotografía 3.3: Piso blando.....	133
Fotografía 3.4: Piso blando.....	134
Fotografía 3.5: Columna corta.....	135

RESUMEN

El hospital de especialidades Eugenio Espejo constituye una instalación de gran importancia para la sociedad ecuatoriana debido a la relevante función que desempeña antes, durante y después de un evento sísmico, por esta razón se vuelve necesario realizar un estudio de vulnerabilidad estructural.

Para determinar la vulnerabilidad sísmica del edificio principal del hospital de especialidades Eugenio Espejo, se realizó una revisión al diseño de los diferentes miembros estructurales tales como vigas, columnas, y conexión viga columna, además se analizó como cambia la respuesta de la estructura considerando la presencia de la mampostería ante cargas laterales, permitiendo identificar la presencia de configuraciones nocivas como piso blando y columnas cortas que vuelven crítico la seguridad estructural del hospital ante la presencia de un evento sísmico severo.

Para el cálculo de las fuerzas laterales se utilizó la norma CPE INEN 5. Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C), Ecuador, Quito, 2011; así también se determinó el índice de seguridad hospitalaria siguiendo la metodología de la Organización Panamericana de la Salud. *Índice de Seguridad Hospitalaria: Guía del evaluador de Hospitales Seguros*. Washington DC, 2008.

ABSTRACT

The Eugenio Espejo hospital of specialties is a facility of great importance for the Ecuadorian society due to its crucial role before, during and after a seismic event.

Based on the aforementioned, it becomes highly necessary to conduct a study of structural vulnerability. In order to conduct the seismic vulnerability evaluation of the Eugenio Espejo hospital main building, a design review of the different structural elements such as beams, columns, and beam-column connection was carried out.

Additionally, the effect of the masonry on the comportment of the structure under lateral loads was evaluated in order to identify the presence of harmful configurations such as soft story and short columns that make the structural safety of the hospital critical in the presence of a severe seismic event.

Regarding the calculation of lateral forces, the Ecuadorian Code of Construction, CPE INEN 5 2011, was used. The hospital safety index was also determined following the methodology described in the document "Hospital Safety Index: Guide for the Evaluator of Safe Hospitals" developed by the Pan American Health Organization - PAHO. It is recommended to study the best option to stiffen the structure taking into account that the different services provided by the hospital cannot be affected.

PRESENTACIÓN

Las edificaciones esenciales como los Hospitales, son instalaciones de gran importancia para una sociedad debido a la relevante función que desempeña en una comunidad antes, durante y después de un evento sísmico.

El Hospital de Especialidades Eugenio Espejo constituye la unidad de salud pública de mayor complejidad del país, y es el establecimiento más emblemático del sistema de salud pública con 15 especialidades médicas, 14 especialidades quirúrgicas y 11 servicios centrales, razón por la cual se vuelve necesario realizar un estudio de vulnerabilidad estructural a fin de determinar sistemas de reforzamiento que permitan a la estructura del hospital tener un comportamiento adecuado ante la presencia de eventos sísmicos severos.

En la actualidad un alto porcentaje de infraestructura hospitalaria construida hace más de treinta años, carece de consideraciones sismo resistentes, razón por la cual necesitan ser intervenidas. Los registros existentes de los últimos tiempos reportan como los eventos sísmicos han afectado significativamente diferentes instalaciones de esta naturaleza en Latinoamérica las cuales han sido afectadas, en mayor o menor grado, reduciendo la capacidad de prestar el servicio a la comunidad, generando un escenario que compromete la prestación del servicio a las personas afectadas.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El ser humano ha enfrentado históricamente los efectos que son generados producto del efecto de terremotos, tan solo en pleno siglo XX producto de la ocurrencia de eventos sísmicos en promedio de ha registrado catorce mil muertos en promedio anualmente, superando las cifras de otros eventos catastróficos entre los que se puede mencionar ciclones, huracanes avalanchas, erupción de volcanes.

Los hospitales tienen una importancia vital, dada la importante actividad que desempeñan en la atención de la comunidad, especialmente en la atención de emergencias que se generan luego de sucedido un evento sísmico considerado de alto nivel de riesgo, por ende, es necesario evaluar la vulnerabilidad estructural de tal manera que puedan definirse lineamientos a fin de que estas estructuras tengan comportamientos adecuados ante la presencia de sismos severos.

Se ha registrado para América Latina y el Caribe, en el período que abarca de 1981 a 1996, la infraestructura que ha sido afectada por eventos sísmicos reportando una cifra de noventa y tres hospitales y quinientas treinta y ocho unidades del sistema sanitario, siendo afectados sensiblemente, debido al colapso o la generación de vulnerabilidad, siendo necesario el desalojo, esto ha repercutido en que un número de veinticuatro mil camas han quedado inoperativas (O.P.S, 2000).

En cuanto al nivel de pérdida directa se estima que la cifra asciende a tres mil ciento veinte millones de dólares, esta cifra ha sido estimada a partir del costo promedio regional por cama que asciende a ciento treinta millones (O.P.S, 2003).

1.2 OBJETIVOS

- Realizar una revisión del diseño estructural del edificio principal del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo utilizando la norma CPE INEN 5. Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C), Ecuador, Quito, 2011, con el fin de identificar si existe o no vulnerabilidad estructural.
- Determinar el “*Índice de Seguridad Hospitalaria*” siguiendo el procedimiento desarrollado por la O.P.S, con la finalidad de identificar el índice de seguridad del hospital y compararlo con el diagnóstico estructural.
- Determinar la influencia de la mampostería en el comportamiento estructural del hospital.
- Recomendar un plan de reforzamiento de la estructura del hospital.

1.3 ALCANCE

El presente trabajo tiene como alcance examinar los principales requerimientos vinculados a evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales como lo es el Hospital de Especialidades Eugenio Espejo. Tomando en cuenta la importancia de un hospital para una sociedad, se pretende realizar una evaluación y así determinar qué tipo de daños se espera en la estructura del hospital ante la aparición de un evento sísmico de naturaleza severa para recomendar un plan de reforzamiento del hospital con el fin de que éste pueda cumplir su función durante y después de una catástrofe, asegurando la atención médica a la población y conservando un activo que es valioso para la sociedad.

Se revisará el Índice de Seguridad Hospitalaria utilizando el procedimiento descrito por la O.P.S; así también se obtendrá el nivel de seguridad hospitalaria el cual será contrastado con el diagnóstico estructural del hospital.

1.4 PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN AFINES REALIZADOS

La Organización Panamericana de la Salud, conjuntamente con otras instituciones, entre ellos la Escuela Politécnica Nacional, han elaborado estudios acerca de la mitigación de desastres en edificaciones sanitarias, orientados a los administradores hospitalarios, funcionarios y personal en general, también ha considerado arquitectos, ingenieros diseñadores y constructores, en otro nivel al personal técnico que se encarga de la operación y el mantenimiento. (O.P.S, 2003).

En el país existen varios proyectos realizados en las ciudades en donde se concentran los polos de desarrollo como son de Quito y Guayaquil, entre ellos:

- Escuela Politécnica Nacional, GeoHazards International, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, ORSTOM Quito, y OYO Corporation. Quito. (1995). *Proyecto para manejo del riesgo sísmico de Quito.*
- Escuela Politécnica Nacional, y O.P.S. (1996). *Proyecto de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Hospitalarias de la ciudad de Quito.*
- Aguiar, R., y O.P.S. (2003). *Vulnerabilidad y reforzamiento estructural del Hospital Regional de Santo Domingo.*

1.5 VARIABLES Y TÉRMINOS DE LA INVESTIGACIÓN

Peligro: es la probabilidad de que ocurra un evento que puede ser desastroso potencialmente en un período de tiempo y en un lugar determinado, (Organización Panamericana de la Salud 2003).

Vulnerabilidad: Se define como la predisposición de un componente o conjunto de elementos de sufrir daños frente a fenómenos destructores, o de la generación de situaciones propicias para la aparición o la amplitud de la gravedad producto de los efectos (O.P.S, 2003).

Riesgo: se define como la probabilidad de que existan pérdidas económicas, sociales debido a la presencia de un fenómeno natural peligroso. El riesgo se

obtiene de relacionar la probabilidad de ocurrencia de un evento de cierta intensidad, con la vulnerabilidad (O.P.S, 2003).

Elementos Estructurales: se define como los elementos de una edificación que resisten las fuerzas debido a las cargas gravitacionales y laterales. Estos son: muros de corte, columnas, losas, cubiertas, vigas, y cimentación. (O.P.S, 2003).

Elementos No - Estructurales: Son todos los elementos que no forman parte de los elementos estructurales, como mamposterías, fachadas, paneles divisorios, etc. (O.P.S, 2003).

Cortante basal de diseño: Es la fuerza total por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura, producto de la acción del sismo de diseño, de acuerdo con las especificaciones de la norma CPE INEN 5.

Sismo de diseño: Es un evento que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años, se determina a partir de un análisis de la peligrosidad sísmica del sitio en donde se implantará la estructura, o a partir de un mapa de peligro sísmico, como el proporcionado por la norma CPE INEN 5.

CAPÍTULO 2

EDIFICACIONES ESENCIALES

2.1 CONCEPTO DE EDIFICACIONES ESENCIALES

Al incorporar la discusión sobre la conceptualización de edificaciones esenciales es necesario analizar la importancia para efectuar un estudio particular. La mayoría de códigos de diseño hacen uso del término “edificación esencial” para referirse a aquellas señaladas como críticas en la atención ante la presencia de un evento sísmico, así lo refiere el Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995). De acuerdo a FEMA (1999), las edificaciones esenciales son aquellas vitales para la respuesta ante la emergencia y recuperación del desastre. La norma CPE INEN 5 et al (2011) hace referencia a las edificaciones esenciales como estructuras que deben permanecer operativas posterior a un sismo, con el fin de garantizar la atención de emergencias.

Los estudios sobre el tema coinciden en que las edificaciones hospitalarias son esenciales además de las estaciones bomberiles y de policía; así también centros de emergencia, comunicación y centros educativos estos últimos son convertidos en albergues en situaciones de emergencia. (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2000)

Al ocurrir un evento sísmico, la infraestructura antes detallada, se constituye de alta demanda bien sea por los servicios que prestan inmediatamente después de un evento sísmico; muchas veces la magnitud del evento sobrepasa la capacidad instalada viéndose reducida. En este caso, existe una condición crítica asociado a la atención de la emergencia.

Desde esta perspectiva, el concepto de estructura esencial se relaciona con la función de la instalación que acoge en lugar del aspecto de la estructura de las instalaciones. El enfoque presentado es el que ha predominado por lo que es posible que haya influido en la escasa información con la que se cuenta relacionada con el comportamiento de la infraestructura en la ocurrencia de terremotos, debido a que la evaluación sigue las pautas establecidas para la evaluación de edificaciones convencionales, esto puede ser interpretado como una valoración secundaria relacionada con la importancia que debe otorgarse a las denominadas edificaciones esenciales en la caracterización de riesgos sísmicos de las comunidades (Safina, 2002).

En resumen, un hospital es catalogado como una estructura esencial ante un evento sísmico, esta infraestructura está dotada de instalaciones y se organiza por dependencias siendo vital su rol en la atención de los eventos sísmicos y los efectos y consecuencias que se derivan de este.

2.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES ESENCIALES

Los hospitales se constituyen en la infraestructura más importante en la atención de la emergencia, debido a la función que desempeñan en el manejo de heridos y enfermedades. Es por esto, que la proyección de este tipo de edificaciones debe considerar siguientes factores que incorporen la prevención y mitigación de riesgos (O.P.S, 2003):

2.2.1 COMPLEJIDAD

Los hospitales cumplen funciones integradas de: hospedaje, oficinas, laboratorios, almacenes y bodegas por lo tanto existe un nivel de complejidad implícito, tienen un amplio número de habitaciones y generalmente el sistema de caminería se realiza por pasillos largos (O.P.S, 2002).

2.2.2 OCUPACIÓN

Los hospitales son catalogados como edificios de un alto índice de ocupación, tienen servicio de alojamiento de pacientes, empleados, personal médico y visitantes, atienden 365 días del año y durante veinticuatro horas al día. En relación a los pacientes estos requieren ayuda y cuidado especializado continuamente, pueden estar conectados a equipos que mantienen la vida, los cuales exigen fluido eléctrico permanentemente (O.P.S, 2002)

2.2.3 SUMINISTROS CRÍTICOS

La sobrevivencia de los pacientes depende en su gran mayoría requieren de los suministros hospitalarios que deben encontrarse en las instalaciones se servicios de salud, además de que son fundamentales para la atención de las víctimas posterior a un evento sísmico (Organización Panamericana de la Salud et al.2000).

2.2.4 SERVICIOS PÚBLICOS

El funcionamiento de las instalaciones de atención en salud depende para su funcionamiento del suministro eficiente se servicios públicos y deben ser suministrados en situaciones de coyuntura como lo es la ocurrencia de un evento sísmico (Organización Panamericana de la Salud et al. 2000).

2.2.5 MATERIALES PELIGROSOS

Varios insumos de los hospitales se los considera de alto riesgo, esto debido a que, si se derraman o liberan productos químicos pueden constituir amenazas por toxicidad. Debido al volteo de cilindros, ruptura en las líneas de oxígeno, o acción de químicos puedan causar incendios posteriores a un evento sísmico (O.P.S, 2000).

2.2.6 ARTÍCULOS PESADOS

La presencia de estantes altos en los hospitales, cuando se ubican cerca de las camas de los pacientes, pueden caer y causar serios accidentes ante la presencia de un evento sísmico. Otros equipos especializados en los que se incluyen máquinas de rayos X, fuentes generadoras alternas pueden sufrir deterioro ante la ocurrencia de un ligero deslizamiento o movimiento sísmico (O.P.S, 2000).

2.3 ASPECTOS NORMATIVOS

Los códigos establecen que las edificaciones esenciales deben tener permanente atención antes, durante y después de un evento sísmico. Para un desempeño adecuado de la estructura de una edificación esencial, los códigos consideran la filosofía de diseño, la asignación de factores de importancia, así como el control de desplazamientos para garantizar que no exista daño en los elementos no estructurales.

2.3.1. FILOSOFÍA DE DISEÑO

Existe mayoritariamente una pauta en la que se establece como filosofía general la existencia de un diseño sismo resistente orientado a que se asegure la vida humana, por ende, a través de los códigos se establece pautas para el diseño de edificios dentro de los cuales existen los siguientes lineamientos:

- La estructura en el rango elástico debe resistir aquellos sismos de intensidad reducida que ocurren durante su vida útil
- La estructura debe resistir los sismos de intensidad moderada, sin daños significativos, que ocurran durante su vida útil. Son permitidos daños menores tales como fisuramiento, flexión en el hormigón o pequeñas intromisiones de fluencia del acero de vigas y losas, o fallas en los

componentes no estructurales, en estos casos la reparación es posible que sea realizada en corto tiempo resultando económica

- La estructura debe resistir, un sismo severo solo una vez en su vida útil en el rango no lineal, permitiendo daño estructural sin que exista colapso en la estructura.

En las edificaciones prioritarias deben incrementarse los rangos de seguridad determinados para las edificaciones de tipo convencionales, no debería estar limitado por razones económicas y el diseño debería garantizar la operatividad independientemente que el evento sísmico tenga diferentes grados de intensidad.

2.3.1 FACTOR DE IMPORTANCIA

Se incluye en los códigos para posibilitar incrementar el nivel de seguridad en el diseño de edificaciones, este dependerá del uso, la consideración en el riesgo de fallo y donde se ubique la edificación en cuanto a la categoría de ocupación. El factor variará entre la unidad, por ejemplo, en edificaciones de menor importancia su valor es de 1.0, pero en el caso de edificaciones esenciales este será de 50% adicional.

A partir del cálculo del factor se incrementa el valor de la acción sísmica en el diseño asociado directamente al incremento en el margen de seguridad siendo independiente su escogencia de la zonificación de riesgo sísmico.

2.3.2 CONTROL DE LOS DESPLAZAMIENTOS

El control de los desplazamientos es un procedimiento que se traduce en el análisis y diseño sismo resistente permitiendo estimar los desplazamientos inelásticos de la estructura. El procedimiento establece como estrategia la estimación de la acción sísmica como una fuerza de diseño que se traduce en desplazamientos compatibles en las propiedades mecánicas de la estructura (Bertero y Vertero 1992)

Para el control de desplazamientos, los códigos establecen límites para prevenir los daños en elementos no estructurales.

Los daños estructurales se relacionan con la deriva, en los códigos de diseño es una estrategia de control la limitación de la deriva. La norma CPE INEN 5, establece que no siempre las fuerzas sísmicas son la medida de diseño de una estructura, sino el control de deformaciones laterales; por esta razón se ha limitado el valor de las derivas inelásticas.

El límite de la deriva Δ_M debe calcularse mediante:

$$\Delta_M = R * \Delta_E \quad (2.1)$$

Donde:

Δ_M : Deriva inelástica

R : Factor de reducción de resistencia

Δ_E : Deriva elástica

Δ_M no debe sobrepasar los siguientes valores:

TABLA 2. 1 VALORES MÁXIMOS DE Δ_M .

Estructuras de	Δ_M máxima
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

FUENTE: (CPE INEN 5, 2011)

2.3.4. PROTECCIÓN DE COMPONENTES NO ESTRUCTURALES

Los elementos no estructurales que puede sufrir daño debido a la presencia de sismos, deben tener la capacidad de resistir los movimientos de dichas estructuras

y en ocasiones la seguridad reviste un mayor compromiso, que la propia resistencia de la estructura. Sin embargo, es frecuente que en la práctica convencional al momento de realizar el diseño sísmico este concede poca importancia a estos componentes no estructurales.

En edificaciones esenciales que incluye instalaciones médico – asistenciales prioritarias, a nivel internacional se ha realizado un esfuerzo para la implementación de leyes o reglamentos que buscan contribuir con la reducción de la vulnerabilidad sísmica considerando la importancia de proteger aquellos elementos de naturaleza no estructural, dentro de estas iniciativas se encuentra “The Office of Statewide Hospital Planning and Development” (OSHDP).

CAPÍTULO 3

EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

3.1 DESCRIPCIÓN DEL NUEVO HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO – EDIFICIO PRINCIPAL

El edificio principal del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo, está ubicado en las inmediaciones de la Avenida Gran Colombia s/n y Yaguachi al noreste de la ciudad de Quito, la antigua edificación abrió sus puertas el 28 de junio de 1931, con el paso de los años, las necesidades médicas se incrementaron para aquel entonces en nuestro país. En estas circunstancias es necesario la construcción un nuevo hospital debido a que las instalaciones cada día se tornaron obsoletas, es así que, en 1980 se contrata el proyecto para la construcción del nuevo Hospital.

FOTOGRAFÍA 3.1: ANTIGUO HOSPITAL EUGENIO-ESPEJO



FUENTE: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=752366&page=18>

Siendo un proyecto en el que se incorpora técnicas hospitalarias modernas de mayor confort, se adjudica a la compañía Irraelí Solel Boneh Int. Consultores CIA Ltda la construcción del hospital, el diseño estructural estuvo a cargo de la empresa IDCO Consultores CIA Ltda y la fiscalización del diseño estuvo a cargo de la Escuela Politécnica Nacional. La primera piedra la coloca el presidente Roldós el

24 de mayo de 1980, transcurrieron doce años para que el edificio nuevo funcionara parcialmente y entre trece a catorce años para su total funcionamiento

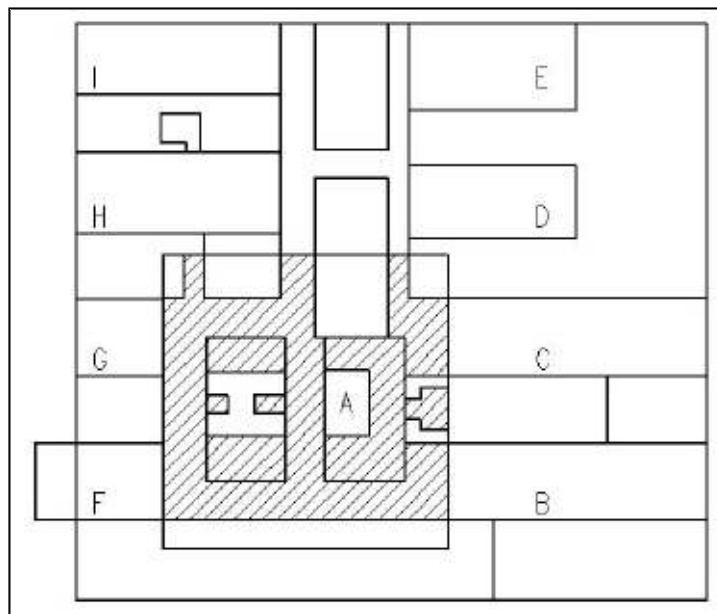
El nuevo hospital está constituido por un bloque principal y ocho bloques de mediana altura.

FOTOGRAFÍA 3.2: NUEVO HOSPITAL EUGENIO-ESPEJO



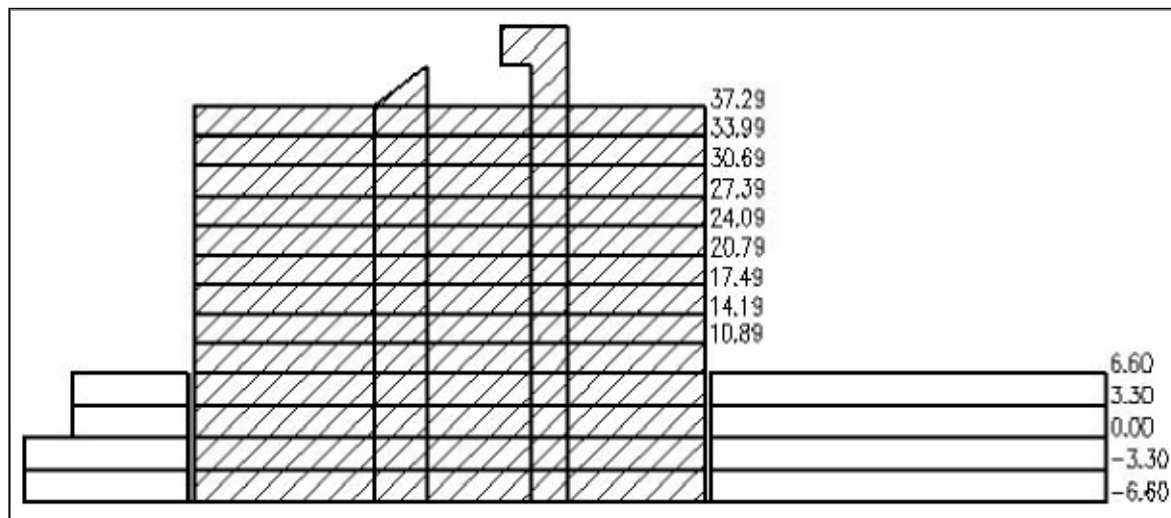
FUENTE: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 3. 1: DISTRIBUCIÓN DE BLOQUES EN PLANTA, HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E0 - PLANTA GENERAL DE REPLANTEO.

GRÁFICO 3. 2: ELEVACIÓN BLOQUE A DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E0 - PLANTA GENERAL DE REPLANTEO.

Los establecimientos de atención en salud, son clasificados de acuerdo al nivel de atención y con base a su capacidad resolutive (Acuerdo Ministerial No. 00318, 2011).

Actualmente el Hospital de Especialidades Eugenio Espejo es considerado como de tercer nivel de atención y de tercer nivel de complejidad, cuenta con 446 camas declaradas y 425 camas en funcionamiento.

De acuerdo al departamento de estadística del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo, la cartera de servicio cuenta con los siguientes servicios: Consulta Externa, Hospitalización, Unidades Especiales, Apoyo Diagnóstico y Apoyo Terapéutico, cuenta con las especialidades de Traumatología, Cirugía General, Medicina Interna, Neurología, Neurocirugía, Neumología, Gastroenterología, Cardiología, Pediatría, Cirugía Plástica, Otorrinolaringología, Oftalmología, Ginecología, Nefrología, Oncología, Hematología, Odontología y Urología, además de todas las sub especialidades con las que un hospital de esta categoría está dotada, Ver detalle en Anexo 1

3.2 SELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL BLOQUE A SER ANALIZADO:

De los bloques que conforman el nuevo hospital de especialidades Eugenio Espejo, se ha seleccionado el bloque A. Las características de ocupación diaria, los servicios que se brindan para la atención de la población son muy complejos y de gran importancia para el Hospital, además ahí se encuentran las áreas básicas que componen el hospital como son: Administración, Hospitalización, Consulta Externa, Quirófanos, Escaleras; es decir, dicho bloque encierra las áreas fundamentales donde existe una gran congregación de gente en calidad de médicos, enfermeras, empleados, visitantes, pacientes que estarán imposibilitados de trasladarse fácilmente hacia los exteriores del hospital durante un evento sísmico.

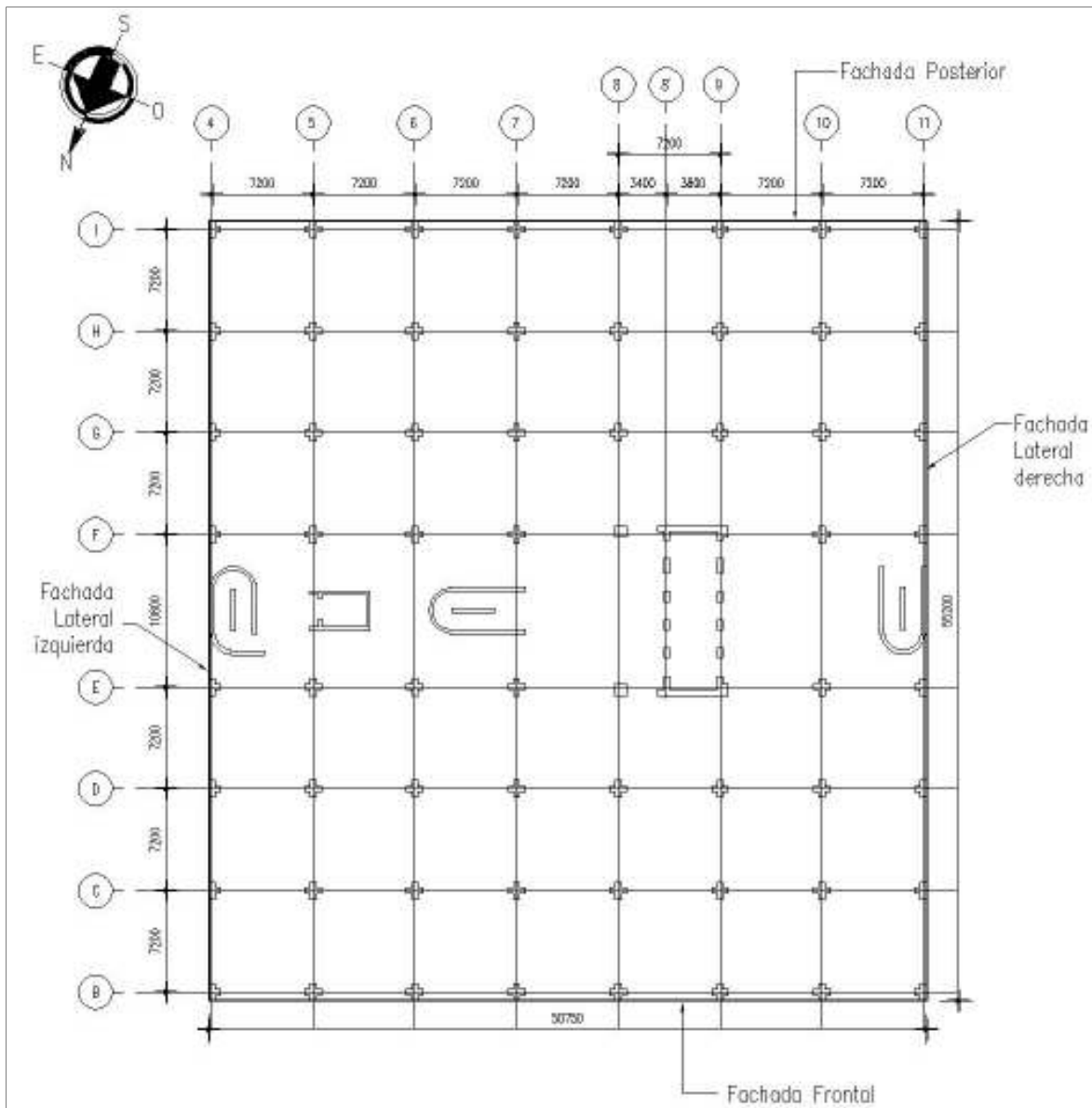
3.3 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO A SER ESTUDIADO

El Edificio Principal (bloque A) del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo cuenta con una capacidad instalada de 500 pacientes en el área de hospitalización, con una atención que incluye más de 36 especialidades médicas y varias de ellas con subespecialidad, cuenta además con un servicio de Emergencia, Farmacia, Laboratorio, entre otros.

El Edificio Principal consta de dos sub suelos, diez plantas orientadas de este a oeste y una cubierta accesible, dicho bloque tiene una forma rectangular, casi cuadrada, tiene un ancho de 50.75 m, y una profundidad de 55.20 m, consta de 8 ejes longitudinales nombrados desde la letra "B" hasta la letra "I", la separación típica entre los ejes es de 7.20 m, existiendo una luz de 10.80 m entre los ejes "E" y "F". Los ejes transversales son 9, identificados desde el número "4" hasta el número "11", la separación típica entre estos ejes es de 7.20 m, existiendo una luz de 3.40 m y 3.80 m entre los ejes "8" – "8'" y "8'" - "9", respectivamente.

En el siguiente gráfico se pueden observar de manera clara la planta del Edificio Principal del Bloque A.

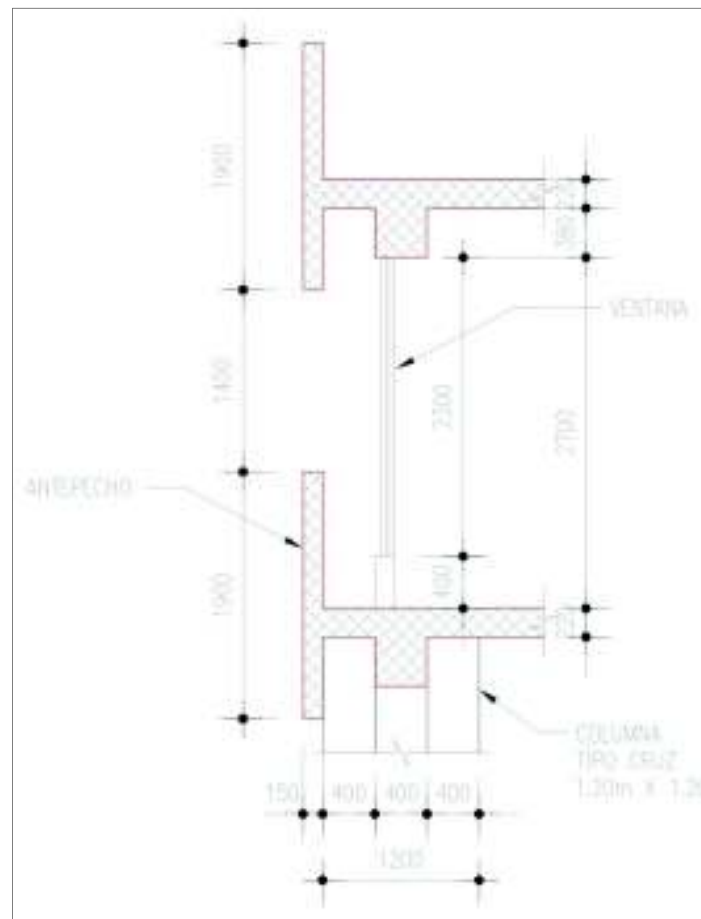
GRÁFICO 3. 3 UBICACIÓN PLANTA BLOQUE A – HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO (DIMENSIONES EN mm).



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E0 - PLANTA GENERAL DE REPLANTEO.

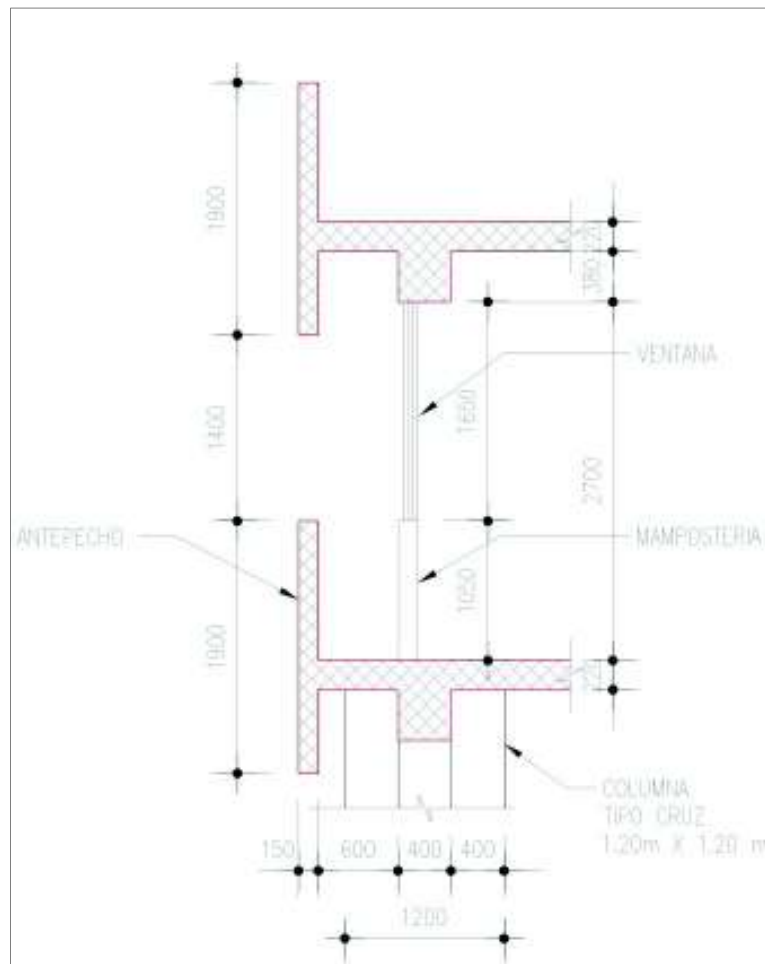
La fachada frontal corresponde al eje "B" y la posterior al eje "I", constituidas básicamente por antepechos y ventanas en todas las plantas, la sección de estos antepechos es de 0.15 m por 1.90 m y se encuentra en todo el ancho de la fachada, el ancho de las ventas se encuentra limitado por la separación entre las columnas, 6.00 m y tienen una altura de 2.30 m, los antepechos y ventanas no se encuentran ubicados en el mismo plano, no existen volados importantes.

GRÁFICO 3. 4 DETALLE DE ANTEPECHOS: FRONTAL Y POSTERIOR,
(DIMENSIONES EN mm)



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: 201-ARQ-163 EDIFICIO A CORTE B.

Las fachadas norte y sur corresponden a los ejes “4” y “11” respectivamente, están constituidos en su mayoría por mamposterías ubicadas en todos los vanos, también existen antepechos que sobresalen, de sección 0.15 m por 1.90 m.

GRÁFICO 3. 5 DETALLE DE ANTEPECHOS LATERALES, (DIMENSIONES EN mm)

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: 201-ARQ-161 EDIFICIO A CORTE A.

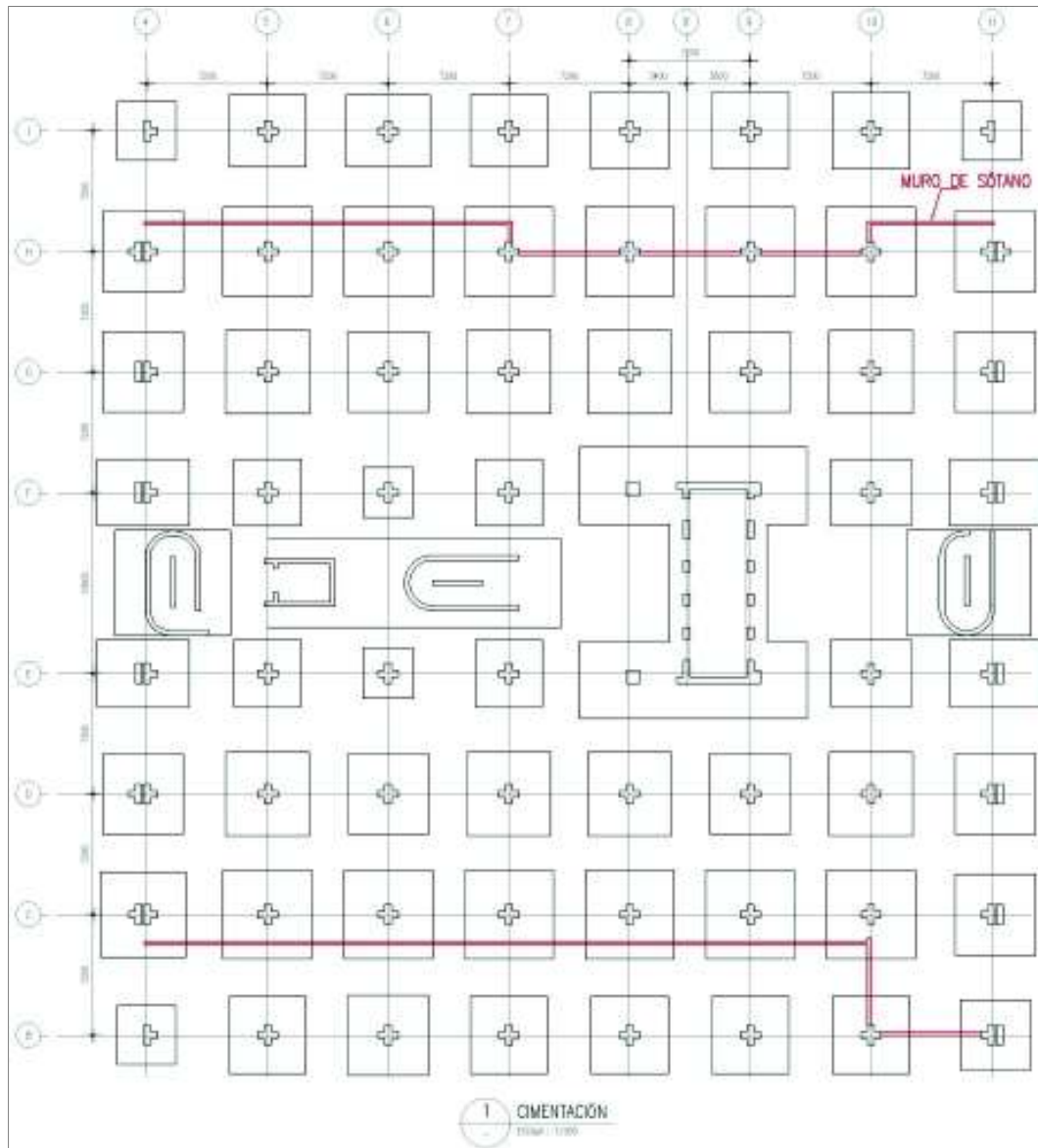
La altura típica del entrepiso es de 3.30 m, existiendo una altura de 4.20 m entre los niveles Nv+ 6.60 m y Nv+ 10.89 m.

Los elementos que constituyen el esqueleto estructural son:

3.3.1 CIMENTACIÓN

La cimentación está constituida por zapatas aisladas ubicadas bajo cada columna, las dimensiones varían entre 3.0 m x 3.0 m hasta 5.30 m x 5.30 m, los espesores de las zapatas se encuentran en el orden de 0.65 m hasta 1.2 m. Se ha utilizado losas de cimentación para cimentar los muros de corte.

GRÁFICO 3. 6 PLANTA DE CIMENTACIÓN, DIMENSIONES (mm).



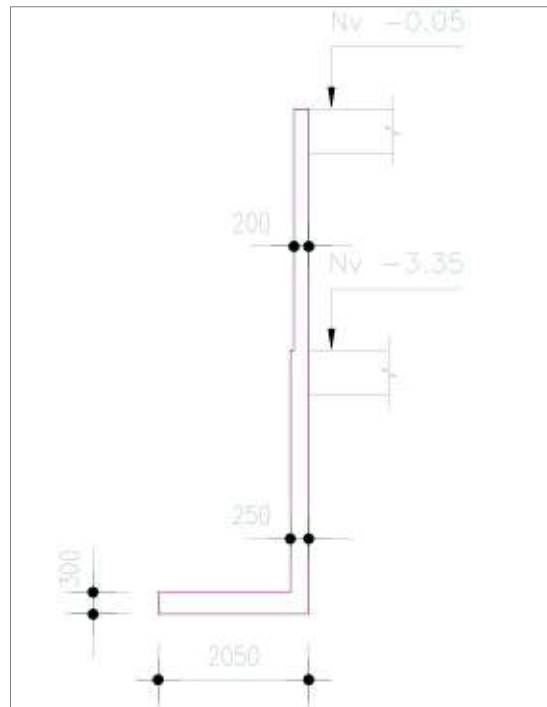
ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E1 BLOQUES A-F-G – PLANTA DE CIMENTACIÓN.

3.3.2 MUROS DE SÓTANO

Existen dos niveles de muros de sótano, el primer nivel empieza en Nv: - 6.65 m hasta el Nv: -3.35 m, con un espesor de 0.25 m, mientras que el segundo nivel de muro va desde el Nv: - 3.35 m hasta el Nv: 0.00 m con un espesor de 0.20 m,

como se puede observar en el gráfico 3.6, éstos se encuentran fuera de los ejes en donde se ubican las columnas.

GRÁFICO 3.7 SECCIONES TÍPICAS DE MURO DE SÓTANO, DIMENSIONES EN mm.

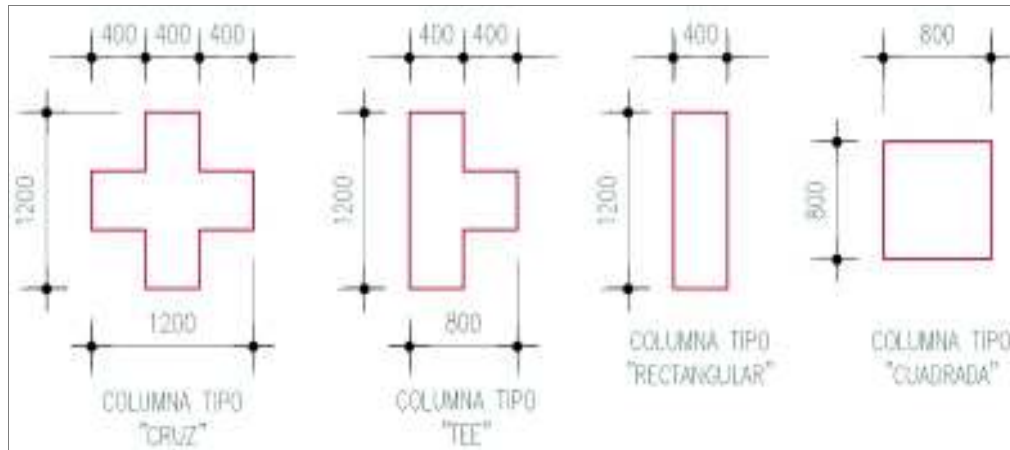


ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E5 BLOQUE A – ARMADO DE MUROS.

3.3.3 COLUMNAS

Las columnas en su gran mayoría son de sección “cruz”, las dimensiones son de 1.20 m x 1.20 m, el grosor del alma de la columna es de 0.40 m, a medida que el edificio se desarrolla en altura, las secciones de las columnas van cambiando a secciones tipo “T” o tipo “rectangular”, según sea el caso. También existe un tipo de columna cuadrada cuya sección es de 0.80 m x 0.80 m.

GRÁFICO 3.8 SECCIONES TÍPICAS DE COLUMNAS, DIMENSIONES EN mm.



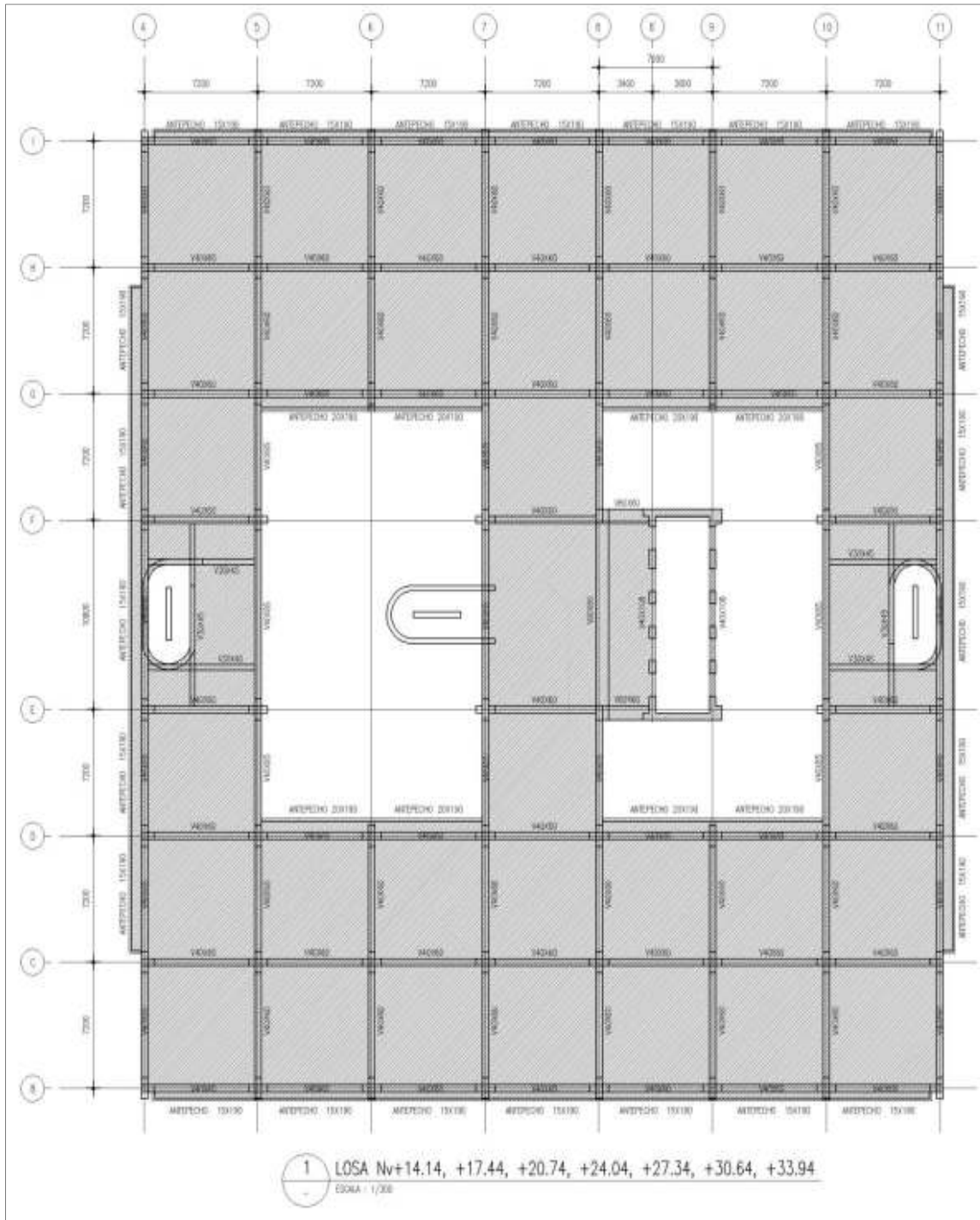
ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E6 - BLOQUE A ARMADO Y REDUCCIÓN DE COLUMNAS.

3.3.4 LOSAS:

El sistema de piso está compuesto por losas macizas sobre vigas descolgadas en dos direcciones cuyo espesor es de 0.22 m, este sistema consiste en una cuadrícula de vigas principales en las dos direcciones en planta con una losa maciza salvando el espacio entre ellas, las vigas principales se localizan en los ejes de las columnas. La losa tiene un peralte menor que las vigas y está sostenida por ellas.

Todas las losas tienen agujeros cuyas dimensiones van desde 14.0 m x 10.4 m hasta 14.0 m x 23.20 m y están ubicadas en el centro de las losas.

GRÁFICO 3.9 PLANTA TIPO, DIMENSIONES EN mm.

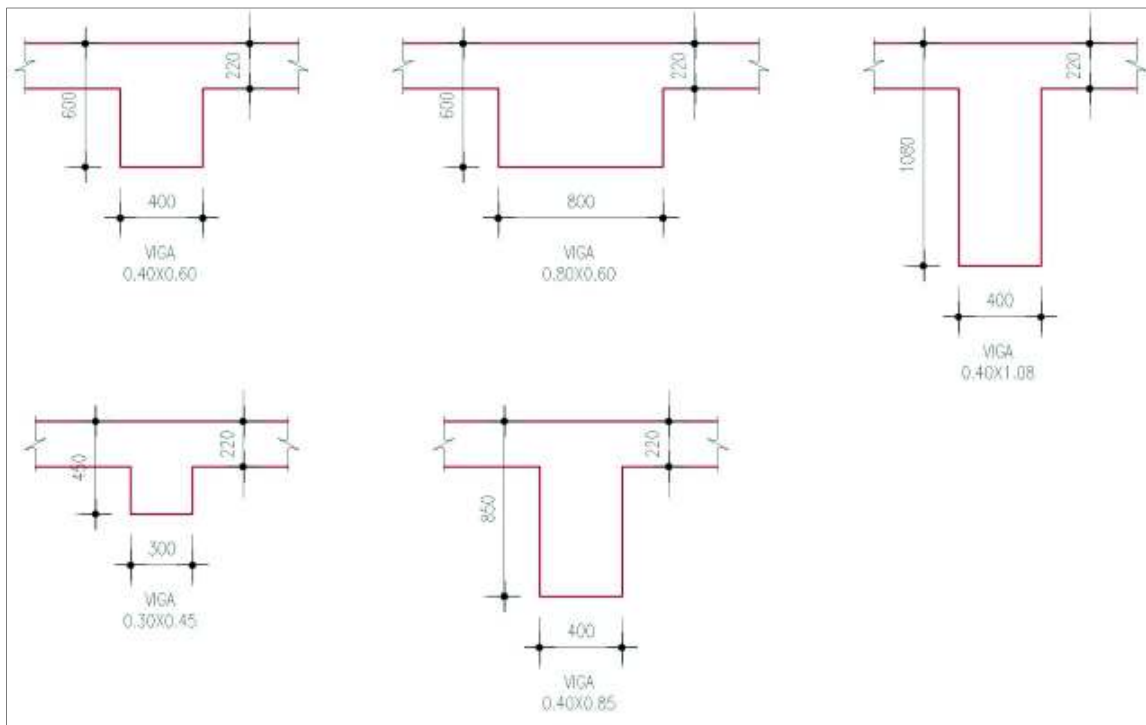


ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E24 - BLOQUE A LOSA TIPO GEOMETRÍA N 14.14; 17.44; 20.74; 24.04; 27.34; 30.64; 33.94.

3.3.5 VIGAS

Las vigas principales sobre las que se apoya la losa maciza tienen varias secciones, la sección típica es de 0.40 m x 0.60 m y tiene una longitud es de 7.20 m, la viga que salva la luz de 10.80 m, es de 0.80 m x 0.60 m, las vigas que unen los muros de corte tienen una sección de 0.40 m x 1.08 m, existen vigas cuya sección es de 0.30 m x 0.45 m y se ubican en el perímetro de los agujeros de las escaleras. También existen vigas de 0.40 m x 0.85 m.

GRÁFICO 3. 10 VIGAS TIPO, DIMENSIONES mm.



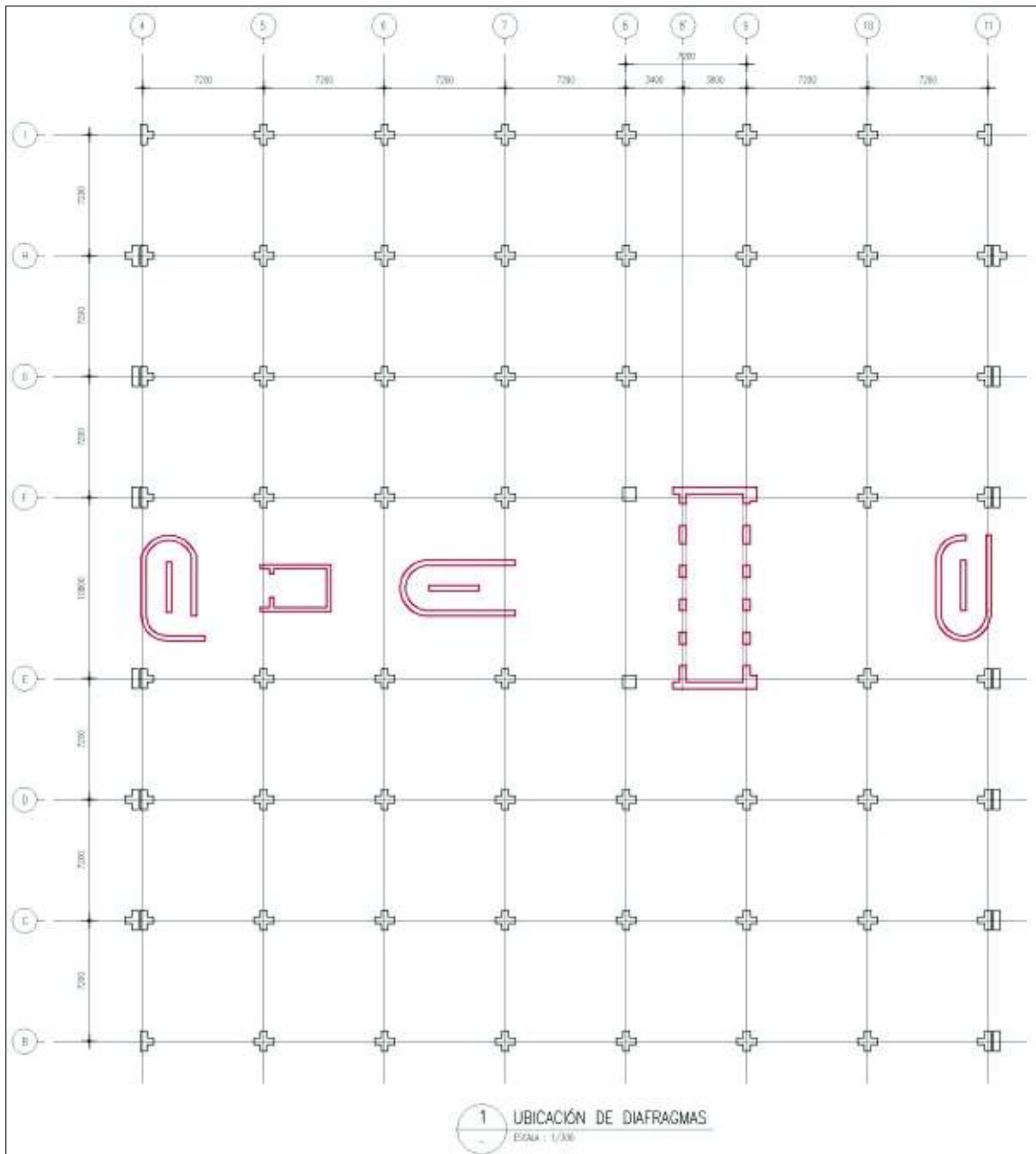
ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código E11, E14, E17, E20, E23, E26, E27, E30 de planos estructurales del Edificio Principal del Hospital Eugenio Espejo.

3.3.6 MUROS DE CORTE

Existen cinco grupos de muros de corte ubicados en la zona central del edificio, básicamente conforman los ductos de las tres escaleras internas y de los dos bloques de ascensores con los que cuenta el hospital, el espesor es de 0.25 m para el muro de corte que forma el ducto del ascensor que llega al Nv + 6.55 m; 0.30 m

para los muros de corte de las tres escaleras y 0.40 m para el muro de corte que conformar el ducto de ascensores principales.

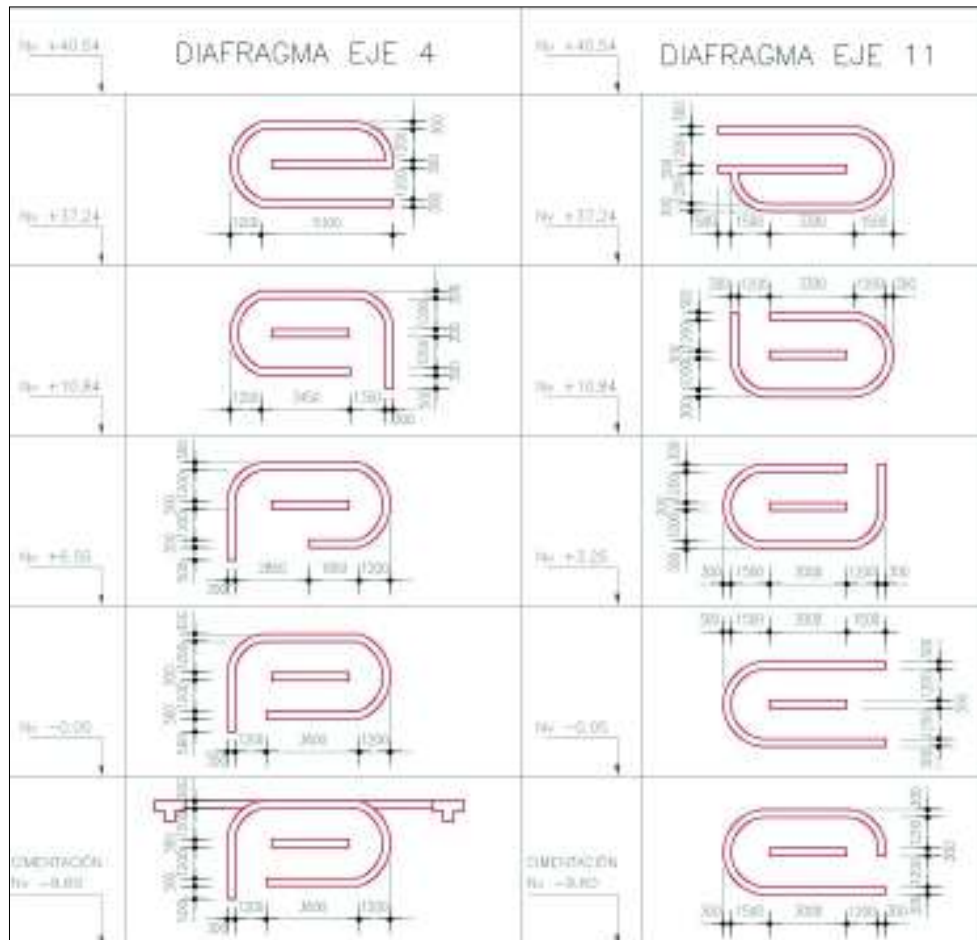
GRÁFICO 3. 11 UBICACIÓN MUROS DE CORTE



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E7 - BLOQUE A ARMADO Y VARIACIÓN DE DIAFRAGMAS.

Existe variación en la geometría de los muros de corte de las escaleras, a medida que se desarrolla en altura, a continuación se presenta un esquema de dicha variación:

GRÁFICO 3.12 VARIACIÓN DE DIAFRAGMAS EN ALTURA



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E7 - BLOQUE A ARMADO Y VARIACIÓN DE DIAFRAGMAS.

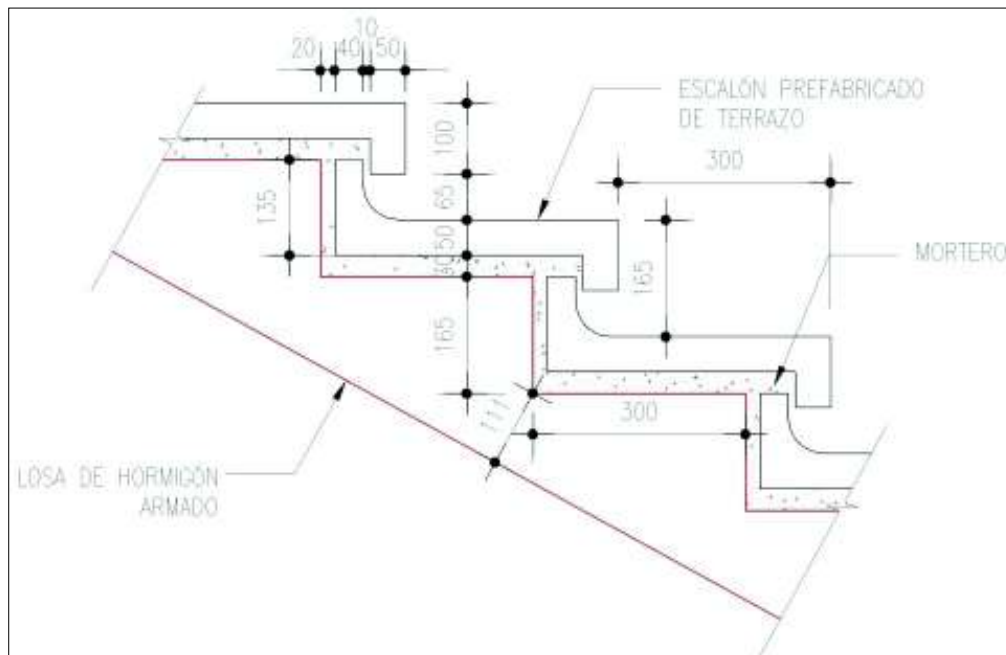
3.3.7 ESCALERAS

Existen tres bloques de escaleras en el edificio principal del Hospital, el primer bloque de escaleras se encuentra conformado por los muros de corte del Eje 4, el segundo bloque se encuentra conformado por los muros de corte del eje 7, y el tercer bloque se encuentra en el eje 11, igualmente conformado por muros de corte.

Todas nacen en el subsuelo y llegan hasta el nivel Nv + 37.24, el espesor de la losa inclinada es de 0.11 m.

El material de acabado de las escaleras está conformado por escalones prefabricados de un material denominado “terrazo” que consiste en la mezcla de mármol triturado con cemento, debido a su bajo costo, se constituía en el material de acabado más empleado en revestimientos interiores para la fecha en la que se realizó la construcción.

GRÁFICO 3. 13 SECCIÓN TÍPICA DE ESCALERA



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: 201-ARQ-211 - DETALLES ESCALERAS N1.

3.3.8 MATERIALES

Las especificaciones técnicas declaradas en los planos estructurales y que se utilizaron para realizar la revisión del diseño de los elementos estructurales son las siguientes:

Hormigón: Resistencia cilíndrica a los 28 días de probetas estándar ($\varnothing=6''$, $h=12''$):

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad (3.1)$$

A continuación, se determina el módulo de elasticidad para el valor de $f'c$ declarado, tomando como referencia la siguiente ecuación, (Placencia 2009):

$$E = 12000\sqrt{f'c} \quad (3.2)$$

$$E = 12000\sqrt{280 \text{ kg/cm}^2} \quad (3.3)$$

$$E = 200798.41 \text{ kg/cm}^2 \quad (3.4)$$

Acero de refuerzo: Hierro corrugado, laminado en caliente, esfuerzo de fluencia:

$$fy = 4200 \text{ kg/cm}^2 \quad (3.4)$$

CAPÍTULO 4

VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO PRINCIPAL DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO

4.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de ésta evaluación está dirigido a proporcionar un diagnóstico sobre la vulnerabilidad sísmica del hospital, que permita evaluar la capacidad de respuesta del sistema estructural ante la presencia de un evento sísmico severo, y así determinar si la estructura del edificio va a tener un comportamiento inelástico adecuado como mecanismo de disipación de energía.

4.2 REVISIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL

A continuación, se realiza una verificación y revisión del esqueleto estructural del hospital, para ello se ha utilizado la información recopilada en los planos estructurales y arquitectónicos del hospital que constan en el Anexo 2.

La revisión estructural se realizó de acuerdo a lo establecido en (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2000).

4.2.1 ANÁLISIS DE CARGAS

Se tomaron en cuenta las cargas que se encuentran presentes en la estructura; cargas permanentes y carga viva de acuerdo a las recomendaciones del código Instituto Ecuatoriano de Normalización (2011) para estructuras esenciales como lo es el Hospital de Especialidades Eugenio Espejo.

4.2.1.1 Carga Viva

De acuerdo al CPE INEN 5 et al. (2011), el valor de carga uniforme viva utilizado para salas y cuartos de hospitales es de 200 kg/m².

4.2.1.2 Carga Muerta

Las cargas debido al peso del esqueleto estructural se los determinó en función a la información que se encuentra en los planos estructurales del Hospital.

TABLA 4. 1 PESOS DEL ESQUELETO ESTRUCTURAL

PESO DEL ESQUELETO ESTRUCTURAL						
Nivel	ELEMENTO ESTRUCTURAL					Peso por nivel (t)
	Vigas (t)	Columnas (t)	Diafragmas (t)	Losa (t)	Antepechos (t)	
Nv+43.24	43.13	8.29	25.21	34.38		111.02
Nv+40.54	49.40	10.14	104.70	50.07		214.31
Nv+37.24	449.52	183.74	192.26	990.92	173.43	1989.87
Nv+33.94	449.52	357.35	214.24	990.92	173.43	2185.46
Nv+30.64	449.52	357.35	214.24	990.92	173.43	2185.46
Nv+27.34	449.52	357.35	214.24	990.92	173.43	2185.46
Nv+24.04	449.52	357.35	214.24	990.92	173.43	2185.46
Nv+20.74	449.52	357.35	214.24	990.92	173.43	2185.46
Nv+17.44	449.52	357.35	214.24	990.92	173.43	2185.46
Nv+14.14	449.52	357.35	214.24	990.92	173.43	2185.46
Nv+10.84	449.52	357.35	214.24	967.05	325.06	2313.23
Nv+6.55	537.19	370.02	214.24	821.51	26.07	1969.03
Nv+3.25	404.65	370.02	214.24	718.27	79.68	1786.86
Nv-0.05	568.90	370.02	212.02	882.36		2033.30
Nv-3.35	557.74	370.02	214.24	809.10		1951.10
TOTAL (t) =						27666.90

FUENTE: Darío Javier Castillo.

El análisis de cargas de elementos no estructurales que se utilizó para la revisión del diseño estructural es;

TABLA 4. 2 ANÁLISIS DE CARGA PERMANENTE

CARGA PERMANENTE	
Masillado de piso e=5cm	110 kg/m ²
Mampostería	200 kg/m ²
Acabados	100 kg/m ²
Instalaciones	100 kg/m ²
Total =	510 kg/m²

Fuente: Darío Javier Castillo.

Luego de realizar el análisis de cargas, se presenta un cuadro que resume las cargas verticales a utilizarse en la revisión del diseño estructural

TABLA 4. 3 RESUMEN CARGAS VERTICALES

RESUMEN ANÁLISIS DE CARGAS				
Nivel	Área de losa (m²)	Carga debido al PP de la Estructura (t)	Carga Permanente (t)	Carga Viva (t)
Nv+43.24	91.84	111.02	46.84	18.37
Nv+40.54	130.56	214.31	66.59	26.11
Nv+37.24	2243.02	1989.87	1143.94	448.60
Nv+33.94	2239.77	2185.46	1142.28	447.95
Nv+30.64	2239.77	2185.46	1142.28	447.95
Nv+27.34	2239.77	2185.46	1142.28	447.95
Nv+24.04	2239.77	2185.46	1142.28	447.95
Nv+20.74	2239.77	2185.46	1142.28	447.95
Nv+17.44	2239.77	2185.46	1142.28	447.95
Nv+14.14	2239.77	2185.46	1142.28	447.95
Nv+10.84	2239.84	2313.23	1142.32	447.97
Nv+6.55	1824.94	1969.03	930.72	364.99
Nv+3.25	1618.71	1786.86	825.54	323.74
Nv-0.05	2142.78	2033.30	1092.82	428.56
Nv-3.35	1795.6	1951.10	915.76	359.12
TOTAL (t) =		27666.90	14160.50	5553.14

FUENTE: Darío Javier Castillo.

4.2.1.3 Fuerzas sísmicas de diseño

CEC 2000

Incluye las fuerzas laterales resultantes de aplicar apropiadamente el corte basal de diseño en toda la estructura (CPE INEN 5, 2011).

El cortante basal V , se determinará mediante las siguientes expresiones:

$$V = \frac{Z \cdot I \cdot C}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} * W \quad (4.1)$$

$$C = \frac{1.25 \cdot S^S}{T} \quad (4.2)$$

Donde:

- V: Corte basal de diseño
- Z: Factor de zona
- C: No debe superar a C_m establecido en la tabla 3, no debe ser inferior a 0.5.
- S: Se obtiene de la tabla 3
- R: Factor de reducción de respuesta
- I: Factor de importancia
- ϕ_P, ϕ_E : Factores de irregularidad en planta y elevación.
- W: Carga sísmica reactiva, representa la carga sísmica reactiva por sismo.

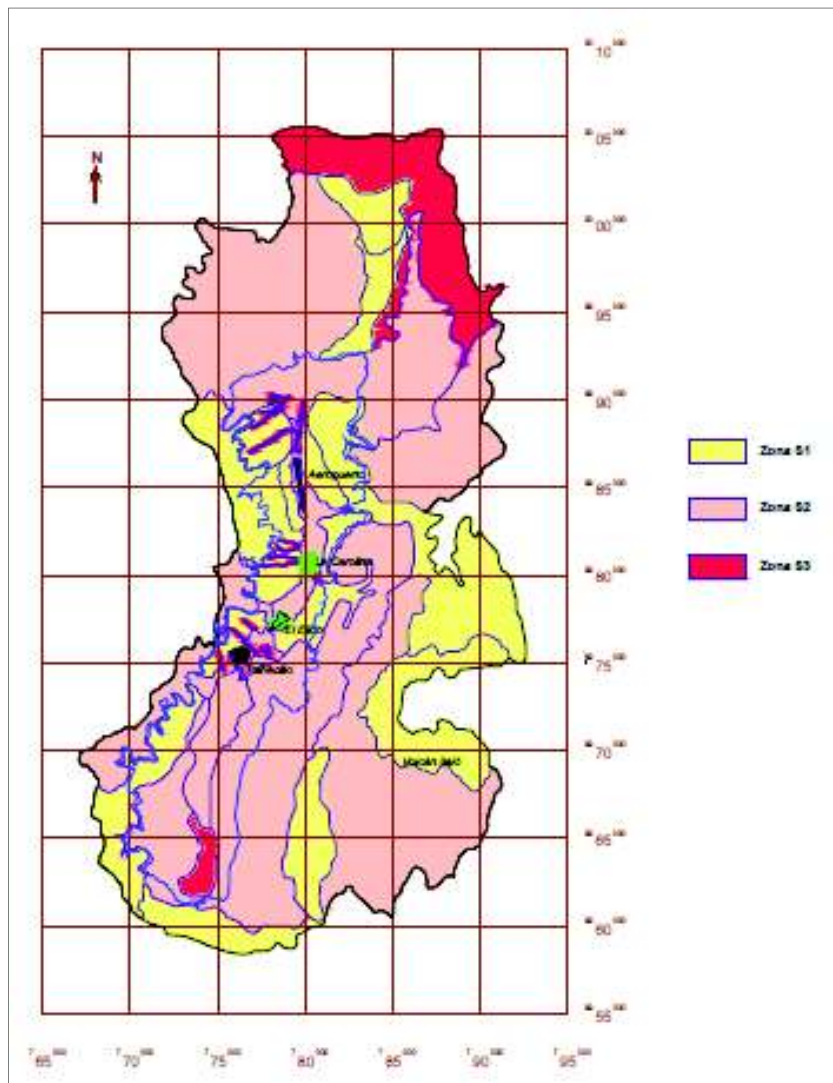
TABLA 4. 4 PARÁMETROS PARA DETERMINAR EL CORTE BASAL

Parámetro	Factor	Valor	Numeral CEC 2000
Factor de Zona	IV	0.4	5.2
Geología local y perfil de suelo	S	1.2	Tabla 3
Tipo de suelo S2	C_m	3	
C_t	Pórticos especiales de HA	0.08	6.2.4.1
Coefficiente de importancia I	Esencial	1.5	Tabla 4
Coefficiente de reducción y respuesta estructural	Pórticos especiales con vigas descolgadas	10	6.2.5.1
Coefficientes de configuración estructural en planta ϕ_P	$\phi_{PA} = 0.9$ $\phi_{PB} = 0.9$	0.81	6.2.2.1
Coefficientes de configuración estructural en elevación ϕ_E	$\phi_{EA} = 0.9$ $\phi_{EB} = 0.9$ $\phi_{EB} = 0.9$	0.73	6.2.3.1

FUENTE: Darío Javier Castillo.

A pesar que la estructura del Hospital Eugenio Espejo cuenta con muros de corte, no se lo puede considerar como un edificio con muros estructurales, debido a que estos se ubican en zonas en donde existen grandes agujeros como se ha descrito en el punto 3.3.4, por esta condición los muros no se vinculan con el resto de la estructura y no absorben las fuerzas laterales que se generan por el sismo, dejando esta responsabilidad a los pórticos de la estructura.

En este caso no se cuenta con el estudio de suelos del sitio en el que se emplaza el edificio principal del Hospital Eugenio Espejo, por esta razón se ha tomado la información que consta en: Escuela Politécnica Nacional. Valverde, J., Fernández, J., Jiménez, E., Vaca, T, y Alarcón, F. (2002). *Clasificación de los suelos del Distrito Metropolitano de Quito*.

GRÁFICO 4. 1 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE QUITO

FUENTE: Escuela Politécnica Nacional. Valverde, J., Fernández, J., Jiménez, E., Vaca, T, y Alarcón, F. (2002). *Clasificación de los suelos del Distrito Metropolitano de Quito*.

Tomando en cuenta el mapa con la clasificación de suelos, se puede observar que el Hospital Eugenio Espejo se ubica sobre un Suelo Tipo 2.

Cálculo del coeficiente "C":

$$C_{CAL} = \frac{1.25 * S^S}{T} \quad (4.3)$$

Donde:

S: Coeficiente según el tipo de suelo

T: Período de vibración de la estructura

$$T = C_t * h_n^{3/4} \quad (4.4)$$

Donde:

h_n : Altura de la edificación

Para nuestro caso:

$$T = 0.08 * 43.29^{3/4} \quad (4.5)$$

$$T = 1.35 \text{ s} \quad (4.6)$$

$$C_{CAL} = \frac{1.25 * 1.2^{1.2}}{1.35} \quad (4.7)$$

$$C_{CAL} = 1.15 \quad (4.8)$$

Cm tabla	C cal	C adoptado
3.00	1.15	1.15

Cortante Basal de Diseño:

$$V = \frac{0.4 * 1.5 * 1.15}{10 * 0.81 * 0.729} * W \quad (4.9)$$

$$V = 0.12 * W \quad (4.10)$$

4.2.1.4 Distribución de fuerzas laterales.

Se utiliza una distribución triangular vinculada con el modo fundamental de vibración, adicional una fuerza en la parte superior que toma en cuenta la contribución de modos superiores.

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n f_t \quad (4.11)$$

$$F_t = 0.07 * T * V \quad (4.12)$$

Donde:

F_t : Representa la fuerza que se aplicará en la parte más alta de la estructura,

n : Número de pisos de la estructura.

T : Representa el período utilizado para el cálculo del cortante basal total V .

F_t no debe exceder el valor de $0.25V$, puede considerarse nulo cuanto T es menor o igual a 0.7 s. El corte basal restante debe ser distribuido sobre la altura de la estructura, incluyendo el nivel “ n ”, de acuerdo la siguiente expresión:

$$F_x = \frac{(V - F_t) * W_x * h_x}{\sum_{i=1}^n F_i * W_i * h_i} \quad (4.13)$$

Donde:

F_x : representa la fuerza en el nivel “ x ” que se aplica en el área del edificio de ese nivel.

w_i : Es el peso correspondiente a cada nivel de la estructura, y representa una fracción de la carga reactiva W .

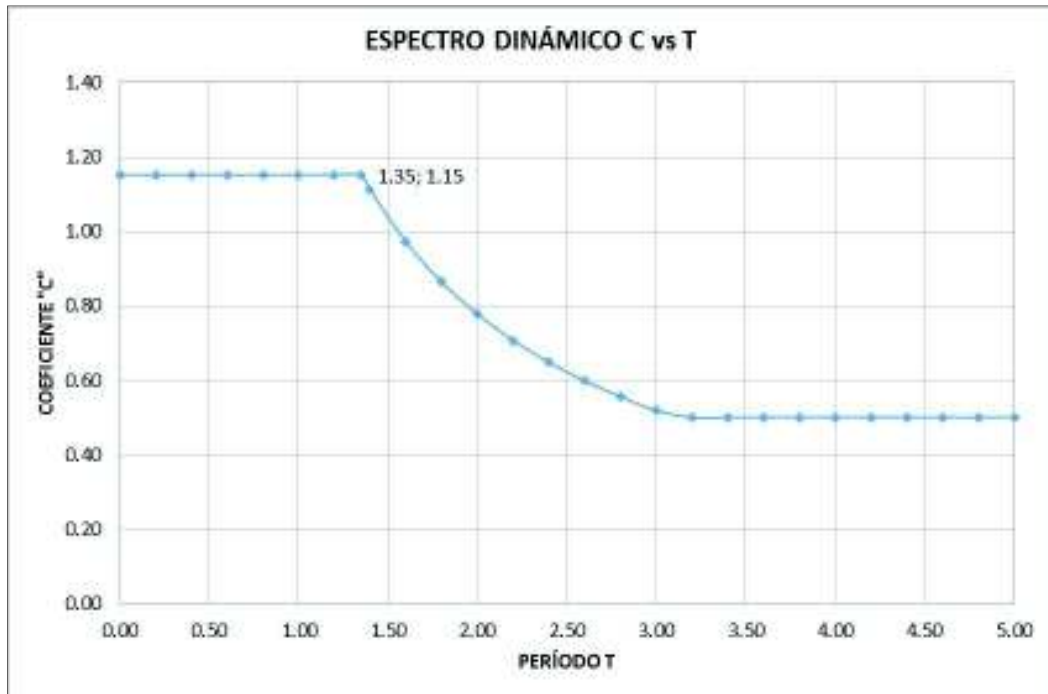
TABLA 4. 5 DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE FUERZAS LATERALES

NIVEL	w_i (T)	h_i (m)	w_i*h_i (T*m)	F_x (T)	F_t (T)	F_i (T)
Nv+43.24	157.85	49.89	7875.35	34.85		34.85
Nv+40.54	280.89	47.19	13255.34	58.66		58.66
Nv+37.24	3133.81	43.89	137542.83	608.64	347.13	955.76
Nv+33.94	3327.73	40.59	135072.76	597.71		597.71
Nv+30.64	3327.73	37.29	124091.23	549.11		549.11
Nv+27.34	3327.73	33.99	113109.71	500.52		500.52
Nv+24.04	3327.73	30.69	102128.18	451.93		451.93
Nv+20.74	3327.73	27.39	91146.66	403.33		403.33
Nv+17.44	3327.73	24.09	80165.13	354.74		354.74
Nv+14.14	3327.73	20.79	69183.61	306.14		306.14
Nv+10.84	3455.54	17.49	60437.46	267.44		267.44
Nv+6.55	2899.75	13.20	38276.69	169.38		169.38
Nv+3.25	2612.40	9.90	25862.80	114.45		114.45
Nv-0.05	3126.12	6.60	20632.38	91.30		91.30
Nv-3.35	2866.85	3.30	9460.62	41.86		41.86
W_t =	41827.37		1028240.73	4550.05		4897.18

FUENTE: Darío Javier Castillo.

4.2.1.5 Procedimiento dinámico del cálculo de fuerzas.

La acción sísmica puede ser de las siguientes maneras y debe representar como mínimo un evento sísmico con el 10% de probabilidad de excedencia en 50 años, sin la aplicación del factor de reducción de respuesta R:

GRÁFICO 4. 2 ESPECTRO DINÁMICO C Vs. T

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

Acelerograma calculado con el CEC 2000

El acelerograma (diagrama de aceleración vs. tiempo) es un diagrama que relaciona la magnitud de las aceleraciones que se van registrando en el suelo, con el tiempo transcurrido desde el inicio del evento.

$$V = \frac{Z * I * C}{R * \phi_P * \phi_E} * W \quad (4.14)$$

Como:

$$V = m * a \quad (4.15)$$

$$W = m * g \quad (4.16)$$

Donde:

m: masa

a : aceleración

g : gravedad = 9.81 m/s²

Reemplazando:

$$m * a = \frac{Z * I * C}{R * \phi_P * \phi_E} * m * g \quad (4.17)$$

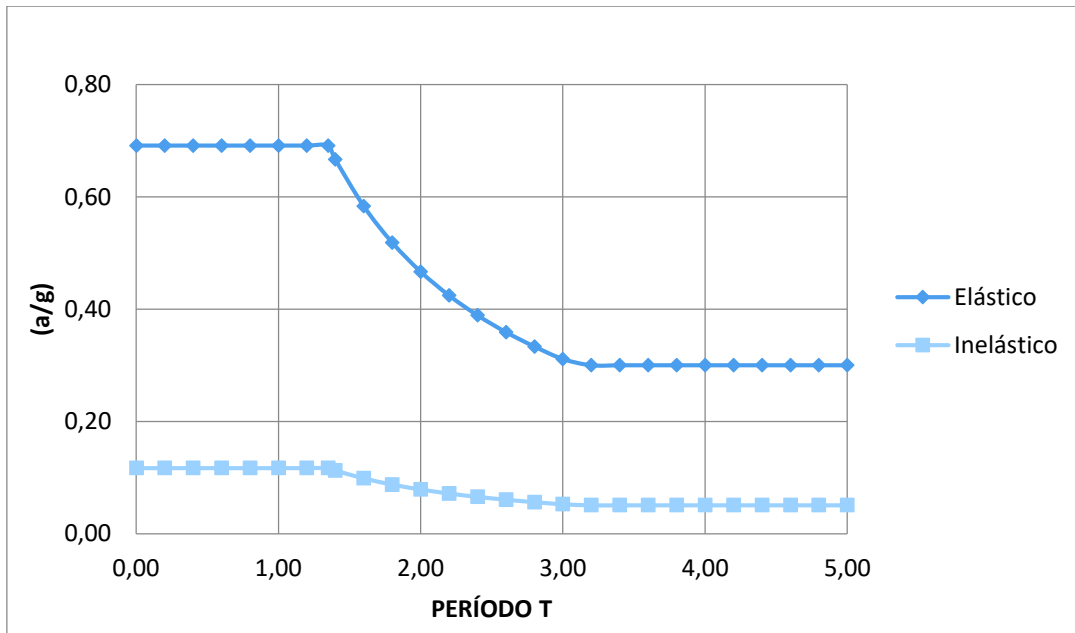
Fórmula para calcular el acelerograma:

$$\frac{a}{g} = \frac{Z * I * C}{R * \phi_P * \phi_E} \quad (4.18)$$

TABLA 4. 6 ACELOGRAMA ELÁSTICO E INELÁSTICO

T	C	ACELEROGRAMA (a/g)	
		ELÁSTICO	INELÁSTICO
0.00	1.15	0.69	0.12
0.20	1.15	0.69	0.12
0.40	1.15	0.69	0.12
0.60	1.15	0.69	0.12
0.80	1.15	0.69	0.12
1.00	1.15	0.69	0.12
1.20	1.15	0.69	0.12
1.35	1.15	0.69	0.12
1.40	1.11	0.67	0.11
1.60	0.97	0.58	0.10
1.80	0.86	0.52	0.09
2.00	0.78	0.47	0.08
2.20	0.71	0.42	0.07
2.40	0.65	0.39	0.07
2.60	0.60	0.36	0.06
2.80	0.56	0.33	0.06
3.00	0.52	0.31	0.05
3.20	0.50	0.30	0.05
3.40	0.50	0.30	0.05
3.60	0.50	0.30	0.05
3.80	0.50	0.30	0.05
4.00	0.50	0.30	0.05
4.20	0.50	0.30	0.05
4.40	0.50	0.30	0.05
4.60	0.50	0.30	0.05
4.80	0.50	0.30	0.05
5.00	0.50	0.30	0.05

FUENTE: Darío Javier Castillo.

GRÁFICO 4. 3 ESPECTRO DE DISEÑO ELÁSTICO E INELÁSTICO

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

NEC SE-DS

La norma vigente en el Ecuador que tipifica el diseño de edificaciones es la "Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC", este código es más estricto que el Código Ecuatoriano de Construcción CEC 2000, las fuerzas sísmicas calculadas con la NEC son mayores en comparación con las calculadas con el CEC 2000, esto con el objetivo de conseguir estructuras más seguras. La manera de conseguir estructuras más seguras, no es únicamente aumentar cargas, sino, reemplazar el sistema estructural principal que resiste las fuerzas laterales, los tradicionales pórticos, por sistemas que no sean susceptibles a cambios de comportamiento ante la presencia de mamposterías.

El corte basal de diseño V , se lo determina de la siguiente manera;

$$V = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \phi_P * \phi_E} * W \quad (4.18)$$

Donde;

V : Cortante basal total de diseño.

I : Coeficiente de importancia.

$S_a(T_a)$: Espectro de diseño en aceleración.

R : Factor de reducción de resistencia sísmica.

ϕ_P & ϕ_E : Coeficientes de configuración en planta y elevación.

W : Carga sísmica reactiva.

T_a : Período de vibración.

TABLA 4. 7 PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL CORTANTE BASAL DE ACUERDO A NEC

Parámetro	Factor	Valor	Numeral NEC-SE-DS
Factor de Zona Z	V	0.4	3.1.1
C_t	Pórticos especiales de HA, sin muros	0.055	6.3.3a
α		0.9	6.3.3a
Coeficiente de importancia I	Edificación esenciales	1.5	Tabla 6
Coeficiente de reducción y respuesta estructural R	Pórticos especiales con vigas descolgadas	8	Tabla 15
Coeficientes de configuración en planta ϕ_P	$\phi_{PA} = 0.9$ $\phi_{PB} = 0.9$	0.81	5.2.3a
Coeficientes de configuración en elevación ϕ_E	$\phi_{EA} = 0.9$ $\phi_{EB} = 0.9$	0.81	5.2.3b
Tipo de suelo	D	$50 > N_{SPT} \geq 15$	Tabla 2
Fa		1.2	Tabla 3
Fd		1.19	Tabla 4
Fs		1.28	Tabla 5
Amplificación espectral η	Sierra	2.48	3.3.1
Aceleración, $T_r=475$ años	Curvas de peligro Quito	0.4	10.4.1
Aceleración, $T_r=2500$ años	Curvas de peligro Quito	0.7	10.4.1

FUENTE: Darío Javier Castillo.

Cálculo del período de vibración

$$T = C_t * h_n^2 \quad (4.19)$$

$$T = 1.63 s \quad (4.20)$$

$$T_c = 0.55 * \frac{F_s * F_d}{F_a} \quad (4.21)$$

$$T_c = 0.698 \quad (4.22)$$

Corte basal

$$S_a = \eta * Z * F_a * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad (4.23)$$

$$S_a = 0.51g \quad (4.24)$$

$$V = 0.15 * W \quad (4.15)$$

Espectro de respuesta

En estructuras de ocupación especial y esencial, la NEC-SE-DS exige la verificación del desempeño para ciertos niveles de amenaza sísmica, con el objetivo de incrementar el nivel de protección, asegurándose que las estructuras puedan permanecer operativas incluso luego de la ocurrencia de un evento sísmico. A continuación, se describen los niveles de amenaza sísmica a tomar en cuenta.

Se deberá verificar la prevención del colapso ante la amenaza sísmica con $T_r=2500$ años (tasa anual de excedencia de 0.0004).

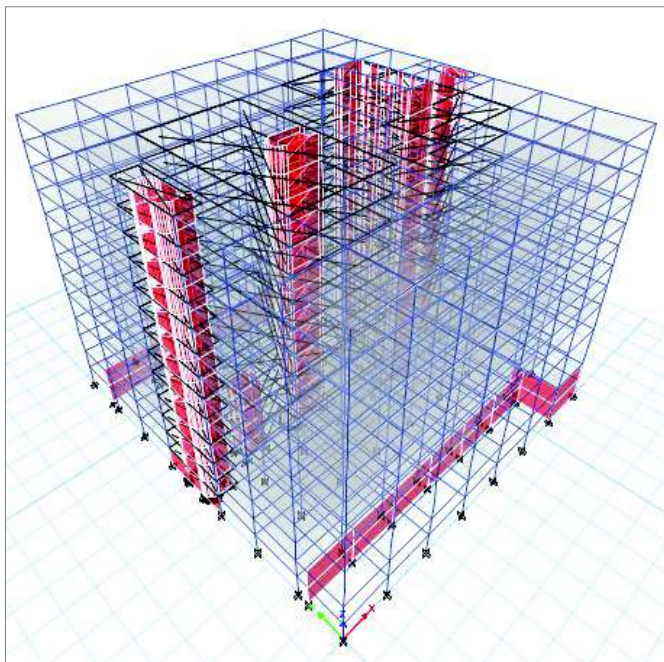
4.3 ELABORACIÓN MODELO MATEMÁTICO

Para el análisis estructural se utiliza el programa ETABS, este programa sirve específicamente para el análisis de estructuras y sus resultados son altamente confiables, posee una interfaz gráfica amigable y la presentación de sus resultados es de fácil interpretación.

4.3.1 GEOMETRÍA Y ELABORACIÓN DEL MODELO

La estructura se modela tridimensionalmente considerando la geometría de: vigas, columnas, muros de corte, muros de sótano, y losas de acurdo a los planos estructurales del hospital.

GRÁFICO 4. 4 VISTA 3D ESTRUCTURA DEL HOSPITAL EUGENIO ESPEJO

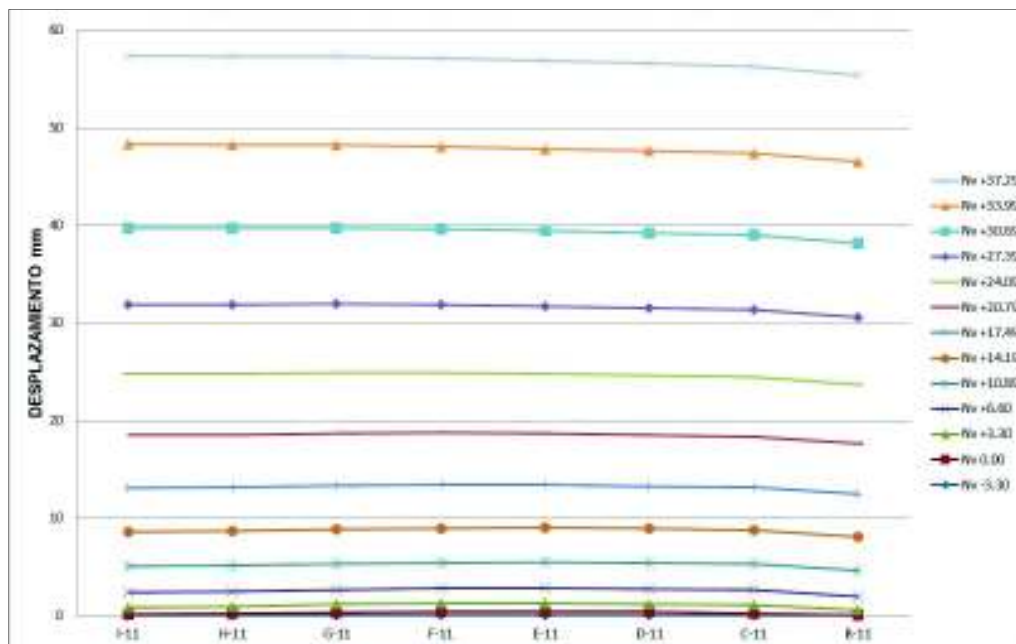


ELABORADO POR: Darío Castillo

4.3.2 REVISIÓN DESPLAZAMIENTOS DEL SISTEMA DE PISO, ANTES DE DEFINIRLO COMO RÍGIDO O SEMI RÍGIDO

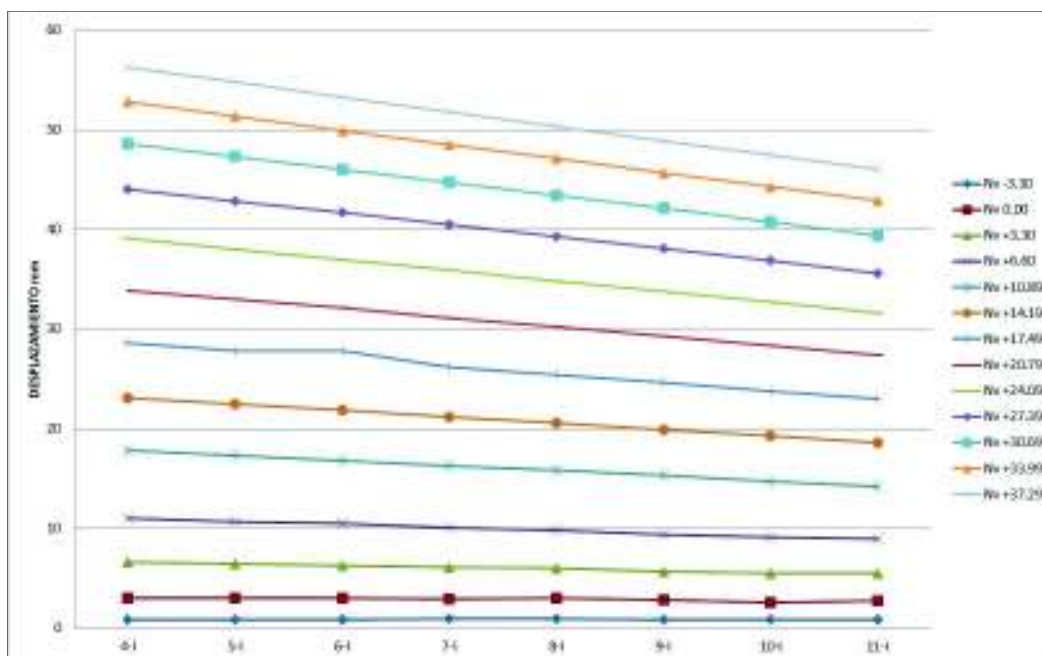
En el bloque principal se distribuyen las fuerzas sísmicas de acuerdo al peso y nivel de los diferentes pisos, las losas macizas de 22 cm se consideran semi – rígidas en su plano, esta decisión se ha tomado luego de verificar los desplazamientos en las losas ante cargas laterales en ambos sentidos:

GRÁFICO 4. 5 DESPLAZAMIENTO EJE “11” ANTE APLICACIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS EN DIRECCIÓN X.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 4. 6 DESPLAZAMIENTO EJE "1" ANTE APLICACIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS EN DIRECCIÓN Y.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

Como se puede observar en los gráficos 4.1 y 4.2, todos los puntos de las losas en el eje "11" tienen desplazamientos semejantes en cada nivel cuando se aplican las fuerzas sísmicas en dirección X, mientras que en la dirección Y es posible observar

que los puntos del eje “I”, se tienen desplazamientos diferentes en cada nivel cuando se aplican fuerzas sísmicas en ese sentido; es por esta razón que se ha decidido modelar a las losas macizas como semi – rígidas.

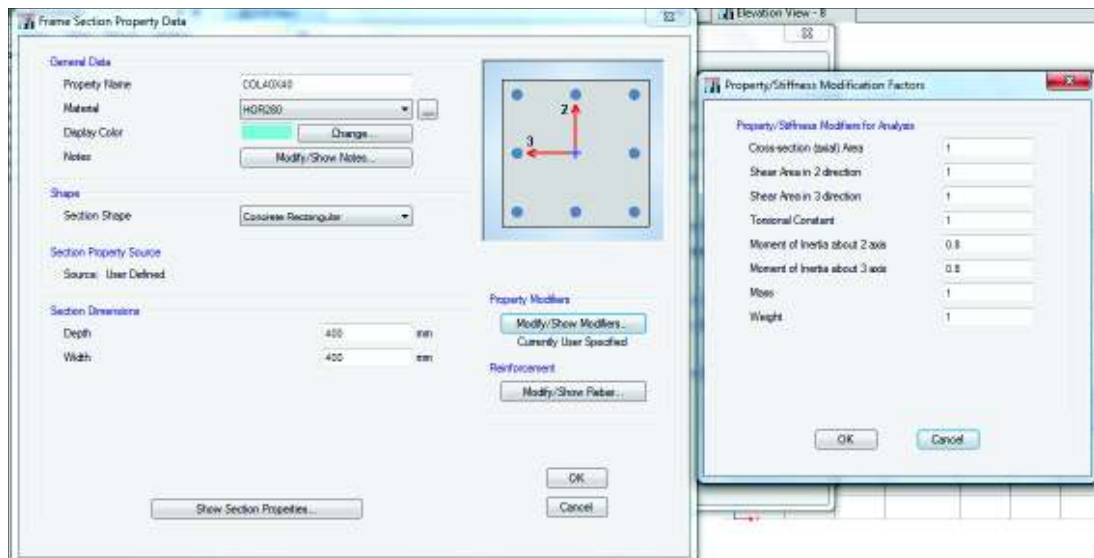
4.3.3 DEFINICIÓN DE SECCIONES

4.3.3.1 Vigas y Columnas

Las columnas y vigas se las considera como elementos FRAME, se generan las diferentes secciones de vigas y columnas de acuerdo a la información que se muestra en los planos estructurales del hospital.

Tal como lo recomienda CPE INEN 5 et al (2011), el modelo matemático debe considerar el agrietamiento de las secciones a partir del instante de su construcción, para columnas este valor es de 0.8 de la inercia no agrietada.

GRÁFICO 4. 7 DEFINICIÓN DE SECCIÓN COLUMNA EN MODELO MATEMÁTICO.



ELABORADO POR: Darío Castillo

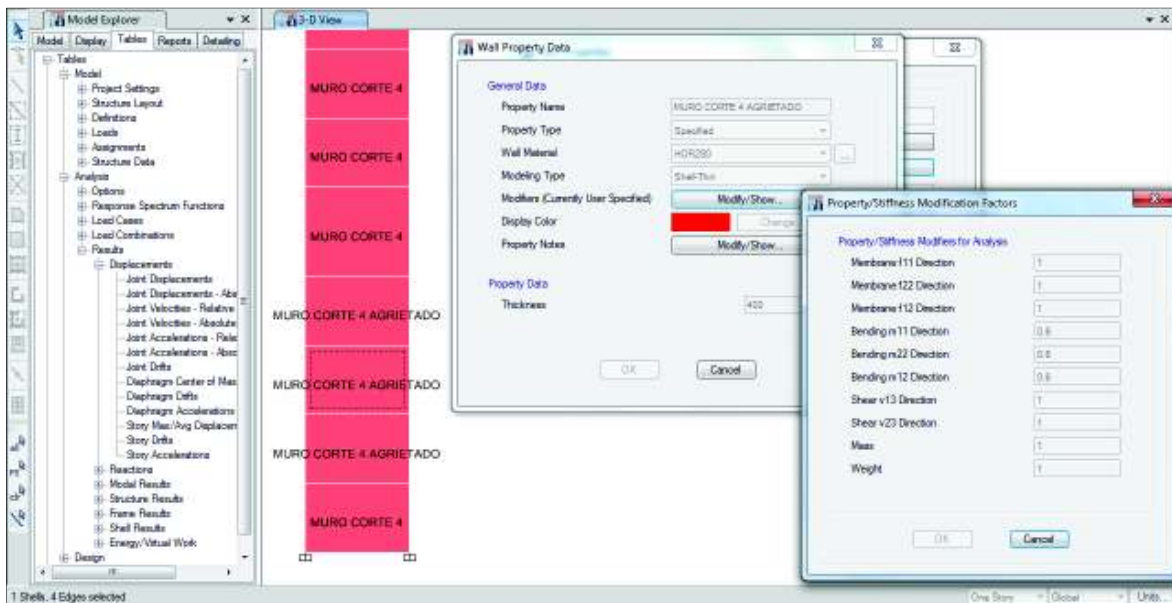
Para vigas, el valor de la inercia agrietada debe tomar en consideración el aporte de la losa de piso a la rigidez de la misma. Cuando no se considera la contribución de la losa y se utiliza una viga rectangular se puede obviar la reducción por

agrietamiento, ya que la inercia de una viga sección “T” es aproximadamente el doble de la inercia de una viga de sección rectangular,

4.3.3.2 Muros de Corte

En relación a los muros de corte, el valor de inercia agrietada es 0.6 de la inercia no agrietada aplicándolo únicamente a los dos primeros pisos de la edificación para estructuras sin subsuelos o en los dos primeros pisos y en el primer subsuelo para estructuras con subsuelo.

GRÁFICO 4. 8 DEFINICIÓN DE SECCIÓN AGRIETADA DE MURO DE CORTE.



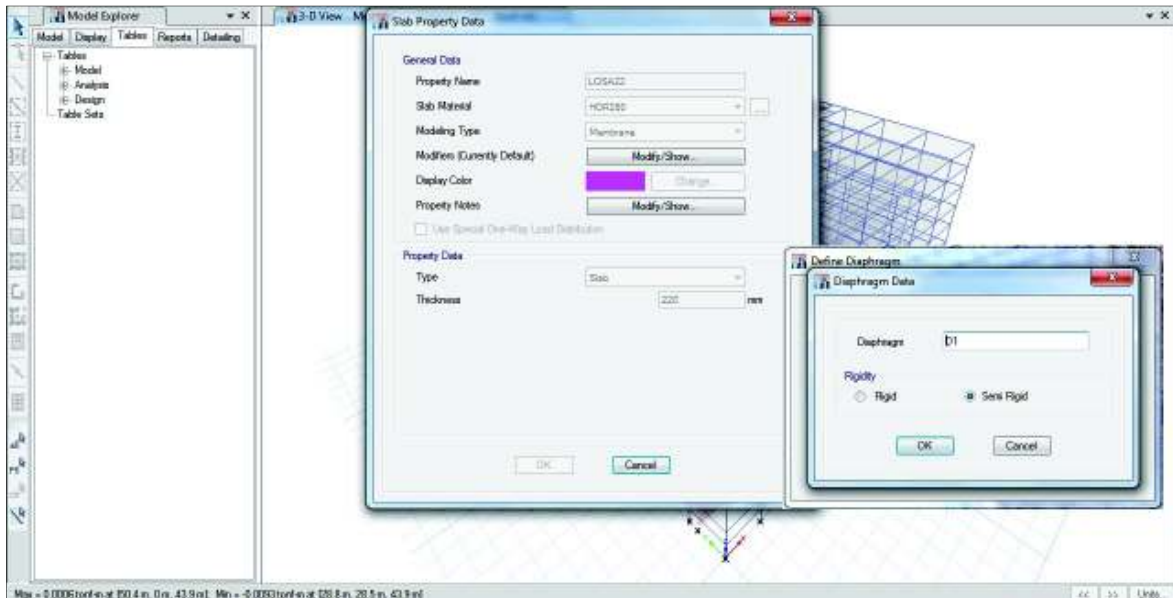
ELABORADO POR: Darío Castillo

4.3.3.3 Losas

En el modelo las losas se las considera como elementos tipo MEMBRANA, con el fin de distribuir las cargas considerando su peso y analizar el comportamiento de la estructura en conjunto, las cargas verticales se distribuyan de manera automática a las vigas a través de triángulos o trapecios según sea la geometría del tablero.

Tal como se indica en el punto 4.2, las losas son modeladas como diafragmas semi rígidos.

GRÁFICO 4. 9 ASIGNACIÓN PROPIEDADES AL ELEMENTO TIPO LOSA.



ELABORADO POR: Darío Castillo

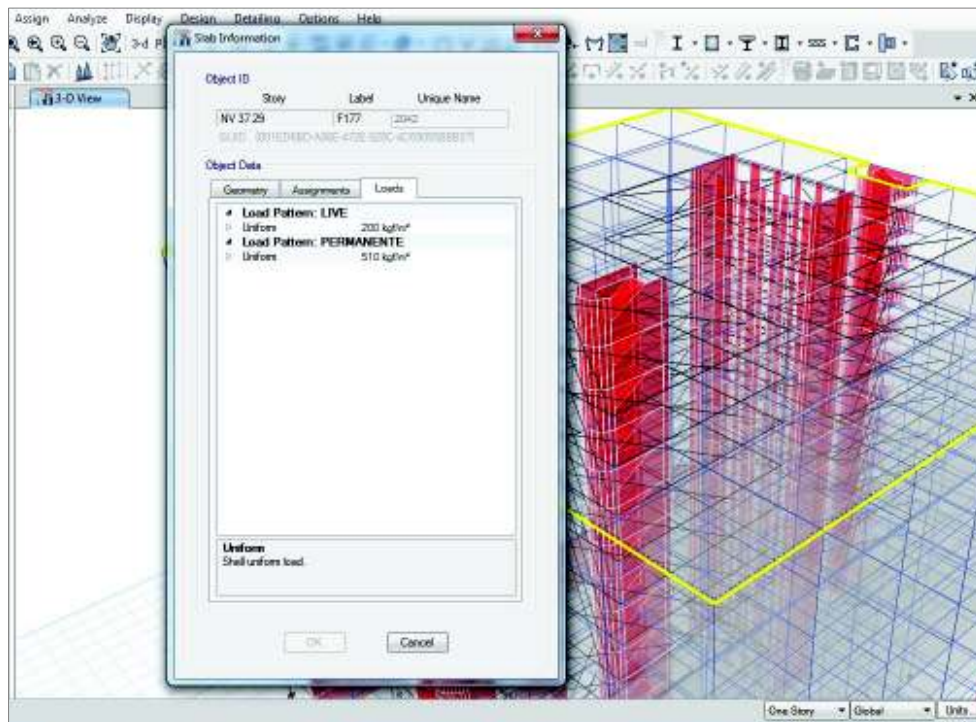
4.3.4 ASIGNACIÓN DE CARGAS

Son asignadas las cargas verticales a aquellos elementos tipo losa para que ésta la distribuya la carga a las vigas automáticamente.

4.3.4.1 Carga Permanente y Carga Viva.

De acuerdo al punto 4.2.1, la carga permanente es de 510 Kg/m² y la carga viva es de 200 kg/m²

GRÁFICO 4. 10 ASIGNACIÓN DE CARGAS VERTICALES: PERMANENTE Y VIVA.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

4.3.4.2 Carga Sísmica.

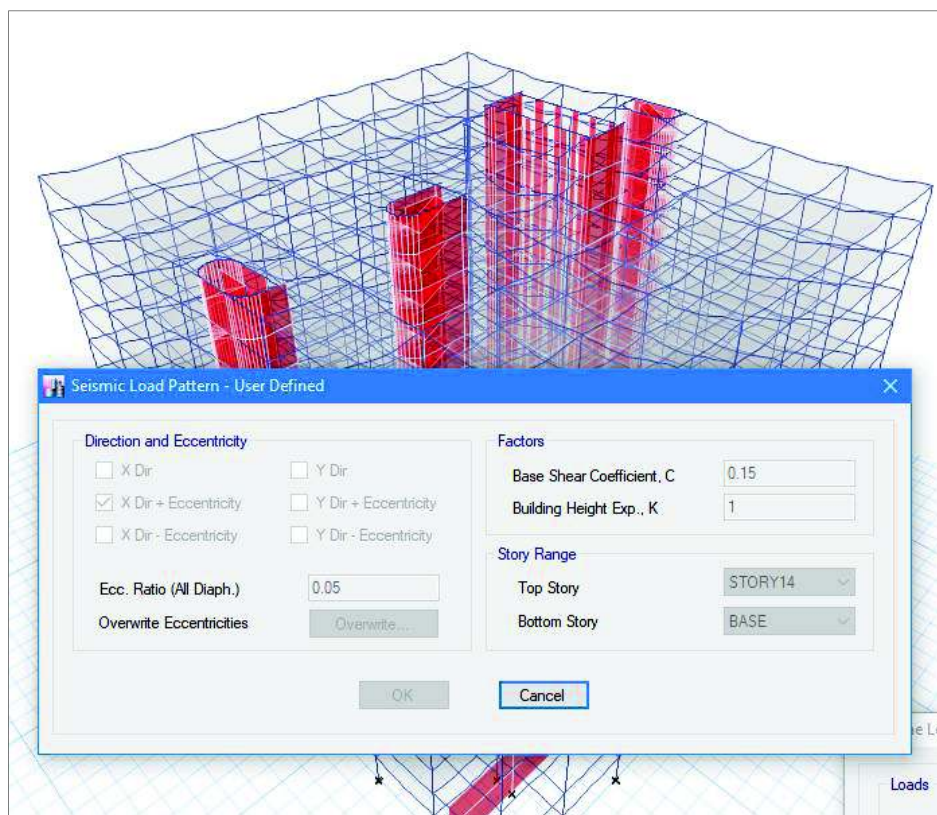
La carga sísmica se la ha asignado en cada dirección tomando en cuenta la excentricidad accidental. Se define el coeficiente en el cálculo del cortante basal en función a lo descrito en el punto 4.2.1, el rango de pisos que se desea considerar para el cálculo también se lo define en este paso.

GRÁFICO 4. 11 ASIGNACIÓN DE CARGA SÍSMICA, DE ACUERDO A CPE INEN 5.



ELABORADO POR: Darío Castillo

GRÁFICO 4. 12 ASIGNACIÓN DE CARGA SÍSMICA, DE ACUERDO A NEC.

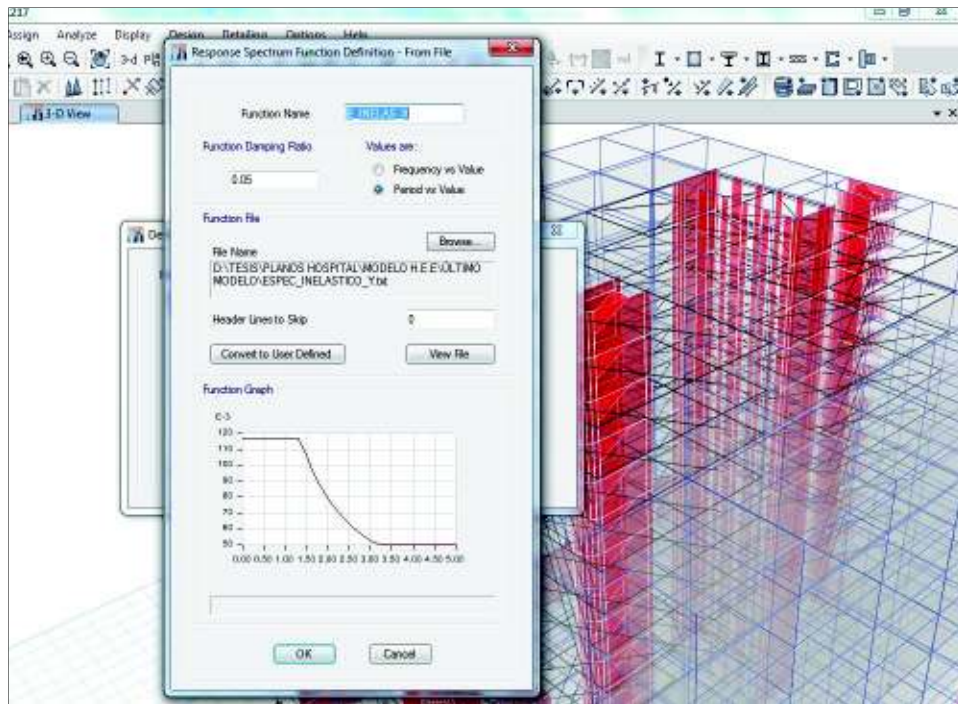


ELABORADO POR: Darío Castillo

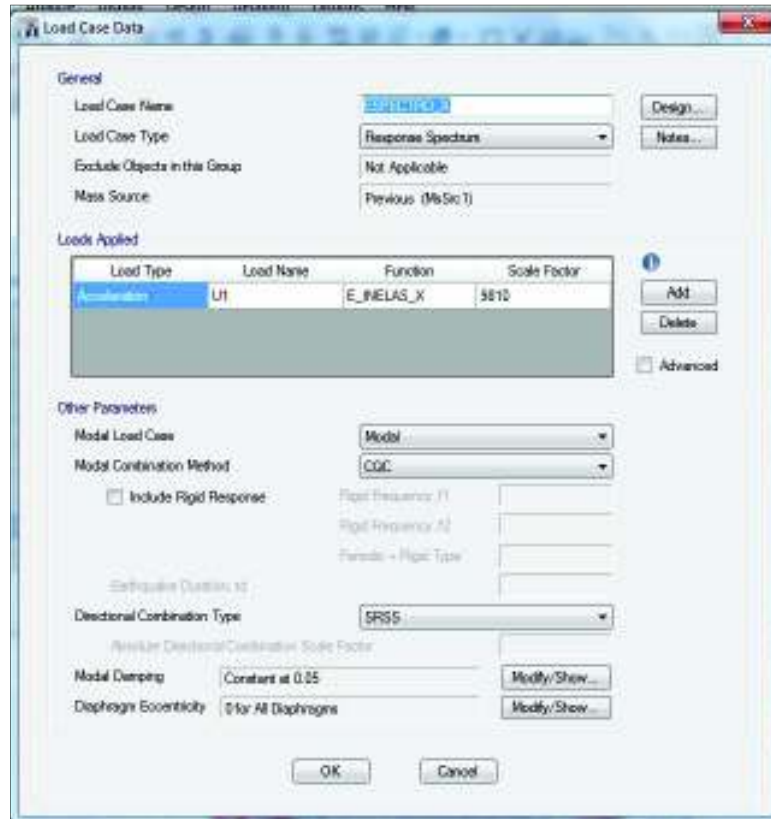
4.3.4.3 Definición del análisis modal espectral.

Para definir el análisis modal espectral es necesario ingresar el espectro de respuesta obtenido en el punto 4.2.3. una vez definida esta función en el programa, es necesario definir los estados de espectro de respuesta que utilizarán la función que se acabó de crear.

GRÁFICO 4. 13 DEFINICIÓN DE ESPECTRO DE ACUERDO A CEC 2000.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

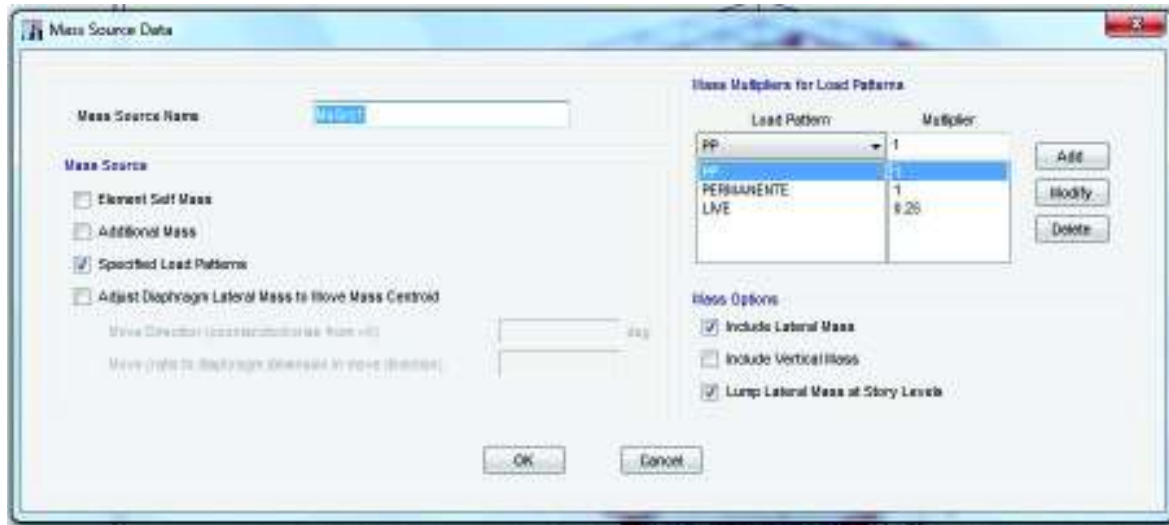
GRÁFICO 4. 14 DEFINICIÓN DE ESPECTRO.

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

4.3.5 DEFINICIÓN DE LA MASA

La carga sísmica reactiva W representa la carga reactiva por sismo, igual a la carga muerta de la estructura (peso propio más carga permanente), además del 25% de la carga viva de piso.

GRÁFICO 4. 15 DEFINICIÓN DE LA MASA.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

4.3.6 COMBINACIÓN DE CARGAS

En cuanto a las combinaciones de carga que se consideran para el chequeo del diseño de los elementos son las que se encuentran en el Capítulo “*Requisitos de Diseño del Hormigón Armado*”, literales de 9.1 a 9.5, CPE INEN 5 et al (2011), combinaciones que a continuación se detallan:

$$U = 1.4D + 1.7L \quad (4.16)$$

$$U = 0.75(1.4D + 1.7L \pm 1.87E) \quad (4.17)$$

$$U = 0.9D \pm 1.43E \quad (4.18)$$

En Donde:

U : Resistencia requerida

D : Carga muerta.

L : Carga viva.

E : Efecto de carga producido por el sismo.

4.4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Una vez que se definieron todas las características del modelo: materiales, secciones, geometría, se definieron y se asignaron los estados de carga, el modelo está listo para ser analizado.

4.4.1 DERIVAS DE PISO

De acuerdo a CPE INEN 5, el valor Δ_M debe calcularse mediante:

$$\Delta_M = R * \Delta_E \quad (4.19)$$

De acuerdo a NEC-SD-DS, el valor Δ_M debe calcularse mediante:

$$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E \quad (4.20)$$

TABLA 4. 8 RESUMEN DE DERIVAS INELÁSTICAS EN SENTIDO X.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift NEC	Drift CEC	Label	ΔM_x NEC	ΔM_x CEC
STORY14	SX	X	0.005276	0.004221	2	0.031656	0.04221
NV 37.29	SX	X	0.005502	0.004402	734	0.033012	0.04402
NV 33.99	SX	X	0.005545	0.004436	317	0.03327	0.04436
NV 30.69	SX	X	0.006179	0.004943	369	0.037074	0.04943
NV 27.39	SX	X	0.006537	0.005229	369	0.039222	0.05229
NV 24.09	SX	X	0.006751	0.005401	341	0.040506	0.05401
NV 20.79	SX	X	0.006855	0.005484	341	0.04113	0.05484
NV 17.49	SX	X	0.006851	0.005481	341	0.041106	0.05481
NV 14.19	SX	X	0.006764	0.005411	341	0.040584	0.05411
NV 10.89	SX	X	0.006378	0.005103	353	0.038268	0.05103
NV 6.60	SX	X	0.005836	0.004669	352	0.035016	0.04669
NV 3.30	SX	X	0.004401	0.003521	340	0.026406	0.03521
NV 0.00	SX	X	0.001985	0.001588	131	0.01191	0.01588
NV 0.00	SX	Y	0.00061	0.000488	362	0.00366	0.00488
NV -3.30	SX	X	0.000786	0.000629	734	0.004716	0.00629
Max			0.006855	0.005484		0.04113	0.05484

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

TABLA 4. 9 RESUMEN DE DERIVAS INELÁSTICAS EN SENTIDO Y.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift NEC	Drift CEC	Label	ΔM_y NEC	ΔM_y CEC
STORY14	SY	Y	0.002373	0.001899	22	0.014238	0.01899
NV 37.29	SY	Y	0.002843	0.002274	731	0.017058	0.02274
NV 33.99	SY	Y	0.00288	0.002304	734	0.01728	0.02304
NV 30.69	SY	Y	0.002993	0.002395	734	0.017958	0.02395
NV 27.39	SY	Y	0.00312	0.002496	734	0.01872	0.02496
NV 24.09	SY	Y	0.003257	0.002606	362	0.019542	0.02606
NV 20.79	SY	Y	0.003386	0.002708	362	0.020316	0.02708
NV 17.49	SY	Y	0.003457	0.002766	553	0.020742	0.02766
NV 14.19	SY	Y	0.003452	0.002762	554	0.020712	0.02762
NV 10.89	SY	Y	0.003429	0.002743	354	0.020574	0.02743
NV 6.60	SY	Y	0.003602	0.002882	354	0.021612	0.02882
NV 3.30	SY	Y	0.002698	0.002158	355	0.016188	0.02158
NV 0.00	SY	Y	0.001617	0.001294	341	0.009702	0.01294
NV -3.30	SY	Y	0.000793	0.000635	26	0.004758	0.00635
Max			0.003602	0.002882		0.021612	0.02882

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

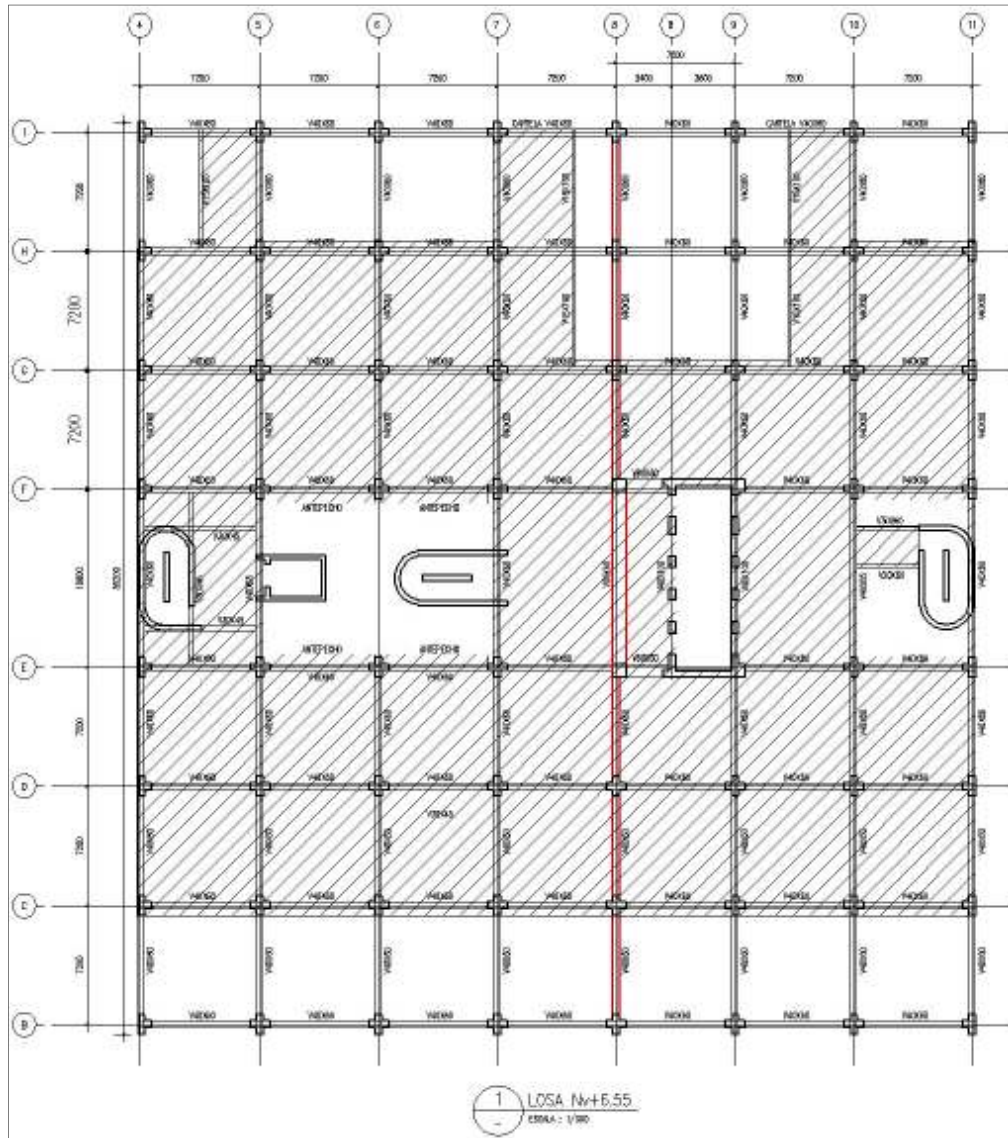
Se puede observar claramente que la deriva inelástica máximas se presentan en el segundo piso alta medido desde el nivel de la vereda, además superan el límite

establecido por CPE INEN 5 et al (2011), y por NEC-SE-DS, por lo tanto, la estructura planteada, no permite tener un control de deformaciones que puedan garantizar un correcto desempeño de los elementos estructurales, menos aún garantizar que no existirá daño en elementos no estructurales.

4.4.2 REVISIÓN DISEÑO DE UNA VIGA.

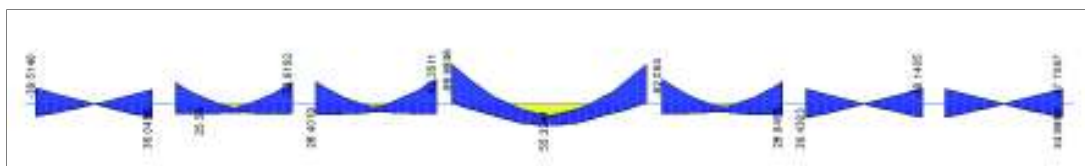
A continuación, se efectúa la verificación del diseño de los elementos estructurales más importantes y de los que depende la seguridad estructural del hospital.

El nivel 6.55 corresponde al segundo nivel medido desde la elevación de la vereda, en él se presentan los mayores esfuerzos debido a la aplicación de cargas laterales, por esta razón se decidió analizar una viga de este nivel. La viga del eje 8 corresponde a una viga central que tiene un área de aportación continua en toda su longitud.

GRÁFICO 4. 16 Losa No. 6+55

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E19 - BLOQUE A LOSA Nv +6.55 ARMADO.

Los momentos que se obtienen para los diferentes estados de carga son los siguientes:

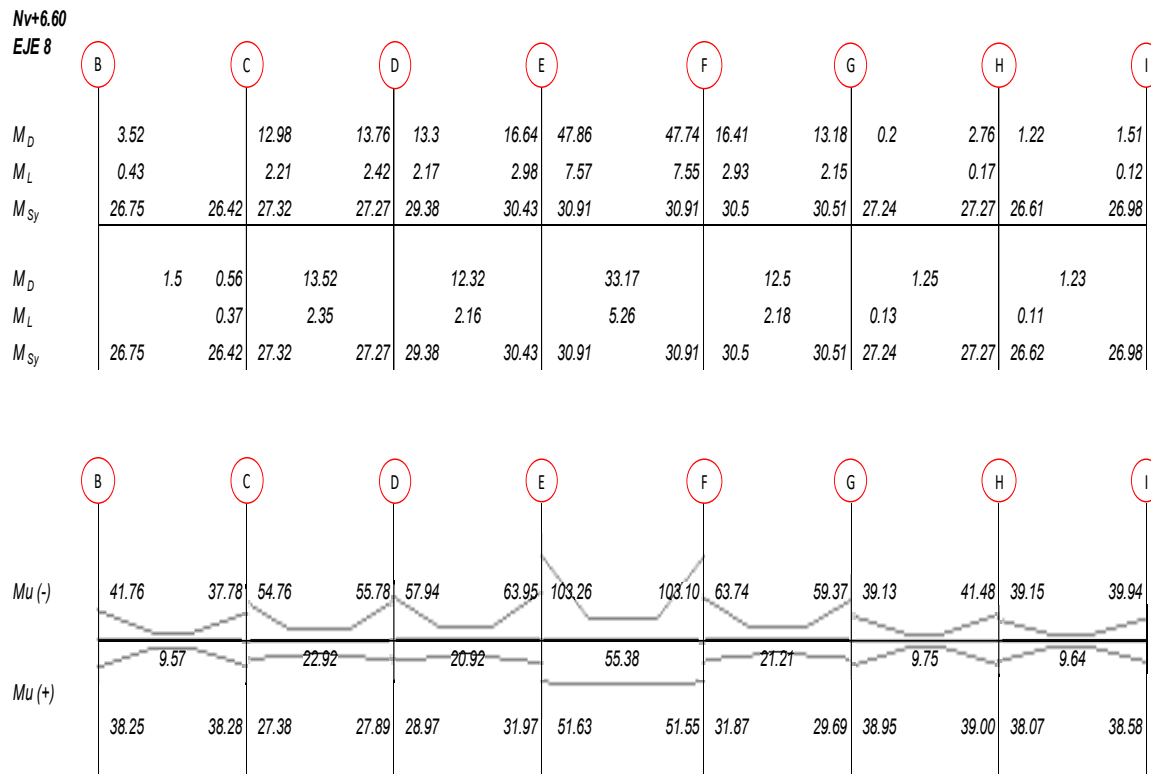
GRÁFICO 4. 17 ENVOLVENTE DE MOMENTOS, VIGA EJE8, NV +6.55

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

TABLA 4. 10 COMBINACIONES DE CARGA PARA DETERMINAR LA ENVOLVENTE DE MOMENTOS

ELEMENTO	M_D	M_L	M_{Sy}	$1.4 D + 1.7 L$	$0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.87 S_y)$	$0.75 (1.4 D + 1.7 L - 1.87 S_y)$	$0.9 D + 1.43 S_y$	$0.9 D - 1.43 S_y$
$(B - C)_{i(SUP)}$	3.52	0.43	26.8	5.66	41.76	-33.27	41.42	-35.08
$(B - C)_{i(INF)}$	0	0	26.8	0.00	37.52	-37.52	38.25	-38.25
$(B - C)_c$	1.5	0		2.10	1.58	1.58	1.35	1.35
$(B - C)_{j(SUP)}$	0	0	26.4	0.00	37.05	-37.05	37.78	-37.78
$(B - C)_{j(INF)}$	0.56	0.37	26.4	1.41	38.11	-35.99	38.28	-37.28
$(C - D)_i$	13	2.21	27.3	21.93	54.76	-21.87	50.75	-27.39
$(C - D)_c$	13.5	2.35		22.92	17.19	17.19	12.17	12.17
$(C - D)_j$	13.8	2.42	27.3	23.38	55.78	-20.71	51.38	-26.61
$(D - E)_i$	13.3	2.17	29.4	22.31	57.94	-24.47	53.98	-30.04
$(D - E)_c$	12.3	2.16		20.92	15.69	15.69	11.09	11.09
$(D - E)_j$	16.6	2.98	30.4	28.36	63.95	-21.41	58.49	-28.54
$(E - F)_i$	47.9	7.57	30.9	79.87	103.26	16.55	87.28	-1.13
$(E - F)_c$	33.2	5.26		55.38	41.54	41.54	29.85	29.85
$(E - F)_j$	47.7	7.55	30.9	79.67	103.10	16.40	87.17	-1.24
$(F - G)_i$	16.4	2.93	30.5	27.96	63.74	-21.81	58.38	-28.85
$(F - G)_c$	12.5	2.18		21.21	15.90	15.90	11.25	11.25
$(F - G)_j$	13.2	2.15	30.5	22.11	59.37	-26.21	55.49	-31.77
$(G - H)_{i(SUP)}$	0.2	0.13	27.2	0.50	38.58	-37.83	39.13	-38.77
$(G - H)_{i(INF)}$	0	0.13	27.2	0.22	38.37	-38.04	38.95	-38.95
$(G - H)_c$	1.25	0		1.75	1.31	1.31	1.13	1.13
$(G - H)_{j(SUP)}$	2.76	0.17	27.3	4.15	41.36	-35.13	41.48	-36.51
$(G - H)_{j(INF)}$	0	0	27.3	0.00	38.25	-38.25	39.00	-39.00
$(H - I)_{i(SUP)}$	1.22	0.11	26.6	1.90	38.74	-35.90	39.15	-36.95
$(H - I)_{i(INF)}$	0	0.11	26.6	0.19	37.47	-37.19	38.07	-38.07
$(H - I)_c$	1.23	0		1.72	1.29	1.29	1.11	1.11
$(H - I)_{j(SUP)}$	1.51	0.12	27	2.32	39.58	-36.10	39.94	-37.22
$(H - I)_{j(INF)}$	0	0	27	0.00	37.84	-37.84	38.58	-38.58

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 4. 18 ENVOLVENTE DE MOMENTOS VIGA EJE 8, NV+ 6.60

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 4. 19 SECCIONES DE VIGAS Y PROPIEDADES DE MATERIALES, VIGA EJE 8, NV+ 6.60

Secciones

	B	C	D	E	F	G	H	I
L	7.20 m	7.20 m	7.20 m	10.80 m	7.20 m	7.20 m	7.20 m	7.20 m
b	40.00 cm	40.00 cm	40.00 cm	80.00 cm	40.00 cm	40.00 cm	40.00 cm	40.00 cm
h	60.00 cm	60.00 cm	60.00 cm	60.00 cm	60.00 cm	60.00 cm	60.00 cm	60.00 cm
d	54.00 cm	54.00 cm	54.00 cm	54.00 cm	54.00 cm	54.00 cm	54.00 cm	54.00 cm
$f_c =$	280. Kg/cm ²	31	0.85					
$F_y =$	4200. Kg/cm ²							

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 4. 20 Cálculo acero de refuerzo y comparación con acero colocado, viga eje 8, Nv+ 6.60

	B	C	D	E	F	G	H	I													
K	0.142	0.129	0.186	0.190	0.197	0.218	0.176	0.175	0.217	0.202	0.133	0.141	0.133	0.136							
	0.130	0.033	0.130	0.093	0.078	0.095	0.099	0.071	0.109	0.088	0.094	0.088	0.108	0.072	0.101	0.133	0.033	0.133	0.130	0.033	0.131
ρ	0.010	0.009	0.014	0.015	0.015	0.017	0.013	0.013	0.017	0.016	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
$\rho_{BALANCEADO}$	0.009	0.002	0.009	0.007	0.005	0.007	0.007	0.005	0.008	0.006	0.007	0.006	0.008	0.005	0.007	0.010	0.002	0.010	0.009	0.002	0.010
ρ_{min}	0.029																				
$\rho_{máx}$	0.003																				
$\rho_{máx}$	0.025																				
A_s calculado	22.54	20.18	30.69	31.36	32.79	36.91	57.32	57.22	36.77	33.75	20.97	22.37	20.98	21.45							
	20.45	7.46	20.47	14.25	11.80	14.53	15.13	10.72	16.82	26.76	28.83	26.72	16.77	10.87	15.53	20.87	7.46	20.89	20.35	7.46	20.65
A_s_{min}		7.46			7.46			7.46			14.91			7.46			7.46			7.46	
$A_s_{máx}$		54.00		54.00		54.00		54.00		108.00		54.00		54.00		54.00		54.00		54.00	
A_s colocado	2 ϕ 25 2 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 6 ϕ 25	2 ϕ 25 6 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25	2 ϕ 25 4 ϕ 25
	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22	4 ϕ 22
cm^2	19.63	29.45	29.45	29.45	29.45	29.45	68.72	68.72	29.45	29.45	29.45	29.45	29.45	29.45	29.45	29.45	29.45	29.45	29.45	29.45	19.63
	15.21	15.21	15.21	15.21	15.21	15.21	34.36	34.36	34.36	15.21	15.21	15.21	15.21	15.21	15.21	15.21	15.21	15.21	15.21	15.21	15.21
Colocado/ requerido	0.9	1.5	1.0	0.9	0.9	0.8	1.2	1.2	0.8	0.9	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	0.9	
	0.7	2.0	0.7	1.1	1.3	1.0	1.0	1.4	0.9	1.3	1.2	1.3	0.9	1.4	1.0	0.7	2.0	0.7	0.7	2.0	0.7

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

$$a = \frac{A_s \cdot \alpha \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (4.21)$$

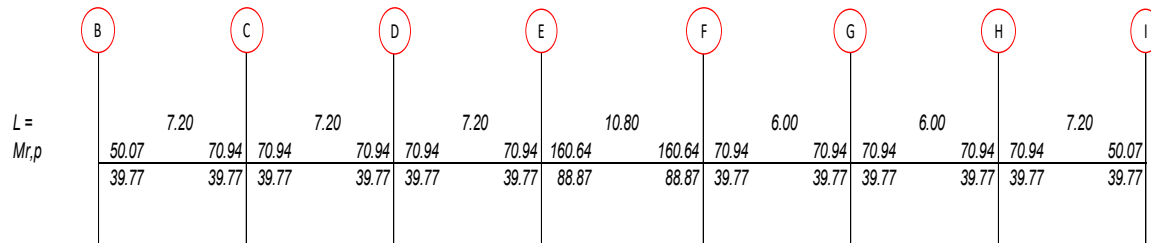
GRÁFICO 4. 21 Factor a

	B	C	D	E	F	G	H	I														
$a =$	10.83	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	10.83
	8.39	8.39	8.39	8.39	8.39	8.39	9.47	9.47	8.39	8.39	8.39	8.39	8.39	8.39	8.39	8.39	8.39	8.39	8.39	8.39	8.39	8.39

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

$$M_{pr,b} = A_s * \alpha * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (4.22)$$

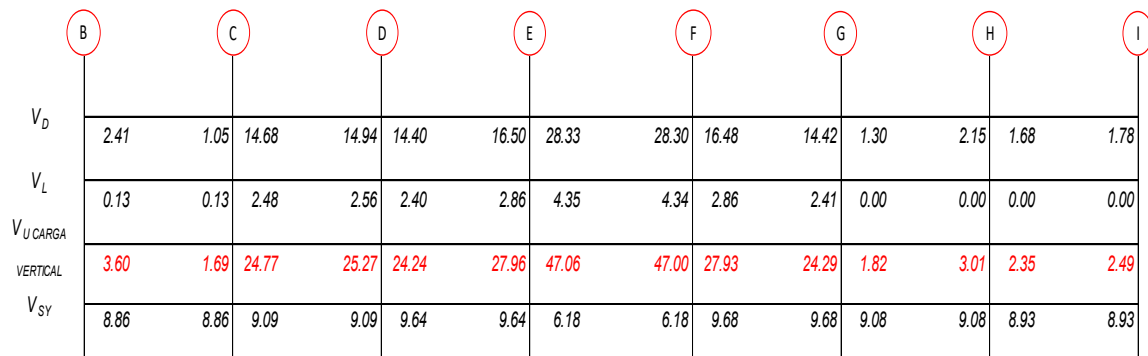
GRÁFICO 4. 22 Momentos probables determinados en función a la armadura longitudinal colocada en las vigas.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 4. 23 CORTANTE POR CARGA VERTICAL

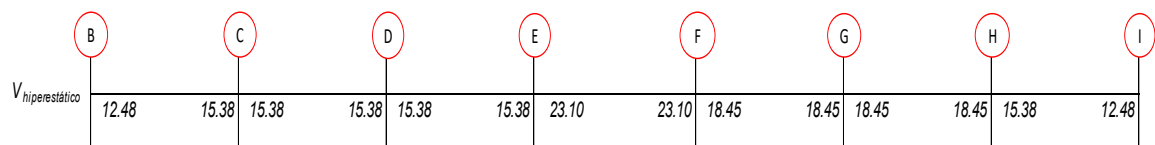
Corte por carga vertical



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 4. 24 CORTANTE HIPERESTÁTICO

Corte hiperestático



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 4. 25 Cálculo acero de refuerzo transversal y comparación con acero transversal colocado.

Corte de diseño

	B		C		D		E		F		G		H		I
$V_{U \text{ diseño}}$	16.07	16.07	40.14	40.14	39.62	39.62	70.16	70.16	43.31	43.31	17.20	17.20	17.73	17.73	
$V_c =$	0.00	0.00	19.16	19.16	19.16	19.16	38.31	38.31	19.16	19.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$V_s \text{ requerido}$	18.91	18.91	28.07	28.07	27.45	27.45	44.23	44.23	31.80	31.80	20.23	20.23	20.86	20.86	20.86
$s \text{ requerido}$	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50
$A_v \text{ requerido}$	1.13	1.13	1.67	1.67	1.63	1.63	2.63	2.63	1.89	1.89	1.20	1.20	1.24	1.24	1.24
$A_v \text{ colocado} =$	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	4.71	4.71	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
$s \text{ colocado} =$	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
$V_s \text{ colocado} =$	23.74	23.74	23.74	23.74	23.74	23.74	71.22	71.22	23.74	23.74	23.74	23.74	23.74	23.74	23.74
$\frac{\text{colocado}}{\text{requerido}}$	1.26	1.26	0.85	0.85	0.86	0.86	0.86	1.61	0.75	0.75	1.17	1.17	1.14	1.14	1.14

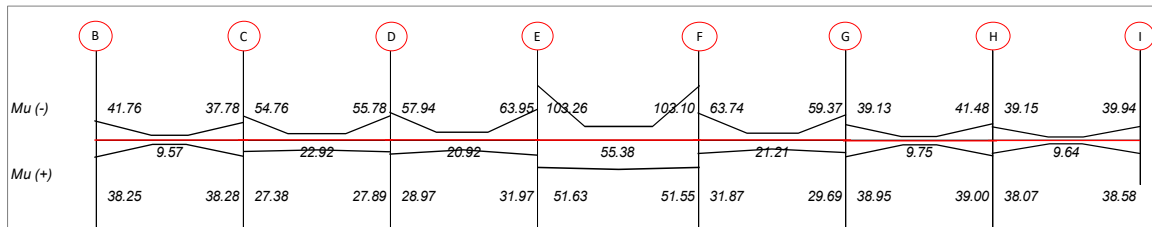
ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

4.4.3 ANÁLISIS DEL DETALLAMIENTO DEL ACERO DE REFUERZO EN VIGAS.

El correcto detallamiento del acero de refuerzo es fundamental para que los elementos estructurales funcionen de una manera adecuada ante la presencia de un evento sísmico severo.

A continuación se realizará un análisis del detallamiento del acero de refuerzo de la viga del eje 8 en el nivel 6.60.

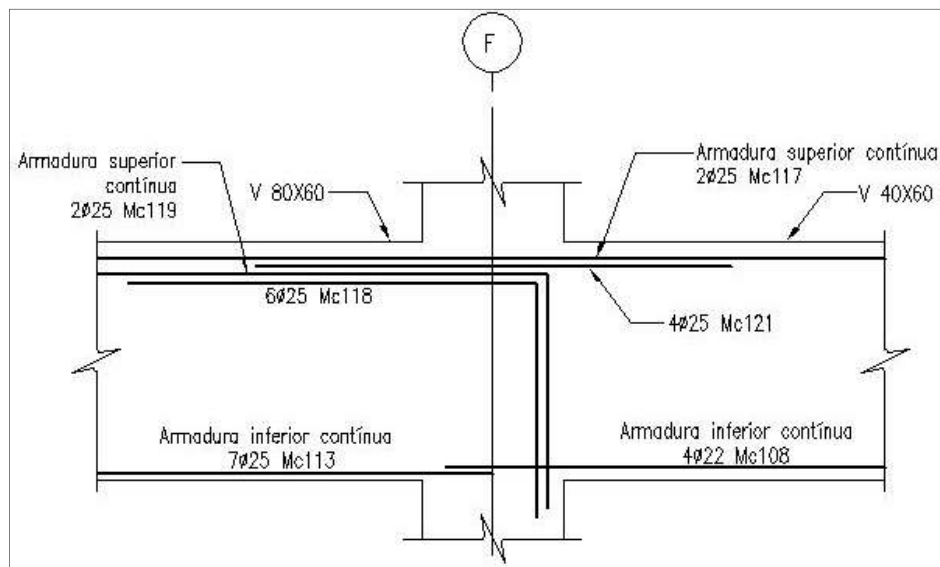
GRÁFICO 4. 26 Envoltorio de Momentos Viga eje 8, Nv+ 6.60



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

El detalle del acero de refuerzo colocado en el nudo 8-F es el siguiente:

GRÁFICO 4. 27 Detallamiento acero de refuerzo eje F, viga 8, Nv+6.60

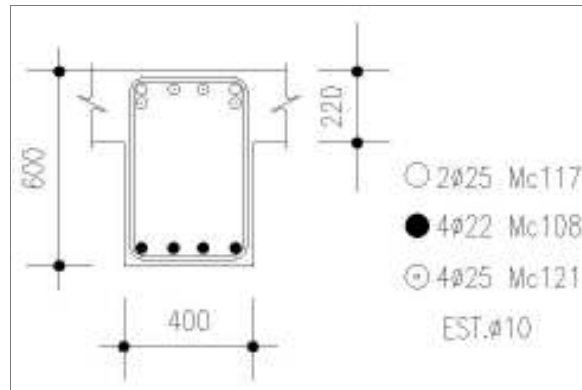


ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

A continuación se determinan los momentos últimos resistentes en cada sección de las vigas tomando en cuenta la armadura colocada, para luego comparar estos valores con los obtenidos en la envolvente de momentos.

- **Viga 40x60**

GRÁFICO 4. 28 Sección viga 40x60.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

Cuantía de armadura continua superior:

$$\rho_{As=2\phi 25} = \frac{A_s}{b*d} \quad (4.23)$$

$$\rho_{As=2\phi 25} = \frac{9.82}{40*54} \quad (4.24)$$

$$\rho_{As=2\phi 25} = 0.004546 \quad (4.25)$$

Cuantía de armadura continua inferior:

$$\rho_{As=4\phi 22} = \frac{A_{s_{inf}}}{b*d} \quad (4.26)$$

$$\rho_{As=4\phi 22} = \frac{15.21}{40*54} \quad (4.27)$$

$$\rho_{As=4\phi 22} = 0.007042 \quad (4.28)$$

Momento último superior:

$$\frac{Mn_{As=2\phi 25}}{b*d^2} = 18.33 \quad (4.29)$$

$$Mn_{As=2\phi 25} = 21.38 \text{ t} * \text{m} \quad (4.30)$$

$$Mu_{As=2\phi 25} = \phi Mn_{As=2\phi 25} = 0.9 * 21.38 = 19.24 \text{ t} * \text{m} \quad (4.31)$$

Con la armadura superior continua colocada, se resiste un momento igual a 19.34 t*m, en la envolvente de momentos se indica que el momento último es de 63.74 t*m, es decir tengo que colocar un refuerzo que cubra la diferencia de estos momentos:

$$Mu = 63.74 - 19.24 = 44.50 \text{ t} * \text{m} \quad (4.32)$$

$$K = \frac{Mu}{0.9*b*d^2*f'c} \quad (4.33)$$

$$K = \frac{4450000}{0.9*40*54^2*280} \quad (4.34)$$

$$K = 0.15 \quad (4.35)$$

$$\rho = \frac{f'c}{fy} * \frac{1-\sqrt{1-2.36*K}}{1.18} \quad (4.36)$$

$$\rho = \frac{280}{4200} * \frac{1-\sqrt{1-2.36*0.15}}{1.18} \quad (4.37)$$

$$\rho = 0.01109 \quad (4.38)$$

$$As = \rho * b * d \quad (4.39)$$

$$As = 0.01109 * 40 * 54 \quad (4.40)$$

$$As_{colocado} = 19.63 \text{ cm}^2 \quad (4.41)$$

$As = 23.95 \text{ cm}^2 > 19.63 \therefore$ El refuerzo colocado es insuficiente

Momento último inferior:

$$\frac{Mn_{As=4\emptyset22}}{b*d^2} = 27.74 \quad (4.42)$$

$$Mn_{As=4\emptyset22} = 32.36 \text{ t} * \text{m} \quad (4.43)$$

$$Mu_{As=4\emptyset22} = \emptyset Mn_{As=4\emptyset22} = 0.9 * 32.36 = 29.12 \text{ t} * \text{m}$$

Con la armadura inferior continua colocada, se resiste un momento igual a 29.12 t*m, en la envolvente de momentos se indica que el momento último es de 31.87 t*m, es decir tengo que colocar un refuerzo que cubra la diferencia de estos momentos:

$$Mu = 31.87 - 29.12 = 2.75 \text{ t} * \text{m}$$

$$K = \frac{275000}{0.9*40*54^2*280} \quad (4.44)$$

$$K = 0.0094 \quad (4.45)$$

$$\rho = \frac{280}{4200} * \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36*0.0094}}{1.18} \quad (4.46)$$

$$\rho = 0.006272 \quad (4.47)$$

$$As = 0.006272 * 40 * 54 \quad (4.48)$$

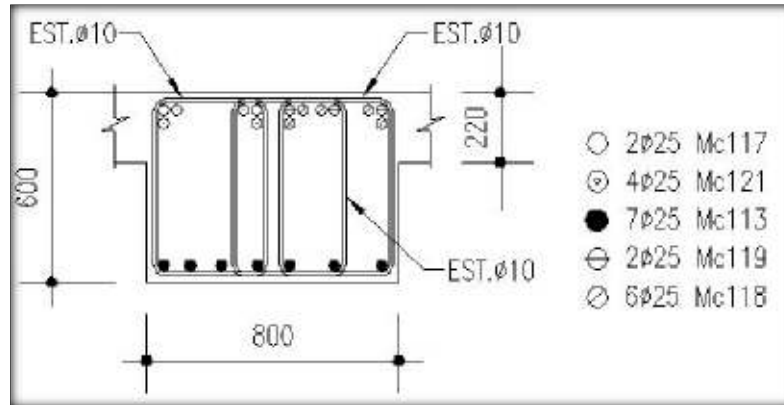
$$As = 1.35 \text{ cm}^2 \quad (4.49)$$

$$As_{colocado} = 0.00 \text{ cm}^2 \quad (4.50)$$

$As = 1.35 \text{ cm}^2 > 0.00 \therefore$ Se debe colocar refuerzo

- **Viga 80x60**

GRÁFICO 4. 29 SECCIÓN VIGA 40X60.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

Cuantía de armadura continua superior $A_s = 4\phi 25 = 19.64 \text{ cm}^2$:

$$\rho_{As=4\phi 25} = \frac{A_s}{b*d} \quad (4.51)$$

$$\rho_{As=4\phi 25} = \frac{19.64}{80*54} \quad (4.52)$$

$$\rho_{As=4\phi 25} = 0.004546 \quad (4.53)$$

Cuantía de armadura continua inferior $A_s = 7\phi 25 = 34.37 \text{ cm}^2$:

$$\rho_{As=7\phi 25} = \frac{A_{sinf}}{b*d} \quad (4.54)$$

$$\rho_{As=7\phi 25} = \frac{34.37}{80*54} \quad (4.55)$$

$$\rho_{As=7\phi 25} = 0.007956 \quad (4.56)$$

Momento último superior:

$$\frac{Mn_{As=4\phi 25}}{b*d^2} = 18.33 \quad (4.57)$$

$$Mn_{As=4\phi 25} = 42.76 \text{ t * m} \quad (4.58)$$

$$Mu_{As=4\phi 25} = \phi Mn_{As=4\phi 25} = 0.9 * 42.76 = 38.48 \text{ t * m}$$

Con la armadura superior continua colocada, se resiste un momento igual a 38.48 t*m, en la envoltura de momentos se indica que el momento último es de 103.10

t*m, es decir tengo que colocar un refuerzo que cubra la diferencia de estos momentos:

$$Mu = 103.10 - 38.48 = 64.62 t * m$$

$$K = \frac{6462000}{0.9 * 80 * 54^2 * 280} \quad (4.59)$$

$$K = 0.1099 \quad (4.60)$$

$$\rho = \frac{280}{4200} * \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.1099}}{1.18} \quad (4.61)$$

$$\rho = \frac{280}{4200} * \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.1099}}{1.18} \quad (4.62)$$

$$\rho = 0.007877 \quad (4.63)$$

$$As = 0.007877 * 80 * 54 \quad (4.64)$$

$$As_{colocado} = 49.09 \text{ cm}^2 \quad (4.65)$$

$$As = 34.03 \text{ cm}^2 < 49.09 \text{ cm}^2$$

∴ El refuerzo colocado es suficiente, se debe revisar la longitud del refuerzo.

Momento último inferior:

$$\frac{Mn_{As=7\phi25}}{b * d^2} = 31.07 \quad (4.66)$$

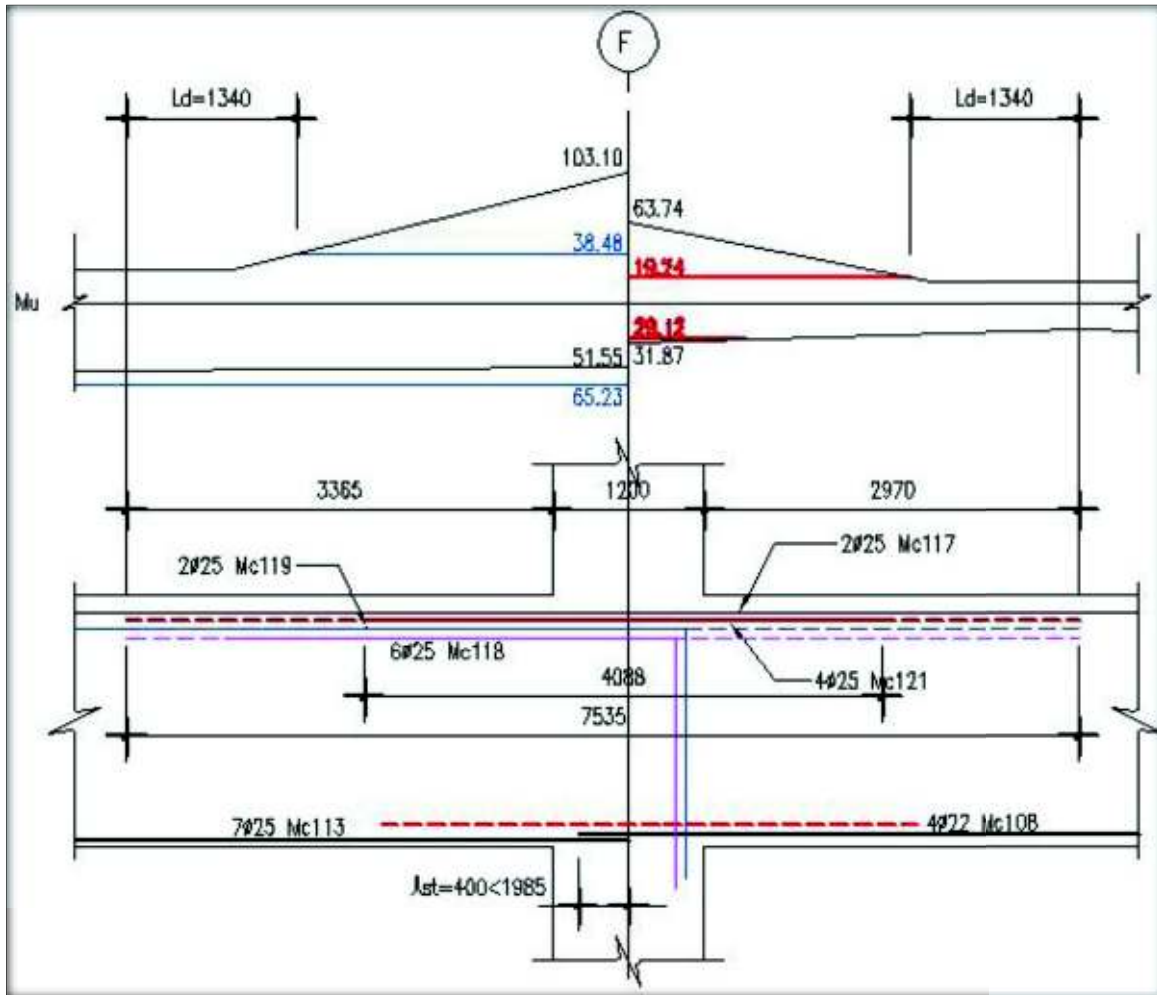
$$Mn_{As=7\phi25} = 72.48 t * m \quad (4.67)$$

$$Mu_{As=7\phi25} = \phi Mn_{As=7\phi25} = 0.9 * 72.48 = 65.23 t * m$$

Con la armadura inferior continua colocada, se resiste un momento igual a 65.23 t*m, en la envolvente de momentos se indica que el momento último es de 51.55 t*m, por lo tanto no se requiere colocar refuerzo, se debe tener cuidado en el chequeo de la conexión viga columna.

En resumen:

GRÁFICO 4.31: REFUERZO COLOCADO Y MOMENTOS ÚLTIMOS.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

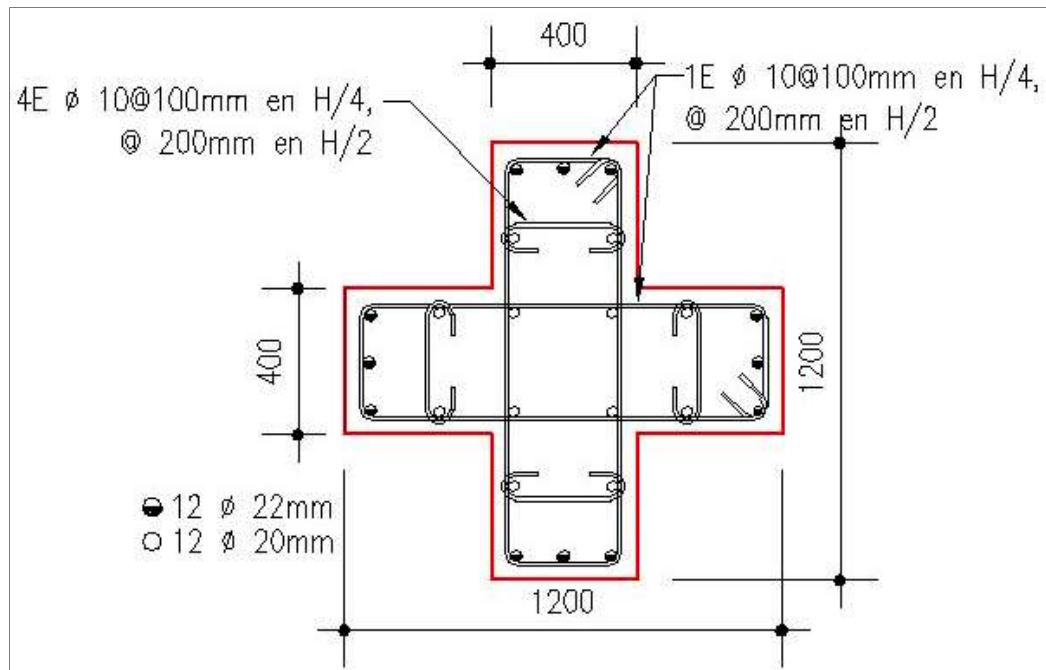
En el Gráfico 4.7 se puede observar que la longitud del refuerzo superior colocado, $L = 4.09$ m, es insuficiente, este debería tener una longitud mínima igual a 7.54 m.

La armadura inferior se traslapa en un sitio inapropiado y con una longitud inferior a la de traslape.

4.4.4 REVISIÓN DEL DISEÑO DE COLUMNA TIPO CRUZ

A continuación, se realiza la comprobación del diseño de la columna 5G, del Nv+3.25, se decidió analizar esta columna ya que se encuentra en el primer nivel en donde la fuerza lateral debido al sismo tiene el valor más alto, y simultáneamente tienen la carga axial más alta.

GRÁFICO 4. 30 SECCIÓN DE COLUMNA 5G, NV+3.25



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E6 - BLOQUE A ARMADO Y REDUCCIÓN DE COLUMNAS.

Datos:

$$A_s = 83.32 \text{ cm}^2$$

$$A_g = 8000 \text{ cm}^2$$

$$\rho = 1.04\%$$

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

4.4.4.1 Cálculo de puntos n

4.4.4.2 Otables del diagrama de interacción.

$$P_0 = 0.85 * f'c * Ag + As * Fy \quad (4.68)$$

$$P_0 = (0.85 * 280 * 8000 + 83.32 * 4200)/1000 \quad (4.69)$$

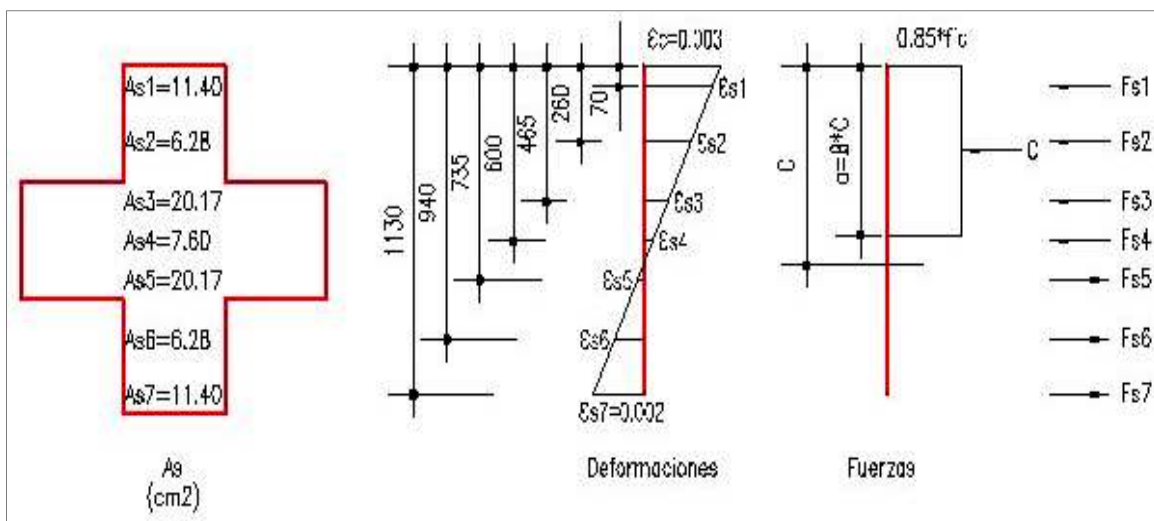
$$P_0 = 2253.94 \text{ t} \quad (4.70)$$

$$T_0 = As * Fy \quad (4.71)$$

$$T_0 = (83.32 * 4200)/1000 \quad (4.72)$$

$$T_0 = 394.94 \text{ t} \quad (4.73)$$

GRÁFICO 4. 31 Deformaciones y fuerzas, columna 5G - Nv+3.25.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo.

4.4.4.3 Cálculo ubicación del eje neutro.

$$c = \frac{(0.003 * 1130)}{0.005} \quad (4.74)$$

$$c = 678 \text{ mm} \quad (4.75)$$

Profundidad bloque de compresión

$$a = \beta * c \quad (4.76)$$

$$a = 0.85 * 678 \text{ mm} \quad (4.77)$$

$$a = 576 \text{ mm} \quad (4.78)$$

Cálculo deformaciones unitarias y esfuerzos en cada fila del acero de refuerzo.

$$\varepsilon_{s_1} = (0.003/678)*(678-70) = 0.0027 > \varepsilon_y \therefore f_{s_1} = f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_{s_2} = (0.003/678)*(678-260) = 0.0018 < \varepsilon_y \therefore f_{s_2} = \varepsilon_{s_2} * E_s = 3884 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_{s_3} = (0.003/678)*(678-465) = 0.0009 < \varepsilon_y \therefore f_{s_3} = \varepsilon_{s_3} * E_s = 1979 \text{ kg/cm}^2$$

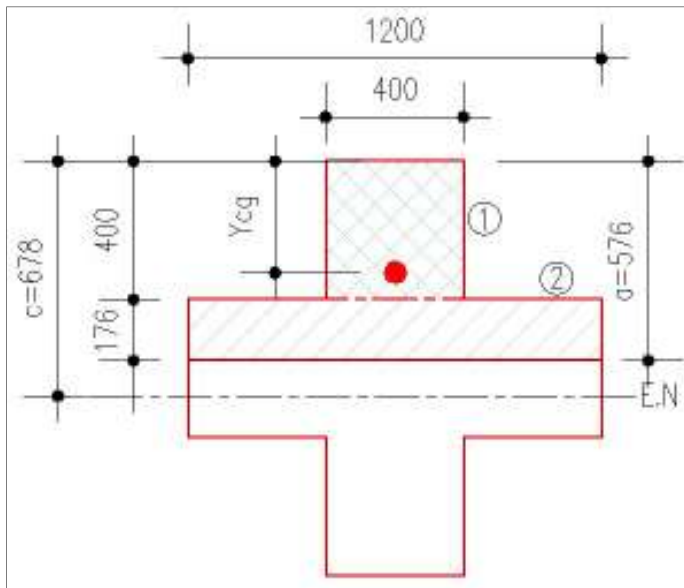
$$\varepsilon_{s_4} = (0.003/678)*(678-600) = 0.0003 < \varepsilon_y \therefore f_{s_4} = \varepsilon_{s_4} * E_s = 725 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_{s_5} = (0.003/678)*(735-678) = 0.0003 < \varepsilon_y \therefore f_{s_5} = \varepsilon_{s_5} * E_s = 530 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_{s_6} = (0.003/678)*(940-678) = 0.0012 < \varepsilon_y \therefore f_{s_6} = \varepsilon_{s_6} * E_s = 2435 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_{s_7} = (0.003/678)*(1130-678) = 0.0020 = \varepsilon_y \therefore f_{s_7} = f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

GRÁFICO 4. 32 GEOMETRÍA BLOQUE DE COMPRESIÓN.



	A (cm ²)	Ycg (cm)	A*Ycg
1	1600	20	32000
2	2112	48.8	103066
Σ	3712		135066

$$Y_{cg} = \frac{135066}{3712}$$

$$Y_{cg} = 36.38 \text{ cm}$$

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo.

4.4.4.4 Determinación de fuerzas:

$$C = 0.85 * f'_c * A_{\text{compresión}} \quad (4.79)$$

$$C = 0.85 * 280 * 3712 \quad (4.80)$$

$$C = 883.46 \text{ t} \quad (4.81)$$

TABLA 4. 11 DETERMINACIÓN DE PB Y MB.

	ϵ	σ (kg/cm ²)	A_s (cm ²)	Fuerza (t)	Brazo (cm)	Momento (t*m)
As_1	0.0027	4200	11.40	47.88	53	25.38
As_2	0.0018	3884	6.28	24.39	34	8.29
As_3	0.0009	1979	20.17	39.92	13.5	5.39
As_4	0.0003	725	7.60	5.51	0	0.00
As_5	0.0003	530	20.17	-10.68	-13.5	1.44
As_6	0.0012	2435	6.28	-15.29	-34	5.20
As_7	0.0020	4200	11.40	-47.88	-53	25.38
C				883.46	23.62	208.67
$\Sigma=$				927.31		279.75

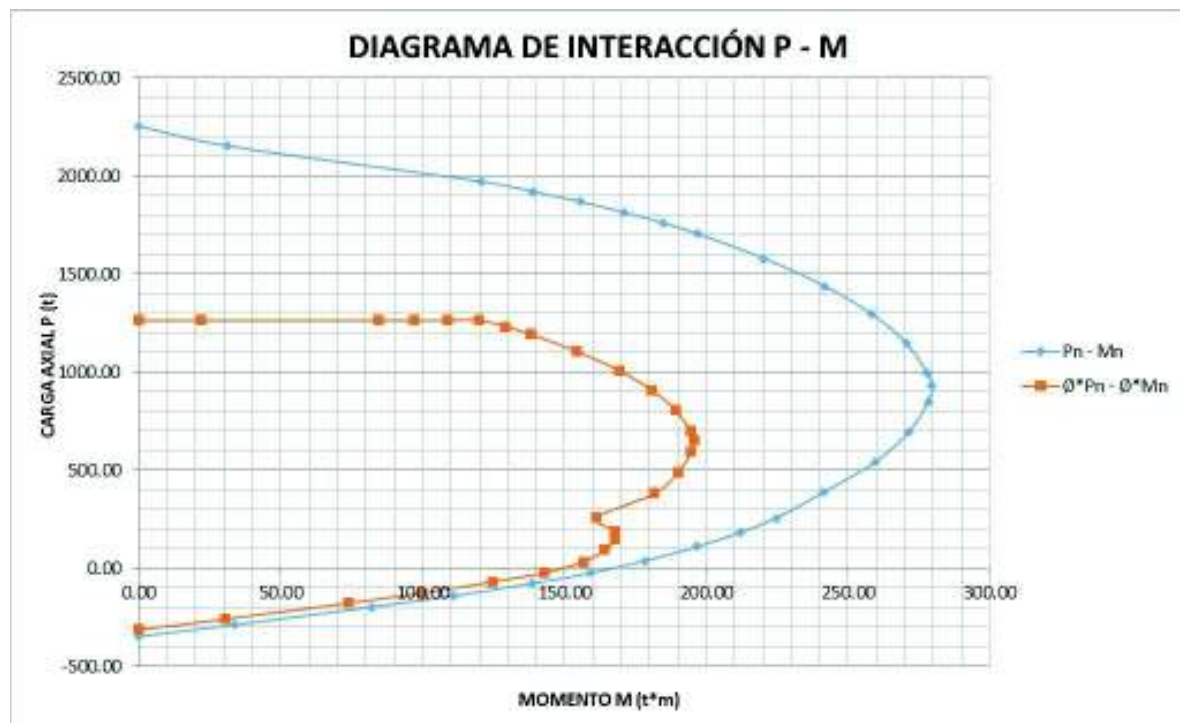
ELABORADO POR: Darío Javier Castillo.

$$P_b = 927.31 \text{ t}$$

$$M_b = 279.75 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Con estos puntos se traza el diagrama de interacción $P_n - M_n$

GRÁFICO 4. 33 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN COLUMNA 5G.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

TABLA 4. 12 ACCIONES DE CÁLCULO

ESTADO CARGA	M_{xx}		M_{yy}		P (t)
	CABEZA (t*m)	PIE (t*m)	CABEZA (t*m)	PIE (t*m)	
D	-0.64	-0.19	1.58	-0.5	-580
L	-0.09	-0.012	0.27	-0.12	-86.71
Sx	21.56	121.56	5.99	12.42	-1.21
Sy	0	-0.3	2.5	48	-0.57

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

TABLA 4. 13 COMBINACIONES DE CARGA

	Mu_{xx}		Mu_{yy}		Pu (t)
	CABEZA (t*m)	PIE (t*m)	CABEZA (t*m)	PIE (t*m)	
1.4 D + 1.7 L	-1.05	-0.29	2.67	-0.90	-959.41
0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.87 Sx)	29.45	170.27	10.40	16.74	-721.25
0.75 (1.4 D + 1.7 L - 1.87 Sx)	-31.02	-170.70	-6.40	-18.10	-717.86
0.9 D + 1.43 Sx	30.25	173.66	9.99	17.31	-523.73
0.9 D - 1.43 Sx	-31.41	-174.00	-7.14	-18.21	-520.27

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

TABLA 4. 14 CARGAS ÚLTIMAS

Combinaciones de carga	Mu_{xx} (t*m)	Mu_{yy} (t*m)	Pu (t)
1.4 D + 1.7 L	1.05	2.67	959.41
0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.87 Sx)	170.27	16.74	721.25
0.75 (1.4 D + 1.7 L - 1.87 Sx)	170.70	18.10	717.86
0.9 D + 1.43 Sx	173.66	17.31	523.73
0.9 D - 1.43 Sx	174.00	18.21	520.27

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

4.4.4.5 Efectos de esbeltez:

Cálculo del factor de amplificación de momentos para columnas:

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi * P_c}} \geq 1.0 \quad (4.82)$$

Dónde:

C_m : Relaciona el diagrama de momento real a un diagrama equivalente de momento uniforme.

Para nuestro caso, la estructura es no controventada

$$C_m = 1.0 \quad (4.83)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 E I}{(k \cdot l_u)^2} \quad (4.84)$$

4.4.4.6 Cálculos de momentos de inercia:

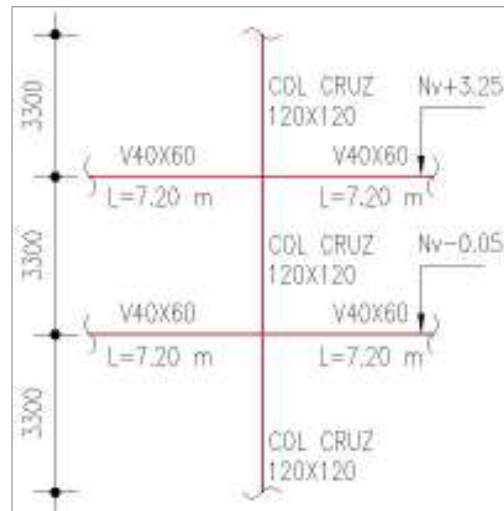
Cabeza: Nv+3.25

$$I_V = \frac{40 \cdot 60^3}{12} = 720000 \text{ cm}^4$$

$$I_{col} = 6186666.7 \text{ cm}^4$$

$$K_V = \frac{I_V}{L_V} = \frac{720000}{720} = 1000 \text{ cm}^3$$

$$K_{col} = \frac{I_{col}}{L_{col}} = \frac{6186666.7}{330} = 18747.47 \text{ cm}^3$$



Pie: Nv-0.04

$$I_V = \frac{40 \cdot 60^3}{12} = 720000 \text{ cm}^4 \quad (4.85)$$

$$I_{col} = 6186666.7 \text{ cm}^4 \quad (4.86)$$

$$K_V = \frac{I_V}{L_V} = \frac{720000}{720} = 1000 \text{ cm}^3 \quad (4.87)$$

$$K_{col} = \frac{I_{col}}{L_{col}} = \frac{6186666.7}{330} = 18747.47 \text{ cm}^3 \quad (4.88)$$

$$\psi_A = \frac{\sum K_{columnas}}{\frac{1}{2} \sum K_V} \quad (4.89)$$

Como se trabaja con el 100% de la inercia de la viga:

$$\psi_A = \frac{\sum K_{columnas}}{1 \cdot \sum K_V} \quad (4.90)$$

$$\psi_A = \psi_B = \frac{2 \cdot 18747.47}{2 \cdot 1000} = 18.75 \quad (4.91)$$

$$\psi_m = \frac{18.75 + 18.75}{2} = 18.75 \quad (4.92)$$

4.4.4.7 Cálculo del factor de longitud efectiva k

Para estructuras no contraventadas:

Como $\psi_m > 2$

$$k = 0.9 * \sqrt{1 + \psi_m} \quad (4.93)$$

$$k = 0.9 * \sqrt{1 + 18.75} \quad (4.94)$$

$$k = 3.99 \quad (4.95)$$

Revisión de la necesidad de considerar la esbeltez:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (4.96)$$

$$r = \sqrt{\frac{6186666.7}{8000}} \quad (4.97)$$

$$r = 27.81 \text{ cm} \quad (4.98)$$

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \quad (4.99)$$

$$\frac{k \cdot l_u}{r} = \frac{3.99 \cdot (330 - 60)}{27.81} \quad (4.100)$$

$$\frac{k \cdot l_u}{r} = 38.74 > 22 \quad \therefore \text{existen efectos de esbeltez}$$

38.74 < 100 ∴ la columna puede ser diseñada

4.4.4.8 Cálculo de rigidez a flexión:

Estimación del factor que relaciona el momento de carga muerta de diseño y otro de la carga total de diseño, β_d .

$$\beta_d = \frac{M_{\text{carga muerta}}}{M_{\text{diseño}}} \quad (4.101)$$

Ya que el momento de diseño $M_{u_{XX}} = 174 \text{ t} \cdot \text{m}$ es exclusivamente debido a sismo, la relación $M_{\text{carga muerta}}/M_{\text{diseño}} \sim 0$, por lo tanto $\beta_d = 0$

$$E * I = \frac{E_c * I_g}{2.5 * (1 + \beta_d)} \quad (4.102)$$

$$E * I = \frac{12000 * \sqrt{280} * 6186666.7}{2.5} \quad (4.103)$$

$$E * I = 4.96 * 10^{10} \text{ kg/cm}^2 \quad (4.104)$$

4.4.4.9 Cálculo de la carga crítica de Euler, P_c

$$P_c = \frac{\pi^2 * E * I}{(k * l_u)^2} \quad (4.105)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 * 4.96 * 10^{10}}{(3.99 * 270)^2} \quad (4.106)$$

$$P_c = 4225.75 \text{ t} \quad (4.107)$$

4.4.4.10 Cálculo del factor de amplificación de momentos, δ

$$\delta = \frac{cm}{1 - \frac{P_u}{0.75 * P_c}} \quad (4.108)$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{520.27}{0.75 * 4225.75}} \quad (4.109)$$

$$\delta = 1.20 \quad (4.110)$$

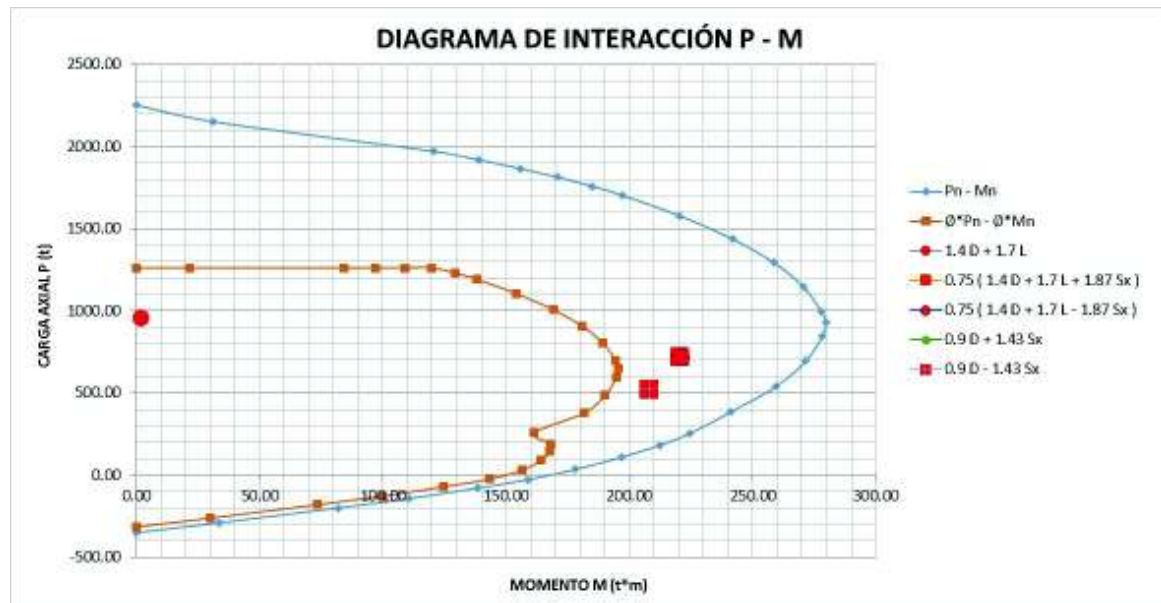
Se debe diseñar para:

TABLA 4. 15 CARGAS ÚLTIMAS

Combinaciones de carga	Mu_{xx} (t^*m)	Mu_{yy} (t^*m)	P_u (t)
$1.4 D + 1.7 L$	1.50	3.83	959.41
$0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.87 S_x)$	220.44	21.67	721.25
$0.75 (1.4 D + 1.7 L - 1.87 S_x)$	220.69	23.40	717.86
$0.9 D + 1.43 S_x$	208.04	20.74	523.73
$0.9 D - 1.43 S_x$	208.18	21.79	520.27

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 4. 34 UBICACIÓN DE ACCIONES ÚLTIMAS EN DIAGRAMA DE INTERACCIÓN.

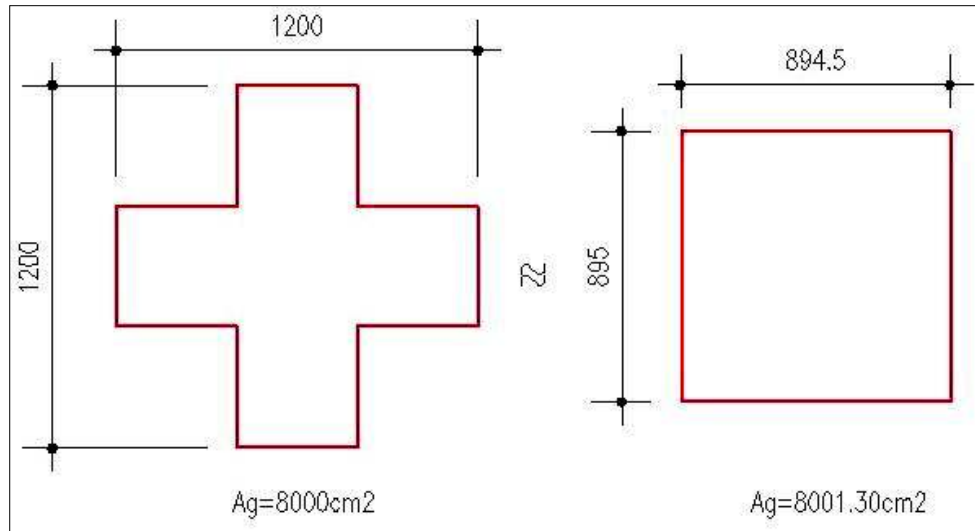


ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

4.4.4.11 Refuerzo Transversal.

En el cálculo del acero de refuerzo transversal, se ha determinado una sección cuadrada equivalente, que tiene la misma área de la sección de la columna original.

GRÁFICO 4. 35 SECCIÓN EQUIVALENTE PARA DETERMINAR REFUERZO TRANSVERSAL.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

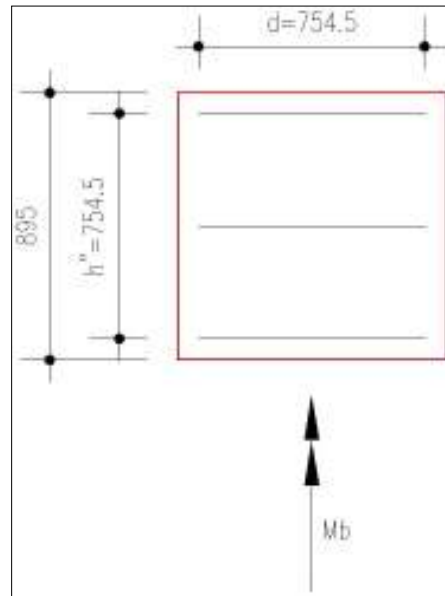
recubrimiento = 7cm

$$s_{\min} = \min\left(\frac{bc}{4}; \frac{hc}{4}; 10\text{cm}\right) \quad (4.111)$$

$$s_{\min} = \min\left(\frac{89.45}{4}; \frac{89.45}{4}; 10\text{cm}\right) \quad (4.112)$$

$$s_{\min} = \min(22.36 \text{ cm}; 22.36 \text{ cm}; 10\text{cm}) \quad (4.113)$$

$$s_{\min} = 10 \text{ cm} \quad (4.114)$$

GRÁFICO 4. 36 ESQUEMA PARA DETERMINAR A_{sh} EN DIRECCIÓN X.

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

$$A_{sh_1} = 0.3 * \frac{sh \cdot h'' \cdot f'c}{f_y} \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \quad (4.115)$$

$$A_{sh_2} = 0.12 * \frac{sh \cdot h'' \cdot f'c}{f_y} \quad (4.116)$$

$$A_g = 8001.30 \text{ cm}^2 \quad (4.117)$$

$$A_c = 75.45 * 75.45 \quad (4.118)$$

$$A_c = 5692.70 \text{ cm}^2 \quad (4.119)$$

$$\left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) = \left(\frac{8001.30}{5692.70} - 1 \right) \quad (4.120)$$

$$\left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) = 0.41 \quad (4.121)$$

$$A_{sh_1} = 0.3 * \frac{10 \cdot 75.45 \cdot 280}{4200} * 0.41 = 6.19 \text{ cm}^2 @ 10 \text{ cm} \quad (4.122)$$

$$A_{sh_2} = 0.12 * \frac{sh \cdot h'' \cdot f'c}{f_y} = 0.12 * \frac{10 \cdot 75.45 \cdot 280}{4200} = 6.04 \text{ cm}^2 @ 10 \text{ cm} \quad (4.123)$$

Gobierna: 6.19 cm²@ 10 cm

4.4.4.12 Cálculo de Av

$$M_b = 279.71 \text{ t} \cdot \text{m} \quad (4.124)$$

$$V_u = V_{cap} = \frac{M_{b_{sup}} + M_{b_{inf}}}{h_c} \quad (4.125)$$

$$V_u = \frac{2 \cdot 279.71}{2.70} \quad (4.126)$$

$$V_u = 207.19 \text{ t} \quad (4.127)$$

$$\phi \cdot V_c = 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{280} \cdot 89.45 \cdot 75.45 \quad (4.128)$$

$$\phi \cdot V_c = 50.87 \text{ t} \quad (4.129)$$

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \quad (4.130)$$

$$V_s = \frac{207.19 - 50.87}{0.85} \quad (4.131)$$

$$V_s = 183.91 \text{ t} \quad (4.132)$$

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} \quad (4.133)$$

$$A_v = \frac{183.91 \cdot 10}{4.2 \cdot 75.45} \quad (4.134)$$

$$A_v = 5.80 \text{ cm}^2 @ 10 \text{ cm}$$

$$A_{estribo} = \text{máx}(6.19 \text{ cm}^2 @ 10 \text{ cm} ; 5.80 \text{ cm}^2 @ 10 \text{ cm})$$

$$A_{estribo} = 6.19 \text{ cm}^2 @ 10 \text{ cm}, \quad \text{en } l_o$$

Se encuentra colocado:

$$A_{v_{\text{colocado}}} = 4.71 \text{ cm}^2 @ 10 \text{ cm} < 6.19 \text{ cm}^2 @ 10 \text{ cm} \therefore$$

El refuerzo transversal colocado es insuficiente

$$l_0 = \text{máx} \left(\frac{l_c}{6}; b; h; 50\text{cm} \right) \quad (4.135)$$

$$l_0 = \text{máx} \left(\frac{270}{6}; 89.45; 89.45; 50\text{cm} \right) \quad (4.136)$$

$$l_0 = \text{máx}(45; 89.45; 89.45; 50\text{cm}) \quad (4.137)$$

$$l_0 = 89.45 \text{ cm} \approx 90 \text{ cm} \quad (4.138)$$

En el resto:

$$A_v = 5.80 \text{ cm}^2 @ 10 \text{ cm} \text{ ó } 11.6 \text{ cm}^2 @ 20 \text{ cm}$$

4.4.4.13 Diagrama momento curvatura columna sección cruz.

El diseño sísmico de elementos estructurales está enfocado principalmente en determinar la capacidad de deformación y resistencia de dichos elementos, esta capacidad es importante porque de ella depende la integridad de la estructura durante un sismo, por esta razón es esencial determinar la relación Momento - Curvatura,

Para realizar el diagrama momento curvatura de las columnas, se necesita conocer la curva esfuerzo deformación tanto del hormigón como del acero, en la actualidad existen un sin número de modelos que representa estos diagramas.

Para el presente estudio se utilizó el modelo de Papovic para el hormigón, que diferencia el hormigón confinado del no confinado, ya que considera la resistencia adicional que se genera por el confinamiento del hormigón, lo que se acerca más a

la realidad. Para el caso del acero se utilizó un modelo similar al propuesto por Park, este modelo considera una zona de endurecimiento por-fluencia definido en base a tres factores, K1, K2, K3 que relacionan las deformaciones de inicio del endurecimiento, máximo esfuerzo y última, respectivamente.

El diagrama esfuerzo–deformación de Papovics, emplea las siguientes ecuaciones:

$$f_c = \frac{f'_{cc} x^r}{r-1+x^r} \quad (4.138)$$

$$f'_{cc} = k * f'_{co} \quad (4.140)$$

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (4.141)$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} \left[1 + 5 \left(\frac{f'_{cc}}{f'_{co}} - 1 \right) \right] \quad (4.142)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad (4.143)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad (4.144)$$

$$E_c = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (4.145)$$

Donde:

f_c : Esfuerzo a compresión del hormigón ante una deformación unitaria determinada.

f'_{cc} : Esfuerzo de compresión del hormigón confinado.

f'_{co} : Esfuerzo del hormigón no confinado.

k : Factor que relaciona el hormigón no confinado y el hormigón confinado.

x : Relación entre la deformación en un determinado instante y la deformación en f'_{cc} .

ε_{co} : Deformación correspondiente al esfuerzo f'_{co} .

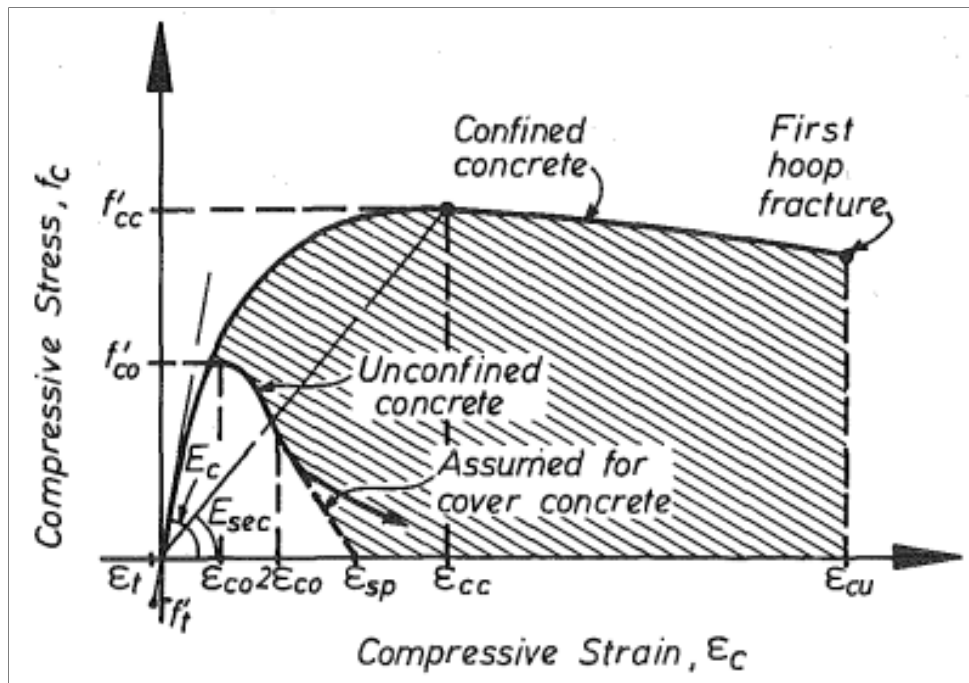
ε_{cc} : Deformación correspondiente al esfuerzo f'_{cc} .

r : Relación relativa entre el módulo inicial y la secante de elasticidad.

E_c : Módulo de elasticidad del hormigón

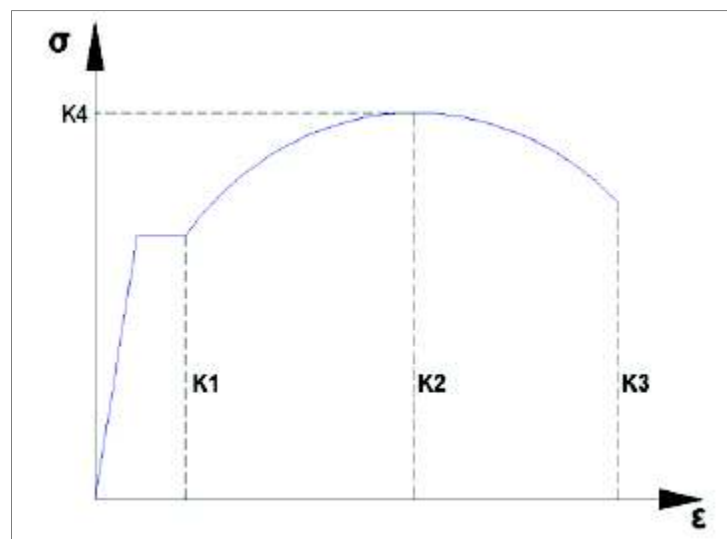
E_{sec} : Módulo secante de elasticidad del hormigón en el esfuerzo máximo.

GRÁFICO 4. 37 MODELO ESFUERZO DEFORMACIÓN PROPUESTO PARA CARGA MONOTÓNICA DEL HORMIGÓN CONFINADO Y NO CONFINADO



ELABORADO POR: Popovic, S. 1973.

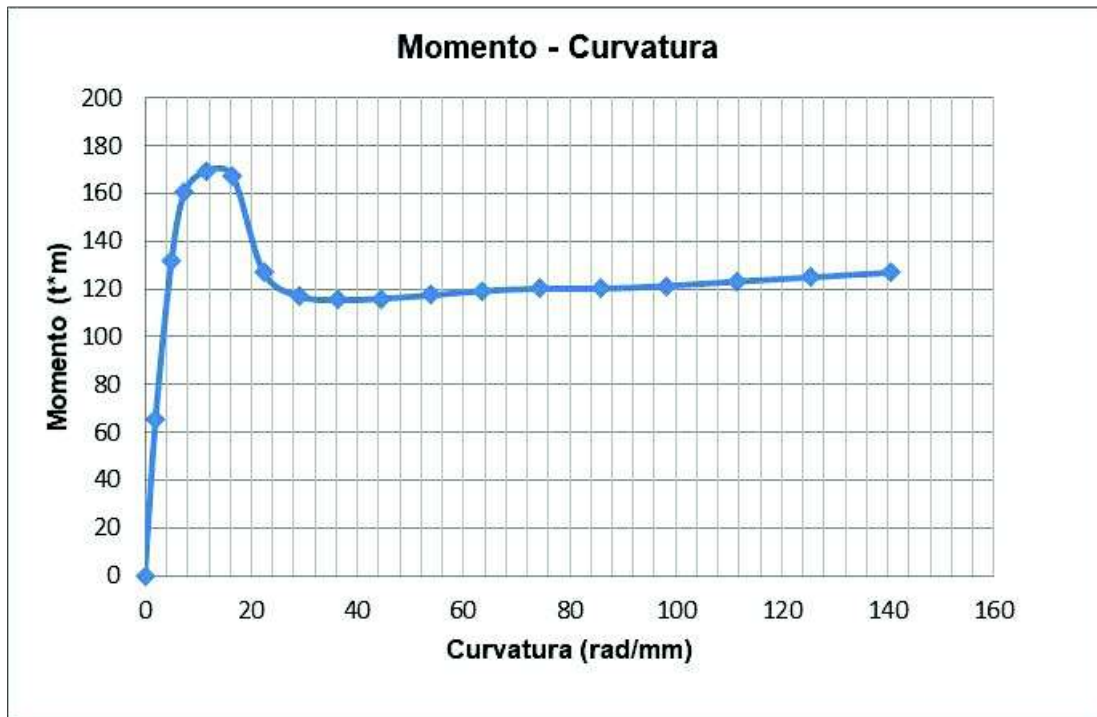
GRÁFICO 4. 38 MODELO ESFUERZO DEFORMACIÓN PARA EL ACERO



ELABORADO POR: Medina, C. 2015

Se presenta a continuación la relación momento curvatura para las columnas típicas que tienen sección tipo cruz correspondientes al segundo nivel medido desde el nivel del suelo, las cuales son las que están sometidas a las mayores solicitaciones ante carga sísmica y se requiere comprobar su ductilidad.

GRÁFICO 4. 39 DIAGRAMA MOMENTO – CURVATURA, COLUMNA TIPO CRUZ TÍPICA, SEGUNDO NIVEL MEDIDO DESDE EL NIVEL DEL TERRENO.

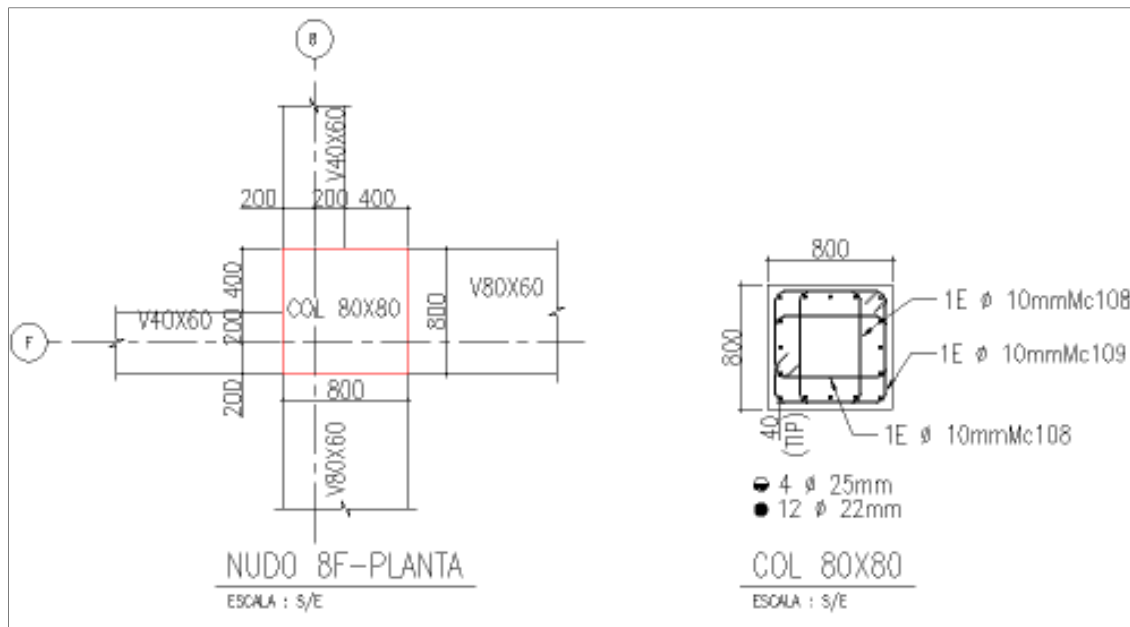


ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

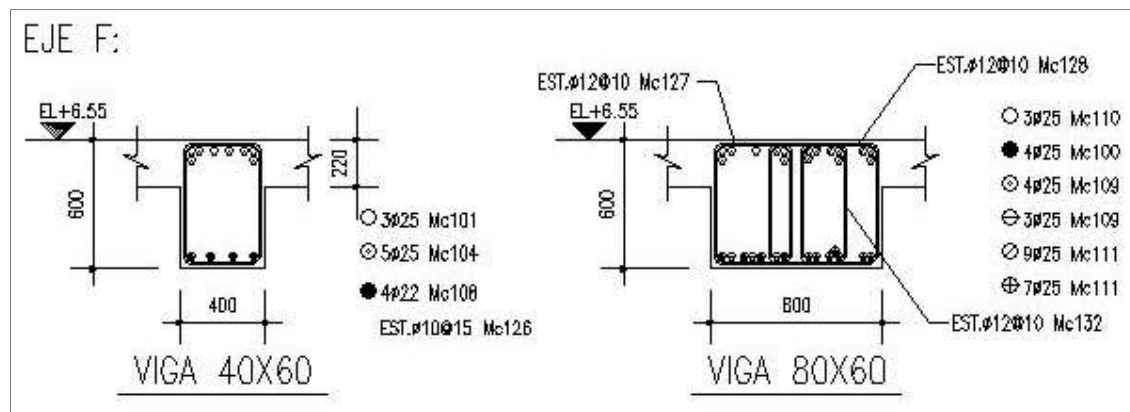
Como se puede observar en la gráfica, las secciones de columna tipo cruz tienen una ductilidad muy baja, esto se esperaba debido a su geometría, siendo la explicación física que existe un área pequeña en compresión y una cantidad importante de acero que difícilmente se va a agotar antes que el hormigón.

4.4.5 REVISIÓN CONEXIÓN VIGA-COLUMNA RECTANGULAR.

Se revisa el nudo 8-F de la losa Nv+6.55, considerando la armadura colocada en las vigas y columna que llegan al nudo, se analizó ésta conexión debido a que se encuentra en el nivel en donde se presentan los mayores efectos debido a la aplicación de cargas lateras.

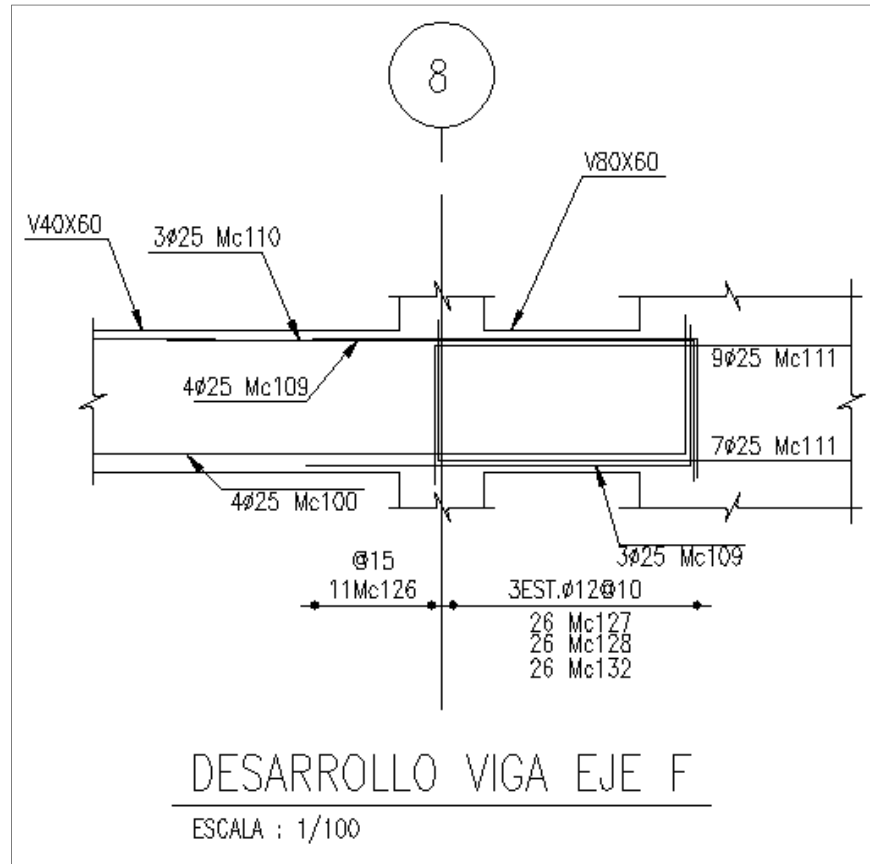
GRÁFICO 4. 40 GEOMETRÍA DEL NUDO, EJE 8-F, NV+ 6.55

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E20 - BLOQUE A VIGAS
Nv +6.55 ARMADO.

GRÁFICO 4. 41 SECCIONES DE VIGAS DEL EJE F QUE LLEGA AL NUDO

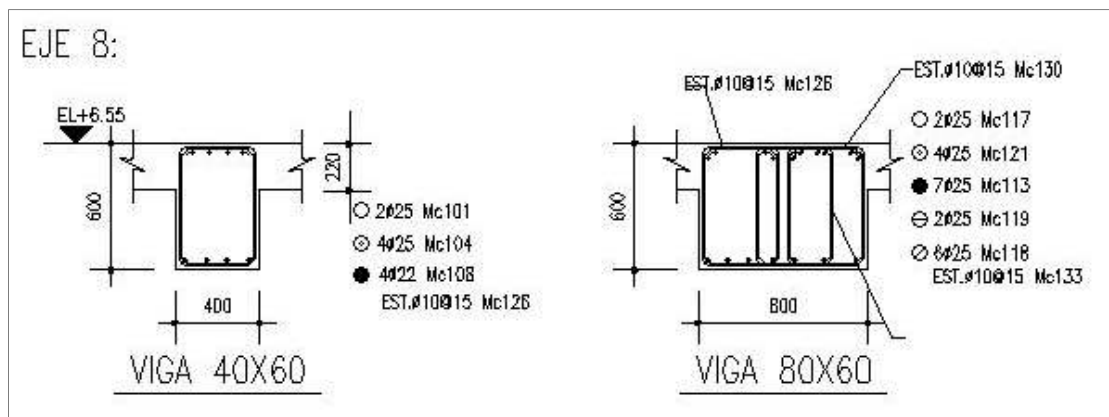
ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E20 - BLOQUE A VIGAS
Nv +6.55 ARMADO.

GRÁFICO 4. 42 DESARROLLO ACERO DE REFUERZO, VIGAS DEL EJE F



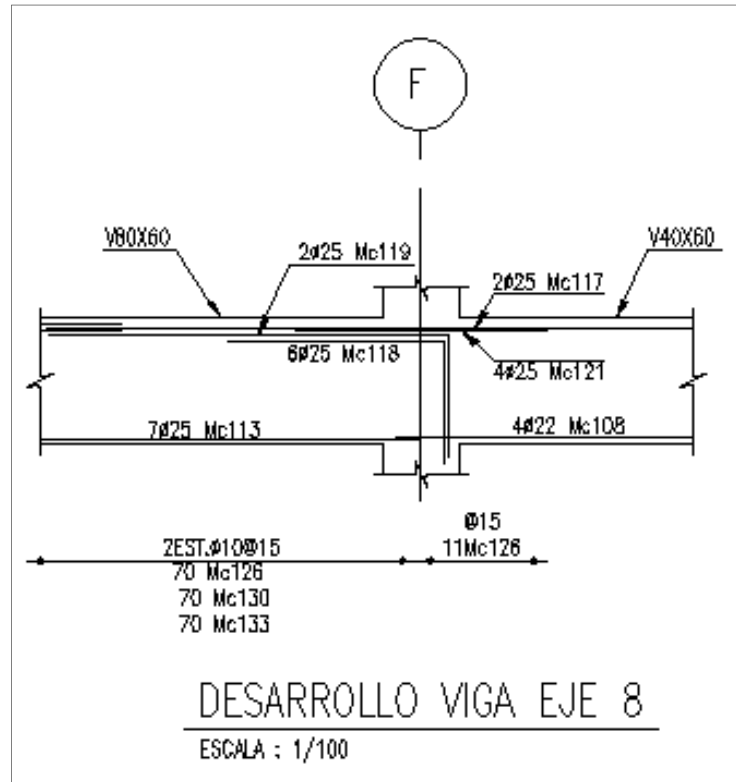
ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, según plano código: E20 - BLOQUE A VIGAS Nv +6.55 ARMADO.

GRÁFICO 4. 43 SECCIONES DE VIGAS DEL EJE 8 QUE LLEGAN AL NUDO



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 4. 44 DETALLE DEL ACERO DE REFUERZO DE LAS VIGAS DEL EJE 8



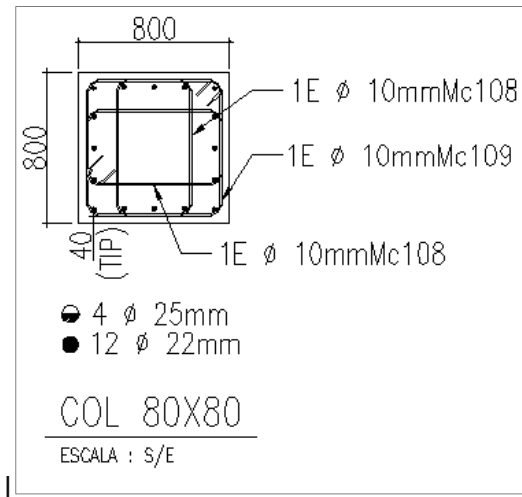
ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

Datos:

$f_c =$	28.00 MPa			
$F_y =$	420.00 MPa			
COL =	$b = 80.00$ cm	$h = 80.00$ cm		
	Armadura = $4 \phi 25 + 12 \phi 22$		$As_{col} =$	6524 mm ²
	Estribo = $\phi 10\text{mm} @ 100$			
	$h_{entrepiso} = 330.00$ cm			
VIGA EJE 8 =	$b = 80.00$ cm	$h = 60.00$ cm		
	Armadura sup = $14 \phi 25$		$As_1 =$	6874 mm ²
	Armadura inf = $7 \phi 25$		$As_2 =$	3437 mm ²
	Estribo =			
VIGA EJE 7 =	$b = 80.00$ cm	$h = 60.00$ cm		
	Armadura sup = $16 \phi 25$		$As_1 =$	7856 mm ²
	Armadura inf = $14 \phi 25$		$As_2 =$	6874 mm ²
	Estribo =			
RECUBRIMIENTO =	4.00 cm			
CONEXIÓN TIPO 2				
	$\alpha =$	1.25		

4.4.5.1 Refuerzo transversal.

GRÁFICO 4. 45 SECCIÓN DEL NUDO



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo.

Se encuentra colocado:

$$A_{sh} = 316 \text{ mm}^2 \text{ en cada dirección}$$

Se considera que un nudo se encuentra confinado por todos sus lados por miembros estructurales, cuando lleguen vigas por las cuatro caras del nudo y el ancho de cada una de las vigas es al menos igual a $\frac{3}{4}$ del ancho de la columna sin dejar descubiertos más de 100 mm del ancho de la columna a cada lado de la viga¹.

Dado que las dimensiones de dos de las cuatro vigas que llegan al nudo no cumplen los requisitos para considerar al nudo confinado por elementos estructurales, se utiliza el 100% del refuerzo transversal.

¹ Recomendaciones para el diseño de conexiones viga columna en estructuras monolíticas de concreto reforzado. ACI 352RS-02

Para conexiones compuestas por miembros que hacen parte del sistema principal de resistencia sísmica, el espaciamiento centro a centro entre filas de refuerzo transversal, s_h , no debe ser mayor que:

$s_h \leq$	$bc/4$	200.00 mm
	$6*d_b$	132.00 mm
	150.00 mm	150.00 mm
$s_h \leq$		132.00 mm

El área transversal total en cada dirección del estribo cerrado de confinamiento, o estribos cerrados de confinamiento debe ser al menos igual a:

$$A_{sh} = 0.3 * \frac{s_h * b_c * f'_c}{f_y} \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \quad (4.146)$$

$$A_{sh} = 432.88 \text{ mm}^2 > A_{sh} \text{ colocado} = 316 \text{ mm}^2$$

Pero no debe ser menor que:

$$A_{sh} = 0.09 * \frac{s_h * b_c * f'_c}{f_y} \quad (4.147)$$

$$A_{sh} = 570.24 \text{ mm}^2 > A_{sh} \text{ colocado} = 316 \text{ mm}^2$$

Como se puede observar, el refuerzo transversal colocado es inferior al refuerzo transversal calculado para que el núcleo del nudo pueda contar con un adecuado confinamiento lateral.

4.4.5.2 Cortante en el nudo.

Para cuando lleguen vigas en dos direcciones en un nudo, el cortante debe ser evaluado independientemente en cada dirección.

$$\phi V_n \geq V_u \quad (4.148)$$

Donde:

$$\phi = 0.85$$

V_n = resistencia nominal a cortante del nudo

V_u = fuerza cortante de diseño

Es necesario determinar la participación de la losa en la flexión negativa (fibra superior en tensión).

La resistencia a flexión de la viga bajo momento positivo y negativo se determina siguiendo ACI 318-02.

De acuerdo con 8.10.2 del ACI 318-02, el ancho de losa efectivo como ala de una viga T no debe exceder:

a.) Un cuarto de la longitud del vano de la viga:

$$10.4m/4 = 2.6m$$

b.) El ancho del alma más ocho veces el espesor de la losa en cada lado:

$$0.8m + 8 * 0.22m * 2 = 4.32m$$

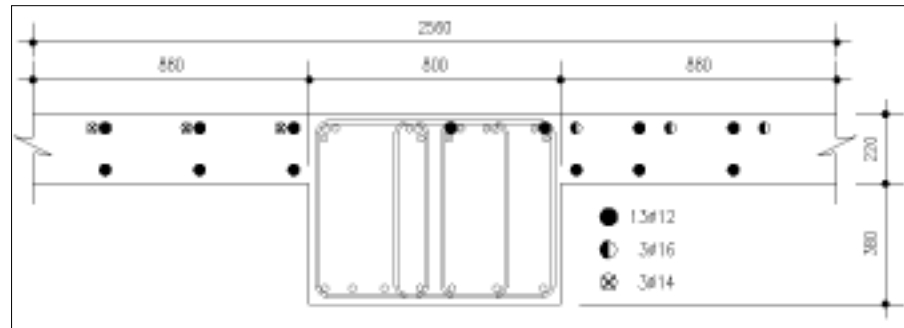
c.) El ancho del alma más la mitad de la distancia libre hasta la próxima alma en cada lado:

$$0.8m + 0.5 * (7.2m) + 0.5 * (10.8m) = 9.60m$$

$$b_e = 2.60m > 2b_d \quad (4.149)$$

$$2.60m > 1.60m \quad (4.150)$$

GRÁFICO 4. 46 ARMADURA DE LOSA QUE DEBE CONSIDERARSE PARA DETERMINAR EL CORTANTE EN EL NUDO.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo.

En el ancho efectivo del ala (2.56m), deben considerarse en el análisis de flexión 7 varillas ϕ 12mm, 3 varillas ϕ 16mm y 3 varillas ϕ 14mm en las parte superior y 6 varillas ϕ 12mm en la parte inferior.

Similar al momento flector negativo:

$$b_e = 2.56 \text{ m} \quad (4.151)$$

Para el análisis a flexión que sigue, se puede ignorar el efecto del refuerzo a compresión y puede suponerse, en casi todos los lugares.

$$d = h - 75 \quad (4.152)$$

$$d = 600 - 75 = 525 \text{ mm} \quad (4.153)$$

Viga eje 8:

$$M_{pr,b} = A_s * \alpha * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (4.154)$$

$$a = \frac{A_s * \alpha * f_y}{0.85 * f'c * b} \quad (4.155)$$

- **Para momento positivo:**

$$d = 525 \text{ mm} \quad (4.156)$$

$$a_1 = \frac{3437 \text{ mm}^2 * 1.25 * 420 \text{ MPa}}{0.85 * 28 \text{ MPa} * 2560 \text{ mm}} \quad (4.157)$$

$$a_1 = 29.62 \text{ mm} \quad (4.158)$$

$$M_{pr,b1} = 3437 \text{ mm}^2 * 1.25 * 420 \text{ MPa} * \left(525 - \frac{29.62}{2}\right) \quad (4.159)$$

$$M_{pr,b1} = 920.60 \text{ kN} * \text{m} \quad (4.160)$$

- **Para momento negativo:**

$$d = 525 \text{ mm} \quad (4.161)$$

$$a_1 = \frac{(6874 \text{ mm}^2 + 2534 \text{ mm}^2) * 1.25 * 420 \text{ MPa}}{0.85 * 28 \text{ MPa} * 800 \text{ mm}} \quad (4.162)$$

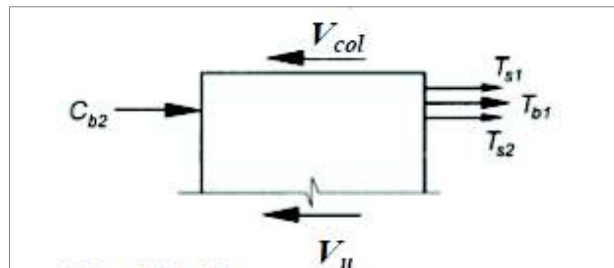
$$a_1 = 259.41 \text{ mm} \quad (4.163)$$

$$M_{pr,b1} = 9408 \text{ mm}^2 * 1.25 * 420 \text{ MPa} * \left(525 - \frac{259.41}{2}\right) \quad (4.164)$$

$$M_{pr,b1} = 1534.13 \text{ kN} * \text{m} \quad (4.165)$$

El corte en la columna despreciando el cortante en la viga por simplicidad es:

GRÁFICO 4.47: EVALUACIÓN DEL CORTANTE HORIZONTAL EN EL NUDO PARTE SUPERIOR.



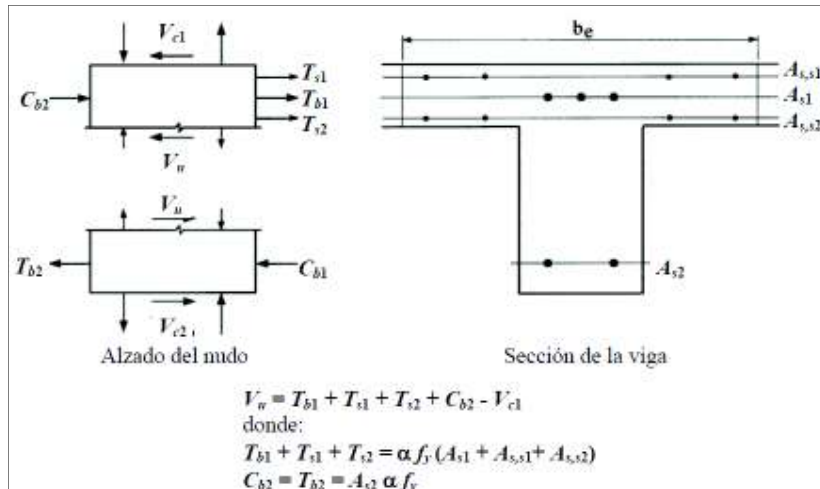
ELABORADO POR: American Concrete Institute. *Recomendaciones para el Diseño de Conexiones Viga-Columna en Estructuras Monolíticas de Concreto Reformzado (ACI 352R5-02)*. Comité Conjunto ACI-ASCE 352, 2010.

$$V_{col} = \frac{M_{pr,b1} + M_{pr,b2}}{3.80 \text{ m}} \quad (4.166)$$

$$V_{col} = \frac{920.6 \text{ kN} * \text{m} + 1534.13 \text{ kN} * \text{m}}{3.80 \text{ m}} \quad (4.167)$$

$$V_{col} = 645.58 \text{ kN} \quad (4.168)$$

GRÁFICO 4. 47 EVALUACIÓN DEL CORTANTE HORIZONTAL EN EL NUDO ALZADO DE NUDO Y SECCIÓN DE VIGA.



ELABORADO POR: American Concrete Institute. *Recomendaciones para el Diseño de Conexiones Viga-Columna en Estructuras Monolíticas de Concreto Reformado (ACI 352R5-02)*. Comité Conjunto ACI-ASCE 352, 2010.

$$A_{s1} = 6874 \text{ mm}^2 \quad (4.169)$$

$$A_{s,s1} = 1857 \text{ mm}^2 \quad (4.170)$$

$$A_{s,s2} = 6790 \text{ mm}^2 \quad (4.171)$$

$$A_{s2} = 3437 \text{ mm}^2 \quad (4.172)$$

$$V_u = 9952.30 \text{ kN} \quad (4.173)$$

4.4.5.3 Resistencia a cortante en el nudo

$$V_n = 0.083 * \gamma * \sqrt{f'c} * b_j * h_c \quad (4.174)$$

Donde:

γ : Constante que depende de la clasificación de la conexión.

b_j : Ancho efectivo del nudo.

h_c : Altura de la sección de la columna en la dirección en la que se considera el cortante del nudo.

Debido a que dos de las vigas no tienen un ancho apropiado, el nudo se clasifica como caso A.3 para una conexión tipo 2. Entonces $\gamma = 12$.

b_j (Ancho efectivo del nudo) no debe exceder a:

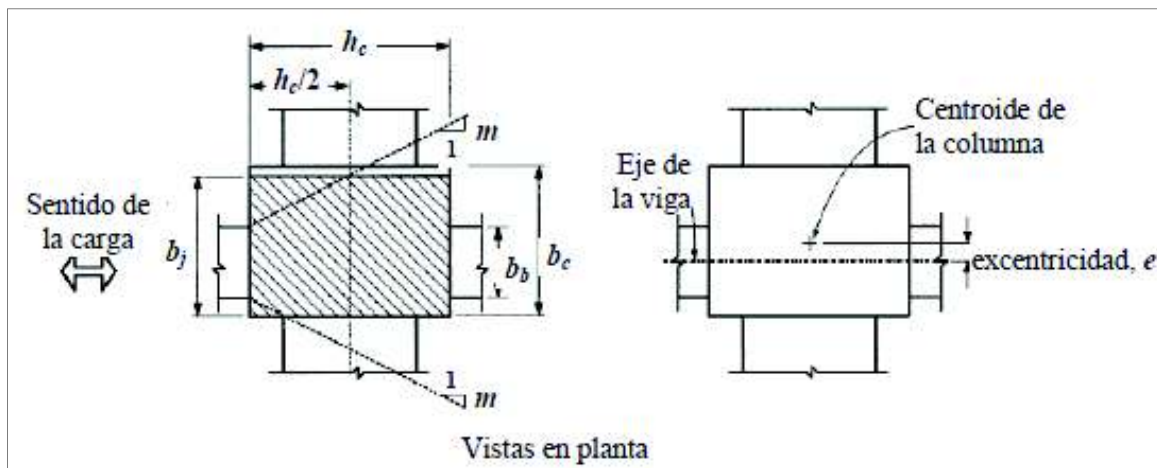
$$b_j \leq \begin{cases} \frac{b_c + b_b}{2} \\ b_b + \sum \frac{m * h_c}{2} \\ b_c \end{cases}$$

Donde

b_b : Es el ancho de la viga longitudinal.

m : Constante usada para definir el ancho efectivo en el nudo para el cálculo de la resistencia a cortante en el nudo.

GRÁFICO 4. 48 DETERMINACIÓN DEL ANCHO EFECTIVO DEL NUDO b_j .



Fuente: American Concrete Institute. *Recomendaciones para el Diseño de Conexiones Viga-Columna en Estructuras Monolíticas de Concreto Reformado (ACI 352R5-02)*. Comité Conjunto ACI-ASCE 352, 2010.

El corte excéntrico es causado cuando el eje de la viga no pase por el centroide de la columna, lo que puede producir en mayores daños causados por sismos.

La reducción del cortante en el nudo se obtiene una vez que se reduzca la constante " m " usada para definir el ancho efectivo en el nudo.

De acuerdo a *ACI 352R5-02*,

e	\geq	$bc/8$	\rightarrow	$m=0.3$
e	$<$	$bc/8$	\rightarrow	$m=0.5$

El término $\sum \frac{m \cdot h_c}{2}$ debe ser aplicado a cada lado del nudo, donde el borde de la columna se extienda más allá del borde de la viga.

El término $m \cdot h_c / 2$ no debe superar la prolongación de la columna más allá de la viga. Si existe únicamente una viga en la dirección de la carga, b_b debe ser tomado igual al ancho de esa viga.

Para nuestro caso:

$$m = 0.3. \quad (4.175)$$

Extensión de la columna más allá del borde de la viga = 400 mm

$$\frac{m \cdot h_c}{2} = \frac{0.3 \cdot 800}{2} = 120 \text{ mm} \quad (4.176)$$

$$b_j \leq \begin{cases} \frac{b_c + b_b}{2} = \frac{800 + \left(\frac{800 + 400}{2}\right)}{2} = 700 \text{ mm (gobierna)} \\ b_b + \sum \frac{m \cdot h_c}{2} = \left(\frac{800 + 400}{2}\right) + 2 \cdot 120 = 840 \text{ mm} \\ b_c = 800 \text{ mm} \end{cases}$$

$$b_j = 700 \text{ mm} \quad (4.177)$$

$$V_n = 0.083 * \gamma * \sqrt{f'c} * b_j * hc \quad (4.178)$$

$$V_n = 0.083 * 12 * \sqrt{280} * 700 * 800 * 100/1000 \quad (4.179)$$

$$V_n = 2951.39 \text{ kN} \quad (4.180)$$

$$\phi V_n = 0.85 * 2951.39 \text{ kN} \quad (4.181)$$

$$\phi V_n = 2508.68 \text{ kN} \quad (4.182)$$

$$V_u = 9952.30 \text{ kN} \quad (4.183)$$

$\phi V_n \ll V_u \therefore$ *La resistencia del nudo a corte es inferior al corte actuante*

4.4.5.4 Relación de resistencia a flexión.

La suma de las resistencias nominales a flexión de las secciones arriba y debajo del nudo calculada usando la carga axial mayorada que resulte en la menor resistencia a flexión de la columna, no debe ser menor que 1.2 veces la suma de la resistencia nominal de las secciones de la viga en el nudo. ACI 352RS-02 et al (2010).

$$M_{n1} = \frac{960 \text{ kN*m}}{1.25} = 736.48 \text{ kN * m} \quad (4.184)$$

$$M_{n2} = \frac{1534.13 \text{ kN*m}}{1.25} = 1227.30 \text{ kN * m} \quad (4.185)$$

$$M_0 = \frac{A_{scot} * f_y}{2} * 2 * d \quad (4.186)$$

$$M_0 = \frac{65.25 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^2}{2} * 2 * (4 \text{ cm}) \quad (4.187)$$

$$M_0 = 109.62 \text{ t * m} = 1074.30 \text{ kN * m} \quad (4.188)$$

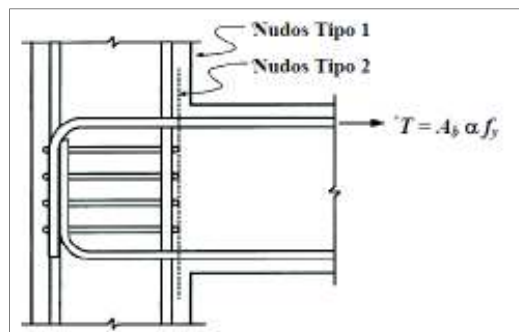
$$\frac{\sum M_{n,c}}{\sum M_{n,b}} = \frac{2 * 1074.30}{736.48 + 1227.30} \quad (4.189)$$

$\frac{\sum M_{n,c}}{\sum M_{n,b}} = 1.09 < 1.2 \therefore$ *La rótula plástica no se presentará en la viga*

4.4.5.5 Acero longitudinal de vigas y columnas que pasan a través de nudo.

La presencia de sismos fuertes, se espera inversión de momentos en la conexión viga columna, la inversión de momentos causa inversión de esfuerzos en el acero longitudinal de las vigas, columnas y losa en la conexión.

GRÁFICO 4. 49 LONGITUD DE DESARROLLO DEL REFUERZO LONGITUDINAL DE VIGAS.



Fuente: American Concrete Institute. *Recomendaciones para el Diseño de Conexiones Viga-Columna en Estructuras Monolíticas de Concreto Reformzado (ACI 352R5-02)*. Comité Conjunto ACI-ASCE 352, 2010.

La dimensión de la columna está dirigida por las varillas más grandes de las vigas:

$$\frac{h_{(columna)}}{d_{b(varillas\ de\ las\ vigas)}} \geq 20 * \frac{f_y}{420} \geq 20 \quad (4.190)$$

$$h_c \geq \frac{20 * f_y * d_b(viga)}{420} \quad (4.191)$$

$$h_c = \frac{20 * 420 * 25}{420} = 500\ mm < 800\ mm \therefore \mathbf{ok} \quad (4.192)$$

La dimensión de la viga está gobernada por las varillas más grandes de las columnas:

$$\frac{h_{(viga)}}{d_{b(varillas\ de\ las\ columna)}} \geq 20 * \frac{f_y}{420} \geq 20 \quad (4.193)$$

$$h_b \geq \frac{20 * f_y * d_b(\text{column})}{420} \quad (4.194)$$

$$h_b = \frac{20 * 420 * 25}{420} = 500 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \quad \therefore \text{ok} \quad (4.195)$$

CAPÍTULO 5

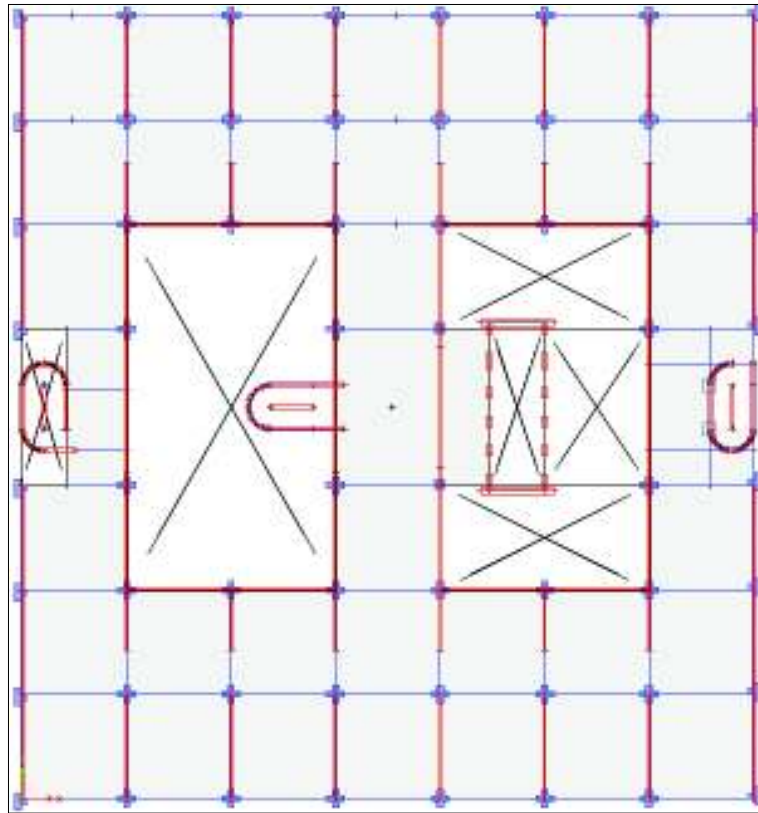
ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA MAMPOSTERÍA EN LA ESTRUCTURA DEL HOSPITAL

A continuación, se presenta un análisis con respecto a la influencia de la distribución de la mampostería en relación a la estructura del hospital.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA

El análisis estructural se realizó tomando en cuenta únicamente el esqueleto estructural, sin embargo, la presencia de mampostería modifica el comportamiento de la estructura, dependiendo del arreglo de las paredes en las diferentes plantas del edificio del Hospital, se puede ocasionar graves irregularidades y patologías como: piso blando y columnas cortas, lo que determina consecuencias fatales en las estructuras que se evidencia en experiencias de sismos acaecidos en época pasadas.

A continuación, se realiza un modelo matemático en ETABS tomando en cuenta la mampostería para determinar el efecto que produce ésta en el comportamiento de la estructura. Los niveles ± 0.00 , $+3.30$ y $+6.60$ se encuentran destinados a consulta externa, y administración, por esta razón existen ambientes grandes con poca distribución de mampostería. A partir del nivel $+10.89$ se encuentran los pisos de internación de pacientes de las diferentes especialidades, en estos pisos existe gran concentración de mampostería para dar lugar a las habitaciones, salas de terapia y consultorio.

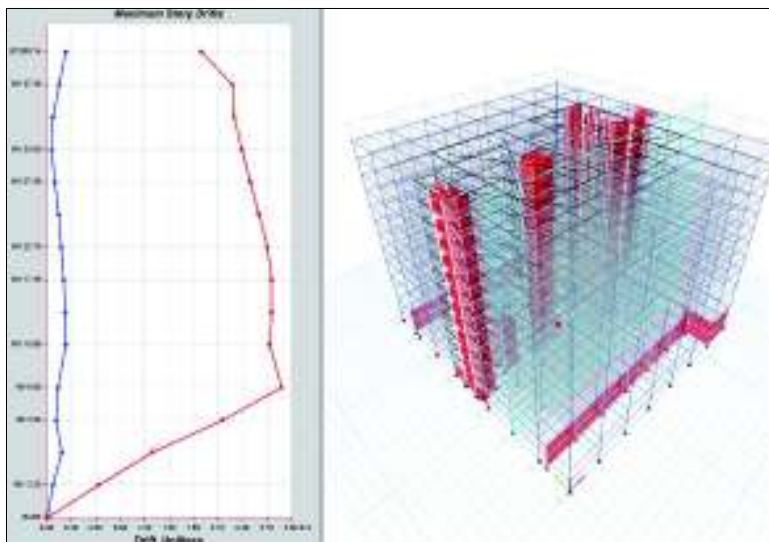
GRÁFICO 5. 1 DISTRIBUCIÓN DE MAMPOSTERÍA Nv+10.85 HASTA Nv+37.29

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo, de acuerdo a: Planos arquitectónicos.

5.1.1. PISO BLANDO

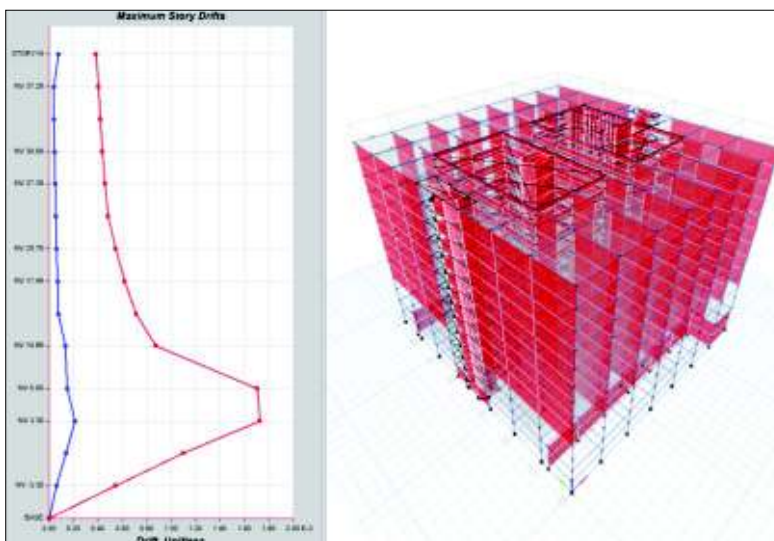
Se denominan pisos blandos a aquellos que muestren una reducción significativa en la rigidez lateral respecto a los demás pisos de la estructura. Para determinar la presencia de estos se recurre a la forma de las derivas de piso, a la distribución de momentos y a la distribución de cortante.

GRÁFICO 5. 2 DERIVA DE PISO, ÚNICAMENTE ESQUELETO ESTRUCTURAL.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo.

GRÁFICO 5. 3 DERIVA DE PISO, ESQUELETO ESTRUCTURAL INCLUIDO MAMPOSTERÍA

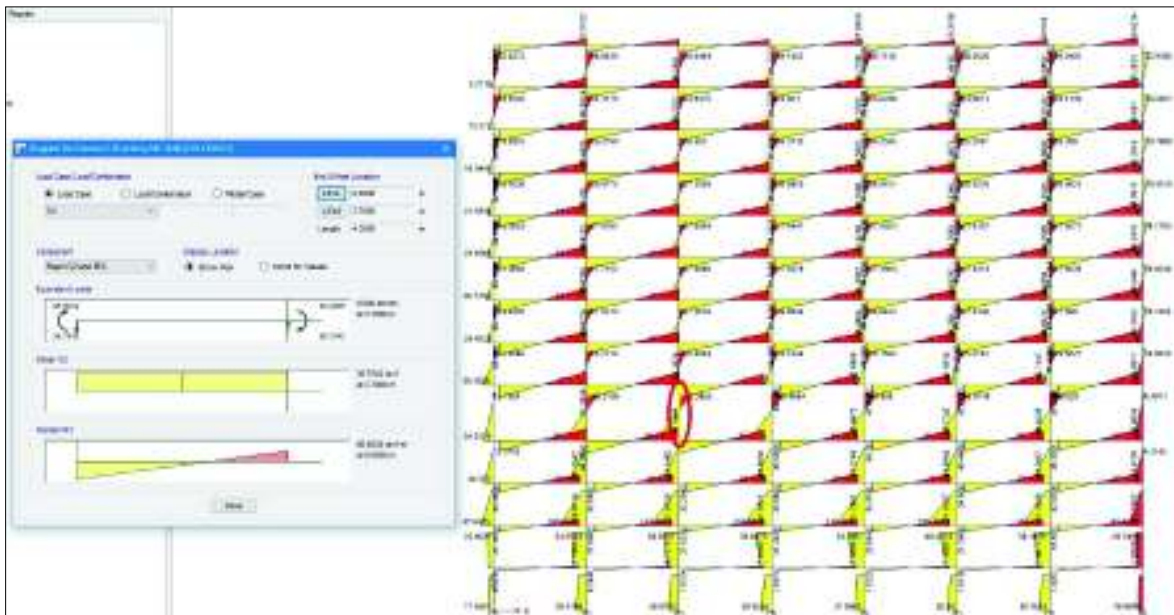


ELABORADO POR: Darío Javier Castillo.

Una vez que se comparan ambas gráficas, se puede observar claramente la influencia de la mampostería en el comportamiento de la estructura, las derivas de los niveles +3.30, +6.60 son muy grandes en comparación con las derivas de los

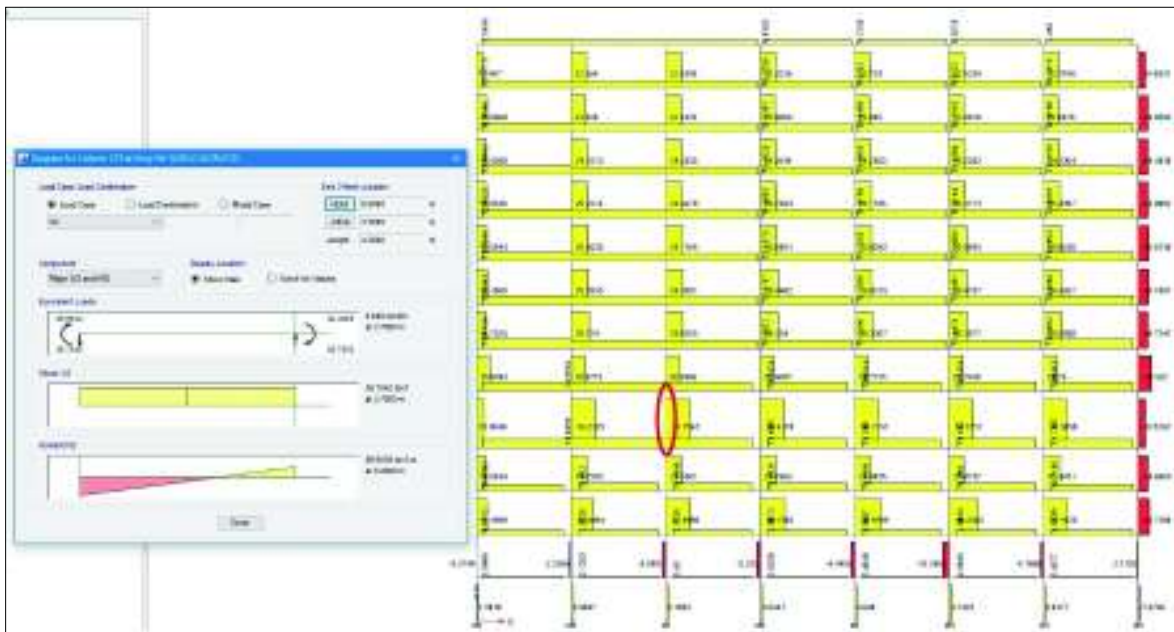
niveles superiores en donde se encuentra toda la mampostería, el efecto de la mampostería en los bloques superiores produce el efecto de piso blando.

GRÁFICO 5. 4 DIAGRAMA DE MOMENTO, S_x .



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo.

GRÁFICO 5. 5 DISTRIBUCIÓN DE CORTANTE, S_x



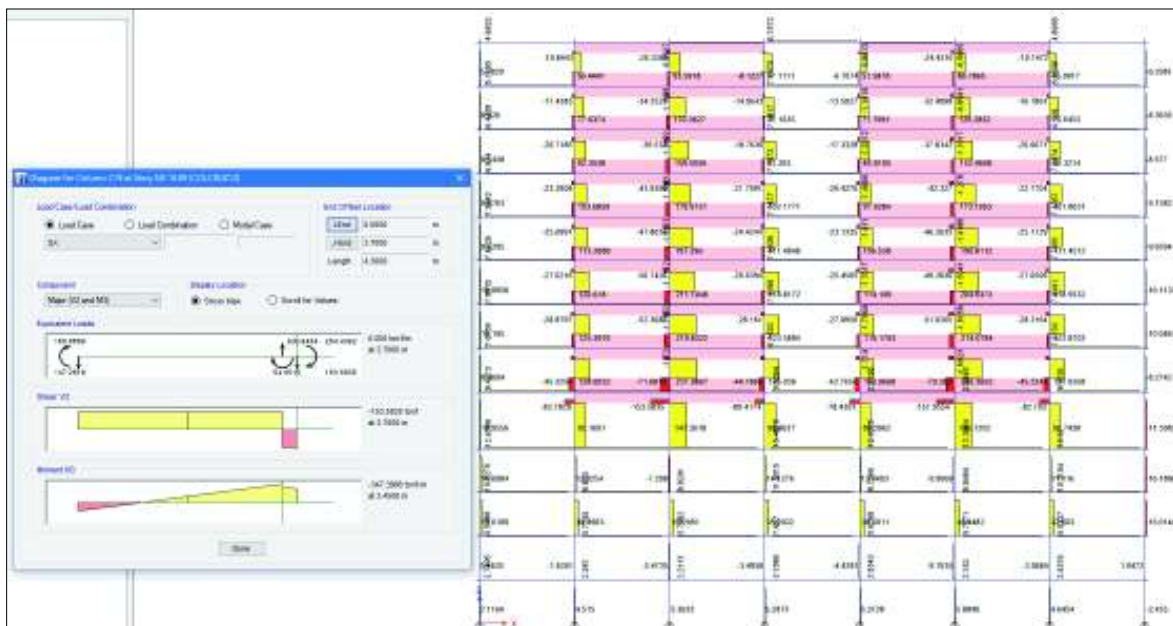
ELABORADO POR: Darío Javier Castillo.

GRÁFICO 5. 6 DIAGRAMA DE MOMENTO S_x , MODELO CON MAMPOSTERÍA.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo.

GRÁFICO 5. 7 DIAGRAMA DE CORTANTE S_x , MODELO CON MAMPOSTERÍA.



ELABORADO POR: Darío Javier Castillo.

En los diagramas de corte y momento se puede observar que existe un cambio brusco en los modelos, por esta razón se puede diagnosticar que la estructura del Hospital Eugenio Espejo posee la patología estructural de piso blando.

CAPITULO 6

EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL HOSPITAL SIGUIENDO LA METODOLOGÍA INDICADA POR LA ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD - OPS EN EL DOCUMENTO “ÍNDICE DE SEGURIDAD HOSPITALARIA”

A continuación, es presentada la evaluación de la estructura del hospital, siguiendo la metodología descrita en el documento “*Índice de seguridad hospitalaria: Guía del evaluador de hospitales seguros*” realizado por la O.P.S.

El objetivo de la guía es disponer de un documento mediante el cual se realice el cálculo del índice de seguridad, a partir del cual se pueda establecer la capacidad del establecimiento de salud, de forma tal de continuar ofreciendo servicios posterior a la ocurrencia de un evento de origen natural orientando las acciones de intervención requeridas para aumentar su seguridad frente a desastres (O.P.S 2003)

6.1 EL ÍNDICE DE SEGURIDAD HOSPITALARIA

El 70% de la inversión del gasto público se direcciona a los centros hospitalarios, estas edificaciones generalmente cuentan con el personal y equipo de salud más especializado, sofisticado y costoso. En caso de desastres se requiere que el funcionamiento sea continuo, dado que la población acude de inmediato al hospital más cercano buscando asistencia médica, sin considerar que el centro este colapsado o haya dejado de funcionar. (Organización Panamericana de la Salud 2003)

6.2. PROCEDIMIENTO PARA OBTENERE EL ÍNDICE DE SEGURIDAD.

La autoridad jerárquica a cargo de la administración de los sistemas de salud (Ministerio de salud pública u otros) es responsable de nombrar una coordinación general que a su vez se encargará de seleccionar personal para que se encarguen del levantamiento de información “in situ” para el posterior procesamiento de datos y la obtención de indicador de seguridad hospitalaria.

El personal de evaluación debe estar integrado por profesionales que estén vinculados con el sector de la construcción de establecimientos de salud. Preferiblemente los evaluadores deben demostrar una experiencia no menor a cinco años en las áreas de: diseño estructural, construcción o en gestión hospitalaria de desastres

6.1.1. INSPECCIÓN PRELIMINAR DEL ENTORNO

Previo inicio de las actividades de evaluación, se debe realizar una inspección preliminar del sitio en el que está ubicado el establecimiento de salud. El objetivo principal es obtener información rápida en cuanto al diseño arquitectónico y los tipos de construcción que existen en la ciudad, el impacto general que puede causar las amenazas y aquellas zonas que sufran mayor afectación, deben ser incluidas las vías de acceso principales y alternas de cada uno de los establecimientos.

6.1.2. APLICACIÓN DE LA LISTA DE VERIFICACIÓN

Es necesario establecer una agenda organizada para ejecutar la lista de verificación.

La lista de verificación de hospitales incorpora los siguientes ítems:

- Ubicación geográfica.
- Seguridad estructural.
- Seguridad no estructura.
- Seguridad en base a la capacidad funcional.

6.1.3. MODELO MATEMÁTICO

Consiste en ingresar los valores específicos a cada ítem evaluado en una hoja de cálculo con fórmulas previamente cargadas se asignan valores específicos a cada ítem evaluado según la seguridad e importancia.

Dependiendo del valor del índice de seguridad obtenido en el modelo matemático, éste se agrupa en tres categorías tal como se indica en la siguiente tabla.

TABLA 6. 1 CLASIFICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO DE SALUD

Índice de seguridad	Categoría	¿Qué medidas deben tomarse?
0.00 - 0.35	C	Se requieren medidas urgentes de manera inmediata, ya que los niveles actuales de seguridad del establecimiento no son suficientes para proteger la vida de los pacientes y el personal durante y después de un desastre.
0.36 - 0.65	B	Se requieren medidas necesarias en el corto plazo, ya que los niveles actuales de seguridad del establecimiento pueden potencialmente poner en riesgo a los pacientes, el personal y su funcionamiento durante y después de un desastre.
0.66 - 1.00	A	Aunque es probable que el hospital continúe funcionando en caso de desastres, se recomienda continuar con medidas para mejorar la capacidad de respuesta y ejecutar medidas preventivas en el mediano y largo plazo, para mejorar el nivel de seguridad frente a desastres.

FUENTE: Organización Panamericana de la Salud (2003)

6.2. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE SEGURIDAD DEL HOSPITAL EUGENIO ESPEJO.

A continuación, se presentan los formularios que contienen la información de la inspección realiza in situ por el departamento de mantenimiento del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo, con el fin de obtener el índice de seguridad hospitalaria de acuerdo al procedimiento indicado por la OPS.

6.2.1. LISTA DE VERIFICACIÓN DE HOSPITALES SEGUROS Y OBTENCIÓN DE MODELO MATEMÁTICO.

Se Ingresa el número “1” en la celda que corresponda en cada rubro. Algunas líneas podrán estar en BLANCO solo si aparece en LETRAS MAYÚSCULAS.

TABLA 6. 2 LISTA DE VERIFICACIÓN PARA OBTENER EL ÍNDICE DE SEGURIDAD HOSPITALARIA.

2. Aspectos relacionados con la seguridad estructural				
Columnas, vigas, muros, losas y otros son elementos estructurales que forman parte del sistema de soporte de la edificación. Estos aspectos deben ser evaluados por Ingenieros Estructurales				
2.1 Seguridad debido a antecedentes del establecimiento	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
1, ¿El Hospital ha sufrido daños estructurales debido a fenómenos naturales? Verificar si existe dictamen estructural que indique que el grado de seguridad ha sido comprometido. SI NO HAN OCURRIDO FENÓMENOS NATURALES EN LA ZONA DONDE ESTA EL HOSPITAL, NO MARQUE NADA. DEJE ESTA LÍNEA EN BLANCO, SIN CONTESTAR. B=Daños mayores; M=Daños moderados; A=Daños menores.	OK	1		
2, ¿EL Hospital ha sido reparado o construido utilizando estándares actuales apropiados? Corroborar si el inmueble ha sido reparado, en que fecha y si se realizó con base a la normatividad de establecimientos seguros. B=No se aplicaron los estándares; M=Estándares parcialmente aplicados; A=Estándares aplicados completamente.	OK		1	
3, ¿EL Hospital ha sido reparado o construido utilizando estándares actuales apropiados? Corroborar si el inmueble ha sido reparado, en que fecha y si se realizó con base a la normatividad de establecimientos seguros. B=No se aplicaron los estándares; M=Estándares parcialmente aplicados; A=Estándares aplicados completamente.	OK	1		
2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
4, Estado de la edificación. B= Deteriorada por meteorización o exposición al ambiente, grietas en primer nivel y elementos discontinuos de altura; M= Deteriorada sólo por meteorización o exposición al ambiente; A= Sana, no se observan deterioros ni grietas	OK		1	
5, Materiales de construcción de la estructura. B= Oxidada con escamas o grietas mayores de 3mm; M= Grietas entre 1 y 3 mm u óxido en forma de polvo; A= Grietas menores a 1mm y no hay óxido	OK			1

Continuación

2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>6, Interacción de los elementos no estructurales con la estructura. B= Se observa dos o más de lo siguiente: columnas cortas, paredes divisorias unidas a la estructura, cielos rígidos o fachada que interactúa con la estructura; M= Se observa sólo uno de problemas antes mencionados; A= Los elementos no estructurales no afecta la estructura</p>	OK	1		
<p>7, Proximidad de los edificios. (martilleo, túnel de viento, incendios, etc.) B= Separación menor al 0.5% de la altura del edificio de menor altura; M= Separación entre 0.5 – 1.5% de la altura del edificio de menor altura; A= Separación mayor al 1.5% del edificio de menor altura.</p>	OK		1	
<p>8, Redundancia estructural. B= Menos de tres líneas de resistencia en cada dirección; M= 3 líneas de resistencia en cada dirección o líneas con orientación no ortogonal; A= Más de 3 líneas de resistencia en cada dirección ortogonal del edificio.</p>	OK			1
<p>9, Detallamiento estructural incluyendo conexiones. B= Edificio anterior a 1970; M= Edificio construido en los años 1970 y 1990; A=Edificio construido luego de 1990 y de acuerdo a la norma.</p>	OK		1	
<p>10, Seguridad de fundaciones o cimientos. B= No hay información o la profundidad es menor que 1.5 m; M= No cuenta con planos ni estudio de suelos pero la profundidad es mayor que 1.5 m; A=Cuenta con planos, estudio de suelos, y profundidades mayores a 1.5 m.</p>	OK			1
<p>11, Irregularidades en planta (rigidez, masa y resistencia). B= Formas no regulares y estructura no uniforme; M= Formas no regulares pero con estructura uniforme; A= Formas regulares, estructura uniforme en planta y ausencia de elementos que podrían causar torsión.</p>	OK	1		
<p>12, Irregularidades en elevación (rigidez, masa y resistencia). B= Pisos difieren por más del 20% de altura y existen elementos discontinuos o irregulares significativos; M= Pisos de similar altura (difieren menos de un 20%, pero más de 5%) y pocos elementos discontinuos o irregulares; A= Pisos de similar altura (difieren por menos del 5%) y no existen elementos discontinuos o irregulares.</p>	OK		1	

Continuación

2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
13, Adecuación estructural a fenómenos. (meteorológicos, geológicos entre otros) Valorar por separado y en conjunto, el posible comportamiento del hospital desde el punto de vista estructural ante las diferentes amenazas o peligros excepto sismos. B=baja resiliencia estructural a las amenazas naturales presentes en la zona donde está ubicado el hospital; M=moderada resiliencia estructural; A=excelente resiliencia estructural.	OK	1		
3. Aspectos relacionados con la seguridad no estructural del hospital Elementos que no forman parte del sistema de soporte de la edificación. En este caso corresponden a elementos arquitectónicos, equipos y sistemas necesarios para la operación del establecimiento.				
3.1 Líneas vitales (instalaciones)	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
3.1.1 Sistema eléctrico				
14, Generador adecuado para el 100% de la demanda. El evaluador verifica que el generador entre en función pocos segundos después de la caída de tensión, cubriendo la demanda de todo el hospital: urgencias, cuidados intensivos, central de esterilización, quirófanos, etc. B = Sólo se enciende manualmente o cubre del 0 – 30% de la demanda; M = Se enciende automáticamente en más de 10 segundos o cubre 31 – 70 % de la demanda; A = Se enciende automáticamente en menos de 10 segundos y cubre del 71 – 100% de la demanda.	OK			1
15, Regularidad de las pruebas de funcionamiento en las áreas críticas. El evaluador verifica la frecuencia en que el generador es puesto a prueba con resultados satisfactorios. B = > 3 meses; M = 1 – 3 meses; A = < 1 mes.	OK			1
16, ¿Está el generador adecuadamente protegido de fenómenos naturales? B= No; M= Parcialmente; A= Sí.	OK			1
17, Seguridad de las instalaciones, ductos y cables eléctricos. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.	OK			1
18, Sistema redundante al servicio local de suministro de energía eléctrica. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.	OK		1	
19, Sistema con tablero de control e interruptor de sobrecarga y cableado debidamente protegido. Verificar la accesibilidad así como el buen estado y funcionamiento del tablero de control general de electricidad. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.	OK			1

Continuación

3.1 Líneas vitales (instalaciones)	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
3.1.1 Sistema eléctrico				
20, Sistema de iluminación en sitios clave del hospital. Realizar recorrido por urgencias, UCI, quirófano etc. Verificando el grado de iluminación de los ambientes y funcionalidad de lámparas. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.	OK			1
21, Sistemas eléctricos externos, instalados dentro del perímetro del hospital. Verificar si existen subestaciones eléctricas o transformadores que proveen electricidad al hospital. B= No existen subestaciones eléctricas instaladas en el hospital; M= Existen subestaciones, pero no proveen suficiente energía al hospital; A= Subestación eléctrica instalada y provee suficiente energía al hospital	OK			1
3.1.2 Sistema de telecomunicaciones				
22, Estado técnico de las antenas y soportes de las mismas. Verificar el estado de las antenas y de sus abrazaderas y soportes. B= Mal estado o no existen; M= Regular; A= Buen estado.	OK			1
23, Estado técnico de sistemas de baja corriente (conexiones telefónicas/cables de Internet). Verificar en áreas estratégicas que los cables estén correctamente evitando la sobrecarga. B= Mal estado o no existen; M= Regular; A= Bueno.	OK			1
24, Estado técnico del sistema de comunicación alterno. Verificar el estado de otros sistemas: radiocomunicación, teléfono satelital, Internet, etc. B= mal estado o no existe; M= Regular; A= Bueno.	OK			1
25, Estado técnico de anclajes de los equipos y soportes de cables. Verificar que los equipos de telecomunicaciones (radios, teléfono satelital, video-conferencia, etc.) cuenten con anclajes que eleven su grado de seguridad. SI EL SISTEMA NO NECESITA ANCLAJES O ABRAZADERAS, NO LLENAR. DEJAR LAS TRES CASILLAS EN BLANCO. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.	BLANCO			

Continuación

3.1 Líneas vitales (instalaciones)	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
3.1.2 Sistema de telecomunicaciones				
<p>26, Estado técnico de sistemas de telecomunicaciones externos, instalados dentro del perímetro del hospital. Verificar si existen sistemas de telecomunicaciones externos que interfieran con el grado de seguridad del hospital. B= Telecomunicaciones externas interfieren seriamente con las comunicaciones del hospital; M= Telecomunicaciones externas interfieren moderadamente con las comunicaciones del hospital; A= No existe interferencia a las comunicaciones del hospital.</p>	OK			1
<p>27, Local con condiciones apropiadas para sistemas de telecomunicaciones. B= Malo o no existe; M= Regular; A= Bueno</p>	OK			1
<p>28, Seguridad del sistema público de comunicaciones. Verificar el estado de los sistemas de comunicación como teléfonos públicos u otros presentes en el hospital. B= mal o no existe; M= Regular; A= Bueno</p>	OK			1
3.1.3 Sistema de aprovisionamiento de agua				
<p>29, Tanque de agua con reserva permanente suficiente para proveer al menos 300 litros por cama y por día durante 72 horas. Verificar que el depósito de agua cuente con una capacidad suficiente para satisfacer la demanda del hospital por 3 días B= Cubre la demanda de 24 horas o menos; M= Cubre la demanda de más de 24 horas pero menos de 72 horas; A= Garantizado para cubrir la demanda por 72 horas o más.</p>	OK			1
<p>30, Los depósitos se encuentran en lugar seguro y protegido. Visitar sitio de cisterna y corroborar el área donde está instalada y su grado de seguridad. B= Si el espacio es susceptible de falla estructural o no estructural; M= Cuando la falla no representa posibilidad de colapso; A= Cuando tiene poca posibilidad de funcionar.</p>	OK			1
<p>31, Sistema alternativo de abastecimiento de agua adicional a la red de distribución principal. Identificar organismos o mecanismos para abastecer o reaprovisionar de agua al hospital en caso de falla del sistema público. B= Si da menos de 30% de la demanda; M= Si suple valores de 30 a 80% de la demanda; A= Si suple más del 80% de la dotación diaria.</p>	OK			1

Continuación

3.1 Líneas vitales (instalaciones)	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
3.1.3 Sistema de aprovisionamiento de agua				
32, Seguridad del sistema de distribución. Verificar el buen estado y funcionamiento del sistema de distribución, incluyendo la cisterna, válvula, tuberías y uniones. B= Si menos del 60% se encuentra en buenas condiciones de operación; M= entre 60 y 80 %; A= más del 80 %.	OK		1	
33, Sistema de bombeo alternativo. Identificar la existencia y el estado operativo del sistema alternativo de bombeo, en caso de falla en el suministro. B= No hay bomba de reserva y las operativas no suplen toda la demanda diaria; M= Están todas las bombas en regular estado de operación; A= Todas las bombas y las de reserva están operativas.	OK		1	
3.1.4 Depósito de combustibles (gas, gasolina o diésel)				
34, Tanques para combustible con capacidad suficiente para un mínimo de 5 días. Verificar que el hospital cuente con depósito amplio y seguro para almacenaje de combustible. B= Cuando es inseguro o tiene menos de 3 días; M= Almacenamiento con cierta seguridad y con 3 a 5 días de abastecimiento de combustible; A= Se tienen 5 o más días de autonomía y es seguro.	OK			1
35, Anclaje y buena protección de tanques y cilindros B= No hay anclajes y el recinto no es seguro; M= Se aprecian anclajes insuficientes; A= Existen anclajes en buenas condiciones y el recinto o espacio es apropiado.	OK			1
36, Ubicación y seguridad apropiada de depósitos de combustibles. Verificar que los depósitos que contienen elementos inflamables se encuentren a una distancia que afecte el grado de seguridad del Hospital. B= Existe el riesgo de falla o no son accesibles; M= Se tiene una de las dos condiciones mencionadas; A= Los depósitos son accesibles y están en lugares libres de riesgos.	OK			1
37, Seguridad del sistema de distribución (válvulas; tuberías y uniones). B= Si menos del 60% se encuentra en buenas condiciones de operación; M= entre 60 y 80 %; A= más del 80 %.	OK			1

Continuación

3.1 Líneas vitales (instalaciones)	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
3.1.5 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.)				
38, Almacenaje suficiente para 15 días como mínimo. B= Menos de 10 días; M= entre 10 y 15 días; A= Más de 15 días .	OK			1
39, Anclaje de tanques, cilindros y equipos complementarios B= No existen andajes; M= Los andajes no son de buen calibre; A= Los anclajes son de buen calibre.	OK			1
40, Fuentes alternas disponibles de gases medicinales. B= No existen fuentes alternas o están en mal estado; M= Existen, pero en regular estado; A= Existen y están en buen estado.	OK			1
41, Ubicación apropiada de los recintos. B= Los recintos no tienen accesos; M= los recintos tienen accesos, pero con riesgos A= Los recintos son accesibles y están libres de riesgos;	OK			1
42, Seguridad del sistema de distribución (válvulas; tuberías y uniones). B= Si menos del 60% se encuentra en buenas condiciones de operación; M= Entre 60 y 80 %; A= Más del 80 %.	OK			1
43, Protección de tanques y/o cilindros y equipos adicionales. B= No existen áreas exclusivas para tanques y equipos adicionales.; M= Áreas exclusivas para protección de tanques y equipos, pero el personal no está entrenado; A= Áreas exclusivas para este equipamiento y el personal está entrenado.	OK			1
44, Seguridad apropiada de los recintos. B= No existen áreas reservadas para almacenar gases; M= Áreas reservadas para almacenar gases, pero sin medidas de seguridad apropiadas; A= Se cuenta con áreas de almacenamiento adecuados y no tienen riesgos	OK			1

Continuación

3.2 Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
45, Soportes adecuados para los ductos y revisión del movimiento de los ductos y tuberías que atraviesan juntas de dilatación. B= No existen soportes y tienen juntas rígidas; M=Existen soportes o juntas flexibles; A= Existen soportes y las juntas son flexibles	OK			1
46, Condición de tuberías, uniones, y válvulas. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.	OK			1
47, Condiciones de los anclajes de los equipos de calefacción y agua caliente. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.	OK			1
48, Condiciones de los anclajes de los equipos de aire acondicionado. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.	OK			1
49, Ubicación apropiada de los recintos. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.	OK			1
50, Seguridad apropiada de los recintos. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.	OK			1
51, Funcionamiento de los equipos (Ej. Caldera, sistemas de aire acondicionado y extractores entre otros). B= Malo; M= Regular; A= Bueno.	OK			1
3.3 Mobiliario y equipo de oficina fijo, móvil y almacenes (incluye computadoras, impresoras, etc.)	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
52, Anclajes de la estantería y seguridad de contenidos. Verificar que los estantes se encuentren fijos a las paredes o con soportes de seguridad. B= La estantería no está fijada a las paredes; M= La estantería está fijada, pero el contenido no está asegurado; A= La estantería está fijada y el contenido asegurado.	OK			1
53, Computadoras e impresoras con seguro. Verificar que las mesas para computadora estén aseguradas y con frenos de ruedas aplicados. B= Malo; M= Regular; A= Bueno o no necesita anclaje.	OK			1
54, Condición del mobiliario de oficina y otros equipos. Verificar en recorrido por oficinas el anclaje y/o fijación del mobiliario. B= Malo; M= Regular; A= Bueno o no necesita anclaje.	OK			1

Continuación

3.4 Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>55, Equipo médico en el quirófano y la sala de recuperación. Verificar que lámparas, equipos de anestesia, mesas quirúrgicas se encuentren operativos y con seguros y frenos aplicados. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>	OK			1
<p>56, Condición y seguridad del equipo médico de Rayos X e Imagenología. Verificar que las mesas de Rayos X y el equipo de rayos se encuentren en buenas condiciones y fijos. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>	OK			1
<p>57, Condición y seguridad del equipo médico en laboratorios. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>	OK			1
<p>58, Condición y seguridad del equipo médico en el servicio de urgencias. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>	OK			1
<p>59, Condición y seguridad del equipo médico de la unidad de cuidados intensivos o intermedios. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>	OK			1
<p>60, Condición y seguridad del equipamiento y mobiliario de farmacia. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>	OK			1

Continuación

3.4 Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
61, Condición y seguridad del equipo de esterilización. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.	OK			1
62, Condición y seguridad del equipo médico para cuidado del recién nacido. B= Cuando el equipo no existe, está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.	OK			1
63, Condición y seguridad del equipo médico para la atención de quemados. B= Cuando el equipo no existe, está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.	OK			1
64, Condición y seguridad del equipo médico para radioterapia o medicina nuclear. SI EL HOSPITAL NO CUENTA CON ESTOS SERVICIOS, DEJAR EN BLANCO. B= Cuando no existe o el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.	BLANCO			
65, Condición y seguridad del equipo médico en otros servicios. B= Si más del 30 % de los equipos se encuentra en riesgo de pérdida material o funcional y/o si algún equipo pone en forma directa o indirecta en peligro la función de todo el servicio; M= Si entre el 10 y el 30% de los equipos se encuentra en riesgo de pérdida, A= Si menos del 10% de los equipos tiene riesgo de pérdida.	OK			1
66, Anclajes de la estantería y seguridad de contenidos médicos. B= 20% o menos se encuentran seguros contra el vuelco de la estantería o el vaciamiento de contenidos; M= 20 a 80 % se encuentran seguros contra el vuelco; A= Más del 80 % se encuentra con protección a la estabilidad de la estantería y la seguridad del contenido, o porque no requiere anclaje.	OK			1

Continuación

3.5 Elementos arquitectónicos	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>67, Condición y seguridad de puertas o entradas. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes, sistemas o funciones; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento de otros componentes; A=Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>	OK			1
<p>68, Condición y seguridad de ventanales. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes, sistemas o funciones; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento de otros componentes; A=Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>	OK			1
<p>69, Condición y seguridad de otros elementos de cierre (muros exteriores, fachada, etc.). B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>	OK			1
<p>70, Condición y seguridad de techos y cubiertas. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>	OK			1
<p>71, Condición y seguridad de parapetos (pared o baranda que se pone para evitar caídas, en los puentes, escaleras, cubiertas, etc.) B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistema; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>	OK			1
<p>72, Condición y seguridad de cercos y cierres perimétricos. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>	OK			1

Continuación

3.5 Elementos arquitectónicos	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>84, Otros elementos arquitectónicos incluyendo señales de seguridad. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>	OK		1	
<p>4. Aspectos relacionados con la seguridad en base a la capacidad funcional Se refiere al nivel de preparación para emergencias masivas y desastres del personal que labora en el hospital así como el grado de implementación del plan hospitalario para casos de desastre.</p>				
4.1 Organización del comité hospitalario para desastres y centro de operaciones de emergencia. Mide el nivel de organización alcanzado por el comité hospitalario para casos de desastre	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>85, Comité formalmente establecido para responder a las emergencias masivas o desastres. Solicitar el acta constitutiva del Comité y verificar que los cargos y firmas correspondan al personal en función. B= No existe comité; M= Existe el comité pero no es operativo; A= Existe y es operativo.</p>	OK			1
<p>86, El Comité está conformado por personal multidisciplinario. Hay que verificar que los cargos dentro del comité sean ejercidos por personal de diversas categorías del equipo multidisciplinario: director, jefe de enfermería, ingeniero de mantenimiento, jefe de urgencias, jefe médico, jefe quirúrgico, jefe de laboratorio y jefe de servicios auxiliares, entre otros. B= 0-3; M=4-5; A= 6 o más</p>	OK			1
<p>87, Cada miembro tiene conocimiento de sus responsabilidades específicas. Verificar que cuenten con sus actividades por escrito dependiendo de su función específica: B= No asignadas; M= Asignadas oficialmente; A= Todos los miembros conocen y cumplen su responsabilidad.</p>	OK			1
<p>88, Espacio físico para el centro de operaciones de emergencia (COE) del hospital. Verificar la sala destinada para el comando operativo que cuente con todos los medios de comunicación (teléfono, fax, Internet, entre otros). B= No existe; M= Asignada oficialmente; A= Existe y es funcional.</p>	OK			1

Continuación

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	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
89, El COE está ubicado en un sitio protegido y seguro. Identificar la ubicación tomando en cuenta su accesibilidad, seguridad y protección. B= La sala del COE no está en un sitio seguro; M= EL COE está en un lugar seguro pero poco accesible; A= EL COE está en un sitio seguro, protegido y accesible.	OK			1
90, El COE cuenta con sistema informático y computadoras. Verificar si cuenta con intranet e internet. B= No; M=Parcialmente; A=Cuenta con todos los requerimientos	OK			1
91, El sistema de comunicación interna y externa del COE funciona adecuadamente. Verificar si el conmutador (central de redistribución de llamadas) cuenta con sistema de perifoneo y si los operadores conocen el código de alerta y su funcionamiento. B= No funciona/ no existe; M= Parcialmente; A= Completo y funciona.	OK			1
92, El COE cuenta con sistema de comunicación alterna. Verificar si además de conmutador existe comunicación alterna como celular, radio, entre otros. B= No cuenta; M= Parcialmente; A= Si cuenta.	OK			1
93, El COE cuenta con mobiliario y equipo apropiado. Verificar escritorios, sillas, tomas de corriente, iluminación, agua y drenaje. B= No cuenta; M= Parcialmente; A= Si cuenta.	OK			1
94, El COE cuenta con directorio telefónico de contactos actualizado y disponible. Verificar que el directorio incluya todos los servicios de apoyo necesarios ante una emergencia (corroborar teléfonos en forma aleatoria). B= No; M= Existe pero no está actualizado; Si cuenta y está actualizado.	OK			1
95, "Tarjetas de acción" disponibles para todo el personal. Verificar que las tarjetas de acción indiquen las funciones que realiza cada integrante del hospital especificando su participación en caso de desastre interno y/o externo. B= No; M= Insuficiente (cantidad y calidad); A= Todos la tienen.	OK		1	

Continuación

4.2 Plan operativo para desastres internos o externos	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>96, Refuerzo de los servicios esenciales del hospital. El plan especifica las actividades a realizar antes, durante y después de un desastre en los servicios claves del Hospital (Urgencias, UCI, CEYE, quirófano, entre otros). B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK			1
<p>97, Procedimientos para la activación y desactivación del plan. Se especifica cómo, cuándo y quién es el responsable de activar y desactivar el plan. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK			1
<p>98, Previsiones administrativas especiales para desastres. Verificar que el plan considere contratación de personal, adquisiciones en caso de desastre y presupuesto para pago por tiempo extra, doble turno, etc. B= No existen las provisiones o existen únicamente en el documento; M= Existen provisiones y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK			1
<p>99, Recursos financieros para emergencias presupuestados y garantizados. El hospital cuenta con presupuesto específico para aplicarse en caso de desastre. B= No presupuestado; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</p>	OK			1
<p>100, Procedimientos para habilitación de espacios para aumentar la capacidad, incluyendo la disponibilidad de camas adicionales. El plan debe incluir y especificar las áreas físicas que podrán habilitarse para dar atención a saldo masivo de víctimas: B= No se encuentran identificadas las áreas de expansión; M= Se han identificado las áreas de expansión y el personal capacitado para implementarlas; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar los procedimientos.</p>	OK			1

Continuación

4.2 Plan operativo para desastres internos o externos	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>101, Procedimiento para admisión en emergencias y desastres. El plan debe especificar los sitios y el personal responsable de realizar el TRIAGE. B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>	OK			1
<p>102, Procedimientos para la expansión del departamento de urgencias y otras áreas críticas. El plan debe indicar la forma y las actividades que se deben realizar en la expansión hospitalaria. (Ej suministro de agua potable, electricidad, desagüe, etc.); B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>	OK			1
<p>103, Procedimientos para protección de expedientes médicos (historias clínicas). El plan indica la forma en que deben ser trasladados los expedientes clínicos e insumos necesarios para el paciente: B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>	OK		1	
<p>104, Inspección regular de seguridad por la autoridad competente. En recorrido por el hospital verificar la fecha de caducidad y/o llenado de extintores e hidrantes. Y si existe referencia del llenado de los mismos así como bitácora de visitas por el personal de protección civil. B= No existe; M= inspección parcial o sin vigencia; A= Completa y actualizada.</p>	OK			1
<p>105, Procedimientos para vigilancia epidemiológica intra-hospitalaria. Verificar si el Comité de Vigilancia Epidemiológica intra-hospitalaria cuenta con procedimientos específicos para casos de desastre o atención masiva de víctimas: B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>	OK			1

Continuación

4.2 Plan operativo para desastres internos o externos	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>106, Procedimientos para la habilitación de sitios para la ubicación temporal de cadáveres y medicina forense. Verificar si el plan incluye actividades específicas para el área de patología y si tiene sitio destinado para depósito de múltiples cadáveres: B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>	OK			1
<p>107, Procedimientos para triage, reanimación, estabilización y tratamiento. B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>	OK			1
<p>108, Transporte y soporte logístico. Verificar si el hospital cuenta con ambulancias y otros vehículos oficiales: B= No cuenta con ambulancias y otros vehículos para soporte logístico; M= Cuenta con vehículos insuficientes; A= Cuenta con vehículos adecuados y en cantidad suficiente.</p>	OK			1
<p>109, Raciones alimenticias para el personal durante la emergencia. El plan especifica las actividades a realizar por el área de nutrición y debe contar con presupuesto para aplicarlos en el rubro de alimentos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más</p>	OK			1
<p>110, Asignación de funciones para el personal adicional movilizado durante la emergencia B= No existe o existe únicamente el documento; M= Las funciones están asignadas y el personal capacitado; A= Las funciones están asignadas, el personal está capacitado y cuenta con recursos para cumplir las funciones.</p>	OK			1
<p>111, Medidas para garantizar el bienestar del personal adicional de emergencia. El plan incluye el sitio donde el personal de urgencias puede tomar receso, hidratación y alimentos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas.</p>	OK			1
<p>112, Vinculado al plan de emergencias local. Existe antecedente por escrito de la vinculación del plan a otras instancias de la comunidad. B= No vinculado; M= Vinculado no operativo; A= Vinculado y operativo.</p>	OK			1

Continuación

4.2 Plan operativo para desastres internos o externos	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>113, Mecanismos para elaborar el censo de pacientes admitidos y referidos a otros hospitales. El plan cuenta con formatos específicos que faciliten el censo de pacientes ante las emergencias; B=No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el mecanismo y el personal capacitado; A=Existe el mecanismo, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el censo.</p>	OK			1
<p>114, Sistema de referencia y contrarreferencia. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK			1
<p>115, Procedimientos de información al público y la prensa. El plan hospitalario para caso de desastre especifica quien es el responsable para dar información al público y prensa en caso de desastre (la persona de mayor jerarquía en el momento del desastre); B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>	OK			1
<p>116, Procedimientos operativos para respuesta en turnos nocturnos, fines de semana y días feriados. B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>	OK			1
<p>117, Procedimientos para evacuación de la edificación Verificar si existe plan o procedimientos para evacuación de pacientes, visitas y personal B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>	OK			1
<p>118, Las rutas de emergencia y salida son accesibles Verificar que las rutas de salida están claramente marcadas y libres de obstrucción B= Las rutas de salida no están claramente señalizadas y varias están bloqueadas; M=Algunas rutas de salida están marcadas y la mayoría están libres de obstrucciones; A=Todas las rutas están claramente marcadas y libres de obstrucciones.</p>	OK			1

Continuación

4.3 Planes de contingencia para atención médica en desastres.	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>126, Atención psico-social para pacientes, familiares y personal de salud. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK			1
<p>127, Control de infecciones intra-hospitalarias. Solicitar el manual correspondiente y verificar vigencia: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el manual y el personal capacitado; A= Existe el manual, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>	OK			1
4.4 Planes para el funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de los servicios vitales. Mide el grado de accesibilidad, vigencia y disponibilidad de los documentos indispensables para la resolución de una urgencia.	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>128, Suministro de energía eléctrica y plantas auxiliares. El área de mantenimiento deberá presentar el manual de operación del generador alterno de electricidad, así como bitácora de mantenimiento preventivo: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK			1
<p>129, Suministro de agua potable. El área de mantenimiento deberá presentar el manual de operación del sistema de suministro de agua así como bitácora de mantenimiento preventivo y de control de la calidad del agua: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK			1
<p>130, Reserva de combustible El área de mantenimiento deberá presentar el manual para el suministro de combustible, así como la bitácora de mantenimiento preventivo: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK			1

Continuación

4.4 Planes para el funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de los servicios vitales.	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>131, Gases medicinales El área de mantenimiento deberá presentar el manual de suministro de gases medicinales, así como bitácora de mantenimiento preventivo. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK			1
<p>132, Sistemas habituales y alternos de comunicación. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK			1
<p>133, Sistemas de agua residuales. El área de mantenimiento garantizará el flujo de estas aguas hacia el sistema de drenaje público evitando la contaminación de agua potable. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK			1
<p>134, Sistema de manejo de residuos sólidos. El área de mantenimiento deberá presentar el manual de manejo de residuos sólidos, así como bitácora de recolección y manejo posterior. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK		1	
<p>135, Mantenimiento del sistema contra incendios. El área de mantenimiento deberá presentar el manual para el manejo de sistemas contra incendios, así como la bitácora de mantenimiento preventivo de extintores e hidrantes. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	OK			1
<p>4.5 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipos para desastres Verificar con lista de cotejo la disponibilidad de insumos indispensables ante una emergencia</p>	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
<p>136, Medicamentos. Verificar la disponibilidad de medicamentos para emergencias. Se puede tomar como referencia el listado recomendado por OMS. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</p>	OK			1

Continuación

4.5 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipos para desastres Verificar con lista de cotejo la disponibilidad de insumos indispensables ante una emergencia	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
137, Material de curación y otros insumos. Verificar que exista en la central de esterilización una reserva esterilizada de material de consumo para cualquier emergencia (se recomienda sea la reserva que circulará el día siguiente). B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.	OK			1
138, Instrumental. Verificar existencia y mantenimiento de instrumental específico para urgencias. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.	OK			1
139, Gases medicinales. Verificar teléfonos y domicilio así como la garantía de abastecimiento por parte del proveedor. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= garantizado para 72 horas o más.	OK			1
140, Equipos de ventilación asistida (tipo volumétrico). El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad y condiciones de uso de los equipos de respiración asistida. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.	OK			1
141, Equipos electro-médicos. El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad y condiciones de uso de los equipos electromédicos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.	OK			1
142, Equipos para soporte de vida. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.	OK			1
143, Equipos de protección personal para epidemias (material de sechable) El hospital debe contar con equipos de protección para el personal que labore en áreas de primer contacto. B= No existen; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.	OK			1

Continuación

4.5 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipos para desastres Verificar con lista de cotejo la disponibilidad de insumos indispensables ante una emergencia	CONTROL	Grado de Seguridad		
		BAJO	MEDIO	ALTO
144, Carro de atención de paro cardiorrespiratorio El comité de emergencia del hospital debe conocer la cantidad, condiciones de uso y ubicación de los carros para atención de paro cardiorrespiratorio. B= No existen; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.	OK			1
145, Tarjetas de triage y otros implementos para manejo de víctimas en masa. En el servicio de urgencias se difunde e implementa la tarjeta de TRIAGE en caso de saldo masivo de víctimas. Evaluar en relación a la capacidad instalada máxima del hospital. B= No existen; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.	OK			1

FUENTE: Organización Panamericana de la Salud. *Índice de Seguridad Hospitalaria: Guía del evaluador de Hospitales Seguros*. Washington DC, 2008.

TABLA 6. 3 TABULACIÓN AUTOMÁTICA DE LAS RESPUESTAS

Categoría	Alta probabilidad de no funcionar	Probablemente funcione	Alta probabilidad de funcionar	Total
Estructural	46.25	38.75	15.00	100.00
No - estructural	0.00	13.03	86.98	100.00
Funcional	0.00	10.46	89.54	100.00

FUENTE: (O.P.S 2008)

TABLA 6. 4 Pesos verticales a ser usados en el modelo

Porcentaje vertical	
Estructural	0.5
No - estructural	0.3
Funcional	0.2

FUENTE: (O.P.S 2008)

TABLA 6. 5 PESOS VERTICALES A SER USADOS EN EL MODELO

Categoría	Alta probabilidad de no funcionar	Probablemente funcione	Alta probabilidad de funcionar	Total
Estructural	23.13	19.38	7.50	50.00
No - estructural	0.00	3.91	26.09	30.00
Funcional	0.00	2.09	17.91	20.00
Total	23.13	25.38	51.50	100.00

FUENTE: (O.P.S 2008)

TABLA 6. 6 INGRESO DE LOS PESOS HORIZONTALES A SER USADOS

Ponderación horizontal		Factores de seguridad
Alta probabilidad de no funcionar	1	0.23
Probablemente funcione	2	0.51
Alta probabilidad de funcionar	4	2.06

Factor de seguridad final: 2.80

FUENTE: (O.P.S 2008)

6.2.2. CÁLCULO DEL RANGO A SER USADO PARA COMPUTAR LOS ÍNDICES DE SEGURIDAD Y VULNERABILIDAD.

A fin de que los cálculos no tengan sesgo producto de las cifras concordadas de los pesos en las ponderaciones del modelo, fue concertado el uso de un rango que considera ambos extremos de la escala horizontal de peso. Siendo el nivel mínimo de la seguridad 1 y la máxima puntuación 4.

$$\text{Rango} = \text{Extremo horizontal superior} - \text{Extremo horizontal inferior} = 4 - 1 = 3$$

6.2.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SEGURIDAD Y EL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD.

$$\text{Índice de seguridad} = S = \frac{\text{Factor de seguridad} - \text{extremo horizontal inferior}}{\text{Rango}} = 0.60$$

$$\text{Índice de vulnerabilidad} = 1 - S = 1 - \frac{\text{Factor de seguridad} - \text{extremo horizontal inferior}}{\text{Rango}} = 0.40$$

6.2.4. RECOMENDACIÓN DE LA INTERVENCIÓN DE ACUERDO AL ÍNDICE DE SEGURIDAD.

TABLA 6. 7 ÍNDICE DE SEGURIDAD

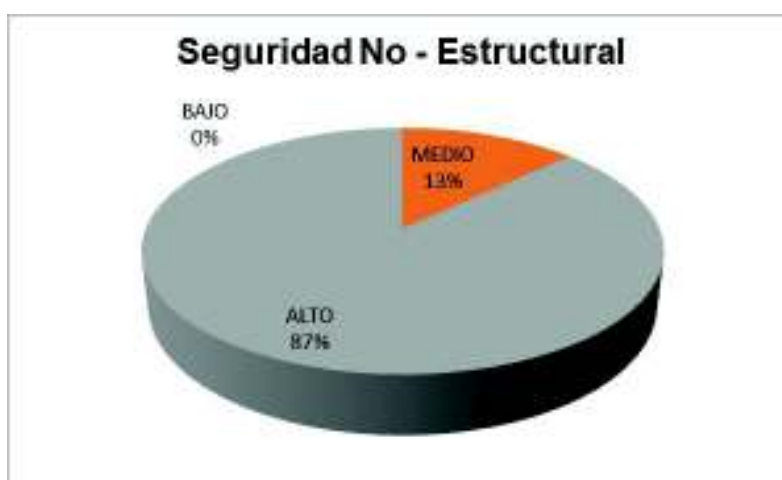
Clasificación del establecimiento de salud: B

Índice de seguridad	Categoría	¿Qué se tiene que hacer?
0.36 - 0.65	B	Se requiere medidas necesarias en el corto plazo, ya que los niveles actuales de seguridad del establecimiento pueden otencialmente poner en riesgo a los pacientes, el personal y su funcionamiento durante y después de un desaste

FUENTE: (O.P.S 2008)

GRÁFICO 6. 1 SEGURIDAD ESTRUCTURAL DEL HOSPITAL

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 6. 2 SEGURIDAD NO - ESTRUCTURAL DEL HOSPITAL

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 6. 3 SEGURIDAD NO - ESTRUCTURAL DEL HOSPITAL

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

GRÁFICO 6. 4 ÍNDICE DE SEGURIDAD HOSPITALARIA

ELABORADO POR: Darío Javier Castillo

CAPÍTULO 7

DIAGNOSTICO DE LA EDIFICACIÓN PRINCIPAL HOSPITAL EUGENIO ESPEJO

En este apartado, se presenta un diagnóstico de los diferentes componentes que forman parte de los elementos estructurales y no estructurales del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo, haciendo una recapitulación de la información que consta en los capítulos anteriores.

7.1 DESCRIPCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA

El análisis estructural se realizó tomando en cuenta únicamente el esqueleto estructural, sin embargo, la presencia de mampostería modifica el comportamiento de la estructura, dependiendo del arreglo de las paredes en las diferentes plantas del edificio del Hospital, se puede ocasionar graves irregularidades y patologías como: piso blando y columnas cortas, teniendo resultados fatales en las estructuras que se han puesto en evidencia en experiencias de sismos pasados.

7.1.1 PISO BLANDO

Los pisos blandos se reconocen porque muestran una reducción significativa en la rigidez lateral respecto a los demás pisos de la estructura.

Los niveles ± 0.00 , $+3.30$ y $+6.60$ se encuentran destinados a consulta externa, y administración, por esta razón existen ambientes grandes con poca distribución de mampostería. A partir del nivel $+10.89$ se encuentran los pisos de internación de pacientes de las diferentes especialidades, en estos pisos existe gran concentración de mampostería para dar lugar a las habitaciones, salas de terapia y consultorio. De acuerdo a los planos arquitectónicos recopilados y a las fotografías que se muestran a continuación, se puede observar que el edificio principal del hospital Eugenio Espejo posee la patología de Piso Blando.

FOTOGRAFÍA 3.3 PISO BLANDO 1/2.



FUENTE: Darío Javier Castillo

FOTOGRAFÍA 3.4 PISO BLANDO 2/2.



FUENTE: Darío Javier Castillo

7.1.2 COLUMNA CORTA

La columna corta es uno de los problemas que se presenta con mayor frecuencia en la configuración estructural la cual se caracteriza porque esta columna no está arriostrada por la mampostería en toda su altura, usualmente para generar ventanas. Esta columna tiende a fallar en forma frágil al ser sometida a esfuerzos cortantes excesivos que se generan al estar impedida su deformación hasta la altura de las paredes.

FOTOGRAFÍA 3.5 COLUMNA CORTA



Fuente: Darío Javier Castillo

Mientras mayor rigidez lateral tenga una columna existirá mayor resistencia a la deformación, por lo que mientras mayor es la rigidez, se requerirá una mayor fuerza para deformarla. Por medio de los desplazamientos que experimentan las columnas es consumida esta energía, debido a que los desplazamientos de las columnas son proporcionales a sus longitudes, en las columnas cortas la capacidad de consumir energía es muy baja.

Debido a esto las columnas cortas son los elementos que más daño producen a las estructuras. El pobre comportamiento de las columnas cortas ante un sismo, ante columnas de diferentes alturas libres, tendrán la misma demanda de desplazamiento lateral, por ende, al ser las columnas cortas más rígidas que las columnas más largas, atraerán más fuerza horizontal.

7.2 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

Se conoce como estado límite de servicio a la condición que va más allá, donde la estructura, se torna inapropiada ya sea porque se considera insegura o porque ya no está capacitada para cumplir su función (American Concrete Intitute 2013).

El parámetro para determinar si la estructura cumple el estado límite de servicio es la deriva de piso causada por las fuerzas sísmicas, las derivas inelásticas que presenta la estructura del hospital en sentido “X” y “Y” superan el límite establecido por el Código Ecuatoriano de Construcción, $\Delta_{M\text{ máx}} = 0.02$, por lo tanto la estructura no cumple el estado límite de servicio

TABLA 7. 1 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

Estado de carga	Max. Deriva	Límite
Sx	0.05538	0.02
Sy	0.02945	0.02

7.3 ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA

En el diseño por resistencia, la estructura y los miembros estructurales se dimensionan para que en todas sus secciones tengan una resistencia de diseño por lo menos igual a la resistencia requerida calculada para las cargas y fuerzas mayoradas y combinadas. La resistencia asociada al diseño de un elemento, las conexiones a otros miembros y todas las secciones transversales, en relación a flexión cortante, debe tomarse como la resistencia nominal multiplicada por un coeficiente de reducción, ϕ (American Concrete Intitute 2013).

7.3.1 VIGAS

Luego de realizar el análisis que se muestra en el punto 4.2.7, se encontraron las siguientes observaciones:

- En algunas secciones de vigas se puede observar que la relación entre la armadura longitudinal colocada vs la armadura requerida está en el orden de 0.8 – 0.9, esto es aceptable, pero la longitud del refuerzo superior es insuficiente para resistir el momento actuante en la sección, además existe una longitud de traslape insuficiente en el refuerzo inferior de la viga. Por lo tanto, no se puede contar el acero de refuerzo colocado en un 100%.
- Se revisó el refuerzo transversal de las secciones de las vigas tomando en cuenta las consideraciones de comportamiento inelástico, es decir se realizó el diseño de los estribos por capacidad y se los comparó con los estribos colocados. En algunas secciones no se cumple el requerimiento: $\phi V_n \geq V_u$, es decir la armadura transversal colocada en las secciones de las vigas es insuficiente para que la sección de la viga tenga un comportamiento inelástico adecuado ante la presencia de un evento sísmico severo.
- El espaciamiento de los estribos colocados en las vigas no proporciona confinamiento al núcleo del hormigón, reduciendo sustancialmente la ductilidad de la sección, debido a que no se restringe el pandeo del refuerzo longitudinal.
- En el detallamiento del acero de refuerzo se observa que se han realizado traslapes en zonas inadecuadas, en nudos y cerca de ellos, y que las longitudes de traslape (acero de refuerzo inferior) y longitudes de desarrollo (acero de refuerzo superior) son insuficientes, reduciendo la capacidad de momento calculada debido a que no se proporcionan las suficientes longitudes para que las barras desarrollen sus esfuerzos plenos.

7.3.2 COLUMNAS.

- Las columnas analizadas son las correspondientes al segundo nivel medido desde el nivel del terreno debido a que están sometidas a las mayores sollicitaciones debido a carga axial y momento, y como se puede observar tampoco cumple los requerimientos: $\phi M_n \geq M_u$ y $\phi P_n \geq P_u$.
- El refuerzo transversal de confinamiento suministrado en ι_0 es insuficiente para garantizar un comportamiento dúctil en el evento de la formación de la rótula plástica, en las columnas tipo cruz, correspondiente al segundo nivel medidos desde el nivel del terreno (nivel de vereda).
- Las secciones de columnas tipo “CRUZ” y tipo “TEE” utilizadas en la estructura del hospital, presentan una capacidad de ductilidad por curvatura μ_ϕ muy baja, la explicación física es que existe un área pequeña en compresión y una cantidad importante de acero que difícilmente se va a agotar antes que el hormigón.

7.3.3 CONEXIÓN VIGA COLUMNA.

- La sección típica de la gran mayoría de columnas es de tipo “CRUZ” y el ancho de las vigas que llegan al nudo tienen un valor de 0.40m, por esta condición ningún nudo central se considera confinado por los miembros estructurales que llegan a él, en la gran mayoría de los nudos no se cumple la condición $\phi V_n \geq V_u$, por lo tanto el núcleo del nudo no se encuentra adecuadamente confinado, disminuyendo notablemente la ductilidad del nudo.
- En cuanto a la relación de resistencia a flexión de los miembros que llegan al nudo, se han obtenido valores iguales a: $\sum M_{n,c} / \sum M_{n,b} = 1.09$, siendo

inferiores a 1.2 tal como indica el código ACI 352RS-02, y a 1.4 como lo indica el Ing. Patricio Placencia.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

A partir de la evaluación a la estructura del edificio principal del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo, se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Las conexiones de la estructura del hospital no cumplen los requerimientos del código ACI 352RS-02 “Recomendaciones para el diseño de conexiones Viga-Columna en Estructuras Monolíticas de Concreto Reforzado”, es decir cuando se presente un evento sísmico severo que haga que los nudos de la estructura experimente deformaciones inelásticas significativas, no se espera que se formen rótulas plásticas en las vigas, y siendo este el mecanismo de disipación de energía de una estructura esencial, se concluye por lo tanto, que la estructura actual del hospital es altamente vulnerable.
- Debido a la configuración de la mampostería en los diferentes niveles del Hospital Eugenio Espejo, se concluye que la estructura del Hospital posee dos patologías nocivas para un adecuado desempeño ante la presencia de un evento sísmico severo: Piso blando y columnas cortas
- Las secciones de columnas tipo “CRUZ” y tipo “TEE” utilizadas en la estructura del hospital, presentan una capacidad de ductilidad muy baja, debido a la presencia de una armadura importante en todo el perímetro y a la geometría de la columna, que hace que ante deformaciones importantes del hormigón, la mayoría de las barras de refuerzo presenten deformaciones pequeñas y por tanto esfuerzos inferiores al de fluencia, que hace que se presente una falla frágil cuando la estructura ingrese al rango no lineal.

- Existe deficiencia en el detallamiento del acero de refuerzo, se indican longitudes de anclaje inferiores a las establecidas por el ACI. En los planos estructurales se muestra que el acero de refuerzo en las vigas se traslapa en el nudo y en zonas cercanas al nudo, esto está prohibido por el ACI 318S, debido a que ante la presencia de un evento sísmico severo que produzca deformaciones alternantes en el rango inelástico, estas varillas se puedan deslizar entre ellas.
- La estructura del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo presenta derivas mayores al límite indicado en el Código Ecuatoriano de Construcción, se espera entonces que se presente en la estructura daños en aquellos elementos no estructurales ante la presencia de la ocurrencia de un evento sísmico severo.
- La metodología establecida por la O.P.S para determinar el índice de seguridad hospitalaria es un procedimiento que sin lugar a dudas proporciona permite realizar una evaluación rápida de la Vulnerabilidad del establecimiento de salud; sin embargo, debe actualizarse. En el cuestionario existen 145 preguntas de las cuales únicamente 13 corresponden a la parte más importante de la evaluación, que corresponde a la parte estructural, además el peso establecido en el modelo matemático para la seguridad estructural tiene un valor de 50%, debería ser mal alto ya que la estructura del edificio es el sostén del resto de elementos.
- El índice de seguridad hospitalaria obtenido es igual a 0.60, eso lo encaja al hospital en la categoría B, lo cual significa: que son requeridas medidas en el corto plazo, ya que los niveles actuales en termino de seguridad del establecimiento puede ser un riesgo potencial para los pacientes, el personal y el propio funcionamiento durante y después de un desastre.

8.2 RECOMENDACIONES

- Se propone que sea realizado un estudio de reforzamiento definitivo en la estructura del hospital luego que se ha determinado que es altamente vulnerable.
- Se recomienda realizar un estudio para determinar la mejor opción de rigidizar a la estructura, de tal manera que se retire la responsabilidad a los pórticos de soportar las cargas laterales, debido a que no tienen la capacidad adecuado de hacerlo.
- Se recomienda a nivel de anteproyecto estudiar la opción de ubicar muros de corte que sean continuos en toda la altura del edificio, en un porcentaje igual al 4% del área en planta, que se distribuyan inversamente proporcional a la longitud de cada dirección, y que sean ubicados en la periferia del edificio, con el objeto de minimizar las patologías de piso blando, columna corta y torsión en planta presentes en la estructura del Hospital (Medina, C, 2015).
- Se recomienda que, para el diseño de nuevos hospitales, se restrinja el uso de pórticos como estructura resistente ante cargas laterales, se ha comprobado que la mampostería cambia radicalmente el comportamiento esperado, se debería utilizar sistemas duales o muros de corte.
- Se recomienda continuar con estudios de vulnerabilidad estructural de edificaciones esenciales en el país ya que constituyen un activo invaluable para la sociedad, debido a que cumple una función importante antes, durante y después de un evento sísmico severo.
- Los estudios de intervención estructural deben tomar en cuenta que los hospitales no pueden desocuparse para realizar el reforzamiento, tomando

en cuenta que la intervención se efectúa como medida preventiva antes de la ocurrencia de un evento sísmico.

- La programación de los trabajos debe considerar los diferentes servicios de atención médica, de manera que sean causados inconvenientes al funcionamiento normal del hospital.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Concrete Institute. *Guía para el diseño simplificado de Edificaciones de Concreto Reforzado para edificaciones de Tamaño y Alturas Limitadas, con base en ACI 318S-11 e IPS-1, "Requisitos Esenciales para Edificaciones de Concreto Reforzado"*. (ACI 314RS-11), Comité ACI 314, 2013.
- American Concrete Institute. *Recomendaciones para el Diseño de Conexiones Viga-Columna en Estructuras Monolíticas de Concreto Reforzado (ACI 352R5-02)*. Comité Conjunto ACI-ASCE 352, 2010.
- Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado (ACI 318-71) y Comentarios*. 1072.
- Bertero, R., y V. Vertero. *Tall reinforced concrete building: Conceptual earthquake-resistance design methodology. Report No. UCB/EERC-92/16.EERC*. California: University of California at Berkeley. USA., 1992.
- Calo, Caisalitin., Zambrano. Joe, y Andrea Mariso. *Vulnerabilidad Sísmica del Hospital General No. 1 de las Fuerzas Armadas Edificio Principal*. eCUADOR, 2005.
- Crisafulli, Francisco Javier. *Diseño Sismorresistente de Construcciones de Acero*. Latinoamericana: Asociación Latinoamericana del Acero-Alacero, 2014.
- Escuela Politécnica Nacional-GEOHAZARDS Internacional-Municipio del Distrito Metropolitano de Quito-ORSTOM-OYO Corporation . *Proyecto para Manejo del Riesgo Sísmico de Quito*. Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 1995.
- Escuela Politécnica Nacional. Valverde, J., Fernández, J., Jiménez, E., Vaca, T, y Alarcón, F. (2002). *Clasificación de los suelos del Distrito Metropolitano de Quito*
- Guerra, Marcelo. *Cimentaciones Sismo Resistentes utilizando SAFE*. 2013.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización . *Código Ecuatoriano de la Construcción- Requisitos generales de diseño: peligro sísmico, espectros de diseño y requisitos mínimos de cálculo para diseño sismo resistente*. 2000.
- Jack, C., y McCormac. *Diseño de Concreto Reforzado* . ALFAOMEGA Grupo Editor, SA de C.V., 2005.

Organización Panamericana de la Salud. *Guías para la Mitigación de los Riesgos Naturales en las Instalaciones de la Salud de los Países de América Latina*. 2003.

—. *Hospitales Seguros ante Inundaciones*. 2006.

Organización Panamericana de la Salud-Escuela Politécnica Nacional. *Proyecto de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Hospitalarias de la Ciudad de Quito*. Quito, 1996.

Organización Panamericana de la Salud-Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. *Fundamentos de la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud*. 2000.

Organización Panamericana de la Salud. *Índice de Seguridad Hospitalaria: Guía del evaluador de Hospitales Seguros*. Washington DC, 2008.

Rochel, Awad Robert. *Análisis y Diseño Sísmico de Edificios*. Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2012.

Escuela Politécnica Nacional. Valverde, J., Fernández, J., Jiménez, E., Vaca, T, y Alarcón, F. (2002). *Clasificación de los suelos del Distrito Metropolitano de Quito*

ANEXOS

ANEXO N°1

**INFORMACIÓN MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL
ECUADOR-SUBSECRETARÍA NACIONAL DE PROVISIÓN DE
SERVICIOS DE SALUD-DIRECCIÓN NACIONAL DE HOSPITALES.**

GENERALIDADES:	
INFORMACIÓN DEL HOSPITAL	
<i>Nombre</i>	HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO
<i>Año de creación</i>	28 de junio de 1931 antigua edificación. La nueva edificación entra en funcionamiento el año de 1992.
<i>Nivel de atención</i>	Tercer Nivel de atención
<i>Nivel de Complejidad</i>	Tercer Nivel de complejidad
<i>Categoría del Establecimiento de Salud</i>	III-3 Hospital de Especialidades
<i>Número de camas declaradas</i>	446
<i>Número de camas funcionales</i>	425
<i>Población provincia o cantón</i>	PICHINCHA - QUITO
<i>Población beneficiaria indirecta:</i>	COBERTURA NACIONAL
<i>Nombre del Gerente</i>	DR. LENIN MANTILLA
<i>Teléfono de celular</i>	996755496
<i>Nombre del Director</i>	DR. ANDRÉS MORENO
<i>Teléfono de celular</i>	0995616471

SITUACIÓN ACTUAL	
CARTERA DE SERVICIOS	
CONSULTA EXTERNA	
ESPECIALIDAD	SUBESPECIALIDAD
TRAUMATOLOGÍA	GENERAL, DE CADERA Y DE COLUMNA, ORTESIS Y PRÓTESIS
CIRUGÍA GENERAL	CIRUGÍA PEDIÁTRICA, LAPAROSÓPICA, VÍA BILIAR, TRASPLANTE RENAL, ONCOLÓGICA, BARIÁTRICA, COLOPROCTOLOGÍA, VASCULAR
MEDICINA INTERNA	TERAPIA BIOLÓGICA (ENFERMEDADES AUTOINMUNES), REUMATOLOGÍA, INFECTOLOGÍA, CLÍNICA DE VIH, ENDOCRINOLOGÍA, ALERGOLOGÍA
NEUROLOGÍA	ESTUDIOS DE ELECTROENCEFALOGRAFÍA, ELECTROMIOGRAFÍA, VELOCIDAD DE CONDUCCIÓN NEURAL
NEUROCIRUGÍA	CIRUGÍA TUMORAL, MALFORMACIONES ARTERIO VENOSAS
NEUMOLOGÍA	BRONCOSCOPIA
GASTROENTEROLOGÍA	CLÍNICA , INTERVENCIONISTA (ENDOSCOPIA)
CARDIOLOGIA	CIRUGIA CARDIACA, TORÁCICA, ANGIOGRAFÍA DIAGNÓSTICA, CLÍNICA
PEDIATRIA	CIRUGIA PEDIATRICA, CLÍNICA
CIRUGÍA PLÁSTICA	UNIDAD DE QUEMADOS, CIRUGÍA RECONSTRUCTIVA
OTORRINOLARINGOLOGIA	CLÍNICA Y QUIRÚRGICA
OFTALMOLOGIA	CLÍNICA Y QUIRÚRGICA
GINECOLOGÍA	CLÍNICA Y QUIRÚRGICA
NEFROLOGÍA	CLÍNICA , DIÁLISIS (HEMODIÁLISIS Y DIÁLISIS PERITONEAL)
ONCOLOGIA	TUMORES SÓLIDOS, TUMORES LÍQUIDOS (ONCOHEMATOLOGÍA), QUIMIOTERAPIA AMBULATORIA
HEMATOLOGIA	TRANSFUSIONES TERAPÉUTICAS
ODONTOLOGÍA	CIRUGÍA MÁXILO FACIAL
UROLOGÍA	CLINICA Y QUIRÚRGICA, ENDOUROLOGÍA, LITOTRIPSIA EXTRACORPÓREA

HOSPITALIZACIÓN		
SERVICIO	PRESTACIÓN/ESPECIALIDAD	SUBESPECIALIDAD
HOSPITALIZACIÓN	TRAUMATOLOGÍA	GENERAL, DE CADERA Y DE COLUMNA
	CIRUGÍA GENERAL	CIRUGÍA PEDIÁTRICA
		CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA
		CIRUGÍA DE VÍA BILIAR
		TRANSPLANTE RENAL
		CIRUGÍA ONCOLÓGICA
		CIRUGÍA BARIÁTRICA
		COLOPROCTOLOGÍA
	MEDICINA INTERNA	REUMATOLOGÍA
		INFECTOLOGÍA
	NEUROLOGÍA	
	NEUROCIRUGÍA	CIRUGÍA TUMORAL
	NEUMOLOGÍA	UCI NEUMOLÓGICA
	GASTROENTEROLOGÍA	
	CARDIOLOGIA	CIRUGIA CARDIACA
		CIRUGIA TORÁCICA
		ANGIOGRAFÍA DIAGNÓSTICA
		CARDIOLOGÍA CLÍNICA
	CIRUGIA VASCULAR	
	PEDIATRIA	CIRUGIA PEDIATRICA
		PEDIATRÍA CLÍNICA
	CIRUGÍA PLÁSTICA	UNIDAD DE QUEMADOS
		CIRUGÍA RECONSTRUCTIVA
	OTORRINOLARINGOLOGIA	CLÍNICA
		QUIRÚRGICA
	OFTALMOLOGIA	CLÍNICA
		QUIRÚRGICA
	GINECOLOGÍA	CLÍNICA
		QUIRÚRGICA
	NEFROLOGÍA	CLÍNICA
DIÁLISIS (HEMODIÁLISIS Y DIÁLISIS PERITONEAL)		
ONCOLOGIA	TUMORES SÓLIDOS	
	TUMORES LÍQUIDOS (ONCOHEMATOLOGÍA)	
HEMATOLOGIA		
CIRUGÍA MAXILO FACIAL		
UROLOGÍA	CLINICA	
	QUIRÚRGICA	
	ENDOUROLOGÍA	

UNIDADES ESPECIALES		
SERVICIO	UNIDAD	SUBESPECIALIDAD
UNIDADES ESPECIALES	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	CLÍNICA
		QUIRÚRGICA
	CIRUGÍA PLÁSTICA	UNIDAD DE QUEMADOS
		CIRUGÍA RECONSTRUCTIVA
	EMERGENCIA	SHOCK Y TRAUMA CON QUIRÓFANOS
CENTRO QUIRÚRGICO	TODAS LAS ESPECIALIDADES Y (CIRUGÍA CARDIACA, NEUROCIRUGÍA, TRASPLANTE RENAL)	

APOYO DIAGNÓSTICO		
SERVICIO	PRESTACIÓN	SUBPRESTACIÓN
IMAGENOLOGÍA	UNIDAD DE RAYOS X	DENSITOMETRÍA ÓSEA
		MAMOGRAFÍA
		RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL (SIMPLE Y CONTRASTADA)
	UNIDADES ESPECIALES	TOMOGRFÍA (SIMPLE, CONTRASTADA)
		RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR (SIMPLE Y CONTRASTADA)
		ANGIOGRAFÍA DIAGNÓSTICA E INTERVENCIONISTA
	UNIDAD DE ULTRASONIDO	ECOGRFÍA DOPPLER COLOR
UNIDAD DE INTERVENCIONISMO	BIOPSIAS TAC DIRIGIDAS Y ECO DIRIGIDAS	
ENDOSCOPIA	ENDOSCOPIA DIGESTIVA ALTA	
	ENDOSCOPIA DIGESTIVA BAJA	
	ENDOUROLOGÍA	
	BRONCOSCOPIA	
	COLPOSCOPIA	
LABORATORIO CLÍNICO	INMUNOLOGÍA	
	MICROBIOLOGÍA	
	QUÍMICA SANGUÍNEA	
	HEMATOLOGÍA	
	COPROANÁLISIS	
	UROANÁLISIS	
	SEROLOGÍA	
TOXICOLOGÍA		
LABORATORIO DE ANATOMÍA PATOLÓGICA	HISTOPATOLOGÍA	
	CITOPATOLOGÍA	
	INMUNOHISTOQUÍMICA	

APOYO TERAPÉUTICO		
SERVICIO	PRESTACIÓN	SUBPRESTACIÓN
APOYO TERAPÉUTICO	UNIDAD DE DIÁLISIS	HEMODIÁLISIS
		DIÁLISIS PERITONEAL
	UNIDADES DE QUIMIOTERAPIA Y TERAPIA BIOLÓGICA	
	CIRUGÍA MAYOR AMBULATORIA	
	LITOTRIPSIA	INTRACORPÓREA (ENDOUROLOGÍA)
		EXTRACORPÓREA
	SERVICIO DE REHABILITACIÓN	
	MEDICINA TRANSFUSIONAL	
FARMACIA		

DEMANDA DE SERVICIOS				
PERFIL EPIDEMIOLOGICO				
COORDINACION ZONAL 9 - SALUD				
ESTADISTICA Y ANALISIS DE INFORMACION DE SALUD				
PERFIL DE CONSULTA EXTERNA, HOSPITAL EUGENIO ESPEJO AÑO				
Nro.	Código	Causa	Total	%
1	I10X	Hipertensión esencial (primaria)	1.440	2,9
2	I839	Venas varicosas de los miembros inferiores sin ulcera ni inflamación	1.347	2,8
3	E039	Hipotiroidismo no especificado	991	2
4	M545	Lumbago no especificado	950	1,9
5	E119	Diabetes mellitus no insulino dependiente sin mención de complicación	946	1,9
6	M179	Gonartrosis no especificada	901	1,8
7	N390	Infección de vías urinarias sitio no especificado	793	1,6
8	G409	Epilepsia tipo no especificado	777	1,6
9	J029	Faringitis aguda no especificada	722	1,5
10	J342	Desviación del tabique nasal	710	1,5
		LAS DEMAS	39.259	80,4
		Total	48.836	100

Fuente:
Elaboración: Estadística y Análisis de Información de Salud

PRODUCCIÓN ESTADÍSTICAS:

ESPECIALIDAD / SUB ESPECIALIDAD	ALTAS	TOTAL DEFUNCIONES	TOTAL EGRESOS	AUTOPSIAS	GIRO DE CAMAS	INTERVALO GIRO	X DIARIO DIAS PACIENTE	% DE OCUPACION	X DIAS ESTADA	DOTACION NORMAL DE CAMAS
MEDICINA INTERNA	70	5	75	4	2,2	1,8	29,5	87,3	13,3	36
CIRUGIA	116	2	118	-	4,2	0,3	26,6	95,3	5,2	36
PEDIATRIA	73	-	73	-	2,7	4,2	17,0	63,1	6,6	20
GINECOLOGIA	49	1	50	-	4,5	0,1	10,8	97,9	6,1	9
UROLOGIA	44	-	44	-	2,5	1,6	15,5	87,3	7,8	14
TRAUMATOLOGIA	110	1	111	-	2,2	1,1	47,2	92,5	13,3	55
REUMATOLOGIA	9	-	9	-	3,0	6,6	1,1	35,9	1,8	2
OFTALMOLOGIA	27	-	27	-	2,3	3,6	8,8	73,7	6,3	12
OTORRINOLARINGOL	50	-	50	-	3,2	4,0	9,5	59,6	4,2	10
CARDIO TORAXICA	27	1	28	-	1,6	4,3	13,5	77,8	12,0	18
NEFROLOGIA	48	-	48	-	4,0	0,8	13,3	110,5	8,3	12
CIRUGIA PLASTICA	7	1	8	-	0,7	3,3	11,2	93,0	26,5	14
NEUMOLOGIA	57	3	60	-	2,6	2,3	19,0	80,8	10,2	22
NEUROLOGIA	45	2	47	-	1,4	3,0	29,9	87,0	17,0	30
CARDIOLOGIA	40	2	42	-	2,3	0,3	17,6	97,8	10,5	16
NEUROCIRUGIA	66	6	72	-	2,2	3,6	24,5	74,8	9,5	30
CIRUGIA VASCULAR	24	-	24	-	2,4	1,5	8,8	88,1	9,0	10
PROCTOLOGIA	22	-	22	-	3,9	0,4	5,8	104,6	5,2	5
CIRUGIA MAXILOFACI	11	-	11	-	3,4	1,9	2,5	79,0	6,7	4
GASTROENTEROLOGIA	31	1	32	1	3,2	0,9	9,0	90,3	6,9	5
CIRUGIA CARDIACA	9	2	11	1	1,4	7,8	5,3	65,6	11,4	6
CIRUGIA PEDIATRICA	15	-	15	-	1,5	12,7	3,8	38,4	4,7	10
ONCOLOGIA	127	-	127	-	6,7	0,9	22,5	118,9	5,1	6
HEMATOLOGIA	30	-	30	-	2,5	2,0	10,1	83,9	12,2	6
COMPLICACIONES DE	25	-	25	-	1,6	0,6	15,3	96,9	25,7	35
CUIDADOS INTENSIVO	65	16	81	-	3,5	-	23,0	100,0	-	23

NOMBRE DEL HOSPITAL	HOSPITAL EUGENIO ESPEJO		
Año	2013	2014	ENERO - AGOSTO 2015
Número total de pacientes atendidos en odontología	19788	18006	8835
Número de atenciones por primera vez en odontología	2.300	1.669	2.409
Número de atenciones subsecuentes en odontología	17.488	16.337	6.426
Total de pacientes atendidos (consulta externa más emergencia médica)	300564	293601	190898
Total pacientes atendidos en consulta externa (sin contar odontología)	260.503	259.307	175.640
Número de pacientes atendidos en emergencia	40.061	34.294	15.258
Altas hospitalarias	14.256	13.496	8.939
Porcentaje de ocupación de camas	92	88	88
Número de legrados realizados	58	59	57
Total de partos normales y cesáreas	0	0	0
Número de partos normales atendidos	0	0	0
Número de cesáreas realizadas	0	0	0
Número de tomografías realizadas	33.290	30.380	14.162
Número de mamografías realizadas	4.742	3.730	2.333
Número de ecografías realizadas	19.876	20.028	13.045
Total de placas de Rx realizadas	93480	87940	50773
Número total de placas de Rx realizadas (no odontológicas)	87.854	83.487	48.820
Número total de placas de Rx panorámicas realizadas (odontológicas)	5.626	4.453	1.953
Número total de placas de Rx periapicales realizadas (odontológicas)	0	0	0
Número de colposcopias realizadas	803	1.314	527
Número de conizaciones realizadas	0	0	0
Número de crioterapias realizadas	1.766	1.481	1.079
Total de cirugías realizadas (planificadas)	14.371	13.090	7.904
Número de cirugías planificadas realizadas (no cesáreas)	11.646	11.428	6.908
Número de cirugías odontológicas realizadas	42	39	23
Número de cirugías de emergencia realizadas (no cesáreas)	2.683	1.623	973

INFRAESTRUCTURA		
TOTAL CAMAS		
HOSPITALIZACIÓN DE ESPECIALIDADES	426	
AREAS CRÍTICAS	CUIDADOS INTENSIVOS	
	CUIDADOS INTERMEDIOS	
CENTRO QUIRÚRGICO	QUIROFANOS	
EMERGENCIAS	UNIDAD DE CHOQUE	4
	TRIAGE	
	BOX DE ATENCIÓN	4
	OBSERVACION	29
IMAGENOLOGÍA	RAYOS X	
	ECOGRAFÍA	
	MAMOGRAFO	
	DENSITOMETRÍA	
	ORTOPANTOMÓGRAFO	
	RESONADOR	
	TOMÓGRAFO	
	ANGIOGRÁFO	
MEDICINA TRANSFUSIONAL	X	
ANATOMÍA PATOLÓGICA	LABORATORIO	Si
	MORGUE	Si
FARMACIA	DISPENSACION INTERNA	Si
	DISPENSACION EXTERNA	Si
CAFETERÍA	Si	
DOCENCIA	AUDITORIO	
	AULAS	

TALENTO HUMANO
Funcionarios: 2114
Médicos: 375
Enfermeras: 766
Químicos: 21
Tecnólogos: 138
Odontólogos: 10
Psicólogos: 6
Paramédicos: 12
Administrativos: 310
Servicios Generales: 476

EQUIPOS	
Año	2015
Número de sillones odontológicos totales	10
Número de sillones odontológicos funcionando	9
Número de sillones odontológicos dañados o en mantenimiento	1
Número de tomógrafos totales	2
Número de tomógrafos funcionando	1
Número de tomógrafos dañados o en mantenimiento	1
Número de mamógrafos totales	2
Número de mamógrafos funcionando	2
Número de mamógrafos dañados o en mantenimiento	0
Número total de ecógrafos	12
Número de ecógrafos funcionando	10
Número de ecógrafos dañados o en mantenimiento	2
Número total de equipos de Rx	23
Número total de equipos de Rx (no odontológicos)	21
Número de equipos de Rx funcionando (no odontológicos fijos y portátiles)	20
Número de equipos de Rx dañados o en mantenimiento (no odontológicos fijos y portátiles)	1
Número total de equipos de Rx odontológicos	2
Número de equipos de Rx Panorámica funcionando (odontológico)	1
Número de equipos de Rx panorámica dañados o en mantenimiento (odontológico)	0
Número de equipos de Rx Periapical funcionando (odontológico)	1
Número de equipos de Rx Periapical dañados o en mantenimiento (odontológico)	0
Número total de Resonadores Magnéticos	1
Número de Resonadores Magnéticos funcionando	1
Número de Resonadores Magnéticos dañados o en mantenimiento	0

ANEXO N°2

PLANOS ESTRUCTURALES Y ARQUITECTÓNICOS DEL EDIFICIO PRINCIPAL DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO

Se adjunta anexo en CD de acuerdo al siguiente detalle:

LISTADO DE PLANOS ESTRUCTURALES EDIFICIO PRINCIPAL DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO	
Código	Descripción
E0	PLANTA GENERAL DE REPLANTEO
E1	BLOQUES A-F-G PLANTA DE CIMENTACION
E2	BLOQUES A-B-C-F-G CIMENTACIÓN ARMADO DE PLINTOS
E3	BLOQUES A-B-C-F-G PLINTOS Y CIMENTACIONES ARMADO
E4	BLOQUE A CIMENTACIÓN DE DIAFRAGMAS Y COLUMNAS DE ASCENSORES
E5	BLOQUE A ARMADO DE MUROS
E5'	BLOQUE A ARMADO DE MUROS
E6	BLOQUE A ARMADO Y REDUCCIÓN DE COLUMNAS
E7	BLOQUE A ARMADO Y VARIACIÓN DE DIAFRAGMAS
E8	BLOQUE A LOSA N-6.65 GEOMETRÍA ARMADO DE CADENAS DETALLE DE CONTRAPISO
E9	BLOQUE A LOSA N -3.55 GEOMETRÍA
E10	BLOQUE A LOSA N -3.55 ARMADO
E11	BLOQUE A VIGAS N -3.55 ARMADO
E12	BLOQUE A LOSA N -0.05 GEOMETRÍA
E13	BLOQUE A ARMADO DE LOSA N -0.05
E14	BLOQUE A VIGAS N -0.05 ARMADO
E15	BLOQUE A LOSA N 3.25 GEOMETRÍA
E16	BLOQUE A ARMADO DE LOSA N 3.25
E17	BLOQUE A VIGAS N 3.25 ARMADO
E18	BLOQUE A LOSA N 6.55 GEOMETRÍA LOSA N 7.85_ 10.51 ARMADO
E19	BLOQUE A LOSA N 6.55 ARMADO
E20	BLOQUE A VIGAS N 6.55 ARMADO
E21	BLOQUE A LOSA N 10.84 GEOMETRÍA
E22	BLOQUE A LOSA N10.84 ARMADO
E23	BLOQUE A VIGAS N10.84_ 14.14 ARMADO
E24	BLOQUE A LOSA TIPO GEOMETRÍA N 14.14_ 17.44_ 20.74_ 24.04_ 27.34_ 30.64_ 33.94
E25	BLOQUE A LOSA TIPO ARMADO N 14.14_ 17.44_ 20.74_ 24.04_ 27.34_ 33.94
E26	BLOQUE A VIGAS N 17.44_ 20.74_ 24.04 ARMADO
E27	BLOQUE A VIGAS N 27.34_ 30.64_ 33.94 ARMADO
E29	BLOQUE A LOSA TERRAZA N37.24 ARMADO
E30	BLOQUE A VIGAS NIVEL 37.24 ARMADO
E31	BLOQUE A LOSAS N 40.54_ 43.24_ TAPAGRADAS GEOMETRÍA Y ARMADO
E32	BLOQUE A ARMADO DE ESCALERAS

LISTADO DE PLANOS AQUITECTÓNICOS	
EDIFICIO PRINCIPAL DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO	
Código	Descripción
201-ARQ-100	IMPLANTACIÓN
201-ARQ-111	EDIFICIO A_F ACCESO CONSULTA EXTERNA N 00=+0.00
201-ARQ-112	EDIFICIO A_G CONSULTA EXTERNA N 00=+0.00
201-ARQ-117	EDIFICIO A_F ADMINISTRACIÓN N+01=+3.30
201-ARQ-118	EDIFICIO A_G CONSULTA EXTERNA NEUMOLOGÍA DERMOLOGÍA N 01=+3.30
201-ARQ-131	EDIFICIO A INTERNACIÓN UROLOGÍA NEFROLOGÍA 03 SUR +10.89
201-ARQ-132	EDIFICIO A INTERNACIÓN
201-ARQ-132'	EDIFICIO A INTERNACIÓN
201-ARQ-136	EDIFICIO A INTERNACIÓN CIRUGÍA 05 NORTE +17.49
201-ARQ-136'	EDIFICIO A INTERNACIÓN CIRUGÍA 05 NORTE +17.49
201-ARQ-139	EDIFICIO A INTERNACIÓN PEDIATRÍA N 07 SUR = +24.09
201-ARQ-142	EDIFICIO A INTERNACIÓN MEDICINA GENERAL 08 NORTE = +27.39
201-ARQ-144	EDIFICIO A INTERNACIÓN MEDICINA GENERAL 36 CAMAS N 09 NORTE=+30.69
201-ARQ-154	EDIFICIO A PLANTA TECHOS SUR N 11=37.29
201-ARQ-155	EDIFICIO A PLANTA TECHOS NORTE N 11=+37.29
201-ARQ-155 A	EDIFICIO A CUARTO DE MÁQUINAS N +40.54
201-ARQ-155 B	EDIFICIO A TECHOS CASA DE MÁQUINAS N +43.29
201-ARQ-161	EDIFICIO A CORTE A-A
201-ARQ-162	EDIFICIO A-B CORTE A-A N -6.60 AL +6.60
201-ARQ-163	EDIFICIO A CORTE B-B EJES 5_6
201-ARQ-164	EDIFICIO A_F CORTE B-B CORTE E-E Y CORTE A-A N-6.60 AL +6.60
201-ARQ-166	EDIFICIO A CORTE C-C N 2=+6.60 A 11=37.29
201-ARQ-167	EDIFICIO A_B_c CORTE C-C CORTE D-D N-2=-6.60
201-ARQ-169	EDIFICIO A CORTE E-E N +6.60 AL 43.29
201-ARQ-170	EDIFICIO A_B CORTE E-E N -6.60 AL +6.60
201-ARQ-171	FACHADA FRONTAL N 0.00 AL 37.24
201-ARQ-172	FACHADA LATERAL SUR M 0.00 AL 37.24
201-ARQ-173	EDIFICIO A_F_G FACHADA LATERAL N 0.00 AL 37.24
201-ARQ-174	EDIFICIO A FACHADA POSTERIOR N 0.00 AL 37.24
201-ARQ-182	EDIFICIO A_B_C CUARTO DE MÁQUINAS ACCESO A EMERGENCIA
201-ARQ-185	DETALLES PROTECCIÓN DE PAREDES
201-ARQ-210	LOSETAS SOBRE BAÑOS
201-ARQ-211	DETALLES ESCALERAS N1
201-ARQ-213	EDIFICIO A DETALLES ESCALERA N3
201-ARQ-234'	DETALLE CONSTRUCTIVO TIPO BATERIAS SANITARIAS