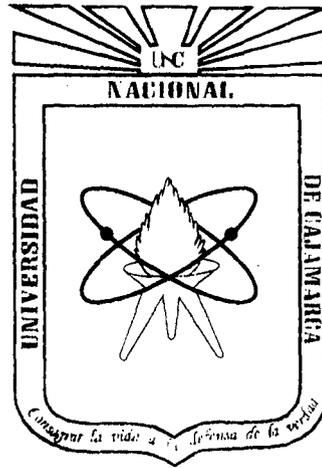


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL SECTOR E DEL HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ASESOR: Dr.Ing.Miguel Angei Mosqueira Moreno

BACHILLER: Natalia Elizabeth Solano Camacho

Cajamarca - Perú

-2013-



AGRADECIMIENTOS

Expreso mi profundo y sincero agradecimiento a mi asesor el Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno, por su constante e incondicional apoyo y dedicación brindada para el desarrollo de la presente Tesis.

Hago un especial reconocimiento y agradecimiento al Comité Directivo del Proyecto de Titulación mediante la elaboración de Tesis, por la orientación dedicada para la ejecución y la realización de la Tesis.



DEDICATORIA

A DIOS Y A LA VIRGEN MARÍA

Por haberme dado la vida y mostrarme que cada día de nuestra existencia podemos lograr grandes cosas siempre con su ayuda.

A MI MADRE

Quién supo guiarme correctamente en la vida y estuvo incondicionalmente brindándome su apoyo, la que me enseñó que todo esfuerzo tiene su recompensa y siempre estuvo apoyándome en cada decisión que he tomado en mi vida.

A MI FAMILIA

Por confiar siempre en mí y brindarme su apoyo constante en todo momento.



PRÓLOGO

En la presente Tesis se evaluó el comportamiento sísmico del sector “E” del Hospital Regional de Cajamarca. Para ello se realizó el modelamiento de la estructura con la configuración y cargas actuales que presenta y haciendo uso del software ETABS v9.7.3 – Educacional.

En la recolección de la información para la evaluación del comportamiento sísmico, se tomó los datos del expediente técnico del cual se obtuvo: planos de estructuras, los cuales permitieron ejecutar la configuración para el modelo; de las especificaciones técnicas se definió las secciones y materiales. Las cargas muertas que soporta la estructura fueron calculadas teniendo en cuenta la distribución arquitectónica y los usos de los ambientes, determinándose así: el peso de la tabiquería, piso terminado, ladrillo pastelero, ascensor, techo metálico, puente metálico, pesos de los equipos médicos hospitalarios. Las cargas vivas fueron tomadas de acuerdo a lo especificado en la RNE E020 para las edificaciones esenciales.

Para la evaluación del análisis sísmico, se realizó un análisis dinámico espectral, los parámetros considerados fueron tomados de la RNE E030 y del expediente técnico, para la ocurrencia de un sismo severo.

Los resultados obtenidos muestran un comportamiento adecuado de la estructura. Se presentan derivas menores a lo especificado en la Norma, así mismo un período de vibración de la estructura de 0.40 seg., lo que indica ser una estructura rígida.

En el análisis de los esfuerzos internos de los elementos se aprecia vigas en los distintos niveles a excepción del nivel 6 que fallan por corte y torsión, de igual forma, muchas de las columnas en los distintos ejes no satisfacen la relación 6/5, establecidos en el RNE E060.



Esta tesis está organizada en 6 capítulos, distribuidos de la siguiente forma:

En el capítulo I, "Planteamiento Metodológico", se plantea el problema de la Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector "E". Se describe la selección del problema, se explica la justificación, limitaciones y restricciones de la Investigación Además se presenta la Hipótesis y los objetivos que se esperan cumplir. De igual forma se describe el tipo de investigación, tipo de análisis y diseño de la ejecución del plan como desarrollo de la investigación.

En el capítulo II, "Marco Teórico", se presenta la relación que existe entre el problema particular de estudio y las teorías e investigaciones similares realizadas anteriormente. De igual forma se explican conceptos relacionados con la investigación y las bases teóricas empleadas.

En el capítulo III, "Materiales y Método", se describe el procedimiento seguido para la elaboración del modelo de la estructura, asignación de cargas y la definición del espectro de diseño.

En el Capítulo IV, "Resultados y Discusiones", se presenta los resultados obtenidos del análisis. Se describe los períodos de vibración, las derivas máximas y los esfuerzos internos que presenta la estructura al momento de producirse un sismo.

En el Capítulo V, "Conclusiones y Recomendaciones", se describen las conclusiones del trabajo en el que se resumen los resultados de la investigación.



ÍNDICE

Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Prólogo	iv
Índice	vi
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xii
Resumen	xiii
Abstract	xiv
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.1.1 Selección del Problema	1
1.1.2 Formulación Interrogativa del Problema	2
1.1.3 Justificación de la Investigación	2
1.1.4 Limitaciones y Restricciones de la Investigación	3
1.2 Objetivos de la Investigación	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Hipótesis	4
1.4 Tipos de Investigación y Análisis	4
1.4.1 Tipo de Investigación	4
1.4.2 Tipo de Análisis	5
1.5 Diseño de la Ejecución del Plan como Desarrollo de la Investigación	5
1.5.1 El Universo de la Investigación	5
1.5.2 Muestra – Unidad de Análisis	6



1.5.3	Técnicas, instrumentos e informantes o fuentes para obtener los datos.	21
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO		22
2.1	Antecedentes:	22
2.2	Conceptos Relacionados con la Investigación	23
2.3	Bases Teóricas (Planteamientos Teóricos)	29
CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS		41
3.1	Normas Empleadas	43
3.2	Procedimiento para la generación del modelo	43
3.3	Procedimiento para la Asignación de los Estados de Carga	65
3.4	Procedimiento para la Definición del Espectro de Diseño	89
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES		100
4.1	Resultados	100
4.1.1	Análisis de los modos de Vibración	100
4.1.2	Control de Desplazamientos Laterales	111
4.1.3	Análisis de Esfuerzos Internos	113
4.2	Discusiones	124
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		127
5.1	Conclusiones	127
5.2	Recomendaciones	128
CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA		129



INDICE DE FIGURAS

Fig 1.1 Esquema de Sectores..... 5

Fig 1.2 Elevación del Hospital Regional de Cajamarca..... 6

Fig 1.3 Avance de la construcción del Sector “E” 6

Fig 1.4 Isometría del Sector “E” 7

Fig 1.5 Planta Típica del Análisis Sísmico Inicial del Sector “E” (Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca)..... 9

Fig 1.6 Techo del primer Nivel del Sector “E” (Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca) 11

Fig 1.7 Techo del Segundo Nivel del Sector “E” (Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca)..... 13

Fig 1.8 Techo del Tercer Nivel del Sector “E” (Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca) 15

Fig 1.9 Techo del Cuarto Nivel del Sector “E” (Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca) 17

Fig 1.10 Techo del Quinto Nivel del Sector “E” (Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca) 19

Fig 1.11 Techo del Sexto Nivel del Sector “E” 20

Fig 2.1 Fenómeno de Subducción 24

Fig 2.2 Puntos Imaginarios de Producción del Sismo 25

Fig 2.3 Sistema Duales con muros de Concreto Armado..... 26

Fig 2.4 Elemento Sometido a tracción (a), compresión (b) 27

Fig 2.5 Elemento sometido a corte 28

Fig 2.6 Elemento sometido a flexión..... 28

Fig 2.7 Elemento sometido a Torsión..... 28

Fig 2.8 Diagrama de Esfuerzos Internos..... 29

Fig 2.9 Zonificación Sísmica (MTC 2003)..... 32

Fig 2.10 Espectro Elástico de Pseudo Aceleración de la Norma Peruana 37

Fig 3.1 Ubicación Geográfica a nivel departamental (a), provincial (b) y distrital (c), del hospital de Cajamarca 42

Fig 3.2 Ubicación Local del Hospital Regional de Cajamarca..... 42

Fig 3.3 Ingreso de los ejes de la estructura 49

Fig 3.4 Ingreso de los niveles de la Estructura 49

Fig 3.5 Definición de materiales para resistencia de concreto 210 kg/cm² (a), 280 kg/cm² (b)..... 50



Fig 3.6 Definición de Sección de Columna C30X55 (a), C40X55 (b), C55X55 (d), C55X30 (d)..... 51

Fig 3.7 Definición de sección de Viga V15X60 (a), V20X60 (b), V40X25 (c), V30X60 (d), V50X25 (e)..... 52

Fig 3.8 Espesor de placa PL15 (a), PL20 (b), PL25 (c), PL30 (d) 53

Fig 3.9 Ingreso de espesor de aligerado en dos sentidos $e=0.25$ m (a), Aligerado en un sentido $e=0.25$ m (b)..... 56

Fig 3.10 Definición de la losa de las Escaleras..... 57

Fig 3.11 Planta del Primer Nivel..... 58

Fig 3.12 Planta del Segundo Nivel 59

Fig 3.13 Planta del Tercer Nivel..... 60

Fig 3.14 Planta del Cuarto Nivel 61

Fig 3.15 Planta del Quinto Nivel..... 62

Fig 3.16 Planta del Sexto Nivel 63

Fig 3.17 Isométrico del Sector “E” 64

Fig 3.18 Asignación de Cargas para el Primer Nivel..... 77

Fig 3.19 Asignación de Cargas para el Segundo Nivel 78

Fig 3.20 Asignación de Cargas para el Tercer Nivel..... 79

Fig 3.21 Asignación de Cargas para el Cuarto Nivel 80

Fig 3.22 Asignación de Cargas para el Quinto Nivel..... 81

Fig 3.23 Asignación de Cargas para el Sexto Nivel 82

Fig 3.24 Asignación de Cargas para Escalera Típica 82

Fig 3.25 Ingreso de Carga para Densidad de Tabiquería Baja (a), Tabiquería media (b), Tabiquería alta (c) 83

Fig 3.26 Ingreso de Carga Para piso Terminado 84

Fig 3.27 Ingreso de Carga de Peldaños de Escalera..... 84

Fig 3.28 Ingreso de Carga de Ladrillo Pastelero 84

Fig 3.29 Ingreso de Carga de Techo Metálico 85

Fig 3.30 Ingreso de Carga de Equipo de Rayos X Estacionario (a), Esterilizador de mesa (b)..... 85

Fig 3.31 Ingreso de Carga de Tabiquería por ml de viga en el techo del primer nivel (a), techo del segundo nivel (b), techo del tercer nivel (c), techo del cuarto Nivel (d), techo del cuarto y quinto nivel 86

Fig 3.32 Ingreso de Carga por ml de viga de Techo Metálico..... 87

Fig 3.33 Ingreso de Carga Puntual del Puente Metálico apoyando en las placas..... 87



Fig 3.34 Ingreso de Carga Viva para cuartos (a), sala de operaciones, laboratorios y zona de servicio (b), corredores y escaleras (c)..... 88

Fig 3.35 Espectro de Diseño de acuerdo al RNE E030 92

Fig 3.36 Definición del Espectro de Diseño en el software 92

Fig 3.37 Definición de la Forma de Análisis del Sismo..... 93

Fig 3.38 Definición de diafragmas para el nivel 1(a), nivel 2(b), nivel 3 (c), nivel 4 (d), nivel 5 (e), nivel 6 (f)..... 94

Fig 3.39 Definición de Masas para la carga muerta y la carga viva 95

3.40 Ingreso de Estados de Combinación U1 (a), U2 (b), U3 (c), U4 (d), U5 (e)..... 96

Fig 3.41 Definición de modos de vibración..... 97

Fig 3.42 Área de Objetos – opciones automáticas de mallas 97

Fig 3.43 Línea de Objetos – opciones automáticas de mallas..... 98

Fig 3.44 Preferencias de Diseño del Concreto..... 98

Fig 3.45 Deformada de la Estructura - Sector “E 99

Fig 4.1 Primer Modo de Vibración $T=0.40$ seg..... 104

Fig 4.2 Segundo Modo de Vibración – $T=0.35$ seg. 105

Fig 4.3 Tercer Modo de Vibración – $T=0.30$ seg. 106

Fig 4.4 Cuarto Modo de Vibración – $T= 0.14$ seg. 107

Fig 4.5 Quinto Modo de Vibración – $T=0.13$ seg..... 108

Fig 4.6 Sexto Modo de Vibración $T=0.12$ seg. 109

Fig 4.7 Séptimo modo de Vibración $T=0.11$ seg. 110

Fig 4.8 Ubicación de Fallas en Vigas del Primer Nivel 116

Fig 4.9 Ubicación de Fallas en Vigas del Segundo Nivel 117

Fig 4.10 Ubicación de Fallas en Vigas del Tercer Nivel..... 118

Fig 4.11 Ubicación de Fallas en Vigas del Cuarto Nivel 119

Fig 4.12 Ubicación de Fallas en Vigas del Quinto Nivel..... 120

Fig 4.13 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 9..... 122

Fig 4.14 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 10..... 122

Fig 4.15 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 11..... 122

Fig 4.16 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 12..... 123

Fig 4.17 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 13..... 123

Fig 4.18 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 14..... 123

Fig 4.19 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 15..... 124



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Pesos Unitarios.....	30
Tabla 2.2 Pesos Unitarios para Losas Aligeradas armadas en una sola dirección, de C°A°, con vigueta de 0.10m de ancho y 0.40m entre ejes.....	30
Tabla 2.3 Carga Vivas Mínimas Repartidas.....	31
Tabla 2.4 Factores de Zona	33
Tabla 2.5 Categorías de la Edificación	34
Tabla 2.6 Parámetro de Suelo.....	35
Tabla 2.7 Coeficiente de Reducción Sísmica	36
Tabla 2.8 Límites de Desplazamiento Lateral de entrepiso	40
Tabla 3.1 Ejes de la Estructura	46
Tabla 3.2 Altura entre piso.....	47
Tabla 3.3 Metrado de Techo Metálico.....	71
Tabla 3.4 Metrado de Puente Metálico.....	73
Tabla 3.5 Elaboración del Espectro de Diseño	91
Tabla 4.1 Desplazamiento analizado en el punto más alejado del eje 14'-Oo	111
Tabla 4.2 Desplazamiento analizado en el punto más alejado del eje 9'-Go.....	111
Tabla 4.3 Desplazamiento analizado cerca al centro de masa k-12.....	112
Tabla 4.4 Análisis de derivas máximas en el punto más alejado del eje 14'-Oo.....	112
Tabla 4.5 Análisis de derivas máximas en el punto más alejado del eje 9'-Go	112
Tabla 4.6 Análisis de derivas máximas cerca al centro de masa k-12.....	113
Tabla 4.7 Descripción de Vigas que fallan por corte y Torsión.....	114



RESUMEN

El Hospital Regional de Cajamarca es una edificación considerada esencial dentro del RNE E030, lo que indica que es una estructura que no debe verse interrumpida su funcionalidad. Esta edificación se encuentra construida en una zona de alta sismicidad como es considerada Cajamarca, según la RNE E030. Además, dentro de su estructura tiene un edificio de seis niveles, correspondiente al sector "E", el más alto del Hospital, el cual está propenso a sufrir grandes deformaciones. Esta estructura durante su construcción y funcionamiento ha presentado cambios dentro de su configuración así como modificación en las cargas que soporta, es por ello que nace la necesidad de saber cuál será el comportamiento de la estructura ante la ocurrencia de un sismo. Para determinar el comportamiento se ha desarrollado el modelamiento de la estructura con la configuración y cargas actuales que presenta y haciendo uso del programa ETABS v9.7.3 - Educacional. El espectro de diseño fue elaborado de acuerdo a los parámetros presentados por la RNE 030. Así mismo se consideró dentro de este análisis el tipo de suelo presentado en el expediente técnico, en la que indica considerar un suelo Tipo 2 con un periodo predominante de $T_s=0.60$ seg. Los resultados obtenidos dentro de esta investigación, nos muestran un comportamiento adecuado de la edificación. Un período de vibración de 0.4 seg, indica ser un estructura rígida, así mismo las derivas máximas obtenidas en todos los niveles es aprox. 0.001 siendo mucho menor a lo especificado en el reglamento y cumpliendo el control de desplazamientos laterales de la estructura. Los esfuerzos internos fueron analizados para cada elemento estructural, en la que se apreció la falla por corte y torsión de algunas vigas en los niveles 1, 2, 3, 4 y 5, de igual forma muchas columnas exceden la relación 6/5, establecido en el RNE E060.



ABSTRACT

The Hospital Regional de Cajamarca is considered essential building for the RNE E030, indicating that it is a structure that should not be interrupted its functionality. This building is built in an area of high seismicity as Cajamarca is considered as the RNE E030. Moreover, within a building structure has six levels, corresponding to the sector "E", the highest in the Hospital, which is prone to large deformations. This structure during construction and operation has made changes in its configuration and modification bearing loads, which is why the need arises to know what the behavior of the structure before the occurrence of an earthquake. To determine the behavior modeling has evolved structure setup and presents current loads and using the program ETABS v9.7.3 - Educational. The design spectrum was prepared according to the parameters set by RNE 030. Así it was considered within this soil type analysis presented in the technical file, which warrants consideration soil type 2 with a predominant period of $T_s = 0.60$ sec. The results obtained in this research, we show proper behavior of the building. A vibration period of 0.4 sec, indicating being a rigid structure and the same maximum drift obtained at all levels is approx. 0001 being much less than that specified in the regulations and compliance control lateral movement of the structure. The internal stresses were analyzed for each structural element, which is appreciated by the failure of some shear and torsion beams at levels 1, 2, 3, 4 and 5, just as many columns exceed the ratio 6/5, set RNE in E060.



CAPITULO I. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 Planteamiento del Problema

1.1.1 Selección del Problema

El comportamiento sísmico de sistemas duales en la actualidad, está siendo estudiada más que otras sistemas estructurales, debido al gran uso que presenta y a la preocupación de brindarle cierta rigidez a la estructura que permita darle un comportamiento adecuado frente a la ocurrencia de un sismo. Este tipo de sistema muestra una combinación de pórticos y muros de corte que ofrecen un mejor comportamiento de la estructura.

El Hospital Regional de Cajamarca, es una estructura conformada por 7 edificios, dentro de su estructura consta con un edificio alto de seis niveles, correspondiente al sector "E". Este edificio está considerado dentro de los más altos construidos en la ciudad de Cajamarca. Los edificios altos, por la concentración de masa que posee tienden a sufrir deformaciones que es importante evaluar.

Así mismo el Hospital Regional de Cajamarca es una edificación esencial, está estructura no debe verse interrumpida su funcionalidad antes, durante y después de ocurrida un sismo severo. Además se encuentra construida en la ciudad de Cajamarca considerada por el RNE E030 como una zona de alta sismicidad. En esta zona se puede presentar sismos que alcanzaría una aceleración máxima de 0.4g, lo que representa la ocurrencia de sismos severos.

Durante la etapa de construcción, debido a las interferencias e incompatibilidades que había entre planos de diferentes especialidades, se cambió la configuración estructural con la cual se realizó el diseño para el análisis sísmico. Es así que la estructura inicialmente analizada no presenta una planta típica para todos los niveles, sino que cada nivel presenta una configuración distinta. De igual forma la distribución de pórticos y placas no es la misma a la analizada inicialmente.

En relación a las cargas que presenta actualmente la estructura, no se tomó en consideración las cargas que proporcionan los equipos médicos Hospitalarios,



cargas del puente metálico y techo metálico, debido a la falta de información (planos y especificaciones técnicas).

Finalmente la capacidad portante del terreno fue asumida debido a que no se contaba con la información correspondiente para realizar el análisis sísmico. Dicha información fue proporcionada posterior al análisis, en la que especifica dentro de sus conclusiones que el Hospital Regional de Cajamarca está construido en un tipo de suelo arcillo – arenoso, con presencia de gravas y limos, sugiriéndonos para el análisis sísmico utilizar un tipo de suelo S2, suelo intermedio considerado dentro de la RNE E030.

Debido a todas las consideraciones mencionadas y a las condiciones actuales que presenta el Hospital Regional de Cajamarca es que se hizo necesario evaluar el comportamiento sísmico de la estructura frente a la ocurrencia de un sismo severo.

1.1.2 Formulación Interrogativa del Problema

La pregunta que deriva de la problemática descrita es:

¿Cuál es el comportamiento sísmico del Sector “E”, del Hospital Regional de Cajamarca, frente a la ocurrencia de un sismo severo?

1.1.3 Justificación de la Investigación

La necesidad de saber cuál es el comportamiento de estructuras duales durante la ocurrencia de un sismo está siendo estudiado por varios investigadores, esto es debido al gran uso que tiene este tipo de edificaciones actualmente.

En la mayoría de proyectos, una vez culminada la construcción y cuando la edificación entra en funcionamiento, cambian algunos de los parámetros con los que fueron diseñados inicialmente, esto es debido a que durante la construcción, se presentan incompatibilidades e interferencia entre especialidades, además en la etapa inicial se estima las cargas que tendrá la estructura en el futuro, por tales



motivos, el modelo y las consideraciones iniciales que se tuvieron en el diseño ya no son los mismos en la etapa de operatividad.

A nivel internacional y nacional se realizan investigaciones sobre el comportamiento de sistemas estructurales aporticadas y duales frente a la ocurrencia de sismos, en Cajamarca las investigaciones son escasas, debido a que no es muy común encontrar este tipo de sistemas estructurales en nuestra localidad, es por ello, que esta investigación se realizó para ser tomada como modelo de estudio en estructuras con características similares ejecutadas en la zona, pero cabe recalcar que el comportamiento de las estructuras es diferente debido a que depende de varios factores y estos no son los mismos al momento de evaluarlos.

1.1.4 Limitaciones y Restricciones de la Investigación

El presente proyecto se limitó a la evaluación del comportamiento sísmico del sector "E", edificio de seis niveles, del Hospital Regional de Cajamarca frente a la ocurrencia de un sismo severo y con las condiciones actuales que presenta la estructura. Se realizó el análisis de los modos de vibración, desplazamientos máximos y esfuerzos internos de la estructura ante la ocurrencia de un sismo con aceleración máxima de 0.4g (sismo severo), parámetro elegido debido a que Cajamarca se encuentra en una zona de alta sismicidad en donde los sismos pueden alcanzar esta aceleración máxima.

La obtención de datos para la evaluación del comportamiento sísmico se limitó a lo especificado en el expediente técnico. Para la elaboración del espectro de diseño, en la presente investigación, no se realizó el análisis de suelos y solo se tomó en cuenta los datos entregados en el análisis de suelos del expediente técnico.



1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo General

- Evaluar el comportamiento sísmico del sector “E”, del Hospital Regional de Cajamarca, con las condiciones actuales que presenta y frente a la ocurrencia de un sismo severo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar el modelamiento del sector “E”, con la configuración y cargas actuales que presenta.
- Evaluar el período de vibración y las masas participativas de la estructura ante la ocurrencia de un sismo severo.
- Determinar las derivas máximas que presentará la estructura ante la ocurrencia de un sismo severo.
- Analizar los esfuerzos internos en la estructura ante la ocurrencia de un sismo severo.

1.3 Hipótesis

“El sector E del Hospital Regional de Cajamarca, tendrá un comportamiento sísmico inadecuado con las condiciones actuales que presenta y ante la ocurrencia de un sismo severo”

1.4 Tipos de Investigación y Análisis

1.4.1 Tipo de Investigación

La investigación es del tipo descriptiva, en ella se describe como es el comportamiento del sector “E”, del Hospital Regional de Cajamarca y con las consideraciones actuales que presenta, frente a la ocurrencia de un sismo severo. Se realizó el modelamiento de la estructura para cada nivel, se definió las secciones y los materiales empleados, luego se ingresaron las cargas tanto muerta y viva para cada nivel, como el ingreso de carga para el espectro de diseño de acuerdo a lo especificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Con ello se realizó la evaluación sísmica de la estructura.

1.4.2 Tipo de Análisis

Es del tipo descriptivo, se observó el comportamiento de la estructura, mediante la simulación de un sismo severo, en ella se describe los periodos de vibración de la estructura con la masa participativa para cada modo de vibración, así mismo se realiza el análisis descriptivo de las derivas máximas de la estructura que es compara con lo especificado en el reglamento nacional de edificaciones, finalmente se analizó el comportamiento de cada elemento estructural en relación a sus esfuerzos internos.

1.5 Diseño de la Ejecución del Plan como Desarrollo de la Investigación

1.5.1 El Universo de la Investigación

El universo está conformado por los 12 sectores que forman parte del Hospital Regional de Cajamarca. De estos 12 sectores, 8 son edificaciones de sistema dual, identificadas con los códigos: A, B, C, D, E, F, J, y K. El edificio más alto consta de seis niveles y corresponde al sector "E".

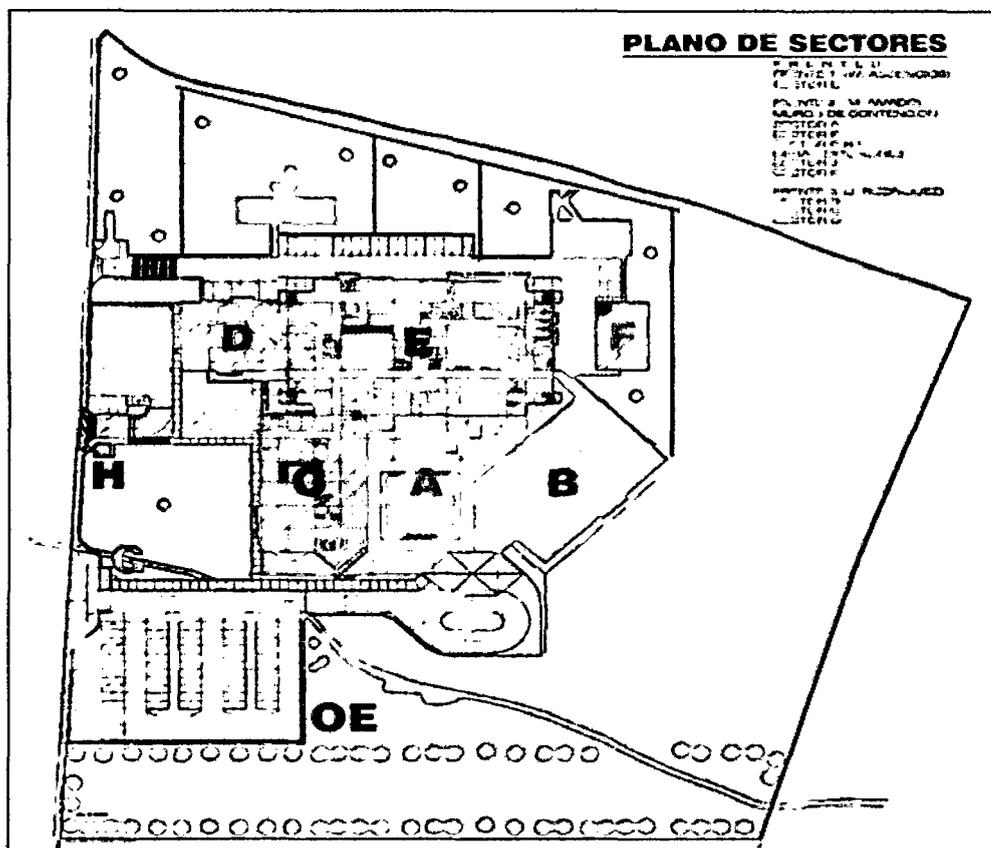


Fig 1.1 Esquema de Sectores.

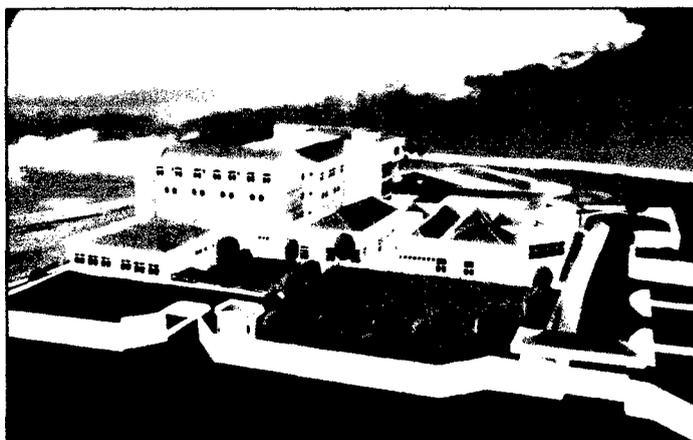


Fig 1.2 Elevación del Hospital Regional de Cajamarca

La configuración que presenta actualmente el Hospital Regional de Cajamarca es distinta a la realizada inicialmente en la etapa de diseño. Esto se debe a los cambios presentados durante su etapa de construcción y funcionamiento.

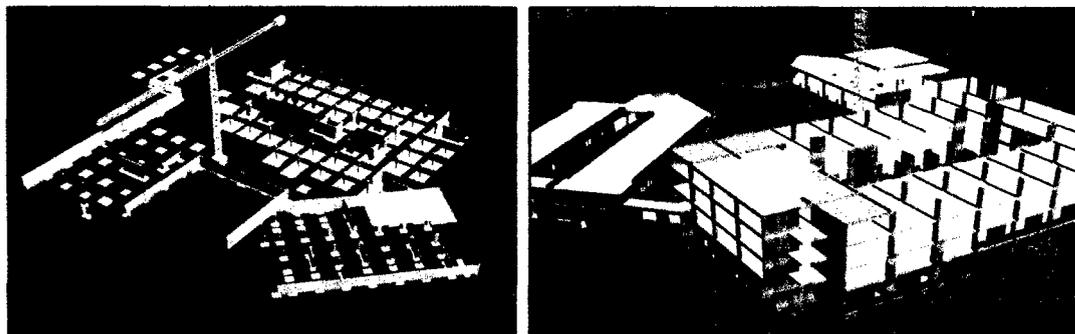
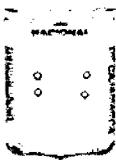


Fig 1.3 Avance de la construcción del Sector "E"

1.5.2 Muestra – Unidad de Análisis

La muestra corresponde al edificio del sector E del Hospital Regional de Cajamarca. Esta edificación, es una estructura de concreto armado, con combinación de pórticos y muros estructurales, de seis niveles y altura total de edificación de 20,95 ml. Está considerada dentro de una de las edificaciones más altas construidas en la ciudad de Cajamarca, zona donde pueden suscitarse sismos severos que alcanzan la máxima aceleración. Además durante su etapa de construcción y funcionamiento sufrió cambios estructurales y modificación en las cargas que soporta.



Para elegir la muestra se usó un muestreo no probabilístico, por conveniencia, debido a las características actuales que presenta la estructura; cambio en la configuración estructural, cambio en las cargas que soporta y por la esbeltez de la edificación. Esta estructura, por ser una edificación alta, tiende a sufrir grandes deformaciones al momento de aplicarle una carga sísmica, lo que hace que sea una edificación crítica en la que es importante evaluar su comportamiento.

El sector E del Hospital Regional de Cajamarca, presenta una configuración distinta a la realizada en la etapa inicial de diseño, en el análisis sísmico se consideró una planta típica para la evaluación de todos los niveles. En la Fig. 1.4, se observa la forma como se realizó el análisis inicial para el diseño sísmico, considerado en el expediente técnico.

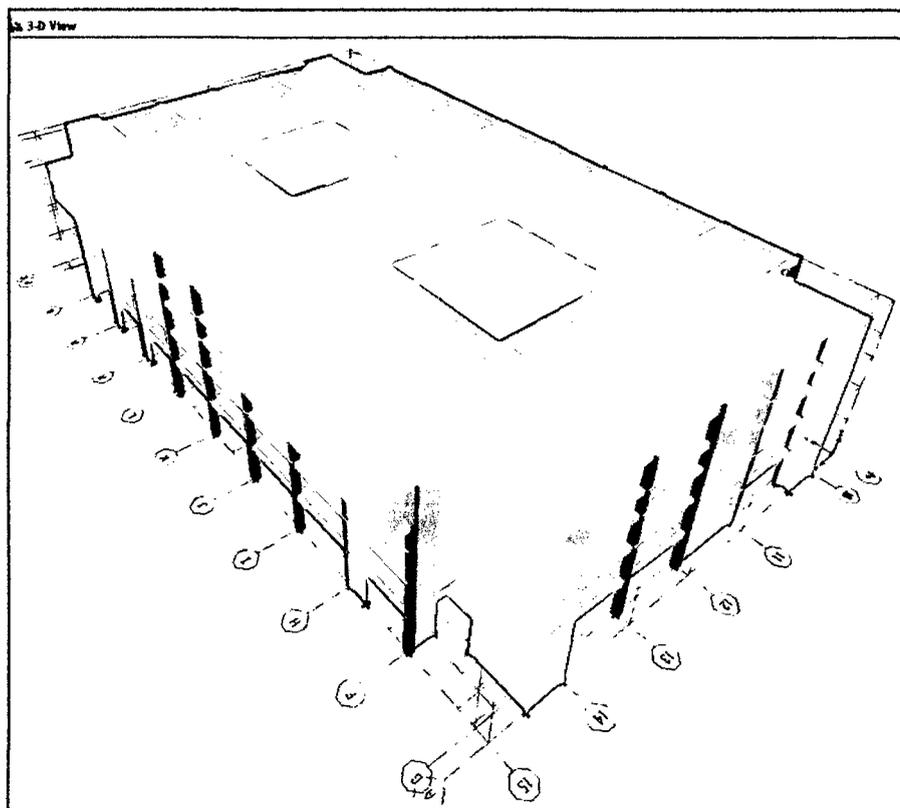


Fig 1.4 Isometría del Sector "E"
(Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca)



En el análisis inicial del Expediente Técnico, para el modelamiento, se tomó en cuenta:

- Las vigas azules son vigas de ancho .30m y de peralte .60m
- Las columnas del primer nivel son de .55 x .55m y varían en los demás niveles
- Las placas de color naranja son de espesor de .30m
- Las placas de escalera son de espesor de .20m
- El puente metálico será evaluado de forma independiente pero se dejó la columna de concreto para el apoyo
- El color plomo corresponde a las losas aligeradas en dos sentidos de .25m
- El color verde corresponde a las losas aligeradas en una dirección de .25m
- El color anaranjado corresponde a las losas maciza de la escalera.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

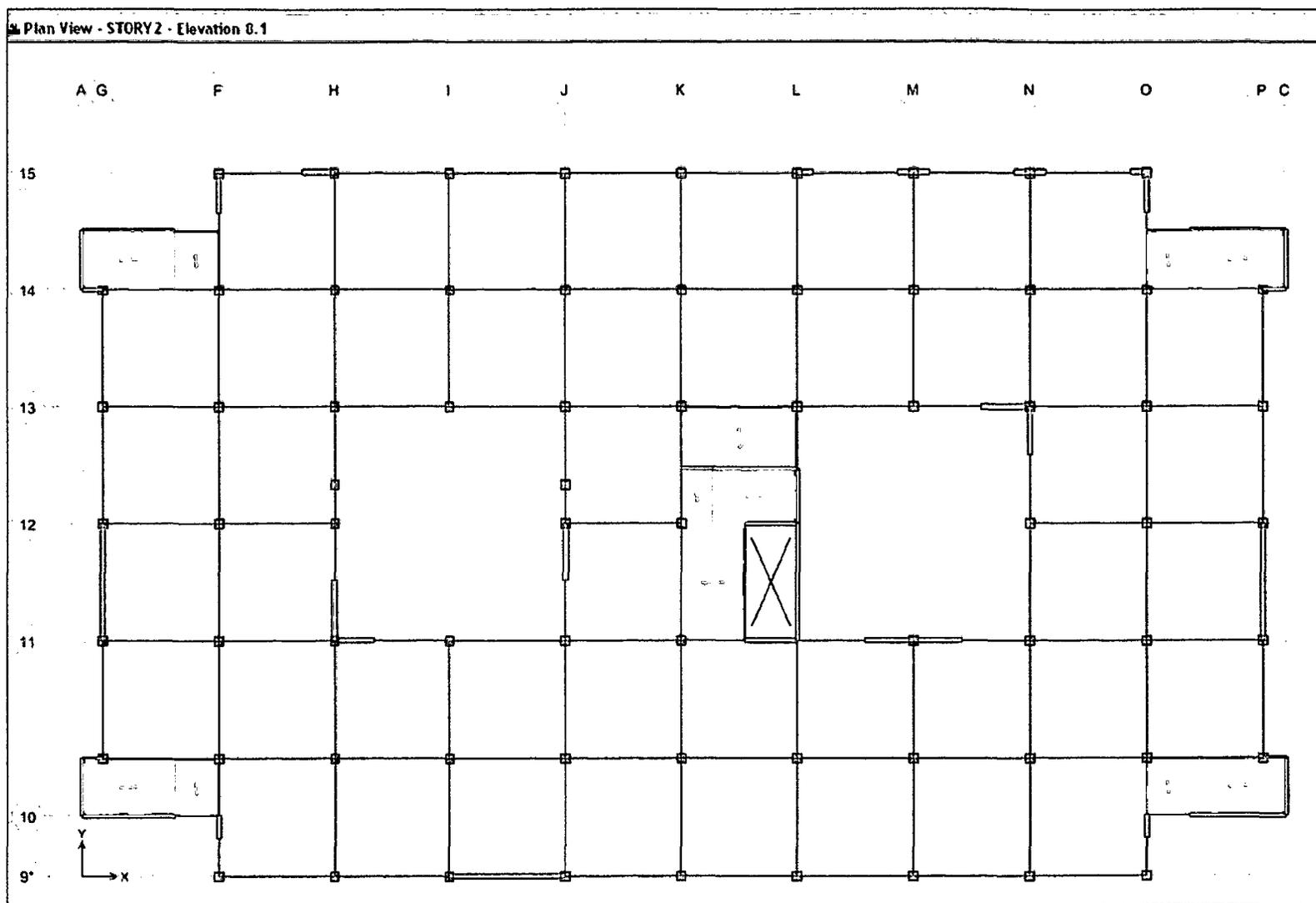


Fig 1.5 Planta Típica del Análisis Sísmico Inicial del Sector "E" (Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca)



A continuación se describe la configuración que presenta el sector E del Hospital Regional de Cajamarca, por cada Nivel:

a. Primer Nivel:

Correspondiente a la zona de servicios generales del Hospital, depósito de oxígeno, vacío, gases naturales, almacén general, talleres. Tiene una altura de 4.55 m tomada hasta el eje de la losa aligerada.

Está conformada por:

- Columnas de sección 0.55 x 0.55.
- Vigas de sección de 0.30 x 0.60, en la mayoría de la estructura; en la zona de escaleras de escape vigas de 0.20 x 0.60 y 0.50 x 0.25 y en la zona de ductos vigas de 0.15 x 0.60.
- Placas de 0.30 m en la parte central correspondiente a los patios y 0.20 m en la zona de escaleras de escape.
- Losa aligerada en dos sentidos de 0.25 m de espesor, en toda la estructura.
- Losa aligerada en un sentido de 0.25 m, en la zona de escaleras de escape.

Entre los ejes 12'-13/H-J, tiene un ambiente construido para un corredor que conecta hacia la zona de nutrición y dieta. De igual forma entre los eje J-K/11-12, se aprecia una zona de aberturas para ductos. (Fig. 1.6)

Entre los ejes L/14.15 se tiene la carga distribuida del equipo de autoclaves y entre los ejes H-I/9'10 se tiene el equipo de rayos "X". Estos dos equipos proporcionan una carga considerable a la losa que fue tomada en cuenta para el análisis. (Fig. 1.6)

En la planta típica considerada en el análisis inicial, entre los ejes K-L/11-12, indica una abertura para la ejecución de una escalera que en la actualidad se encuentra en sentido perpendicular. (Fig. 1.5).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

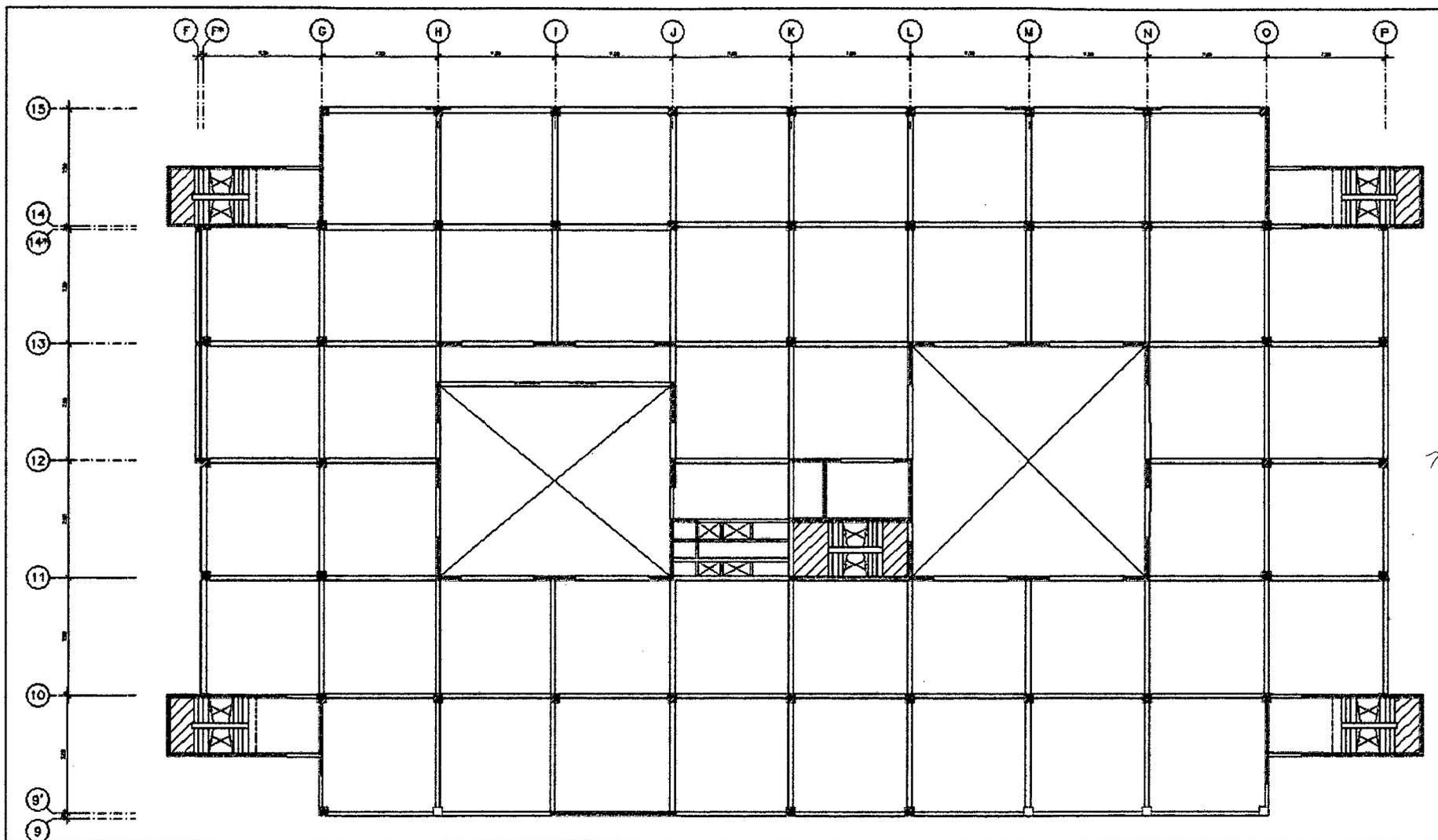


Fig 1.6 Techo del primer Nivel del Sector "E" (Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca)



b. Segundo Nivel:

Correspondiente a la zona de hall de ascensores, admisión, imaginología, emergencia y zona de esterilización. Tiene una altura de 3.80 m tomada hasta el eje de la losa aligerada.

Está conformada por:

- Columnas de sección 0.40 x 0.55.
- Vigas de sección de 0.30 x 0.60, en la mayoría de la estructura; en la zona de escaleras de escape vigas de 0.20 x 0.60 y 0.50 x 0.25 y en la zona de ductos vigas de 0.15 x 0.60.
- Placas de 0.30 m en la parte central correspondiente a los vacíos de los patios y 0.20 m en la zona de escaleras de escape.
- Losa aligerada en dos sentidos de 0.25 m de espesor, en toda la estructura.
- Losa aligerada en un sentido de 0.25 m, en la zona de escaleras de escape.

Entre los ejes J-K/11-12, se observa una zona de aberturas para ductos. La construcción del puente metálico se encuentra ejecutado entre los ejes 12-12'/H-J. Dicho peso se apoyará en las placas. (Fig. 1.7).

Del mismo modo que para el primer nivel, entre los ejes K-L/11-12, indica una abertura para la ejecución de una escalera que en la actualidad se encuentra en sentido perpendicular. (Fig. 1.5).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

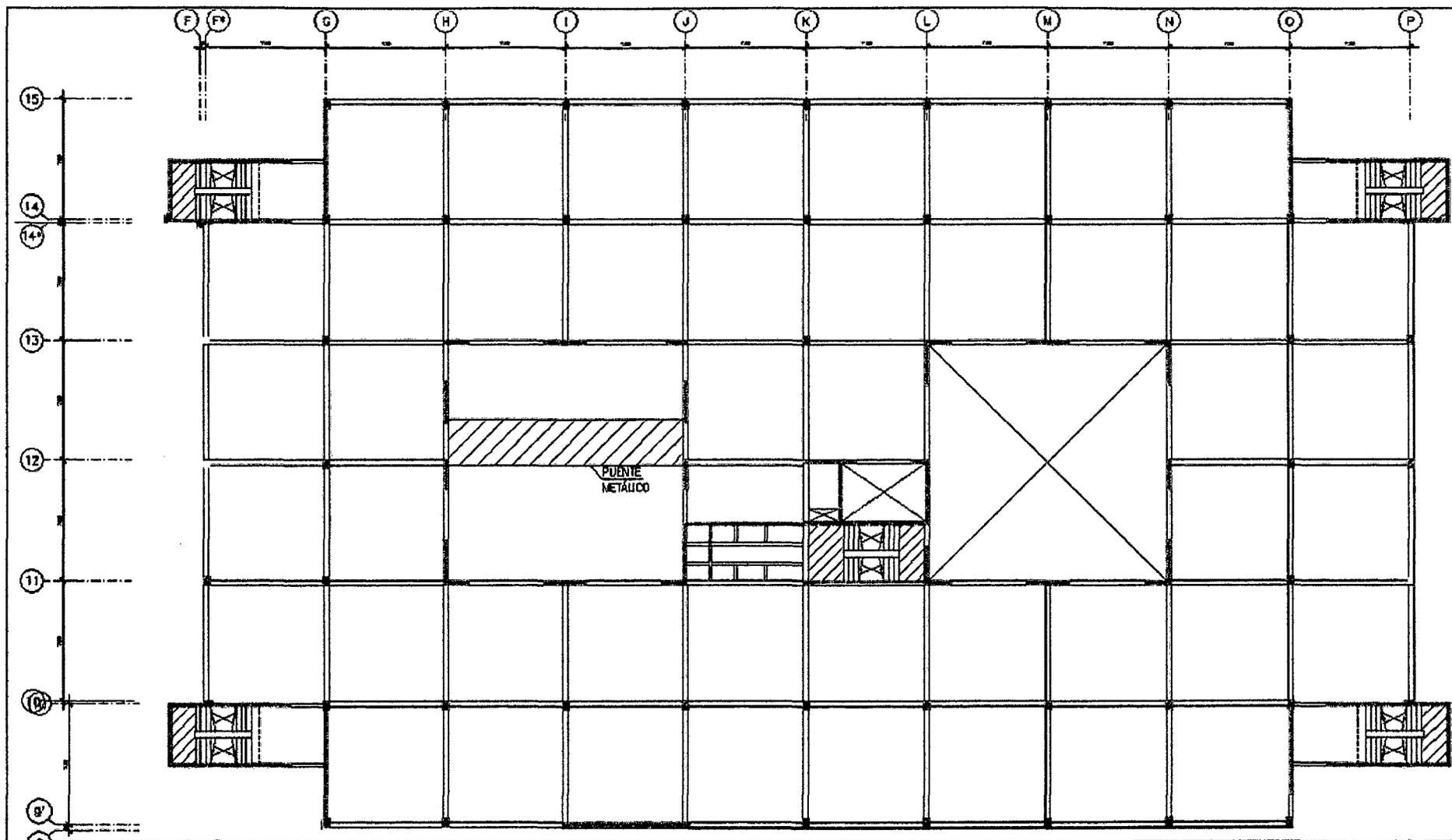


Fig 1.7 Techo del Segundo Nivel del Sector "E" (Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca)



c. Tercer Nivel:

Correspondiente a la zona de hall de ascensores, neonatología, puerperio, recuperación quirúrgica, centro quirúrgico, centro obstétrico, UCI, UCI intermedio y UCI de Neonatología.

Está conformada por:

- Columnas de sección 0.40 x 0.55.
- Vigas de sección de 0.30 x 0.60, en la mayoría de la estructura; en la zona de escaleras de escape vigas de 0.20 x 0.60 y 0.50 x 0.25; en la zona de ductos vigas de 0.15 x 0.60.
- Placas de 0.30 m en la parte central correspondiente a los vacíos de los patios y 0.20 m en la zona de escaleras de escape.
- Losa aligerada en dos sentidos de 0.25 m de espesor, en toda la estructura.
- Losa aligerada en un sentido de 0.25 m, en la zona de escaleras de escape.

Entre los ejes J-K/11-12, se observa una zona de aberturas para ductos. (Fig. 1.8), la cual no ha sido considerada en el análisis inicial.

Del mismo modo que para el primer nivel, entre los ejes K-L/11-12, indica una abertura para la ejecución de una escalera que en la actualidad se encuentra en sentido perpendicular. (Fig. 1.5)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

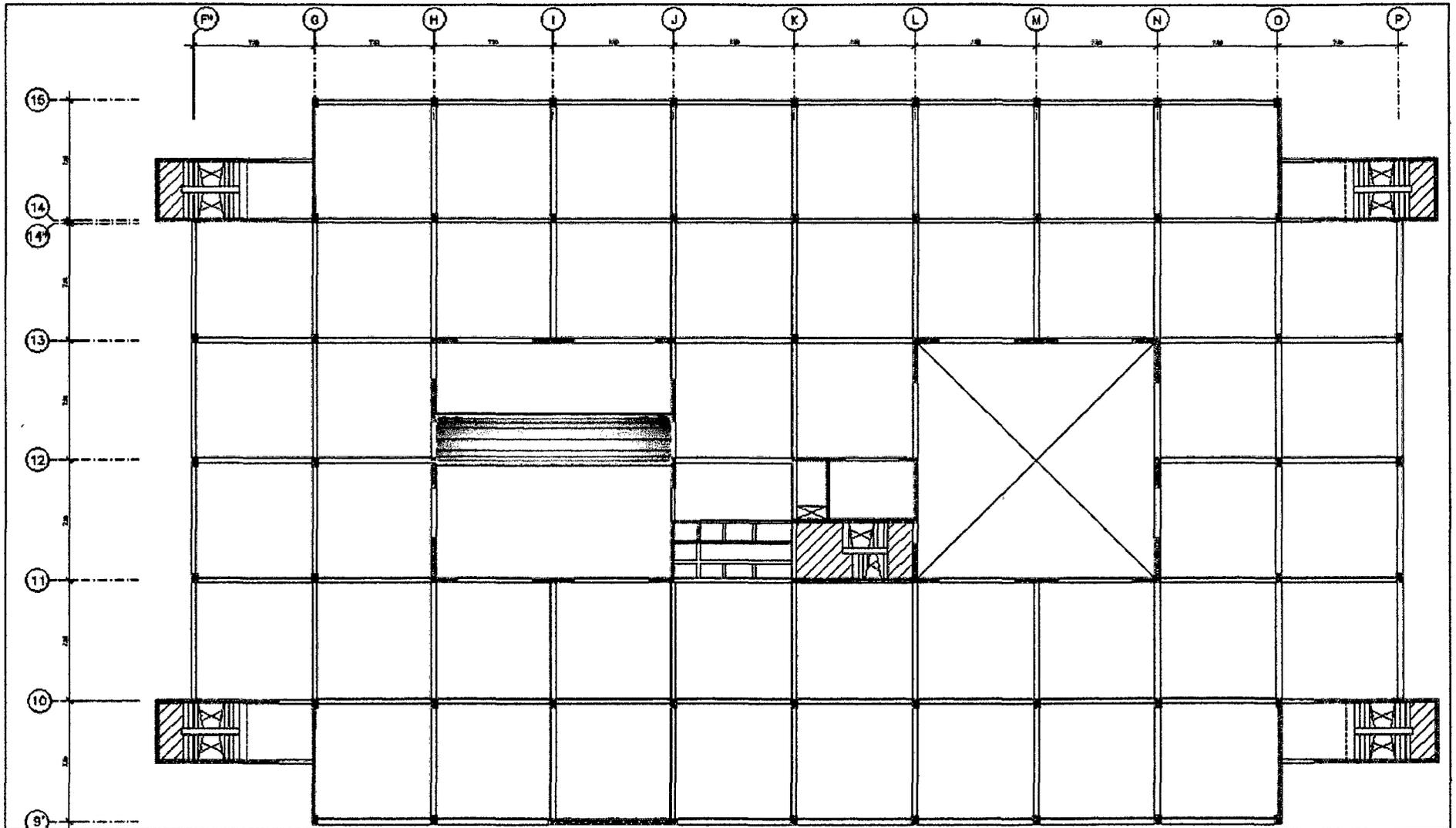


Fig 1.8 Techo del Tercer Nivel del Sector "E" (Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca)



d. Cuarto Nivel:

Correspondiente a la zona de hall de ascensores, jefaturas médicas y piso de instalaciones.

Está conformada por:

- Columnas de sección 0.30 x 0.55.
- Vigas de sección de 0.30 x 0.60, en la mayoría de la estructura; en la zona de escaleras de escape vigas de 0.20 x 0.60 y 0.50 x 0.25; en la zona de ductos vigas de 0.15 x 0.60.
- Placas de 0.30 m en la parte central correspondiente a los vacíos de los patios y 0.20 m en la zona de escaleras de escape.
- Losa aligerada en dos sentidos de 0.25 m de espesor, en toda la estructura.
- Losa aligerada en un sentido de 0.25 m, en la zona de escaleras de escape.

Entre los ejes J-K/11-12, se observa una zona de aberturas para ductos. Así mismo en los ejes 15-15'/G-O y 8'-9'/L-O, se visualiza la construcción de volados, los cuales no han sido considerados en el análisis inicial (Fig. 1.9).

Del mismo modo que para el primer nivel, entre los ejes K-L/11-12, indica una abertura para la ejecución de una escalera que en la actualidad se encuentra en sentido perpendicular. (Fig. 1.5).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

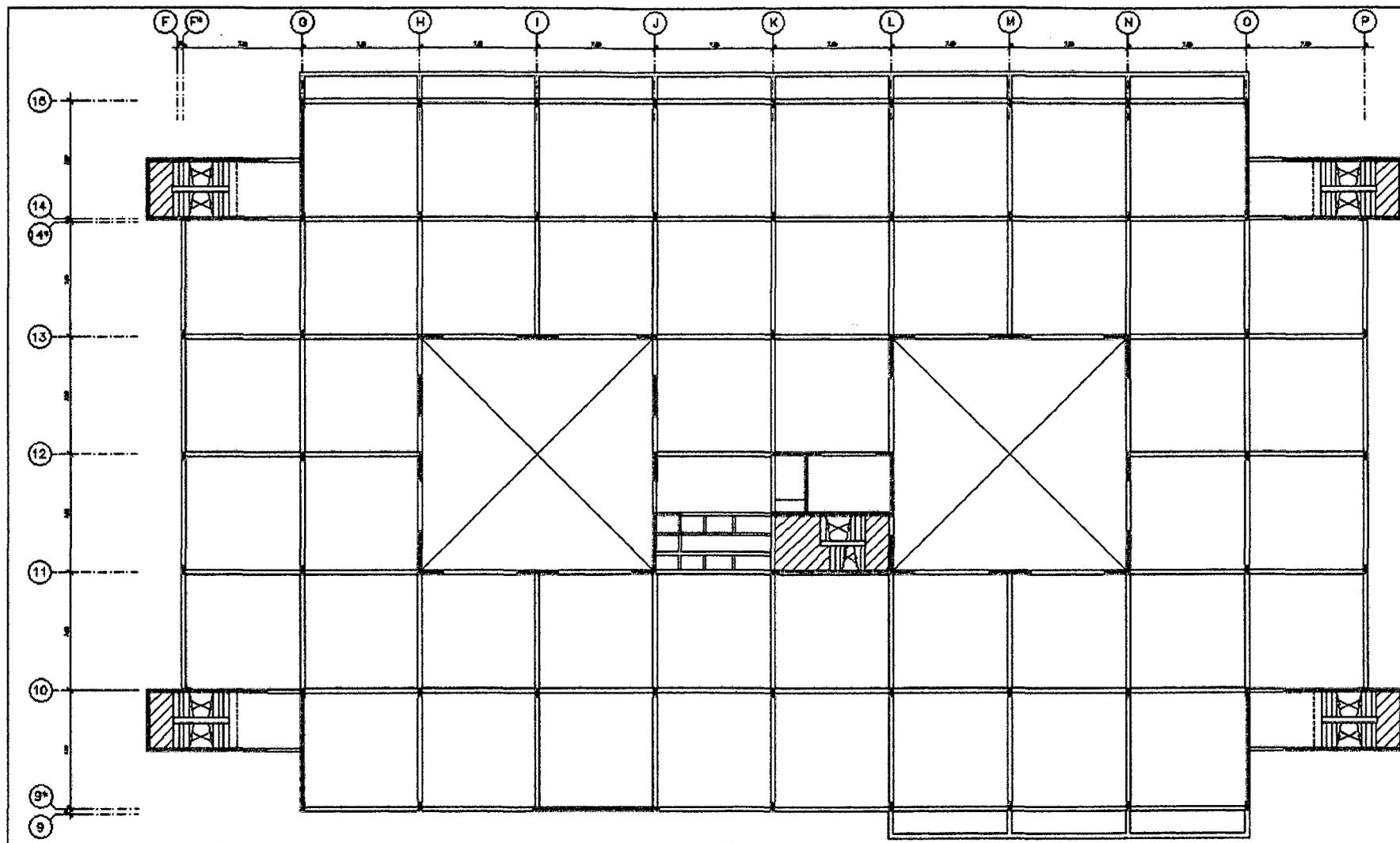


Fig 1.9 Techo del Cuarto Nivel del Sector "E" (Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca)



e. Quinto Nivel:

Correspondiente a la zona de hall de ascensores y hospitalización.

Está conformada por:

- Columnas de sección 0.30 x 0.55.
- Vigas de sección de 0.30 x 0.60, en la mayoría de la estructura; en la zona de escaleras de escape vigas de 0.20 x 0.60 y 0.50 x 0.25; en la zona de ductos vigas de 0.15 x 0.60; en la zona de techos metálicos vigas de 0.40 x 0.25.
- Placas de 0.30 m en la parte central correspondiente a los vacíos de los patios y 0.20 m en la zona de escaleras de escape.
- Losa aligerada en dos sentidos de 0.25 m de espesor, en toda la estructura.
- Losa aligerada en un sentido de 0.25 m, en la zona de escaleras de escape y losas donde se ubican los techos metálicos translúcidos.

Entre los ejes J-K/11-12, se puede apreciar una zona de aberturas para ductos. En los ejes 15-15'/G-O y 8'-9/L-O, se visualiza la construcción de volados. En los ejes 13-14'/G-O, 10-10'/G-O, C-C'/11-13 y N'-O/11-13, se visualiza aberturas para la colocación de techo metálico translúcido, los aligerados de esta nivel soportan una carga adicional correspondiente a techos metálicos. (Fig.1.10).

Del mismo modo que para el primer nivel, entre los ejes K-L/11-12, indica una abertura para la ejecución de una escalera que en la actualidad se encuentra en sentido perpendicular. (Fig.1.5)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

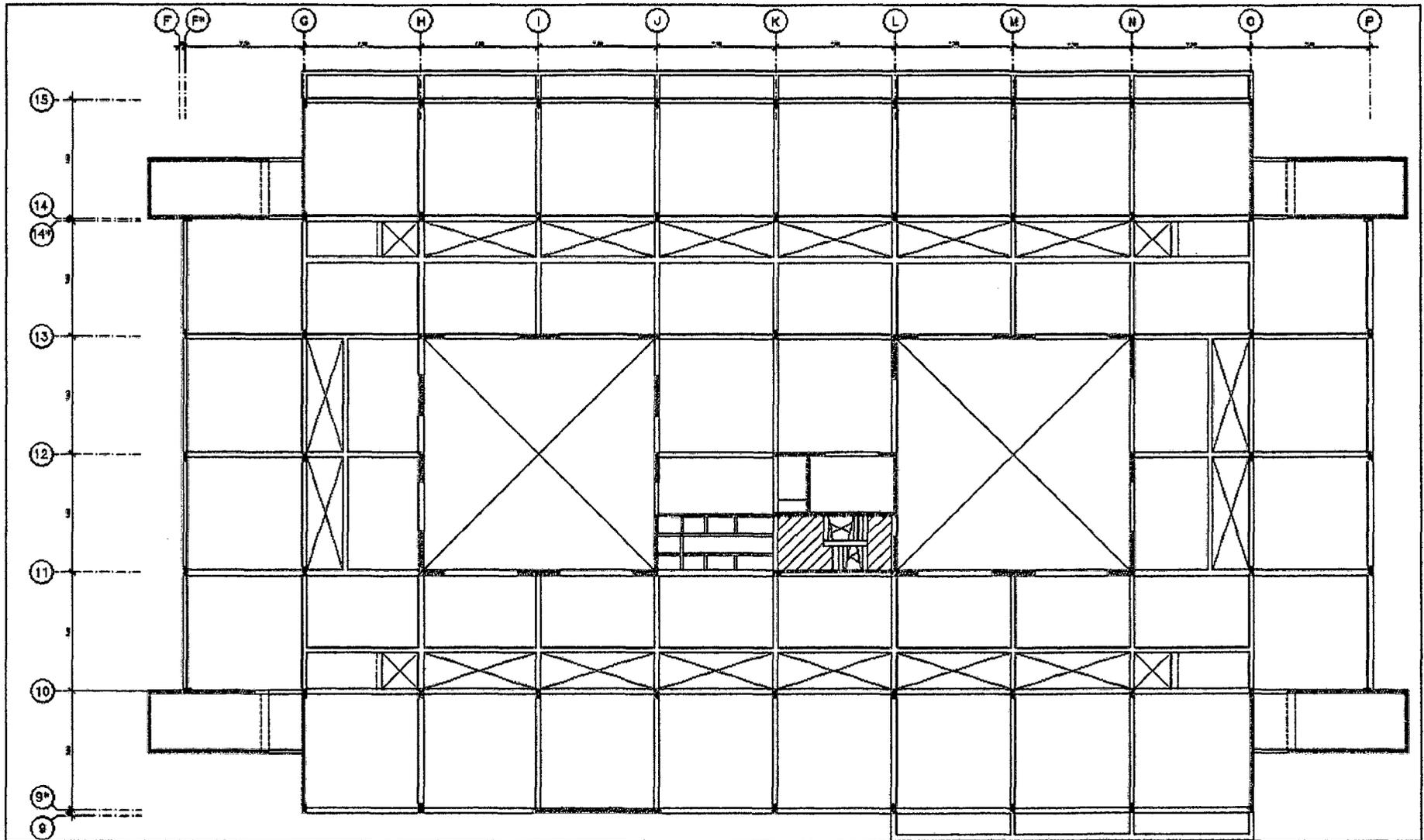


Fig 1.10 Techo del Quinto Nivel del Sector "E" (Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca)



f. Sexto Nivel:

Correspondiente a la zona de cuarto de máquina de ascensores.

Está conformada por:

- Vigas de sección de 0.30 x 0.60 y 0.20 x 0.60
- Placas de 0.25 m en zona de ascensores.
- Losa aligerada en un sentido de 0.25 m.

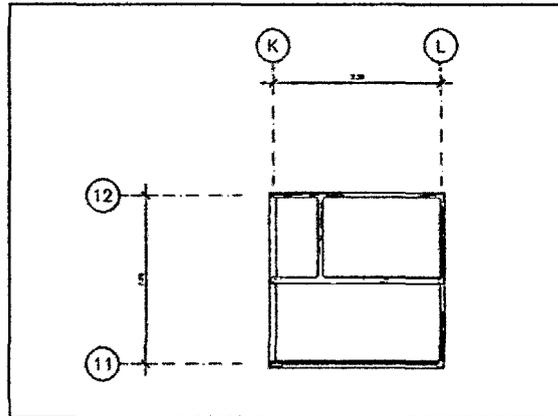


Fig 1.11 Techo del Sexto Nivel del Sector "E"

(Disponible en: ET del Hospital Regional de Cajamarca)



1.5.3 Técnicas, instrumentos e informantes o fuentes para obtener los datos

La obtención de información es la etapa más importante para la realización de la investigación, ya que con ella se pudo obtener la definición del problema, el planteamiento y la comprobación de las hipótesis, como la elaboración del marco teórico y del informe de resultados.

Dentro de la presente investigación, la técnica de recolección usada fue mediante observación directa. Observar nos dio a conocer cuál es el comportamiento de la estructura frente a la ocurrencia de un sismo, con la observación nos permitió seleccionar, organizar y relacionar los datos referentes a nuestro problema.

El instrumento utilizado para recoger y almacenar la información fue mediante la elaboración de hojas de cálculo. En ella, con la ayuda del expediente técnico se registró los ejes de la estructura, el metrado del techo metálico y puente metálico y la elaboración del espectro de diseño.

Los datos obtenidos fueron ingresados al software Computers and Structures – ETABS v9.7.3 - Educacional, para realizar el modelamiento de la estructura y proceder con la evaluación frente a la ocurrencia de un sismo severo.



CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes:

En los últimos 20 años más de 100 hospitales en Latinoamérica y el Caribe dejaron de funcionar por efectos de los terremotos. La cuarta parte de estos colapsó catastróficamente y en el resto fallaron las líneas vitales o sus componentes funcionales y organizativos. La mitad de los 15 mil hospitales instalados en América Latina y el Caribe están ubicados en la zona de elevada amenaza sísmica y en gran parte de ello, se han tomado medidas de protección contra desastres. (Ugarte et al. 2007).

El Perú es un país altamente sísmico por encontrarse en el denominado Círculo de Fuego del Pacífico – región que bordea el Océano Pacífico y que es escenario del 75% de la sismicidad del planeta – ya que muy cerca de sus costas se encuentra la colisión de la placa continental de Nazca y la placa Sudamericana, creando una presión tectónica que eventualmente libera energía manifestándose en sismos de diversa magnitud (Bossio 2010).

Cajamarca al encontrarse en el interior del continente y con una distribución de sismos que está sujeta a deformaciones superficiales producidas ha profundidades promedio de 40kms los cuales son provocadas por fallas vecinas a nuestro departamento (Falla de San Martín), de igual forma el hacinamiento desequilibrio ecológico que presenta, coloca a la zona con una alta vulnerabilidad ante un eventual sismo. (Pereira 2010).

Las edificaciones y todas sus partes deben ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. El cálculo de las deformaciones de la estructura o de sus componentes será efectuado por métodos aceptados en ingeniería. (MTC 2003).



Cualquier proyecto de estructuras, antes de ser analizado y diseñado debe ser previamente modelado. Actualmente, el modelaje de una estructura por medio de estos programas no es complicado, pues en su etapa de pre procesamiento se cuenta con diversas herramientas que facilitan el dibujo y la visualización del modelo. Posteriormente a la fase de modelaje, se deben determinar y analizar los esfuerzos y deformaciones en la estructura. Para ello se utilizan técnicas de análisis matricial de estructuras y análisis por el método de elementos finitos, que involucran una gran cantidad de cálculos numéricos, de modo que es imprescindible utilizar algún programa de cómputo (Izcue y Taboada 2009).

Los estudios sísmicos a estructuras apertadas revelan la importancia de saber su comportamiento frente a la ocurrencia de un sismo. En la presente tesis se elaboró el modelamiento con la configuración y cargas actuales que presenta la estructura, lo cual nos permitió conocer el comportamiento sísmico mediante la simulación de un sismo severo, el espectro simulado fue obtenido de acuerdo a lo especificado en el RNE E030.

Los resultados obtenidos de la evaluación serán indicadores del comportamiento sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca. Los resultados analizados son las derivas máximas, los esfuerzos internos de los elementos y el período de vibración de la estructura, todos estos cálculos fueron obtenidos mediante el uso del software Computers and Structures ETABS v9.7.3 – Educacional

2.2 Conceptos Relacionados con la Investigación

2.2.1 Sismo

Los sismos son perturbaciones súbitas en el interior de la tierra que dan origen a vibraciones o movimientos del suelo. El origen de los sismos en nuestro territorio se debe principalmente a la interacción de la placa Nazca (placa oceánica) con la placa Sudamericana (placa continental) (Fig. 2.1). Frente a la costa del Perú se produce el fenómeno de subducción en el que la placa Nazca se introduce debajo de la placa Sudamericana. Cuando se

presenta un movimiento relativo entre estas dos placas se generan ondas sísmicas, que producen el movimiento del suelo. (Mosqueira y Tarque 2005).



Fig 2.1 Fenómeno de Subducción

(Disponible en: <http://sismologíaeducativa.blogspot.com>)

Las ondas sísmicas se mueven a través de la tierra en todas las direcciones y provienen de la liberación de la energía de una fuente sísmica. Existen dos tipos principales de ondas sísmicas, las ondas internas, las cuales viajan a través de las capas interiores de la tierra y las ondas superficiales, las cuales, como indica su nombre, se mueven a lo largo de la superficie del planeta, como ondulaciones sobre el agua.

Así mismo es necesario conocer los dos puntos imaginarios donde se produce el sismo. El hipocentro, foco de un terremoto o foco sísmico, es el punto interior de la tierra donde se inicia un movimiento sísmico o terremoto y el epicentro que es la proyección del hipocentro sobre la superficie terrestre donde el sismo se siente con mayor intensidad (Fig. 2.2).

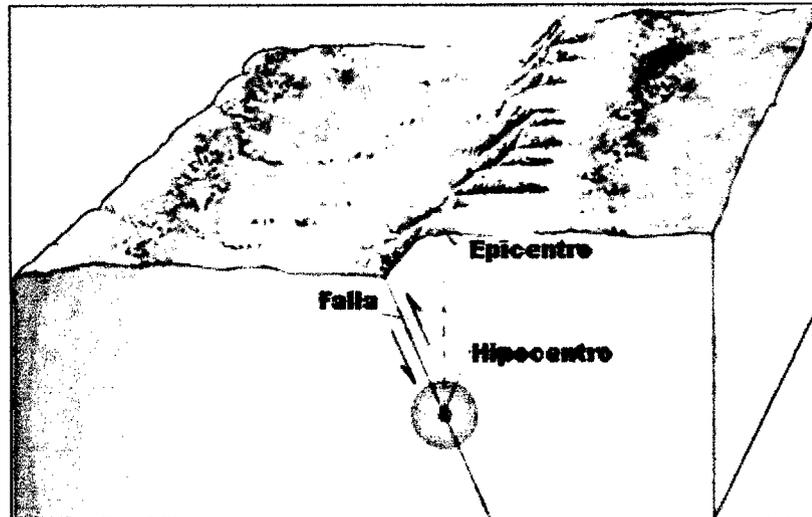


Fig 2.2 Puntos Imaginarios de Producción del Sismo

(Disponible en: www.definicionabc.com/geografia/epicentro)

Los sismos son medidos en función a su magnitud y su intensidad. La Magnitud es la cantidad total de energía que se libera por medio de las ondas sísmicas (Sarria 1995) y la intensidad es la medida o estimación empírica de las vibraciones del suelo, esto se mide teniendo en cuenta los daños causados en las edificaciones y en la naturaleza a través de cómo el hombre percibe las vibraciones sísmicas (Kuroiwa 2002).

2.2.2 Edificaciones Esenciales

El término “esencial” es sinónimo de “necesario”, sin embargo, las referencias que hacen uso de este, se corresponden con la propuesta del comité VISIÓN 2000, según el cual indica que las edificaciones esenciales son aquellas consideradas críticas para las operaciones de atención de la emergencia sísmica. El FEMA revela que son aquellas vitales para la respuesta ante la emergencia y posterior recuperación del desastre. Según las disposiciones tentativas para el desarrollo de códigos sísmicos de edificios, establecen que son aquellas en donde funcionan instalaciones necesarias en la recuperación posterior al sismo, que deben de permanecer en condiciones de funcionamiento durante y después del mismo.



El RNE E030, indica que una edificación esencial es aquella en donde no debe verse interrumpida su funcionalidad inmediatamente después que ocurrida un sismo.

En general todas las referencias coinciden en señalar como ejemplos de edificaciones esenciales a los hospitales, estaciones de policías y bomberos, los centros de control de emergencia, los centros de comunicaciones e inclusive las escuelas, pues frecuentemente juegan un papel fundamental como refugio de los desplazados por daños en sus viviendas.

2.2.3 Sistemas Estructural Dual

Se define como estructura a los cuerpos capaces de resistir cargas sin que exista una deformación excesiva de una de las partes con respecto a otra. Por ello la función de una estructura consiste en transmitir las fuerzas de un punto a otro en el espacio, resistiendo su aplicación sin perder la estabilidad (Marshall y Nelson 1995).

El sistema estructural dual es un sistema mixto de pórticos reforzados por muros de carga o diagonales de arriostramiento. Esta estructura genera una resistencia y rigidez lateral mayor al del sistema aporticado. En este tipo de sistemas los muros tienden a tomar una mayor proporción de los esfuerzos en los niveles inferiores, mientras que los pórticos pueden disipar energía en los niveles superiores.

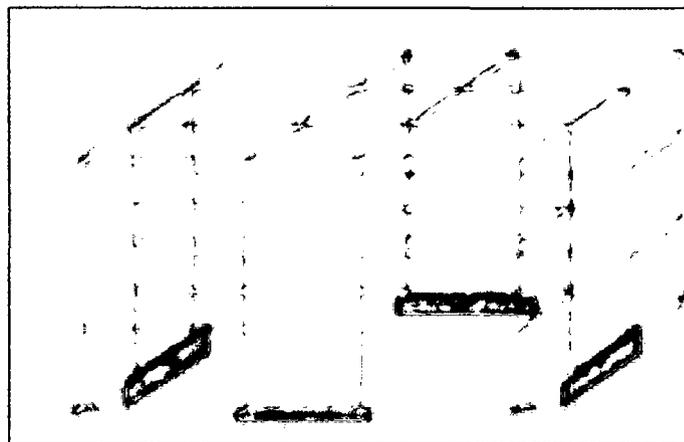


Fig 2.3 Sistema Duales con muros de Concreto Armado
(Disponible en: www.civil.cicloides.com/cestructurales)

2.2.4 Esfuerzos Internos

Posteriormente a la fase de modelaje, se deben determinar y analizar los esfuerzos y deformaciones en la estructura. Para ello se utilizan técnicas de análisis matricial de estructuras (AME) y análisis por el método de elementos finitos (MEF), que involucran una gran cantidad de cálculos numéricos, de modo que es imprescindible utilizar algún programa de cómputo. (Izcue y Taboada 2009).

Las cargas originan en los elementos estructurales uno o varios tipos de fuerzas, como son: fuerza axial, fuerza de corte, momento de flexión y momento de torsión.

a. Fuerza Axial

Es una fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un elemento estructural aplicado en el centroide de la sección transversal. Existen dos tipos, la fuerza de tracción y la fuerza de compresión. La primera tiene a estirar los elementos estructurales, mientras que la segunda tiene a comprimirlas. (Fig. 2.4)

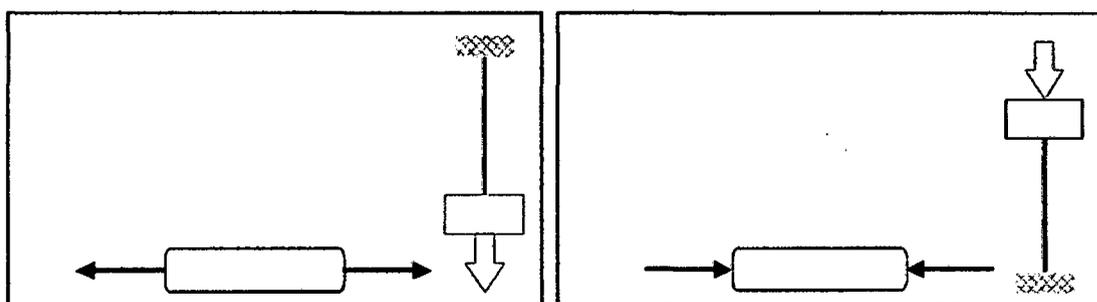


Fig 2.4 Elemento Sometido a tracción (a), compresión (b)

b. Fuerza de Corte

También conocida como esfuerzo cortante o de cizalla. Es un esfuerzo interno de los elementos estructurales que resulta de las tensiones paralelas a la sección

transversal del elemento. Esta fuerza tiene a cortar o deformar angularmente a los elementos. (Fig. 2.5)

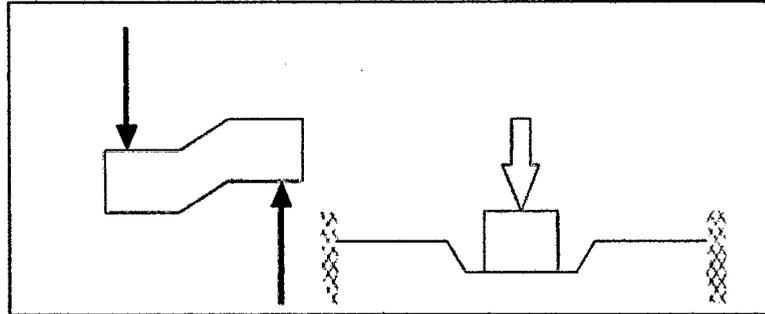


Fig 2.5 Elemento sometido a corte

c. Momento de Flexión

Los momentos flectores son originados por la aplicación de cargas al eje longitudinal del elemento estructural. Esta carga tiende a doblar o flexionar los elementos. (Fig. 2.6)

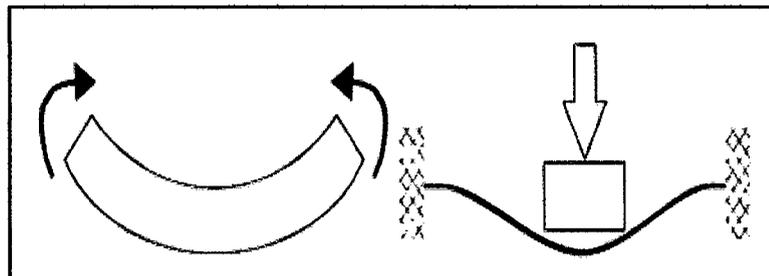


Fig 2.6 Elemento sometido a flexión

d. Momento de Torsión

El Momento flexionante es un momento que tiende torsionar o torcer los elementos estructurales. (Fig. 2.7)

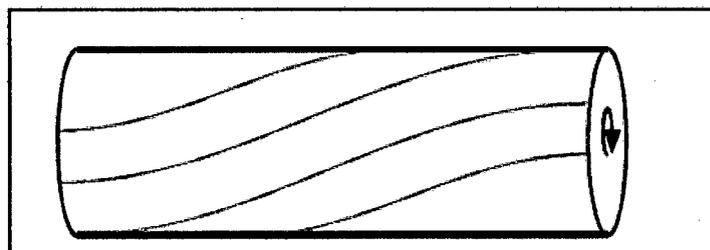


Fig 2.7 Elemento sometido a Torsión

Todos estos esfuerzos aparecen dentro de los elementos estructurales y son indispensables realizar su análisis.

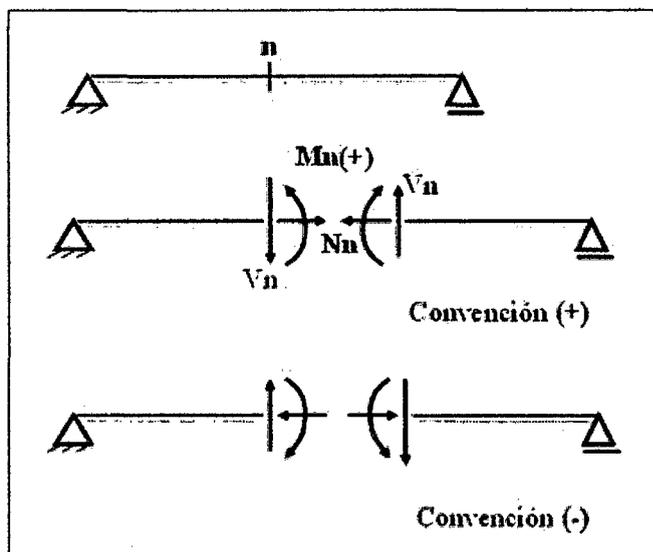


Fig 2.8 Diagrama de Esfuerzos Internos

(Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales>)

2.3 Bases Teóricas (Planteamientos Teóricos)

2.3.1 Análisis por Carga de Gravedad

Las cargas por gravedad que soporta la estructura están dadas por la carga muerta y la carga viva.

a. Carga Muerta

Es una carga gravitacional que actúa permanentemente durante la vida útil de la estructura, como por ejemplo: el peso propio de la estructura y el peso de los elementos fijos añadidos a la estructura. (Obregón 2007).

El RNE E020, considera para calcular la carga muerta mediante los pesos unitarios de materiales la Tabla 2.1.



Tabla 2.1 Pesos Unitarios

MATERIALES	PESO Kn/m3	(kgf/m3)
Albañilería de:		
Adobe	16,0	1600
Unidades de Arcilla Cocida sólida	18,0	1800
Unidades de Arcilla Cocida Huecas	13,5	1350
Concreto Simple de:		
Cascote de Ladrillo	18,0	1800
Grava	23,0	2300
Pómez	16,0	1600
Concreto Armado de:	Añadir 1 (100) al peso concreto simple	
Otros		
Concreto Asfáltico	24,0	2400
Ladrillo pastelero	16,0	1600
Losetas	24,0	2400
Teja Artesanal	16,0	1600
Teja Industrial	18,0	1800
Vidrios	25,0	2500

(MTC 2003)

El peso de la losa aligerada es calculado de acuerdo a lo especificado en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Pesos Unitarios para Losas Aligeradas armadas en una sola dirección, de C°A°, con vigueta de 0.10m de ancho y 0.40m entre ejes.

Espesor del Aligerado (m)	Espesor losa superior (m)	Peso Propio kPa	Peso Propio kgf/m2
0,17	0,05	2,8	280
0,20	0,05	3,0	300
0,25	0,05	3,5	350
0,30	0,05	4,2	420

(MTC 2006)



b. Carga Viva

Es una carga gravitacional de carácter movable, que podría actuar de forma esporádica sobre el edificio, como por ejemplo: el peso de los ocupantes, muebles, agua y los equipos removibles. Las magnitudes de estas cargas dependen del uso de los ambientes. (Obregón 2007).

El RNE E020, considera para la carga viva lo especificado en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Carga Vivas Mínimas Repartidas

OCUPACIÓN O USO	CARGAS REPARTIDAS	
	kPa	kgf/m2
Hospitales		
Sala de operaciones, laboratorios y zonas de servicios	3,0	300
Cuartos	2,0	200
Corredores y escaleras	4,0	400

(MTC 2006)

2.3.2 Análisis Dinámico Espectral

El análisis sísmico espectral, se sigue utilizando como método de referencia en la mayor parte de los análisis sísmicos. Existen ventajas computacionales en el uso del espectro de respuesta, como el predecir los desplazamientos y esfuerzos máximos en los elementos del sistema estructural. El método consiste en el cálculo de solo los valores máximos de desplazamientos y esfuerzos en los elementos en cada modo de respuesta obtenido usando espectros de diseño normalizados que son el promedio de varios movimientos sísmicos. (Crawford 2002).

Según el RNE E030, para cada una de las direcciones analizadas, se utilizará un espectro inelástico de pseudo - aceleración dado por:

$$S_a = \frac{(ZUCS) * g}{R} \quad \dots(2.1)$$



Donde:

- S_a = Aceleración espectral
- Z = Factor de zona
- U = Factor de Uso e importancia.
- C = Coeficiente de Amplificación Sísmica
- S = Factor de Suelo
- R = Coeficiente de Reducción de Solicitaciones Sísmicas
- g = Aceleración de la gravedad.

a. Factor de Zona

El territorio Nacional se considera dividido en tres zonas (Fig. 2.9). La zonificación propuesta en el RNE E030, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como información neotectónica. El factor de zona se interpreta como la aceleración máxima del terreno con un probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.



Fig 2.9 Zonificación Sísmica (MTC 2003)



Para el cálculo, a cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla 2.4

Tabla 2.4 Factores de Zona

Zona	Z
3	0,40
2	0,30
1	0,15

(MTC 2003)

b. Factor de Uso e importancia

Como medida para incrementar el margen de seguridad asociado al diseño de edificaciones, la mayoría de códigos exigen la aplicación del llamado Factor de importancia, uso, riesgo de fallo y categoría de la edificación. (IAEE 1996).

Este factor pretende incrementar o aumentar el valor de la acción sísmica de diseño como estrategia para incrementar el margen de seguridad asociado a estas edificaciones.

De acuerdo al RNE E030 especifica un coeficiente de uso e importancia, como se muestra en la Tabla 2.5.



Tabla 2.5 Categorías de la Edificación

ID	Categoría	Descripción	Factor U
A	Edificaciones esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que pueden servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B	Edificaciones importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos, como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se consideraran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C	Edificaciones comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1
D	Edificaciones menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares	(*)

(*) En estas edificaciones, a criterio del proyectista, se podrá omitir el análisis por fuerzas sísmicas, pero deberá proveerse de la resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales. (MTC 2003)

c. Coeficiente de Amplificación Sísmica

A este factor se lo interpreta como la respuesta estructural respecto de la aceleración del suelo. De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C), por la siguiente expresión:

$$C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right); C \leq 2.5 \quad \dots (2.2)$$



Donde:

- T_p : Periodo que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo.
- T: Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo de un modo en el análisis dinámico.

Todo elemento tiene un periodo fundamental, que se define como el tiempo que tarda el elemento en ir y regresar cuando le es aplicada una fuerza. El periodo fundamental depende de la altura, sistema estructural empleado, tipo de material utilizado, proporciones geométricas y el uso de la edificación.

De igual forma el suelo cumple con la misma ley, por lo que sí es puesto en movimiento, como la fuerza externa de un sismo, el suelo va a vibrar con su periodo fundamental. Este periodo, en suelos duros, tendrá periodos de vibración corta a diferencia de los suelos blandos.

d. Factor de Suelo

Los perfiles del suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

El RNE E030 indica en la Tabla 2.6, los parámetros usados para el análisis sísmico.

Tabla 2.6 Parámetro de Suelo

Tipo	Descripción	T_p (s)	S
S1	Roca o suelos muy rígidos	0,4	1
S2	Suelos Intermedios	0,6	1,2
S3	Suelos flexibles o con estrato de gran espesor	0,9	1,4
S4	Condiciones excepcionales	*	*

(*) Los valores de T_p y S para este caso, serán establecidos por el especialista, pero en ningún caso serán menores que los especificados para el perfil de tipo S3. (MTC 2003)



e. Coeficiente de Reducción de Solicitaciones Sísmicas

Este coeficiente de reducción sísmica depende del material usado y del sistema de estructuración sísmo resistente predominante en cada dirección.

El RNE E030 establece un coeficiente de reducción sísmica, calculado mediante la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Coeficiente de Reducción Sísmica

Sistema Estructural	Coeficiente de Reducción R, para estructuras regulares (*)(**)
Acero	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos	9,5
Otras estructuras de acero	
Arriostres Excéntricos	6,5
Arriostres en Cruz	6
Concreto Armado	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad Limitada	4
Albañilería armada o confinada	3
Madera (por esfuerzos admisibles)	7

(MTC 2003)

f. Peso de la edificación

Para el análisis sísmico, el peso de la edificación se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga de acuerdo al uso de la edificación (MTC 2003)

- En edificaciones de la categoría A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25% de la carga viva.
- En depósitos el 80% del peso total que es posible almacenar.
- En azoteas y techos en general se tomará el 25% de la carga viva.

- En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100% de la carga que puede contener.

g. Espectro de Diseño

El espectro de diseño es una curva suave que representa una especificación del nivel de fuerza de diseño sísmico o deformación, como una función del periodo de vibración natural. El punto clave de la estimación del daño esperado en un edificio sometido a una acción sísmica es la determinación del máximo desplazamiento espectral que éste va a experimentar. El espectro de diseño permite la obtención de esta respuesta máxima (Albarracín y Gallo 2010); donde el gráfico del espectro se compone por el eje horizontal que representa el período de vibración de la estructura (T) y el eje vertical, la aceleración (S_a). (Fig. 2.10).

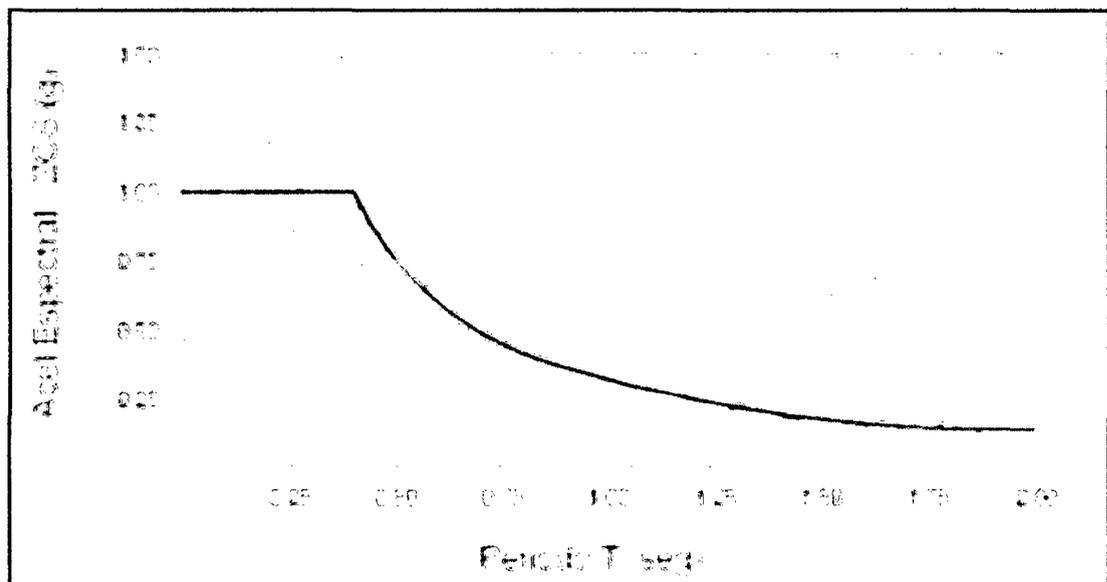


Fig 2.10 Espectro Elástico de Pseudo Aceleración de la Norma Peruana

El Análisis Espectral de Respuesta permite calcular la respuesta máxima probable de la estructura cuando la sollicitación sísmica se representa por un espectro elástico, combinando las respuestas de los diferentes modos por medio de un método de combinación modal y las respuestas en las diferentes direcciones por medio de un método de superposición direccional. (Iscue y Taboada 2009)



La combinación modal permite combinar los valores de desplazamiento, fuerza y esfuerzo de cada modo, con la finalidad de hallar la respuesta máxima de cada uno de estos parámetros. Mientras que la combinación direccional produce un único resultado positivo para cada dirección de aceleración

2.3.3 Pre – Procesamiento

La etapa de pre-procesamiento se refiere al ingreso de datos para el modelamiento de la estructura.

2.3.3.1 Módulo de Elasticidad y Módulo de corte

El RNE E060, indica utilizar para concretos de peso unitario W_c comprendido entre 1450 y 2500 kg/m³, el módulo de elasticidad, E_c , calculado de la siguiente forma:

$$E_c = (w_c)^{1.5} 0.136 \sqrt{f'_c} \quad \dots (2.3)$$

Donde:

- W_c : Peso Unitario del Concreto
- F'_c : Resistencia del Concreto

De igual forma específica que para concretos de peso unitario normal ($w_c \cong 2300$ kg/m³), el módulo de elasticidad se puede tomar como:

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c} \quad \dots (2.4)$$

Donde:

- F'_c : Resistencia del Concreto

En ausencia de resultados experimentales confiables, el módulo de rigidez al esfuerzo cortante del concreto se podrá suponer igual a:

$$G = \frac{E_c}{2.3} \quad \dots (2.5)$$

Donde:

- E_c : Módulo de Elasticidad del Concreto.
- G : Módulo de Corte.



2.3.3.2 Combinaciones de Carga

El RNE en la E060, especifica combinaciones de cargas para el análisis sísmico de edificaciones, los cuales de acuerdo a los requisitos generales de resistencia especificados en la Norma, se presenta el análisis para las siguientes combinaciones:

La resistencia requerida para cargas muertas y cargas vivas será como mínimo:

$$U_1 = 1.4 CD + 1.7 CV \quad \dots (2.6)$$

Adicionalmente, como se cuenta con la carga sísmica, la norma indica: "Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de sismo, además de lo indicado para la resistencia mínima, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U_2 = 1.25CD + 1.25CV + CS \quad \dots (2.7)$$

$$U_3 = 1.25CD + 1.25CV - CS \quad \dots (2.8)$$

$$U_4 = 0.90CD + CS \quad \dots (2.9)$$

$$U_5 = 0.90CD - CS \quad \dots (2.10)$$

Donde:

- CD: Carga Muerta.
- CV: Carga Viva.
- CS: Carga de Sismo

2.3.4 Post – Procesamiento

En el post – procesamiento se realiza el análisis de resultados, tomando en consideración los desplazamientos laterales, fuerzas internas y modos de vibración de la estructura.

El RNE E030 indica que para el cálculo de los desplazamientos laterales se multiplicará por 0.75R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas. El máximo desplazamiento relativo de



entrepiso calculado no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso que se indica en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Límites de Desplazamiento Lateral de entrepiso

Límites para Desplazamientos lateral de entrepiso	
Estos límites no son aplicables a naves industriales	
Material Predominante	(D_i/he_i)
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010

(MTC 2003)

Donde:

- D_i : Desplazamiento elástico lateral del nivel "i", relativo al suelo e excentricidad accidental.
- he_i : Altura del entrepiso i.

Desde el punto de vista dinámico sólo interesan los grados de libertad en los que se generan fuerzas de inercia significativa. En estructuras tridimensionales con diafragmas rígidos, el diafragma en cada piso posee 3 GDL dinámicos, que son los desplazamientos horizontales u y v, en la dirección X y Y respectivamente, y el giro θ alrededor del eje vertical Z. Para el análisis se deben definir 3 modos por piso (2 traslacionales y 1 rotacional). (Iscue y Taboada 2009).

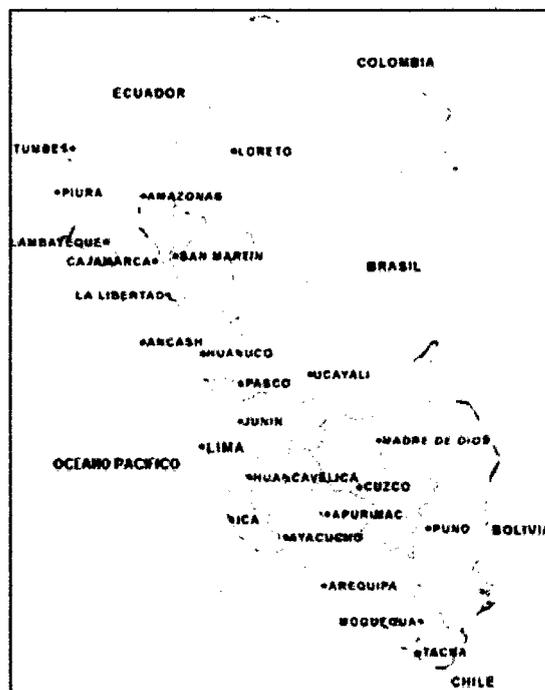


CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presenta capítulo se desarrolló los materiales y el método empleado para la evaluación del comportamiento sísmico del sector “E” del Hospital Regional de Cajamarca. Se realizó el modelamiento de la estructura ingresando su configuración y cargas actuales que presenta de acuerdo lo indicado en el Expediente Técnico. El espectro de diseño fue tomado de acuerdo a lo especificado en el RNE E030. Con esta información se procedió al análisis.

El Hospital Regional de Cajamarca surge con la necesidad de dotar a la población una nueva infraestructura para reemplazar a la actual, estuvo a cargo del consorcio Salfaconstrucción – Obras de Ingeniería, inició su construcción en Octubre del 2010 y finalizó en febrero del 2011.

Esta estructura se encuentra ubicado en la urbanización los Eucaliptos, esquina de la prolongación Defensores de Uchuraccay y calle s/n, distrito, provincia y departamento de Cajamarca.



(a)

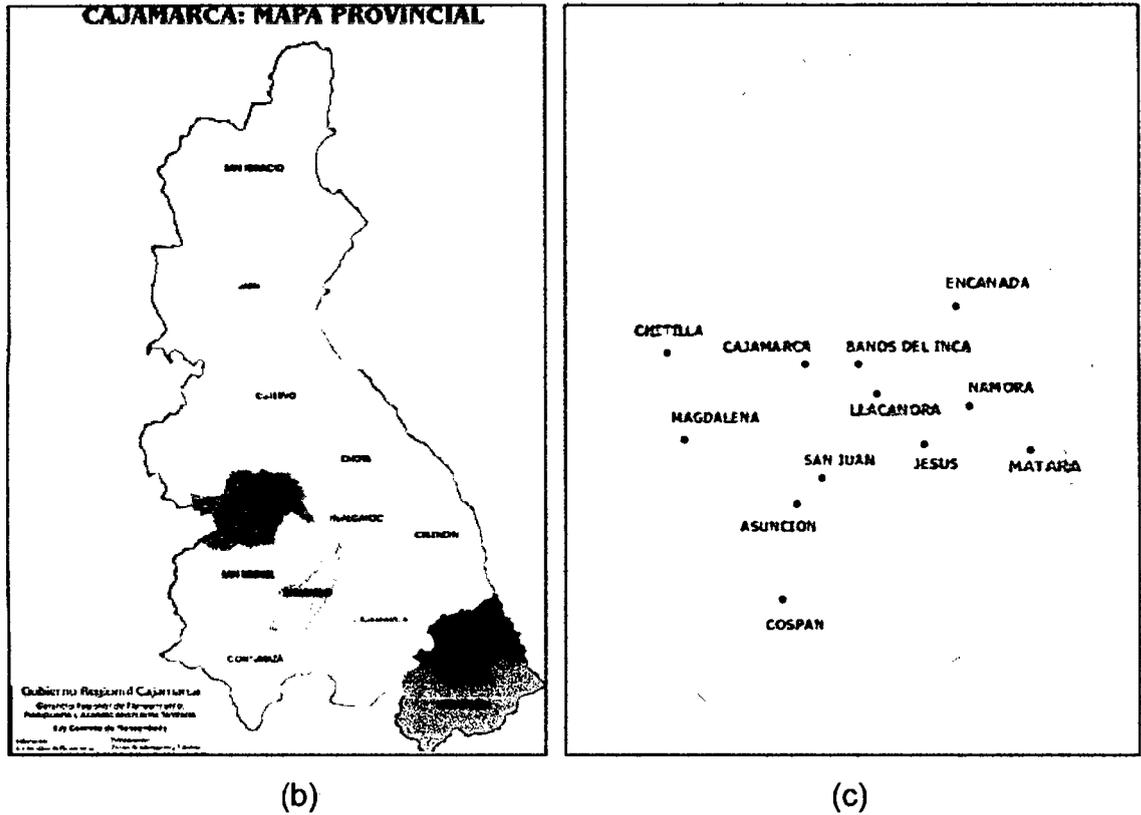


Fig 3.1 Ubicación Geográfica a nivel departamental (a), provincial (b) y distrital (c), del hospital de Cajamarca

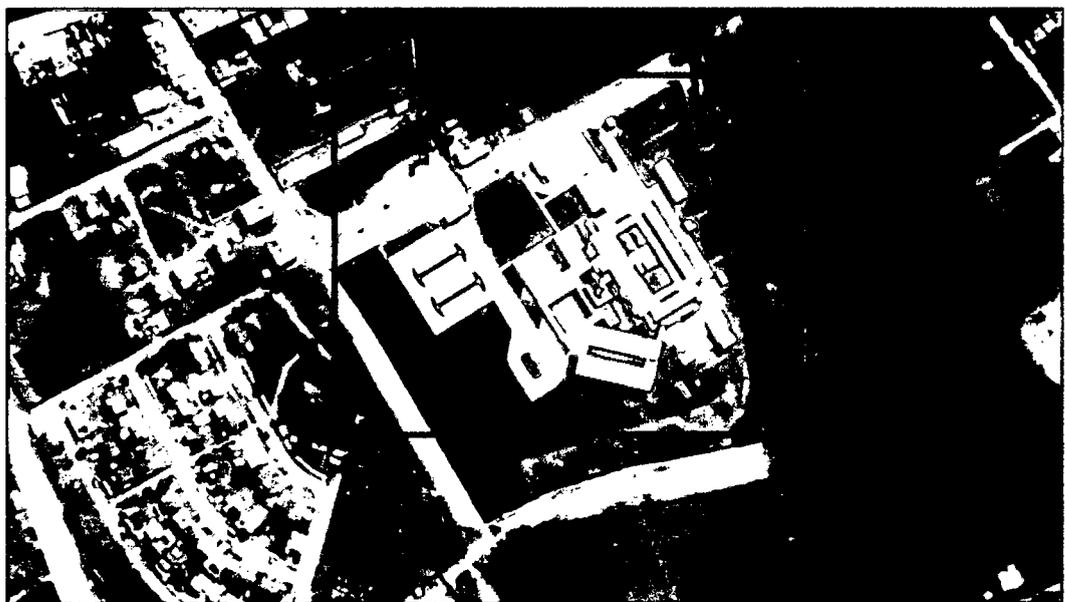


Fig 3.2 Ubicación Local del Hospital Regional de Cajamarca
(Disponibile en: Google Earth, 2011)



La evaluación del comportamiento sísmico del sector E, se realizó mediante el análisis sísmico estructural, teniendo en cuenta el Reglamento Nacional de Edificaciones y generando el modelo en el software ETABS v9.7.3 – Educacional.

Para la descripción, el análisis y la valoración crítica en la evaluación del comportamiento sísmico se realizó un conjunto de procedimientos a través del cual se planteó el problema científico y se puso en prueba la hipótesis y los instrumentos presentados en el trabajo de investigación.

La metodología empleada fue el método descriptivo, en ella se describe el conjunto de procedimientos y la estrategia seguida para evaluar el comportamiento sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca ante la ocurrencia de un sismo severo. Para ello se generó el modelo, se asignó las cargas que soporta la estructura y se elaboró el espectro de diseño. Luego se realizó la simulación sísmica de la Edificación para finalmente obtener y analizar los resultados. Todo este procedimiento se realizó haciendo uso del software Etbas 9 – Educacional. A continuación se describe las normas empleadas, procedimiento para la generación del modelo, procedimiento para la asignación de cargas y elaboración del espectro de diseño.

3.1 Normas Empleadas

Las normas empleadas en la presenta investigación fueron tomadas del Reglamento Nacional de edificaciones, las cuales son:

- **NORMA E020 CARGAS**
- **NORMA E030 DISEÑO SISMORESISTENTE**
- **NORMA E060 CONCRETO ARMADO**

3.2 Procedimiento para la generación del modelo

El procedimiento seguido para la generación del modelo se describe a continuación:



3.2.1 Especificaciones de los Materiales

El edificio analizado corresponde al sector "E", conformado por un sistema de pórticos y muros estructurales de seis niveles. Los materiales empleados que intervienen en el análisis es el acero de refuerzo y el concreto armado.

3.2.1.1 Acero de Refuerzo

Se usó barras de acero corrugado del tipo grado 60. Las principales propiedades de estas barras son las siguientes:

- Límite de Fluencia: $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad: $E_s = 2' 000,000 \text{ kg/cm}$

3.2.1.2 Concreto Armado

En el Hospital Regional de Cajamarca se ha ejecutado concreto de dos resistencias:

- Para las columnas y placas, concreto con resistencia de 280 kg/cm^2 .
- Para vigas, losa aligerada y escaleras, concreto con resistencia de 210 kg/cm^2 .

Para el ingreso de las propiedades de los materiales empleados para el análisis, se calculó el módulo de elasticidad, módulo de corte, módulo de poisson y el peso específico para cada resistencia de concreto.

Cálculo de las propiedades del concreto de resistencia 280 kg/cm^2

- Módulo de Elasticidad : $250998.008 \text{ kg/cm}^2$

Se calculó mediante ecuación Ec. 2.4

$$E_c = 15000\sqrt{280}$$

$$E_c = 250998.008 \text{ kg/cm}^2$$

- Módulo de rigidez al corte : $109129.57 \text{ kg/cm}^2$

Se calculó mediante la ecuación Ec. 2.5



$$G = \frac{250998.008}{2.3}$$

$$G = 109129.57 \text{ kg/cm}^2$$

- Modulo de Poisson : 0.15
- Peso específico : 2 400 kg/cm³

Cálculo de las propiedades del concreto de resistencia 210 kg/cm²

- Módulo de Elasticidad : 217370.651 kg/cm²
Se calculó mediante ecuación Ec. 2.4

$$E_c = 15000\sqrt{210}$$

$$E_c = 217370.651 \text{ kg/cm}^2$$

- Módulo de rigidez al corte : 94508.98 kg/cm²
Se calculó mediante la ecuación Ec. 2.5

$$G = \frac{217370.651}{2.3}$$

$$G = 94508.98 \text{ kg/cm}^2$$

- Modulo de Poisson : 0.15
- Peso específico : 2 400 kg/cm³

Para el modelamiento de la estructura se ingresó los datos al software en Tn/m.

3.2.1.3 Albañilería

El peso específico de la albañilería, considerado en el análisis es de 1800 kg/cm³, debido a que la unidad de albañilería utilizada es una TIPO V, maciza.



3.2.2 Ejes de la estructura

Para realizar el análisis sísmico se consideró 14 ejes en la dirección X, que va desde el eje F' hasta la P', con una longitud total en dicha dirección de 76.3 ml. En la dirección "Y" se consideró 13 ejes, que va desde el eje 8' hasta la 15', con una longitud total en dicha dirección de 46.40 ml.

En la Tabla 3.1, se muestra la distribución de ejes que fue ingresado al software para el modelamiento de la estructura. Los datos fueron ingresados en ml.

Tabla 3.1 Ejes de la Estructura

Dirección X		Dirección Y	
Eje	Distancia	Eje	Distancia
F'	2.15	8'	1.65
F	7.20	9	3.47
G	7.20	9'	3.63
H	7.20	10	7.20
I	7.20	11	3.58
J	7.20	11'	3.62
K	2.00	12	4.72
K'	5.20	12'	2.48
L	7.20	13	7.20
M	7.20	14	3.62
N	7.20	14'	3.58
O	7.20	15	1.65
P	2.15	15'	0.00
P'	0.00		

3.2.3 Altura de la edificación

El sector "E" del Hospital Regional de Cajamarca, está conformado por seis niveles, con una altura para cada nivel de piso tomada hasta el eje de la losa aligerada como se muestra en la Tabla 3.2. Los datos fueron ingresados en ml.



Tabla 3.2 Altura entre piso

Dirección Z	
Piso	Altura
6	3.00
5	3.30
4	3.00
3	3.30
2	3.80
1	4.55
Base	0.00

3.2.4 Estructuración

El sector "E" está conformado por una combinación de sistema de pórticos y muros estructurales.

De acuerdo a los planos y especificaciones técnicas se tiene:

Columnas: Con resistencia al concreto de 280 kg/cm².

- C55X55: correspondiente al primer nivel.
- C40x55: correspondiente al segundo y tercer nivel.
- C30X55: correspondiente al cuarto y quinto nivel.

Placas: Con resistencia al concreto de 280 kg/cm².

- PL15: placas de espesor de 15 cm, en zona de ductos.
- PL20: placa de espesor de 20 cm, en escaleras de escape y ascensor.
- PL25: placa de espesor de 25 cm, en escalera central.
- PL30: placa de espesor de 30 cm, en zona de patios.

Vigas: Con resistencia al concreto de 210 kg/cm².

- V30X60: distribución en todos los ejes.
- V20X60: en escaleras de escape.
- V15X60: en zona de ductos.
- V40X25: apoyo de escaleras en zona de escape.



- V50X25: apoyo de techo metálico de quinto nivel.

Losas: Con resistencia al concreto de 210 kg/cm².

- Losa aligerada en un sentido de 25 cm, en quinto nivel y zona de ductos y escaleras.
- Losa aligerada en dos sentidos de 25 cm, en primero, segundo, tercero y cuarto nivel.

Escaleras: Con resistencia al concreto de 210 kg/cm².

Distribuidos en las zonas de escape y central, de espesor de garganta de 15 cm en forma de "U".

3.2.5 Pre – procesamiento

El modelamiento de la presente investigación, se realizó mediante el programa ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Buldog Systems), v9.7.3 – Educacional.

La estructura se modeló con elementos de barras que admiten deformaciones por flexión, fuerza cortante y carga axial.

3.2.5.1 Configuración de la Estructura

El modelaje de la estructura se realiza mediante la definición de una malla en forma de una cuadrícula espacial. Para la elaboración de la cuadrícula se ingresó los ejes de la estructura, tanto para la dirección X, como para la dirección Y. En la dirección X, se definieron 14 ejes y en la dirección Y, se definieron 13 ejes. (Fig.3.3).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

Define Grid Data

Edt Format

X Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	F	0	Primary	Show	Top	
2	F	2.15	Primary	Show	Top	
3	G	9.35	Primary	Show	Top	
4	H	16.55	Primary	Show	Top	
5	I	23.75	Primary	Show	Top	
6	J	30.95	Primary	Show	Top	
7	K	38.15	Primary	Show	Top	
8	K	40.15	Primary	Show	Top	
9	L	45.35	Primary	Show	Top	
10	M	52.55	Primary	Show	Top	

Y Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	8	0	Primary	Show	Left	
2	9	1.65	Primary	Show	Left	
3	9	5.12	Primary	Show	Left	
4	10	8.75	Primary	Show	Left	
5	11	15.95	Primary	Show	Left	
6	11	19.53	Primary	Show	Left	
7	12	23.15	Primary	Show	Left	
8	12	27.87	Primary	Show	Left	
9	13	30.35	Primary	Show	Left	
10	14	37.55	Primary	Show	Left	

Units: Ton-m

Display Grids as:
 Ordinates Spacing

Hide All Grid Lines
 Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1

Reset to Default Color
Reorder Ordinates

OK Cancel

Fig 3.3 Ingreso de los ejes de la estructura

De igual forma, los niveles de piso, también contribuyeron a la definición de la malla. Se ingresó los niveles para los seis pisos que conforma la estructura (Fig.3.4)

Story Data

	Label	Height	Elevation	Master Story	Similar To	Splice Point	Splice Height
7	STORY6	3	20.95	No	NONE	No	0
6	STORY5	3.3	17.95	No	STORY4	No	0
5	STORY4	3	14.65	Yes		No	0
4	STORY3	3.3	11.65	No	NONE	No	0
3	STORY2	3.8	8.35	No	NONE	No	0
2	STORY1	4.55	4.55	No	NONE	No	0
1	BASE		0				

Reset Selected Rows

Height: 3 [Reset] Units: Ton-m

Master Story: No [Reset] Change Units: [Ton-m]

Similar To: NONE [Reset]

Splice Point: No [Reset]

Splice Height: 0 [Reset]

OK Cancel

Fig 3.4 Ingreso de los niveles de la Estructura



Una vez creada la malla para el modelaje, se procedió con la definición de los materiales para concretos de resistencia de 210 kg/cm² y 280 kg/cm². Los datos ingresados en esta etapa son los correspondientes al módulo de elasticidad, módulo de corte, módulo de poisson y peso unitario del elemento.

Material Property Data

Material Name	CONC210	Display Color	Color
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic	Type of Design	Design
Analysis Property Data		Design Property Data (ACI 318-99)	
Mass per unit Volume	0.2446	Specified Conc Comp Strength, f_c	2100
Weight per unit Volume	2.4	Bending Reinf. Yield Stress, f_y	42000
Modulus of Elasticity	2173706.51	Shear Reinf. Yield Stress, f_{ys}	42000
Poisson's Ratio	0.15	<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Coeff of Thermal Expansion	9.900E-06	Shear Strength Reduc. Factor	
Shear Modulus	945069.79		

OK Cancel

(a)

Material Property Data

Material Name	CONC280	Display Color	Color
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic	Type of Design	Design
Analysis Property Data		Design Property Data (ACI 318-99)	
Mass per unit Volume	0.2446	Specified Conc Comp Strength, f_c	2800
Weight per unit Volume	2.4	Bending Reinf. Yield Stress, f_y	42000
Modulus of Elasticity	2509980.08	Shear Reinf. Yield Stress, f_{ys}	42000
Poisson's Ratio	0.15	<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Coeff of Thermal Expansion	9.900E-06	Shear Strength Reduc. Factor	
Shear Modulus	1091295.69		

OK Cancel

(b)

Fig 3.5 Definición de materiales para resistencia de concreto 210 kg/cm² (a), 280 kg/cm² (b)



De igual forma se definió las secciones para cada elemento estructural, correspondiente a columnas, placas, vigas, y losas. Los datos fueron ingresado de acuerdo a la estructuración indica en el expediente técnico.

a. Columnas

Se definió secciones para columnas de: C55X55, C40x55, C55X30 y C30X55.

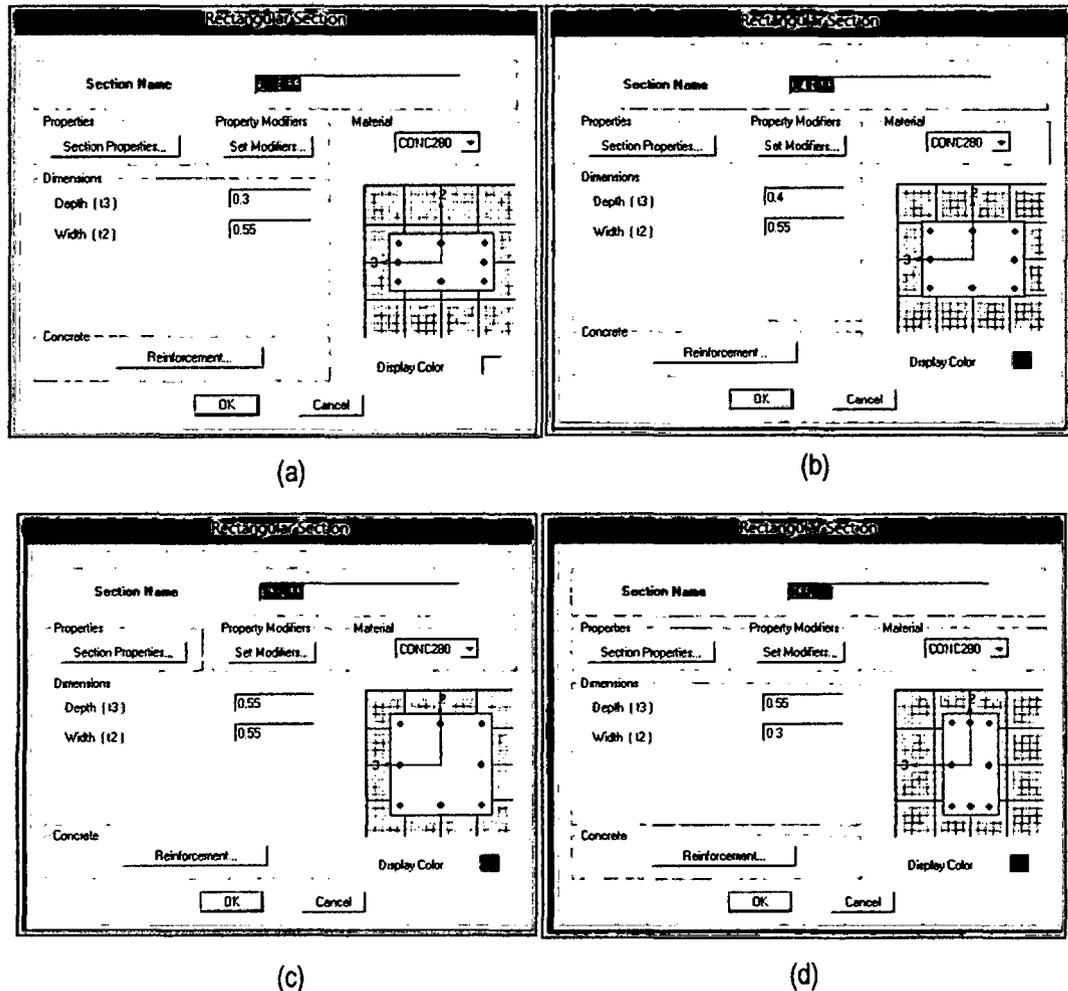
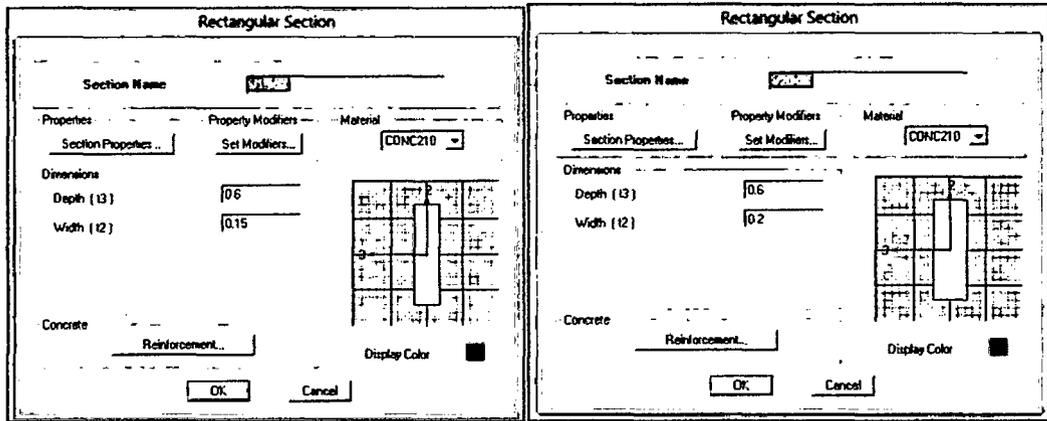


Fig 3.6 Definición de Sección de Columna C30X55 (a), C40X55 (b), C55X55 (d), C55X30 (d)

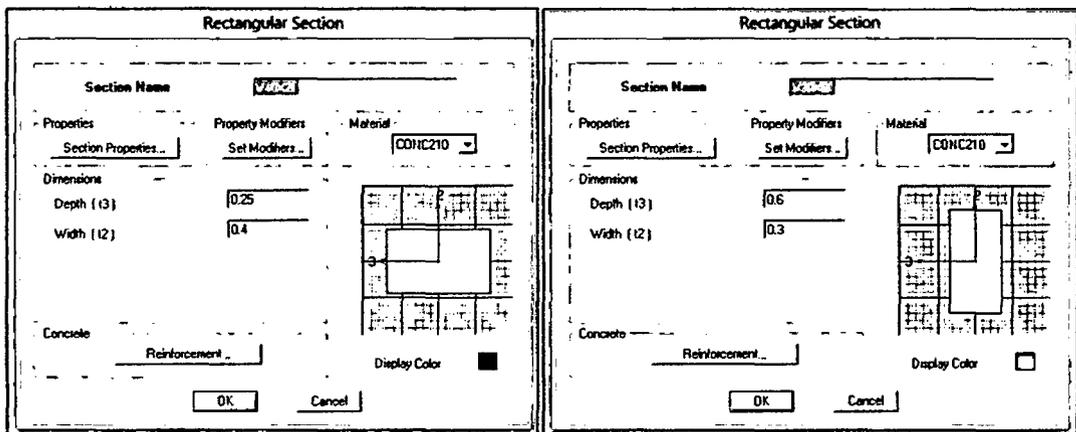
b. Vigas

Se definió secciones para vigas de dimensiones: V15X60, V20X60, V30X60, V40X25 y V50X25.



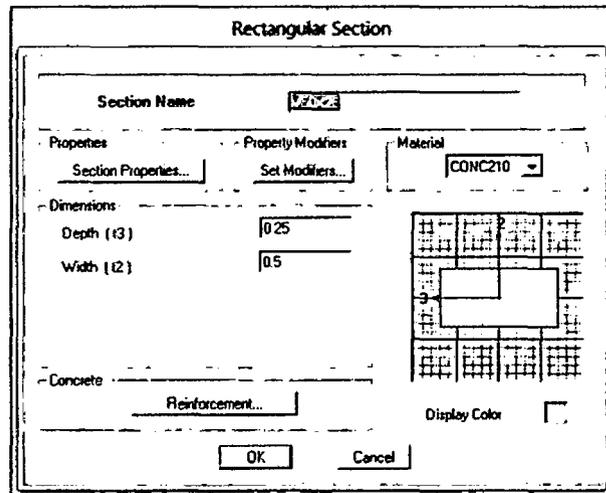
(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

Fig 3.7 Definición de sección de Viga V15X60 (a), V20X60 (b), V40X25 (c), V30X60 (d), V50X25 (e)



c. Placas

Se definió secciones para placas de espesor: PL15, PL20, PL25 y PL30.

Wall/Slab Section

Section Name: PL15

Material: CONC280

Thickness:

Membrane: 0.15

Bending: 0.15

Type:

Shell Membrane Plate

Thick Plate

Load Distribution:

Use Special One-Way Load Distribution

Set Modifiers... Display Color

OK Cancel

(a)

Wall/Slab Section

Section Name: PL20

Material: CONC280

Thickness:

Membrane: 0.2

Bending: 0.2

Type:

Shell Membrane Plate

Thick Plate

Load Distribution:

Use Special One-Way Load Distribution

Set Modifiers... Display Color

OK Cancel

(b)

Wall/Slab Section

Section Name: PL25

Material: CONC280

Thickness:

Membrane: 0.25

Bending: 0.25

Type:

Shell Membrane Plate

Thick Plate

Load Distribution:

Use Special One-Way Load Distribution

Set Modifiers... Display Color

OK Cancel

(c)

Wall/Slab Section

Section Name: PL30

Material: CONC280

Thickness:

Membrane: 0.3

Bending: 0.3

Type:

Shell Membrane Plate

Thick Plate

Load Distribution:

Use Special One-Way Load Distribution

Set Modifiers... Display Color

OK Cancel

(d)

Fig 3.8 Espesor de placa PL15 (a), PL20 (b), PL25 (c), PL30 (d)

d. Aligerados

Se definió secciones para el aligerado en un sentido y dos sentidos de espesor de losa 0.25m. En el software, el análisis se realizó mediante el uso de membranas, para ello se tuvo que determinar el espesor equivalente de la



losa aligerada. El análisis se realizó tanto para la losa aligerada en un sentido como para la losa aligerada en dos sentidos.

Definición de la losa Aligerada en un sentido

Para la obtención del espesor equivalente de la losa aligerada en un sentido, se determinó el peso de la losa aligerada por m², este peso se lo divide entre el peso unitario del concreto armado correspondiente a 2400 kg/m², para así poder obtener el espesor equivalente.

En el siguiente cuadro se muestra el cálculo del peso de la losa aligerada en un sentido de espesor de 0.25m, analizada para 1 m².

Análisis de Cargas para Losas Aligeradas			
Tipo:	Losa Aligerada en un Sentido H=0.25m		
Datos:			
Largo Ladrillo:	0.30 m	Sentido:	1.00
Ancho Ladrillo:	0.30 m	Espesor Losa:	0.25 m
Altura Ladrillo:	0.20 m	Peso Vol. del C°	2400.00 kg/m ³
Cant. Lad. en 1 m ² :	8.33 und	Peso Vol. del ladrillo	1350.00 kg/m ³
Resultados:			
<u>Carga de Ladrillo</u>		<u>Carga del concreto</u>	
Vol. Ladrillo:	0.02 m ³	Vol. en 1 m ² :	0.10 m ³
Vol. en 1 m ² :	0.15 m ³		
Carga en 1 m ² :	95.80 kg/m ²	Carga en 1 m ² :	240.14 kg/m ²
Carga total Losa Aligerada:	335.94 kg/m ²		

Mediante el cálculo realizado se obtuvo el peso de la losa aligerada en un sentido correspondiente a 335.94 kg/m². El RNE E020 para una losa aligerada de 25 cm en un sentido indica un peso de 350 kg/m². Tomaremos este último dato como referencia, por ser el más desfavorable.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

El cálculo del espesor equivalente se realizó como se indica a continuación:

Peso losa aligerada en un sentido = 350 kg/m²

$$\text{Espesor de membrana para losa aligerada en un sentido} = \frac{350 \text{ kg/m}^2}{2400 \text{ kg/m}^3}$$

Espesor de membrana para losa aligerada en un sentido = 0.1458 m \cong 0.15 m

Definición de la losa Aligerada en dos sentidos

De igual forma que para la losa aligerada en un sentido se obtuvo el peso de la losa analizada para 1 m², luego se dividió entre el peso unitario del concreto para finalmente obtener el espesor equivalente. El análisis se realizó como se indica en el siguiente cuadro:

Análisis de Cargas para Losas Aligeradas			
Tipo:	Losa Aligerada en Dos Sentidos H=0.25m		
Datos:			
Largo Ladrillo:	0.30 m	Sentido:	1.00
Ancho Ladrillo:	0.30 m	Espesor Losa:	0.25 m
Altura Ladrillo:	0.20 m	Peso Vol. Del C°	2400.00 kg/m ³
Cant. Ladrillo en 1 m ² :	6.25 und	Peso Vol. del ladrillo	1350.00 kg/m ³
Resultados:			
<u>Carga de Ladrillo</u>		<u>Carga del concreto</u>	
Vol. Ladrillo:	0.02 m ³	Vol. en 1 m ² :	0.14 m ³
Vol. en 1 m ² :	0.11 m ³		
Carga en 1 m ² :	71.88 kg/m ²	Carga en 1 m ² :	330.00 kg/m ²
Carga total Losa Aligerada:	401.88 kg/m ²		

Mediante el cálculo realizado se obtuvo el peso de la losa aligerada en dos sentidos correspondiente a 401.88 kg/m². El RNE E020 no establece un peso por m², por ello tomaremos el 401.88 kg/m².



El cálculo del espesor equivalente se realizó como se indica a continuación:

$$\text{Peso losa aligerada en dos sentidos} = 401.88 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Espesor de membrana para losa aligerada en dos sentidos} = \frac{401.88 \text{ kg/m}^2}{2400 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Espesor de membrana para losa aligerada en un sentido} = 0.1674 \text{ m} \cong 0.17 \text{ m}$$

Por lo tanto para la losa aligerada en un sentido, se definió una membrana de espesor de 0.15m. De igual forma para la losa aligerada en dos sentidos, se definió una membrana de espesor de 0.17m. Estos datos fueron ingresados al software. (Fig. 3.9).

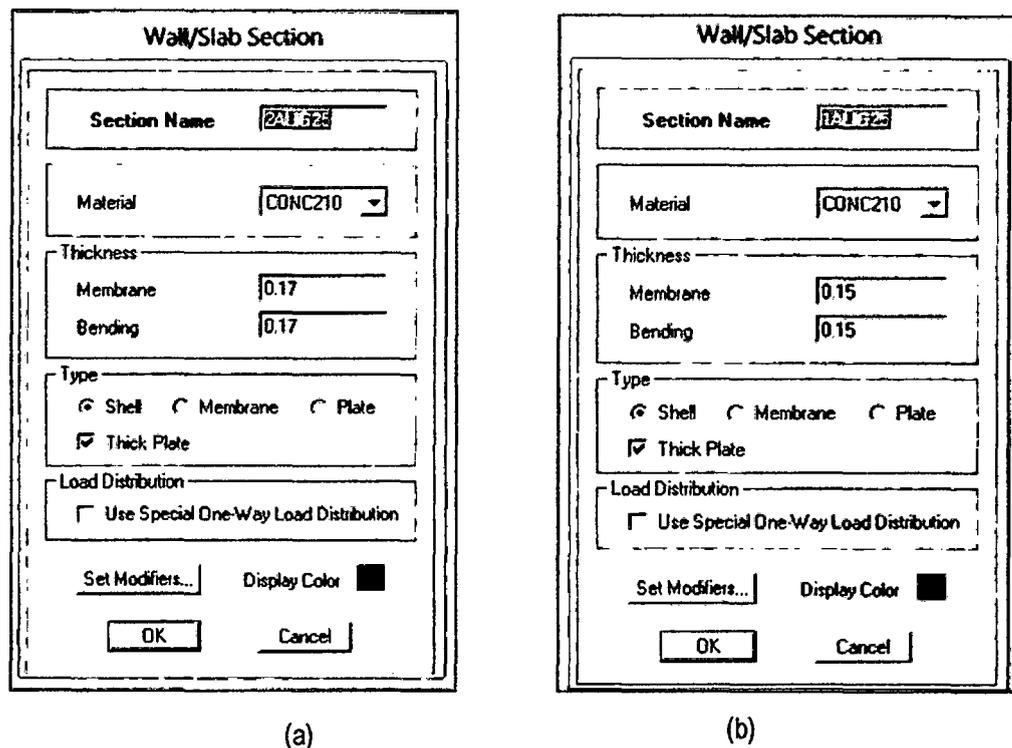


Fig 3.9 Ingreso de espesor de aligerado en dos sentidos $e=0.25 \text{ m}$ (a), Aligerado en un sentido $e=0.25 \text{ m}$ (b)

e. Escaleras

En el sector E, se construyó 5 escaleras, de estas, 4 se encuentran ubicadas en cada esquina de la estructura, correspondiente a la zona de evacuación y una en



la parte central. Estas escaleras tienen forma de U, con un ancho aproximado de 1.50 m y un espesor de garganta de 0.15m. Para el análisis se definió como membranas.

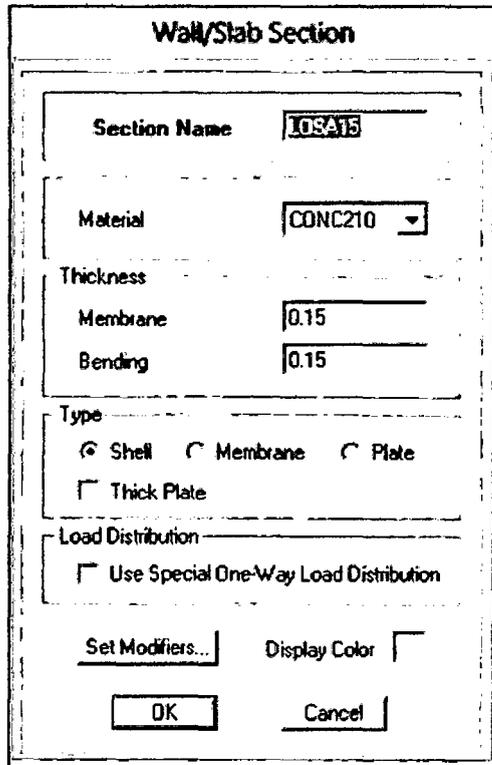


Fig 3.10 Definición de la losa de las Escaleras

Ingresado los ejes de la estructura y definido los materiales y secciones de los elementos, se procedió con el modelamiento de la estructura para cada nivel. El modelo se generó de acuerdo a la configuración final entregado en los planos de estructuras.

En las figuras 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17 y 3.18, se puede observar el modelamiento generado para cada nivel de la estructura.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

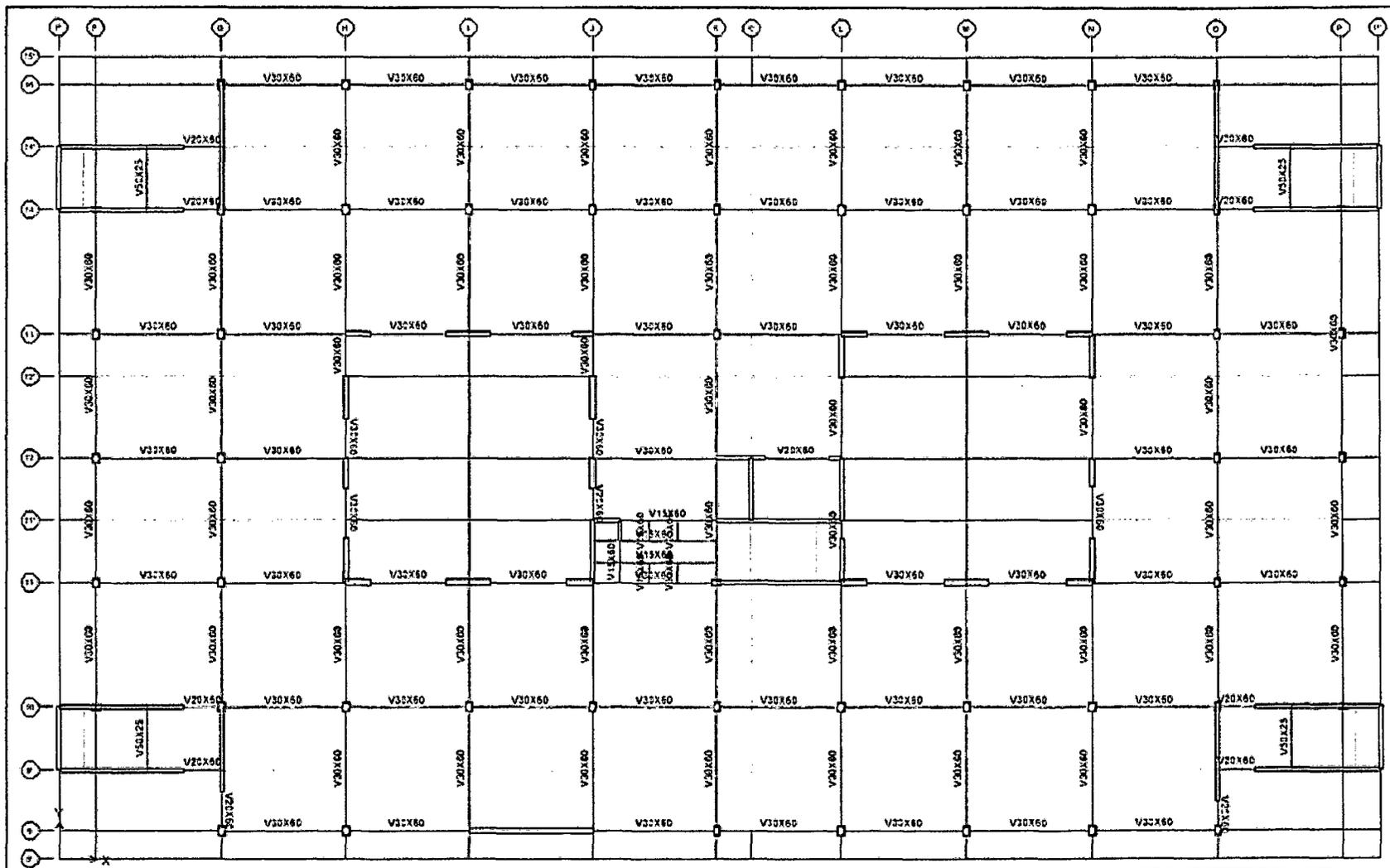


Fig 3.12 Planta del Segundo Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

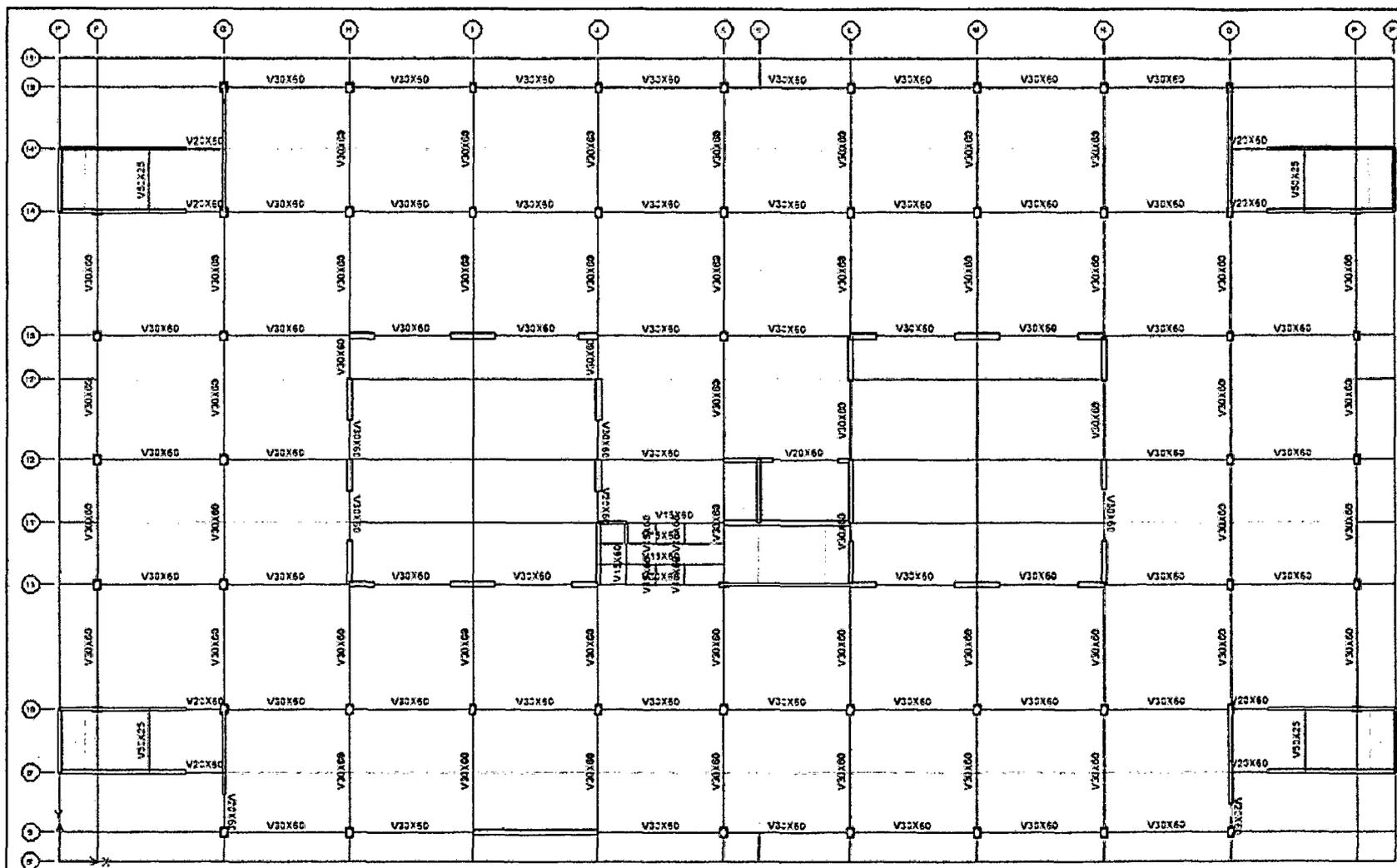


Fig 3.13 Planta del Tercer Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

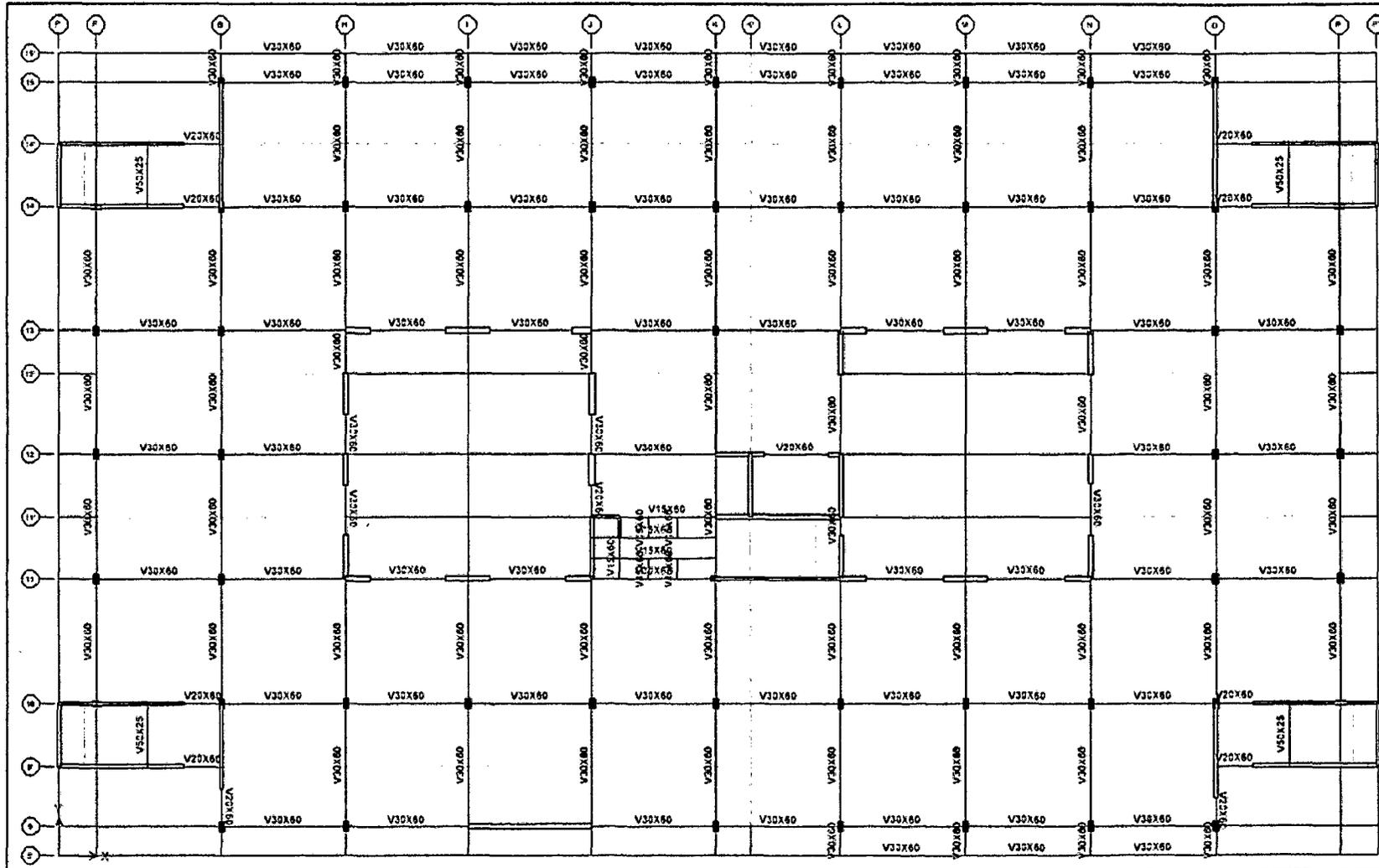


Fig 3.14 Planta del Cuarto Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

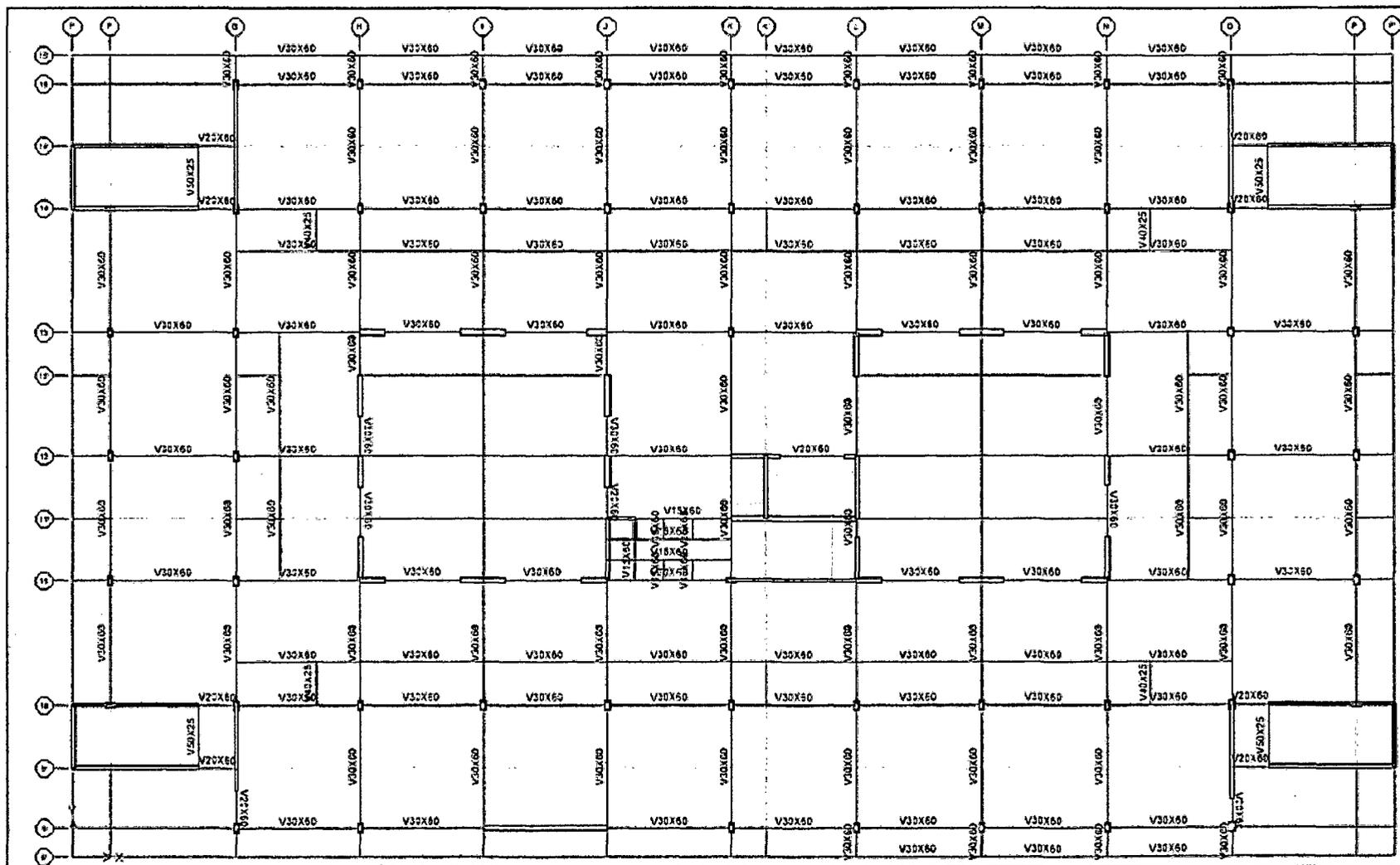


Fig 3.15 Planta del Quinto Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

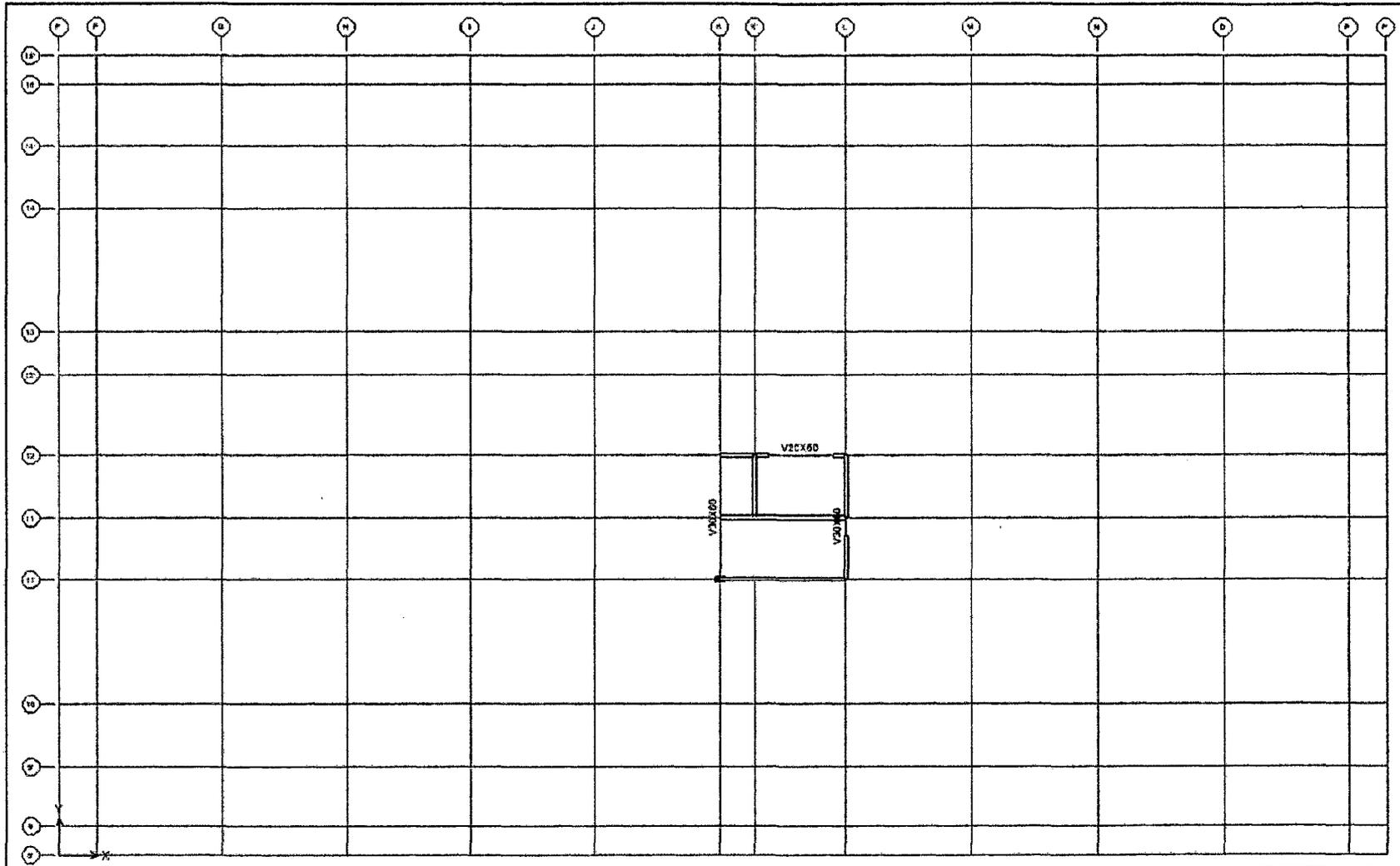
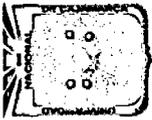


Fig 3.16 Planta del Sexto Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

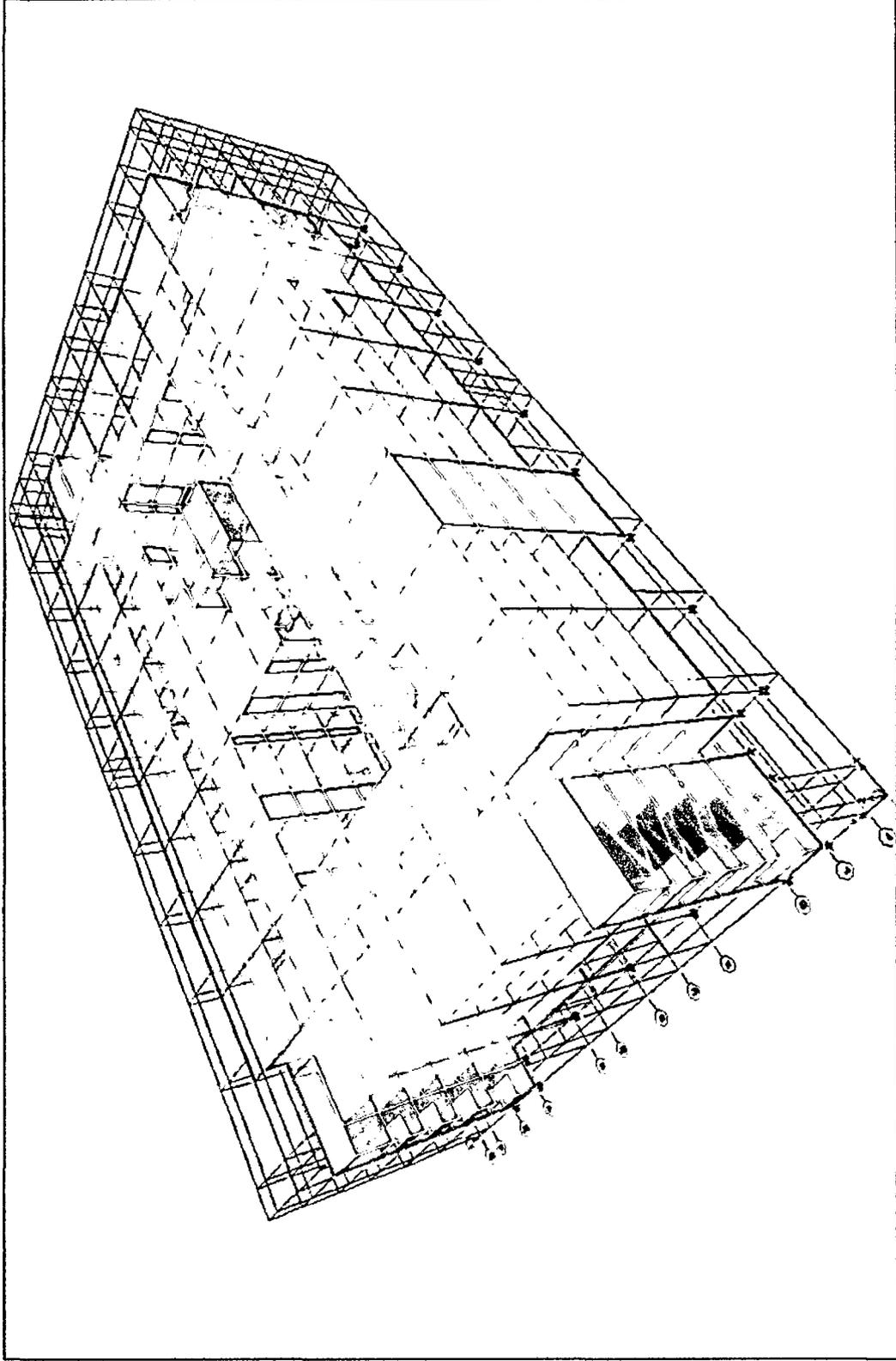


Fig 3.17 Isométrico del Sector "E"



3.3 Procedimiento para la Asignación de los Estados de Carga

Para la asignación de cargas se consideró las cargas muertas y cargas vivas que presenta la estructura sin tomar en cuenta el peso de cada elemento estructural.

3.3.1 Cargas Muertas

Dentro de las cargas muertas, de acuerdo a la distribución arquitectónica, se consideró la distribución de carga por m² de losa de lo siguiente: tabiquería, piso terminado, ladrillo pastelero, peldaños de escaleras, techo metálico y equipos médicos Hospitalarios. La distribución por ml de viga, corresponde para: tabiquería y techo metálico, estas cargas están apoyadas directamente sobre las vigas. El peso del ascensor central fue asignado como una carga distribuida en las placas. Finalmente el peso del puente metálico fue aplicado como cargas puntuales sobre las placas que la soportan.

3.3.1.1 Peso de Tabiquería

Se consideró el peso distribuido en las losas y vigas.

Cálculo del Peso Distribuido en Losas

De acuerdo a las especificaciones técnicas, la tabiquería empleada en el Hospital Regional de Cajamarca es ladrillo macizo tipo IV, lo que indica que de acuerdo al RNE E020, se debe emplear un peso unitario de 1800 kg/m³.

Para calcular el peso distribuido por m² de losa, se realizó la distribución de acuerdo a la densidad de muros que presenta cada nivel. En el cálculo se tomó en referencia 3 losas para cada análisis, a excepción de la distribución de los muros alta densidad, en la que solo se tomó dos losas de referencia, debido a que esta densidad no es muy común en la estructura.

a. Densidad de Muros Baja

El cálculo se realizó tomando en consideración la longitud total de muros, multiplicado por su espesor, altura y peso unitario. Se obtuvo el peso total de la tabiquería que soporta el paño de losa. Para la distribución por m², se dividió este



peso entre el área total de la losa. Se tomó en referencia 3 paños de losa, de acuerdo a como se indica a continuación:

Análisis de Losa entre los ejes F'-G/13-14

$$7.05 \times 0.15 \times 3.50 \times 1800 = 6662.25 \text{ kg}$$

$$\frac{6662.25}{7.2 \times 7.2} = 128.52 \text{ kg/m}^2$$

Análisis de Losa entre los eje K-L/12-13

$$8.42 \times 0.15 \times 3.50 \times 1800 = 7956.90 \text{ kg}$$

$$\frac{7956.90}{7.2 \times 7.2} = 153.49 \text{ kg/m}^2$$

Análisis de Losa entre los ejes I-J/13-14

$$7.20 \times 0.15 \times 3.50 \times 1800 = 6804.00 \text{ kg}$$

$$\frac{6804.00}{7.2 \times 7.2} = 131.25 \text{ kg/m}^2$$

El promedio de las tres losas analizadas es:

$$128.52 + 153.49 + 131.25 = \frac{413.26}{3} = \frac{137.75 \text{ kg}}{\text{m}^2} \cong 150 \text{ kg/m}^2$$

b. Densidad de Muros Baja

Para el cálculo se tomó en referencia 3 paños de losa. El cálculo fue realizado de la misma forma como se especificó para los muros de densidad baja.



Análisis de Losa entre los ejes H-I/14-15

$$19.00 \times 0.15 \times 3.50 \times 1800 = 17\,955.00 \text{ kg}$$

$$\frac{17955.00}{7.2 \times 7.2} = 346.35 \text{ kg/m}^2$$

Análisis de Losa entre los ejes M-N/13-14

$$7.15 \times 0.15 \times 3.50 \times 1800 = 16\,206.75 \text{ kg}$$

$$\frac{16\,206.75}{7.2 \times 7.2} = 312.63 \text{ kg/m}^2$$

Análisis de Losa entre los ejes O-P/11-12

$$19.58 \times 0.15 \times 3.50 \times 1800 = 18\,503.10 \text{ kg}$$

$$\frac{18\,503.10}{7.2 \times 7.2} = 356.93 \text{ kg/m}^2$$

El promedio de las tres losas analizadas es:

$$346.35 + 312.63 + 356.93 = \frac{1015.91}{3} = 338.64 \text{ kg/m}^2 \cong 350 \text{ kg/m}^2$$

c. Densidad de Muros Alta

Para el cálculo se tomó en referencia 2 paños de losa. El cálculo fue realizado de la misma forma como se especificó para los muros de densidad baja.

Análisis de Losa entre los ejes N-O/12-13

$$26.80 \times 0.15 \times 3.50 \times 1800 = 25\,326.00 \text{ kg}$$



$$\frac{25\,326.00}{7.2 \times 7.2} = 488.54 \text{ kg/m}^2$$

Análisis de Losa entre los ejes K-L/13-14

$$26.40 \times 0.15 \times 3.50 \times 1800 = 24\,948.00 \text{ kg}$$

$$\frac{24\,948.00}{7.2 \times 7.2} = 481.25 \text{ kg/m}^2$$

El promedio de las tres losas analizadas es:

$$488.54 + 481.25 = \frac{969.79}{2} = 484.90 \text{ kg/m}^2 \cong 500 \text{ kg/m}^2$$

Por lo tanto, para la distribución de muros de albañilería por m² de losa, se tiene lo siguiente:

- Para losas con densidad de muros baja: 150 kg/m² \cong 0.15 tn/m²
- Para losas con densidad de muros media: 350 kg/m² \cong 0.35 tn/m²
- Para losas con densidad de muros alta: 500 kg/m² \cong 0.50 tn/m²

Cálculo del Peso Distribuido en Vigas

Para el cálculo del peso distribuido por ml de viga, se realizó el análisis para cada nivel, a excepción del primer y sexto nivel. El cálculo se realizó multiplicando el espesor del muro, por su altura y su peso unitario.

a. Segundo Nivel

$$\text{Muros en Vigas} = 0.15 \times 3.15 \times 1800 = 850.50 \text{ kg/ml}$$

b. Tercer Nivel

$$\text{Muros en Vigas} = 0.15 \times 3.00 \times 1800 = 810.00 \text{ kg/ml}$$



c. Cuarto Nivel

$$\text{Muros en Vigas} = 0.15 \times 2.00 \times 1800 = 540.00 \text{ kg/ml}$$

d. Quinto Nivel

$$\text{Muros en Vigas} = 0.15 \times 2.65 \times 1800 = 715.50 \text{ kg/ml}$$

Por lo tanto, para la distribución de muros de albañilería en vigas por ml, se tiene lo siguiente:

- Segundo Nivel: $850.50 \text{ kg/m} \cong 0.85 \text{ Tn/m}$
- Tercer Nivel: $810.00 \text{ kg/m} \cong 0.81 \text{ tn/m}$
- Cuarto Nivel: $540.00 \text{ kg/m} \cong 0.54 \text{ tn/m}$
- Quinto Nivel: $715.50 \text{ kg/m} \cong 0.72 \text{ tn/m}$

3.3.1.2 Piso Terminado

El Hospital Regional de Cajamarca, presenta una variedad de pisos terminados, como son: pisos vinílico, cerámico, porcelanato, terrazo, etc. Debido a esta variada distribución se consideró una carga uniforme para todos estos pisos correspondiente a $100 \text{ kg/m}^2 \cong 0.10 \text{ tm/m}^2$.

3.3.1.3 Peso de Peldaños de Escalera

Para el cálculo del peso distribuido de los peldaños sobre m^2 de losa de escalera, se obtuvo el volumen de cada peldaño y se multiplicó por su peso unitario. Para la distribución sobre la losa de la escalera se multiplicó por el número de peldaños que soporta la escalera y se dividió entre el área total de la losa.

Cabe recalcar que en la etapa de modelaje solo se dibujó la losa de la escalera, es por ello, que el peso de los peldaños es considerado como peso distribuido para no evadir su análisis.



El cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$\frac{0.25 \times 0.175}{2} \times 1.50 \times 2400 = 78.75 \times 11 = 866.25 \text{ kg}$$

$$\frac{866.25 \text{ kg}}{1.50 \times 2.75} = 210 \text{ kg/m}^2$$

Por lo tanto, para el peso de los peldaños distribuidos en la losa de la escalera se tiene lo siguiente:

$$210 \text{ kg/m}^2 \cong 0.21 \text{ tn/m}^2$$

3.3.1.4 Peso de Ladrillo Pastelero

Para el peso distribuido del ladrillo pastelero, se tomó en consideración el peso unitario establecido en el RNE E020, en la que indica 1600 kg/m³. Debido a que el espesor del ladrillo pastelero utilizado en el Hospital Regional de Cajamarca es de 10 cm, se tiene:

$$1600 \times 0.10 = 160 \text{ kg/m}^2$$

Por lo tanto, para el peso del ladrillo pastelero distribuido por m² en losa, se tiene:

$$160 \text{ kg/m}^2 \cong 0.16 \text{ tn/m}^2$$

3.3.1.5 Techo Metálico

La ejecución de un techo metálico en el sexto Nivel, se dio con la concepción de mejorar la evacuación de aguas provenientes de lluvias y así proteger las losas. El techo metálico está conformado por tubos rectangulares ASTM A513, tubos cuadrados ASTM 513, perfil correa tipo C, perfil correa Tipo Z, ángulos de alta resistencia, planchas ASTM A-36 y barras redondas lisas.

Para determinar el peso distribuido por m² de losa, se realizó el metrado total del techo metálico y se lo distribuyó por m² de losa, obteniendo los siguientes datos:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

Tabla 3.3 Metrado de Techo Metálico

DATOS DEL PROYECTO					DATOS DEL PERFIL				METRADOS POR ELEMENTO						
Item	Sec tor	Nivel	Nomb. Elem.	N° Elem.	Nombre Pieza	Código	Dimensiones	Peso ML	Und	N° Pie zas	Largo 2	Anch o 2	Total ML	Peso parcial	Peso total
1	E	6	Techo Metálico	1	Viga	TRA5-013	4" x 8"x1/8"	15.194	kg/ml	28	6.18		173.04 ml	2,629.17 kg	2,629.17 kg
2	E	6	Techo Metálico	1	Viga	TRA5-013	4" x 8"x1/8"	15.194	kg/ml	20	3.53		70.60 ml	1,072.70 kg	1,072.70 kg
3	E	6	Techo Metálico	1	Viga	TRA5-013	4" x 8"x1/8"	15.194	kg/ml	4	8.53		34.12 ml	518.42 kg	518.42 kg
4	E	6	Techo Metálico	1	Viga	TRA5-013	4" x 8"x1/8"	15.194	kg/ml	4	7.05		28.20 ml	428.47 kg	428.47 kg
5	E	6	Techo Metálico	1	Viga	TRA5-013	4" x 8"x1/8"	15.194	kg/ml	4	4.27		17.08 ml	259.51 kg	259.51 kg
6	E	6	Techo Metálico	1	Viga	TCA5-042	4"x4"x3/16"	15.194	kg/ml	4	48.15		192.60 ml	2,926.36 kg	2,926.36 kg
7	E	6	Techo Metálico	1	Viga	TCA5-042	4"x4"x3/16"	15.194	kg/ml	4	14.56		58.24 ml	884.90 kg	884.90 kg
8	E	6	Techo Metálico	1	Viga	TCA5-042	4"x4"x3/16"	15.194	kg/ml	124	2.37		293.88 ml	4,465.21 kg	4,465.21 kg
9	E	6	Techo Metálico	1	Columna	TCA5-040	5 7/8"x5 7/8"x3/16"	22.315	kg/ml	4	0.45		1.80 ml	40.17 kg	40.17 kg
10	E	6	Techo Metálico	1	Columna	TCA5-040	5 7/8"x5 7/8"x3/16"	22.315	kg/ml	52	0.43		22.36 ml	498.96 kg	498.96 kg
11	E	6	Techo Metálico	1	Columna	TCA5-040	5 7/8"x5 7/8"x3/16"	22.315	kg/ml	28	2.21		61.88 ml	1,380.85 kg	1,380.85 kg
12	E	6	Techo Metálico	1	Columna	TCA5-040	5 7/8"x5 7/8"x3/16"	22.315	kg/ml	20	1.45		29.00 ml	647.14 kg	647.14 kg
13	E	6	Techo Metálico	1	Per. Correa C	PERC-033	CM-333 2"x6"x1/8"	6.331	kg/ml	4	6.15		24.60 ml	155.73 kg	155.73 kg
14	E	6	Techo Metálico	1	PER. Correa Z	PERZ-031	CM-130	6.103	kg/ml	6	57.53		345.18 ml	2,106.63 kg	2,106.63 kg
15	E	6	Techo Metálico	1	PER. Correa Z	PERZ-031	CM-130	6.103	kg/ml	6	28.70		172.20 ml	1,050.94 kg	1,050.94 kg
16	E	6	Techo Metálico	1	PER. Correa Z	PERZ-031	CM-130	6.103	kg/ml	2	41.28		82.56 ml	503.86 kg	503.86 kg
17	E	6	Techo Metálico	1	PER. Correa Z	PERZ-031	CM-130	6.103	kg/ml	2	40.70		81.40 ml	496.78 kg	496.78 kg
18	E	6	Techo Metálico	1	PER. Correa Z	PERZ-031	CM-130	6.103	kg/ml	2	38.49		76.98 ml	469.81 kg	469.81 kg
19	E	6	Techo Metálico	1	PER. Correa Z	PERZ-031	CM-130	6.103	kg/ml	2	36.00		72.00 ml	439.42 kg	439.42 kg
20	E	6	Techo Metálico	1	PER. Correa Z	PERZ-031	CM-130	6.103	kg/ml	2	16.28		32.56 ml	198.71 kg	198.71 kg
21	E	6	Techo Metálico	1	PER. Correa Z	PERZ-031	CM-130	6.103	kg/ml	2	18.72		37.44 ml	228.50 kg	228.50 kg
22	E	6	Techo Metálico	1	PER. Correa Z	PERZ-031	CM-130	6.103	kg/ml	2	20.92		41.84 ml	255.35 kg	255.35 kg
23	E	6	Techo Metálico	1	PER. Correa Z	PERZ-031	CM-130	6.103	kg/ml	2	23.12		46.24 ml	282.20 kg	282.20 kg
24	E	6	Techo Metálico	1	PER. Correa Z	PERZ-031	CM-130	6.103	kg/ml	4	6.60		26.40 ml	161.12 kg	161.12 kg
25	E	6	Techo Metálico	1	PER. Correa Z	PERZ-031	CM-130	6.103	kg/ml	4	5.50		22.00 ml	134.27 kg	134.27 kg
26	E	6	Techo Metálico	1	Cartela	ANGAR-002	2" x 2" x 3/16"	3.798	kg/ml	272	0.09		24.48 ml	92.98 kg	92.98 kg
27	E	6	Techo Metálico	1	Cartela	PLA36-001	e= 3.00 mm	23.550	kg/m2	272	0.05	0.03	0.41 ml	9.66 kg	9.66 kg
28	E	6	Techo Metálico	1	Anclaje	PLA36-001	e= 3.00 mm	23.550	kg/m2	82	0.08	0.08	0.52 ml	12.25 kg	12.25 kg
29	E	6	Techo Metálico	1	Tapa	PLA36-014	e= 5/16 "	62.251	kg/m2	104	0.15	0.15	2.34 ml	145.67 kg	145.67 kg
30	E	6	Techo Metálico	1	Tensor	BREL-001	Ø 3/8"	0.559	kg/ml	48	6.56		314.88 ml	176.02 kg	176.02 kg
31	E	6	Techo Metálico	1	Tensor	BREL-001	Ø 3/8"	0.559	kg/ml	32	3.90		124.80 ml	69.76 kg	69.76 kg
32	E	6	Techo Metálico	1	Tensor	BREL-001	Ø 3/8"	0.559	kg/ml	8	3.90		31.20 ml	17.44 kg	17.44 kg
33	E	6	Techo Metálico	1	Per. Anclaje	BREL-003	Ø 5/8"	1.554	kg/ml	416	0.20		83.20 ml	129.29 kg	129.29 kg
34	E	6	Techo Metálico	1	Plancha	PLA36-014	e= 5/16 "	62.251	kg/m2	104	0.31	0.31	9.99 ml	621.89 kg	621.89 kg



El techo metálico tiene un peso total de 23 510.14 kg. Este peso lo distribuimos por m² de losa y ml de viga, para poder ingresarlo dentro de nuestro modelo.

Se tiene un total de área techada con estructura metálica de: 2 594.66 m², de los cuales 2 280.96 m² se apoya sobre losas aligeradas y 313.70 m², se apoya sobre vigas.

Determinación del peso de estructura metálica por m² de losa

$$\frac{23\ 510.14 \times 313.70}{2\ 280.96} = 3\ 233.35 \text{ kg}$$

$$\frac{3\ 233.35 \text{ kg}}{313.70 \text{ m}^2} = 10.31 \text{ kg/m}^2$$

Determinación del peso de estructura metálica por ml de viga

$$10.31 \text{ kg/m}^2 \times 1.25 \text{ m} = 12.89 \text{ hg/ml}$$

Por lo tanto, para el ingreso de cargas en el modelo se tiene: 10.31 kg/m² distribuido sobre losa y 12.89 kg/ml, distribuido sobre vigas.

3.3.1.6 Puente Metálico

El puente metálico fue ejecutado en la zona correspondiente al centro quirúrgico en el tercer nivel del sector E, este se apoya sobre unas placas a las cuales le transmite su peso.

El puente metálico está conformado por vigas H, planchas ASTM A-36, barras redondas lisas, tubo cuadrado ASTM A513, ángulos de alta resistencia, tubo rectangular ASTM A513, perfil correa tipo C y tubo redondo LAC A500.

Para determinar el peso que transfiere el puente metálico a las placas, se realizó su metrado.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

Tabla 3.4 Metrado de Puente Metálico

DATOS DEL PROYECTO					DATOS DEL PERFIL			METRADOS POR ELEMENTO							
Item	Sec tor	Niv el	Nomb. Elem.	N° Element.	Nombre Pieza	Codigo	Dimensiones	Peso ML	Und	N° Piezas	Larg o 2	Anch o 2	Total ML	Peso parcial	Peso total
1	E	3	Puente Peat.	1	Viga	BVIH-013	W 27" x 84 lbs/pie	122.51	kg/ml	2	14.10		28.20 ml	3,454.75 kg	3,454.75 kg
2	E	3	Puente Peat.	1	Viga	BVIH-013	W 27" x 84 lbs/pie	122.51	kg/ml	4	2.30		9.20 ml	1,127.08 kg	1,127.08 kg
3	E	3	Puente Peat.	1	Viga	BVIH-014	W 10" x 12 lbs/pie	16.88	kg/ml	6	2.30		13.80 ml	233.00 kg	233.00 kg
4	E	3	Puente Peat.	1	PL. Colab.	PLA36-018	e= .75mm	5.89	kg/m2	1	20.60	2.80	57.68 ml	339.62 kg	339.62 kg
5	E	3	Puente Peat.	1	Conector	BREL-003	Ø 5/8"	1.55	kg/ml	1,260	0.06		75.60 ml	117.48 kg	117.48 kg
6	E	3	Puente Peat.	1	Per. Ancl.	BREL-006	Ø 1"	3.98	kg/ml	32	0.43		13.76 ml	54.74 kg	54.74 kg
7	E	3	Puente Peat.	1	Per. Ancl.	BREL-006	Ø 1"	3.98	kg/ml	8	0.33		2.60 ml	10.34 kg	10.34 kg
8	E	3	Puente Peat.	1	Per. Ancl.	BREL-006	Ø 1"	3.98	kg/ml	6	0.10		0.60 ml	2.39 kg	2.39 kg
9	E	3	Puente Peat.	1	Placa	PLA36-019	e= 11/8"	224.28	kg/m2	4	1.14	0.35	1.60 ml	358.84 kg	358.84 kg
10	E	3	Puente Peat.	1	Placa	PLA36-017	e= 3/8 "	74.77	kg/m2	4	0.78	0.35	1.09 ml	81.50 kg	81.50 kg
11	E	3	Puente Peat.	1	Placa	PLA36-010	e= 25.00 mm	196.25	kg/m2	4	0.40	0.35	0.56 ml	109.90 kg	109.90 kg
12	E	3	Puente Peat.	1	Placa	PLA36-020	e= 1/2"	99.70	kg/m2	4	0.52	0.20	0.42 ml	41.87 kg	41.87 kg
13	E	3	Puente Peat.	1	Ménsula	PLA36-021	e= 5/8"	124.62	kg/m2	8	0.35	0.18	0.50 ml	62.31 kg	62.31 kg
14	E	3	Puente Peat.	1	Viga	TCA5-041	3"x3"x1/8"	7.60	kg/ml	10	3.60		36.00 ml	273.49 kg	273.49 kg
15	E	3	Puente Peat.	1	Viga	TCA5-042	4"x4"x3/16"	15.19	kg/ml	4	2.58		10.32 ml	156.80 kg	156.80 kg
16	E	3	Puente Peat.	1	Viga	TCA5-042	4"x4"x3/16"	15.19	kg/ml	2	4.39		8.78 ml	133.40 kg	133.40 kg
17	E	3	Puente Peat.	1	Viga	TCA5-042	4"x4"x3/16"	15.19	kg/ml	2	4.67		9.34 ml	141.91 kg	141.91 kg
18	E	3	Puente Peat.	1	Viga	TCA5-042	4"x4"x3/16"	15.19	kg/ml	2	4.40		8.80 ml	133.71 kg	133.71 kg
19	E	3	Puente Peat.	1	Columna	TCA5-042	4"x4"x3/16"	15.19	kg/ml	8	2.55		20.40 ml	309.96 kg	309.96 kg
20	E	3	Puente Peat.	1	Cor. etal.	TCA5-046	2"x2"x3/16"	7.60	kg/ml	5	14.10		70.50 ml	535.59 kg	535.59 kg
21	E	3	Puente Peat.	1	Cartela	ANGAR-18	4" x2 " x 1/8"	3.80	kg/ml	2	14.10		28.20 ml	107.10 kg	107.10 kg
22	E	3	Puente Peat.	1	Viga	TCA5-041	3"x3"x1/8"	7.60	kg/ml	1	14.10		14.10 ml	107.12 kg	107.12 kg
23	E	3	Puente Peat.	1	Rodapie	TRA5-017	4" x 2"x3/16"	11.40	kg/ml	2	4.39		8.78 ml	100.05 kg	100.05 kg
24	E	3	Puente Peat.	1	Rodapie	TRA5-017	4" x 2"x3/16"	11.40	kg/ml	2	4.67		9.34 ml	106.43 kg	106.43 kg
25	E	3	Puente Peat.	1	Rodapie	TRA5-017	4" x 2"x3/16"	11.40	kg/ml	2	4.40		8.80 ml	100.28 kg	100.28 kg
26	E	3	Puente Peat.	1	Per. Cor.	PERC-033	CM-333 2"x6"x1/8"	6.33	kg/ml	2	14.10		28.20 ml	178.52 kg	178.52 kg
27	E	3	Puente Peat.	1	Parante H	TCA5-046	2"x2"x3/16"	7.60	kg/ml	2	4.39		8.78 ml	66.70 kg	66.70 kg
28	E	3	Puente Peat.	1	Parante H	TCA5-046	2"x2"x3/16"	7.60	kg/ml	2	4.67		9.34 ml	70.96 kg	70.96 kg
29	E	3	Puente Peat.	1	Parante H	TCA5-046	2"x2"x3/16"	7.60	kg/ml	2	4.40		8.80 ml	66.85 kg	66.85 kg
30	E	3	Puente Peat.	1	Parante H	TRLA-014	Ø 1 ¼" e = 3.00 m	2.35	kg/ml	4	4.33		17.32 ml	40.68 kg	40.68 kg
31	E	3	Puente Peat.	1	Parante H	TRLA-014	Ø 1 ¼" e = 3.00 m	2.35	kg/ml	4	4.61		18.44 ml	43.32 kg	43.32 kg
32	E	3	Puente Peat.	1	Parante H	TRLA-014	Ø 1 ¼" e = 3.00 mm	2.35	kg/ml	4	4.34		17.36 ml	40.78 kg	40.78 kg
33	E	3	Puente Peat.	1	Parante H	TRLA-014	Ø 1 ¼" e = 3.00 mm	2.35	kg/ml	12	0.81		9.72 ml	22.83 kg	22.83 kg



El puente metálico tiene un peso total de 8 730.30 kg. Este peso lo ingresamos en nuestro modelo como carga puntual transferida a las placas.

El peso ingresado fue de:

$$\frac{8\,730.30}{4} = 2\,182.58\text{ kg} \cong 2.18\text{ tn.}$$

3.3.1.7 Equipos Médicos Hospitalarios

Los equipos médicos hospitalarios que proporcionan carga considerables a la estructura se encuentran en el segundo nivel del sector "E", siendo estos el equipo de Rayos "X" estacionario en la zona de imaginología y el equipo de autoclaves en la zona de esterilización.

a. Equipo de rayos "X" estacionario

Es un equipo estacionario sin fluoroscopio, posee una mesa fija de altura regulable con desplazamiento del tablero longitudinal y transversal.

- Peso: 380 kg
- Área Distribuida: 1.50 m²
- Peso distribuido por m²: 253.33 kg/m² \cong 0.253 tn/m².

Por lo tanto, el peso ingresado al software correspondiente al equipo de Rayos "X" Estacionario es de 0.253 tn/m².

b. Esterilizador con Generador Eléctrico de Vapor dos Puertas (400 a 500 Lts.)

Este equipo tiene una capacidad de cámara de esterilización: entre 400 a 500 litros, con acabado de paneles de acero inoxidable AISI 304 equivalente o menor, funciona con generador de vapor eléctrico incorporado, posee una pantalla de



visualización y control digital, tienen una impresora incorporada para registro completo del proceso, así mismo un puerto de comunicación a computadora para descarga de resultado (incluye Software). El sistema tiene una bomba de vacío tipo anillo de agua, con ahorrador de agua y un sistema de validación de valores programados

- Peso: el peso del equipo en funcionamiento es de 1800 kg
- Área Distribuida: Este peso se distribuirá en un área de 7.50 m².
- Peso distribuido por m²: 240 kg/m² \cong 0.24 tn/m².

Por lo tanto, el peso ingresado al software correspondiente al equipo Esterilizador con Generador Eléctrico de Vapor dos Puertas es de 0.24 tn/m².

3.3.1.8 Ascensor

El peso del ascensor ejecutado en el sector "E" del Hospital Regional de Cajamarca es de 1000 kg aproximadamente, lo que equivale a distribuir en la parte superior donde se producen los mayores esfuerzos 1 tn. La carga viva a considerar fue de 7 personas con un peso aproximado de 70 kg.

Para la carga muerta se tiene:

- Peso: 1000 kg
- Área Distribuida: 18.82 m²
- Peso distribuido por m²: 53.12 kg/m² \cong 0.053 tn/m².

Para la carga viva se tiene:

- Peso: 490 kg
- Área Distribuida: 18.82 m²
- Peso distribuido por m²: 26.04 kg/m² \cong 0.026 tn/m².

Por lo tanto, el peso ingresado al software correspondiente al ascensor ubicado en la parte central es de 0.053 tn/m² para la carga muerta y 0.026 tn/m² para la carga viva.



3.3.2 Carga Viva

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones E020, se consideró la siguiente carga viva:

- Sala de operaciones, laboratorios y zonas de servicio: $300 \text{ kg/m}^2 \cong 0.30 \text{ tn/m}^2$
- Cuartos: $200 \text{ kg/m}^2 \cong 0.20 \text{ tn/m}^2$
- Corredores y Escaleras: $400 \text{ kg/m}^2 \cong 0.40 \text{ tn/m}^2$.

Para cada losa se consideró la condición más desfavorable.

3.3.3 Ingreso de Cargas al Modelo

La asignación de cargas al modelo se realizó de acuerdo a lo indicado en la Figuras 3.18, 3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 3.23 y 3.24.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

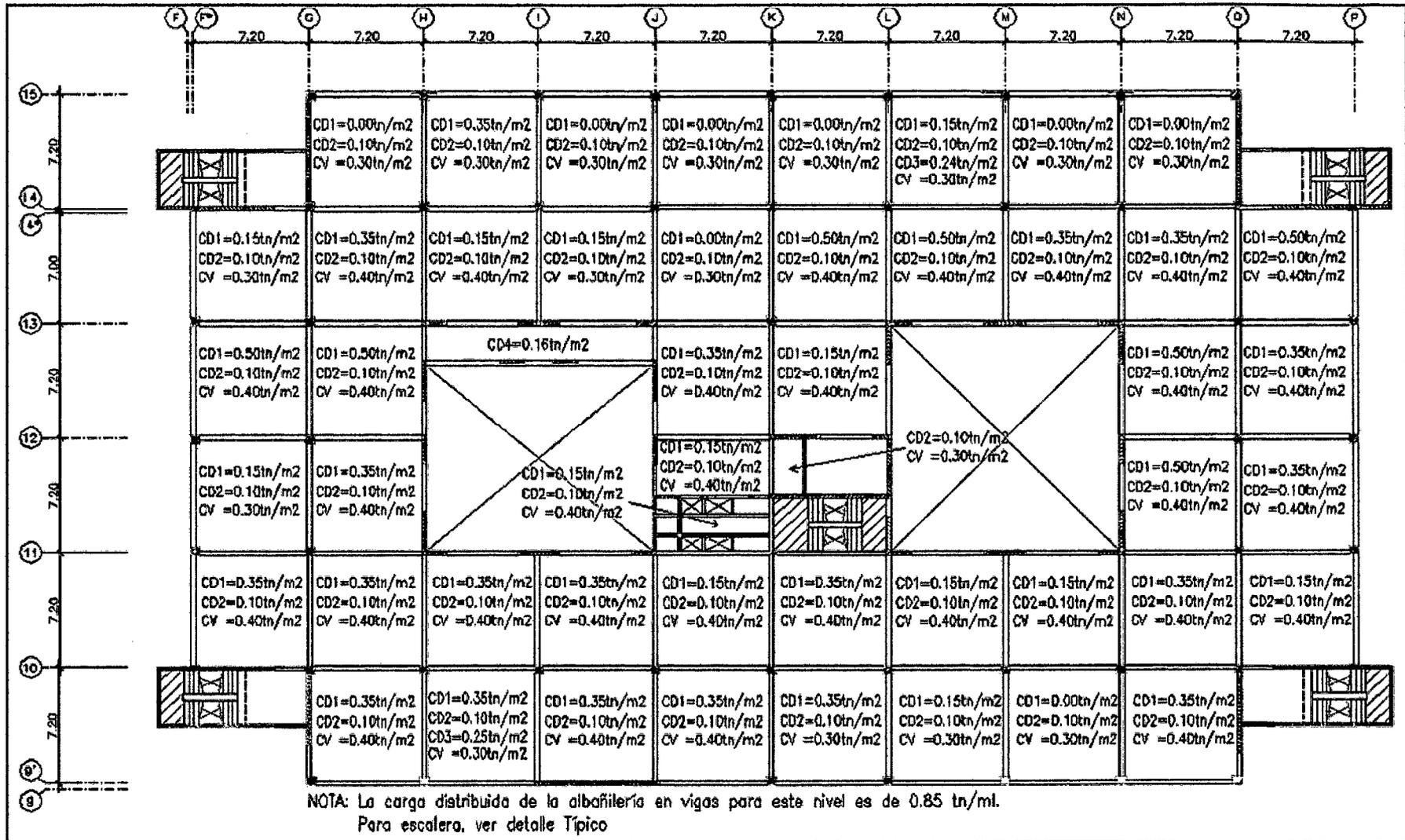


Fig 3.18 Asignación de Cargas para el Primer Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

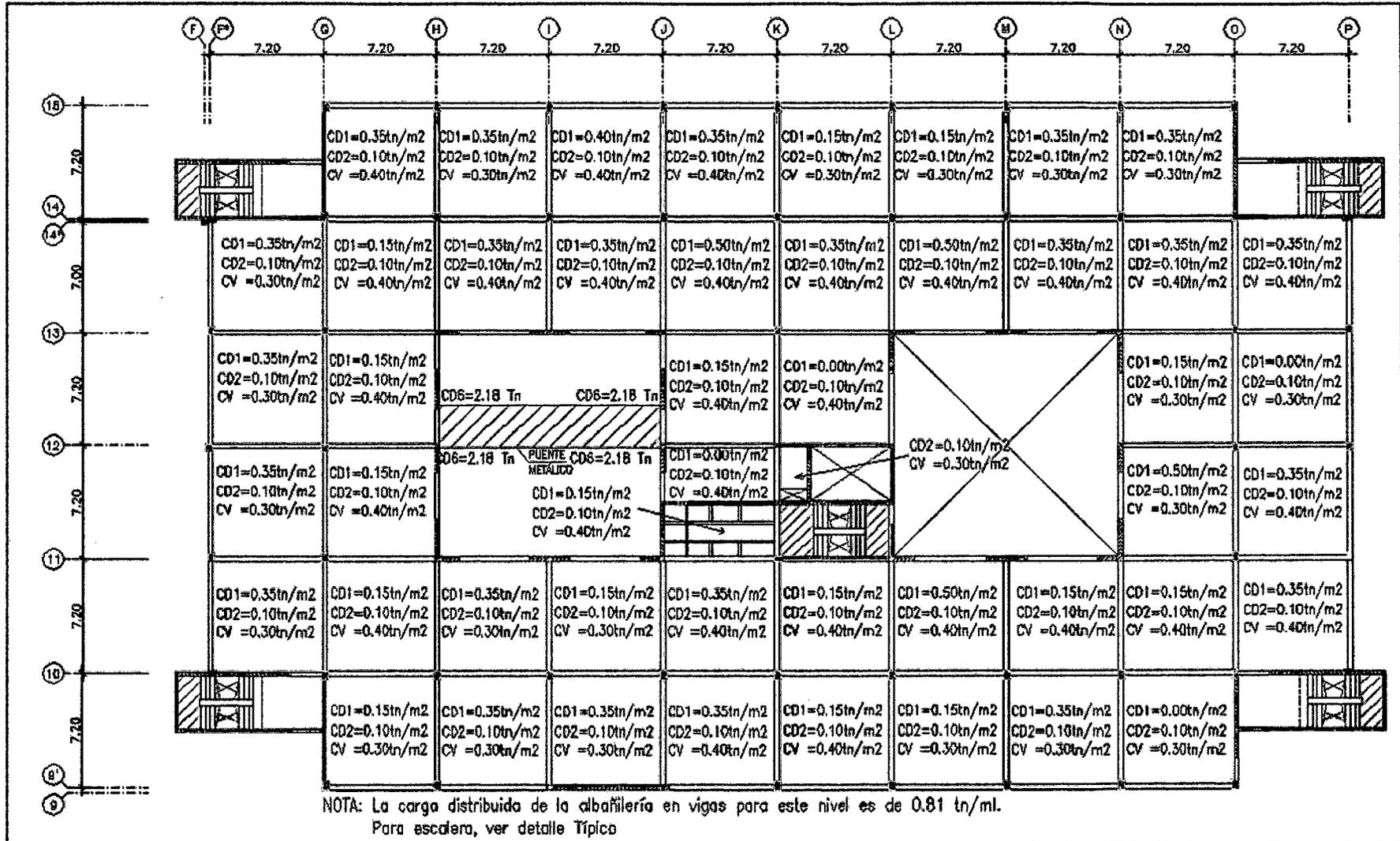


Fig 3.19 Asignación de Cargas para el Segundo Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

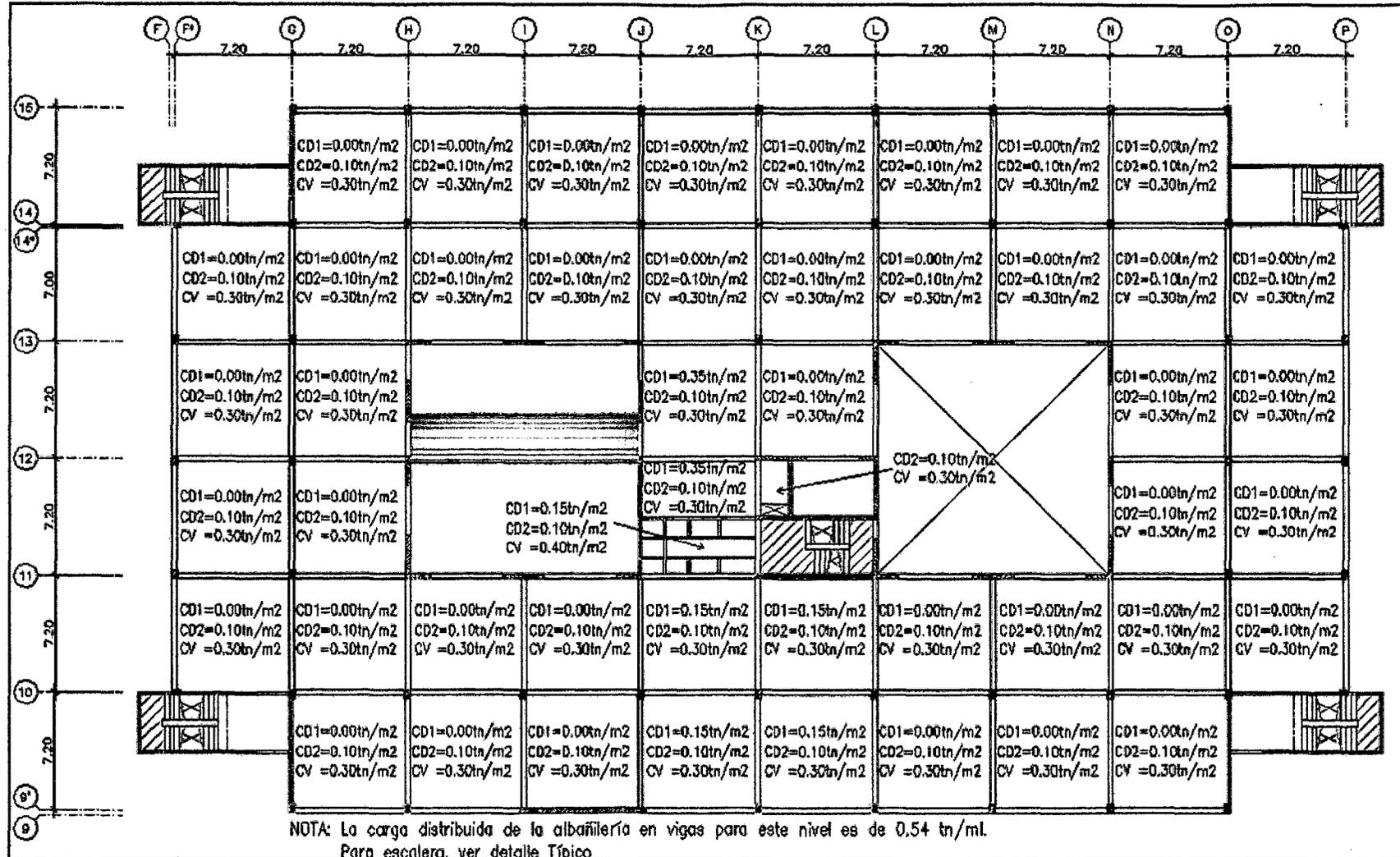


Fig 3.20 Asignación de Cargas para el Tercer Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

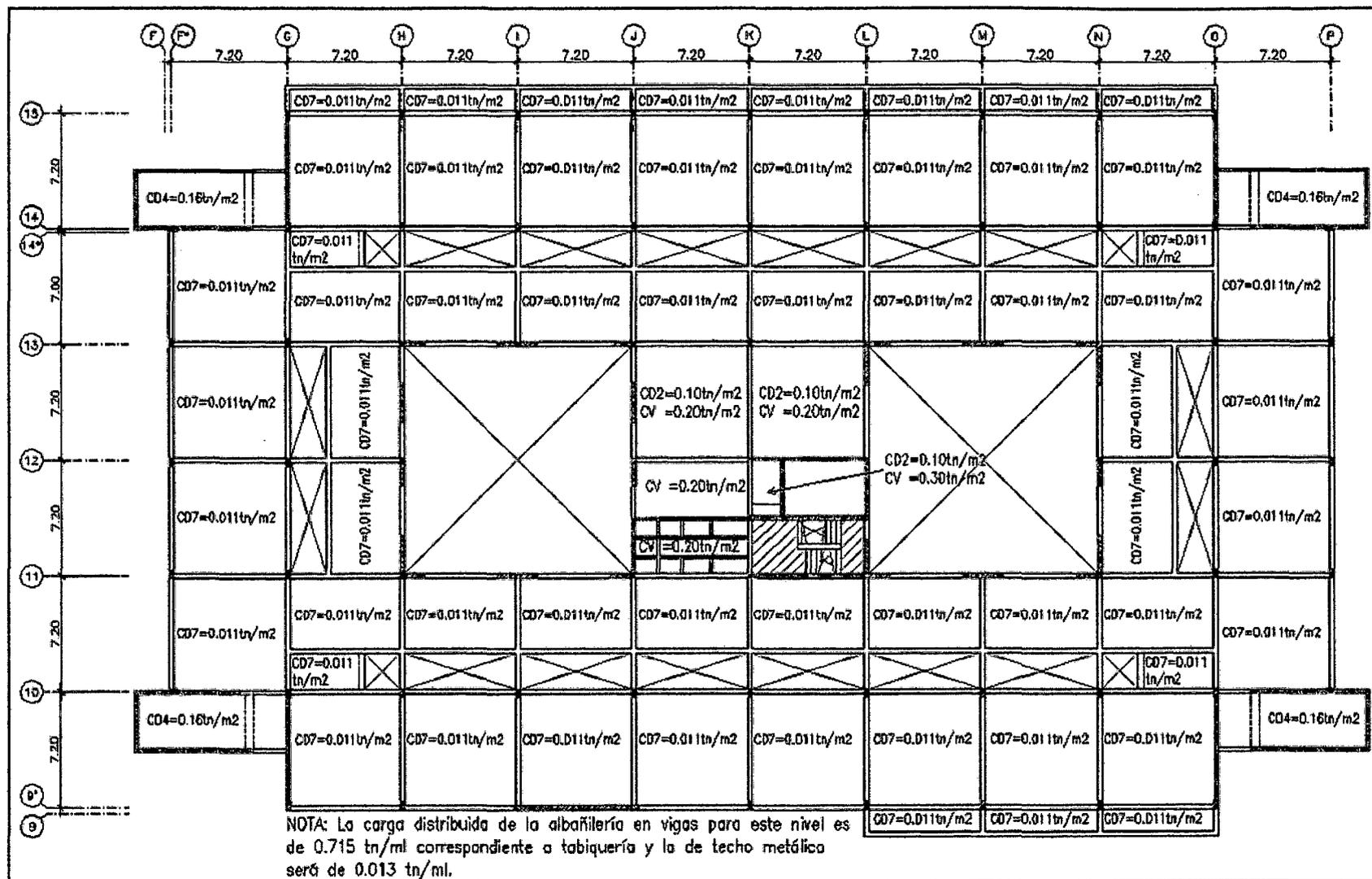


Fig 3.22 Asignación de Cargas para el Quinto Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

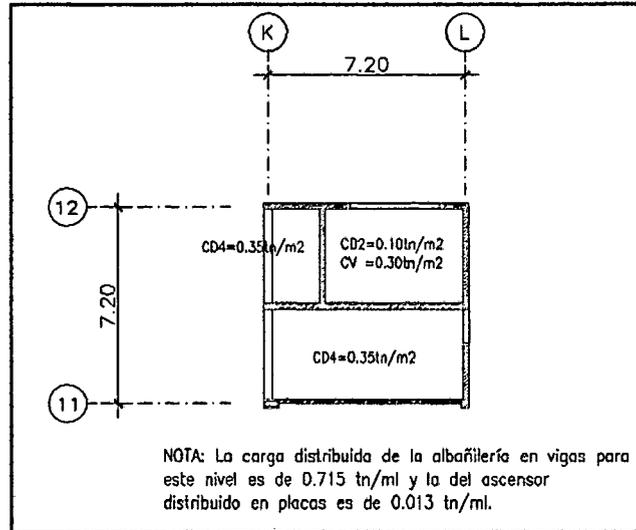


Fig 3.23 Asignación de Cargas para el Sexto Nivel

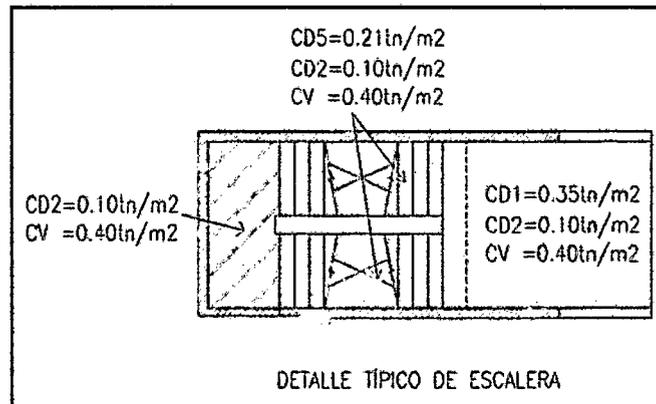


Fig 3.24 Asignación de Cargas para Escalera Típica



La leyenda considera para este análisis es la siguiente:

- CD1 = Tabiquería
- CD2 = Piso Terminado
- CD3 = Equipo Hospitalario
- CD4 = Ladrillo Pastelero
- CD5 = Peldaños de Escalera
- CD6 = Puente Metálico
- CD7 = Techo Metálico
- CV = Carga Viva

Para la asignación de Carga muerta mediante el uso del Software, a continuación se describe el procedimiento seguido:

Carga muerta distribuida por m2 de Losa

Se asignó cargas distribuidas de tabiquería para la densidad baja, media y alta, correspondiente a 0.15 tn/m^2 , 0.35 tn/m^2 y 0.50 tn/m^2 . Esta asignación se realizó para cada nivel de piso, de acuerdo a la distribución arquitectónica presentada en el Expediente Técnico.

Uniform Surface Loads

Load Case Name: DEAD Units: Ton-m

Uniform Load: Load: 0.15 Direction: Gravity

Options: Add to Existing Loads Replace Existing Loads Delete Existing Loads

OK Cancel

(a)

Uniform Surface Loads

Load Case Name: DEAD Units: Ton-m

Uniform Load: Load: 0.35 Direction: Gravity

Options: Add to Existing Loads Replace Existing Loads Delete Existing Loads

OK Cancel

(b)

Uniform Surface Loads

Load Case Name: DEAD Units: Ton-m

Uniform Load: Load: 0.50 Direction: Gravity

Options: Add to Existing Loads Replace Existing Loads Delete Existing Loads

OK Cancel

(c)

Fig 3.25 Ingreso de Carga para Densidad de Tabiquería Baja (a), Tabiquería media (b), Tabiquería alta (c)



Asignación de cargas para piso terminado, correspondiente a 0.10 tn/m^2 , se marcó la opción "Add to Existing Loads", para agregar a la carga ya ingresada.

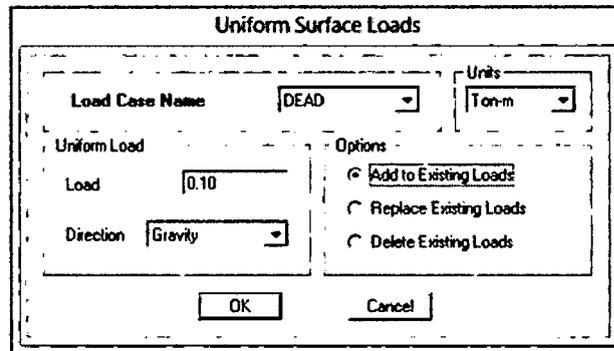


Fig 3.26 Ingreso de Carga Para piso Terminado

Asignación de cargas para peso de peldaños de escalera, correspondiente a 0.21 tn/m^2 .

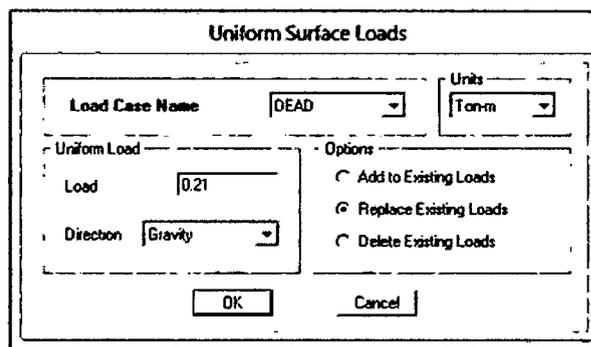


Fig 3.27 Ingreso de Carga de Peldaños de Escalera

Asignación de cargas para ladrillo pastelero, correspondiente a 0.16 tn/m^2 .

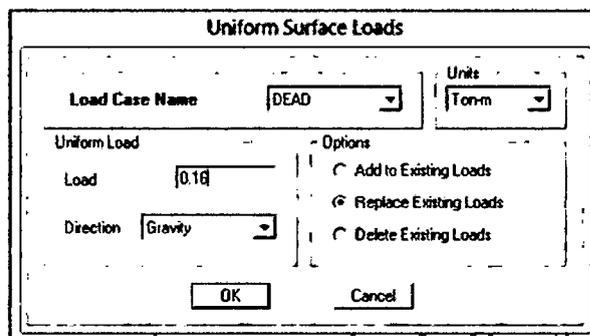


Fig 3.28 Ingreso de Carga de Ladrillo Pastelero



Asignación de cargas de techo metálico, correspondiente a 0.0103 tn/m².

The screenshot shows a software dialog box titled "Uniform Surface Loads". It contains the following fields and options:
- "Load Case Name" dropdown menu set to "DEAD".
- "Units" dropdown menu set to "Ton-m".
- "Uniform Load" section with a "Load" input field containing "0.0103" and a "Direction" dropdown menu set to "Gravity".
- "Options" section with three radio buttons: "Add to Existing Loads" (which is selected), "Replace Existing Loads", and "Delete Existing Loads".
- "OK" and "Cancel" buttons at the bottom.

Fig 3.29 Ingreso de Carga de Techo Metálico

Asignación de cargas distribuida de los equipos médicos hospitalarios, correspondiente al equipo de rayos X estacionario y al esterilizador.

This is a screenshot of the "Uniform Surface Loads" dialog box, similar to Fig 3.29 but with a different load value. The "Load" input field contains "0.253". All other fields and options are identical to the previous figure.

(a)

This is a screenshot of the "Uniform Surface Loads" dialog box, similar to Fig 3.29 but with a different load value. The "Load" input field contains "0.24". All other fields and options are identical to the previous figure.

(b)

Fig 3.30 Ingreso de Carga de Equipo de Rayos X Estacionario (a), Esterilizador de mesa (b)



Asignación de carga muerta distribuida por ml de viga

La distribución de carga por ml de viga, fue ingresada para cada nivel de la estructura.

Asignación de carga correspondiente a la tabiquería.

Figure 3.31 shows two screenshots of the 'Frame Distributed Loads' dialog box. Both screenshots have the following settings: Load Case Name: DEAD; Units: Ton-m; Load Type and Direction: Forces; Direction: Gravity; Options: Replace Existing Loads. The Trapezoidal Loads section is collapsed. The Uniform Load section is active, with the Load value set to 0.85 in (a) and 0.81 in (b).

(a)

(b)

Figure 3.31 shows two more screenshots of the 'Frame Distributed Loads' dialog box. Both screenshots have the following settings: Load Case Name: DEAD; Units: Ton-m; Load Type and Direction: Forces; Direction: Gravity; Options: Replace Existing Loads. The Trapezoidal Loads section is collapsed. The Uniform Load section is active, with the Load value set to 0.54 in (c) and 0.72 in (d).

(c)

(d)

Fig 3.31 Ingreso de Carga de Tabiquería por ml de viga en el techo del primer nivel (a), techo del segundo nivel (b), techo del tercer nivel (c), techo del cuarto Nivel (d), techo del cuarto y quinto nivel

Asignación de carga correspondiente al Techo metálico

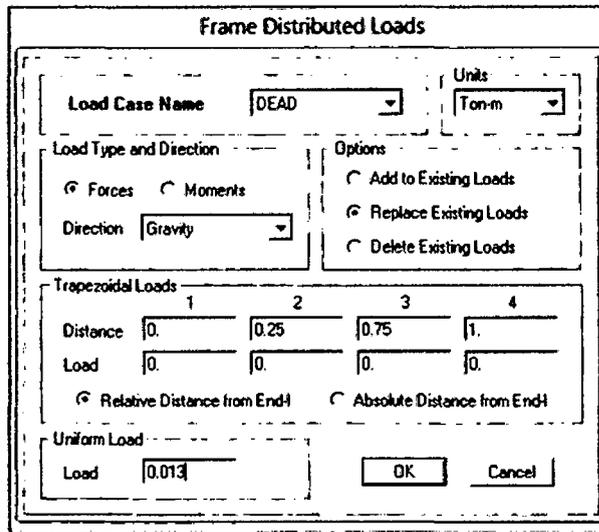


Fig 3.32 Ingreso de Carga por ml de viga de Techo Metálico

Para la asignación de la carga del puente metálico se lo realizó como carga puntual apoyado en las placas.

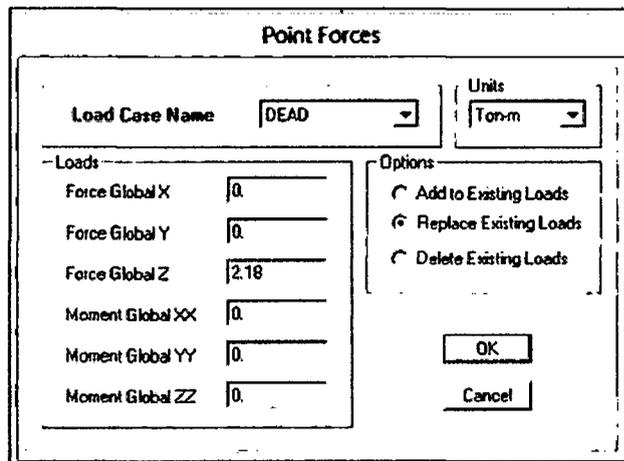


Fig 3.33 Ingreso de Carga Puntual del Puente Metálico apoyando en las placas

Asignación de Carga Viva mediante el uso del Software

Para el ingreso de la carga viva se tomó en consideración lo establecido en el RNE E020 y considerando el estado más desfavorable.



Uniform Surface Loads

Load Case Name: LIVE Units: Ton-m

Uniform Load

Load: 0.20 Direction: Gravity

Options

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK Cancel

(a)

Uniform Surface Loads

Load Case Name: LIVE Units: Ton-m

Uniform Load

Load: 0.30 Direction: Gravity

Options

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK Cancel

(b)

Uniform Surface Loads

Load Case Name: LIVE Units: Ton-m

Uniform Load

Load: 0.40 Direction: Gravity

Options

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK Cancel

(c)

Fig 3.34 Ingreso de Carga Viva para cuartos (a), sala de operaciones, laboratorios y zona de servicio (b), corredores y escaleras (c)



3.4 Procedimiento para la Definición del Espectro de Diseño

Para la definición del espectro de diseño se tuvo en cuenta lo especificado en el RNE E030. Para ello se utilizó la Ec. 2.1.

$$S_a = \frac{(ZUCS) * g}{R}$$

Definición de Datos

Ubicación	:	Cajamarca
Uso de la edificación	:	Hospital
Tipo de suelo	:	Arcillas arenosas (CL), con presencia de gravas y limos
Perfil	:	S2 De acuerdo a estudio de suelos
Sistema Estructural:	:	Dual
Descripción Sistema Estructural	:	Pórticos, caja de ascensores y escaleras

De acuerdo al RNE E030 y a lo indicado en la definición de datos, se establecen los parámetros para el diseño del espectro sísmico.

a. Factor de Zona

El RNE E030 indica que Cajamarca se encuentra ubicado en una zona de alta sismicidad, de acuerdo a la Tabla 2.4, Cajamarca está en una zona tipo 3, correspondiéndole un factor de $Z = 0.40$.

b. Factor de Uso

El RNE E030, clasifica al Hospital Regional de Cajamarca como una edificación esencial, de acuerdo a la Tabla 2.5, le corresponde un factor de uso $U = 1.5$.

c. Factor de Suelo

El estudio de suelos entregado en el expediente Técnico indica que el Hospital Regional de Cajamarca se ha construido en un perfil de suelo S2, clasificado de acuerdo al RNE como un suelo intermedio. De acuerdo a la



Tabla 2.6, indica un factor de suelo $S= 1.2$, mediante este factor también se obtiene el periodo de vibración, correspondiente a $T_p= 0.6$ seg.

d. Coeficiente de Reducción Sísmica

El Hospital Regional de Cajamarca es una edificación conformada por un sistema de pórticos y placas. De acuerdo a la Tabla 2.07, le corresponde un coeficiente de Reducción Sísmica $R= 7$.

Por lo tanto, los parámetros para el cálculo del espectro de diseño son:

Z	=	0.40
U	=	1.50
S	=	1.20
R	=	7.00
TP	=	0.60

El espectro de diseño fue generado para un periodo de vibración de la estructura analizada hasta 10seg, como se indica en la Tabla 3.5.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

Tabla 3.5 Elaboración del Espectro de Diseño

T	C	Sa/g	T	C	Sa/g	T	C	Sa/g
0.010	2.500	0.257	3.400	0.441	0.045	6.800	0.221	0.023
0.100	2.500	0.257	3.500	0.429	0.044	6.900	0.217	0.022
0.200	2.500	0.257	3.600	0.417	0.043	7.000	0.214	0.022
0.300	2.500	0.257	3.700	0.405	0.042	7.100	0.211	0.022
0.400	2.500	0.257	3.800	0.395	0.041	7.200	0.208	0.021
0.500	2.500	0.257	3.900	0.385	0.040	7.300	0.205	0.021
0.600	2.500	0.257	4.000	0.375	0.039	7.400	0.203	0.021
0.700	2.143	0.220	4.100	0.366	0.038	7.500	0.200	0.021
0.800	1.875	0.193	4.200	0.357	0.037	7.600	0.197	0.020
0.900	1.667	0.171	4.300	0.349	0.036	7.700	0.195	0.020
1.000	1.500	0.154	4.400	0.341	0.035	7.800	0.192	0.020
1.100	1.364	0.140	4.500	0.333	0.034	7.900	0.190	0.020
1.200	1.250	0.129	4.600	0.326	0.034	8.000	0.188	0.019
1.300	1.154	0.119	4.700	0.319	0.033	8.100	0.185	0.019
1.400	1.071	0.110	4.800	0.313	0.032	8.200	0.183	0.019
1.500	1.000	0.103	4.900	0.306	0.031	8.300	0.181	0.019
1.600	0.938	0.096	5.000	0.300	0.031	8.400	0.179	0.018
1.700	0.882	0.091	5.100	0.294	0.030	8.500	0.176	0.018
1.800	0.833	0.086	5.200	0.288	0.030	8.600	0.174	0.018
1.900	0.789	0.081	5.300	0.283	0.029	8.700	0.172	0.018
2.000	0.750	0.077	5.400	0.278	0.029	8.800	0.170	0.018
2.100	0.714	0.073	5.500	0.273	0.028	8.900	0.169	0.017
2.200	0.682	0.070	5.600	0.268	0.028	9.000	0.167	0.017
2.300	0.652	0.067	5.700	0.263	0.027	9.100	0.165	0.017
2.400	0.625	0.064	5.800	0.259	0.027	9.200	0.163	0.017
2.500	0.600	0.062	5.900	0.254	0.026	9.300	0.161	0.017
2.600	0.577	0.059	6.000	0.250	0.026	9.400	0.160	0.016
2.700	0.556	0.057	6.100	0.246	0.025	9.500	0.158	0.016
2.800	0.536	0.055	6.200	0.242	0.025	9.600	0.156	0.016
2.900	0.517	0.053	6.300	0.238	0.024	9.700	0.155	0.016
3.000	0.500	0.051	6.400	0.234	0.024	9.800	0.153	0.016
3.100	0.484	0.050	6.500	0.231	0.024	9.900	0.152	0.016
3.200	0.469	0.048	6.600	0.227	0.023	10.000	0.150	0.015
3.300	0.455	0.047	6.700	0.224	0.023			

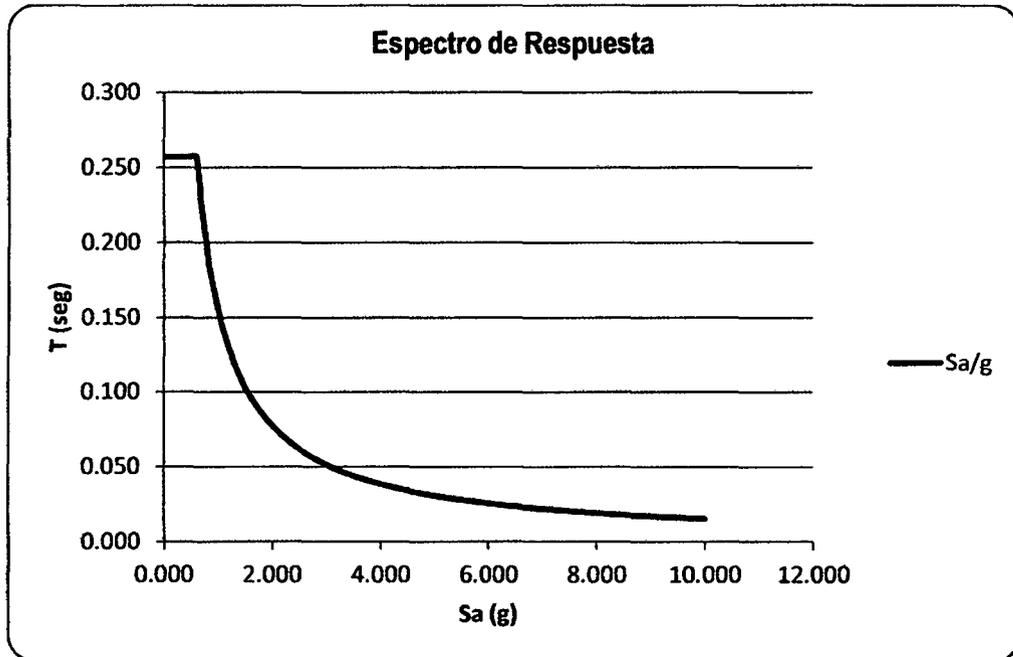


Fig 3.35 Espectro de Diseño de acuerdo al RNE E030

Para el ingreso del espectro al software, se guardó los datos en un archivo de bloc de notas, para posteriormente ser cargada.

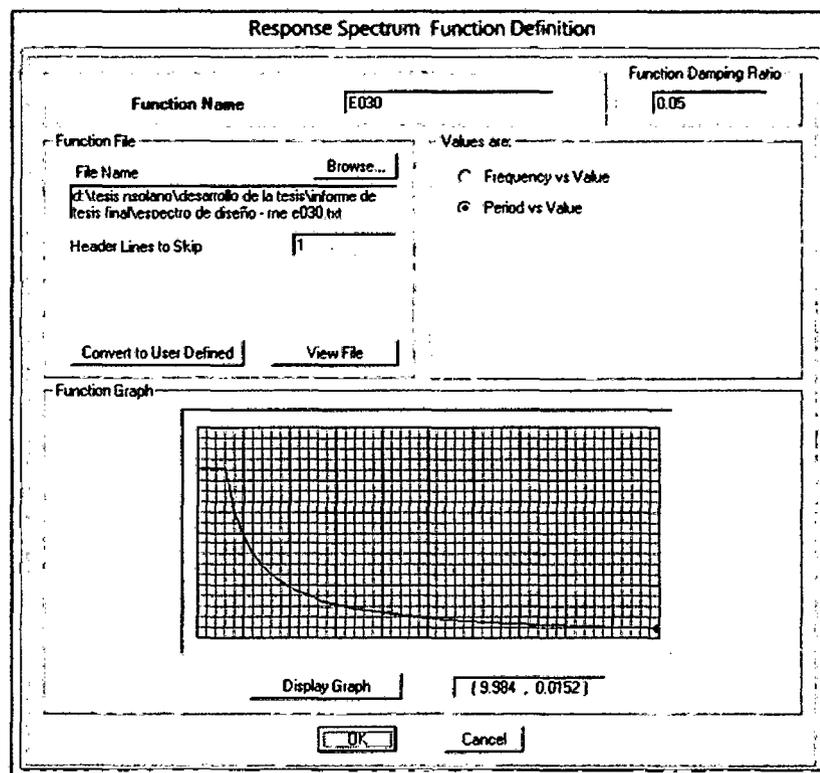


Fig 3.36 Definición del Espectro de Diseño en el software



Definimos los casos de cómo se va a realizar el análisis del sismo. El espectro de respuesta fue analizado para un sistema estructural con amortiguamiento del 5%, con un modo de combinación CQC (Combinación cuadrática completa) y combinación direccional SRSS (Square Root of Sum of Squares), para las direcciones en X, Y y Z, en este último caso se tomó los 2/3 de las direcciones en X e Y como indica el RNE E030.

Direction	Function	Scale Factor
U1	E030	9.81
U2	E030	9.81
UZ	E030	6.54

Fig 3.37 Definición de la Forma de Análisis del Sismo

En el comando de input Response Spectra, ingresamos el sismo con el que se realizará el análisis, seguido del factor de escala que para la dirección X e Y es la gravedad de 9.81 y para la dirección Z es de 2/3 de la gravedad, correspondiente a 6.54.



3.4.1 Definición de Diagramas

Para cada nivel se consideró y definió un diafragma rígido, el cual nos permitió obtener los desplazamientos máximos.

En el software, la definición de diafragmas se lo realizó de la siguiente forma:

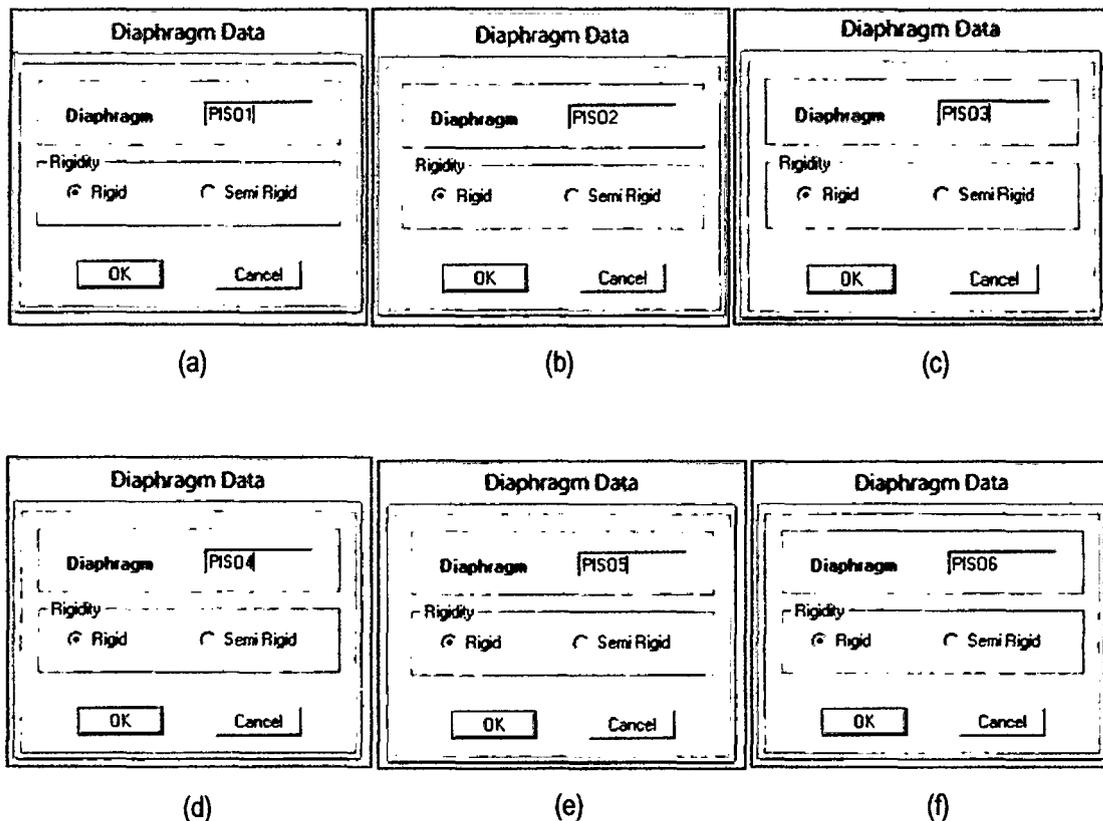


Fig 3.38 Definición de diafragmas para el nivel 1(a), nivel 2(b), nivel 3 (c), nivel 4 (d), nivel 5 (e), nivel 6 (f)

3.4.2 Definición de Masas

De acuerdo al RNE E030, indica que para el análisis sísmico, la masa se calcula adicionando a la carga permanente y total de la Edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga. Como el Hospital Regional de Cajamarca es una edificación esencial, se tomó el 50% de la carga viva.

Los datos en el software se ingresó de acuerdo a como se muestra en la Fig. 3.39.

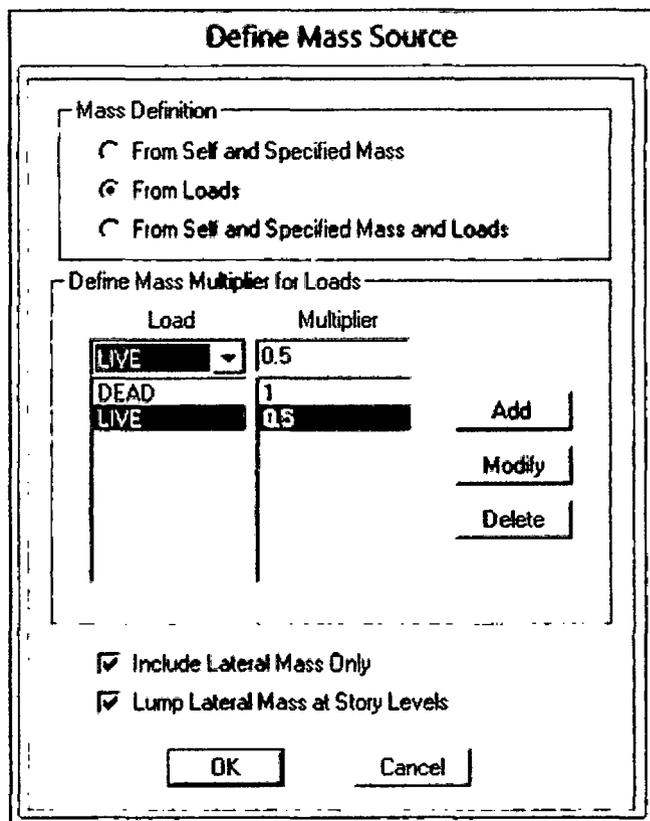


Fig 3.39 Definición de Masas para la carga muerta y la carga viva

3.4.3 Combinación de Cargas

De acuerdo a los requisitos generales de resistencia especificados en las Norma E060, se presenta el análisis para las combinaciones establecidas en la Ec. 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 y 2.10.

- $U_1 = 1.4 CD + 1.7 CV$
- $U_2 = 1.25CD + 1.25CV + CS$
- $U_3 = 1.25CD + 1.25CV - CS$
- $U_4 = 0.90CD + CS$
- $U_5 = 0.90CD - CS$

Estás combinaciones son ingresadas al software como se indica en la Fig. 3.40.



Load Combination Data

Load Combination Name: U1

Load Combination Type: SRSS

Define Combination

Case Name	Scale Factor
DEAD Static Load	1.4
LIVE Static Load	1.7

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

(a)

Load Combination Data

Load Combination Name: U2

Load Combination Type: SRSS

Define Combination

Case Name	Scale Factor
DEAD Static Load	1.25
LIVE Static Load	1.25
SISMO Spectra	1

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

(b)

Load Combination Data

Load Combination Name: U3

Load Combination Type: SRSS

Define Combination

Case Name	Scale Factor
DEAD Static Load	1.25
LIVE Static Load	1.25
SISMO Spectra	1

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

(c)

Load Combination Data

Load Combination Name: U4

Load Combination Type: SRSS

Define Combination

Case Name	Scale Factor
DEAD Static Load	0.9
LIVE Static Load	0.9
SISMO Spectra	1

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

(d)

Load Combination Data

Load Combination Name: U5

Load Combination Type: SRSS

Define Combination

Case Name	Scale Factor
DEAD Static Load	0.9
LIVE Static Load	0.9
SISMO Spectra	1

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

(e)

3.40 Ingreso de Estados de Combinación U1 (a), U2 (b), U3 (c), U4 (d), U5 (e)



3.4.4 Definición de Modos de Vibración

Se definió 18 modos de vibración, 3 por cada nivel (2 traslacionales y 1 rotacional).

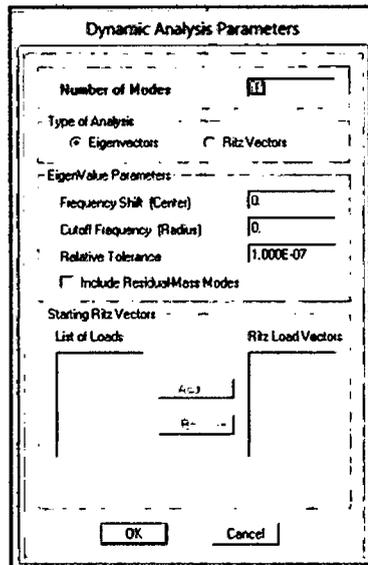


Fig 3.41 Definición de modos de vibración

Para contribuir que las cargas asignadas se distribuyan en toda la estructura, se ejecutó el siguiente comando:

Área de objetos - opciones automáticas de mallas:

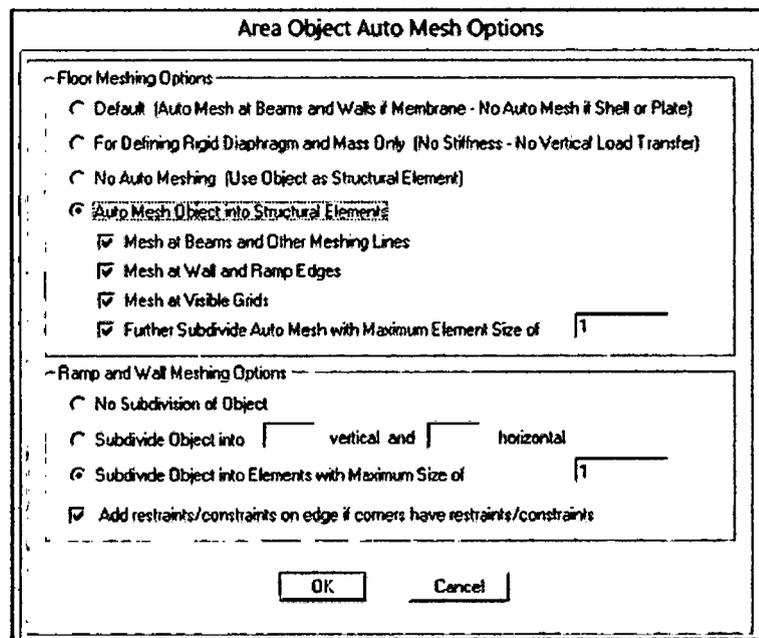


Fig 3.42 Área de Objetos – opciones automáticas de mallas



Línea de objetos - opciones automáticas de mallas:

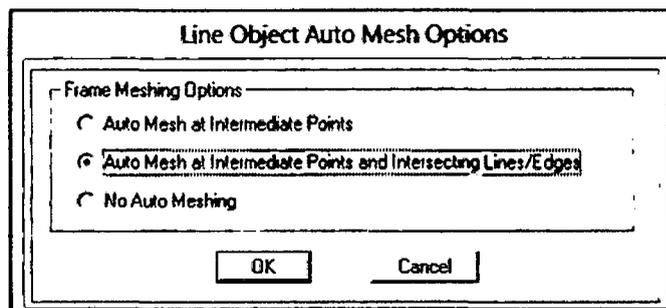


Fig 3.43 Línea de Objetos – opciones automáticas de mallas

Finalmente en el modelo se consideró las preferencias del diseño del concreto el cuál se debe asemejar a nuestra norma. Este punto se ingresa de la siguiente forma:

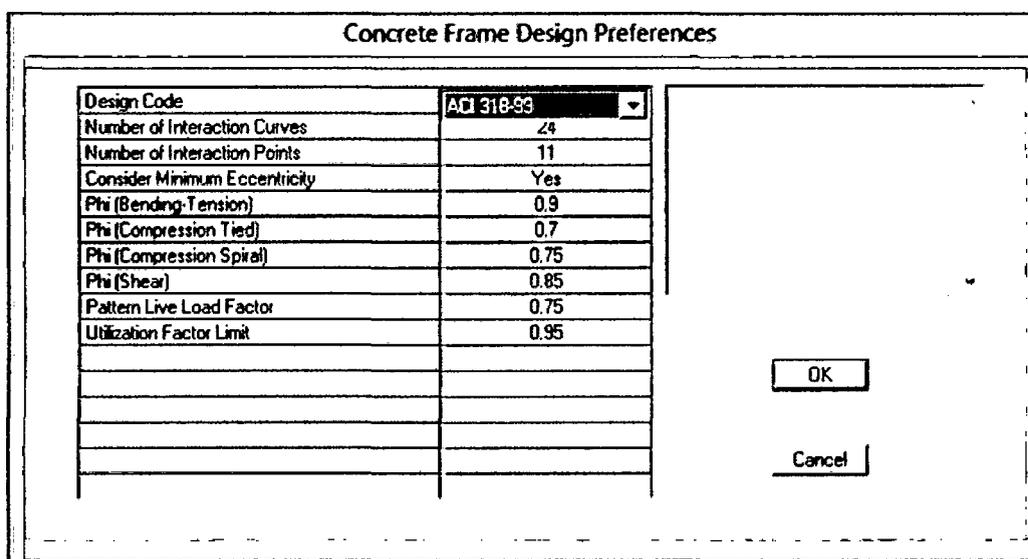


Fig 3.44 Preferencias de Diseño del Concreto

Ingresados los datos se procede con el análisis sísmico, obteniendo la siguiente deformada de la estructura (Fig. 3.45).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

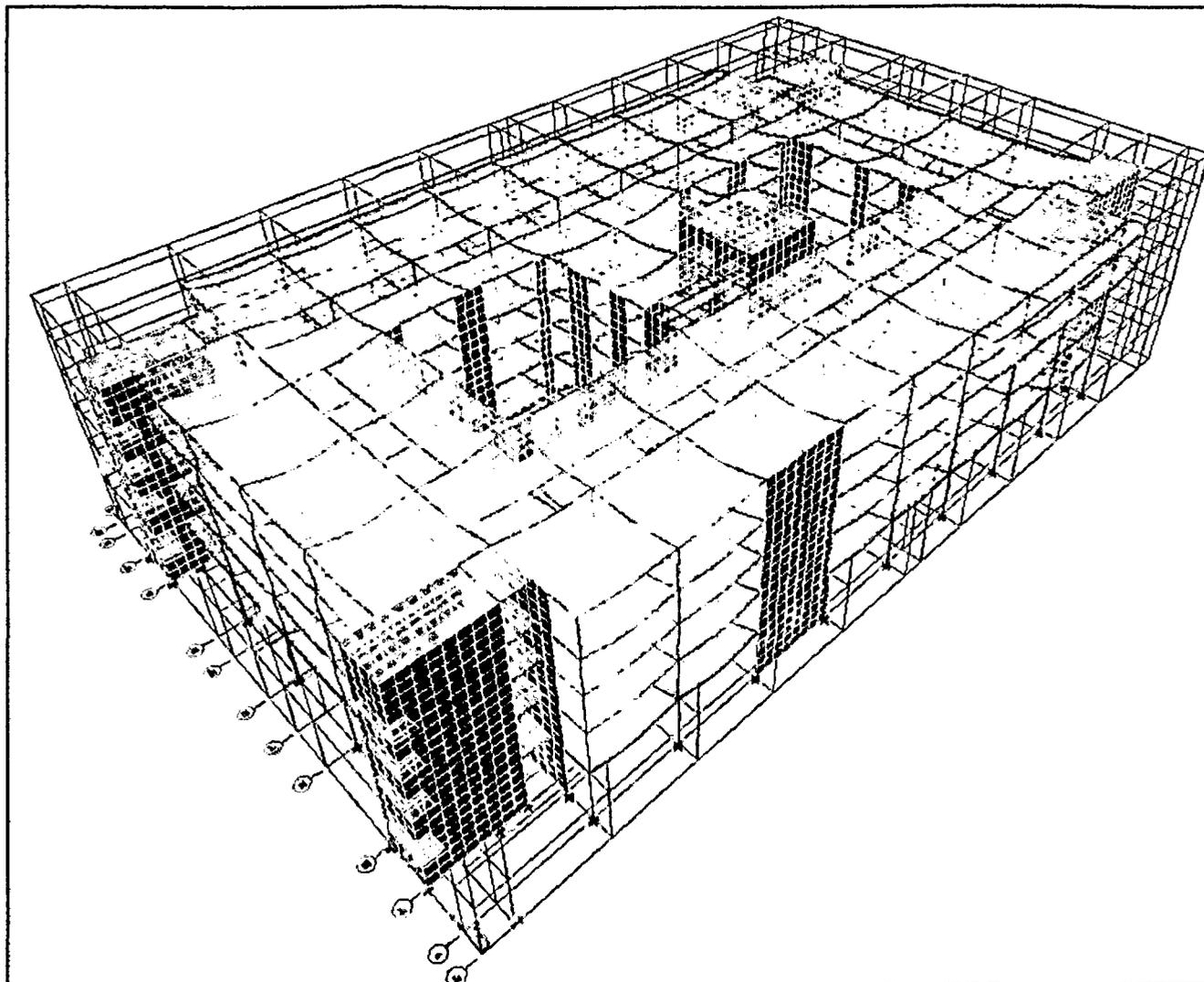


Fig 3.45 Deformada de la Estructura - Sector "E"



CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el presente capítulo se describe los resultados obtenidos del análisis, los cuales nos dan a conocer el comportamiento que tiene la estructura del sector E del Hospital Regional de Cajamarca frente a la ocurrencia de un sismo severo. Los resultados obtenidos son el período de vibración de la estructura con sus masas participantes, las derivas máximas y los esfuerzos internos de los elementos.

4.1 Resultados

En la etapa de procesamiento se realizó el análisis dinámico espectral con los datos ingresados en el pre-procesamiento. En esta etapa se obtiene los resultados del análisis inicial.

4.1.1 Análisis de los modos de Vibración

Los edificios, poseen distintas formas de vibrar ante cargas dinámicas, producidas generalmente por la ocurrencia de un sismo, las cuales pueden afectar en mayor o menor medida a la estructura. Estas formas de vibrar se conocen como modos de vibración.

La forma más básica de vibrar de un edificio, es cuando la estructura oscila de un lado a otro. Normalmente a este modo fundamental se lo conoce como el Modo 1.

Las fuerzas a las que se ve sometido un edificio relacionan el peso con las aceleraciones que se producen un sismo, por lo tanto, en cada instante de tiempo estas fuerzas cambian.

La aceleración máxima en un registro acelerográfico ocurre en un instante de tiempo muy corto, por lo tanto, está aceleración, no es suficiente para causar daños severos a las estructuras. Un factor importante para el análisis es la duración del movimiento del suelo. Si las aceleraciones son moderadas pero la duración del sismo es prolongada, puede llegar el momento en que el desgaste estructural que sufre los materiales provoque el colapso de la estructura.



En la presente investigación se definieron 18 modos de vibración de la estructura. En la Tabla 4.1 se muestra los modos de vibración, período y masa participativa obtenida del análisis sísmico.

TABLA 4.1. Modos de Vibración de la estructura.

Mode	Período	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	0.40	0.00	76.95	0.00	0.00	76.95	0.00
2	0.35	65.92	0.00	0.00	65.92	76.96	0.00
3	0.30	10.33	0.06	0.00	76.24	77.02	0.00
4	0.14	0.11	0.04	0.00	76.36	77.06	0.00
5	0.13	0.00	13.78	0.00	76.36	90.84	0.00
6	0.12	0.00	1.60	0.00	76.36	92.44	0.00
7	0.11	13.19	0.00	0.00	89.55	92.44	0.00
8	0.10	2.81	0.15	0.00	92.36	92.59	0.00
9	0.09	0.00	0.00	0.00	92.36	92.59	0.00
10	0.08	0.18	2.81	0.00	92.54	95.40	0.00
11	0.08	0.40	0.23	0.00	92.95	95.63	0.00
12	0.08	0.73	0.37	0.00	93.68	96.00	0.00
13	0.08	0.58	0.23	0.00	94.26	96.23	0.00
14	0.08	0.18	0.27	0.00	94.44	96.50	0.00
15	0.07	0.06	0.04	0.00	94.50	96.54	0.00
16	0.07	0.39	0.04	0.00	94.90	96.58	0.00
17	0.07	0.75	0.51	0.00	95.65	97.08	0.00
18	0.07	0.07	0.01	0.00	95.72	97.09	0.00

En la Tabla 4.1, se muestran resaltados los valores de los modos fundamentales para cada dirección que involucran la mayor cantidad de masa de la edificación, es así como el período fundamental relacionado con el eje X se da en el modo 2 con 0.35 seg (Fig. 4.2) y el relacionado con el eje Y es de 0.40 seg. Correspondiente al modo 1 (Fig. 4.1).



En el primer modo de vibración, donde se muestra el mayor porcentaje de masa participativa (76.95), la estructura oscila de un lado a otro en la dirección Y, con un período fundamental de vibración de 0.40seg. (Fig. 4.1)

En el segundo modo de vibración, donde el porcentaje de masa participativa es de 65.92 %, la estructura oscila de un lado a otro en la dirección X, con un período fundamental de vibración de la estructura de 0.35 seg. (Fig. 4.2).

En estos dos primeros modos de vibración, el movimiento en la base, es mucho menor que en la parte superior. Cuando ocurre un sismo, este movimiento de vibración de la estructura se ve incrementado. Esto produce que las personas cuando están en pisos superiores perciban un movimiento mayor que las personas ubicadas en pisos inferiores, principalmente esto sucede cuando los sismos ocurren a gran distancia o profundidad.

En el tercer modo de vibración, se puede observar un movimiento de rotación de la estructura en la dirección Y, con un porcentaje de masa participativa en el eje X de 10.33 % y en el eje Y de 0.06%. El período fundamental de vibración de este tercer modo es de 0.30 seg. (Fig. 4.3).

El cuarto modo de vibración, muestra un período de vibración de 0.14 seg. El porcentaje de masa participativa tanto en la dirección X como en la dirección Y, es baja, se puede observar un movimiento de rotación de la estructura en la dirección X. (Fig. 4.4).

En el quinto modo de vibración, el mayor porcentaje de Masa participativa se da en la dirección Y, con 13.78 %, el período fundamental de vibración de este modo es de 0.13 seg. (Fig. 4.5).

Igual que para el modo 4, en el sexto modo de vibración, el porcentaje de masa participativa tanto en la dirección X como en la dirección Y, es baja. El periodo fundamental de vibración de este modo es de 0.12 seg. El movimiento que presenta este modo, es la oscilación de la estructura, cuando la fuerza sísmica ha



sido aplicada en la parte baja y central de la estructura con relación al eje X. El movimiento oscilatorio se puede apreciar en la dirección Y. (Fig. 4.6).

En el séptimo modo de vibración, se muestra un mayor porcentaje de masa participativa en la dirección X (13.19%), el período fundamental de vibración es de 0.11 seg. El movimiento que presenta este modo, es la oscilación de la estructura, cuando la fuerza sísmica ha sido aplicada en la parte baja y central de la estructura con relación al eje Y. El movimiento oscilatorio se puede apreciar en la dirección X. (Fig. 4.7).

Se puede observar que dentro de los primeros 7 modos significativos se encuentra el 90 % de la masa involucrada para cada dirección.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

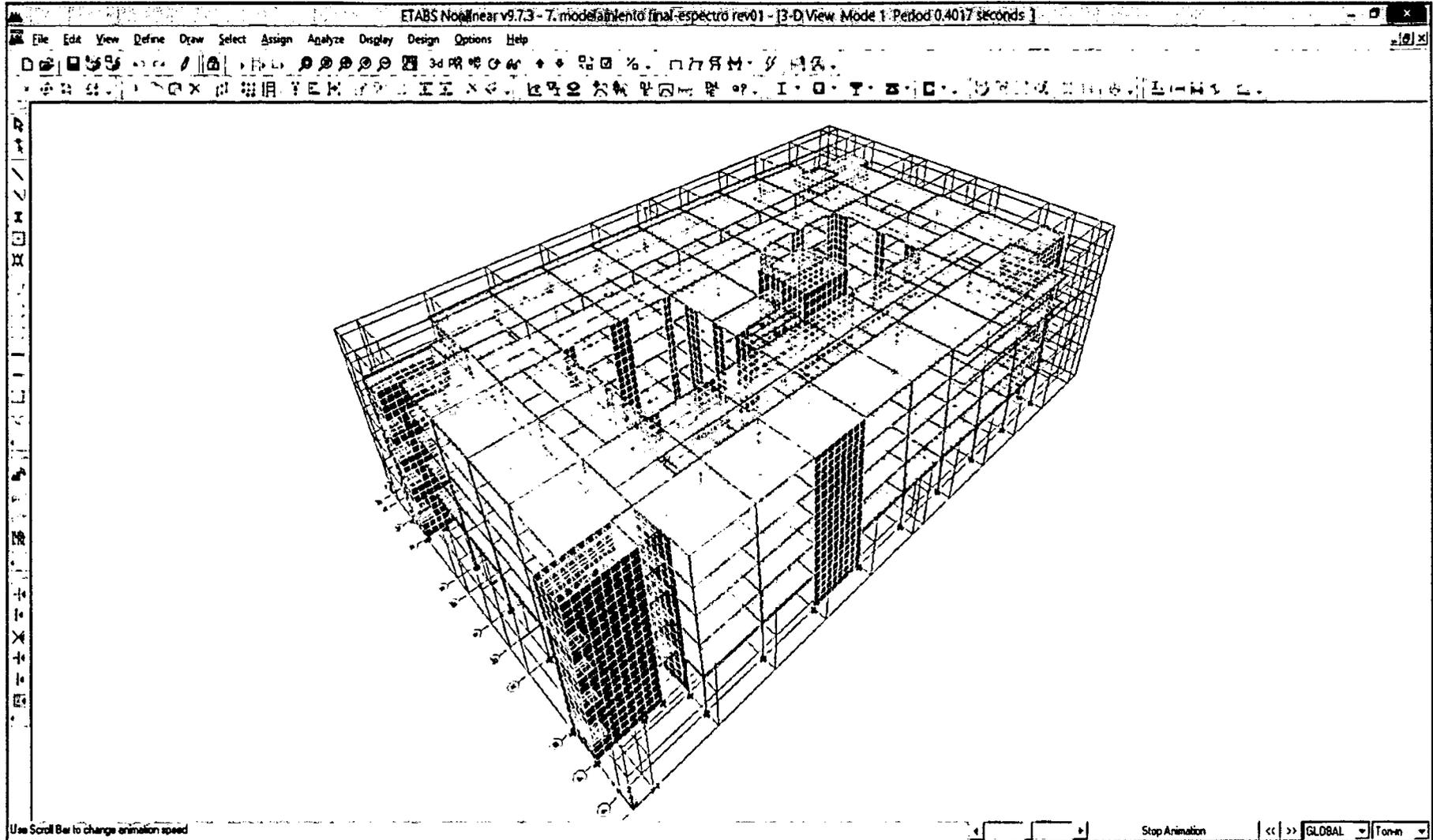


Fig 4.1 Primer Modo de Vibración $T=0.40$ seg.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

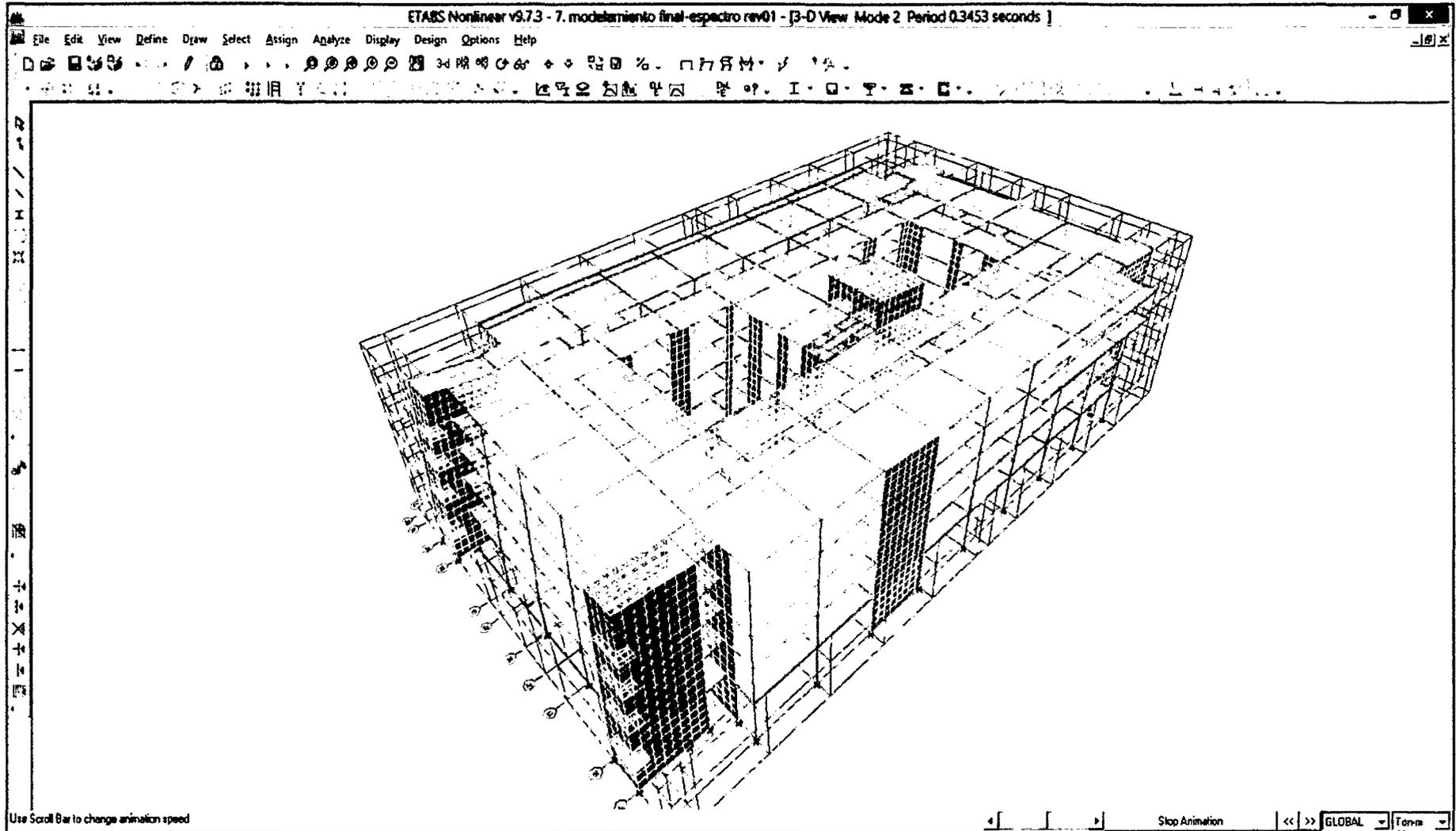


Fig 4.2 Segundo Modo de Vibración – T=0.35 seg.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

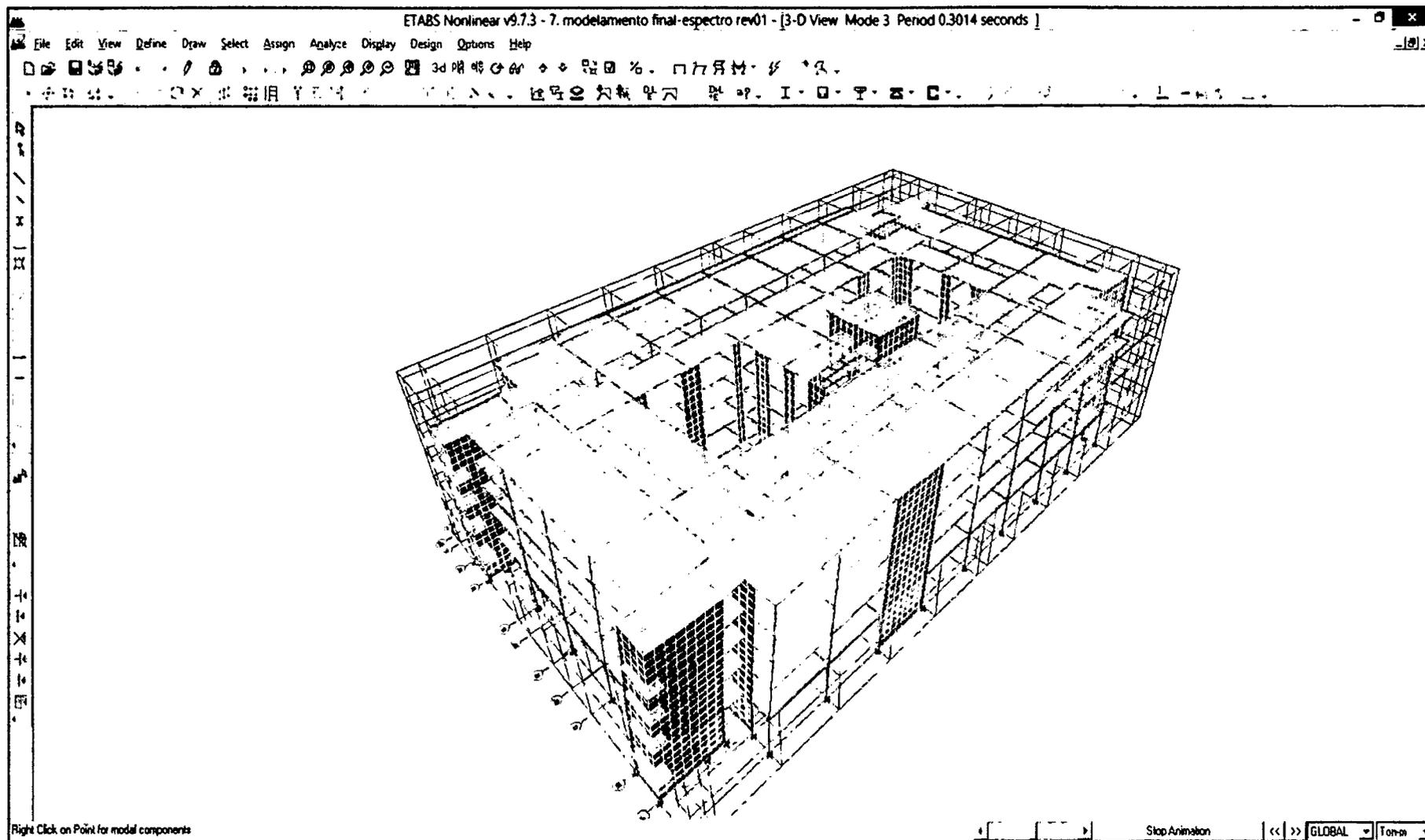


Fig 4.3 Tercer Modo de Vibración – T=0.30 seg.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

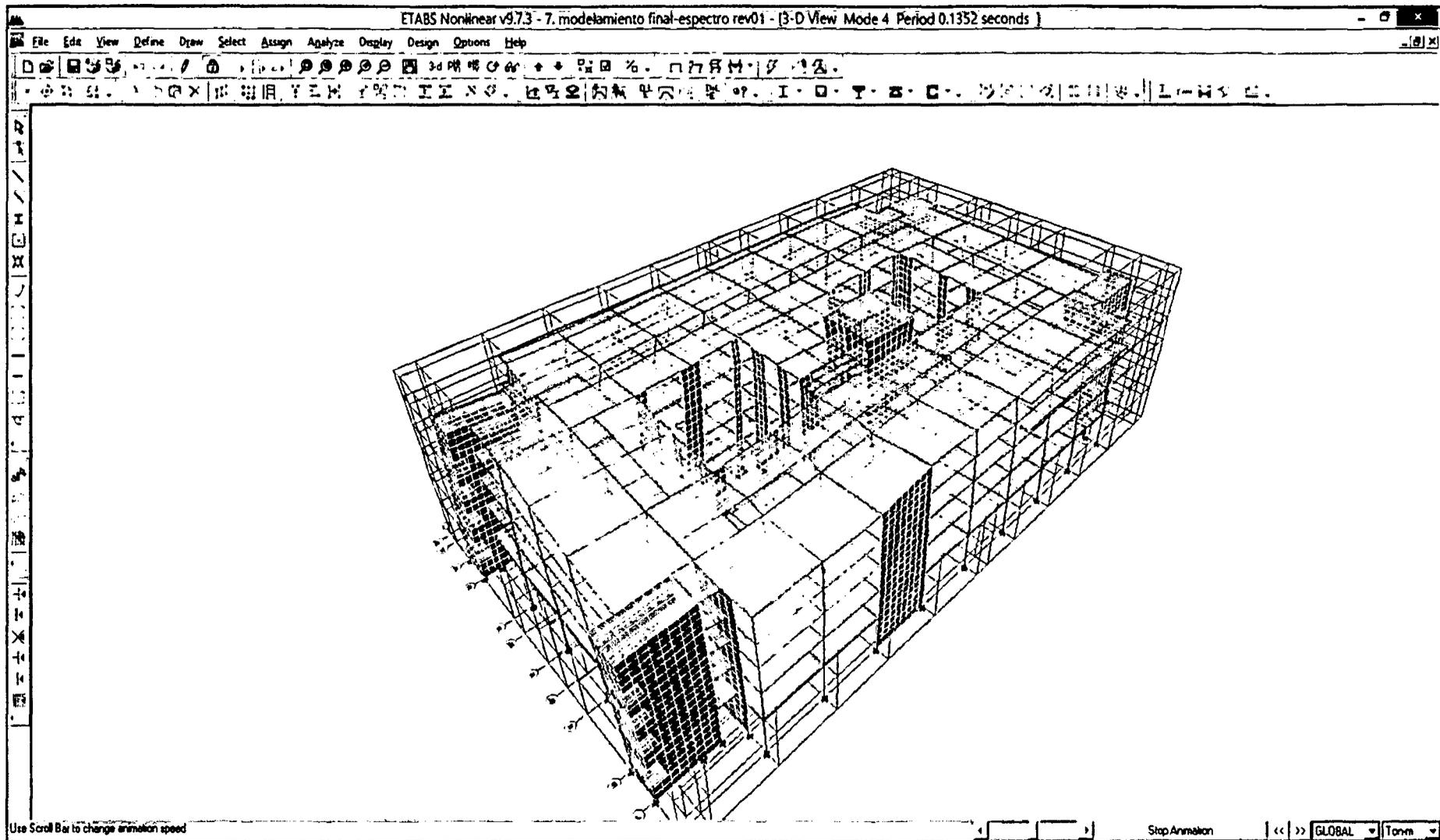


Fig 4.4 Cuarto Modo de Vibración – $T = 0.14$ seg.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

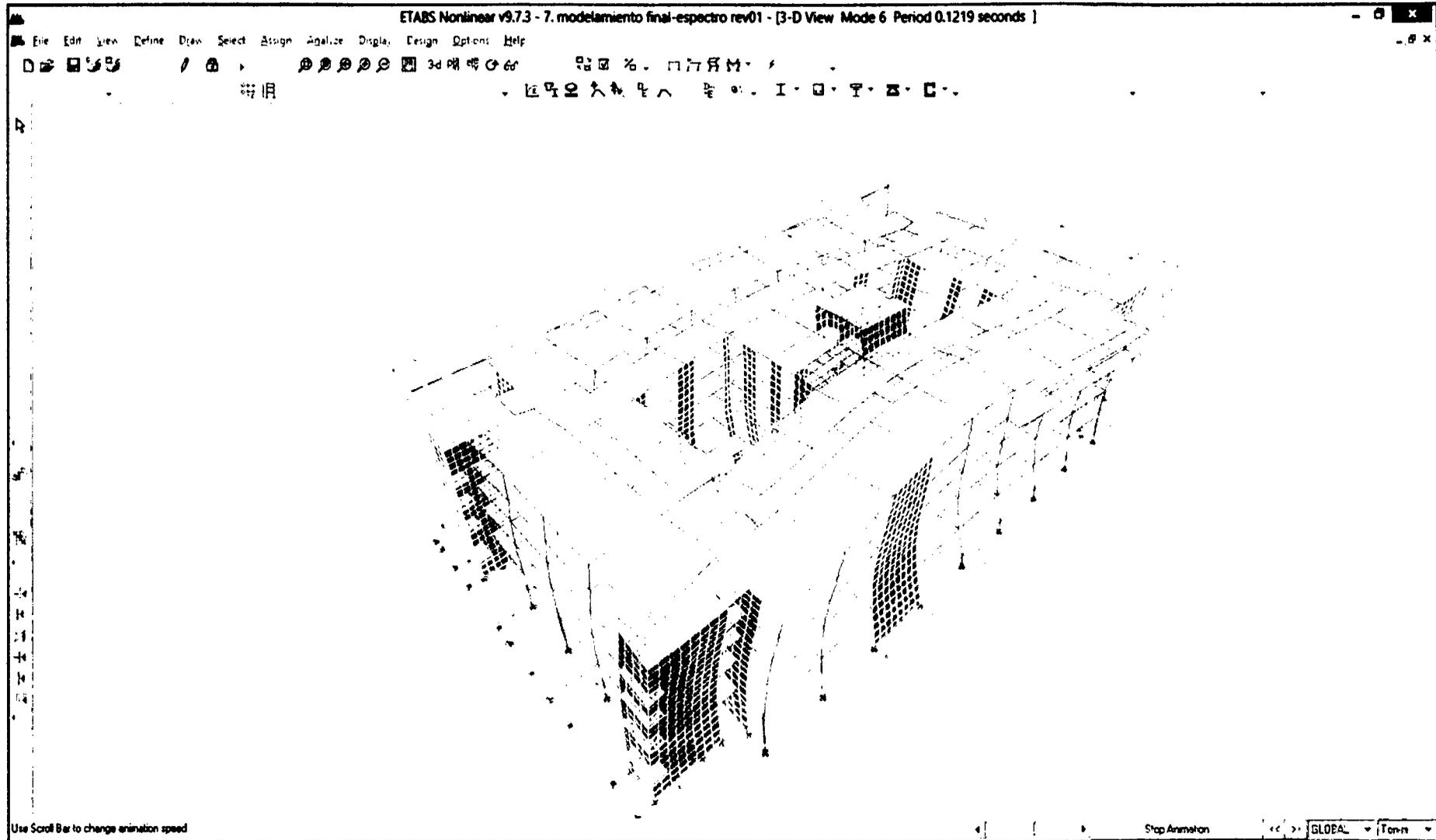


Fig 4.6 Sexto Modo de Vibración T=0.12 seg.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

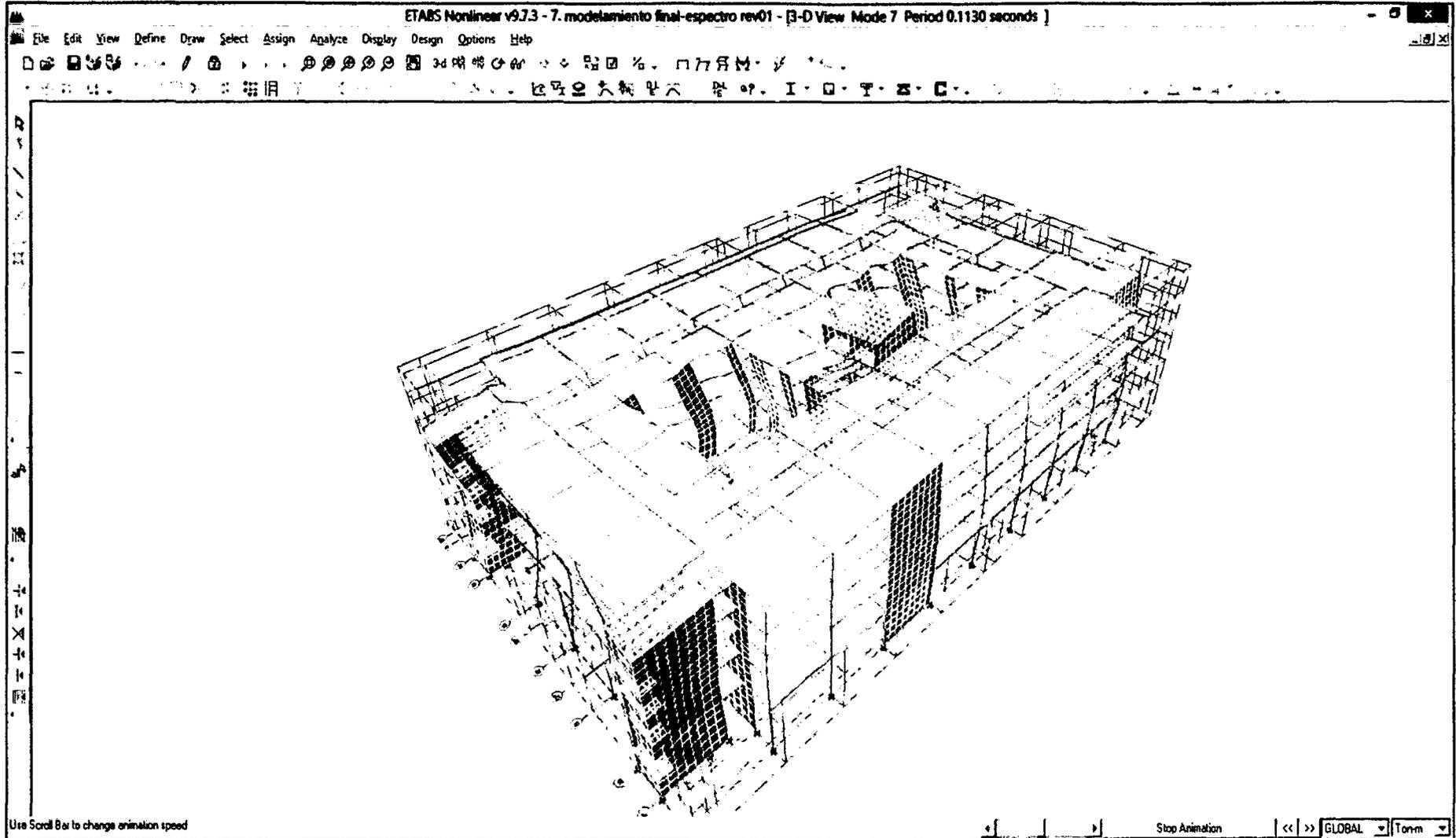


Fig 4.7 Séptimo modo de Vibración T=0.11 seg.



4.1.2 Control de Desplazamientos Laterales

El RNE E.030 - diseño sismo resistente establece como límite 0.007 para desplazamiento lateral de entre piso en estructuras de concreto armado. (Tabla 2.8)

De acuerdo al RNE E.030, los resultados obtenidos deberán ser multiplicados por el valor de 0.75R para calcular los máximos desplazamientos de la estructura.

En el análisis de resultados se tomó en consideración los desplazamientos del centro de masa y del eje más alejado o eje extremo. Esta consideración fue realizada, debido a que a pesar que se asignaron diafragmas rígidos para cada nivel, se observa una ligera variación en la presentación de los resultados. De este análisis se obtuvo los desplazamientos máximos y las derivas máximas.

El desplazamiento máximo mostrado en el extremo más alejado y con relación al centro de masa es de 1.15 cm. (Tabla 4.1 y 4.3).

Tabla 4.1 Desplazamiento analizado en el punto más alejado del eje 14'-Oo

Nivel	Desplazamiento en X (m)	Desplazamiento en Y (m)
6	0.0000	0.0000
5	0.0115	0.0141
4	0.0092	0.0115
3	0.0069	0.0086
2	0.0044	0.0055
1	0.0018	0.0023

Tabla 4.2 Desplazamiento analizado en el punto más alejado del eje 9'-Go

Nivel	Desplazamiento en X (m)	Desplazamiento en Y (m)
6	0.0000	0.0000
5	0.0078	0.0150
4	0.0062	0.0124
3	0.0046	0.0094
2	0.0029	0.0061
1	0.0012	0.0025



Tabla 4.3 Desplazamiento analizado cerca al centro de masa k-12

Nivel	Desplazamiento en X (m)	Desplazamiento en Y (m)
6	0.0115	0.0183
5	0.0099	0.0153
4	0.0080	0.0126
3	0.0060	0.0096
2	0.0039	0.0063
1	0.0016	0.0027

Las derivas máximas para cada nivel fueron obtenidas mediante la relación del desplazamiento máximo con la altura. A estas derivas máximas para poder compararlo con lo especificado en el RNE E030 se tuvo que multiplicar por el factor de 0.75.

Tabla 4.4 Análisis de derivas máximas en el punto más alejado del eje 14'-Oo

Nivel	$\Delta i/h_e$ X	$\Delta i/h_e$ Y	$\Delta i/h_e$ X (0.75R)	$\Delta i/h_e$ Y (0.75R)	$\Delta i/h_e$ Max	Comparación X	Comparación Y
6	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.0070	Ok	Ok
5	0.00069	0.00081	0.0005	0.0006	0.0070	Ok	Ok
4	0.00078	0.00096	0.0006	0.0007	0.0070	Ok	Ok
3	0.00076	0.00096	0.0006	0.0007	0.0070	Ok	Ok
2	0.00067	0.00085	0.0005	0.0006	0.0070	Ok	Ok
1	0.00041	0.00051	0.0003	0.0004	0.0070	Ok	Ok

Tabla 4.5 Análisis de derivas máximas en el punto más alejado del eje 9'-Go

Nivel	$\Delta i/h_e$ X	$\Delta i/h_e$ Y	$\Delta i/h_e$ X (0.75R)	$\Delta i/h_e$ Y (0.75R)	$\Delta i/h_e$ Max	Comparación X	Comparación Y
6	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.0070	Ok	Ok
5	0.00049	0.00081	0.0004	0.0006	0.0070	Ok	Ok
4	0.00053	0.00099	0.0004	0.0007	0.0070	Ok	Ok
3	0.00052	0.00102	0.0004	0.0008	0.0070	Ok	Ok
2	0.00045	0.00094	0.0003	0.0007	0.0070	Ok	Ok
1	0.00026	0.00056	0.0002	0.0004	0.0070	Ok	Ok



Tabla 4.6 Análisis de derivas máximas cerca al centro de masa k-12

Nivel	$\Delta i/h_e$ X	$\Delta i/h_e$ Y	$\Delta i/h_e$ X (0.75R)	$\Delta i/h_e$ Y (0.75R)	$\Delta i/h_e$ Max	Comparación X	Comparación Y
6	0.00058	0.00101	0.0004	0.0008	0.0070	Ok	Ok
5	0.00057	0.00086	0.0004	0.0006	0.0070	Ok	Ok
4	0.00065	0.00100	0.0005	0.0007	0.0070	Ok	Ok
3	0.00066	0.00102	0.0005	0.0008	0.0070	Ok	Ok
2	0.00061	0.00096	0.0005	0.0007	0.0070	Ok	Ok
1	0.00035	0.00059	0.0003	0.0004	0.0070	Ok	Ok

En las tablas 4.4, 4.5 y 4.6 se observa que las derivas máximas tomadas en los tres puntos son menores a lo especificado en el RNE E030.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la estructura tiene un comportamiento adecuado y el riesgo de colapso es mínimo. En el análisis se ha encontrado que los desplazamientos esperados son 7 veces menores al desplazamiento límite por lo que esta edificación, a pesar de su esbeltez, tiende a sufrir deformaciones mínimas, es decir, sus elementos estructurales aportan rigidez lateral en sus direcciones principales.

4.1.3 Análisis de Esfuerzos Internos

El análisis de esfuerzos internos fue realizado para los elementos estructurales viga - columna. En este análisis se da a conocer cuál es el comportamiento sísmico que tiene cada elemento.

En la Tabla 4.7 se muestra las vigas que fallan por corte y torsión en los diferentes niveles, debido a las combinaciones carga U2, U3, U4 y U5, especificado en las ecuaciones 2.7, 2.8, 2.9 y 2.10 respectivamente.



Tabla 4.7 Descripción de Vigas que fallan por corte y Torsión

Nivel	Viga	Sección	Combinación	Observación
1	B126	V20X60	U3	Falla por corte y torsión
1	B125	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
1	B133	V30X60	U5	Falla por corte y torsión
1	B115	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
1	B114	V20X60	U3	Falla por corte y torsión
2	B113	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
2	B110	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
2	B130	V30X60	U3	Falla por corte y torsión
2	B152	V30X60	U5	Falla por corte y torsión
2	B126	V20X60	U3	Falla por corte y torsión
2	B125	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
2	B114	V20X60	U3	Falla por corte y torsión
2	B115	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
3	B113	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
3	B110	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
3	B152	V30X60	U5	Falla por corte y torsión
3	B126	V20X60	U3	Falla por corte y torsión
3	B125	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
3	B124	V20X60	U3	Falla por corte y torsión
3	B115	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
4	B113	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
4	B110	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
4	B152	V30X60	U5	Falla por corte y torsión
4	B126	V20X60	U3	Falla por corte y torsión
4	B125	V20X60	U5	Falla por corte y torsión
4	B115	V20X60	U2 y U3	Falla por corte y torsión
5	B152	V30X60	U4 y U5	Falla por corte y torsión

En el primer nivel, se puede observar la falla por corte y torsión de las vigas B114, B115, B125, B126 y B133. La característica común que tienen estas vigas es que son de dimensiones de 0.20x0.60. La falla por corte y torsión es debido a la combinación de carga U3 y U5. La ubicación de las vigas es en la parte central de la edificación y en las 2 zonas de evacuación ubicada a la altura del eje 9. (Fig. 4.8)



En el segundo nivel, se observa la falla por corte y torsión de las vigas B110, B113, B114, B115, B125, B126, B130 y B152. Estas vigas son de dimensiones de 0.20x0.60 y 0.30x0.60. La falla por corte y torsión es debido a la combinación de carga U3 y U5. La ubicación de las vigas es en la parte central de la edificación y en las 4 zonas de evacuación. (Fig. 4.9)

En el tercer nivel, se observa la falla por corte y torsión de las vigas B110, B113, B115, B124, B125, B126, y B152. Estas vigas son de dimensiones de 0.20x0.60 y 0.30x0.60. La falla por corte y torsión es debido a la combinación de carga U3 y U5. La ubicación de las vigas es en la parte central de la edificación y en las 3 zonas de evacuación, 2 a la altura del eje 14 y 1 a la altura del eje 9. (Fig. 4.10)

En el cuarto nivel, se observa la falla por corte y torsión de las vigas B110, B113, B115, B125, B126, y B152. Estas vigas son de dimensiones de 0.20x0.60. La falla por corte y torsión es debido a la combinación de carga U2, U3 y U5. La ubicación de las vigas es en la parte central de la edificación y en las 3 zonas de evacuación, 2 a la altura del eje 14 y 1 a la altura del eje 9. (Fig. 4.11)

En el quinto nivel, se observa la falla por corte y torsión de la viga B152. Esta viga es de dimensión de 0.30x0.60. La falla por corte y torsión es debido a la combinación de carga U4 y U5. La ubicación de la viga es en la parte central de la edificación. (Fig. 4.12)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

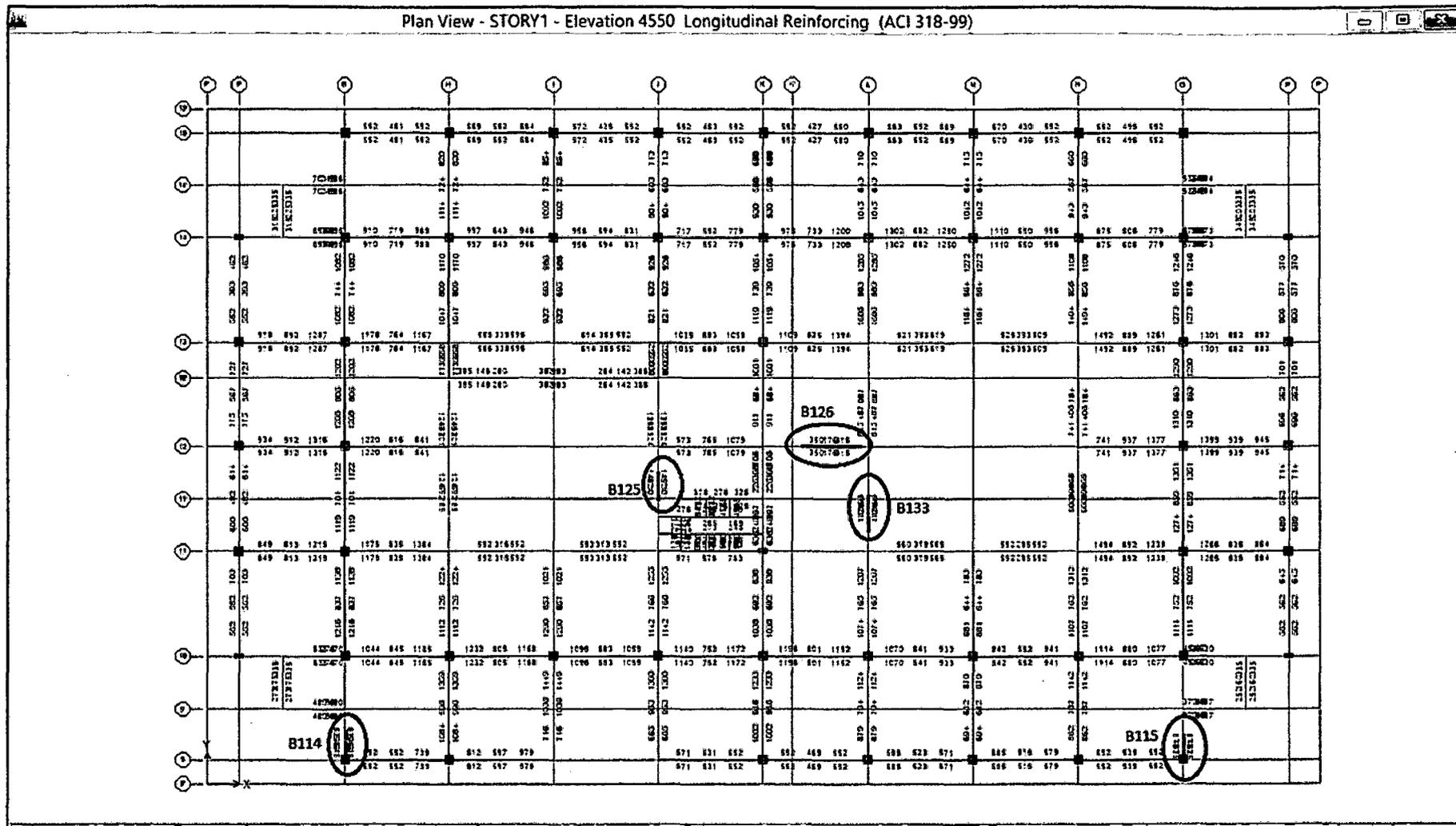


Fig 4.8 Ubicación de Fallas en Vigas del Primer Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

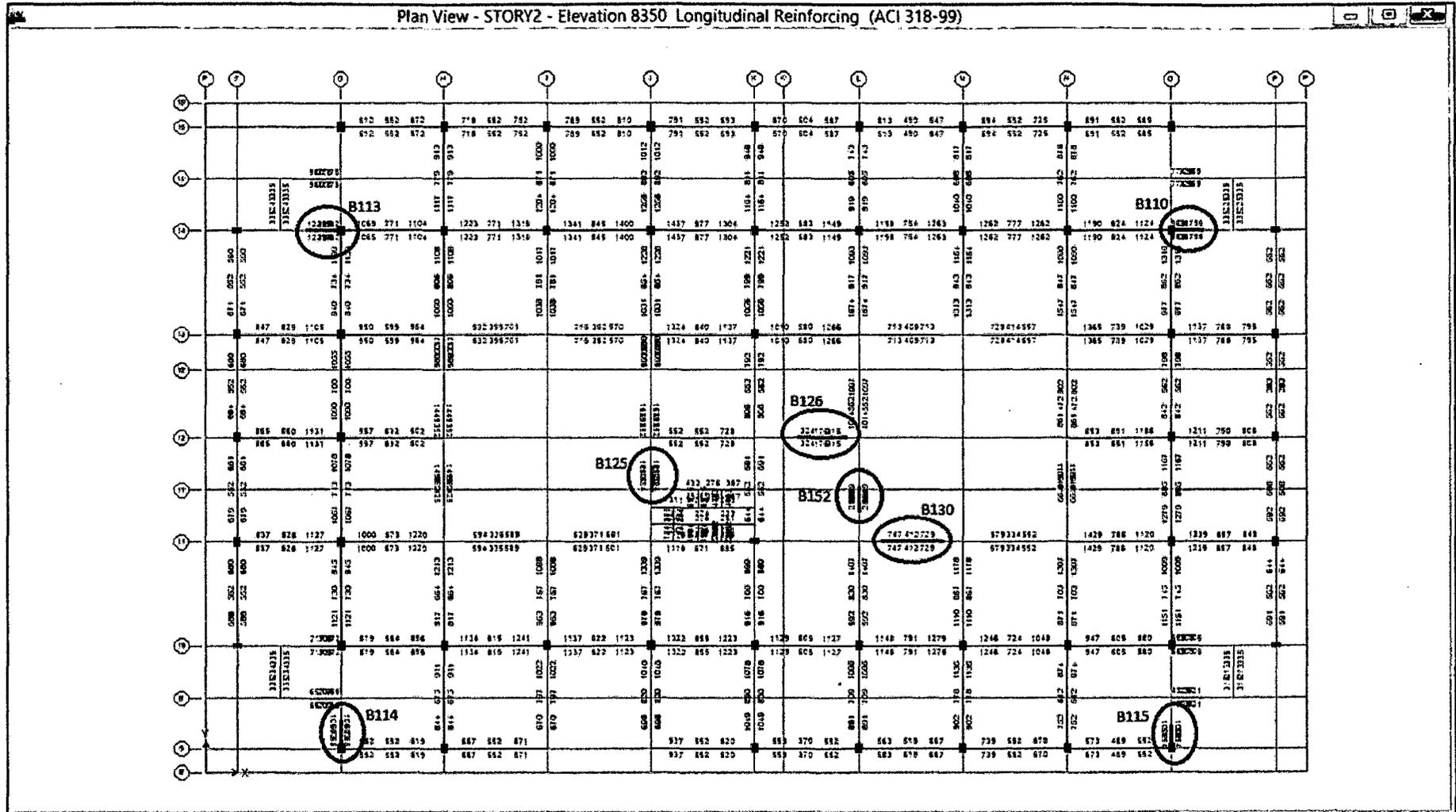


Fig 4.9 Ubicación de Fallas en Vigas del Segundo Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

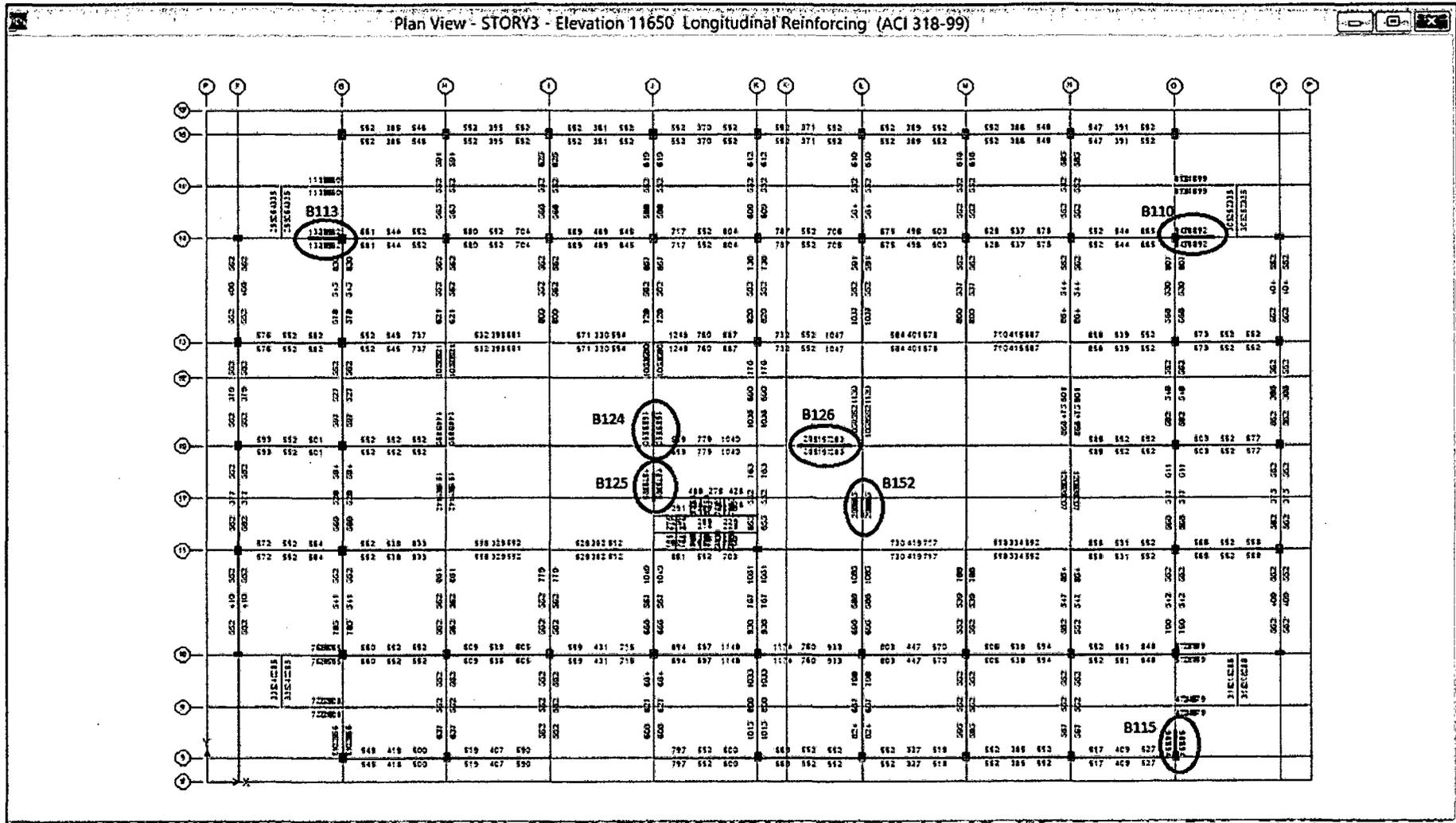


Fig 4.10 Ubicación de Fallas en Vigas del Tercer Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

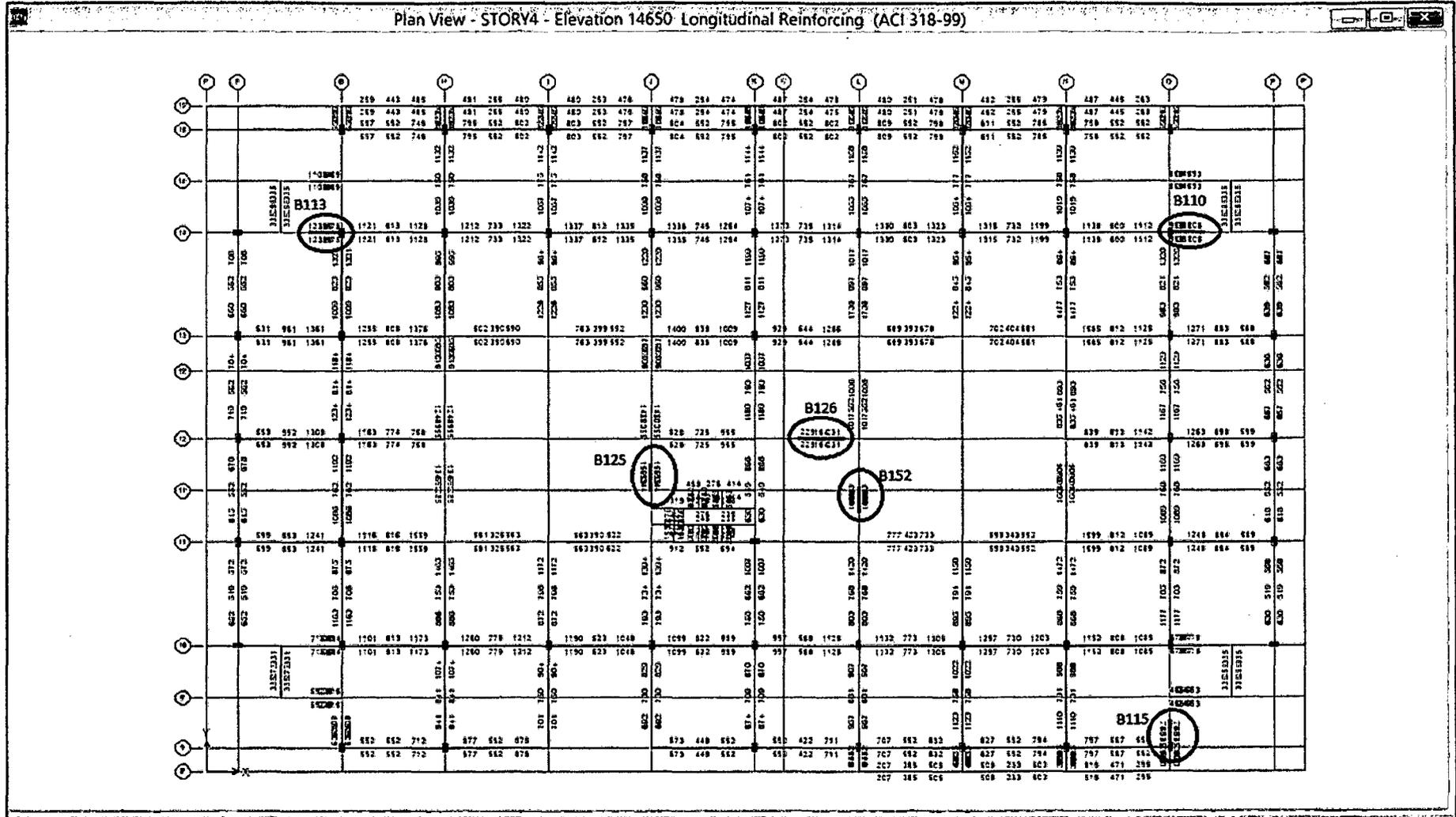


Fig 4.11 Ubicación de Fallas en Vigas del Cuarto Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Evaluación del Comportamiento Sísmico del sector E del Hospital Regional de Cajamarca

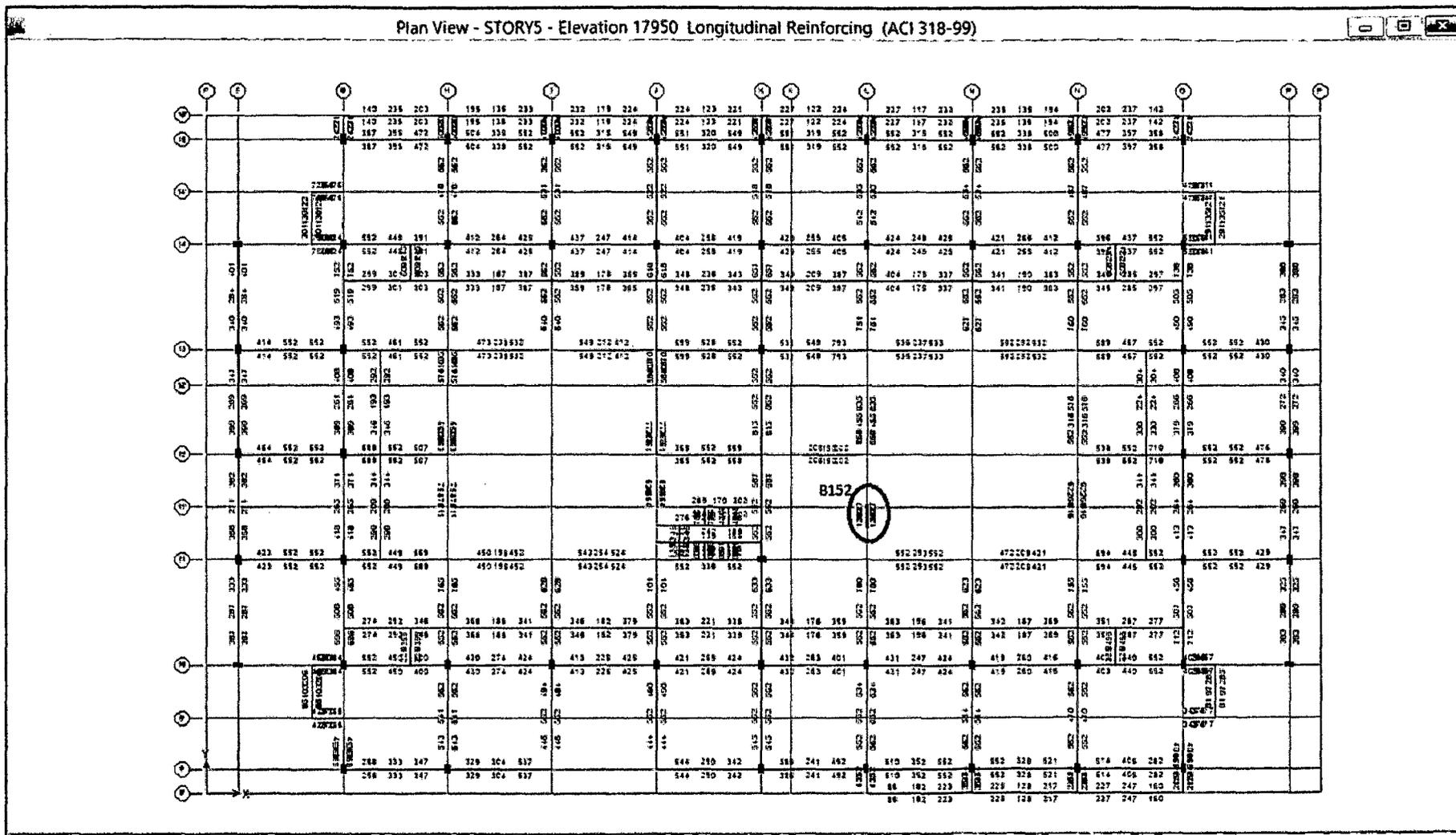


Fig 4.12 Ubicación de Fallas en Vigas del Quinto Nivel



Se puede observar que las fallas registradas en las vigas, se encuentra en la misma ubicación para todos los niveles. Las áreas de evacuación, son zonas donde nos debería ofrecer la protección adecuada para poder evacuar al momento de presentarse un sismo. Como se muestra en este análisis, dichas zonas se comportan de una manera insegura. Se sugiere hacer un reforzamiento de estos elementos estructurales.

De este análisis, también se puede indicar, que los elementos estructurales se comportan adecuadamente con la combinación de carga muerta y carga viva (U1), pero al momento de aplicarle la carga sísmica de acuerdo a las combinaciones establecidas en el RNE E060 (U2, U3, U4, U5), existe elementos estructurales que fallan por corte y torsión.

De igual forma que para las vigas, se realizó el análisis de esfuerzos internos en las columnas, para ello se analizó la relación de columna fuerte – viga débil, el cuál es un requisito indispensable a cumplir en cualquier proyecto sismo resistente de estructuras de concreto armado. Está relación es verificada con la finalidad de evitar fallas por inestabilidad de la estructura.

El RNE E060 especifica que está relación corresponde a la suma de los momentos nominales de las columnas en un nudo, debe ser mayor de 6/5 veces la suma de los momentos nominales de las vigas. Esto es para proveer de mayor resistencia a flexión en las columnas que en las vigas que forman el nudo.

A continuación se muestra el análisis del comportamiento sísmico de las columnas en función a la relación 6/5, presentada en el RNE E060.

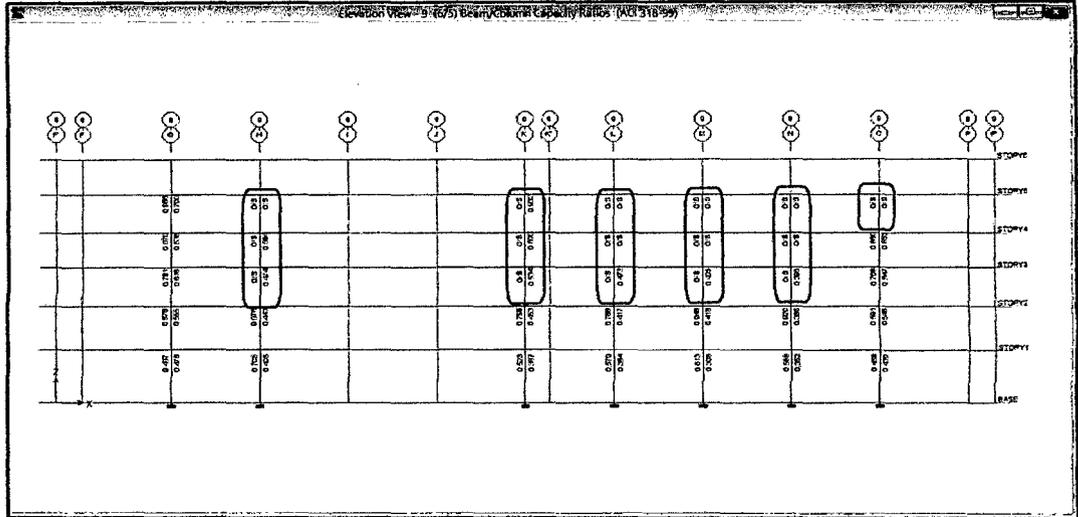


Fig 4.13 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 9

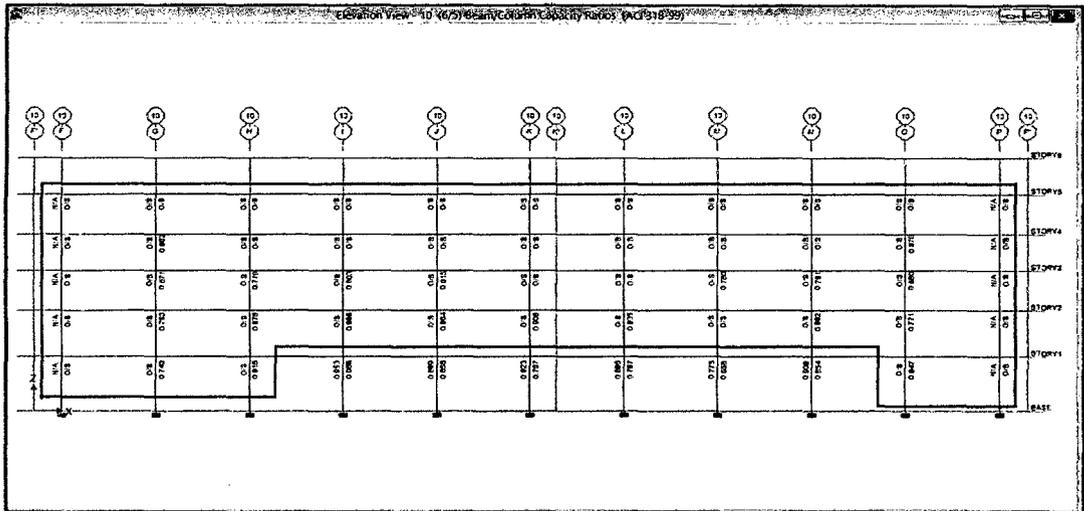


Fig 4.14 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 10

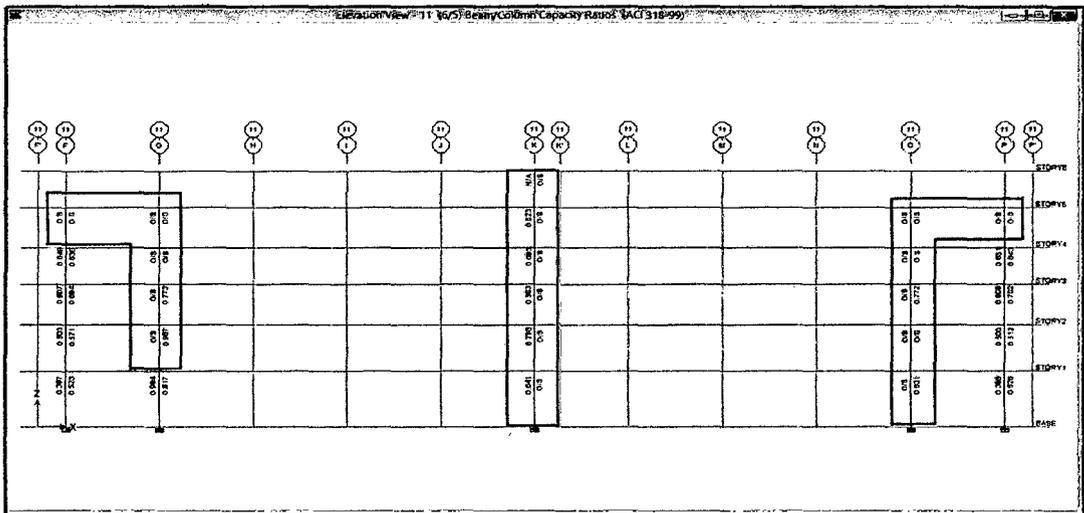


Fig 4.15 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 11

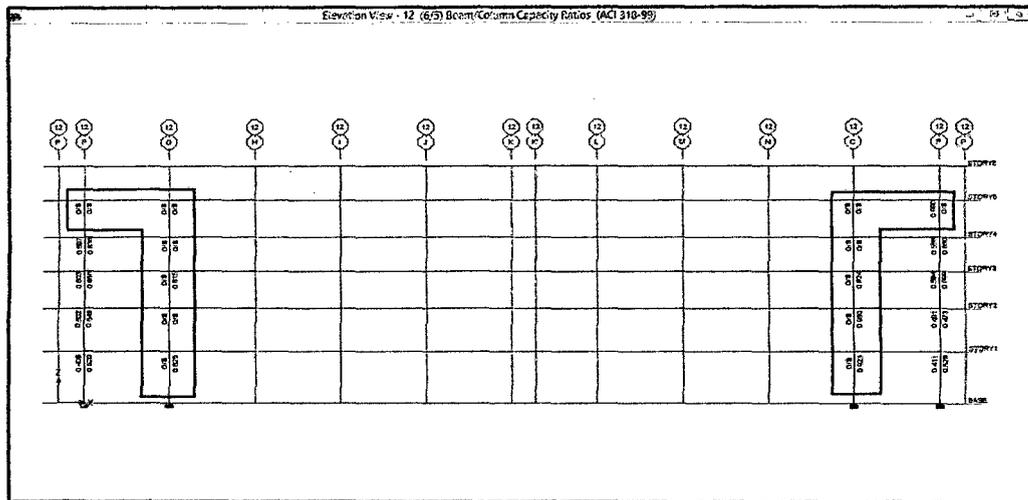


Fig 4.16 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 12

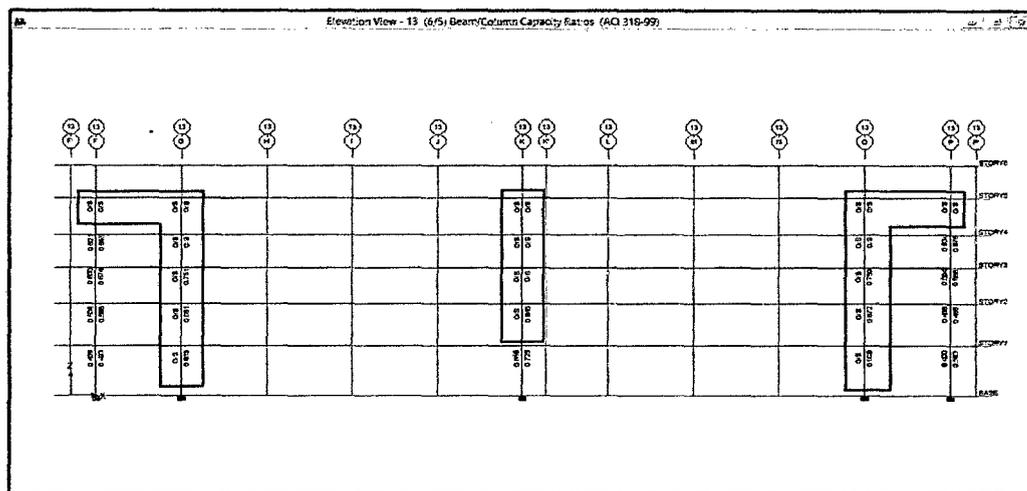


Fig 4.17 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 13

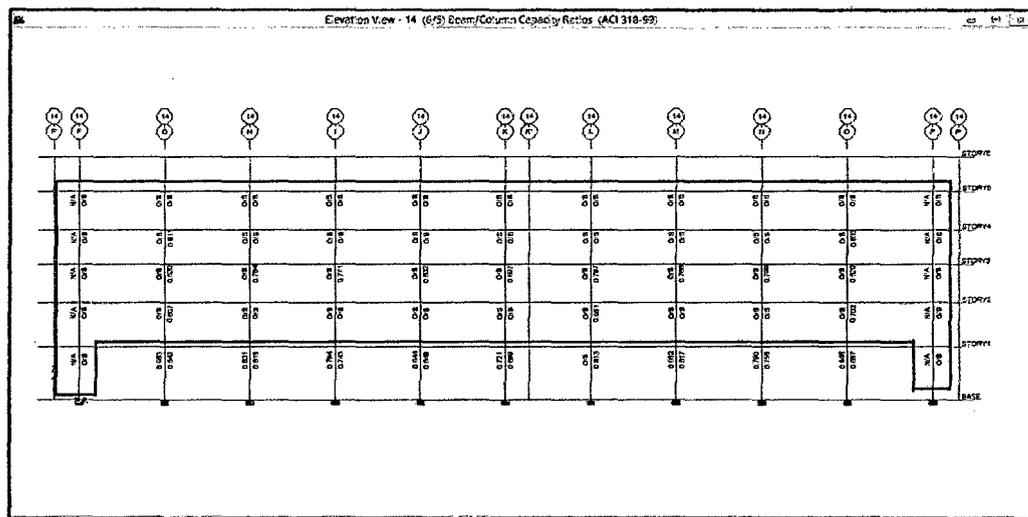


Fig 4.18 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 14

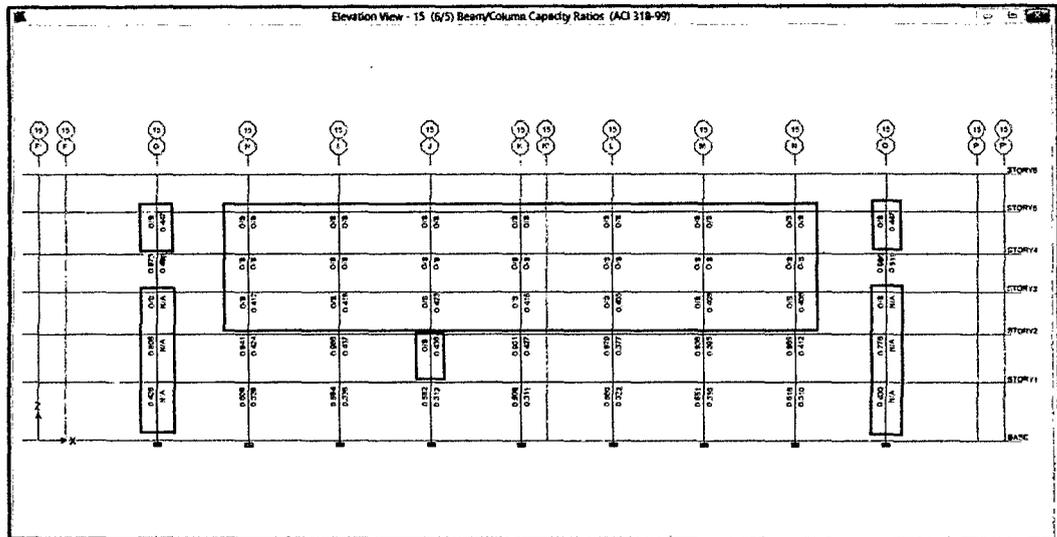


Fig 4.19 Ubicación de Fallas en columnas – Eje 15

Como se muestra en las figuras 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 y 4.19, la mayoría de columnas del sector E, no cumple el requisito sismo resistente de relación 6/5 columna- viga. Cuando las columnas no tienen capacidad de resistencia y de disipación de energía que las vigas hay probabilidad que las rótulas plásticas se formen en las columnas originando un mecanismo indeseable que puede conducir al colapso prematuro de la estructura.

4.2 Discusiones

- En la Tabla 4.1, se presenta los modos de vibración para la estructura, se observa que dentro de los 7 primeros modos se encuentra el 90% de masas participativa. En el primer modo se muestra el máximo período fundamental de vibración de la estructura, 0.40 seg, con una masa participativa de 76.95% en la dirección X. Este período de vibración de la estructura nos indica que esta edificación frente a la ocurrencia de un sismo severo tendrá un comportamiento rígido.
- A pesar del cambio en la configuración estructural y cargas que soporta el edificio del sector E del Hospital Regional de Cajamarca, el período de vibración máximo actual que presenta la estructura es 0.40 seg de acuerdo a la Tabla 4.1, siendo este el mismo que el especificado en el análisis inicial de diseño presentado en el Expediente Técnico.



- El movimiento oscilatorio del modo 1 y modo 2, en donde se muestra el mayor porcentaje de masa participativa y los períodos fundamentales máximos de la estructura (Fig. 4.1 y Fig. 4.2), es un movimiento similar al de un péndulo invertido, en donde el movimiento en la base es mucho menor que en la parte superior. Esto quiere decir, que en el momento de suscitarse un sismo, las personas que se encuentren en los niveles superiores percibirán un movimiento mayor a las personas que se encuentren en niveles inferiores.
- En las Tablas 4.1, 4.2 y 4.3 se muestran los desplazamientos en tres puntos, en ello podemos observar que el desplazamiento máximo que tendrá la estructura al momento de ocurrir un sismo severo es de 1.15 cm, lo que indica ser una estructura rígida.
- En las Tablas 4.4, 4.5 y 4.6, se muestran las derivas máximas analizadas en tres puntos, se observa que estas derivas son menores a lo especificado en el RNE E030, en la que indica que para edificaciones de concreto armado la deriva máxima alcanzada debe ser de 0.007. En la investigación se obtuvo derivas de 0.001. Debido a este análisis podemos indicar que los desplazamientos esperados al momento de presentarse un sismo severo son 7 veces menores al desplazamiento límite, por lo que esta edificación, a pesar de su esbeltez, tiende a sufrir deformaciones mínimas, es decir, sus elementos estructurales aportan rigidez lateral en sus direcciones principales.
- En el análisis sísmico presentado en el Expediente Técnico del Hospital Regional de Cajamarca. La configuración inicial del sector E, era de un sistema aporticado con unas derivas máximas entre 0.004 y 0.006. Con la configuración actual, sistema dual, las derivas máximas han bajado a 0.001, lo que indica que la estructura actual es una estructura rígida.



- El análisis sísmico inicial muestra el diseño de los elementos estructurales. Este diseño, fue ingresado al modelo para poder determinar cuál es su comportamiento frente a la ocurrencia de un sismo. En este análisis, se identificó la falla por torsión y corte de algunas vigas ubicadas en la parte central de la estructura y en las zonas de evacuación. Las fallas se presentan por la combinación U2, U3, U4 y U5 indicadas en el RNE E060. En estas combinaciones se incluyen el efecto de la carga sísmica.
- En la tabla 4.7, se describen las vigas que fallan por corte y torsión, de acuerdo a la combinación de cargas U2, U3, U4 y U5 presentados en el RNE E060, estas combinaciones en su análisis consideran además de la carga muerta y la carga viva, a la carga sísmica. Lo que indican que las vigas tienen un comportamiento adecuado con las cargas de gravedad que soportan, pero al momento de adicionarle una carga dinámica, sufren fallas por corte y torsión originando un comportamiento inadecuado.
- Las fallas de algunas vigas por corte y torsión como se muestra en las figuras 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12, son en las zonas de evacuación. Estas vigas deberían tener un comportamiento adecuado que muestren seguridad al momento de evacuar cuando se suscite un sismo.
- En el análisis de esfuerzos internos de las columnas, como se muestra en las figuras 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 y 4.19, se observa que muchas columnas exceden el límite de $6/5$ en el análisis de momentos nominales, establecidos en el RNE E060. En este análisis podemos identificar que las columnas originarían fallas por inestabilidad de la estructura. Se afirma que la resistencia a la flexión de las vigas es mucho mayor que las columnas, lo que podría originar rótulas plásticas en las columnas que con llevarían al colapso de la estructura.



CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Al culminar el presente trabajos de investigación se han llegado a las siguientes conclusiones:

Del Objetivo General:

- El Sector “E” del Hospital Regional de Cajamarca, de acuerdo al análisis de modos de vibración y derivas máximas, tendrá un comportamiento adecuado frente a la ocurrencia de un sismo severo. Pero en el análisis de esfuerzos internos, en función a la relación de 6/5 de momentos nominales entre vigas y columnas, muchas columnas exceden el límite, lo que podría originar la formación de rótulas plásticas en las columnas y por consiguiente el colapso de la estructura.

De los Objetivos Específicos:

- La configuración y cargas actuales que presenta el Hospital Regional de Cajamarca no han modificado el comportamiento rígido de la estructura frente a la ocurrencia de un sismo.
- Los períodos de vibración que tiene la estructura, son similares a los indicados en la etapa inicial de diseño. En la investigación se observa que el mayor porcentaje de masa participativa se encuentra en los 7 primeros modos de vibración y que el máximo período de vibración 0.40 seg, hace que la edificación sea una estructura rígida.
- Las derivas máximas encontradas son 7 veces menores a lo establecido en el RNE E030, lo que indica ser una estructura rígida.
- En el análisis de esfuerzos internos de los elementos se observa la falla por torsión y corte de algunas vigas, en la zona central de la estructura y zona de evacuación. Muchas columnas exceden la relación 6/5 de



momento nominales entre columna y viga indicados en el RNE E060. Estas columnas podrían ocasionar la formación de rótulas plásticas originado la inestabilidad de la estructura.

5.2 Recomendaciones

- A pesar que de acuerdo al análisis de modos de vibración y derivas máximas, la estructura muestra un comportamiento rígido, en el análisis de esfuerzos internos se observan vigas que fallarían por corte y torsión de acuerdo a la combinación de cargas: muerta, viva y sismo. Se recomienda el reforzamiento de estas vigas, debido a que se encuentran en las zonas de evacuación del personal, zonas que deben ofrecer seguridad.
- En la evaluación de la presente investigación, se tomaron datos obtenidos del expediente técnico, para investigaciones futuras se podría realizar el análisis con estudios actuales, como es el estudio de cimentaciones o de resistencia de los materiales.
- Se recomienda propiciar a la Universidad Nacional de Cajamarca, investigaciones similares que ayuden a la solución de problemas actuales que puedan presentar las edificaciones construidas en la ciudad de Cajamarca.



CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA

Ugarte, C. C., Gallardo, T. J., Mesarina, E. P., García, M. E. y Sato, O. J. 2007. Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica en el Perú. Ministerio de Salud (MINSA).Lima, Perú.

Bossio, I. S. 2010. Evaluación del Comportamiento sísmico e influencia de la dirección del Movimiento en Módulos de Adobe Reforzado con Geomalla. Tesis de la PUCP. Lima, Perú.

Pereira, D. D. 2010. Evaluación Sismo Resistente del Pabellón 1A de la Universidad Nacional de Cajamarca, según la Norma Técnica Sismo Resistente E030. Tesis de la UNC. Cajamarca, Perú.

MTC. 2003. Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificaciones E030 Diseño Sismo resistente. Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda, Construcción (MTC). Servicio Nacional de Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Lima, Perú.

Izcue, U. A., Taboada, G. J. 2009. Análisis y Diseño de Edificios Asistidos por Computadoras. Tesis de la PUCP. Lima, Perú.

Mosqueira, M. M. y Tarque, R. S. 2005. Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana. Tesis de la PUCP. Lima, Perú.

Sarria A. 1995. Ingeniería Sísmica. Ediciones Uniandes. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

Kuroiwa J. 2002. Reducción de desastres – Viviendo en armonía con la naturaleza. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Lima, Perú.



Marshall, W. y Nelson, H. 1995. Estructuras. México D.F., México: Alfaomega. Grupo Editor, S.A. de C.V.

Obregón, C. G. 2007. Edificio de Sótano y cinco pisos para departamentos en San Isidro. Tesis de la PUCP. Lima, Perú.

Crawford, B. R. 2002. Análisis Sísmico de un Edificio de acuerdo al Código Sísmico de Costa Rica. Universidad Politécnico de Madrid.

IAEE 1996. Global Energy Transitions: with emphasis on the last five years of the century. Conference Budapest. Hungary.

Albarracin, Ñ. P. y Gallo, L. E. 2010. Desempeño Sísmico de un Edificio Aporticado de Siete Pisos Diseñado con el Reglamento Nacional de Construcciones y aceptando una deriva máxima de 1%. Tesis de la PUCP. Lima, Perú.