



Universidad Científica Del Perú-UCP

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS:

“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL ANÁLISIS SÍSMICO
ESTÁTICO Y EL DINÁMICO, DEL NUEVO AULARIO DE
INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
– UCP - TARAPOTO - 2017”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Bach. Canchaya Inga, Sócrates Saúl

Bach. Vargas Flores, Rey Vénhami

ASESOR:

Ing. Irigoin Cabrera, Ulises Octavio

San Juan Bautista – Maynas - Loreto - Perú

2017

ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO DE TESIS DEL PROGRAMA PRO-TESIS

En la ciudad de Iquitos, a las 18:00 horas del día 13, del mes de marzo del 2017, en las instalaciones de la Universidad Científica del Perú, se reunió el **Jurado Evaluador y Dictaminador** que lo conforman el docente Ing. Mario Amador Vela Rodríguez como Presidente y los Docentes Ing. Félix Wong Ramírez e Ing. Luis E. Macedo Sias como Miembros, para evaluar la sustentación del Trabajo de Tesis "**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO Y EL DINÁMICO, DEL NUEVO AULARIO DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ – UCP – TARAPOTO - 2017**", presentada por los bachilleres:

Bach. SÓCRATES SAÚL CANCHAYA INGA

Bach. REY VENHAMI VARGAS FLORES

En la modalidad del Programa Pro-Tesis de la facultad de Ciencias e Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2016 – I.

Después de las deliberaciones correspondientes, se procedió a evaluar y dictaminar, teniendo como resultado:

Indicador	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Promedio
A. Dominio del tema	15	15	16	15
B. Calidad de redacción del Informe	13	14	14	14
C. Competencia Expositiva argumentación y coherencia.	15	15	15	15
D. Calidad de respuestas	14	15	15	15
E. Uso de terminología especializada	15	15	16	15
Calificación Final	15			
Calificación Final (en letras)	QUINCE			

Aprobado por : Mayoría

Presidente : Ing. Mario Amador Vela Rodríguez

Miembro : Ing. Félix Wong Ramírez

Miembro : Ing. Luis E. Macedo Sias

Leyenda:

INDICADOR	PUNTAJE
Desaprobado	Menos de 13 puntos
Aprobado por Mayoría	De 14 a 15 puntos
Aprobado por Unanimidad	De 16 a 17 puntos
Aprobado por Excelencia	De 18 a 20 puntos

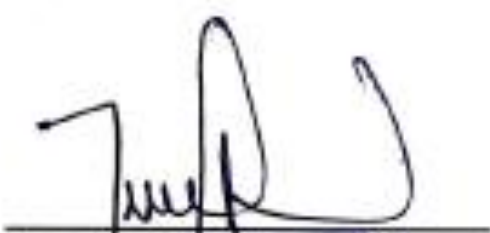
Nota: La calificación es en el sistema vigesimal (0 - 20).

(Firma)
(Firma)
(Firma)

MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR



ING. MARIO AMADOR VELA RODRÍGUEZ



ING. FÉLIX WONG RAMÍREZ



ING. LUIS E. MACEDO SIAS

ASESOR:



ING. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicada a mi querida abuela Loli Marina, que gracias a su constante esfuerzo del día a día y sus consejos, consiguió formarme con bases y principios para poder afrontar la vida.

A mis padres, por su incondicional apoyo. Ellos impulsaron mi desarrollo profesional.

A mis hermanos, que siempre son influyentes en mi vida, para lograr mis metas, sobre todo a mi querido hermano Lucas Bastián Canchaya Montes, que desde arriba, guía mis pasos.

Sócrates Canchaya.

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mí madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida.

A mí padre quien con su personalidad ha sabido guiarme y a la vez motivarme para culminar mi carrera profesional.

A aquellas personas especiales en mi vida que ayudaron a que culmine con éxito esta meta.

Y sobre todo a mí mismo; por las ganas de buscar nuevas metas y nunca dejar de crecer y creer en la posibilidad de mejorar aún más.

Rey Vargas.

AGRADECIMIENTO

Primero, a Dios padre, por su compañía y protección que me brinda, y las bendiciones y oportunidades que me ha dado en la vida.

A mis padres, hermanos y familiares, que siempre han inculcado sus buenas enseñanzas en mí, para así desenvolverme en cada etapa de mi vida.

A mis amigos, compañeros y profesores, por brindarme su apoyo y enseñanzas a lo largo de la carrera.

A todos ustedes, muchas gracias.

Sócrates Canchaya.

A Dios por estar presente en mis días.

A mis padres con su forma única de justicia y enseñanza, quienes fueron las bases de los pilares que formaron mi carácter.

A mis hermanos, sobrinos y toda mi familia en general, que sin percatarse agregaban conocimientos y metas de sobresalir aún más como persona.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida de aprendizaje y desarrollo profesional, a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están presentes conmigo, otras se encuentran a distancia y algunas en mis recuerdos, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí.

Rey Vargas.

RESUMEN

En este trabajo de investigación, se realizó la comparación entre el análisis sísmico estático y el dinámico, del nuevo aulario de ingeniería civil de la Universidad Científica del Perú - UCP, ubicado en la ciudad de Tarapoto. El análisis se enfocó fundamentalmente en la variación de las respuestas sísmicas más significativas, con el objeto de obtener el modelo analítico más representativo, con un comportamiento sísmico acorde a los principios del diseño sismorresistente.

Para el desarrollo del análisis comparativo, se empleó un único modelo dinámico tridimensional, apoyados en el software ETABS, versión 2016, concibiéndose una estructura de concreto armado de cinco niveles, destinado a uso educativo.

El sistema estructural que se aplicó al edificio es de tipo “Dual”, donde las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales y la fuerza cortante que toman los muros esta entre 20% y 70% de cortante en la base del edificio.

La investigación desarrollada está enmarcada dentro de la interrogativa: ¿Cuál será la variación de las respuestas sísmicas, en un mismo sistema estructural propuesto, al realizar un estudio comparativo entre el análisis sísmico estático y el dinámico, del nuevo aulario de ingeniería civil de la Universidad Científica del Perú - UCP – Tarapoto - 2017?, ya que ello fue la fuente principal por la que se llevó a cabo el análisis comparativo, y fue comprendida como una investigación descriptiva – comparativa, que comprende la descripción, registro, análisis, comparación e interpretación de los resultados.

Para ello se llevó acabo dos tipos de métodos de análisis sísmicos con la finalidad de diferenciar sus resultados y definir la transcendencia que tiene cada uno. El primer análisis que se realizó, es el análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes, y el segundo es el análisis dinámico modal espectral o

método de la respuesta espectral, el cual fue aplicado haciendo uso del software descrito líneas arriba.

Posteriormente se compararon los análisis y se evaluó la variación de los resultados obtenidos a través de estos análisis, resultando valores más conservadores por el análisis estático, que por el análisis dinámico modal espectral; todo esto, debido a que el análisis estático solo usa el modo fundamental; además, el edificio en estudio es una estructura regular, debido a que en su configuración resistente a cargas laterales no presenta irregularidades y cumple las restricciones de la norma técnica E.030 “diseño sismorresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N°011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N°002-2014-VIVIENDA. En adelante será “Norma técnica E.030 diseño sismorresistente”.

Los valores obtenidos por el análisis estático son:

Distorsiones máximas obtenidas (**X, Y**) por piso fueron: (0.000841, 0.000701) Piso 1; (0.001349, 0.001229) Piso 2; (0.001376, 0.001305) Piso 3; (0.001242, 0.001223) Piso 4 y (0.001072, 0.001089) Piso 5, para la dirección paralela y perpendicular a la fachada respectivamente.

Desplazamiento máximo lateral, calculado en el Piso 5 fue de 16.216349 mm en la dirección “X” y 15.863548 mm en la dirección “Y”.

Fuerza cortante en la base, fue de $V_x = 292.362$ t, $V_y = 292.362$ t.

Los valores obtenidos por el análisis dinámico son:

Distorsiones máximas obtenidas (**X, Y**) por piso fueron: (0.000693, 0.000598) Piso 1; (0.001123, 0.001088) Piso 2; (0.001155, 0.001168) Piso 3; (0.001052, 0.001106) Piso 4 y (0.000914, 0.000992) Piso 5, para la dirección paralela y perpendicular a la fachada respectivamente.

Desplazamiento máximo lateral, calculado en el Piso 5 fue de 15.797076 mm en la dirección “X” y 15.835839 mm en la dirección “Y”.

Fuerza cortante en la base, fue de $V_x = 238.05$ t, $V_y = 234.3$ t

Palabras claves: Análisis Estático; Análisis Dinámico; Aulario; Ingeniería Civil; Tarapoto.

ABSTRACT

In this research work, made the comparison between the seismic analysis static and the dynamic, of the new classroom of Civil Engineering of the Scientific University of the Peru (UCP), located in the city of Tarapoto. The analysis focused fundamentally on the variation of the answers and seismic actions more significant, with the object to obtain the analytical model more representative with a seismic behavior according to the principles of the design sismorresistente.

For the development of the comparative analysis, employed a single three-dimensional dynamic model, supported by the ETABS software, Version 2016, conceiving a structure of concrete armed of five levels, allocated to educational use.

The structural system that applied to the building is of type “Dual”, where the seismic actions are resisted by a combination of porticos and structural walls and the shear force that take the walls this between 20% and 70% of cutting at the base of the building.

The investigation developed is framed inside the interrogative: Which will be the variation of the seismic responses, in a same structural system proposed, to carry out a comparative study between the static and dynamic seismic analysis, of the new classroom of Civil Engineering of the University of Science of Peru - UCP Tarapoto – 2017?, this was the main source by which carried out the comparative analysis, and was comprised like a descriptive investigation – comparative, that comprises the description, register, analysis, comparison and interpretation of the results.

For this carried finish, two types of seismic methods with the purpose to differentiate his results and define the transcendence that has each one. The first analysis that made, is the static analysis or of equivalent static strengths, and the second analysis is the modal dynamic analysis spectral or method of

the answer spectral, which was applied doing use of the software described lines up.

Later they compared the analyses and evaluated the variation of the results obtained through these analyses, resulting values more conservative by the static analysis, that by the modal dynamic analysis spectral; all this, due to the fact that the static analysis on uses the fundamental mode; besides, the building in study is a regular structure, due to the fact that in its resistant configuration to lateral loads it does not present any irregularities and fulfils the restrictions of the technical norm E.030 "design earthquake resistant" of the national building regulations, approved by supreme decree N°011-2006-VIVIENDA, modified with supreme decree N°002-2014-VIVIENDA. From now, it will be "Technical Norm E.030 design earthquake resistant".

The values obtained by the static analysis are:

Maximum distortions obtained (X, Y) by flat was (0.000841, 0.000701) Flat 1; (0.001349, 0.001229) Flat 2; (0.001376, 0.001305) Flat 3; (0.001242, 0.001223) Flat 4 and (0.001072, 0.001089) Flat 5, for the parallel direction and perpendicular to the facade respectively.

Maximum trip side, calculated in the Flat 5 was of 16.216349 mm in the direction "X" and 15.863548 mm in the direction "Y".

Shear force in the base, was of $V_x = 292.362 \text{ T}$, $V_y = 292.362 \text{ t}$.

The values obtained by the dynamic analysis are:

Maximum distortions obtained (X, Y) by flat was (0.000693, 0.000598) Flat 1; (0.001123, 0.001088) Flat 2; (0.001155, 0.001168) Flat 3; (0.001052, 0.001106) Flat 4 and (0.000914, 0.000992) Flat 5, for the parallel direction and perpendicular to the façade respectively.

Maximum trip side, calculated in the Flat 5 was of 15.797076 mm in the direction "X" and 15.835839 mm in the direction "Y".

Shear force in the base, was of $V_x = 238.05 \text{ t}$, $V_y = 234.3 \text{ t}$

Keywords: Static Analysis; Dynamic Analysis; Classroom; Civil Engineering; Tarapoto.

INDICE GENERAL

2.1.	Antecedentes.....	18
2.2.	Bases teóricas.....	20
2.2.1.	Naturaleza y probabilidad del sismo	20
2.2.2.	Criterios principales del diseño sísmico	21
2.2.3.	Parámetros generales de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente, para el análisis sísmico.	22
2.2.3.1.	Filosofía del diseño sísmico	22
2.2.3.2.	Concepción estructural sismorresistente	23
2.2.3.3.	Zonificación (Z).....	23
2.2.3.4.	Condiciones geotécnicas.....	24
2.2.3.5.	Parámetros de sitio (S , T_p y T_L).....	26
2.2.3.6.	Factor de amplificación sísmica (C).....	26
2.2.3.7.	Categoría de las edificaciones y factor de uso (U)	27
2.2.3.8.	Sistemas estructurales.....	28
2.2.3.8.1.	Estructuras de concreto armado.....	28
2.2.3.8.2.	Estructuras de acero.	29
2.2.3.8.3.	Estructuras de albañilería.	30
2.2.3.8.4.	Estructuras de madera.	30
2.2.3.8.5.	Estructuras de tierra.....	30
2.2.3.9.	Categorías y sistemas estructurales.....	31
2.2.3.10.	Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas (R_o).	32
2.2.3.11.	Regularidad estructural	32
2.2.3.12.	Factores de irregularidad (I_a), (I_p).....	33
2.2.3.13.	Restricciones a la irregularidad.....	36
2.2.3.14.	Coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R).....	36
2.2.3.15.	Análisis estructural	36
2.2.3.15.1.	Consideraciones generales para el análisis.	36
2.2.3.15.2.	Modelo para el análisis.	37
2.2.3.15.3.	Estimación del peso (P).	37
2.2.3.15.4.	Procedimiento de análisis sísmico.....	38
2.2.3.16.	Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes.	38
2.2.3.16.1.	Procedimiento de análisis sísmico.....	38
2.2.3.16.2.	Fuerza cortante en la base.....	38
2.2.3.16.3.	Distribución de la fuerza sísmica en altura.	38
2.2.3.16.4.	Periodo fundamental de vibración.	39
2.2.3.16.5.	Excentricidad accidental.	40
2.2.3.17.	Análisis dinámico modal espectral	40
2.2.3.17.1.	Modos de vibración.	41
2.2.3.17.2.	Aceleración espectral.....	41
2.2.3.17.3.	Criterios de combinación.....	41
2.2.3.17.4.	Fuerza cortante mínima.....	42
2.2.3.17.5.	Excentricidad accidental (Efectos de torsión).	42
2.2.3.18.	Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad.	43
2.2.3.18.1.	Determinación de desplazamientos laterales.	43

2.2.3.18.2.	Desplazamientos laterales relativos permisibles.....	43
2.2.3.18.3.	Separación entre edificios.	43
2.2.4.	Definición de términos básicos	44
3.1.	Tipo de investigación.....	48
3.2.	Diseño de investigación	48
3.6.1.	Estructuración.....	53
3.6.1.1.	Estructuración para cargas de gravedad	53
3.6.1.2.	Estructuración para cargas de sismo	53
3.6.2.	Predimensionamiento de elementos estructurales	54
3.6.2.1.	Losa aligerada	54
3.6.2.1.1.	Predimensionamiento de losa aligerada	55
3.6.2.2.	Vigas.....	55
3.6.2.2.1.	Viga principal	55
3.6.2.3.	Columnas	56
3.6.2.3.1.	Metrado de cargas	57
3.6.2.4.	Muros de corte.....	58
3.6.2.4.1.	Metrado de cargas	59
3.7.1.	Definición de ejes estructurales.....	60
3.7.2.	Creación de materiales	60
3.7.3.	Creación de secciones lineales	60
3.7.4.	Creación de secciones de área	62
3.7.5.	Modelación estructural	64
3.7.6.	Asignación de cargas.....	65
3.7.7.	Peso de la estructura.....	67
3.7.4.	Asignación de espectro de diseño.....	67
3.7.5.	Creación de caso de respuesta dinámica.....	68
3.7.6.	Creación de fuente de masa	70
3.7.7.	Factores para el análisis	70
3.7.8.	Análisis sísmico estático y dinámico	70

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°1. Factores de zona “Z”	25
CUADRO N°2. Clasificación de los perfiles de suelo.....	26
CUADRO N°3. Factor de suelo “S”.....	27
CUADRO N°4. Periodos “T _P ” y “T _L ”	27
CUADRO N°5. Categorías de las edificaciones y factor “U”	28
CUADRO N°6. Categoría y sistema estructural de las edificaciones.....	32
CUADRO N°7. Sistemas estructurales.....	33
CUADRO N°8. Irregularidades estructurales en altura.....	34
CUADRO N°9. Irregularidades estructurales en planta.....	36
CUADRO N°10. Categoría y regularidad de las edificaciones.....	37
CUADRO N°11. Límites para la distorsión del entrepiso.....	44
CUADRO N°12. Peso de la estructura.....	68
CUADRO N°13. Factores para el análisis, según la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.....	71
CUADRO N°14. Parámetros y cálculos de la fuerza cortante en la base..	72
CUADRO N°15. Distribución de fuerzas en altura.....	72
CUADRO N°16. Fuerza cortante en la base.....	73
CUADRO N°17. Fuerza cortante en la base de ambos análisis sísmicos siguiendo los parámetros que indica la norma E.030 diseño sismorresistente.....	73
CUADRO N°18. Análisis estáticos, distorsiones de entrepisos, siguiendo los parámetros que indica la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.....	74
CUADRO N°19. Análisis dinámico, distorsiones de entrepisos, siguiendo los parámetros que indica la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.....	74
CUADRO N°20. Periodos de vibración de la estructura.....	74
CUADRO N°21. Propiedades del sistema estructural planteado para la investigación con la información del análisis modal.....	75
CUADRO N°22. Sismo estático, desplazamientos máximos laterales, dirección X-X.....	75
CUADRO N°23. Sismo dinámico, desplazamientos máximos laterales, dirección X-X.....	76
CUADRO N°24. Comparación de resultados de los desplazamientos máximos laterales dirección X-X, entre el sismo estático y el dinámico.....	76
CUADRO N°25. Sismo estático, desplazamientos máximos laterales, dirección Y-Y.....	77
CUADRO N°26. Sismo dinámico, desplazamientos máximos laterales, dirección Y-Y.....	77
CUADRO N°27. Comparación de resultados de los desplazamientos máximos laterales dirección Y-Y, entre el sismo estático y el dinámico.....	77
CUADRO N°28. Sismo estático, máximas distorsiones por piso, dirección X-X.....	78
CUADRO N°29. Sismo dinámico, máximas distorsiones por piso, dirección X-X.....	78

CUADRO N°30. Comparación de resultados de las máximas distorsiones por piso en la dirección X-X, entre el sismo estático y dinámico.....	79
CUADRO N°31. Comparación de resultados de las máximas distorsiones por piso en la dirección Y-Y, entre el sismo estático y dinámico.....	80
CUADRO N°32. Sismo dinámico, máximas distorsiones por piso, dirección Y-Y.....	80
CUADRO N°33. Comparación de resultados de las máximas distorsiones por piso en la dirección Y-Y, entre el sismo estático y dinámico.....	80
CUADRO N°34. Sismo estático, fuerza cortante en la base, dirección X-X.....	81
CUADRO N°35. Sismo dinámico, fuerza cortante en la base, dirección X-X.....	81
CUADRO N°36. Comparación de resultados de las fuerzas cortantes en la base, en la dirección X-X, entre el sismo estático y dinámico.....	81
CUADRO N°37. Sismo estático, variación de cortante en altura, dirección X-X.....	82
CUADRO N°38. Sismo dinámico, variación de cortante en altura, dirección X-X.....	82
CUADRO N°39. Sismo estático, fuerza cortante en la base, dirección Y-Y.....	83
CUADRO N°40. Sismo dinámico, fuerza cortante en la base, dirección Y-Y.....	83
CUADRO N°41. Comparación de resultados de las fuerzas cortantes en la base, en la dirección Y-Y, entre el sismo estático y dinámico.....	83
CUADRO N°42. Sismo estático, variación de cortante en altura, dirección Y-Y.....	84
CUADRO N°43. Sismo dinámico, variación de cortante en altura, dirección Y-Y.....	84

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO N°1. Mapa de zonificación sísmica.....	25
GRAFICO N°2. Planta típica de distribución del primer al quinto nivel.....	53
GRAFICO N°3. Vista 3D de la estructuración del edificio.....	55
GRAFICO N°4. Definición de propiedades del material.....	61
GRAFICO N°5. Definición de secciones de columna.....	62
GRAFICO N°6. Definición de secciones de viga.....	63
GRAFICO N°7. Definición del espesor de muro.....	64
GRAFICO N°8. Definición de la losa aligerada de una dirección.....	64
GRAFICO N°9. Definición de la losa aligerada de dos direcciones.....	36
GRAFICO N°10. Modelo estructural final del aulario.....	37
GRAFICO N°11. Asignación de carga muerta y viva por m ²	67
GRAFICO N°12. Asignación de carga muerta por ml (Tabiquería).....	68
GRAFICO N°13. Espectro de aceleración de la norma técnica de diseño E.030 sismorresistente.....	69
GRAFICO N°14. Caso de respuestas dinámicas.....	70
GRAFICO N°15. Asignación de fuerzas para el análisis estático.....	73
GRAFICO N°16. Comparación de resultados de los desplazamientos máximos laterales dirección X-X, entre el sismo estático y el sismo dinámico.....	76
GRAFICO N°17. Comparación de resultados de los desplazamientos máximos laterales dirección Y-Y, entre el sismo estático y el sismo dinámico.....	78
GRAFICO N°18. Comparación de resultados de las máximas distorsiones por piso en la dirección X-X, entre el sismo estático y dinámico.....	79
GRAFICO N°19. Comparación de resultados de las máximas distorsiones por piso en la dirección Y-Y, entre el sismo estático y dinámico.....	81
GRAFICO N°20. Comparación de resultados de las fuerzas cortante en la base, dirección X-X, entre el sismo estático y dinámico.....	83
GRAFICO N°21. Comparación de resultados de las fuerzas cortante en la base, dirección Y-Y, entre el sismo estático y dinámico.....	85

I. Introducción

Desde hace muchos años el ingeniero civil ha desempeñado muchas funciones para el desarrollo de su región, que va desde realizar proyectos, hasta ejecutarlos. La elaboración de proyectos, involucra actividades relevantes como es el pre-dimensionamiento, modelamiento, cálculo y diseño estructural, ya sean para estructuras de concreto armado, madera, o metálicas.

En este trabajo de investigación nos enfocamos principalmente en la modelación estructural, con el fin de efectuar una apreciación de la respuesta de una estructura a la ocurrencia de un evento sísmico, para ello se comparó dos tipos de análisis; “El estático o de fuerzas estáticas equivalentes y el dinámico modal espectral”. Estos métodos poseen una serie de características diferentes al momento de analizar una estructura, por ende, los resultados de cada método al ser comparados entre sí, presentan variaciones significativas, de aquí nace la importancia del tema de investigación.

Este estudio fue regido con parámetros y especificaciones expuesto en la norma técnica E.030 diseño sismorresistente, y apoyados en el software ETABS versión 2016.

El análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes, representa la acción del sismo por fuerzas laterales, que se aplican en los centros de masas de los pisos, en dos direcciones ortogonales (X, Y), estas fuerzas se distribuyen entre los sistemas resistentes a carga lateral que conforman la estructura (Muros y/o Pórticos). La utilización del método estático se encuentra limitado a construcciones de altura moderada, y considera un solo modo de vibración, debido a que, en estructuras de periodos largos, los modos superiores pueden tener mayor importancia que la proporcionada en este método.

El análisis dinámico modal espectral (o método de la respuesta espectral) es un análisis ventajoso para estimar los desplazamientos y fuerzas en los elementos de un sistema estructural. El método implica solamente el cálculo de los valores máximos de los desplazamientos y las aceleraciones, en cada modo usando un

espectro de diseño, el mismo que representa el promedio o la envolvente de espectros de respuesta para diversos sismos, con algunas consideraciones adicionales dadas en la norma técnica E.030 diseño sismorresistente. Luego estos valores máximos se combinan, utilizando el método de la combinación cuadrática completa (método CQC) que considera una correlación entre los valores modales máximos, con el fin de obtener los valores más probables de desplazamientos y fuerzas.

Es así que el objetivo general del presente trabajo de investigación es, "Comparar las variaciones de las respuestas sísmicas más significativas, que resulten de los análisis en estudio, dados en un mismo sistema estructural propuesto, y así determinar el modelo analítico más representativo de la estructura", para lo cual se planteó la siguiente hipótesis: "Comparando los resultados de los análisis en estudio, sí presentan diferencias significativas en las respuesta sísmicas, analizados en un mismo sistema estructural".

II. Marco teórico referencial

2.1. Antecedentes

En el año 2008, Alejandro Muñoz, en su libro “Ingeniería Sismorresistente”, indica que La ingeniería sismorresistente se ha desarrollado gracias a la investigación teórica. “Los trabajos de investigación van desde el empleo de modelos para cuantificar el peligro sísmico hasta técnicas numéricas para evaluar el comportamiento inelástico de estructuras en sismos grandes.” (p.02).

En el año 2011, Joaquín Ortega Menéndez, desarrolló una investigación a la que tituló como “Análisis comparativo entre sismo estático y dinámico, para marcos de concreto reforzado”, en la cual concluyó que el factor de reducción sísmico “R”, aun cuando toma en cuenta la tipología estructural, no da parámetros que establezcan condiciones de geometría para el análisis sísmico de los marcos dúctiles, ya sea de concreto o acero, es por eso que la versatilidad del análisis dinámico, calcula cual es la participación de la masa durante el evento sísmico, además recalcó que los modos de vibración comienzan a tomar trascendencia cuando las estructuras tienden a tener mayor altura. La información brindada es de importancia para el presente estudio, ya que el análisis requiere datos precisos, con el fin de tener resultados más reales de la estructura. (p.79).

En el año 2013, Yeudy F. Vargas Alzate, realizó una investigación titulada: “Análisis estructural estático y dinámico probabilista de edificios de hormigón armado; aspectos metodológicos y aplicaciones a la evaluación del daño”, en el cual concluyo que: Tanto en el diseño como en la evaluación del daño sísmico esperado, debe ser considerada la incertidumbre de las variables implicadas en los análisis. Estimar el daño sísmico esperado en una estructura desde una perspectiva determinista es ignorar la física y la realidad del problema. Esta tesis fue de mucho interés en el presente estudio porque aclara las distintas variables que se tiene que considerar al momento de realizar el análisis sísmico, como el efecto de la acción sísmica a una estructura, y los daños que pueda esta presentar. (p.182).

En el año 2014, Gustavo Vladimir Condori Uchiri, elaboró un estudio, titulado: “Comparación del comportamiento sísmico lineal y no lineal, en el análisis y diseño estructural de un edificio alto, con disipadores de energía e interacción suelo – estructura”, en el cual concluyo que los desplazamientos obtenidos por el análisis sísmico dinámico modal espectral empotrados cumplen con la norma, pero éstos se ven incrementados al aplicarle interacción suelo – estructura, por lo cual un modelo adecuado al estudio y análisis de edificios altos sería, el análisis sísmico dinámico modal tiempo – historia, con interacción suelo . estructura, además concluyó que al adicionar a la estructura disipadores de energía fluido – viscosos (amortiguadores tipo damper), el desplazamiento se ve disminuido notablemente en más de un 40% aproximadamente. Esta investigación es de gran relevancia en el presente estudio porque indica la importancia de optar el modelo sísmico adecuado, teniendo al mismo tiempo la interacción suelo – estructura y cuan necesario es el aporte que da los disipadores de energía con respecto al desplazamiento de la estructura. (p.149).

En el año 2015, Pedro Carmona Ramírez y Angello Jesús Rosas Fetta, elaboraron un estudio titulado: “Análisis comparativo del comportamiento sísmico dinámico del diseño normativo sismo-resistente de un sistema dual frente al modelo con aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR) de un sistema aporticado, del Edificio de Oficinas Schell de Seis pisos ubicado en la Provincia de Lima – Perú”, en esta investigación llegaron a la siguiente conclusión: que en el sistema aislado ocurren menores desplazamientos horizontales relativos de entrepiso, lo cual ayudará a un mejor comportamiento de la estructura. Referente al costo de los dos sistemas en estudio, obtuvieron que el edificio aislado es aproximadamente 9.71% más costoso que el edificio con el sistema dual, sin embargo consideraron una estimación de costos post-sismo, el sistema aislado (daño leve) es 37% más económico que el edificio con el sistema dual (daño severo). Esta información es relevante en el presente estudio, ya que compararon modelos sísmicos que estén acorde con el principio del diseño sismorresistente y a su vez se cuantifica el costo de ambos sistemas. (p.110).

2.2. Bases teóricas

El análisis estructural es un proceso sistemático que concluye con el conocimiento de las características de su comportamiento bajo un cierto estado de carga. En una edificación pueden actuar diferentes tipos de acciones exteriores cuya naturaleza puede condicionar el método de cálculo a seguir, es así que el objetivo del análisis estructural es “determinar” su comportamiento bajo diferentes acciones para las que se postule o establezca que debe tener la capacidad de respuesta.

Los primeros dos aspectos que se muestran a continuación se relacionan con la naturaleza y probabilidad del sismo, y que criterio de diseño sísmico se debe seguir para que la estructura tenga un comportamiento esperado ante un evento sísmico.

El último aspecto corresponde a las propiedades mecánicas de las edificaciones ante cargas dinámica; y, como parámetro a seguir se utilizó la norma técnica E.030 diseño sismorresistente, ya que es una herramienta que nos proporciona las recomendaciones más apropiadas para realizar un diseño que se comporte adecuadamente ante la incidencia de un evento sísmico. Es el instrumento que nace de muchas de las experiencias pasadas y de pruebas de laboratorio de las cuales se obtiene una aproximación a la realidad del comportamiento de las estructuras ante los sismos.

2.2.1. Naturaleza y probabilidad del sismo

Aunque los movimientos sísmicos aún no se pueden predecir con exactitud, en la práctica, la ciencia y la ingeniería proporcionan herramientas que se pueden utilizar para reducir sus efectos. En primer lugar, la ciencia está en condiciones de identificar el lugar geográfico donde hay más probabilidades que ocurra el siguiente sismo importante, mediante lo que se denomina el silencio sísmico, que identifica las zonas de un territorio donde no se han registrado sismos importantes en muchos años.

Esto está también relacionado con la dificultad de predecir la fecha de ocurrencia aun cuando se están haciendo esfuerzos para monitorear instrumentalmente diversas variables que tendrían relación con la ocurrencia de los sismos.

2.2.2. Criterios principales del diseño sísmico

De manera general el diseño sísmico de una estructura implica las siguientes etapas:

- **El dimensionamiento de las secciones.** Los métodos de dimensionamiento de las secciones y elementos estructurales no difieren sustancialmente de los que se especifican para todo tipo de acciones.
- **La selección de un sistema estructural adecuado.** El sistema estructural debe ser capaz de absorber y disipar la energía introducida por el sismo sin que se generen efectos particularmente desfavorables, como concentraciones o amplificaciones dinámicas. De la capacidad del sistema adoptado depende en gran parte el éxito del diseño.
- **El análisis sísmico.** Los reglamentos definen las acciones sísmicas para las cuales debe calcularse la respuesta de la estructura y proporcionan métodos de análisis de distinto grado de refinamiento. La atención debe presentarse más a la determinación del modelo analítico más representativo de la estructura real, que, al refinamiento del análisis, para el cual se cuenta actualmente con programas de computadora poderosos y fáciles de usar, que simplifican notablemente el problema.
- **Diseño estructural.** Para que las estructuras tengan un comportamiento dúctil es necesario diseñar sus elementos y conexiones para proporcionarles gran capacidad de deformación antes del colapso. Los requisitos al respecto son particularmente severos en estructuras de

concreto, en las que conducen a modificaciones sustanciales en las cuantías y distribuciones de refuerzo, con respecto a la práctica convencional en zonas sísmicas.

El procedimiento de diseño adoptado por la mayoría de los códigos actuales consiste esencialmente en un diseño elástico con fuerzas reducidas. Se acepta que parte de la energía introducida en la estructura por el sismo, se disipe por deformaciones inelásticas y, por ello, las fuerzas que deben ser capaces de resistir la estructura son menores que las que se introducirían si su comportamiento fuese elástico-lineal.

2.2.3. Parámetros generales de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente, para el análisis sísmico.

La norma técnica E.030 diseño sismorresistente establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos, tengan un comportamiento sísmico acorde a la filosofía y principios de diseño enmarcados en la misma, en donde presenta parámetros que intervienen en la magnitud de fuerza sísmica que se transmiten a la estructura, afectando de esta manera la respuesta sísmica que el sistema estructural concebido presentará.

Los principales parámetros de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente, que se debe seguir para el análisis sísmico.

2.2.3.1. Filosofía del diseño sísmico

La filosofía del diseño sismorresistente está basado en:

- Evitar las pérdidas de vidas.
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- Minimizar los daños de la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En

concordancia con tal filosofía se establecen en la presente Norma los siguientes principios:

- La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.
- Para edificaciones esenciales se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que estén en condiciones operativas luego de un sismo severo.

2.2.3.2. Concepción estructural sismorresistente

Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos, con el fin de tener un mejor comportamiento sísmico:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada.
- Continuidad en la estructura, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad.
- Deformación limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia.
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa.

2.2.3.3. Zonificación (Z)



La zonificación se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica.

A cada zona se asigna un factor Z. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 25 % de ser excedida en 50 años.

El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

GRAFICO N°. 01: Mapa de zonificación sísmica.

La norma considera al territorio dividido en cuatro zonas, cada una asignada con un valor según el CUADRO N°. 01 de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.

CUADRO N°. 01 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: *La norma técnica E.030 diseño sismorresistente*

2.2.3.4. Condiciones geotécnicas

Los tipos de perfiles de suelos son cinco, como se presente a continuación:

- **Perfil tipo SO: Roca dura.** A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte $V_s > 1500$ m/s.
- **Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos.** A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte $500 \text{ m/s} < V_s \leq 1500 \text{ m/s}$.
- **Perfil Tipo S2: Suelos intermedios.** A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte $180 \text{ m/s} < V_s \leq 500 \text{ m/s}$.
- **Perfil tipo S3: Suelos blandos.** Corresponden a este tipo los suelos medianamente flexibles con velocidades de propagación de onda de corte $V_s \leq 180 \text{ m/s}$.
- **Perfil tipo S4: Condiciones excepcionales.** A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. “El cuadro N°. 02, resumen valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo”.

CUADRO N°. 02 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_U$
S_0	$> 1500 \text{ m/s}$	-	-
S_1	$500 \text{ m/s a } 1500 \text{ m/s}$	> 50	$> 100 \text{ kPa}$
S_2	$180 \text{ m/s a } 500 \text{ m/s}$	$15 \text{ a } 50$	$50 \text{ kPa a } 100 \text{ kPa}$

S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: La norma técnica E.030 diseño sismorresistente

2.2.3.5. Parámetros de sitio (S , T_p y T_L)

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y los periodos T_p y T_L dados en los cuadros n^{os}. 3 y 4.

CUADRO N°. 03 FACTOR DE SUELO “S”				
SUELO ZONA	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z_1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: La norma técnica E.030 diseño sismorresistente

CUADRO N°. 04 PERÍODOS “ T_p ” Y “ T_L ”				
	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T_L (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: La norma técnica E.030 diseño sismorresistente

2.2.3.6. Factor de amplificación sísmica (C)

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la respuesta estructural respecto de la aceleración en el suelo.

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_P \quad ; C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad ; C = 2.5 * \left(\frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad ; C = 2.5 * \left(\frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

Dónde: **T** es el periodo fundamental.

2.2.3.7. Categoría de las edificaciones y factor de uso (U)

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en el CUADRO N°. 05. El factor de uso e importancia (U), definido en el CUADRO N°. 05 se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar U=1.

CUADRO N°. 05 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORIA	DESCRIPCION	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5

B Edificaciones Importantes.	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes.	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales.	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: La norma técnica E.030 diseño sismorresistente

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1.5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

2.2.3.8. Sistemas estructurales

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección.

2.2.3.8.1. Estructuras de concreto armado

- **Pórticos.**

Por lo menos el 80 % del cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos que cumplan los requisitos de la Norma E.060 Concreto Armado. En caso se tengan muros estructurales, estos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

- **Muros estructurales.**

Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70 % del cortante en la base.

- **Dual.** Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros varía entre el 20 % y el 70 % del cortante en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30 % del cortante en la base.

- **Edificaciones de muros de ductilidad limitada (EMDL).** Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa. Con este sistema se puede construir como máximo ocho (08) pisos.

2.2.3.8.2. Estructuras de acero.

Los Sistemas que se indican a continuación forman parte del Sistema Estructural Resistente a Sismos.

- **Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF).**

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la fluencia por flexión de las vigas y limitada fluencia en las zonas de panel de las columnas. Las columnas deberán ser diseñadas para tener una resistencia mayor que las vigas cuando estas incursionan en la zona de endurecimiento por deformación.

- **Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF).**
Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.
- **Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF).**
Estos pórticos deberán proveer una mínima capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.
- **Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF).**
Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la resistencia post-pandeo en los arriostres en compresión y fluencia en los arriostres en tracción.
- **Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF).**
Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.
- **Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF).**
Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica principalmente por fluencia en flexión o corte en la zona entre arriostres.

2.2.3.8.3. Estructuras de albañilería.

Edificaciones cuyos elementos sismorresistente son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto. Para efectos de esta Norma no se hace diferencia entre estructuras de albañilería confinada o armada.

2.2.3.8.4. Estructuras de madera.

Se consideran en este grupo las edificaciones cuyos elementos resistentes son principalmente a base de madera. Se incluyen sistemas entramados y estructuras arriostradas tipo poste y viga.

2.2.3.8.5. Estructuras de tierra.

Son edificaciones cuyos muros son hechos con unidades de albañilería de

tierra o tierra apisonada in situ.

2.2.3.9. Categorías y sistemas estructurales.

La norma establece que de acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse empleando el sistema estructural que se indica en el CUADRO N°. 06 y respetando las restricciones a la irregularidad del CUADRO N°. 10.

CUADRO N°. 06 CATEGORIA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la edificación	Zona	Sistema estructural
A1	4y3	Aislamiento sísmico con cualquier sistema estructural.
	2y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF Y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada
A2(*)	4,3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF Y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4,3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF Y EBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructura de madera.
	1	Cualquier sistema.
C	4.3.2 y 1	Cualquier sistema.

Fuente: *La norma técnica E.030 diseño sismorresistente*

(*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

2.2.3.10. Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas (R_o).

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en el CUADRO N°. 07.

CUADRO N°. 07 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema estructural	Coeficiente básico de reducción (R_o) (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera (Por esfuerzo admisibles)	7

Fuente: La norma técnica E.030 diseño sismorresistente

(*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

2.2.3.11. Regularidad estructural

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares para los fines siguientes:

- Cumplir las restricciones del CUADRO N°. 10.
- Establecer los procedimientos de análisis.

- Determinar el Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas R_o .
- **Estructuras regulares:** Son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en los cuadros n^{os}. 8 y 9. En estos casos, el factor I_a o I_p será igual 1,0.
- **Estructuras irregulares:** son aquellas que presentan una o más de las irregularidades indicadas en los CUADROS N^{os}. 08 y 09.

2.2.3.12. Factores de irregularidad (I_a), (I_p).

El factor " I_a " se determinará como el menor de los valores del CUADRO N°. 08 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis. El factor " I_p " se determinará como el menor de los valores del CUADRO N°. 09 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Si al aplicar los CUADROS N°. 08 y 09 se obtuvieran valores distintos de los factores " I_a " o " I_p " para las dos direcciones de análisis, se deberá tomar para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones.

CUADRO N°. 08 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de I_a
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0,75
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,75

Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver cuadro N° 10) Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0.50
Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver cuadro N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,50
Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según la estimación de peso, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.	0,80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver cuadro N° 10). Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.	0,60

CUADRO N°. 09 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de I_p
Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en el cuadro N°11.	0,75
Irregularidad Torsional Extrema (Ver cuadro N° 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{CM}), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del	0,60
Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.	0,90
Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0,85
Discontinuidad del Diafragma Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.	0,85

Fuente: La norma técnica E.030 diseño sismorresistente

2.2.3.13. Restricciones a la irregularidad.

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse respetando las restricciones a la irregularidad del CUADRO N°. 10.

CUADRO N°. 10 CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de La Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades.
	1	No se permiten irregularidades extremas.
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas.
	1	Sin restricciones.
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas.
	2	No se permiten irregularidades extremas Excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m De altura total.
	1	Sin restricciones

Fuente: La norma técnica E.030 diseño sismorresistente

2.2.3.14. Coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R)

El coeficiente de reducción de la fuerza sísmica se determinará como el producto del coeficiente R_0 presentado en el CUADRO N°. 7 y de los factores “ I_a ” e “ I_p ” obtenidos de los cuadros N°. 8 y 9.

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Donde:

- I_a = Factor de irregularidad en Altura.
- I_p = Factor de irregularidad en Planta.
- R_0 = Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas.

2.2.3.15. Análisis estructural

2.2.3.15.1. Consideraciones generales para el análisis.

Para estructuras regulares, el análisis podrá hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales

predominantes.

Para estructuras irregulares deberá suponerse que la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño.

Las solicitaciones sísmicas verticales se considerarán en el diseño de los elementos verticales, en elementos horizontales de gran luz, en elementos post o pre tensados y en los voladizos o salientes de un edificio. Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis.

2.2.3.15.2. Modelo para el análisis.

El modelo para el análisis deberá considerar una distribución espacial de masas y rigideces que sean adecuados para calcular los aspectos más significativos del comportamiento dinámico de la estructura.

Para edificios en los que se pueda razonablemente suponer que los sistemas de piso funcionan como diafragma rígido, se podrá usar un modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma, asociados a dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una rotación.

2.2.3.15.3. Estimación del peso (P).

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la Edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- En edificaciones de las categorías 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.
- 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.

2.2.3.15.4. Procedimiento de análisis sísmico.

Deberá utilizarse uno de los procedimientos siguientes:

- Análisis Estático o de fuerzas estáticas equivalentes.
- Análisis dinámico modal espectral.

El análisis se hará considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas.

2.2.3.16. Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes.

2.2.3.16.1. Procedimiento de análisis sísmico.

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

Podrán analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1, las estructuras clasificadas como regulares según las características correspondientes de no más de 30 m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

2.2.3.16.2. Fuerza cortante en la base.

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

2.2.3.16.3. Distribución de la fuerza sísmica en altura.

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i , correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante la siguiente expresión:

$$F_i = \alpha_i * V ;$$

$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1.0$
- Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$

2.2.3.16.4. Periodo fundamental de vibración.

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará, con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

$C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n P_i * d_i^2)}{(g * \sum_{i=1}^n f_i * d_i)}}$$

Donde:

f_i : Es la fuerza lateral en el nivel i correspondiente a una distribución a una altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.

d_i : Es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f_i .

2.2.3.16.5. Excentricidad accidental.

Para estructuras con diafragmas rígidos, se supondrá que la fuerza en cada nivel (F_i) actúa en el centro de masas del nivel respectivo y debe considerarse además de la excentricidad propia de la estructura, el efecto de excentricidades accidentales (en cada dirección de análisis) como se indica a continuación:

- En el centro de masas de cada nivel, además de la fuerza lateral estática actuante, se aplicará un momento torsor accidental (M_{ti}) que se calcula como:

$$M_{ti} = \pm F_i * e_i$$

- Para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel (e_i), se considerará como 0.05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la de la acción de las fuerzas.
- Se puede suponer que las condiciones más desfavorables se obtienen considerando las excentricidades accidentales con el mismo signo en todos los niveles. Se considerarán únicamente los incrementos de las fuerzas horizontales no así las disminuciones.

2.2.3.17. Análisis dinámico modal espectral

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado la norma correspondiente.

2.2.3.17.1. Modos de vibración.

Los modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura.

En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

2.2.3.17.2. Aceleración espectral.

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g$$

2.2.3.17.3. Criterios de combinación.

Mediante los criterios de combinación que se indican, se podrá obtener la respuesta máxima elástica esperada (r) tanto para las fuerzas internas en los elementos componentes de la estructura, como para los parámetros globales del edificio como fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso.

La respuesta máxima elástica esperada (r) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados (r_i) podrá determinarse usando la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

Donde r representa las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas. Y los coeficientes de correlación están dados por:

$$\rho_{ij} = \frac{8\beta^2(1+\lambda)\lambda^{3/2}}{(1-\lambda^2)^2 + 4\beta^2\lambda(1+\lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

- $\beta = 0.05$, fracción del amortiguamiento crítico, que se puede asumir constante para todos los modos.
- ω_j, ω_i = Son las frecuencias angulares de los modos i, j

Alternativamente, la respuesta máxima podrá estimarse mediante la siguiente expresión.

$$r = 0.25 * \sum_{i=1}^m |r_i| + 0.75 * \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

2.2.3.17.4. Fuerza cortante mínima.

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado en el análisis estático, para el análisis dinámico en estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

2.2.3.17.5. Excentricidad accidental (Efectos de torsión).

La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0.05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

2.2.3.18. Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad.

2.2.3.18.1. Determinación de desplazamientos laterales.

Para estructuras regulares los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por $0.75 R$ los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para el caso de estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de C/R indicados, ni el cortante mínimo en la base.

2.2.3.18.2. Desplazamientos laterales relativos permisibles.

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en el CUADRO N°. 11.

CUADRO N°. 11 LIMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i/h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de Ductilidad limitada.	0.005

Fuente: La norma técnica E.030 diseño sismorresistente

2.2.3.18.3. Separación entre edificios.

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas una distancia mínima "s" para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.

Esta distancia no será menor que los $2/3$ de la suma de los desplazamientos máximos de los bloques adyacentes ni menor que:

$$s = 0,006 h \geq 0,03 m$$

Donde h es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel

considerado para evaluar s.

2.2.4. Definición de términos básicos

Acción sísmica: Acción accidental debida a la ocurrencia de sismos, la cual incorpora los efectos traslacionales respecto al eje horizontal, y los rotacionales respecto al eje vertical.

Fuente: *Tesis “Comparación de los métodos estáticos y dinámicos aplicados al análisis sísmico de una estructura aporticada de concreto armado de seis niveles destinada al uso hospitalario en el municipio Piar, Estado Bolívar”.*

Análisis sísmico: es la selección de un sistema estructural adecuado, capaz de absorber y disipar la energía introducida por el sismo; es la determinación del modelo analítico más representativo de la estructura real.

Fuente: http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6222/14ANEXO_D.pdf?sequence=14

Análisis estático: Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas horizontales, actuando en cada nivel de la edificación. Este procedimiento de análisis, en general, es aplicado a estructuras de configuraciones regulares de distribución de rigideces y masas, tanto en elevación como en planta y caracteriza a este tipo de análisis el hecho que las cargas actuantes sobre la estructura no dependen del tiempo.

Fuente: *Tesis Comparación del comportamiento sísmico lineal y no lineal, en el análisis y diseño estructural de un edificio alto, con disipadores de energía e interacción suelo – estructura.*

Análisis dinámico: Caracteriza a este tipo de análisis el que las cargas actuantes son variables con el tiempo debiendo requerirse la participación de las fuerzas de inercia en la estación de la respuesta de la estructura.

Fuente: http://ocw.uc3m.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/ingenieria-estructural/material-de-clase-1/apuntes/Capitulo_1_II_-Analisis_de_estructuras.pdf

Configuración estructural: Distribución de los elementos verticales de soporte en una estructura, que permite elegir un sistema apropiado para el envigado.

Fuente: *Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar Ubicado en la Ciudad de Tarapoto Aplicando la Norma E.030 Vigente y la Modificatoria Propuesta, 2014.*

Deriva de entrepiso (Distorsiones de entrepiso): Desplazamiento horizontal relativo de entrepisos, calculado como la diferencia de desplazamientos horizontales de dos niveles consecutivos de una edificación dividida por la altura de los entrepisos.

Fuente: *Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar Ubicado en la Ciudad de Tarapoto Aplicando la Norma E.030 Vigente y la Modificatoria Propuesta, 2014.*

Diafragma rígido: Es un elemento losa que se va a comportar como una estructura rígida que no experimentara deformación. Todas las partículas o puntos de la losa se moverán simultáneamente con el centro de masa.

Fuente: *Tesis Comparación del comportamiento sísmico lineal y no lineal, en el análisis y diseño estructural de un edificio alto, con disipadores de energía e interacción suelo – estructura.*

Centro de masa: Es el lugar geométrico en el cual se supone que está concentrada la masa en cada uno de los pisos.

Fuente: *Libro “Análisis Sísmicos de Edificios”; Autor: Dr. Ing. Roberto Aguiar Falconi.*

Centro de rigidez: Es un punto teórico en la planta del edificio donde aplicada una fuerza cortante horizontal, solo produce traslación.

Fuente: *Tesis Comparación del comportamiento sísmico lineal y no lineal, en el análisis y diseño estructural de un edificio alto, con disipadores de energía e interacción suelo – estructura.*

Peso sísmico: Es la suma de la **carga muerta** de la estructura “Dead=CM” más un porcentaje de la **Carga viva** “Live=CV”, la cual se utiliza para calcular la fuerza cortante basal.

Fuente: *Tesis Comparación del comportamiento sísmico lineal y no lineal, en el*

análisis y diseño estructural de un edificio alto, con disipadores de energía e interacción suelo – estructura.

Edificación: Es una estructura que posee diafragmas, que compatibilizan los desplazamientos horizontales de los miembros que llegan a ese nivel.

Fuente: *Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar Ubicado en la Ciudad de Tarapoto Aplicando la Norma E.030 Vigente y la Modificatoria Propuesta, 2014.*

Cargas sísmicas: Son acciones que un sismo provoca sobre la estructura de un edificio y que deben ser soportadas por esta. Se transmiten a través del suelo.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Carga_s%C3%ADsmica

Cortante en la base: Permite determinar la fuerza lateral total como consecuencia de las fuerzas inercia que se induce a un sistema de N -grados de libertad, distribuyéndolo posteriormente a lo largo de las diferentes alturas de la estructura.

Fuente: http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6222/14ANEXO_D.pdf?sequence=14

Periodo natural de la estructura (T): Representa el tiempo necesario para completar una oscilación completa.

Fuente: *Libro “Análisis Sísmico de Edificios” - PUCP*

Frecuencia natural (f): Es el número de oscilaciones que la estructura efectúa por unidad de tiempo.

Fuente: *Libro “Análisis Sísmico de Edificios” - PUCP*

Sismo: Liberación súbita y brusca de energía elástica acumulada por la deformación lenta en la superficie de la tierra, que se propaga en forma de ondas sísmicas. Los terremotos son sacudidas de corta duración, pero de gran intensidad, que se produce en la corteza terrestre.

Fuente: *Tesis de Análisis Comparativo entre el Sismo Estático y Dinámico, Para Marcos de Concreto Reforzado.*

Sistema estructural: Es aquel compuesto de uno o varios elementos estructurales dispuestos de tal forma que, tanto la estructura total como cada uno de sus componentes, son capaces de mantenerse sin cambios apreciables en su geometría durante las aplicaciones de carga y descarga.

Fuente: *Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar Ubicado en la Ciudad de Tarapoto Aplicando la Norma E.030 Vigente y la Modificatoria Propuesta, 2014.*

Zona Sísmica: Zona geográfica en la cual se admite que la máxima intensidad esperada de las acciones sísmicas, en un período de tiempo prefijado, es similar en todos sus puntos.

Fuente: *Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar Ubicado en la Ciudad de Tarapoto Aplicando la Norma E.030 Vigente y la Modificatoria Propuesta, 2014.*

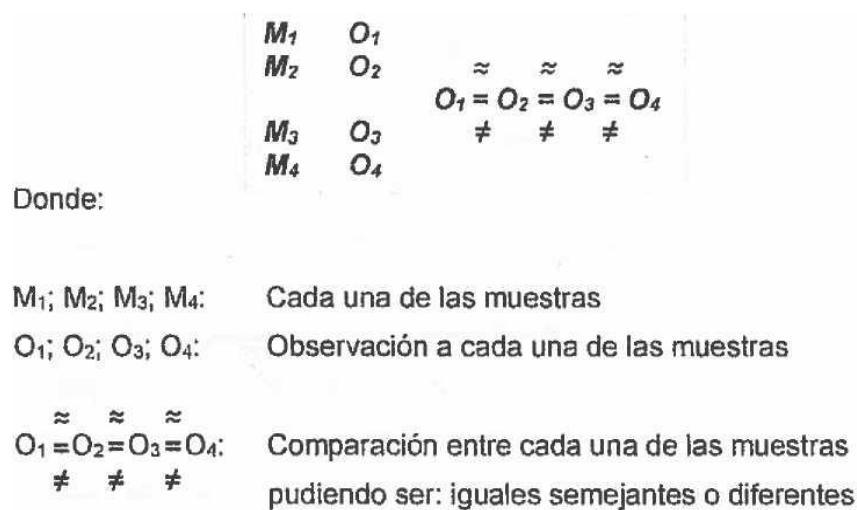
III. Metodología

3.1. Tipo de investigación

Líneas anteriores se definieron los principales datos de la zona y de la estructura en estudio, donde luego se identificó las características y parámetros bajo las cuales se estuvo realizando los distintos análisis sísmicos, haciendo énfasis en las características más relevantes en un análisis sísmico, con el objeto de conocer el comportamiento sísmico de la estructura en estudio. Esto implica que el nivel de investigación predominante en el proyecto fue de tipo **descriptivo comparativo**, porque describe y compara la variación de las respuestas y acciones sísmicas en un mismo sistema estructural propuesto donde se realizó los Análisis Sísmicos tanto estático como dinámico de un Edificio para uso educativo ubicado en la ciudad de Tarapoto.

3.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación utilizado de acuerdo a las características identificadas del problema de investigación fue **no experimental** del tipo **transaccional descriptivo comparativo**, puesto que se tomó un proyecto de edificación ubicada en la ciudad de Tarapoto, a la cual se le realizó los análisis sísmicos tanto estático como dinámico en donde se comparó la variación de las respuestas y acciones sísmicas obtenidas en un mismo sistema estructural para cada caso. Cuyo esquema es:



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estuvo conformada por el nuevo aulario de ingeniería civil de la universidad científica del Perú UCP - Tarapoto.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por el modulo A del aulario.

3.4. Técnicas, instrumento y procedimientos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de Recolección de datos

La técnica usada para recolectar la información necesaria para el desarrollo de la investigación fue:

- Revisión de planos Arquitectónicos.
- Revisión bibliográfica para establecer características de la edificación en función a la propuesta arquitectónica establecida.
- Análisis documental de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos empleados para la recolección de datos fueron:

- Realización de un cuestionario (cuadro) donde se registró información básica del proyecto como: Aspectos del área de estudio, aspectos propios del Proyecto de Edificación.
- Realización de cuestionarios (cuadros) donde se registró información de aspectos generales y parámetros requeridos por la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.

3.4.3. Procedimientos de recolección de datos

El procedimiento realizado para la recolección de datos fue el siguiente:

- Se elaboró el instrumento para la recolección de datos, en este caso opto por cuestionarios (cuadros) donde se registraron información básica del proyecto e información de aspectos generales y parámetros requeridos por la norma respectiva.
- Se aplicó el instrumento elaborado para la recolección de datos en base

al proyecto arquitectónico y la revisión documentaría de los parámetros requeridos por la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.

- Realizó el procesamiento de la información recopilada en base a la revisión bibliográfica para establecer las características del sistema estructural del edificio, la revisión documentaría de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente para definir los parámetros y para la obtención de las respuestas y acciones sísmicas aplicaremos el programa de análisis Estructural "ETABS 2016".
- Se analizaron y se interpretaron los resultados obtenidos del software utilizado, mediante la cualificación y cuantificación de la variación que se genera al realizar un análisis sísmico tanto estático como dinámico aplicando la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.
- Se elaboró el respectivo Informe con las conclusiones respectivas en función al análisis de resultados realizado, además de proponer algunas recomendaciones que se consideren necesarias.
- Presentación y sustentación del informe.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Descripción del Proyecto

A continuación, se describe el proyecto arquitectónico que sirvió de base para el desarrollo de la investigación.

UBICACIÓN

Departamento	: San Martín.
Provincia	: San Martín.
Distrito	: Tarapoto.
Sector	: Martínez de Compañón n°. 933

PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Uso	: Centro Educativo
Número de pisos	: 05 Pisos
Área total	: 1100.7 m ²
Área techada por piso	: 800.13 m ²

Área libre : 300.57 m²

ESPECIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA

Sistema Estructural : Pórticos y muros estructurales (DUAL)

Losa de entrepiso : Aligerado (uno y dos sentidos)

Concreto

Resistencia (f'c) : 280 Kg/cm²

Peso específico : 2400 Kg/cm³

Módulo de elasticidad (E) : 250998 Kg/cm²

Acero

Tipo : Corrugado (ASTM A605 – G°60)

Fluencia (fy) : 4200 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E) : 2x10⁶ Kg/cm²

CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN

Tipo de suelo : Suelo arcilloso de baja plasticidad (CL).

Estratigrafía : Uniforme.

Módulo de elasticidad : 100 Kg/cm²

Densidad natural (γ_n) : 1.91x10⁻³ Kg/cm³

Angulo de fricción (ϕ) : 10.90°

Cohesión (c) : 0.37 Kg/cm²

Nivel freático : No presenta.

Capacidad portante : 0.78 Kg/cm²

Relación poisson (u) : 0.35

Peligro geotectónico : Peligro muy alto.

Perfil de suelo : Suelos intermedios (S₂)

Fuente: Las Características del Terreno de Refundación, son datos extraídos de la Tesis titulada “Análisis Sísmico de una Vivienda Multifamiliar Ubicado en la Ciudad de Tarapoto Aplicando la Norma E.030 Vigente y la Modificatoria Propuesta, 2014”

3.5.2. Identificación

3.5.2.1. Arquitectura y configuración geométrica

A continuación, se presentará el plano de distribución Usado para el desarrollo de la investigación:

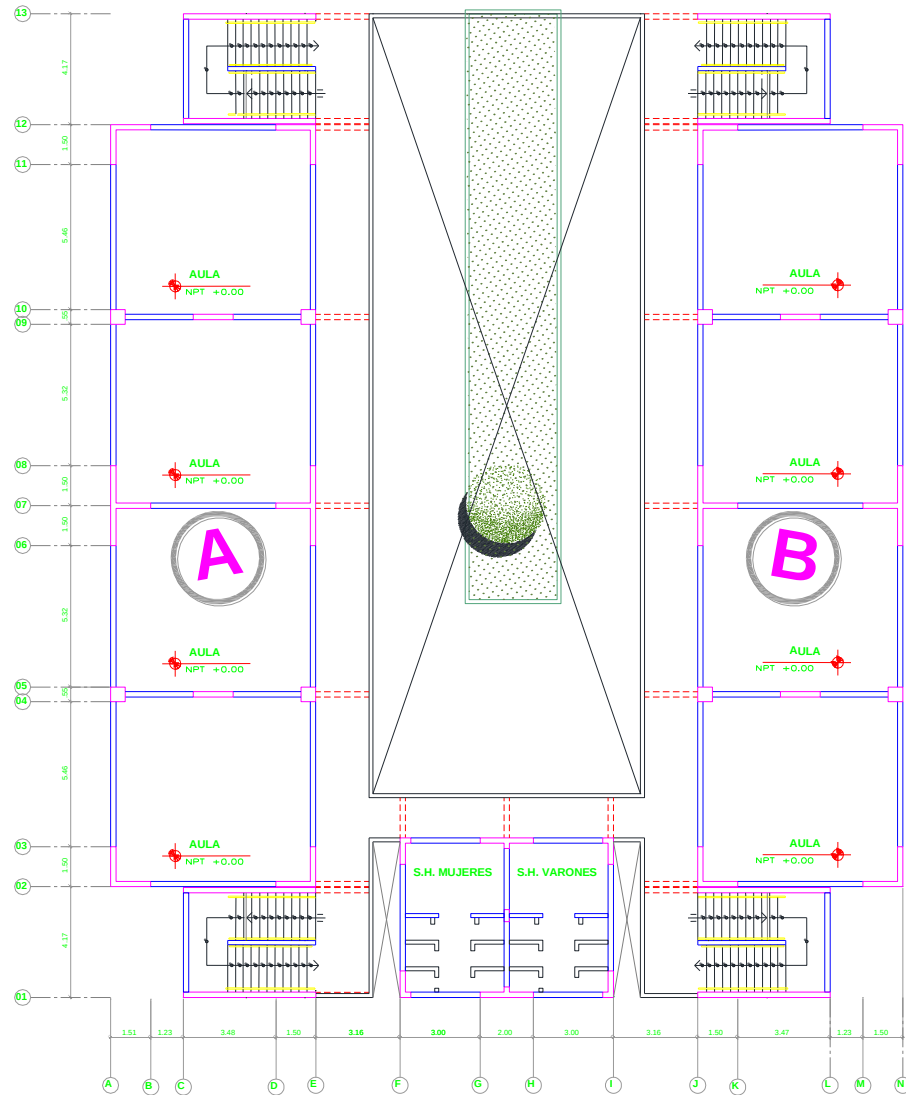


GRAFICO N°. 02: Planta típica de distribución del primer al quinto nivel.

3.6. Estructuración y predimensionamiento

El proceso de estructuración consistió en definir la ubicación y características de los diferentes elementos estructurales (losa, viga, muros, columnas), de tal forma que se logró dotar a la estructura de buena rigidez, además resulto fácil y confiable reproducir el comportamiento real de la estructura.

Mediante el predimensionamiento se brindó las dimensiones mínimas a las secciones de los elementos estructurales para que tengan una buena respuesta ante solicitaciones por carga de gravedad y de sismo.

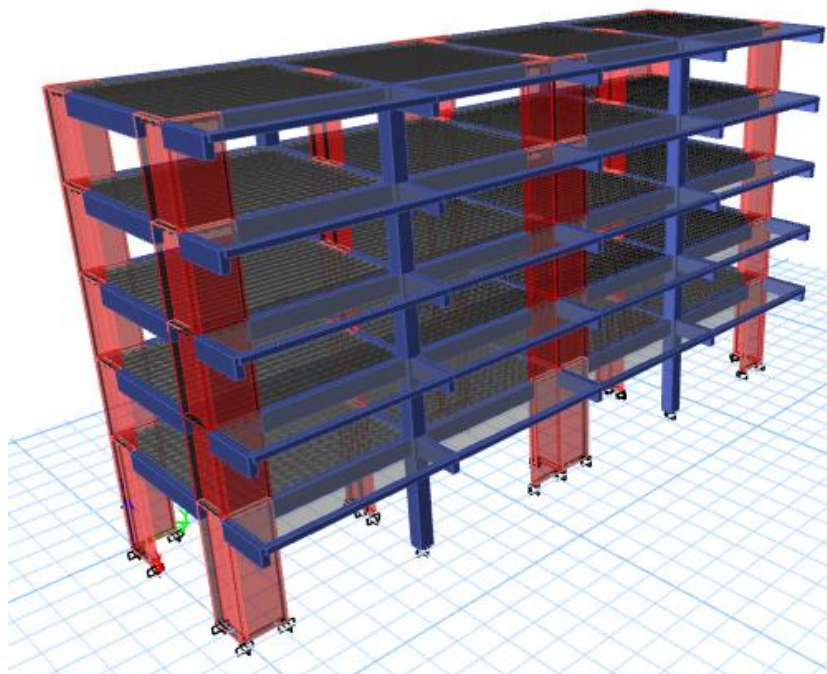
3.6.1. Estructuración

3.6.1.1. Estructuración para cargas de gravedad

Las vigas fueron ubicadas en zonas donde existen tabiques que dividen los ambientes y de acuerdo a la disposición de los elementos estructurales de apoyo (columnas o placas) tratando en lo posible de no modificar la arquitectura propuesta. Se planteó el uso de losa aligerada en toda la edificación tanto en una dirección como en dos direcciones.

3.6.1.2. Estructuración para cargas de sismo

Se propuso un sistema estructural conformado por pórticos y muros de corte de concreto armado, distribuidos de tal manera que sea simétrica para evitar irregularidades y a la vez aporte rigidez en ambos sentidos de análisis "X-X" e "Y-Y".



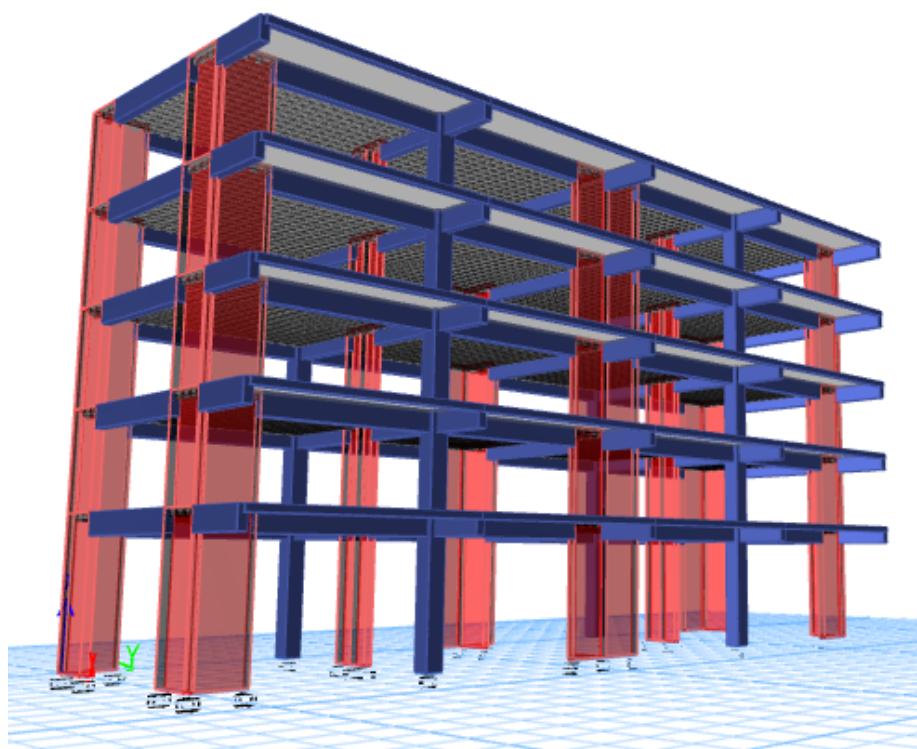


GRAFICO N°. 03: Vista 3D de la estructuración del edificio.

3.6.2. Predimensionamiento de elementos estructurales

3.6.2.1. Losa aligerada

Las losas aligeradas se pueden estimar de manera práctica con la expresión:

$$h = \frac{L}{25}$$

Donde:

L: Luz libre entre apoyos (m)

Según esta expresión se considera los siguientes espesores de losa para cada longitud de luz libre:

Espesor Aligerado (cm)	Espesor ladrillo (cm)	Para luces entre (m)
17	12	> 4
20	15	Entre 4 – 5.5
25	20	Entre 5 – 6.5
30	25	Entre 6 – 7.5

3.6.2.1.1. Predimensionamiento de losa aligerada

$$e = \frac{5.60}{25}$$

Dónde: L = Luz libre entre ejes

$$e = 0.22 \text{ cm}$$

Adoptando una dimensión constructiva

$$e_{losa} = 0.20 \text{ cm}$$

3.6.2.2. Vigas

Las vigas se dimensionarán considerando un peralte (h) de:

$$h = \frac{L}{12} \text{ (Viga principales)}$$

$$h = \frac{L}{14} \text{ (Viga secundarias)}$$

Dónde:

L: Luz libre entre apoyos (m)

El ancho (b) de la viga se predimensiona tomando como base el peralte o con la expresión:

$$b = 0.30 \sim 0.5h$$

3.6.2.2.1. Viga principal

Viga (V-101)

Peralte_(h)

$$h = \frac{L_n}{12};$$

Donde: L_n = Luz libre entre ejes.

$$L_n = 5.60 \text{ metros.}$$

$$h = 0.47 \text{ m}$$

Adoptando una dimensión constructiva

$$h = 46.67 \text{ cm}$$

$$h = 50.00 \text{ cm}$$

Ancho_(b)

$$b = 0.5 h;$$

Donde: $h = 50 \text{ cm.}$

$$b = 0.25 \text{ m}$$

Adoptando una dimensión constructiva

$$b = 25.00 \text{ cm}$$

$$b = 25.00 \text{ cm}$$

Por lo tanto, la viga tendrá las siguientes dimensiones:

$$b = 0.25 \text{ m}$$

$$h = 0.50 \text{ m}$$

$$V.P = 0.25 \text{ m} * 0.50 \text{ m}$$

El programa nos dio resultados favorables utilizando V-25 cm X65 cm.

3.6.2.3. Columnas

Las columnas están sometidas a carga axial y momento flector, por lo que tienen que ser dimensionadas considerando ambos efectos.

En este caso se usó el siguiente criterio:

$$A_g = \frac{P}{n f'c}$$

Donde:

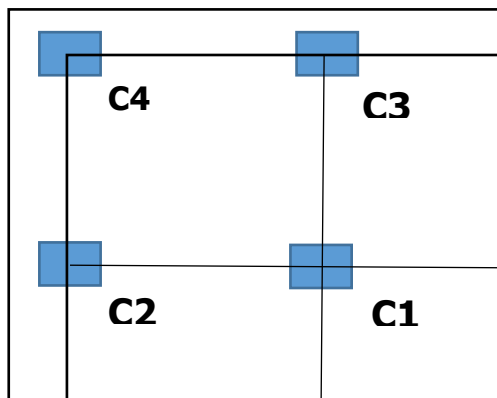
P : Carga Total que Soporta la Columna (Kg).

N : Valor que depende del tipo de Columna.

Pg : Peso total de las cargas de gravedad (Kg).

f'c : Resistencia del concreto (Kg/cm²).

TIPO C-1 Para los primeros pisos	Columna Interior N < 3 pisos	P = 1.10 PG
		n = 0.30
TIPO C-1 Para los últimos pisos superiores	Columna Interior N > 4 pisos	P = 1.10 PG
		n = 0.25
TIPO C-2 y C-3	Columna extrema de pórticos exteriores	P = 1.25 PG
		n = 0.25
TIPO C-4	Columna de esquina	P = 1.50 PG
		n = 0.20



C-1 = Columna Central

C-2 = Columna Extrema de Pórtico Principal Interior.

C-3 = Columna Extrema de Pórtico Principal Interior.

C-4 = Columna de Esquina.

3.6.2.3.1. Metrado de cargas

Primer piso:

Peso de aligerado:	= 300 Kg/m ²
Peso de acabados:	= 100 Kg/m ²
Peso de tabiquería:	= 150 Kg/m ²
Peso de viga:	= 100 Kg/m ²
Peso de columna:	= 60 Kg/m ²
WD (carga muerta):	= 710 Kg/m²
S/C (carga viva):	= 250 Kg/m²
PESO TOTAL:	=960 Kg/m²

Análisis de columna (Calculo de la sección de la columna)

Columna tipo C-1 (columna interior)

Número de piso	=	5 pisos.
f'c	=	280 Kg/cm ²
n	=	0.25
Área tributaria	=	6.00 m x 5.94 m
Área tributaria	=	35.64 m ²

Peso de las cargas de gravedad (Pg)	=	171072.00 Kg
Carga total soportada por la columna (P)	=	188179.20 Kg
Área de sección de columna (Ag)	=	2688.27 cm ²

Por lo tanto:

B = 0.55 m; T = 0.55 m

Dimensión de la columna C – 1 = 0.55 m x 0.55 m

El programa nos dio resultados favorables utilizando columnas 55 cm x 55 cm.

3.6.2.4. Muros de corte

La Norma E.060 Concreto Armado, indica que el ancho mínimo de los muros de corte debe ser 10 cm. Para el predimensionamiento se asignará a los muros un área de corte (A_c) que sea capaz de asumir la totalidad de la fuerza cortante generada por el sismo ($V_C > V_U$).

El área de corte se puede estimar con la expresión:

$$A_c \geq \frac{V_U}{\phi 0.53 \sqrt{f'c}}$$

Dimensionamiento de muros de corte

Datos: cálculo de peso (P)

Z	=	0.35	$f'c$	=	280 Kg/cm ²
U	=	1.5	Área de terreno	=	275 m ²
S	=	1.15	P. de la estruc. X m ² /piso	=	1.00 t/m ²
TP	=	0.6	Nº. de pisos	=	5 pisos.
TL	=	2	Peso de la estructura (P)	=	1374 t
R	=	7			

$$V_x = \frac{ZUCS}{R} \times (P)$$

$$T = \frac{h}{C_{60}} \quad ; \quad \frac{C}{R} \geq 0.125$$

Por lo tanto:

T	=	0.25
C	=	2.5
C/R	=	0.36
ZUCS/R	=	0.22

Con la propuesta de muros establecidos en la estructuración se realizó la comparación de la densidad de muros necesario contra la disponible, obtenida:

Dirección	Vu (t)	Ac req. (m ²)	Ac. Disp. (m ²)
X X	296.24	3.93	3.00
Y Y	296.24	3.93	3.00

El programa nos dio resultados favorables utilizando área del concreto de 3 m² tanto en la dirección X y Y.

CUADRO N°. 12: Área requerida de muro (placas), en ambas direcciones ortogonales.

3.6.2.4.1. Metrado de cargas

El Metrado de cargas se realizó en función a lo establecido a la Norma E.020 Cargas, cuyos valores fueron insertados en el programa según el siguiente detalle:

Primer nivel al cuarto nivel:

Carga muerta:

Piso terminado	:	= 0.10 t/m ²
Muro de albañilería	:	= 0.635 t/m
Parapetos	:	= 0.405 t/m

Carga viva:

Pasadizo	:	= 0.40 t/m ²
Aulas	:	= 0.25 t/m ²

Quinto nivel:

Carga muerta:

Piso terminado	:	= 0.10 t/m ²
Parapetos	:	= 0.405 t/m

Carga viva:

Espacio Libre	:	= 0.25 t/m ²
---------------	---	-------------------------

3.7. Modelo matemático de la estructura

El modelo matemático de la estructura planteada, basado en el material, la estructuración y el Predimensionamiento previo de los elementos estructurales, fue modelado utilizando el programa de análisis estructural “ETABS 2106”.

Para lograr un modelo eficiente, se seguirán el procedimiento que se detallara a continuación.

3.7.1. Definición de ejes estructurales

Estos ejes estuvieron dispuestos de acuerdo a la ubicación de los elementos estructurales (placas, vigas, columnas) respetando en lo posible la distribución arquitectónica.

3.7.2. Creación de materiales

En este caso, el material de diseño fue concreto de resistencia a la compresión de $f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$ Creado en el programa un material con las características mencionadas.

The image shows two screenshots of software dialog boxes used for defining material properties.

Material Property Data Dialog:

- General Data:**
 - Material Name: $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
 - Material Type: Concrete
 - Directional Symmetry Type: Isotropic
 - Material Display Color: (Color selection box)
 - Material Notes: (Text area)
- Material Weight and Mass:**
 - ☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density
 - Weight per Unit Volume: 2400 kgf/m^3
 - Mass per Unit Volume: 2400 kg/m^3
- Mechanical Property Data:**
 - Modulus of Elasticity, E: 250998.01 kgf/cm^2
 - Poisson's Ratio, U: 0.25
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 $1/^\circ\text{C}$
 - Shear Modulus, G: 100399.2 kgf/cm^2
- Design Property Data:**
 - Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data:**
 - Nonlinear Material Data...
 - Material Damping Properties...
 - Time Dependent Properties...

Material Property Design Data Dialog:

- Material Name and Type:**
 - Material Name: $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
 - Material Type: Concrete, Isotropic
- Design Properties for Concrete Materials:**
 - Specified Concrete Compressive Strength, f'_c : 280 kgf/cm^2
 - ☐ Lightweight Concrete
 - Shear Strength Reduction Factor: (Text box)

GRAFICO N°. 04: Definición de propiedades del material.

3.7.3. Creación de secciones lineales

Las secciones de estos elementos (vigas y columnas), fueron creadas en función al predimensionamiento realizado y reajustadas respecto al análisis realizado. Cuyo resumen se muestra a continuación:

Elementos Estructural	Dimensiones (m)
Losa Aligerada 1D y 2D (e)	0.20

Vigas	VP - 101 (b*h)	0.25 x 0.65
Viga de Borde	VB – 102 (b*h)	0.20 x 0.20
Columnas	C-1 (b*h)	0.55 x 0.55

Design Type ☒ P-M2-M3 Design (Column) ☐ M3 Design Only (Beam)	Rebar Material Longitudinal Bars: Fy=4200kg/cm2 ... Confinement Bars (Ties): Fy=4200kg/cm2 ...
Reinforcement Configuration ☒ Rectangular ☐ Circular	Confinement Bars ☒ Ties ☐ Spirals
Check/Design ☐ Reinforcement to be Checked ☒ Reinforcement to be Designed	

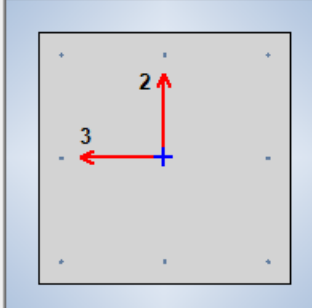
General Data Property Name: C-55X55 Material: Fe 280 Kg/cm2 ... Notional Size Data: Modify/Show Notional Size... Display Color: Yellow Change... Notes: Modify/Show Notes...	
Shape Section Shape: Concrete Rectangular	
Section Property Source Source: User Defined	Property Modifiers Modify/Show Modifiers... Currently Default
Section Dimensions Depth: 0.55 m Width: 0.55 m	Reinforcement Modify/Show Rebar...

GRAFICO N°. 05: Definición de secciones de columna.

Design Type ☐ P-M2-M3 Design (Column) ☒ M3 Design Only (Beam)	Rebar Material Longitudinal Bars: Fy=4200kg/cm2 ... Confinement Bars (Ties): Fy=4200kg/cm2 ...
Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid Top Bars: 0.06 m Bottom Bars: 0.06 m	Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams Top Bars at I-End: 0 cm² Top Bars at J-End: 0 cm² Bottom Bars at I-End: 0 cm² Bottom Bars at J-End: 0 cm²

General Data

Property Name
V-25X65

Material
f_c 280 Kg/cm²

Notional Size Data
Modify/Show Notional Size...

Display Color
Change...

Notes
Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape
Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth
0.65 m

Width
0.25 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

General Data

Property Name
VB 20X20

Material
f_c 280 Kg/cm²

Notional Size Data
Modify/Show Notional Size...

Display Color
Change...

Notes
Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape
Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth
0.2 m

Width
0.2 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

GRAFICO N°. 06: Definición de secciones de viga.

3.7.4. Creación de secciones de área

Los elementos tipo área en este caso fueron insertados por los muros y la losa aligerada. Definidos en el cuadro anterior.

General Data

Property Name	Placa 25cm
Property Type	Specified
Wall Material	f _c 280 Kg/cm ²
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	 Change...
Property Notes	Modify/Show...

Property Data

Thickness	0.25 m
-----------	--------

GRAFICO N°. 07: Definición del espesor de muro.

General Data

Property Name	LOSA X
Slab Material	f _c 280 Kg/cm ²
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	 Change...
Property Notes	Modify/Show...

Property Data

Type	Ribbed
Overall Depth	0.2 m
Slab Thickness	0.05 m
Stem Width at Top	0.1 m
Stem Width at Bottom	0.1 m
Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction)	0.4 m
Rib Direction is Parallel to	Local 1 Axis

GRAFICO N°. 08: Definición de la losa aligerada de una dirección.

General Data	
Property Name	Losa 2D
Slab Material	f _c 280 Kg/cm ² ...
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...

Property Data	
Type	Waffle
Overall Depth	0.2 m
Slab Thickness	0.05 m
Stem Width at Top	0.1 m
Stem Width at Bottom	0.1 m
Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 1-Axis	0.4 m
Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 2-Axis	0.4 m

GRAFICO N°. 09: Definición de losa aligerada de dos direcciones.

3.7.5. Modelación estructural

Con las características de las secciones de elementos como vigas, columnas, muros y losas, ya definidas en el programa se realizó el trazo de la estructura en base a los ejes estructurales y a la distribución propuesta. Además de asignar características especiales para que el modelo matemático represente mejor la respuesta ante la acción sísmica.

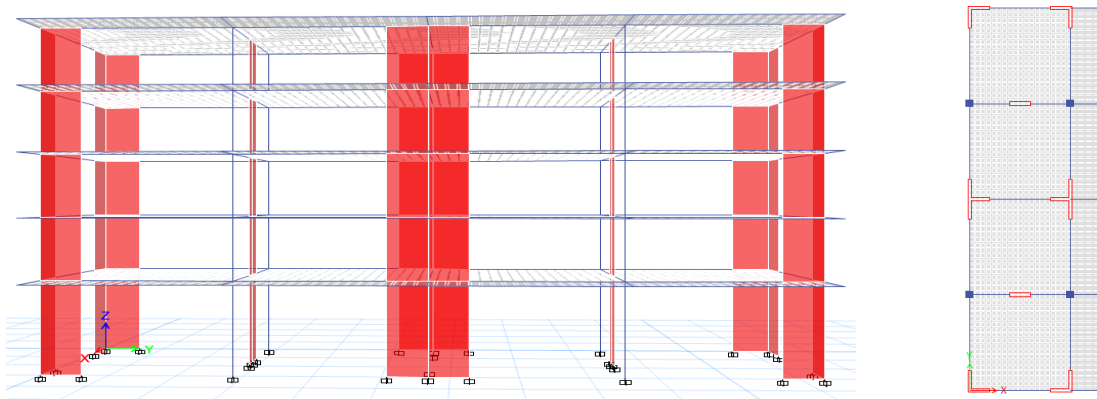
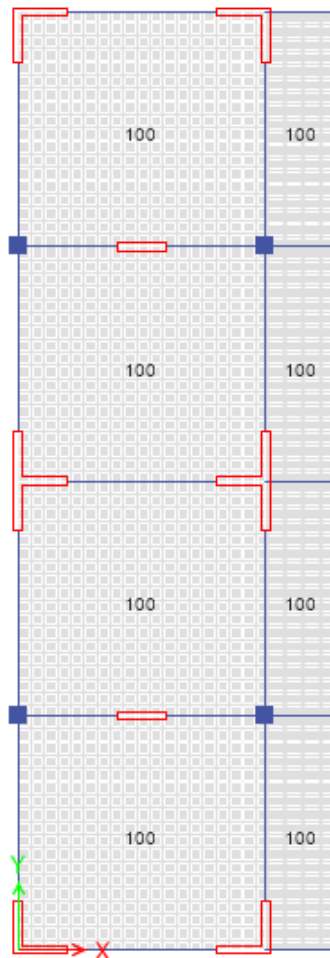


GRAFICO N°. 10: Modelo estructural final del aula.

3.7.6. Asignación de cargas

Las Cargas Vivas y muertas se asignaron a las losas, y el programa se encargó de distribuir el peso de acuerdo a la dirección del aligerado.

Load Pattern Name	Carga Muerta
Uniform Load	
Load	100 kgf/m ²
Direction	Gravity
Options	
☐ Add to Existing Loads	
☒ Replace Existing Loads	
☐ Delete Existing Loads	



Load Pattern Name	Carga Viva
Uniform Load	
Load	250 kgf/m ²
Direction	Gravity
Options	
☐ Add to Existing Loads	
☒ Replace Existing Loads	
☐ Delete Existing Loads	

Load Pattern Name: Cargas Viva

Uniform Load

Load: kgf/m²

Direction: Gravity

Options

☐ Add to Existing Loads

☒ Replace Existing Loads

☐ Delete Existing Loads

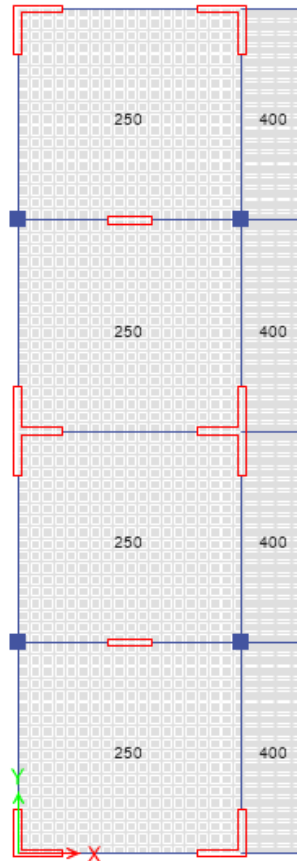


GRAFICO N°. 11: Asignación de carga muerta y viva por m²

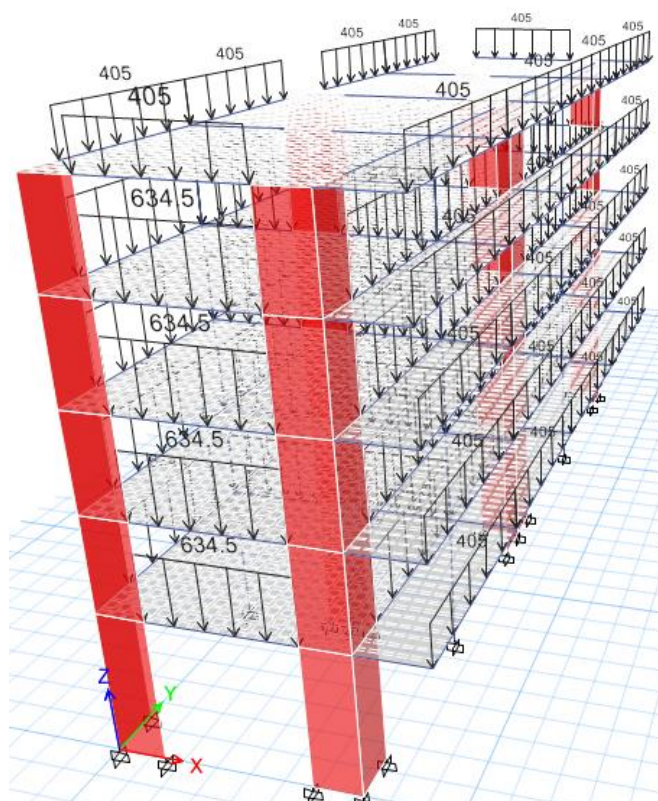


GRAFICO N°. 12: Asignación de carga muerta por ml (Tabiquería).

3.7.7. Peso de la estructura

Los valores del peso de la estructura se obtuvieron mediante el procesamiento de información calculado por el programa ETABS 2016.

Donde se obtuvo:

CUADRO N°. 12: Peso de la estructura.

PISO	W (Kg)
5	214.4
4	279.651
3	279.651
2	279.651
1	302.529
	1,355.88

3.7.4. Asignación de espectro de diseño

El espectro de diseño asignado para el cálculo de las respuestas sísmicas, se

realizó según los parámetros establecidos en la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.

Luego de insertar el archivo conteniendo el espectro de aceleración se creó los casos de respuestas dinámicas.

Function Name **Z3-S2-A2-DUAL TEXT**

Function Damping Ratio **0.05**

Defined Function

Period	Value
0	0.2156
0	0.2156
0.02	0.2156
0.04	0.2156
0.06	0.2156
0.08	0.2156
0.1	0.2156
0.12	0.2156

Add
Modify
Delete

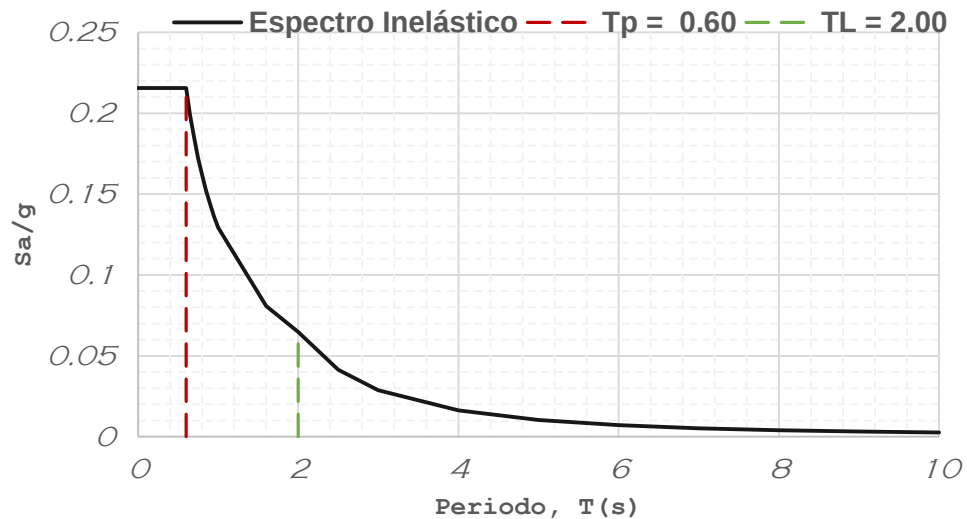


GRAFICO N°. 13: Espectro de aceleración de la norma técnica de diseño E.030 sismorresistente.

3.7.5. Creación de caso de respuesta dinámica

Con el espectro de diseño insertado se definió los casos de respuestas dinámicas de la estructura, en ambos sentidos de actuación del sismo según la

siguiente nomenclatura.

General

Load Case Name: Sismo DIN XX

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Z3-S2-A2-DUAL TEXT	9.8067
Acceleration	U3	Z3-S2-A2-DUAL TEXT	6.5378

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...](#)

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...](#)

General

Load Case Name: Sismo DIN YY

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Z3-S2-A2-DUAL TEXT	10.2088
Acceleration	U3	Z3-S2-A2-DUAL TEXT	6.5378

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...](#)

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...](#)

GRAFICO N°. 14: Caso de respuestas dinámicas XX y YY.

3.7.6. Creación de fuente de masa

Se asignó las masas de acuerdo a lo establecido en la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.

3.7.7. Factores para el análisis

Los parámetros se usaron para el cálculo de las acciones sísmicas hacia la estructura en cada caso son:

CUADRO N°. 13: Factores para el análisis, según la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.

Factor	Nomenclatura	Clasificación Categoría Tipo	Valor	Justificación
Zona	Z	3	0.35	Zona sísmica 3; San Martín
Uso	U	A "Edificaciones esenciales".	1.50	Institución educativa.
Suelo	S	S3	1.15	Arcilla de alta plasticidad, suelo flexible.
		T _P	0.60	
		T _L	2.00	
Coeficiente básica de Reducción Sísmica R _o	R _X	Concreto armado, sistema dual.	7.00	Muros de concreto armado y pórticos.
	R _Y	Concreto armado, sistema dual.	7.00	Muros de concreto armado y pórticos.
Irregularidad	I _a		1.00	No presenta Irregularidad.
	I _p		1.00	No presenta Irregularidad.

Fuente: Elaborado por los tesisistas

3.7.8. Análisis sísmico estático y dinámico

3.7.8.1. Análisis sísmico estático

Con el peso de la estructura conocido y los parámetros definidos por la norma se calculó el cortante en la base y la distribución de fuerzas en la altura, para ingresar los valores para el análisis estático equivalente.

CUADRO N°. 14: Parámetros y cálculo de la fuerza cortante en la base.

Dirección	Z	U	T _P	T _L	T	S	C	R	V (t)
X_X	0.35	1.5	0.6	2	0.434	1.15	2.50	7	292.362
Y_Y	0.35	1.5	0.6	2	0.433	1.15	2.50	7	292.362

CUADRO N°. 15: Distribución de fuerzas en altura.

PISO	W (t)	H _i (m)	Ha _i (m)	W x Ha _i (t/m)	Coef _i	F _{Lx} (t)	F _{Ly} (t)
5	214.4	3	16.5	643.2	0.14226	41.59018	41.59018
4	279.651	3	13.5	839	0.18555	54.24768	54.24768
3	279.651	3	10.5	839	0.18555	54.24768	54.24768
2	279.651	3	7.5	839	0.18555	54.24768	54.24768
1	302.529	4.2	4.2	1270.62	0.28678	83.84288	83.84288
	1355.88			4430.675			

Number of Load Sets Tower

Load Set 1 of 2

Story	Diaphragm	F _x tonf	F _y tonf	M _z tonf-m
Story5	D5	42.44	0	0
Story4	D4	55.36	0	0
Story3	D3	55.36	0	0
Story2	D2	55.36	0	0
Story1	D1	83.84	0	0

1 2

☒ Apply Load at Diaphragm Center of Mass Additional Eccentricity Ratio (all Diaphragms)

Number of Load Sets Tower

Load Set 2 of 2

Story	Diaphragm	Fx tonf	Fy tonf	Mz tonf-m
Story5	D5	0	42.44	0
Story4	D4	0	55.36	0
Story3	D3	0	55.36	0
Story2	D2	0	55.36	0
Story1	D1	0	83.84	0

1 2

☒ Apply Load at Diaphragm Center of Mass Additional Eccentricity Ratio (all Diaphragms)

GRAFICO N°. 15: Asignación de fuerzas para el análisis estático.

3.7.8.2. Análisis sísmico dinámico

Para el caso del análisis dinámico, todo el cálculo se desarrolló con el espectro de diseño ingresado y a la respuesta que tendrá, también definido en el programa.

CUADRO N°. 16. Fuerza cortante en la base.

	V din (t)
X_X	238.05
Y_Y	234.3

CUADRO N°. 17: Fuerza cortante en la base de ambos análisis sísmicos, siguiendo los parámetros que indica la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.

DIRECCION	V. ESTATICO (t)	0.80 V	V. DINAMICO (t)	FACTOR ESCALA	V. DINAMICO FINAL (t)
X-X	292.362	233.889352	238.05	--	238.05
Y-Y	292.362	233.889352	224.75	1.0425	234.3

3.7.9. Control de desplazamiento

Con respecto a los desplazamientos calculados se tuvo:

CUADRO N°. 18: Análisis estático, Distorsiones de entrepisos, siguiendo los parámetros que indica la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.

PISO	DISTORSIONES_ETABS		CALCULOS DE LAS DISTORSIONES		CHEQUEO	
	D_ETABS_X	D_ETABS_Y	D_REG_X	D_REG_Y	CONDICION_X	CONDICION_Y
5	0.001072	0.001089	0.005628	0.00571725	OK	OK
4	0.001242	0.001223	0.0065205	0.00642075	OK	OK
3	0.001376	0.001305	0.007224	0.00685125	OK	OK
2	0.001349	0.001229	0.00708225	0.00645225	OK	OK
1	0.000841	0.000701	0.00441525	0.00368025	OK	OK

CUADRO N°. 19: Análisis dinámico, distorsiones de entrepisos, siguiendo los parámetros que indica la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.

PISO	DISTORSIONES_ETABS		CALCULOS DE LAS DISTORSIONES		CHEQUEO	
	D_ETABS_X	D_ETABS_Y	D_REG_X	D_REG_Y	CONDICION_X	CONDICION_Y
5	0.000914	0.000992	0.0047985	0.005208	OK	OK
4	0.001052	0.001106	0.005523	0.0058065	OK	OK
3	0.001155	0.001168	0.00606375	0.006132	OK	OK
2	0.001123	0.001088	0.00589575	0.005712	OK	OK
1	0.000693	0.000598	0.00363825	0.0031395	OK	OK

CUADRO N°. 20: Periodos de vibración de la estructura.

Periodo	0.433	0.429	0.358	0.117	0.111	0.092
Mode	1	2	3	4	5	6

Periodo	0.054	0.049	0.041	0.032	0.03	0.028
Mode	7	8	9	10	11	12

IV. Resultados

Los resultados obtenidos del Estudio comparativo entre el análisis sísmico estático y el dinámico, del nuevo aulario de ingeniería civil de la universidad científica del Perú – UCP, ubicado en la ciudad de Tarapoto, dado en un mismo sistema estructura propuesto y apoyados en el programa de modelación ETABS versión 2016, se muestran en los siguientes cuadros y gráficos.

CUADRO N°. 21: Propiedades del sistema estructural planteado para la investigación con información del análisis modal.

PROPIEDADES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL												
FORMA DE MODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PERIODO DE VIBRACION	0.433	0.429	0.358	0.117	0.111	0.092	0.054	0.049	0.041	0.032	0.03	0.028
FRECUENCIA	2.312	2.333	2.791	8.549	9.007	10.855	18.675	20.322	24.503	31.33	33.793	35,679
% PART DE MASAS	X	0.00	0.8015	0.00	0.1382	0.00	0.00	0.0363	0.00	0.00	0.0098	0.00
	Y	0.7455	0.00	0.0376	0.00	0.1447	0.0079	0.00	0.038	0.0022	0.00	0.0106

CUADRO N°. 22: Sismo estático, desplazamientos máximos laterales dirección X-X.

DEZPLAZAMIENTOS MAXIMOS LATERALES DIRECCION XX						
NIVEL	ETABS (mm)	REGL. (mm)	DISTORCION (mm)	H (mm)	Dx/H (mm)	Dx/H REGL (mm)
PISO 5	16.216	85.136	2.815412	3000	0.00094	0.00493
PISO 4	13.401	70.355	3.236163	3000	0.00108	0.00566
PISO 3	10.165	53.365	3.550529	3000	0.00118	0.00621
PISO 2	6.614	34.725	3.446282	3000	0.00115	0.00603
PISO 1	3.168	16.632	3.167963	4200	0.00075	0.00396

CUADRO N°. 23: Sismo dinámico, desplazamientos máximos laterales dirección X-X.

DEZPLAZAMIENTOS MAXIMOS LATERALES DIRECCION XX						
NIVEL	ETABS (mm)	REGL (mm)	DISTORCION (mm)	H (mm)	Dy/H (mm)	Dy/H REAL (mm)
PISO 5	15.797076	82.935	2.721189	3000	0.00091	0.00476
PISO 4	13.075887	68.648	3.137759	3000	0.00105	0.00549
PISO 3	9.938128	52.175	3.45405	3000	0.00115	0.00604
PISO 2	6.484078	34.041	3.365312	3000	0.00112	0.00589
PISO 1	3.118766	16.374	3.118766	4200	0.00074	0.00390

CUADRO N°. 24: Comparación de resultados de los desplazamientos máximos laterales dirección X-X, entre sismo estático y el sismo dinámico.

NIVEL	SISMO EST XX (mm)	SISMO DIN. XX (mm)	% DE VARIACION
PISO 5	16.216349	15.797076	2.59%
PISO 4	13.400937	13.075887	2.43%
PISO 3	10.164774	9.938128	2.23%
PISO 2	6.614245	6.484078	1.97%
PISO 1	3.167963	3.118766	1.55%
BASE	0	0	

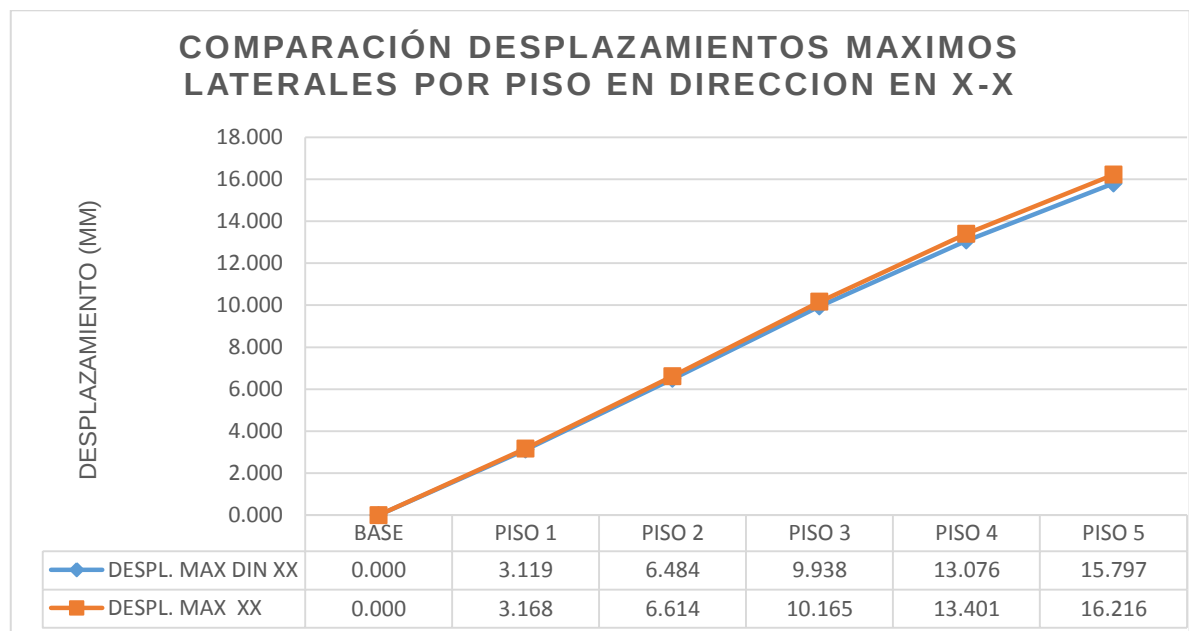


GRAFICO N°. 16: Comparación de resultados de los desplazamientos máximos laterales dirección X-X, entre sismo estático y el sismo dinámico.

CUADRO N°. 25: Sismo estático, desplazamientos máximos laterales dirección Y-Y.

DEZPLAZAMIENTOS MAXIMOS LATERALES DIRECCION YY						
NIVEL	ETABS (mm)	REGL (mm)	DISTORCION (mm)	H (mm)	Dy/H (mm)	Dy/H REGL (mm)
PISO 5	15.863548	83.284	2.964896	3000	0.00099	0.00519
PISO 4	12.898652	67.718	3.308464	3000	0.00110	0.00579
PISO 3	9.590188	50.348	3.498689	3000	0.00117	0.00612
PISO 2	6.091499	31.980	3.264763	3000	0.00109	0.00571
PISO 1	2.826736	14.840	2.826736	4200	0.00067	0.00353

CUADRO N°. 26: Sismo dinámico, desplazamientos máximos laterales dirección Y-Y.

DEZPLAZAMIENTOS MAXIMOS LATERALES DIRECCION YY						
NIVEL	ETABS (mm)	REGL (mm)	DISTORCION (mm)	H (mm)	Dy/H (mm)	Dy/H REGL (mm)
PISO 5	15.835839	83.138	2.958163	3000	0.00099	0.00518
PISO 4	12.877676	67.608	3.301793	3000	0.00110	0.00578
PISO 3	9.575883	50.273	3.492489	3000	0.00116	0.00611
PISO 2	6.083394	31.938	3.259757	3000	0.00109	0.00570
PISO 1	2.823637	14.824	2.823637	4200	0.00067	0.00353

CUADRO N°. 27: Comparación de resultados de los desplazamientos máximos laterales dirección Y-Y, entre sismo estático y el sismo dinámico.

NIVEL	SISMO ESTYY (mm)	SISMO DIN. YY (mm)	% DE VARIACION
PISO 5	15.863548	15.835839	0.17%
PISO 4	12.898652	12.877676	0.16%
PISO 3	9.590188	9.575883	0.15%
PISO 2	6.091499	6.083394	0.13%
PISO 1	2.826736	2.823637	0.11%
BASE	0	0	

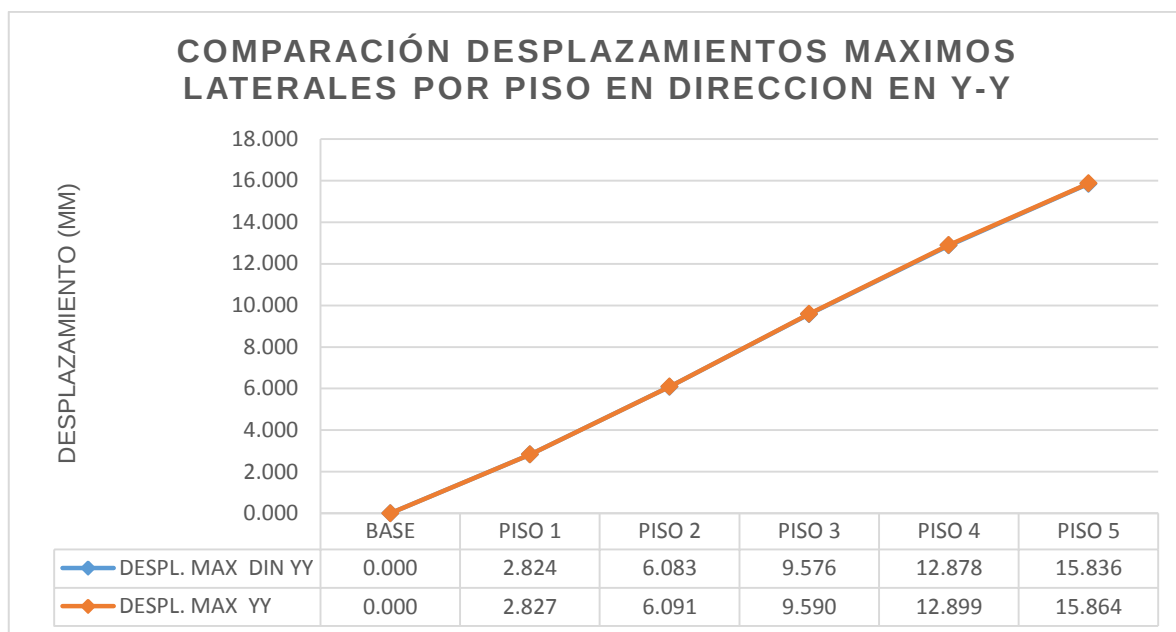


GRAFICO N°. 17: Comparación de resultados de los desplazamientos máximos laterales dirección Y-Y, entre sismo estático y el sismo dinámico.

CUADRO N°. 28: Sismo estático, máximas distorsiones por pisos, dirección X-X.

MAXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCION XX				
NIVEL	ETABS	DISTORSIONES	VERIFICACION	
PISO 5	0.001072	0.005628	< 0.007	OK
PISO 4	0.001242	0.0065205	< 0.007	OK
PISO 3	0.001376	0.007224	< 0.007	OK
PISO 2	0.001349	0.00708225	< 0.007	OK
PISO 1	0.000841	0.00441525	< 0.007	OK

CUADRO N°. 29: Sismo dinámico, Máximas distorsiones por pisos, dirección X-X.

MAXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCION XX				
NIVEL	ETABS	DISTORSIONES	VERIFICACION	
PISO 5	0.000914	0.0047985	< 0.007	OK
PISO 4	0.001052	0.005523	< 0.007	OK
PISO 3	0.001155	0.00606375	< 0.007	OK
PISO 2	0.001123	0.00589575	< 0.007	OK
PISO 1	0.000693	0.00363825	< 0.007	OK

CUADRO N°. 30: Comparación de resultados de las máximas distorsiones por piso, en la dirección X-X, entre sismo estático y el sismo dinámico.

NIVEL	SISMO EST XX	SISMO DIN. XX	% DE VARIACION
PISO 5	0.001072	0.000914	14.74%
PISO 4	0.001242	0.001052	15.30%
PISO 3	0.001376	0.001155	16.06%
PISO 2	0.001349	0.001123	16.75%
PISO 1	0.000841	0.000693	17.60%
BASE	0	0	

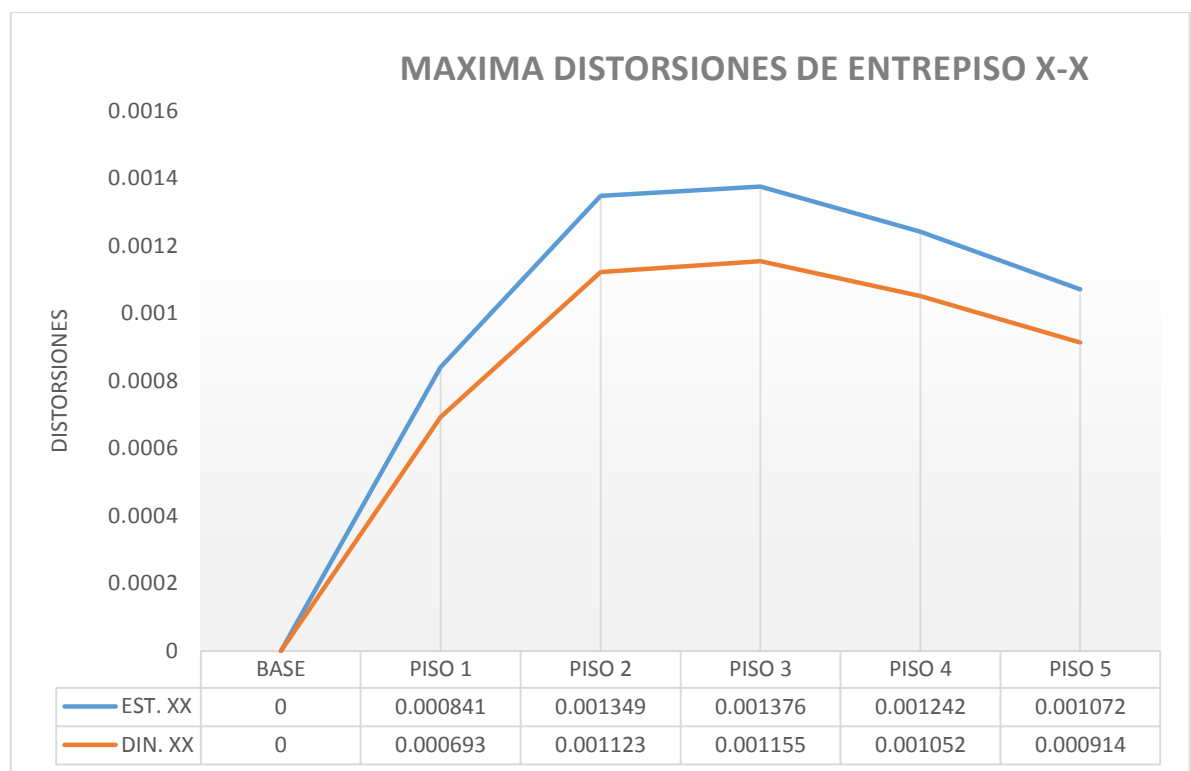


GRAFICO N°. 18: Comparación de resultados de las máximas distorsiones por piso, en la dirección X-X, entre sismo estático y el sismo dinámico.

CUADRO N°. 31: Sismo estático, máximas distorsiones por pisos, dirección Y-Y.

MAXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCION YY				
NIVEL	ETABS	DISTORSIONES	VERIFICACION	
PISO 5	0.001089	0.00571725	< 0.007	OK
PISO 4	0.001223	0.00642075	< 0.007	OK
PISO 3	0.001305	0.00685125	< 0.007	OK
PISO 2	0.001229	0.00645225	< 0.007	OK
PISO 1	0.000701	0.00368025	< 0.007	OK

CUADRO N°. 32: Sismo dinámico, máximas distorsiones por pisos, dirección Y-Y.

MAXIMAS DISTORCIONES POR PISO DIRECCION YY				
NIVEL	ETABS	DISTORSIONES REG	VERIFICACION	
PISO 5	0.000992	0.005208	< 0.007	OK
PISO 4	0.001106	0.0058065	< 0.007	OK
PISO 3	0.001168	0.006132	< 0.007	OK
PISO 2	0.001088	0.005712	< 0.007	OK
PISO 1	0.000598	0.0031395	< 0.007	OK

CUADRO N°. 33: Comparación de resultados de las máximas distorsiones por piso, en la dirección Y-Y, entre sismo estático y el sismo dinámico.

NIVEL	SISMO EST YY	SISMO DIN. YY	% DE VARIACION
PISO 5	0.001089	0.000992	8.91%
PISO 4	0.001223	0.001106	9.57%
PISO 3	0.001305	0.001168	10.50%
PISO 2	0.001229	0.001088	11.47%
PISO 1	0.000701	0.000598	14.69%
BASE	0	0	

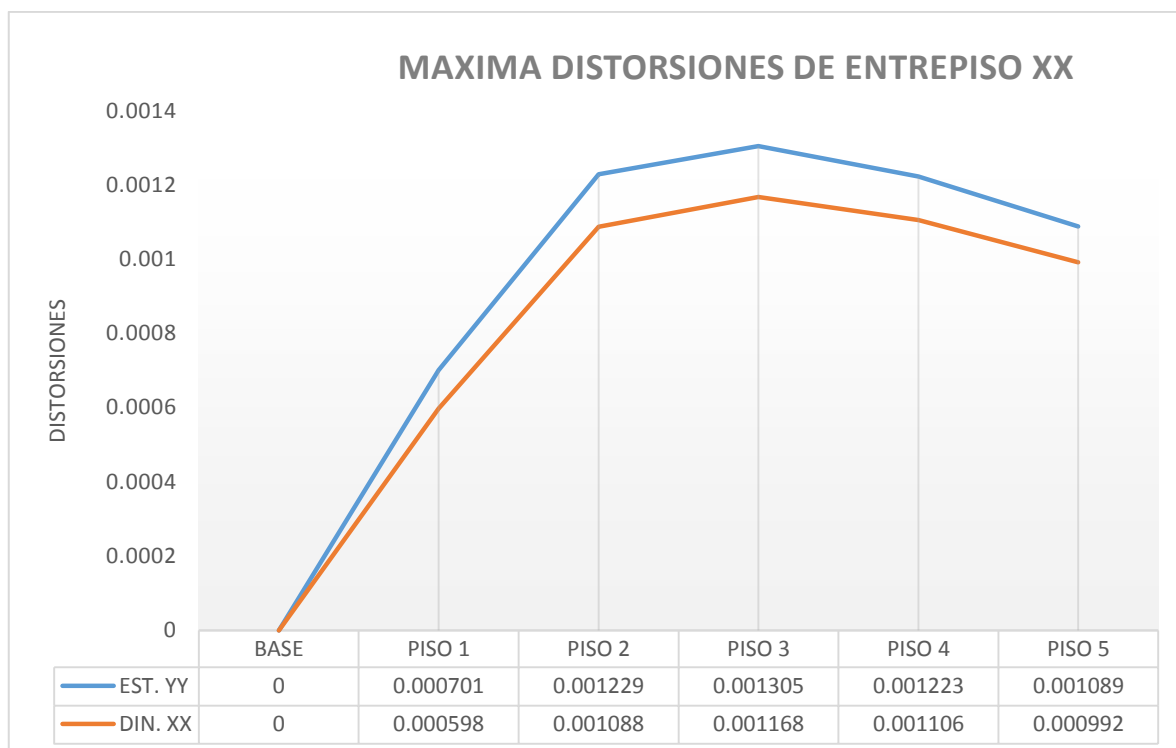


GRAFICO N°. 19: Comparación de resultados de las máximas distorsiones por piso, en la dirección Y-Y, entre sismo estático y el sismo dinámico.

CUADRO N°. 34: Sismo estático, fuerza cortante en la base, dirección X-X.

FUERZA CORTANTE BASE SISMO XX	
Vx	292.362 t

CUADRO N°. 35: Sismo dinámico, fuerza cortante en la base, dirección X-X.

FUERZA CORTANTE BASE SISMO XX	
Vx	238.05 t

CUADRO N°. 36: Comparación de resultados de las fuerzas cortante en la base, en la dirección X-X, entre sismo estático y el sismo dinámico.

	V Estático	V Dinámico	% DE VARIACION
SISMO XX	292.362	238.05	18.58%

CUADRO N°. 37: Sismo estático, variación de cortante en altura, dirección X-X.

VARIACION DE CORTANTE EN ALTURA SISMO XX			
		V acum	d_V
PISO 5	<i>Sup.</i>	42.442	42.442
	<i>Inf.</i>	42.442	
PISO 4	<i>Sup.</i>	97.801	55.359
	<i>Inf.</i>	97.801	
PISO 3	<i>Sup.</i>	153.159	55.359
	<i>Inf.</i>	153.159	
PISO 2	<i>Sup.</i>	208.519	55.359
	<i>Inf.</i>	208.519	
PISO 1	<i>Sup.</i>	292.362	83.843
	<i>Inf.</i>	292.362	
		292.362	

CUADRO N°. 38: Sismo dinámico, variación de cortante en altura, dirección X-X.

VARIACION DE CORTANTE EN ALTURA SISMO XX			
		V acum	d_V
PISO 5	<i>Sup.</i>	60.430	60.430
	<i>Inf.</i>	68.430	8.000
PISO 4	<i>Sup.</i>	129.010	60.580
	<i>Inf.</i>	135.040	6.030
PISO 3	<i>Sup.</i>	180.310	45.270
	<i>Inf.</i>	184.710	4.400
PISO 2	<i>Sup.</i>	216.150	31.440
	<i>Inf.</i>	218.970	2.820
PISO 1	<i>Sup.</i>	236.700	17.730
	<i>Inf.</i>	238.050	1.350
		238.050	

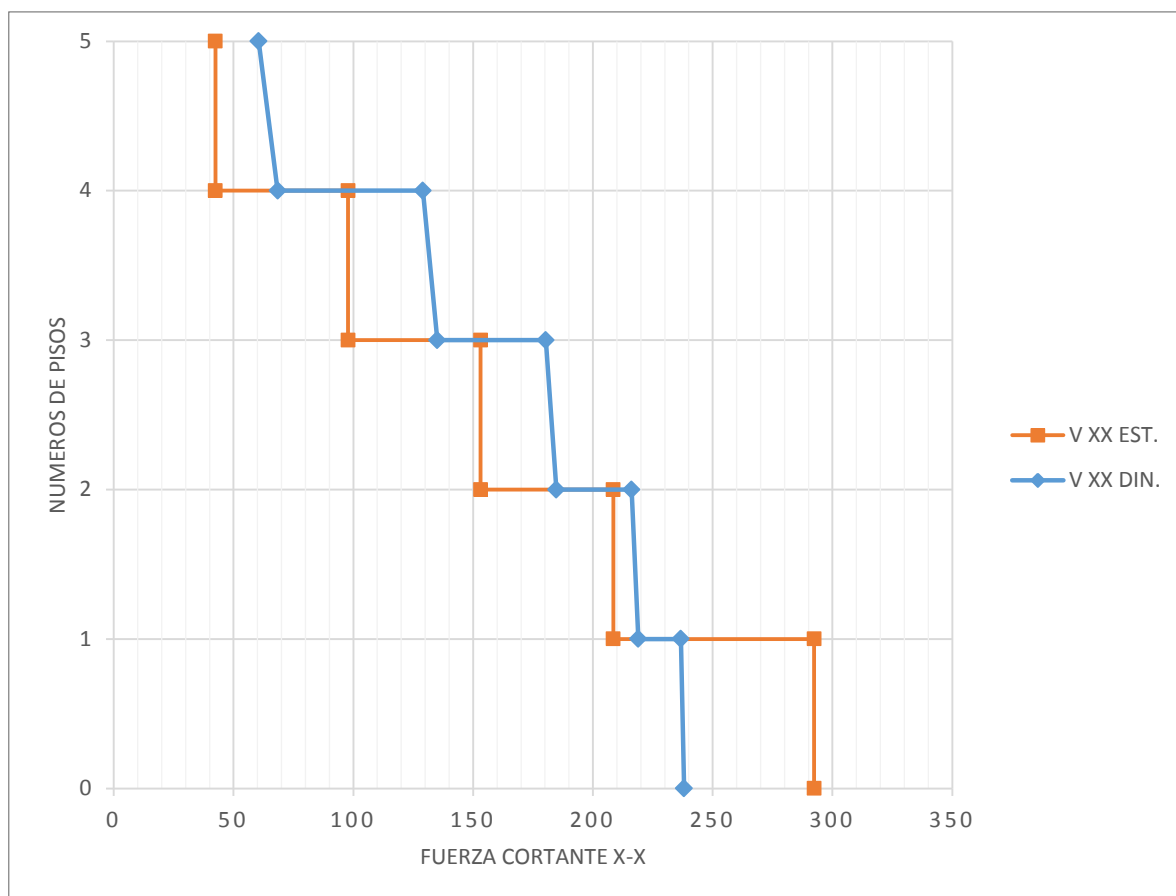


GRAFICO N°. 20: Comparación de resultados de las fuerzas cortante en la base, dirección X-X, entre sismo estático y el sismo dinámico.

CUADRO N°. 39: Sismo estático, fuerza cortante en la base, dirección Y-Y.

FUERZA CORTANTE BASE SISMO YY	
Vy	292.362 t

CUADRO N°. 40: Sismo dinámico, fuerza cortante en la base, dirección Y-Y.

FUERZA CORTANTE BASE SISMO YY	
Vy	234.3 t

CUADRO N°. 41: Comparación de resultados de las fuerzas cortante en la base, dirección Y-Y, entre sismo estático y el sismo dinámico.

	V Estático	V Dinámico	% DE VARIACION
SISMO YY	292.362	234.3	19.86%

CUADRO N°. 42: Sismo estático, variación de cortante en altura, dirección Y-Y.

		VARIACION DE CORTANTE EN ALTURA SISMO YY	
		V acum	d_V
PISO 5	Sup.	42.442	42.442
	Inf.	42.442	
PISO 4	Sup.	97.801	55.359
	Inf.	97.801	
PISO 3	Sup.	153.159	55.359
	Inf.	153.159	
PISO 2	Sup.	208.519	55.359
	Inf.	208.519	
PISO 1	Sup.	292.362	83.843
	Inf.	292.362	
		292.362	

CUADRO N°. 43: Sismo dinámico, variación de cortante en altura, dirección Y-Y

		VARIACION DE CORTANTE EN ALTURA SISMO XX	
		V acum	d_V
PISO 5	Sup.	61.700	61.700
	Inf.	69.630	7.930
PISO 4	Sup.	129.730	60.100
	Inf.	135.530	5.800
PISO 3	Sup.	179.430	43.900
	Inf.	183.590	4.160
PISO 2	Sup.	213.640	30.050
	Inf.	216.270	2.630
PISO 1	Sup.	233.020	16.750
	Inf.	234.300	1.280
		234.300	

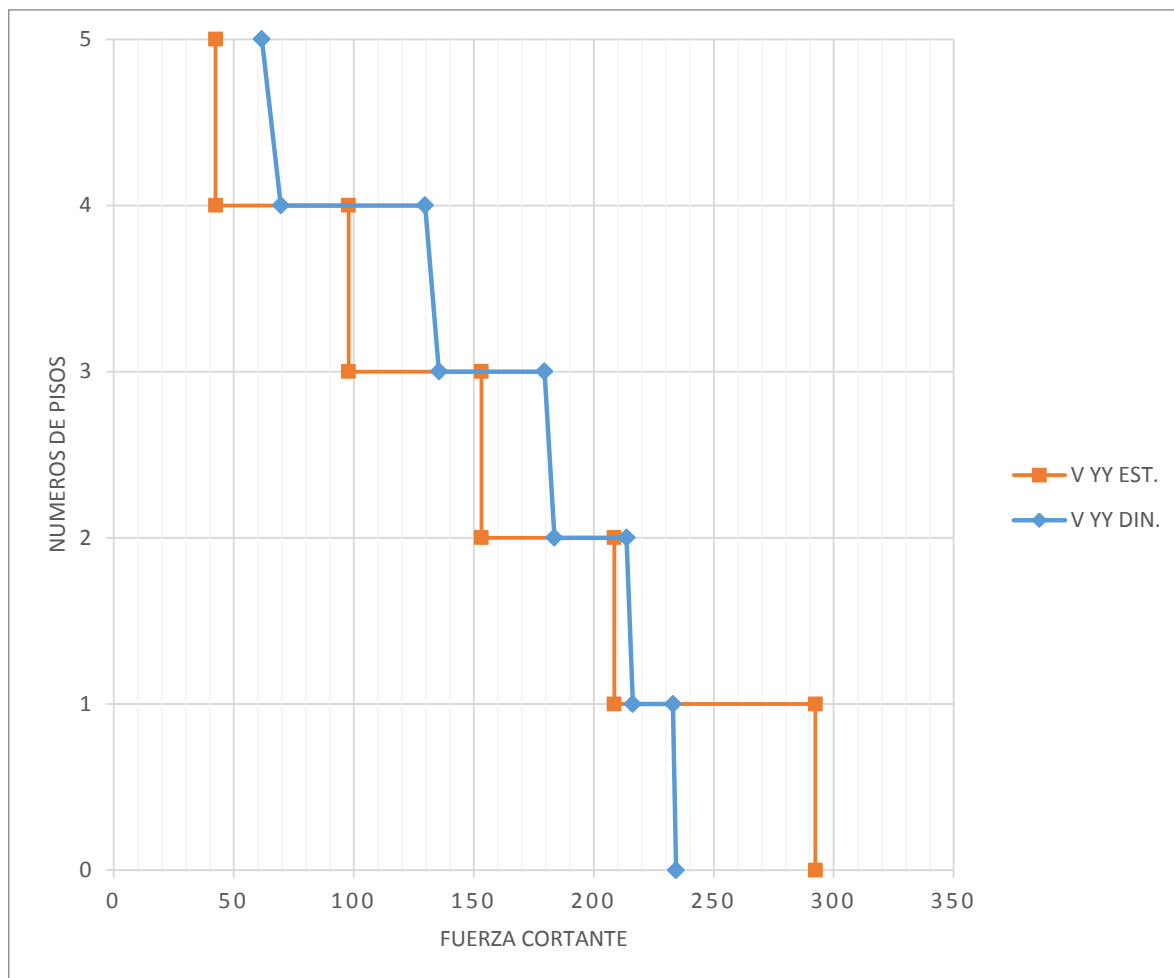


GRAFICO N°. 21: Comparación de resultados de las fuerzas cortante en la base, en la dirección Y-Y, entre sismo estático y el sismo dinámico.

V. Discusión

En el CUADRO N°. 24, se comparó los desplazamientos máximos laterales por piso en la dirección X-X, de los dos análisis estudiados, y se puede observar que los valores obtenidos del análisis estático son mayores que los resultados del análisis sísmico dinámico, con una variación de 0.409 mm, representando en porcentajes el 2.59%, siendo estos resultados analizados en el quinto piso. Tal como se muestra en el GRAFICO N°16 del capítulo IV.

En el CUADRO N°. 27, se comparó los desplazamientos máximos laterales por piso en la dirección Y-Y, de los dos análisis en estudio, y se puede observar que los valores obtenidos del análisis estático son mayores que los resultados del análisis sísmico dinámico, con una variación de 0.028 mm, representando en porcentajes el 0.17%, siendo estos resultados analizados en el quinto piso. Tal como se muestra en el GRAFICO N°17 del capítulo IV.

En el CUADRO N°. 30, se comparó las máximas distorsiones por piso en la dirección X-X, de los dos análisis en estudio, y se puede observar que los valores obtenidos del análisis estáticos son mayores que los resultados del análisis sísmico dinámico, con una variación de 1.58×10^{-4} , representando en porcentajes el 14.74%, siendo estos resultados analizados en el quinto piso. Tal como se muestra en el GRAFICO N°. 18 del capítulo IV.

En el CUADRO N°. 33, se comparó las máximas distorsiones por piso en la dirección Y-Y, de los dos análisis en estudio, y se puede observar que los valores obtenidos del análisis estáticos son mayores que los resultados del análisis sísmico dinámico, con una variación de 9.7×10^{-5} , representando en porcentajes el 8.91%, siendo estos resultados analizados en el quinto piso. Tal como se muestra en el GRAFICO N°. 19 del capítulo IV.

En el CUADRO N°. 36, se comparó la variación de la fuerza cortante en la base en la dirección X-X, de los dos análisis en estudio, y se puede observar que los valores obtenidos del análisis estático son mayores que los resultados del análisis sísmico dinámico, con una variación de 54.312 t, representando en

porcentajes el 18.57%. Tal como se muestra en el GRAFICO N°. 20 del capítulo IV.

En el CUADRO N°. 41, se comparó la variación de la fuerza cortante en la base en la dirección Y-Y, de los dos análisis en estudio, y se puede observar que los valores obtenidos del análisis estático son mayores que los resultados del análisis sísmico dinámico, con una variación de 58.062 t, representando en porcentajes el 19.86%. Tal como se muestra en el GRAFICO N°. 21 del capítulo IV.

VI. Conclusiones

Después de haber realizado el análisis comparativo, con parámetros sísmicos y propiedades geométricas aplicados de igual forma para los dos casos en estudio, y dados en un mismo sistema estructural propuesto se concluye que:

1. El estudio en base a dos tipos de análisis, el análisis sísmico estático o de fuerzas estáticas equivalentes, y el análisis sísmico dinámico modal espectral, nos permitió aceptar la hipótesis formulada, toda vez que existen diferencias significativas en los resultados; destacando que en el primer análisis los resultados obtenidos son mucho más conservadores, que los obtenidos por el análisis sísmico dinámico, como se precisa a continuación:

Variación respecto a las distorsiones máximas obtenidas (X, Y) por piso fue: (17.60%,14.69%) Piso 1; (16.75%,11.47%) Piso 2; (16.06%,10.50%) Piso 3; (15.30%,9.57%) Piso 4 y (14.74%,8.91%) Piso 5, para la dirección paralela y perpendicular a la fachada respectivamente.

Variación respecto a los desplazamientos máximos laterales, obtenidas (X, Y) por piso fue: (1.55%,0.11%) Piso 1; (1.97%,0.13%) Piso 2; (2.23%,0.15%) Piso 3; (2.43%,0.16%) Piso 4 y (2.59%,0.17%) Piso 5, para la dirección paralela y perpendicular a la fachada respectivamente.

Variación respecto a las fuerzas cortantes en la base obtenida (X, Y), fue: (18.57%,19.86%) respectivamente.

2. El análisis estático es más conservador porque solo usa el modo fundamental que es de la traslación, además el edificio en estudio es una estructura regular, ya que en su configuración resistente a cargas laterales no presenta irregularidades y cumple las restricciones de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.
3. Los parámetros sísmicos y propiedades geométricas, y el tipo de sistema estructural, fueron determinados y aplicados de igual forma para

los dos casos en estudio, debido a que son necesarios para efectuar los análisis sísmicos estáticos y el análisis sísmico dinámico, cabe resaltar que estos parámetros y propiedades no originan ninguna diferencia, lo que causa diferencia son de los diferentes criterios y aplicaciones que tiene cada análisis.

VII. Recomendaciones

Tras concluir el presente trabajo de tesis y de acuerdo a las conclusiones del mismo podemos dar las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda efectuar el diseño sismorresistente, del nuevo aulario de ingeniería civil de la Universidad Científica del Perú – UCP en la ciudad de Tarapoto, utilizando los resultados obtenidos en el análisis sísmico estático.
2. Analizar e interpretar los resultados obtenidos de la estructura en estudio, para así poder saber que análisis sísmico requiere y qué criterios se deben optar de acuerdo a su uso, geometría, características de ubicación, irregularidades, entre otros.
3. Conocer los parámetros de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente, ya que ello es una fuente indispensable que tiene con fin primordial salvaguardar vidas humanas y al mismo tiempo que la estructura tenga un comportamiento esperado ante un evento sísmico.
4. No asumir fuerzas sísmicas de manera arbitraria, es de importancia aplicar alguno de los métodos comprendidos en la norma técnica E.030 diseño sismorresistente, ya que la estructura debe estar preparado para soportar las sollicitaciones originadas por acciones sísmicas, y así cumplir con la filosofía y principio del diseño sismorresistente.
5. El método dinámico puede utilizarse para el análisis de toda estructura, cualesquiera que sean sus características, mientras que el método estático se utiliza para analizar estructuras regulares o irregulares, pero teniendo limitaciones como la altura, aun cuando se utiliza estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armado o confinada.
6. El territorio Nacional Peruano se ha dividido en cuatro zonas sísmicas,

ubicándose la ciudad de Tarapoto en zona sísmica 3, de tal forma que los proyectistas estructurales tienen que diseñar sus edificios, contemplando el análisis que lo lleven a enfocar como es el comportamiento de la estructura, asimismo considerando que lo más importante es la acción sísmica, es así que todo cálculo de proyecto estructural debe comprender un análisis sísmico de acuerdo a lo establecido en la norma técnica E.030 diseño sismorresistente, lo cual beneficiará a la estructura, ya que estuvo diseñada bajo parámetros establecidos en el reglamento.

VIII. Bibliografía

- Condori UG. 2014. Comparación del Comportamiento Sísmico Lineal y No-Lineal, en el Análisis y Diseño Estructural de un Edificio Alto, con Disipadores de Energía e Interacción Suelo-Estructura. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Católica de Santa María. Arequipa – Perú. pp. 8, 9, 10,149.
- Wilson EL. 2004. Análisis Estático y Dinámico de Estructuras, Un Enfoque Físico con Énfasis en Ingeniería Sísmica. 4^a. ed. CSI Computer & Structures, Inc. California – Estados Unidos. Cap. 12.2, 12.4 – 12.5.
- Norma Técnica E.030. 2016, Diseño Sismorresistente del R.N.E, DS N° 003-2016-VIVIENDA. Lima – Perú. Cap. 1-5.
- Aguiar FR. 2008. Análisis Sísmico de Edificios. 1^{ra}. ed. Ed. Centro de Investigaciones Científicas. Quito – Ecuador. 119 p.
- Tarque RN, Loaiza FC. 2003. Análisis Sísmico de Edificios. XVI Curso Internacional de Ingeniería. Universidad Católica del Perú. Quito – Ecuador. 8 p.
- Google. Calculo del Cortante basal, Anexo D.
http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6222/14ANEXO_D.pdf?sequence=14
[Consultado 27 de noviembre de 2016.].
- Google. Introducción al Análisis Estructuras.
http://ocw.uc3m.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/ingenieria-estructural/material-de-clase-1/apuntes/Capitulo_1_II_-Analisis_de_estructuras.pdf
[Consultado 27 de noviembre de 2016.].

- Moyano DGJR. 2010. Comparación de los Métodos Estáticos y Dinámicos Aplicados al Análisis Sísmico de una Estructura Aporticada de Concreto Armado de Seis Niveles Destinada al uso Hospitalario en el Municipio de Piar, Estado de Bolívar. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad de Oriente Núcleo de Bolívar. Bolívar – Venezuela. 58 p.
- Salinas BR. 2012. Fundamentos del Análisis Dinámico de Estructuras. Curso de Segunda Especialización en Ingeniería Sismorresistente. Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil – Sección de Post Grado.
<http://civilgeeks.com/2012/03/09/fundamentos-del-analisis-dinamico-de-estructuras/>
[Consultado 27 de noviembre de 2016.]
- Carmona RP, Rosas FA. 2015. Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico Dinámico del Diseño Normativo Sismo-Resistente de un Sistema Dual Frente al Modelo con Aisladores Elastoméricos de Alto Amortiguamiento (HDR) de un Sistema Aporticado, del Edificio de Oficinas Schell de Seis Pisos Ubicado en la Provincia de Lima. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad de Ciencias Aplicadas. Lima – Perú. 110 p.
- Vargas AYF. 2013. Análisis Estructural Estático y Dinámico Probabilista de Edificios de Hormigón Armado. Aspectos Metodológicos y Aplicaciones a la Evaluación del Daño. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona – España. 182 p.
- Ortega MJ. 2011. Análisis Comparativo entre Sismo Estático y Dinámico, Para Marcos de Concreto Reforzado. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad de Guatemala - Guatemala. 79p.

- Arévalo LJG, Tasilla ML. 2014. Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar Ubicado en la Ciudad de Tarapoto Aplicando la Norma E.030 Vigente y la Modificatoria Propuesta, 2014. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Científica del Perú. Tarapoto – Perú. pp. 40-51, 60.
- Alejandro Muñoz. 2008. Ingeniería Sismorresistente. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú. 02 p.
- Wikipedia. Carga Sísmica. España.
https://es.wikipedia.org/wiki/Carga_s%C3%ADsmica
[Consultado 27 de noviembre de 2016.].

IX. Anexos

DETERMINACION DEL CORTANTE EN LA BASE	DATOS		
	Z	0.35	REGULAR
	U	1.5	
	S	1.15	
	Tp	0.6	
	Tl	2	
	R	7	
Sistema Estructural		Concreto Armado	

CORTANTE BASAL ESTATICO			CORTANTE BASAL DINAMICO		
Peso propio del Edificio			Vb-Din	V-esc	V-min
	UX (Kg)	UY (Kg)	Vx=		
Piso 5	214400.22	214400.22	Vy=	238.05	233.8893518
Piso 4	279650.52	279650.52		224.75	233.8893518
Piso 3	279650.52	279650.52	F.S-XX=	0.982522	
Piso 2	279650.52	279650.52	F.S-YY=	1.04066	1.040700
Piso 1	302528.52	302528.52		Escalar	
SUMATORIA	1355.880 t	1355.880 t			
Vx=	292.362 t				
Vy=	292.362 t				

DIRECCION X-X								
Cálculo Manual del Período Fundamental del Edificio, según Artículo 4.5.4 de la NTE E.030-2016								
Piso	Altura hi(m)	Peso Pi(t)	Pixhi (t.m)	α_i	$f_i(t)$	d_i (mm)	P_i (t.mm²)	f_i (t.mm)
Piso 5	3	214.40	643.20	0.145	42.442	16.216	56380.820	688.256
Piso 4	3	279.65	838.95	0.189	55.359	13.401	50221.070	741.861
Piso 3	3	279.65	838.95	0.189	55.359	10.165	28894.227	562.711
Piso 2	3	279.65	838.95	0.189	55.359	6.6142	12234.217	366.157
Piso 1	4.2	302.53	1270.62	0.287	83.843	3.1679	3036.173	265.611
Base	-	1355.88	4430.68	1	292.362	-	150766.508	2624.596
$T = 0.85 \left(2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2}{g \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i}} \right)$				T =	0.434 s	Periodo Fundamental	0.90	
				$\omega =$	14.47739 rad/s	Frecuencia Circular		
					209.6 rad²/s²			
				f =	2.304147 cyc/s	Frecuencia Relativa		
				PPMM =	0.7998	Participacion Modal de Relaciones De Masas X-X		
0.40875171	94.18		KL =	23177.27 Tn/m	Rigidez Lateral			

DIRECCION Y-Y								
Cálculo Manual del Período Fundamental del Edificio, según Artículo 4.5.4 de la NTE E.030-2016								
Piso	Altura hi(m)	Peso Pi(t)	Pixhi (t.m)	α_i	$f_i(t)$	d_i (mm)	P_i (t.mm²)	f_i (t.mm)
Piso 5	3	214.40	643.20	0.145	42.442	15.8635	53954.277	673.283
Piso 4	3	279.65	838.95	0.189	55.359	12.8987	46526.918	714.055
Piso 3	3	279.65	838.95	0.189	55.359	9.5902	25719.935	530.902
Piso 2	3	279.65	838.95	0.189	55.359	6.0915	10376.813	337.219
Piso 1	4.2	302.53	1270.62	0.287	83.843	2.8267	2417.335	237.002
Base	-	1355.88	4430.68	1.000	292.362	-	138995.278	2492.460
$T = 0.85 \left(2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2}{g \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i}} \right)$				T =	0.433 s	Periodo Fundamental	0.91	
				$\omega =$	14.510820 rad/s	Frecuencia Circular		
					210.56 rad^2/s^2			
				f =	2.309468 cyc/s	Frecuencia Relativa		
				PPMM =	0.7427	Participacion Modal de Relaciones De Masas X-X		
0.40274	93.01		KL =	21622.104 Tn/m	Rigidez Lateral			

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN XX – SISMO ESTATICO						
NIVEL	ETABS (mm)	REGL. (mm)	DISTORSIÓN (mm)	H (mm)	Dx/H	Dx/H REGL.
PISO 5	16.216	85.136	2.815412	3000	0.00094	0.00493
PISO 4	13.401	70.355	3.236163	3000	0.00108	0.00566
PISO 3	10.165	53.365	3.550529	3000	0.00118	0.00621
PISO 2	6.614	34.725	3.446282	3000	0.00115	0.00603
PISO 1	3.168	16.632	3.167963	4200	0.00075	0.00396
BASE	0.000	0.000	0	0	0.00000	0.00000

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN XX – SISMO ESTATICO				
NIVEL	ETABS	DERIVAS	VERIFICACION	
PISO 5	0.001072	0.005628	< 0.007	OK
PISO 4	0.001242	0.0065205	< 0.007	OK
PISO 3	0.001376	0.007224	< 0.007	OK
PISO 2	0.001349	0.00708225	< 0.007	OK
PISO 1	0.000841	0.00441525	< 0.007	OK

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN YY - SISMO ESTATICO						
NIVEL	ETABS (mm)	REGL. (mm)	DISTORSIÓN (mm)	H (mm)	Dy/H	Dy/H REGL.
PISO 5	15.863548	83.284	2.964896	3000	0.00099	0.00519
PISO 4	12.898652	67.718	3.308464	3000	0.00110	0.00579
PISO 3	9.590188	50.348	3.498689	3000	0.00117	0.00612
PISO 2	6.091499	31.980	3.264763	3000	0.00109	0.00571
PISO 1	2.826736	14.840	2.826736	4200	0.00067	0.00353
BASE	0.000	0.000	0	0	0.00000	0.00000

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN YY – SISMO ESTATICO				
NIVEL	ETABS	DERIVAS	VERIFICACION	
PISO 5	0.001089	0.00571725	< 0.007	OK
PISO 4	0.001223	0.00642075	< 0.007	OK
PISO 3	0.001305	0.00685125	< 0.007	OK
PISO 2	0.001229	0.00645225	< 0.007	OK
PISO 1	0.000701	0.00368025	< 0.007	OK

FUERZA CORTANTE BASE SISMO XX	
Vx	292.3616897

FUERZA CORTANTE BASE SISMO YY	
Vy	292.3616897

VARIACIÓN DE CORTANTE EN ALTURA SISMO XX			
		V acum	d_V
PISO 5	Sup	42.44211695	42.44211695
	Inf	42.44211695	
PISO 4	Sup	97.80101571	55.35889876
	Inf	97.80101571	
PISO 3	Sup	153.1599145	55.35889876
	Inf	153.1599145	
PISO 2	Sup	208.5188132	55.35889876
	Inf	208.5188132	
PISO 1	Sup	292.3616897	83.84287645
	Inf	292.3616897	
		292.3616897	

VARIACIÓN DE CORTANTE EN ALTURA SISMO YY		
	V acum	d_V
	42.44211695	42.44211695
PISO 5	42.44211695	
	97.80101571	55.35889876
PISO 4	97.80101571	
	153.1599145	55.35889876
PISO 3	153.1599145	
	208.5188132	55.35889876
PISO 2	208.5188132	
	292.3616897	83.84287645
PISO 1	292.3616897	
	292.3616897	

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN XX -SISMO DINAMICO						
NIVEL	ETABS (mm)	REGL. (mm)	DISTORSIÓN (mm)	H (mm)	Dx/H	Dx/H REGL.
PISO 5	15.797076	82.935	2.721189	3000	0.00091	0.00476
PISO 4	13.075887	68.648	3.137759	3000	0.00105	0.00549
PISO 3	9.938128	52.175	3.45405	3000	0.00115	0.00604
PISO 2	6.484078	34.041	3.365312	3000	0.00112	0.00589
PISO 1	3.118766	16.374	3.118766	4200	0.00074	0.00390
BASE	0.000	0.000	0	0	0.00000	0.00000

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN XX – SISMO DINAMICO				
NIVEL	ETABS	DERIVAS REGL	VERIFICACION	
PISO 5	0.000914	0.0047985	< 0.007	OK
PISO 4	0.001052	0.005523	< 0.007	OK
PISO 3	0.001155	0.00606375	< 0.007	OK
PISO 2	0.001123	0.00589575	< 0.007	OK
PISO 1	0.000693	0.00363825	< 0.007	OK

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN YY - SISMO DINAMICO						
NIVEL	ETABS (mm)	REGL. (mm)	DISTORSIÓN (mm)	H (mm)	Dy/H	Dy/H REGL.
PISO 5	15.835839	83.138	2.958163	3000	0.00099	0.00518
PISO 4	12.877676	67.608	3.301793	3000	0.00110	0.00578
PISO 3	9.575883	50.273	3.492489	3000	0.00116	0.00611
PISO 2	6.083394	31.938	3.259757	3000	0.00109	0.00570
PISO 1	2.823637	14.824	2.823637	4200	0.00067	0.00353
BASE	0.000	0.000	0	0	0.00000	0.00000

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN YY – SISMO DINAMICO				
NIVEL	ETABS	DERIVAS REGL	VERIFICACION	
PISO 5	0.000992	0.005208	< 0.007	OK
PISO 4	0.001106	0.0058065	< 0.007	OK
PISO 3	0.001168	0.006132	< 0.007	OK
PISO 2	0.001088	0.005712	< 0.007	OK
PISO 1	0.000598	0.0031395	< 0.007	OK

FUERZA CORTANTE BASE SISMO XX	
Vx	238.05

FUERZA CORTANTE BASE SISMO YY	
Vy	234.3

VARIACIÓN DE CORTANTE EN ALTURA SISMO XX			
		V acum	d_V
PISO 5	Sup	60.430	60.430
	Inf	68.430	8.000
PISO 4	Sup	129.010	60.580
	Inf	135.040	6.030
PISO 3	Sup	180.310	45.270
	Inf	184.710	4.400
PISO 2	Sup	216.150	31.440
	Inf	218.970	2.820
PISO 1	Sup	236.700	17.730
	Inf	238.050	1.350
		238.050	

VARIACIÓN DE CORTANTE EN ALTURA SISMO YY			
		V acum	d_V
PISO 5	Sup	61.700	61.700
	Inf	69.630	7.930
PISO 4	Sup	129.730	60.100
	Inf	135.530	5.800
PISO 3	Sup	179.430	43.900
	Inf	183.590	4.160
PISO 2	Sup	213.640	30.050
	Inf	216.270	2.630
PISO 1	Sup	233.020	16.750
	Inf	234.300	1.280
		234.300	

CUADRO COMPARATIVO DEL DESPLAZAMIENTO MAXIMO LATERALES XX			
NIVEL	SISMO EST. XX (mm)	SISMO DIN. XX (mm)	% DE VARIACION
PISO 5	16.216349	15.797076	2.59%
PISO 4	13.400937	13.075887	2.43%
PISO 3	10.164774	9.938128	2.23%
PISO 2	6.614245	6.484078	1.97%
PISO 1	3.167963	3.118766	1.55%
BASE	0	0	

CUADRO COMPARATIVO DEL DESPLAZAMIENTO MAXIMO LATERALES YY			
NIVEL	SISMO EST. YY (mm)	SISMO DIN. YY (mm)	% DE VARIACION
PISO 5	15.863548	15.835839	0.17%
PISO 4	12.898652	12.877676	0.16%
PISO 3	9.590188	9.575883	0.15%
PISO 2	6.091499	6.083394	0.13%
PISO 1	2.826736	2.823637	0.11%
BASE	0	0	

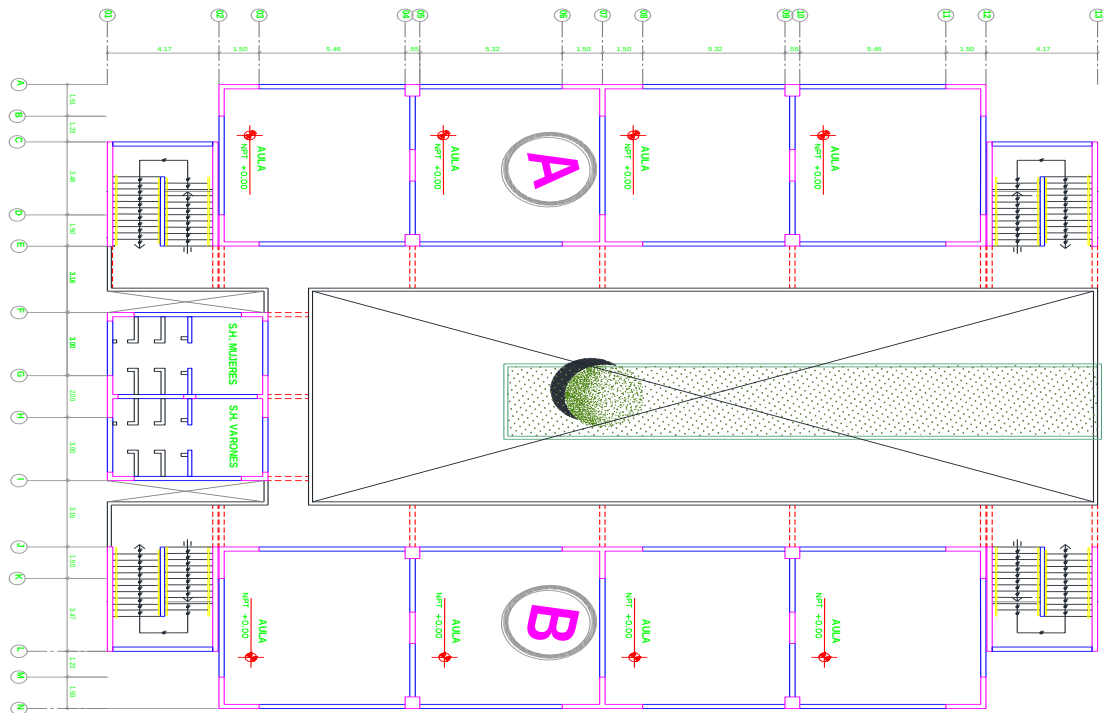
CUADRO COMPARATIVO DEL MAXIMAS DERIVAS DE ENTREPISO XX			
NIVEL	SISMO EST. XX	SISMO DIN. XX	% DE VARIACION
PISO 5	0.001072	0.000914	14.74%
PISO 4	0.001242	0.001052	15.30%
PISO 3	0.001376	0.001155	16.06%
PISO 2	0.001349	0.001123	16.75%
PISO 1	0.000841	0.000693	17.60%
BASE	0	0	

CUADRO COMPARATIVO DEL MAXIMAS DERIVAS DE ENTREPISO XX			
NIVEL	SISMO EST. YY	SISMO DIN. YY	% DE VARIACION
PISO 5	0.001089	0.000992	8.91%
PISO 4	0.001223	0.001106	9.57%
PISO 3	0.001305	0.001168	10.50%
PISO 2	0.001229	0.001088	11.47%
PISO 1	0.000701	0.000598	14.69%
BASE	0	0	

FUERZAZ CORTANTE BASE DIRECCION XX			
	V Estatico	V Dinamico	% DE VARIACION
SISMO XX	292.3616897	238.05	18.58%

FUERZAZ CORTANTE BASE DIRECCION XX			
	V Estatico	V Dinamico	% DE VARIACION
SISMO YY	292.3616897	234.3	19.86%

PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES



A. PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA ALIGERADA

$$e = \frac{L}{25}$$

L= Luz libre entre ejes (mayor Log.)
L= 5.60 m

$$e = 0.22 \text{ m}$$

$$e = 20.00 \text{ cm} \quad \text{Adoptando una dimensión constructiva}$$

$$e = 20.00 \text{ cm}$$

B. PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS

B.1 VIGAS PRINCIPALES

Viga V-101 (Eje Numérico)

PERALTE (h)

Donde:

$$h = \frac{L}{12}$$

$$h = 0.47 \text{ m}$$

Ln= Luz libre entre ejes

Ln= 5.60 m

Adoptando una dimensión

constructiva

$$h = 46.67 \text{ cm}$$

$$h_0 = 50 \text{ cm}$$

ANCHO (b)

$$b = 0.5 h$$

$$b = 0.25 \text{ m}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

Donde:

$$h = h_0 = 0.50 \text{ m}$$

Adoptando una dimensión constructiva

$$b_0 = 25 \text{ cm}$$

Modificación de dimensiones por criterio de IGUALDAD DE RIGIDECES.

$$bh^3 = b_0h_0^3$$

$b_0 = 0.25 \text{ m}$
 $h_0 = 0.50 \text{ m}$

$$V.P = 0.25 \text{ m} \times 0.50 \text{ m}$$

Viga V-102 (Eje Alfabético)

PERALTE (h)

Donde:

$$h = \frac{L}{14}$$

$$h = 0.34 \text{ m}$$

constructiva

$$h = 33.57 \text{ cm}$$

$$h_0 = 35 \text{ cm}$$

L_n = Luz libre entre ejes

$$L_n = 4.70 \text{ m}$$

Adoptando una dimensión

ANCHO (b)

$$b = 0.5 h$$

$$b = 0.18 \text{ m}$$

$$b = 17.5 \text{ cm}$$

Donde:

$$h = h_0 = 0.35 \text{ m}$$

Adoptando una dimensión constructiva

$$b_0 = 20 \text{ cm}$$

Modificación de dimensiones por criterio de IGUALDAD DE RIGIDECES.

$$bh^3 = b_0h_0^3$$

$$b_0 = 0.20 \text{ m}$$

$$h_0 = 0.35 \text{ m}$$

$$b = 0.20 \text{ m}$$

$$h = 0.35 \text{ m}$$

$$V.P = 0.20 \text{ m} \times 0.35 \text{ m}$$

Viga Voladizo

PERALTE (h)

Donde:

$$h = \frac{L}{5}$$

$$h = 0.49 \text{ m}$$

constructiva

$$h = 49 \text{ cm}$$

$$h_0 = 50 \text{ cm}$$

L_n = Luz libre entre ejes

$$L_n = 2.45 \text{ m}$$

Adoptando una dimensión

ANCHO (b)

$$b = 0.5 h$$

$$b = 0.15 \text{ m}$$

$$b = 15.00 \text{ cm}$$

Donde:

$$h = h_0 = 0.50 \text{ m}$$

Adoptando una dimensión constructiva

$$b_0 = 15 \text{ cm}$$

Modificación de dimensiones por criterio de IGUALDAD DE RIGIDECES.

$$bh^3 = b_0h_0^3$$

$$b_0 = 0.15 \text{ m}$$

$$h_0 = 0.50 \text{ m}$$

$$b = 0.15 \text{ m}$$

$$h = 0.50 \text{ m}$$

$$V.P = 0.15 \text{ m} \times 0.50 \text{ m}$$

C. PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS

Donde:

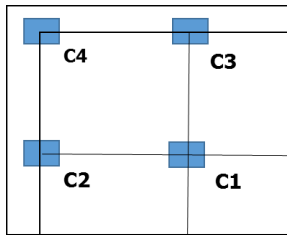
$$A_g = \frac{P}{n f'_c}$$

P: Carga Total que soporta la columna (Kg)

n: Valor que depende del tipo de columna

Pg: Peso total de las cargas de gravedad (Kg)

f'c: Resistencia del concreto (Kg/cm²)



TIPO C-1 Para los primeros pisos	Columna Interior N < 3 pisos	P = 1.10 PG
		n = 0.30
TIPO C-1 Para los últimos pisos superiores	Columna Interior N > 4 pisos	P = 1.10 PG
		n = 0.25
TIPO C-2 y C-3	Columna extrema de pórticos exteriores	P = 1.25 PG
		n = 0.25
TIPO C-4	Columna de esquina	P = 1.50 PG
		n = 0.20

C-1 Columna central

C-2 Columna externa de pórticos principales interiores.

C-3 Columna externa de pórticos principales interiores.

C-4 Columna de esquina.

Metrados de cargas

Primer piso:

Peso de aligerado: = 300 Kg/m²

Peso de acabados: = 100 Kg/m²

Peso de tabiquería: = 150 Kg/m²

Peso de viga: = 100 Kg/m²

Peso de columna: = 60 Kg/m²

WD (carga muerta): = 710 Kg/m²

S/C (carga viva): = 250 Kg/m²

PESO TOTAL: =960 Kg/m²

En último piso y/o Azotea:

Peso de Alig. y/o Liv: = 15 Kg/m²

Peso de acabados: = 100 Kg/m²

Peso de tabiquería: = 150 Kg/m²

Peso de viga: = 100 Kg/m²

Peso de columna: = 60 Kg/m²

WD (carga muerta): = 425 Kg/m²

S/C (carga viva): = 250 Kg/m²

PESO TOTAL: =675 Kg/m²

Análisis de columnas (cálculo de la sección de columnas más crítica)

Columna tipo C-1	n= 0.25
Área tributaria= 6 x 5.94	f'c= 280 Kg/m ²
Área tributaria= 35.64 m ²	Números de Pisos= 5
Peso de las cargas de gravedad	PG= 171072 Kg
Carga total soportada por columna	P= 188179.2 Kg
Área de sección de columna	AG= 2688.27 cm ²

Dimensiones de columnas **C-1 0.55 m x 0.55 m**

D. PREDIMENSIONAMIENTO DE MUROS DE CORTE (PLACA)

El área de corte se puede estimar con la expresión:

$$A_c \geq \frac{V_u}{0.53 \sqrt{f'c}}$$

DIMENSIONAMIENTO DE MUROS DE CORTE

Parámetros de cálculo

Cálculo de Peso (P)

$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Área del terreno = 274.77 m²

Peso de Estructura x m²/ piso = 1.00 t/m²

Nº de pisos = 5

Peso Estructural (P) = 1374 t

DATOS

Z = 0.35

U = 1.5

S = 1.15

TP = 0.6

TL = 2

R = 7

Resultados.

T = 0.25

$$V_x = \frac{ZUCS}{R} \times P$$

$$T = \frac{h}{C_{60}} \quad \frac{C}{R} \geq 0.125$$

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Cálculo de

cortante (Vc)

C = 2.5

Vc = 296.24 t

C/R = 0.36

ZUCS/R = 0.22

Ac = 3.93 m² → Área requerida (Ac)

DIRECCIÓN	Vu (t)	Ac req. (m ²)	Ac. Disp. (m ²)
X X	296.24	3.93	3.00
Y Y	296.24	3.93	3.00

Según los datos obtenidos en el programa ETABS cumple Ac considerado.

IRREGULARIDAD DE ACUERDO A NORMA E.0.30

A. Irregularidad en Altura

A.a. Irregularidad de rigidez o piso blando.

Análisis para deformación en la dirección de X.

Pisos	Desplazamiento (mm)	Deriva	Condiciones	
	Estructura		1er	2da
Piso 5	16.2	0.001072	-	-
Piso 4	13.2	0.001242	1.16	-
Piso 3	10.2	0.001376	1.11	-
Piso 2	7.2	0.001349	0.98	1.08
Piso 1	4.2	0.000841	0.62	0.90
Irregularidad			> 1.40	> 1.25

Análisis para deformación en la dirección de Y.

Pisos	Desplazamiento (mm)	Deriva	Condiciones	
	Estructura		1er	2da
Piso 5	16.2	0.001089	-	-
Piso 4	13.2	0.001223	1.12	-
Piso 3	10.2	0.001305	1.07	-
Piso 2	7.2	0.001229	0.94	1.04
Piso 1	4.2	0.000701	0.57	0.86
Irregularidad			> 1.40	> 1.25

Donde:

1era: Relación con la deriva del entrepiso inmediato superior.

2da: Relación con el promedio de los 3 pisos superiores adyacentes.

Promedio:

Desplazamiento promedio de entrepiso. Según la norma E.030, en este caso, este desplazamiento se calcula como el promedio de los desplazamientos del extremo del entrepiso.

NO EXISTE IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ

A.b. Irregularidad de resistencia o piso débil.

Pisos	DIRECCIÓN X		Kpiso n < 0.80Kpiso n+1
	Resistencia (Kg/cm)	%	
Piso 5	274908.66	219926.93	REGULAR
Piso 4	486579.95	389263.96	REGULAR
Piso 3	611165.1	488932.08	REGULAR
Piso 2	745405.44	596324.35	REGULAR
Piso 1	877013.69	-	-

Pisos	DIRECCIÓN Y		Kpiso n < 0.80Kpiso n+1
	Resistencia (Kg/cm)	%	
Piso 5	242996.45	194397.16	REGULAR
Piso 4	446943.32	357554.66	REGULAR
Piso 3	587050.93	469640.74	REGULAR
Piso 2	750673.56	600538.85	REGULAR
Piso 1	963439.03	-	-

NO EXISTE IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA

A.c. Irregularidad extrema de rigidez.

NO EXISTE IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ.

A.d. Irregularidad extrema de resistencia.

Pisos	DIRECCIÓN X		Kpiso n < 0.65Kpiso n+1
	Resistencia (Kg/cm)	%	
Piso 5	274908.66	178690.63	REGULAR
Piso 4	486579.95	316276.97	REGULAR
Piso 3	611165.1	397257.32	REGULAR
Piso 2	745405.44	484513.54	REGULAR
Piso 1	877013.69	-	-

Pisos	DIRECCIÓN Y		Kpiso n < 0.65Kpiso n+1
	Resistencia (Kg/cm)	%	
Piso 5	242996.45	157947.69	REGULAR
Piso 4	446943.32	290513.16	REGULAR
Piso 3	587050.93	381583.10	REGULAR
Piso 2	750673.56	487937.81	REGULAR
Piso 1	963439.03	-	-

NO EXISTE IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA.

A.e. Irregularidad de masa o peso.

PISOS	Masa (t)	% Masa	Variación
Piso 5	214400.22	-	0.77
Piso 4	279650.52	419475.78	1.3 - 1
Piso 3	279650.52	419475.78	1 - 1
Piso 2	279650.52	419475.78	1 - 0.92
Piso 1	302528.52	453792.78	1.08
Irregularidad:		>1.5	

NO EXISTE IRREGULARIDAD DE MASA O PESO.

A.f. Irregularidad Geométrica vertical.

Como se muestra en la elevación del modelamiento. No se presenta este tipo de irregularidad

NO EXISTE IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL.

A.g. Discontinuidad en los sistemas resistentes.

La edificación no presenta desalinamiento vertical en ningún de sus direcciones por lo tanto no existe discontinuidad en los sistemas resistentes.

A.h. Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes.

En el A.g. se expresa que no existe desalinamiento vertical en los elementos estructurales, por lo tanto, no existe discontinuidad extrema de los sistemas resistentes.

B. Irregularidad en Planta

B.a. Irregularidad torsional.

DESPLAZAMIENTO MAXIMOAS EN X (mm)			
Piso	Desplazamiento (Δ)	(Δ) Relativo	Prom.
	Estructura	Estructura	
5	16.216349	2.82	-
4	13.400937	3.24	1.149445623
3	10.164774	3.55	1.097141584
2	6.614245	3.45	0.970639023
1	3.167963	3.17	0.919240793
Irregularidad:	> 1.30		

DESPLAZAMIENTO MAXIMOAS EN Y (mm)			
Piso	Desplazamiento (Δ)	(Δ) Relativo	Prom.
	Estructura	Estructura	
5	15.863548	2.96	-
4	12.898652	3.31	0.896154832
3	9.590188	3.50	0.945629634
2	6.091499	3.26	1.071651755
1	2.826736	2.83	1.154958581
Irregularidad:	> 1.30		

NO EXISTE IRREGULARIDAD EN PLANTA.

ESPECTRO DE DISEÑO - NTE E.030

Región : San Martín
 Provincia : Tarapoto
 Distrito : Tarapoto
 Categoría : A2
 Zona : Z3
 Suelo : S2
 Sistema Estructural : Concreto Armado, Dual.
 Verificación de Irregularidad : Irregular en Planta $\rightarrow I_p = 1.0$
 Irregularidad : Irregular en Altura $\rightarrow I_a = 1.0$

Z =	0.35
U =	1.50
S =	1.15
Tp =	0.60
TL =	2.00
Ro =	7.0
R =	7.00



T	C	ZUCS/R
0	2.50	0.21563
0.02	2.50	0.21563
0.04	2.50	0.21563
0.06	2.50	0.21563
0.08	2.50	0.21563
0.1	2.50	0.21563
0.12	2.50	0.21563
0.14	2.50	0.21563
0.16	2.50	0.21563
0.18	2.50	0.21563
0.2	2.50	0.21563
0.25	2.50	0.21563
0.3	2.50	0.21563
0.35	2.50	0.21563
0.4	2.50	0.21563
0.45	2.50	0.21563
0.5	2.50	0.21563
0.55	2.50	0.21563
0.6	2.50	0.21563
0.65	2.31	0.19904
0.7	2.14	0.18482
0.75	2.00	0.17250
0.8	1.88	0.16172
0.85	1.76	0.15221
0.9	1.67	0.14375
0.95	1.58	0.13618
1	1.50	0.12938
1.6	0.94	0.08086
2	0.75	0.06469
2.5	0.48	0.04140
3	0.33	0.02875
4	0.19	0.01617
5	0.12	0.01035
6	0.08	0.00719
7	0.06	0.00528
8	0.05	0.00404
9	0.04	0.00319
10	0.03	0.00259

