



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“COMPARACIÓN ESTRUCTURAL ENTRE EL SISTEMA DE PLACAS Y EL SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA EN UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Rogger Joseph Cervera Mendo

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca - Perú

2020

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

DEDICATORIA

A mis padres, José Cervera Estela y María Otilia Mendo Ramirez,
por el apoyo que me brindaron para mi formación profesional

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos porque me apoyaron para que fuera posible desarrollar la presente investigación.

A mi asesor de tesis Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno por su apoyo metodológico y profesional en la orientación para el desarrollo de la tesis.

A la Universidad Privada del Norte por la calidad educativa que otorgaron.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Civil por contribuir a mi formación profesional y humana.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE GRÁFICAS	12
ÍNDICE DE IMÁGENES	13
RESUMEN	15
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	16
1.1 Realidad problemática	16
1.2 Formulación del problema	20
1.3 Objetivos	21
1.3.1 Objetivo general	21
1.3.2 Objetivos específicos	21
1.4 Hipótesis	21
CAPITULO II. METODOLOGIA	22
2.1 Tipo de investigación	22
2.2 Población y muestra	22
2.2.1 Población	22
2.2.2 Muestra	22
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	22

2.4 Procedimiento	23
2.4.1 Arquitectura del edificio	23
2.4.2 Sistema de placas (Muros estructurales)	29
2.4.2.1 Estructuración del sistema de placas	29
2.4.2.1.1 Conceptos básicos del sistema de placas	29
2.4.2.1.2 Criterios generales de estructuración	29
2.4.2.1.3 Configuración estructural (Regularidad) de la edificación	31
a) Irregularidades estructurales en altura	31
a.1) Irregularidad de rigidez (Piso blando)	31
a.2) Irregularidad de resistencia (Piso débil)	31
a.3) Irregularidad de masa o peso	32
a.4) Irregularidad en geometría vertical	32
a.5) Discontinuidad de los sistemas resistentes	32
b) Irregularidades estructurales en planta	32
b.1) Irregularidad torsional	32
b.1.1) Cálculo del centro de masa y rigidez	33
b.1.1.1) Cálculo del centro de masa	33
b.1.1.2) Cálculo del centro de rigidez	36
b.1.1.3) Comparación del centro de masa y centro de rigidez de la estructura	37
b.2) Irregularidad de esquinas entrantes	38
2.4.2.1.4 Cálculo de masas y peso de la edificación	39
2.4.2.1.5 Evaluación por densidad de muros	39

2.4.2.2 Análisis estructural y sísmico del sistema de placas	43
a) Análisis estructural del sistema de placas	43
a.1) Modelamiento estructural	43
a.2) Parámetros para el análisis	47
a.3) Análisis por cargas de gravedad	47
b) Análisis sísmico del sistema de placas	50
b.1) Análisis Estático	50
b.1.1) Parámetros generales	50
b.1.1.1) Zonificación	50
b.1.1.2) Parámetros de sitio	50
b.1.1.3) Categoría de la edificación y factor de uso	51
b.1.1.4) Sistema estructural	51
b.1.1.5) Restricciones de irregularidad	51
b.1.1.5.1) Irregularidad estructural en altura	51
b.1.1.5.2) Irregularidad estructural en planta	51
b.1.1.6) Regularidad estructural	52
b.1.1.7) Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas	52
b.1.1.8) Factor de amplificación sísmica	53
b.1.2) Cálculo del peso sísmico de la edificación	53
b.1.3) Fuerza cortante en la base	53
b.1.4) Distribución de fuerzas sísmicas en altura, rigideces y desplazamientos.	54
b.1.5) Cálculo de derivas de piso	55

b.1.6) Deformada de la edificación por análisis estático	57
b.2) Análisis Dinámico	59
b.2.1) Espectro de diseño	59
b.2.2) Fuerza cortante en la base	61
b.2.3) Modos y periodos de vibración	62
b.2.4) Derivas de piso	63
2.4.3 Sistema de muros de ductilidad limitada	64
2.4.3.1 Estructuración del sistema de muros de ductilidad limitada	64
2.4.3.1.1 Conceptos básicos del sistema de muros de ductilidad limitada	64
2.4.3.1.2 Criterios generales de estructuración	65
2.4.3.1.3 Configuración estructural (Regularidad) de la edificación	67
a) Irregularidades estructurales en altura	68
a.1) Irregularidad de rigidez (Piso blando)	68
a.2) Irregularidad de resistencia (Piso débil)	68
a.3) Irregularidad de masa o peso	68
a.4) Irregularidad en geometría vertical	68
a.5) Discontinuidad de los sistemas resistentes	68
b) Irregularidades estructurales en planta	69
b.1) Irregularidad torsional	69
b.1.1) Cálculo del centro de masa y rigidez	70
b.1.1.1) Cálculo del centro de masa	70
b.1.1.2) Cálculo del centro de rigidez	72

b.1.1.3) Comparación del centro de masa y centro de rigidez de la estructura	74
b.2) Irregularidad de esquinas entrantes	75
2.4.3.1.4 Cálculo de masas y peso de la edificación	76
2.4.3.1.5 Evaluación por densidad de muros	76
2.4.3.2 Análisis estructural y sísmico del sistema de muros de ductilidad limitada	80
a) Análisis estructural del sistema de muros de ductilidad limitada	80
a.1) Modelamiento estructural	80
a.2) Parámetros para el análisis	84
a.3) Análisis por cargas de gravedad	84
b) Análisis sísmico del sistema de muros de ductilidad limitada	87
b.1) Análisis Estático	87
b.1.1) Parámetros generales	87
b.1.1.1) Zonificación	87
b.1.1.2) Parámetros de sitio	87
b.1.1.3) Categoría de la edificación y factor de uso	88
b.1.1.4) Sistema estructural	88
b.1.1.5) Restricciones de irregularidad	89
b.1.1.5.1) Irregularidad estructural en altura	89
b.1.1.5.2) Irregularidad estructural en planta	89
b.1.1.6) Regularidad estructural	90
b.1.1.7) Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas	90
b.1.1.8) Factor de amplificación sísmica	90

b.1.2) Cálculo del peso sísmico de la edificación	90
b.1.3) Fuerza cortante en la base	91
b.1.4) Distribución de fuerzas sísmicas en altura, rigideces y desplazamientos.	91
b.1.5) Cálculo de derivas de piso	92
b.1.6) Deformada de la edificación por análisis estático	94
b.2) Análisis Dinámico	96
b.2.1) Espectro de diseño	96
b.2.2) Fuerza cortante en la base	98
b.2.3) Modos y periodos de vibración	99
b.2.4) Derivas de piso	100
CAPITULO III. RESULTADOS	103
CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	106
4.1 Discusión	106
4.2 Conclusiones	108
REFERENCIAS	109

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°1	PERU: VIVIENDAS PARTICULARES, SEGÚN TIPO DE VIVIENDA 2007-2017	16
TABLA N°2	CÁLCULO DE CENTRO DE MASA	33
TABLA N°3	CÁLCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ EN EL SENTIDO Y	36
TABLA N°4	CÁLCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ EN EL SENTIDO X	37
TABLA N°5	VARIACION DEL CENRO DE MASA CON EL CENTRO DE RIGIDEZ	38
TABLA N°6	MASA Y PESO POR NIVELES DE LA EDIFICACIÓN	39
TABLA N°7	PARÁMETROS PARA LA CORTANTE EN LA BASE	40
TABLA N°8	MUROS EN EL SENTIDO X	41
TABLA N°9	MUROS EN EL SENTIDO Y	42
TABLA N°10	PESO SÍSMICO DE LA EDIFICACION POR NIVELES	53
TABLA N°11	DISTRIBUCION DE FUERZAS SÍSMICAS, RIGIDECES Y DESPLAZAMIENTOS EN EL SENTIDO X:	54
TABLA N°12	DISTRIBUCION DE FUERZAS SÍSMICAS, RIGIDECES Y DESPLAZAMIENTOS EN EL SENTIDO Y:	55
TABLA N°13	CALCULO DE DERIVAS DE PISO EN EL SENTIDO X:	56
TABLA N°14	CALCULO DE DERIVAS DE PISO EN EL SENTIDO Y:	56
TABLA N°15	COENFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA, PERIODOS Y PSEUDO ACELERACIONES	59
TABLA N°16	CUADRO DE FUERZAS CORTANTE BASAL ESTÁTICA Y DINÁMICA EN AMBAS DIRECCIONES DE ANÁLISIS	62
TABLA N°17	CUADRO DE PERIODOS Y MODOS DE VIBRACIÓN	62
TABLA N°18	CUADRO DE DERIVAS DE PISO EN EL SENTIDO X	63
TABLA N°19	CUADRO DE DERIVAS DE PISO EN EL SENTIDO Y	64

TABLA N°20	CÁLCULO DE CENTRO DE MASA	70
TABLA N°21	CÁLCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ EN EL SENTIDO Y	72
TABLA N°22	CÁLCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ EN EL SENTIDO X	73
TABLA N°23	VARIACION DEL CENTRO DE MASA CON EL CENTRO DE RIGIDEZ	74
TABLA N°24	MASA Y PESO POR NIVELES DE LA EDIFICACIÓN	76
TABLA N°25	PARÁMETROS PARA LA CORTANTE EN LA BASE	77
TABLA N°26	MUROS EN EL SENTIDO X	78
TABLA N°27	MUROS EN EL SENTIDO Y	79
TABLA N°28	PESO SÍSMICO DE LA EDIFICACION POR NIVELES	91
TABLA N°29	DISTRIBUCION DE FUERZAS SÍSMICAS, RIGIDECES Y DESPLAZAMIENTOS EN EL SENTIDO X:	92
TABLA N°30	DISTRIBUCION DE FUERZAS SÍSMICAS, RIGIDECES Y DESPLAZAMIENTOS EN EL SENTIDO Y:	92
TABLA N°31	DISTRIBUCION DE FUERZAS SÍSMICAS, RIGIDECES Y DESPLAZAMIENTOS EN EL SENTIDO X:	93
TABLA N°32	DISTRIBUCION DE FUERZAS SÍSMICAS, RIGIDECES Y DESPLAZAMIENTOS EN EL SENTIDO Y:	93
TABLA N°33	COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA, PERIODOS Y PSEUDO ACELERACIONES	96
TABLA N°34	CUADRO DE FUERZAS CORTANTE BASAL ESTÁTICA Y DINÁMICA EN AMBAS DIRECCIONES DE ANÁLISIS	99
TABLA N°35	CUADRO DE PERIODOS Y MODOS DE VIBRACIÓN	99
TABLA N°36	CUADRO DE DERIVAS DE PISO EN EL SENTIDO X	100
TABLA N°37	CUADRO DE DERIVAS DE PISO EN EL SENTIDO Y	101
TABLA N°38	CUADRO DE ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES	102

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA N° 1	PERU: EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE VIVIENDAS PARTICULARES EN DEPARTAMENTO EN EDIFICIO, 1993-2017	17
GRÁFICA N° 2	ESPECTRO DE DISEÑO SISTEMA DE PLACAS	61
GRÁFICA N° 3	ESPECTRO DE DISEÑO SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	98

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN N°1: PLANO EN PLANTA - PISO TIPICO 1	25
IMÁGEN N°2: PLANO EN PLANTA - PISO TIPICO 2°-7°	25
IMÁGEN N°3: PLANO EN PLANTA – PLANTA DE TECHO	26
IMÁGEN N°4: FACHADA 1	26
IMÁGEN N°5: FACHADA 2	27
IMÁGEN N°6: CORTE 1-1	27
IMÁGEN N°7: CORTE 2-2	28
IMÁGEN N°8: PLANO DE ESTRUCTURACIÓN	30
IMÁGEN N°9: MODELAMIENTO 3D DE LA ESTRUCTURACION DE PLACAS	31
IMÁGEN N°10: PLANO DE CENTRO DE MASA Y CENTRO DE RIGIDEZ DEL SISTEMA DE PLACAS	33
IMÁGEN N°11: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA FRONTAL-1	44
IMÁGEN N°12: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA FRONTAL-2	45
IMÁGEN N°13: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA POSTERIOR-1	45
IMÁGEN N°14: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA POSTERIOR-2	46
IMÁGEN N°15: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA SIN ESTRUCCIÓN	46
IMÁGEN N°16: DIAGRAMA DE FUERZAS NORMALES Ton-m	48
IMÁGEN N°17: DIAGRAMA DE FUERZAS CORTANTES Ton-m	49
IMÁGEN N°18: DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES Ton-m	49

IMÁGEN N°19: DEFORMADA EN EL SENTIDO X (FACTOR DE ESCALA 1000)	57
IMÁGEN N°20: DEFORMADA EN EL SENTIDO Y (FACTOR DE ESCALA 1000)	58
IMÁGEN N°21: PLANO DE ESTRUCTURACIÓN	66
IMÁGEN N°22: MODELAMIENTO 3D DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	67
IMÁGEN N°23: PLANO DE CENTRO DE MASA Y CENTRO DE RIGIDEZ DEL SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	69
IMÁGEN N°24: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA FRONTAL-1	81
IMÁGEN N°25: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA FRONTAL-2	82
IMÁGEN N°26: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA POSTERIOR-1	82
IMÁGEN N°27: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA POSTERIOR-2	83
IMÁGEN N°28: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA SIN EXTRUCCION	83
IMÁGEN N°29: DIAGRAMA DE FUERZAS NORMALES Ton-m	85
IMÁGEN N°30: DIAGRAMA DE FUERZAS CORTANTES Ton-m	86
IMÁGEN N°31: DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES Ton-m	86
IMÁGEN N°32: DEFORMADA EN EL SENTIDO X (FACTOR DE ESCALA 1000)	94
IMÁGEN N°33: DEFORMADA EN EL SENTIDO Y (FACTOR DE ESCALA 1000)	95

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de comparar el comportamiento estructural entre el sistema de placas y sistema de muros de ductilidad limitada de un edificio multifamiliar de siete niveles, específicamente analizar el comportamiento de ambos sistemas estructurales ante cargas de gravedad y cargas de sismo para finalmente comparar los resultados obtenidos. Para desarrollar dicha investigación se solicitó autorización en un terreno libre ubicado en Avda. San Martín N° 2425 en el cual se realizó un estudio de mecánica de suelos para definir el parámetro de perfil del suelo para el análisis sísmico, y sobre dicho terreno se proyectó la arquitectura del edificio con características que respetan las normas A.010 y A.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones desarrollando una distribución típica de edificios multifamiliares, seguidamente se realizó la estructuración, análisis estructural y análisis sísmico para ambos sistemas estructurales, la herramienta para abreviar dichos cálculos que se empleó fue el software ETABS 18.0.2 y el modelamiento se realizó de acuerdo a la Norma E.030, finalmente se desarrolló un análisis comparativo de los resultados donde se concluyó que el sistema de placas tiene mejor comportamiento estructural ante cargas de gravedad y cargas de sismo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En nuestro país observamos que ha aumentado la tendencia al crecimiento vertical de las edificaciones y se ha disminuido el crecimiento horizontal puesto que la población aumenta y la disponibilidad de terrenos disminuyen, de allí que se ha incrementado la construcción de edificios multifamiliares de tal manera que en un solo terreno se albergan muchas familias (INEI, 2017). En el Perú el tipo de vivienda que presenta mayor tasa de crecimiento promedio anual es el departamento en edificio 8 %, le sigue el tipo de casa independiente con 3.1 % y el resto de tipos de vivienda presentan tasas de crecimiento negativas, esta es la razón principal por la que en la presente investigación se considera estudiar a un edificio multifamiliar (INEI, 2017).

TABLA N° 1

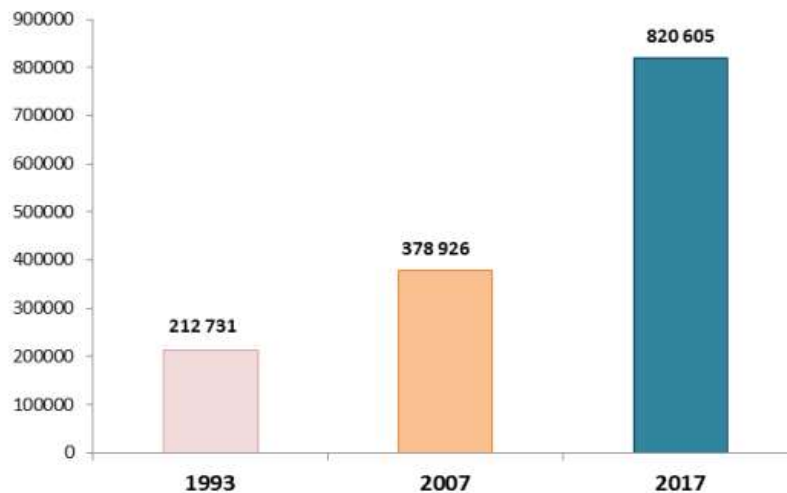
PERU: VIVIENDAS PARTICULARES, SEGÚN TIPO DE VIVIENDA 2007-2017

Tipo de Vivienda	Censo 2007		Censo 2017		Variación Intersensal 2007-2017		Incremento anual	Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%		
Total	7566142	100	10102849	99.9	2536707	33.5	253671	2.9
Casa independiente	6477401	85.6	8763360	86.7	2285959	35.3	228596	3.1
Departamento en edificio	378926	5.0	820605	8.1	441679	116.6	44168	8
Vivienda en quinta	135245	1.8	126308	1.3	-8937	-6.6	-894	-0.7
Vivienda en casa de vecindad	111693	1.5	85780	0.8	-25913	-23.2	-2591	-2.6
Choza o cabaña	332288	4.4	166374	1.6	-165914	-49.2	-16591	-6.7
Vivienda improvisada	111180	1.5	130932	1.3	19752	17.8	1975	1.6
Local no destinado para habitación	10311	0.1	9474	0.1	-837	-8.1	-84	-0.8
Otro	9098	0.1	16	0	-9082	-99.8	-908	-47

Fuente: INEI,2017

GRÁFICA N°1

PERU: EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE VIVIENDAS PARTICULARES EN DEPARTAMENTO EN EDIFICIO, 1993-2017



Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Es común que en el Perú se construyan edificios con sistemas estructurales de placas y muros de ductilidad limitada, se estima que mensualmente se vacían $16,000 m^3$ de concreto premezclado para muros de ductilidad limitada, con lo cual se estima que con este sistema se construyen mensualmente de 20 a 30 edificios, el promedio del incremento anual en la demanda de concreto premezclado para estructuras con sistema de muros de ductilidad limitada ha sido de 50% del 2003 al 2006 (Pasquel, 2006). En cuanto al sistema de placas se sabe que desde la década de los 80 se viene construyendo edificios con estos muros de concreto armado (Guevara y Vera, 2013).

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, en la norma E.030 capítulo 3.2.1 Estructuras de concreto armado se puede construir edificios con el sistema de muros de ductilidad limitada hasta 8 niveles, sin embargo, especialistas en estructuras como el Phd.

Genner Villarreal Castro recomienda construir hasta 7 niveles, así mismo el Ing. Alejandro Muñoz Peláez presidente del comité peruano de la norma de diseño sismorresistente recomienda construir hasta 6 niveles, por el motivo de considerar un margen de seguridad sísmica se ha decidido investigar para un edificio de 7 niveles asegurando así que dicha investigación cumplirá todos los requisitos establecidos en las normas de estructuras. Se decidió también que no se va a investigar en edificios de menos de 7 niveles puesto que se consideró importante analizar en situaciones desfavorables desde el punto de vista sismorresistente.

La demanda de vivienda por mucho tiempo ha sido atendida por el sector informal, generando un serio problema pues la mayoría de las viviendas son de baja calidad y con elevados costos de construcción, siendo la vulnerabilidad sísmica su característica más resaltante, además no cumplen con las normas establecidas como el Reglamento Nacional de Edificaciones (Zavaleta, 2009)

Perú se encuentra en una zona de alta sismicidad, a causa del fenómeno de subducción entre la placa de Sudamericana (Continental) y la placa de Nazca (Oceánica), es decir que una placa se acerca y se mete una debajo de la otra a razón de 9 cm/año provocando liberación de energía en forma de ondas sísmicas (Kuroiwa, 2010)

Perú ha pasado por una serie de sismos, provocando muertes, y en su mayoría por la vulnerabilidad de las edificaciones ya sea por, baja resistencia de las estructuras, malas técnicas constructivas, malos materiales, entre otros. Citando los sismos más relevantes de los últimos 19 años, tenemos: 1) Arequipa (2001) con magnitud en la escala de momento de 8.4 grados; 2) Lamas (2005) con magnitud en la escala de Richter de 7 grados; 3) Pisco (2007) con una magnitud 7 grados en la escala de Richter, este último tuvo las características de sismo moderado. (Santana, 2012)

Cajamarca, departamento situado en la zona nor-oeste del Perú, está ubicada en la zona sísmica 03, considerada una zona de alta actividad sísmica. (NT E.030, 2018) Más aún si

se tiene en cuenta la presencia de suelos blandos, lo cual aumenta el riesgo de vulnerabilidad para las edificaciones. (Chunque, 2013)

Delgado y Peña (2006) en su tesis “Edificios peruanos con muros de concreto de ductilidad limitada” concluyen que los edificios de muros de ductilidad limitada típicos de 5 a 7 pisos, cuentan con una arquitectura austera con ambientes de luces y áreas reducidas, permitiendo así edificios y complejos multifamiliares de alta densidad habitacional, en cuanto al efecto intensidad – daño en sismos severos, los resultados indican que los edificios de muros de ductilidad limitada típicos de 5 – 7 pisos, el 60% quedarían con daño irreparable, en el caso de sismos frecuentes, los resultados muestran que el daño sería reparable en el 11% de edificios de 5 pisos, y 15% para edificios de 7 pisos,

Zavaleta (2009) en su tesis “Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Trujillo” concluye que a nivel de costos el sistema de muros de ductilidad limitada presenta mayores ventajas frente al sistema de albañilería confinada, además hace el análisis estructural y sísmico de vivienda multifamiliar de 4 niveles en la que los desplazamientos laterales máximos de entrepiso en el sistema de muros de ductilidad limitada es de $d_{xx} = 0.63\text{cm}$ y $d_{yy} = 0.45\text{cm}$ mientras que con albañilería confinada son en $d_{xx} = 0.68\text{cm}$ y $d_{yy} = 0.63\text{cm}$, valores que son menores al permisible en $d_{xx} = d_{yy} = 1.25\text{cm}$ para ambos sistemas, esto quiere decir que para el caso de muros de ductilidad limitada el d_{xx} y el d_{yy} son el 43.51% y el 31.37% del permisible respectivamente, concluyéndose así en que el sistema de muros de ductilidad limitada es más rígido que el sistema de albañilería confinada.

Cáceres y Enriquez (2017) en su tesis "Análisis de costos, diseño sismoresistente-estructural comparativo entre los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería estructural de un edificio multifamiliar" concluye que las derivas máximas de piso en la dirección d_{xx} y la d_{yy} son permisibles 31.25% y 18% respectivamente indicándose que la rigidez del sistema de muros de ductilidad limitada es mayor al a rigidez del sistema de albañilería confinada.

Guevara y Vera (2013) en su tesis "Diseño de un edificio de concreto armado de 6 pisos con semisótano para un hotel – restaurant, ubicado en el distrito de Nuevo Chimbote, provincia Santa" hace el análisis estructural para un edificio con sistema de placas para un edificio de 6 niveles, y hace énfasis en que la teoría de análisis estructural afirma que, en edificaciones compuestas por placas, no deberían producirse desplazamientos estructurales importantes al aplicárseles cargas de gravedad debido a la gran rigidez lateral que poseen las placas.

Por todo lo expuesto es importante investigar comparativamente el sistema de placas y sistema de muros de ductilidad limitada.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál de los dos sistemas estructurales, placas o muros de ductilidad limitada, de un edificio multifamiliar de siete niveles presenta un mejor comportamiento estructural ante cargas de gravedad y cargas de sismo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Comparar el comportamiento estructural entre el sistema de placas y sistema de muros de ductilidad limitada de un edificio multifamiliar de siete niveles.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de la estructura del sistema de placas del edificio ante cargas de gravedad y cargas de sismo de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Analizar el comportamiento de la estructura del sistema de muros de ductilidad limitada del edificio ante cargas de gravedad y cargas de sismo de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Comparar los resultados obtenidos del análisis de ambos sistemas estructurales.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- En el sistema de placas se observa el mejor comportamiento estructural en un edificio multifamiliar de 7 niveles.

1.4.2. Hipótesis específicas

- En el sistema de placas se observa el mejor comportamiento estructural ante cargas de gravedad.
- En el sistema de placas se observa el mejor comportamiento estructural ante cargas de sismo.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental porque se construye una realidad y situaciones provocadas intencionalmente por el investigador donde se manipulan las variables de estudio, transversal porque se hace observaciones en un determinado periodo de tiempo y descriptiva ya que describe el fenómeno del comportamiento estructural en un sistema de placas y un sistema de muros de ductilidad limitada.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Todos los edificios de la ciudad de Cajamarca

2.2.2. Muestra

La muestra se seleccionó realizando un muestreo no probabilístico de tipo intencional, será un edificio multifamiliar de siete niveles para lo cual se diseñará una arquitectura típica de edificios multifamiliares de siete niveles, del cual se analizará el comportamiento estructural considerando un sistema de placas, y otro sistema de muros de ductilidad limitada.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La técnica de recolección y análisis de datos que se utilizó fue la observación experimental porque se elaboró datos en condiciones controladas por el investigador.

El instrumento de recolección y análisis de datos que se utilizó fue la guía de análisis de contenido compuesta por un conjunto de ítems orientados a recabar información importante para la investigación.

2.4. Procedimiento

En la presente investigación se procedió a diseñar los planos de arquitectura del edificio a analizar, de manera que se obtuvo un modelo típico de edificio multifamiliar de siete niveles, y se proyectó el edificio en un terreno ubicado en la Avda. San Martín N° 2425, a dicho terreno se le realizó el respectivo estudio de mecánica de suelos para determinar la clasificación SUCS, definiéndose como parámetro de diseño que corresponde a un suelo intermedio "S2", según la Norma E.030, seguidamente sobre dicho diseño para cada sistema estructural se realizó su respectiva estructuración, análisis estructural y análisis sísmico, finalmente se realizó la comparación del comportamiento estructural ante cargas de gravedad, y cargas de sismo.

2.4.1 ARQUITECTURA DEL EDIFICIO

Para definir la arquitectura del edificio se tiene en cuenta que todas sus dimensiones estén de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones, específicamente en el capítulo 3.1 Arquitectura, en las normas: A.010: Consideraciones generales de diseño y A.020: Vivienda. En la presente investigación se diseñó una arquitectura típica para estudiar a un edificio multifamiliar (dos o más viviendas en una sola edificación y donde el terreno es de propiedad común) por lo que se diseñó el plano de arquitectura de un edificio de siete niveles y una azotea a la que se tiene acceso peatonal, cada nivel está compuesto por dos departamentos y un ingreso en el que se distinguen la escalera y el ascensor, cada departamento está compuesto por una sala, cocina, lavandería, comedor, dormitorio 1 (dormitorio principal), dormitorio 2, dormitorio 3, dos servicios higiénicos: uno para visitas y otro en el dormitorio principal, los ambientes están dispuestos de manera que el área social (sala) se encuentra cerca al ingreso del departamento, seguidamente se ubican la cocina

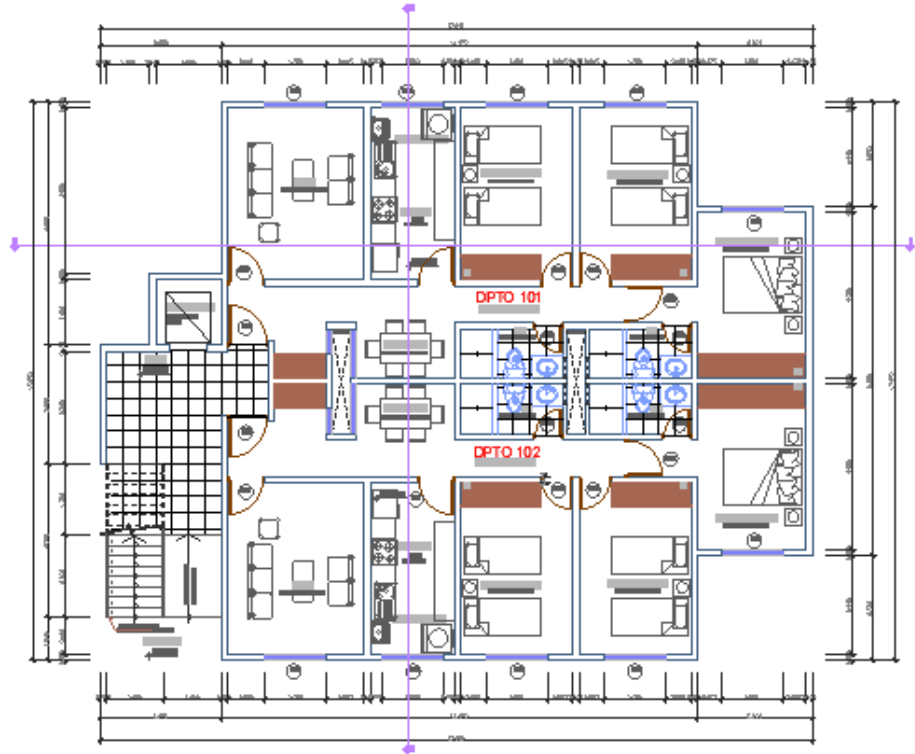
”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”

y el comedor finalmente en el extremo del departamento se ubica el área íntima (dormitorios). Todo esto conforma una arquitectura típica que encontramos en la mayoría de edificios multifamiliares, pero también se tiene en cuenta para el diseño que sobre dicha arquitectura se va a proyectar en un primer momento, un sistema estructural de placas (o sistema de muros estructurales) y en un segundo momento un sistema de muros de ductilidad limitada, es importante señalar que en el sistema de muros de ductilidad limitada se acondiciona mayormente para arquitecturas con una gran densidad de muros, a diferencia de los sistemas aperticados o duales, es decir que la estructura tendrá luces cortas (siendo 4.20 metros la luz más grande). Es necesario describir la arquitectura del edificio cuenta con un sistema adecuado de iluminación natural y ventilación, para lo cual se diseñó dos ductos de iluminación y ventilación que así mismo servirán para ubicar montantes de agua y desagüe pues en los sistemas de placas y muros de ductilidad limitada está prohibido en las normas que se coloque dichos montantes dentro de los muros porque debilitarían los elementos estructurales en caso de eventos sísmicos. Fue necesario describir características dimensionales siendo el área construida del edificio de 205.08 m², cada departamento tiene 89.45 m², el edificio tiene un ancho de 13.65m, un largo de 17.40m y una altura total de 2.20 m, a continuación se adjuntan los planos de arquitectura del edificio:

(para mayor detalle ver anexos: planos de arquitectura)

IMÁGEN N°1: PLANO EN PLANTA - PISO TIPICO 1

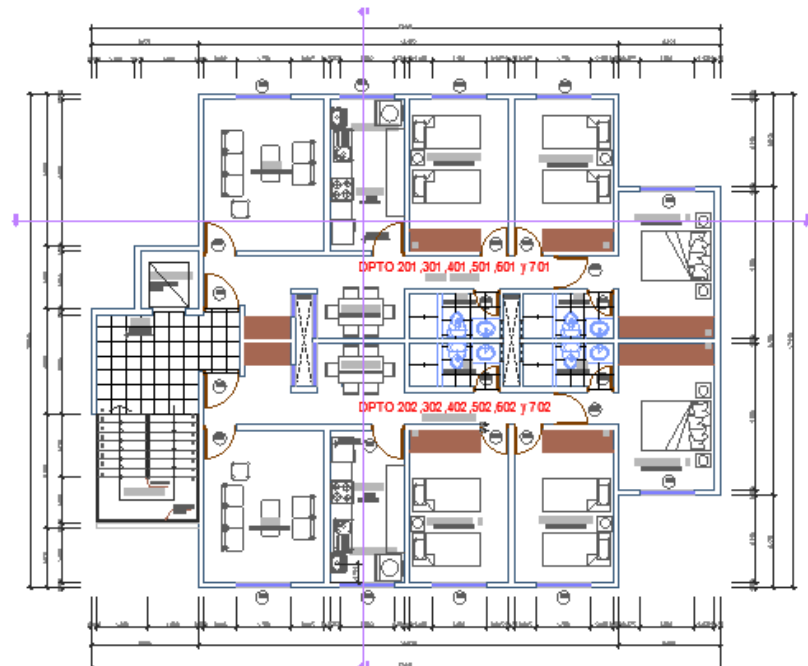
PISO TIPICO 1



Fuente: Elaboración propia

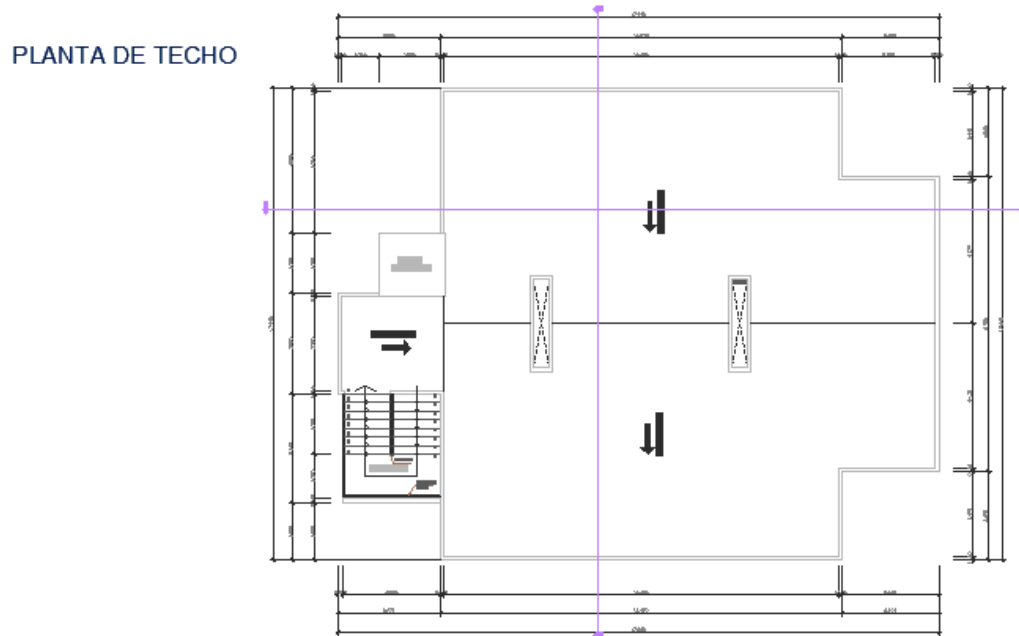
IMÁGEN N°2: PLANO EN PLANTA - PISO TIPICO 2°-7°

PISO TIPICO 2-7



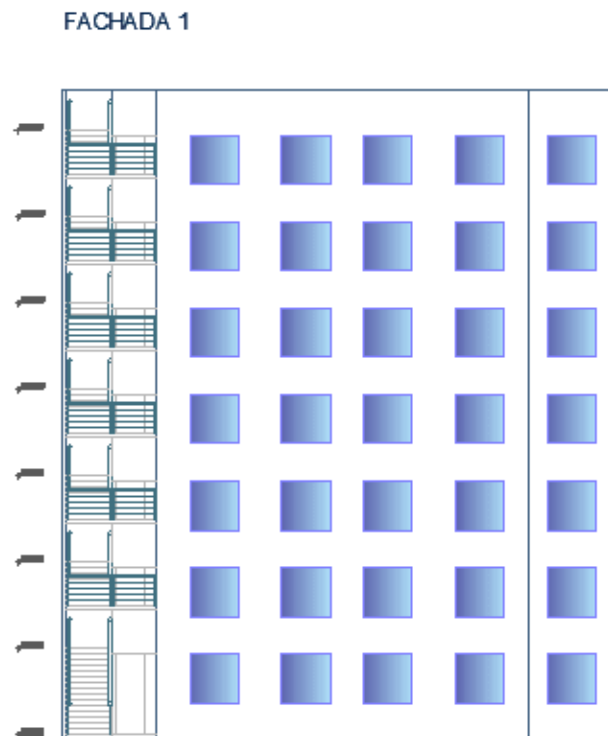
Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°3: PLANO EN PLANTA – PLANTA DE TECHO



Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°4: FACHADA 1

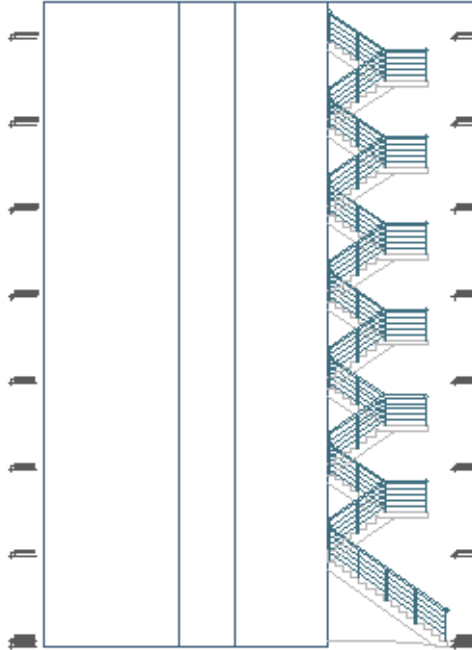


Fuente: Elaboración propia

”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”

IMÁGEN N°5: FACHADA 2

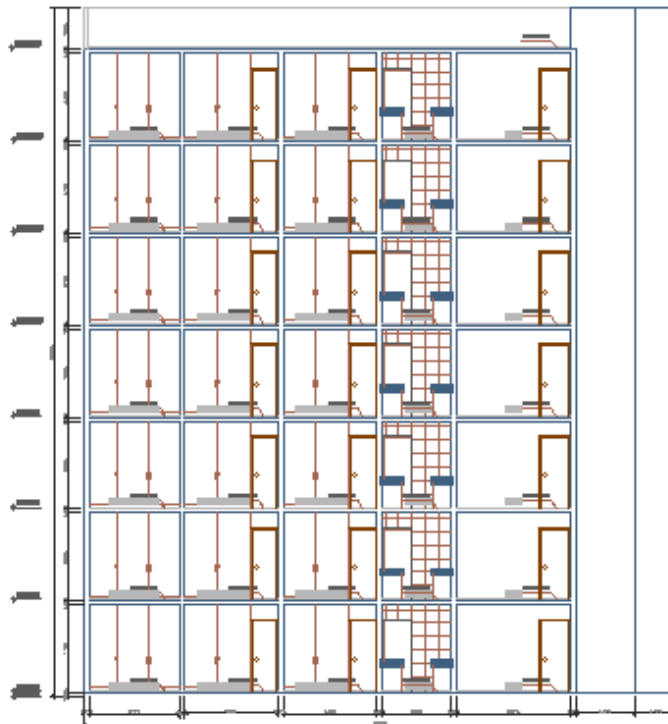
FACHADA 2



Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°6: CORTE 1-1

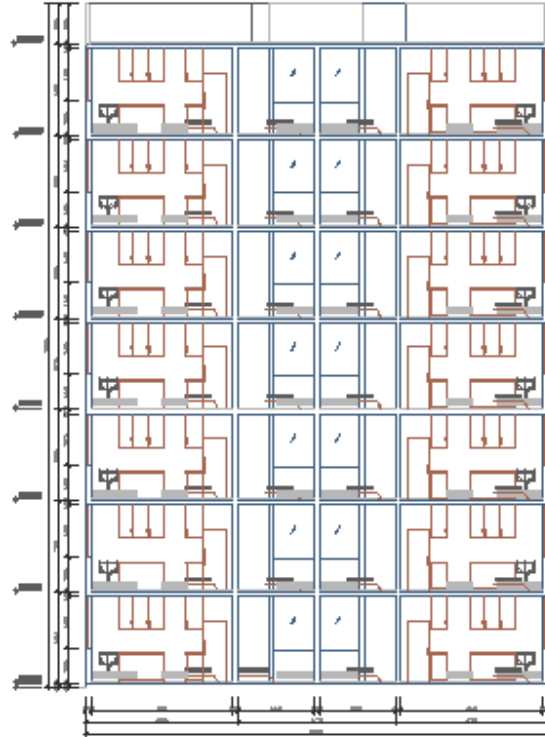
CORTE 1-1



Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°7: CORTE 2-2

CORTE 2-2



Fuente: Elaboración propia

Sobre los planos de arquitectura del edificio que se diseñó para investigar, se procedió a analizar por separado ambos sistemas estructurales:

- Sistema de placas (muros estructurales)
- Sistema de muros de ductilidad limitada

2.4.2 SISTEMA DE PLACAS (Muros estructurales)

2.4.2.1 ESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE PLACAS

2.4.2.1.1 Conceptos básicos del sistema de placas.

El sistema de placas o también conocidos como sistema de muros estructurales, se definió como paredes de concreto armado que, dada su mayor dimensión en una dirección, mucho mayor que su ancho, proporcionan en dicha dirección una gran resistencia y rigidez lateral ante movimientos laterales o sísmicos.

Desde la década de los 70 en el Perú se empiezan a utilizar las placas, buscando dar mayor rigidez lateral a las edificaciones, el espesor mínimo debe ser $1/25$ veces su altura entre elementos de arriostre o losas, (Blanco. 2015)

2.4.2.1.2 Criterios generales de estructuración.

Se definió la ubicación y las características de todos los elementos estructurales, con el objetivo de que el edificio tenga un buen comportamiento ante cargas de gravedad y sismo. Los elementos estructurales que componen el sistema de placas son los siguientes:

a) Placas.

Se proyectaron muros de concreto armado con un espesor de 25 cm en ambos sentidos, dichos muros suelen ser de espesores de $1/25$ veces el altura entre elementos de arriostre y no debe ser menor a 15 cm, sin embargo se tomó un espesor de 25 cm porque es más adecuado para incrementar la rigidez lateral del sistema ante fuerzas sísmicas y porque suele ser el espesor adecuado para que por fines constructivos se coloquen dos hileras de refuerzo.

b) Losas macizas.

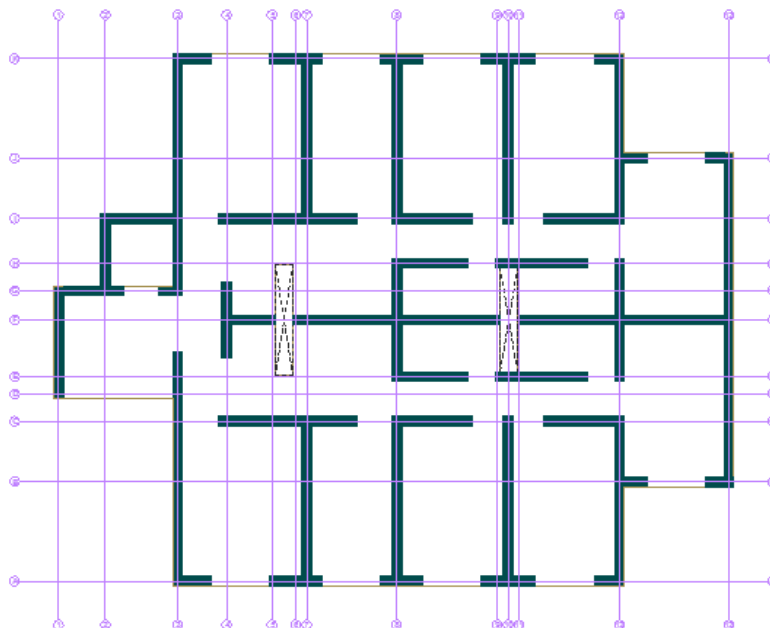
”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”

Se proyectaron losas macizas para el entrepiso con un espesor de 20 cm, las escaleras con un espesor de 20 cm y descansos de las escaleras con espesor de 12 cm. En los baños no fue necesario hacer ensanches puesto que el sistema de desagüe del baño tendría tuberías de 4” y pueden ir embebidas en todo el espesor de la loza de entrepiso. Se logró que la estructura sea sismo resistente por lo que se cumplió con las siguientes características:

Estructura sencilla, regular, simétrica y continua:

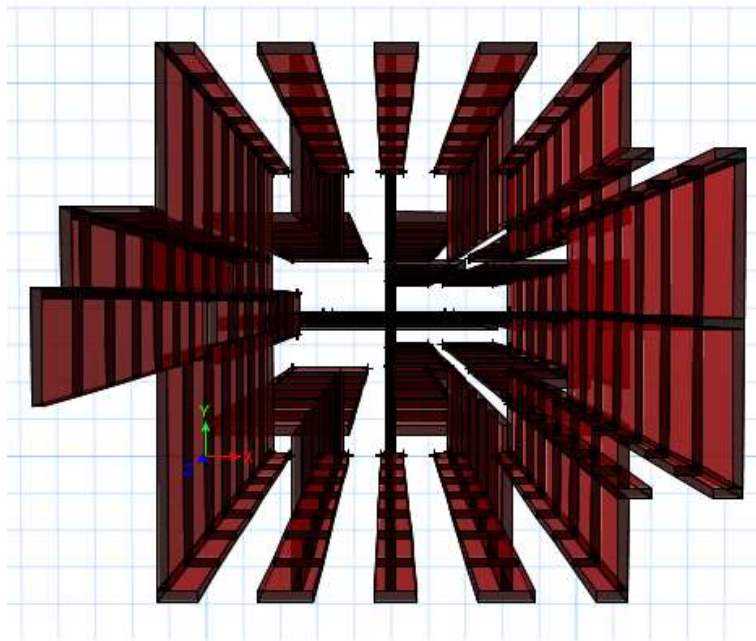
La configuración de los elementos estructurales permite un flujo continuo, regular y eficiente de las fuerzas sísmicas desde el punto en que estas se generan hasta el terreno, evitando así que las amplificaciones de las vibraciones, las concentraciones de solicitaciones y las vibraciones torsionales que pueden producirse por la distribución irregular de las masas o rigideces en planta o en elevación. A continuación, se muestra el plano de estructuración:

IMÁGEN N°8: PLANO DE ESTRUCTURACIÓN
(Para mayor detalle ver los anexos)



Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°9: MODELAMIENTO 3D DE LA ESTRUCTURACION DE PLACAS



Fuente: Elaboración propia

2.4.2.1.3 Configuración estructural (Regularidad) de la edificación.

En la presente investigación se proyectó una estructura de tal manera que los elementos verticales en este caso placas, sean de dimensiones similares en todas las plantas de la edificación, logrando así la continuidad vertical necesaria, la planta típica se estructuró de tal manera que se encontró la mayor regularidad posible, a continuación se detalló la manera en que se evitaron las siguientes irregularidades:

a) Irregularidades estructurales en altura:

a.1) Irregularidad de rigidez (Piso blando):

No existe porque la diferencia de rigideces entre un piso con respecto de otro es mínima, puesto que los elementos verticales se repiten de manera similar en todos los niveles, y todos los pisos tienen la misma altura.

a.2) Irregularidad de resistencia (Piso débil):

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

No existe porque la diferencia de resistencia de entrepiso ante fuerzas cortantes es mayor al 80% de la resistencia ante fuerza cortante del entrepiso inmediato superior.

a.3) Irregularidad de masa o peso:

No existe porque el peso de cualquier piso del edificio es menor que 1.5 veces al peso del piso adyacente, puesto que las plantas del primer al séptimo nivel son similares en distribución, es necesario describir que según el Reglamento Nacional de Edificaciones este criterio no se aplica a azoteas.

a.4) Irregularidad en geometría vertical:

No existe porque en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión de la planta de la estructura resistente a cargas laterales es menor que 1.3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente del edificio.

a.5) Discontinuidad de los sistemas resistentes:

No existe porque los elementos resistentes verticales no tienen desalineamiento vertical, ni por un cambio de orientación ni por un desplazamiento del eje del elemento.

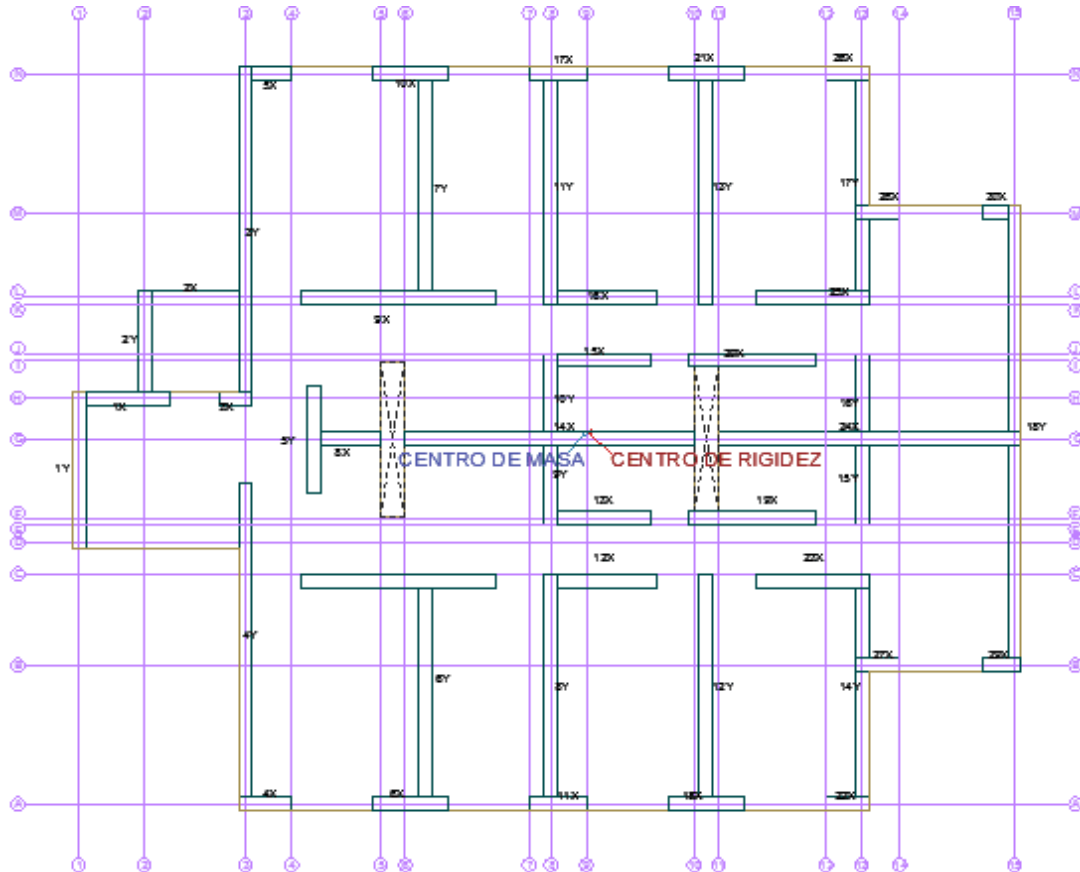
b) Irregularidades estructurales en planta:

b.1) Irregularidad torsional.

No existe porque el centro de rigidez coincide con el centro de masa, lógicamente en un evento sísmico las plantas no tenderán a girar, por lo que no se producirán efectos de torsión en los elementos estructurales que conectan cada planta. A continuación, se muestra el plano de cálculo de centro de masa y rigidez de placas:

IMÁGEN N°10: PLANO DE CENTRO DE MASA Y CENTRO DE RIGIDEZ DEL SISTEMA DE PLACAS

(Para mayor detalle ver anexos)



Fuente: Elaboración propia

b.1.1) CÁLCULO DE CENTRO DE MASA Y RIGIDEZ

b.1.1.1) CÁLCULO DE CENTRO DE MASA

TABLA N° 2

CÁLCULO DE CENTRO DE MASA

MURO	t (m)	l (m)	h (m)	Peso específico (Kg/m ³)	Peso (Kg)	x	y	Px	Py
1X	0.30	1.55	2.7	2400	3013.2	0.85	7.55	2561.22	22749.66
2X	0.30	1.6	2.7	2400	3110.4	2.08	9.3	6469.632	28926.72
3X	0.30	0.5	2.7	2400	972	2.78	7.55	2702.16	7338.6
4X	0.30	0.93	2.7	2400	1807.92	3.49	0	6309.6408	0
5X	0.30	0.93	2.7	2400	1807.92	3.49	13.5	6309.6408	24406.92

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

6X	0.30	1.35	2.7	2400	2624.4	6.13	0	16087.572	0
7X	0.30	3.75	2.7	2400	7290	5.8	4.35	42282	31711.5
8X	0.30	1.41	2.7	2400	2741.04	4.88	6.75	13376.2752	18502.02
9X	0.30	3.75	2.7	2400	7290	5.8	9.15	42282	66703.5
10X	0.30	1.35	2.7	2400	2624.4	6.13	13.5	16087.572	35429.4
11X	0.30	1.05	2.7	2400	2041.2	8.83	0	18023.796	0
12X	0.30	2.1	2.7	2400	4082.4	9.63	4.35	39313.512	17758.44
13X	0.30	1.8	2.7	2400	3499.2	9.63	5.4	33697.296	18895.68
14X	0.30	5.29	2.7	2400	10283.76	8.68	6.75	89263.0368	69415.38
15X	0.30	1.8	2.7	2400	3499.2	9.63	8.1	33697.296	28343.52
16X	0.30	2.1	2.7	2400	4082.4	9.63	9.15	39313.512	37353.96
17X	0.30	1.05	2.7	2400	2041.2	8.83	13.5	18023.796	27556.2
18X	0.30	1.4	2.7	2400	2721.6	11.55	0	31434.48	0
19X	0.30	2.45	2.7	2400	4762.8	12.45	5.4	59296.86	25719.12
20X	0.30	2.45	2.7	2400	4762.8	12.45	8.1	59296.86	38578.68
21X	0.30	1.4	2.7	2400	2721.6	11.55	13.5	31434.48	36741.6
22X	0.30	0.78	2.7	2400	1516.32	14.14	0	21440.7648	0
23X	0.30	2.1	2.7	2400	4082.4	13.48	4.35	55030.752	17758.44
24X	0.30	5.4	2.7	2400	10497.6	14.48	6.75	152005.248	70858.8
25X	0.30	2.1	2.7	2400	4082.4	13.48	9.15	55030.752	37353.96
26X	0.30	0.78	2.7	2400	1516.32	14.14	13.5	21440.7648	20470.32
27X	0.30	0.58	2.7	2400	1127.52	14.81	2.55	16698.5712	2875.176
28X	0.30	0.58	2.7	2400	1127.52	14.81	10.95	16698.5712	12346.344
29X	0.30	0.73	2.7	2400	1419.12	16.96	2.55	24068.2752	3618.756
30X	0.30	0.73	2.7	2400	1419.12	16.96	10.95	24068.2752	15539.364
1Y	0.30	2.9	2.7	2400	5637.6	0	6.175	0	34812.18
2Y	0.30	1.75	2.7	2400	3402	1.2	8.5	4082.4	28917
3Y	0.30	5.95	2.7	2400	11566.8	2.95	10.6	34122.06	122608.08
4Y	0.30	6	2.7	2400	11664	2.95	2.93	34408.8	34175.52
5Y	0.30	1.95	2.7	2400	3790.8	4.1	6.75	15542.28	25587.9
6Y	0.30	4.2	2.7	2400	8164.8	6.45	2.18	52662.96	17799.264
7Y	0.30	4.2	2.7	2400	8164.8	6.45	11.33	52662.96	92507.184
8Y	0.30	4.2	2.7	2400	8164.8	8.65	2.18	70625.52	17799.264
9Y	0.30	1.35	2.7	2400	2624.4	8.65	6	22701.06	15746.4
10Y	0.30	1.35	2.7	2400	2624.4	8.65	7.5	22701.06	19683
11Y	0.30	4.2	2.7	2400	8164.8	8.65	11.33	70625.52	92507.184
12Y	0.30	4.35	2.7	2400	8456.4	11.55	2.25	97671.42	19026.9
13Y	0.30	4.35	2.7	2400	8456.4	11.55	11.33	97671.42	95811.012
14Y	0.30	4.2	2.7	2400	8164.8	14.45	2.18	117981.36	17799.264
15Y	0.30	1.35	2.7	2400	2624.4	14.45	6	37922.58	15746.4
16Y	0.30	1.35	2.7	2400	2624.4	14.45	7.5	37922.58	19683
17Y	0.30	4.2	2.7	2400	8164.8	14.45	11.33	117981.36	92507.184
18Y	0.30	8.25	2.7	2400	16038	17.25	6.75	276655.5	108256.5

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

ALFEIZAR 1	0.30	1.5	1	1800	810	4.7	0	3807	0
ALFEIZAR 2	0.30	1.5	1	1800	810	7.55	0	6115.5	0
ALFEIZAR 3	0.30	1.5	1	1800	810	10.1	0	8181	0
ALFEIZAR 4	0.30	1.5	1	1800	810	13	0	10530	0
ALFEIZAR 5	0.30	1.5	1	1800	810	15.85	2.55	12838.5	2065.5
ALFEIZAR 6	0.30	1.5	1	1800	810	4.7	13.5	3807	10935
ALFEIZAR 7	0.30	1.5	1	1800	810	7.55	13.5	6115.5	10935
ALFEIZAR 8	0.30	1.5	1	1800	810	10.1	13.5	8181	10935
ALFEIZAR 9	0.30	1.5	1	1800	810	13	13.5	10530	10935
ALFEIZAR 10	0.30	1.5	1	1800	810	15.85	10.95	12838.5	8869.5
ALFEIZAR 11	0.30	0.6	2	1800	648	5.51	5.78	3570.48	3745.44
ALFEIZAR 12	0.30	0.6	2	1800	648	5.51	7.73	3570.48	5009.04
ALFEIZAR 13	0.30	1.2	1	1800	648	6.11	6.08	3959.28	3939.84
ALFEIZAR 14	0.30	1.2	1	1800	648	6.11	7.43	3959.28	4814.64
ALFEIZAR 15	0.30	0.5	2	1800	540	11.28	6.43	6091.2	3472.2
ALFEIZAR 16	0.30	0.5	2	1800	540	11.28	7.08	6091.2	3823.2
ALFEIZAR 17	0.30	0.5	2	1800	540	11.83	6.43	6388.2	3472.2
ALFEIZAR 18	0.30	0.5	2	1800	540	11.83	7.08	6388.2	3823.2
TABIQUE 1	0.30	0.6	2.7	1800	874.8	5.51	6.38	4820.148	5581.224
TABIQUE 2	0.30	0.6	2.7	1800	874.8	5.51	7.13	4820.148	6237.324
TABIQUE 3	0.30	0.75	2.7	1800	1093.5	5.81	5.4	6353.235	5904.9
TABIQUE 4	0.30	0.75	2.7	1800	1093.5	5.81	8.1	6353.235	8857.35
TABIQUE 5	0.30	0.7	2.7	1800	1020.6	11.28	5.83	11512.368	5950.098
TABIQUE 6	0.30	0.7	2.7	1800	1020.6	11.28	7.68	11512.368	7838.208
TABIQUE 7	0.30	0.7	2.7	1800	1020.6	11.83	5.83	12073.698	5950.098
TABIQUE 8	0.30	0.7	2.7	1800	1020.6	11.83	7.68	12073.698	7838.208
LOSA 1	187.968		0.2	2400	90224.64	9.27	6.67	836382.4128	601798.35
					344161.8			3186549.083	2330655.8

Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE MASA	X	9.259 m
	Y	6.772 m

b.1.1.2) CALCULO DEL CENTRO DE RIGIDEZ

TABLA N° 3

CÁLCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ EN EL SENTIDO Y

MURO	t (m)	l (m)	h (m)	MODULO DE ELASTICIDAD	RIGIDEZ	y	Ry
1X	0.30	1.55	2.7	218819.7889	2489.57797	7.55	18796.3137
2X	0.30	1.6	2.7	218819.7889	2703.238796	9.3	25140.1208
3X	0.30	0.5	2.7	218819.7889	101.6102887	7.55	767.157679
4X	0.30	0.93	2.7	218819.7889	615.8641395	0	0
5X	0.30	0.93	2.7	218819.7889	615.8641395	13.5	8314.16588
6X	0.30	1.35	2.7	218819.7889	1727.524649	0	0
7X	0.30	3.75	2.7	218819.7889	17970.45727	4.35	78171.4891
8X	0.30	1.41	2.7	218819.7889	1940.411078	6.75	13097.7748
9X	0.30	3.75	2.7	218819.7889	17970.45727	9.15	164429.684
10X	0.30	1.35	2.7	218819.7889	1727.524649	13.5	23321.5828
11X	0.30	1.05	2.7	218819.7889	866.8882835	0	0
12X	0.30	2.1	2.7	218819.7889	5311.761329	4.35	23106.1618
13X	0.30	1.8	2.7	218819.7889	3646.996481	5.4	19693.781
14X	0.30	5.29	2.7	218819.7889	31820.08006	6.75	214785.54
15X	0.30	1.8	2.7	218819.7889	3646.996481	8.1	29540.6715
16X	0.30	2.1	2.7	218819.7889	5311.761329	9.15	48602.6162
17X	0.30	1.05	2.7	218819.7889	866.8882835	13.5	11702.9918
18X	0.30	1.4	2.7	218819.7889	1903.987508	0	0
19X	0.30	2.45	2.7	218819.7889	7580.528418	5.4	40934.8535
20X	0.30	2.45	2.7	218819.7889	7580.528418	8.1	61402.2802
21X	0.30	1.4	2.7	218819.7889	1903.987508	13.5	25703.8314
22X	0.30	0.78	2.7	218819.7889	372.369061	0	0
23X	0.30	2.1	2.7	218819.7889	5311.761329	4.35	23106.1618
24X	0.30	5.4	2.7	218819.7889	32822.96833	6.75	221555.036
25X	0.30	2.1	2.7	218819.7889	5311.761329	9.15	48602.6162
26X	0.30	0.78	2.7	218819.7889	372.369061	13.5	5026.98232
27X	0.30	0.58	2.7	218819.7889	157.2404477	2.55	400.963142
28X	0.30	0.58	2.7	218819.7889	157.2404477	10.95	1721.7829
29X	0.30	0.73	2.7	218819.7889	307.499695	2.55	784.124222
30X	0.30	0.73	2.7	218819.7889	307.499695	10.95	3367.12166
					163423.6438		1112075.8

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 4

CÁLCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ EN EL SENTIDO X

MURO	t (m)	l (m)	h (m)	MODULO DE ELASTICIDAD	RIGIDEZ	x	Rx
1Y	0.30	2.9	2.7	218819.7889	10902.32239	0	0
2Y	0.30	1.75	2.7	218819.7889	3397.982792	1.2	4077.57935
3Y	0.30	5.95	2.7	218819.7889	37833.85317	2.95	111609.867
4Y	0.30	6	2.7	218819.7889	38288.67697	2.95	112951.597
5Y	0.30	1.95	2.7	218819.7889	4443.955224	4.1	18220.2164
6Y	0.30	4.2	2.7	218819.7889	21945.96128	6.45	141551.45
7Y	0.30	4.2	2.7	218819.7889	21945.96128	6.45	141551.45
8Y	0.30	4.2	2.7	218819.7889	21945.96128	8.65	189832.565
9Y	0.30	1.35	2.7	218819.7889	1727.524649	8.65	14943.0882
10Y	0.30	1.35	2.7	218819.7889	1727.524649	8.65	14943.0882
11Y	0.30	4.2	2.7	218819.7889	21945.96128	8.65	189832.565
12Y	0.30	4.35	2.7	218819.7889	23290.54652	11.55	269005.812
13Y	0.30	4.35	2.7	218819.7889	23290.54652	11.55	269005.812
14Y	0.30	4.2	2.7	218819.7889	21945.96128	14.45	317119.141
15Y	0.30	1.35	2.7	218819.7889	1727.524649	14.45	24962.7312
16Y	0.30	1.35	2.7	218819.7889	1727.524649	14.45	24962.7312
17Y	0.30	4.2	2.7	218819.7889	21945.96128	14.45	317119.141
18Y	0.30	8.25	2.7	218819.7889	58506.3195	17.25	1009234.01
					338540.0694		3170922.85

Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE RIGIDEZ	X	9.366 m
	Y	6.805 m

b.1.1.3) COMPARACION DEL CENTRO DE MASA Y CENTRO DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA

CENTRO DE MASA	X	9.259 m
	Y	6.772 m

CENTRO DE RIGIDEZ	X	9.366 m
	Y	6.805 m

TABLA N° 5

VARIACION DEL CENTRO DE MASA CON EL CENTRO DE RIGIDEZ

VARIACION DEL CENTRO DE MASA CON EL CENTRO DE RIGIDEZ	
VARIACION EN EL EJE X	0.108 m
VARIACION EN EL EJE Y	0.033 m

Fuente: Elaboración propia

El centro de masa y el centro de rigidez coinciden por lo que se demostró que no existe irregularidad torsional.

b.2) Irregularidad de esquinas entrantes

Esquina 1 x	2.95 m	Esquina 2x	2.8 m
Longitud x	17.4 m	Longitud x	17.4 m
	16.95 %		16.09 %
Esquina 3x	2.95 m	Esquina 4x	2.72 m
Longitud x	17.4 m	Longitud x	17.4 m
	16.95 %		15.63 %
Esquina 1y	1.05 m	Esquina 2y	5.95 m
Longitud y	13.65 m	Longitud y	13.65 m
	7.69 %		43.59 %
Esquina 3y	2.55 m	Esquina 4y	2.55 m
Longitud y	13.65 m	Longitud y	13.65 m
	18.68 %		18.68 %
TOMANDO EL CASO MAS DESFAVORABLE	43.59% >		20%

Según el Reglamento Nacional de edificaciones en la norma E.030 en su artículo 3.6 factores de irregularidad, la estructura califica como irregular cuando tiene esquinas

”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”

entrantes cuyas dimensiones son mayores que 20% de la correspondiente total dimensión de la planta, por lo que sí existe irregularidad por esquinas entrantes, sin embargo, es una irregularidad permisible porque pertenece a categoría “C” y zona “3” asignando el valor de irregularidad en planta $I_p = 0.90$ para efectos de cálculo del espectro de diseño que se detalló más en las siguientes etapas de la presente investigación.

2.4.2.1.4 Cálculo de masas y peso de la edificación

A continuación, se presentó el cuadro de masas y pesos de la estructura.

TABLA N° 6

MASA Y PESO POR NIVELES DE LA EDIFICACIÓN

NIVEL	MASA (Kg - s2 /m)	PESO (Kg)	PESO (Tn)
7	21885.86	213989.927	213.990
6	31733.53	311305.929	311.306
5	31733.53	311305.929	311.306
4	31733.53	311305.929	311.306
3	31733.53	311305.929	311.306
2	31733.53	311305.929	311.306
1	31496.02	308975.956	308.976

Fuente: Elaboración propia

Peso de la edificación $P = 2079.496$ Ton

El peso “P” se calculó adicionando a la carga permanente y total de la edificación el 25% de la carga viva teniendo en cuenta una categoría C. cumpliendo el artículo 4.3 de la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.4.2.1.5 Evaluación por densidad de muros

Se verificó que el cortante sísmico sea menor al cortante admisible del concreto, de manera que se aseguró que no exista falla por corte en los muros.

De acuerdo a la norma de diseño sismorresistente E.030 de Reglamento Nacional de

Edificaciones los factores para la evaluación de la cortante basal sísmica son:

TABLA N° 7

PARÁMETROS PARA LA CORTANTE EN LA BASE

Z=	0.35
U=	1.0
C=	2.5
S=	1.15
R=	5.4

Fuente: Elaboración propia

Del ítem 2.4.2.1.3 "cálculo de masas y peso de la edificación" se tiene que el peso es

$P = 2079.496 \text{ Ton}$, luego

$$V = \frac{ZUCS}{R} P = V = \frac{0.35 \times 1.0 \times 2.5 \times 1.15}{5.4} 2079.496 = 387.498 \text{ Ton}$$

Esfuerzo cortante admisible "va":

Sabemos que:

$$va = 0.53\sqrt{f'c}$$

$$va = 0.53\sqrt{210 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$va = 76.8 \text{ Ton/m}^2$$

Esfuerzo último "vu":

$$vu = 0.85va$$

$$vu = 0.85 \times 76.8 \text{ Ton/m}^2$$

$$vu = 65.283 \text{ Ton/m}^2$$

Longitud y área de muros

TABLA N° 8

MUROS EN EL SENTIDO X

MURO	t (m)	l (m)	Area (m2)
1X	0.30	1.55	0.465
2X	0.30	1.6	0.48
3X	0.30	0.5	0.15
4X	0.30	0.93	0.279
5X	0.30	0.93	0.279
6X	0.30	1.35	0.405
7X	0.30	3.75	1.125
8X	0.30	1.41	0.423
9X	0.30	3.75	1.125
10X	0.30	1.35	0.405
11X	0.30	1.05	0.315
12X	0.30	2.1	0.63
13X	0.30	1.8	0.54
14X	0.30	5.29	1.587
15X	0.30	1.8	0.54
16X	0.30	2.1	0.63
17X	0.30	1.05	0.315
18X	0.30	1.4	0.42
19X	0.30	2.45	0.735
20X	0.30	2.45	0.735
21X	0.30	1.4	0.42
22X	0.30	0.78	0.234
23X	0.30	2.1	0.63
24X	0.30	5.4	1.62
25X	0.30	2.1	0.63
26X	0.30	0.78	0.234
27X	0.30	0.58	0.174
28X	0.30	0.58	0.174
29X	0.30	0.73	0.219
30X	0.30	0.73	0.219
AREA TOTAL			16.137

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 9

MUROS EN EL SENTIDO Y

MURO	t (m)	l (m)	Area (m2)
1Y	0.30	2.9	0.87
2Y	0.30	1.75	0.525
3Y	0.30	5.95	1.785
4Y	0.30	6	1.8
5Y	0.30	1.95	0.585
6Y	0.30	4.2	1.26
7Y	0.30	4.2	1.26
8Y	0.30	4.2	1.26
9Y	0.30	1.35	0.405
10Y	0.30	1.35	0.405
11Y	0.30	4.2	1.26
12Y	0.30	4.35	1.305
13Y	0.30	4.35	1.305
14Y	0.30	4.2	1.26
15Y	0.30	1.35	0.405
16Y	0.30	1.35	0.405
17Y	0.30	4.2	1.26
18Y	0.30	8.25	2.475
AREA TOTAL			19.83

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la fuerza resistente:

Debe cumplirse que $V_{res} > V$

Donde:

V_{res} : Cortante admisible del sistema

V : Cortante basal

Finalmente se tiene:

Sentido X: $(16.137) \times 65.283 = 1053.47 > 387.498$ **OK**

Sentido Y: $(19.83) \times 65.283 = 1294.56 > 387.498$ **OK**

Se verificó que no existe falla por corte en los muros.

2.4.2.2 ANALISIS ESTRUCTURAL Y SISMICO DEL SISTEMA DE PLACAS

a) ANALISIS ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE PLACAS

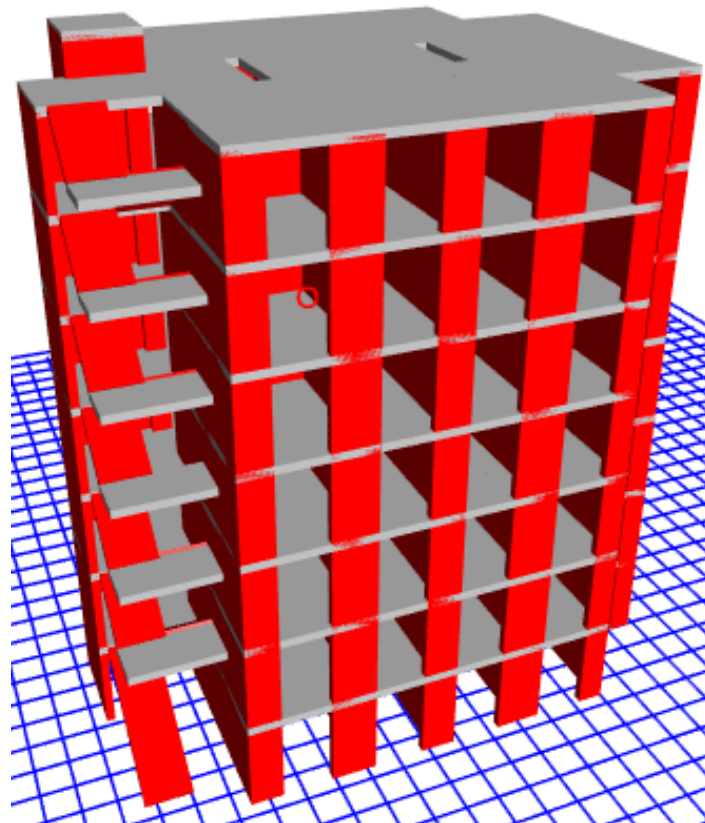
a.1) Modelamiento estructural

Para el modelamiento estructural se empleó un software computacional para tener más precisión en los resultados en el análisis en tres dimensiones, es evidente que en la actualidad es común el uso de softwares para el análisis porque emplean para el cálculo el método de elementos finitos teniendo en cuenta que a los parámetros geométricos y físicos además se le incluyen los parámetros termodinámicos para que el análisis que se acople más a la realidad. Para el modelamiento estructural se empleó el software ETABS 18.0.2, que cuyas siglas significan Análisis Tridimensional Extendido de Sistemas de Edificación, dicho software inicialmente hizo una discretización de todos los elementos estructurales, primero se ingresó todos los parámetros de las propiedades de los materiales, seguidamente las placas de espesor de 25 cm fueron modelados como elementos "Shell" y las losas macizas en dos direcciones tienen un espesor de 20 cm y fueron modeladas como elementos "slab", luego se asignaron las cargas de peso propio, cargas vivas en los entrepisos y la azotea, cargas de acabados, después se realizó el análisis estático y dinámico que se ha detallado en los siguientes componentes de la investigación. Fue necesario dibujar en el software todos los elementos estructurales tal y como figuran en el plano de estructuración, respetando sus dimensiones, es necesario tener en cuenta que los elementos no estructurales como tabiquería no fueron dibujados puesto que se modelan asignando cargas de acabados las que se detallarán en la presente investigación. Fue importante describir que la base se asume como una plataforma rígida respetando la teoría en la que se basa el Reglamento Nacional de Edificaciones específicamente en

”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”

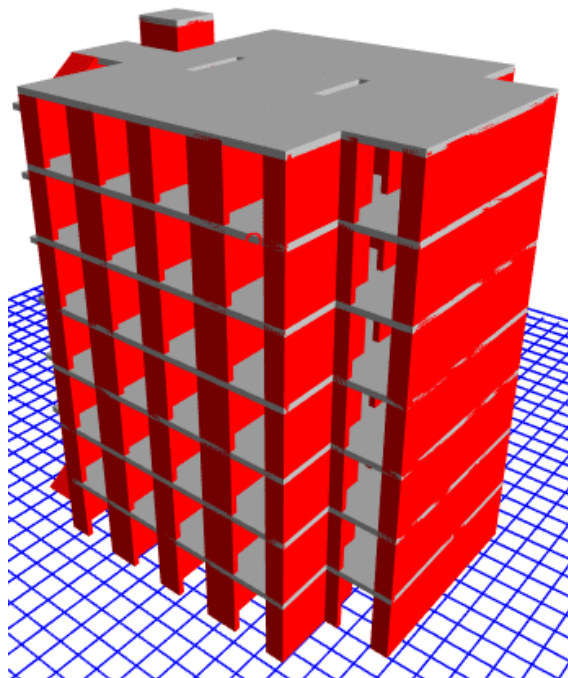
la norma E.030 diseño sismo resistente, los apoyos en la base fueron modelados como empotramientos rígidos, las escaleras fueron modeladas como rampas equivalentes, pues así se suele modelar en los softwares de análisis, el ascensor fue modelado como unión de placas, a continuación se muestran las imágenes del modelo estructural con todos sus elementos:

IMÁGEN N°11: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA FRONTAL-1



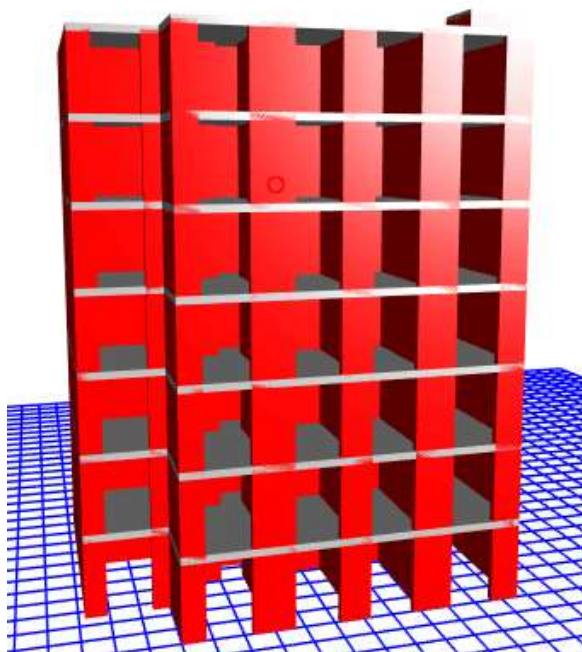
Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°12: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA FRONTAL-2



Fuente: Elaboración propia

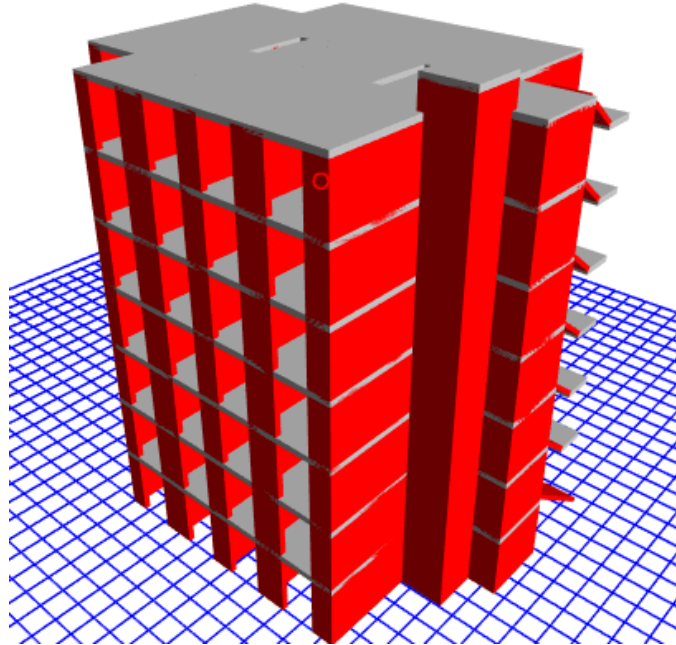
IMÁGEN N°13: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA POSTERIOR-1



Fuente: Elaboración propia

”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”

IMÁGEN N°14: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA POSTERIOR-2



Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°15: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA SIN ESTRUCCIÓN



Fuente: Elaboración propia

a.2) Parámetros para el análisis

La estructura tiene los siguientes parámetros

Material del sistema estructural:	Concreto armado
Propiedades mecánicas del concreto:	
Resistencia a la compresión del concreto:	210 kg/cm ²
Propiedad mecánica direccional:	Isotrópico
Peso por unidad de volumen:	2400 kg/m ³
Módulo de elasticidad del concreto:	218819.79 Kg/cm ²
Módulo de Poisson:	0.2
Coefficiente de expansión térmica:	0.0000099
Módulo de Corte:	91174.91
Propiedades mecánicas del acero:	
Esfuerzo de fluencia del acero:	4200 Kg/cm ²
Resistencia a la tracción:	6300 kg/cm ²
Peso por unidad de volumen:	7849.05 kg/m ³
Módulo de elasticidad del acero:	2038901.92 kg/cm ²
Coefficiente de expansión térmica:	0.0000117

a.3) Análisis por cargas de gravedad

Se aplicó las cargas muertas y cargas vivas al modelamiento de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones específicamente en su norma E.020 Cargas.

Cargas muertas:

Concreto armado: 2400 kg/m³

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

Acabados: 100 Kg/m²

Acabados en azotea: 50 kg/m²

Cargas vivas:

Viviendas: 200 kg/m²

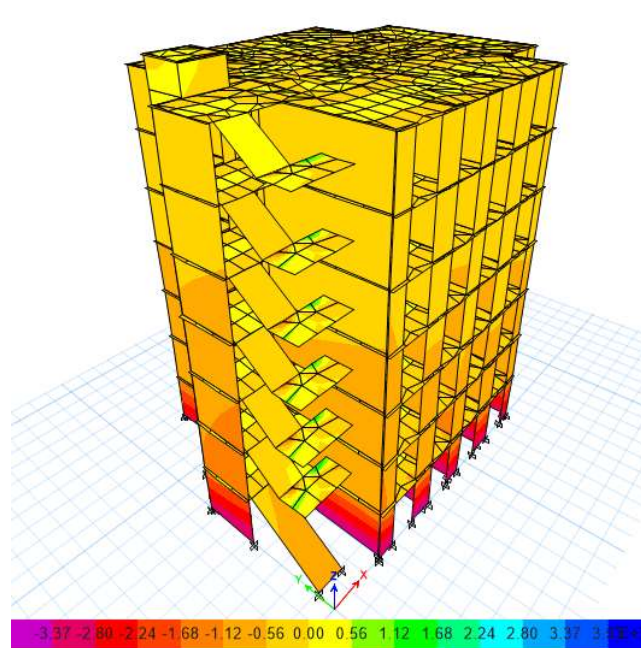
Azotea con acceso: 200 kg/m²

Corredores: 200 kg/m²

Escaleras: 200 kg/m²

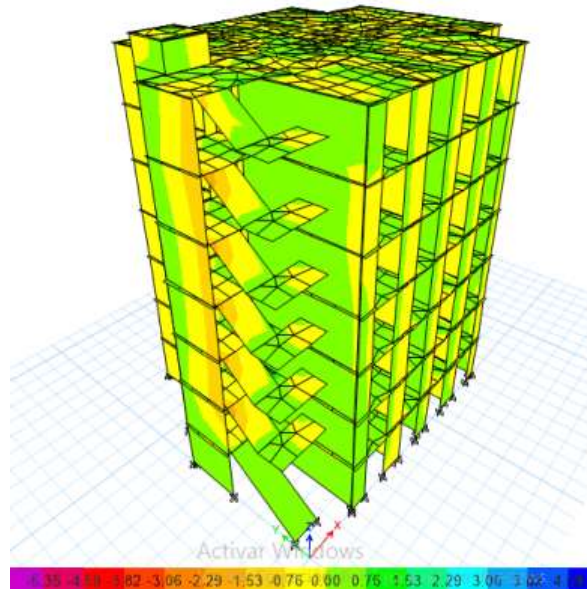
A continuación se muestran las imágenes del análisis por cargas de gravedad:

IMÁGEN N°16: DIAGRAMA DE FUERZAS NORMALES Ton-m



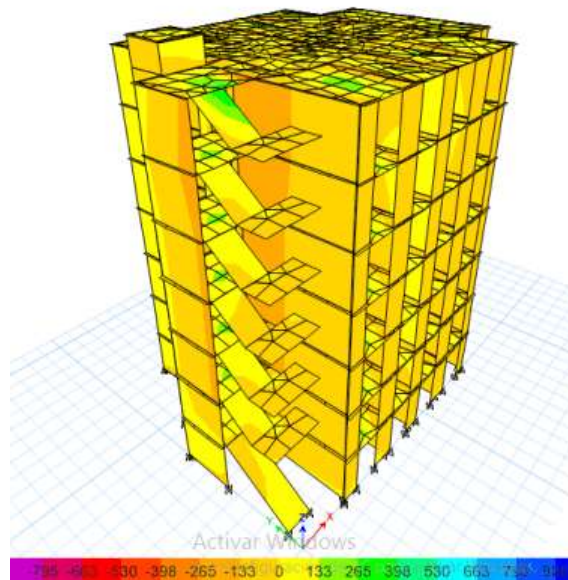
Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°17: DIAGRAMA DE FUERZAS CORTANTES Ton-m



Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°18: DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES Ton-m



Fuente: Elaboración propia

Resumen de cargas totales de la estructura:

Carga muerta: 2009.83 Ton

Carga viva: 278.67 Ton

b) ANALISIS SÍSMICO DEL SISTEMA DE PLACAS

b.1) ANÁLISIS ESTÁTICO

Se realizó el procedimiento que indica la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se definió los parámetros de zonificación, sitio, categoría de la edificación, factor de uso, sistema estructural, restricciones de irregularidad, regularidad estructural, coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas, factor de amplificación sísmica, seguidamente se calculó el peso de la estructura, para calcular el cortante basal, luego se calcularon las fuerzas sísmicas en altura, finalmente se calcularon las derivas de piso.

b.1.1) Parámetros Generales

b.1.1.1) Zonificación

La estructura se la ha proyectado en la ciudad de Cajamarca:

Departamento: Cajamarca
Provincia: Cajamarca
Distrito: Cajamarca
Zona Sísmica: 3

$$Z = \boxed{0.35}$$

b.1.1.2) Parámetros de sitio

Del estudio de mecánica de suelos (ver anexos) se tiene que según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) el suelo tiene clasificación SC, corresponde a una arena arcillosa gravosa mal gradada, de consistencia media con diámetro máximo de partícula de 38.10 mm.

Según el análisis granulométrico el suelo está compuesto por 51.89% de arena, 34.31% de grava y 13.80% de finos. De acuerdo a la norma E.030 del Reglamento Nacional de

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

Edificaciones los suelos compuestos por arena densa, gruesa a media o grava arenosa medianamente densa corresponden a suelos intermedios tipo S2.

Perfil de suelo
tipo: S2

$$S = 1.15$$

$$T_p = 0.60$$

$$T_I = 2.0$$

b.1.1.3) Categoría de la edificación y factor de uso

La edificación es un edificio multifamiliar, que según el Reglamento Nacional de Edificaciones tiene las características para vivienda por lo tanto:

Categoría del edificio: C (comunes)

$$U = 1.0$$

b.1.1.4) Sistema estructural

Por pertenecer a categoría C y Zona 3:

"Es permitido proyectar cualquier sistema estructural"

Sistema elegido:

"Muros estructurales (Placas)"

b.1.1.5) Restricciones de irregularidad

Por pertenecer a categoría C y Zona 3:

"No se permiten irregularidades extremas"

b.1.1.5.1) Irregularidad estructural en altura

No existe irregularidad estructural en altura

$$I_a = 1.0$$

b.1.1.5.2) Irregularidad estructural en planta

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

Irregularidad por esquinas entrantes:

Esquina 1 x	2.95	m	Esquina 2x	2.8	m
Longitud x	17.4	m	Longitud x	17.4	m
	16.95	%		16.09	%
Esquina 3x	2.95	m	Esquina 4x	2.72	m
Longitud x	17.4	m	Longitud x	17.4	m
	16.95	%		15.63	%
Esquina 1y	1.05	m	Esquina 2y	5.95	m
Longitud y	13.65	m	Longitud y	13.65	m
	7.69	%		43.59	%
Esquina 3y	2.55	m	Esquina 4y	2.55	m
Longitud y	13.65	m	Longitud y	13.65	m
	18.68	%		18.68	%
	43.59%	>	20%		
EXISTE	IRREGULARIDAD	POR	ESQUINAS		
ENTRANTES					
Ip=	0.90				

b.1.1.6) Regularidad Estructural

"La estructura es irregular pero no tiene irregularidades extremas"....

OK

b.1.1.7) Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas

Sistema estructural:

Muros estructurales (PLACAS)

Ro= 6
Ia= 1
Ip= 0.9

”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”

$$R = 5.4$$

b.1.1.8) Factor de amplificación sísmica

$$h_n = 20.10$$

$$C_t = 60$$

$$T = 0.335$$

$$T < T_p$$

$$C = 2.5$$

b.1.2) Cálculo del peso sísmico de la edificación

A continuación, se presentó el cuadro de masas y pesos de la estructura obtenidos del cálculo del software ETABS 18.0.2:

TABLA N° 10

PESO SÍSMICO DE LA EDIFICACION POR NIVELES

NIVEL	MASA (Kg - s ² /m)	PESO (Kg)	PESO (Tn)
7	21885.86	213989.927	213.990
6	31733.53	311305.929	311.306
5	31733.53	311305.929	311.306
4	31733.53	311305.929	311.306
3	31733.53	311305.929	311.306
2	31733.53	311305.929	311.306
1	31496.02	308975.956	308.976

Fuente: Elaboración propia

Peso de la edificación P= 2079.496 Ton

El peso “P” se calculó adicionando a la carga permanente y total de la edificación el 25% de la carga viva teniendo en cuenta una categoría C. cumpliendo el artículo 4.3 de la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

b.1.3) Fuerza cortante en la Base

Según la Norma E.030 diseño sismorresistente, específicamente en el artículo 4.5.2 la

fuerza cortante en la base se calculará mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P = V = \frac{0.35 \times 1.0 \times 2.5 \times 1.15}{5.4} 2079.496 = 387.498 \text{ Ton}$$

b.1.4) Distribución de fuerzas sísmicas en altura, rigideces y desplazamientos

Del modelamiento estructural, mediante el software ETABS específicamente en la tabla de reporte denominada "Fuerzas de piso" nos proporcionó la distribución de la cortante basal en altura (V_i), y seguidamente tenemos la distribución de fuerzas sísmicas en altura (F_i), en la tabla de reporte denominada "Rigideces de piso" nos proporcionó la distribución de rigideces de cada nivel, y en consecuencia se obtiene el desplazamiento del centro de masa de cada nivel, dichos datos se presentaron en las siguientes tablas:

TABLA N° 11

DISTRIBUCION DE FUERZAS SÍSMICAS, RIGIDECES Y DESPLAZAMIENTOS EN EL SENTIDO X:

NIVEL	V_i (Kgf)	F_i (Kgf)	RIGIDECES (Kg/m)	DESPLAZAMIENTOS (m)
7	72537.64	72537.64	205893288.3	0.00035
6	162558.57	90020.93	363460614.4	0.00025
5	237576	75017.43	460703943.7	0.00016
4	297589.95	60013.95	530793194.7	0.00011
3	342600.41	45010.46	614907236.1	0.00007
2	372607.39	30006.98	768230724.6	0.00004
1	387498.58	14891.19	1554305610	0.00001

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 12

DISTRIBUCION DE FUERZAS SÍSMICAS, RIGIDECES Y

DESPLAZAMIENTOS EN EL SENTIDO Y:

NIVEL	Vi (Kgf)	Fi (Kgf)	RIGIDECES (Kg/m)	DESPLAZAMIENTOS (m)
7	72537.64	72537.64	260828140.1	0.00028
6	162558.57	90020.93	501673550.6	0.00018
5	237576	75017.43	693761605.5	0.00011
4	297589.95	60013.95	875289159.3	0.00007
3	342600.41	45010.46	1111906410	0.00004
2	372607.39	30006.98	1445950646	0.00002
1	387498.58	14891.19	2784312501	0.00001

Fuente: Elaboración propia

b.1.5) Cálculo de derivas de piso.

De la tabla N°11 y N°12 del ítem b.1.4 se tiene la columna desplazamientos de los centros de masas de los niveles de la edificación, se multiplicaron por $0.75 \cdot R$ para obtener los desplazamientos laterales delta, seguidamente se divide entre la altura de piso de cada nivel y se tienen las derivas de piso por cada nivel, dichos datos se mostraron en la siguiente tabla:

TABLA N° 13

CALCULO DE DERIVAS DE PISO EN EL SENTIDO X:

DESPLAZAMIENTOS LATERALES DELTA (m)	ALTURA DE PISO (Hei) (m)	DERIVA DE PISO (DELTA/Hei)
0.00143	2.700	0.00053
0.00100	2.700	0.00037
0.00066	2.700	0.00024
0.00046	2.700	0.00017
0.00030	2.700	0.00011
0.00016	2.700	0.00006
0.00004	2.700	0.00001

Fuente: Elaboración propia

Según la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el desplazamiento lateral relativo admisible para edificios de concreto armado es 0.007, los valores de las derivas de piso están por debajo de ese valor por lo que el análisis sísmico es correcto.

TABLA N° 14

CALCULO DE DERIVAS DE PISO EN EL SENTIDO Y:

DESPLAZAMIENTOS LATERALES DELTA (m)	ALTURA DE PISO (Hei) (m)	DERIVA DE PISO (DELTA/Hei)
0.00113	2.700	0.00042
0.00073	2.700	0.00027
0.00044	2.700	0.00016
0.00028	2.700	0.00010
0.00016	2.700	0.00006
0.00008	2.700	0.00003
0.00002	2.700	0.00001

Fuente: Elaboración propia

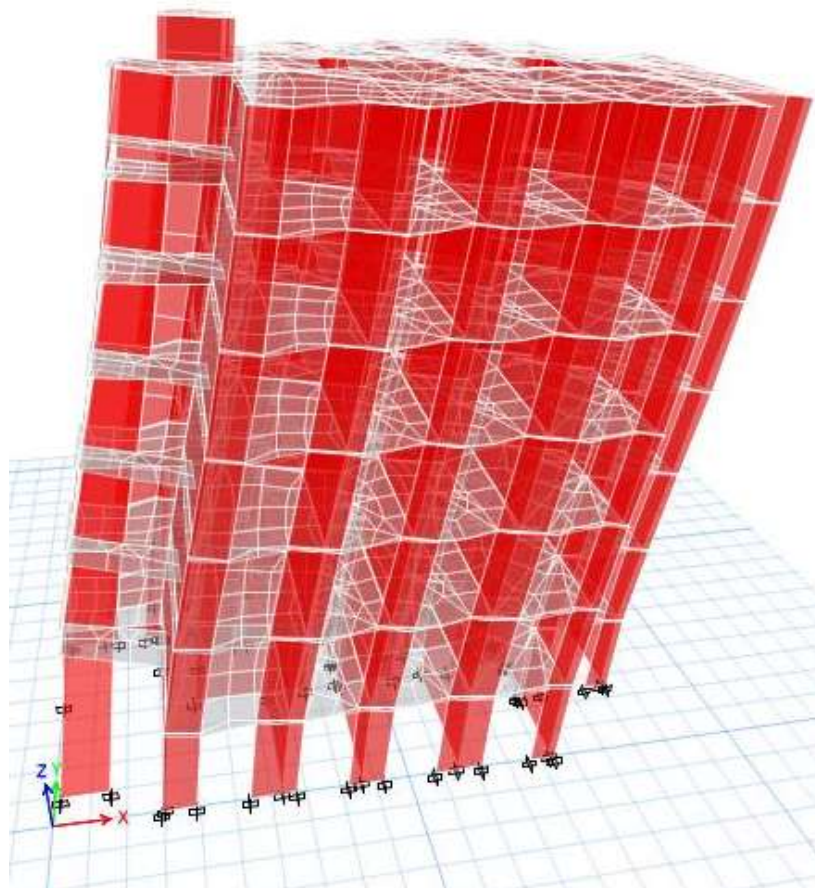
”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”

Según la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el desplazamiento lateral relativo admisible para edificios de concreto armado es 0.007, los valores de las derivas de piso están por debajo de ese valor por lo que el análisis sísmico es correcto y las derivas cumplen con la norma.

b.1.6) Deformada de la edificación por análisis estático

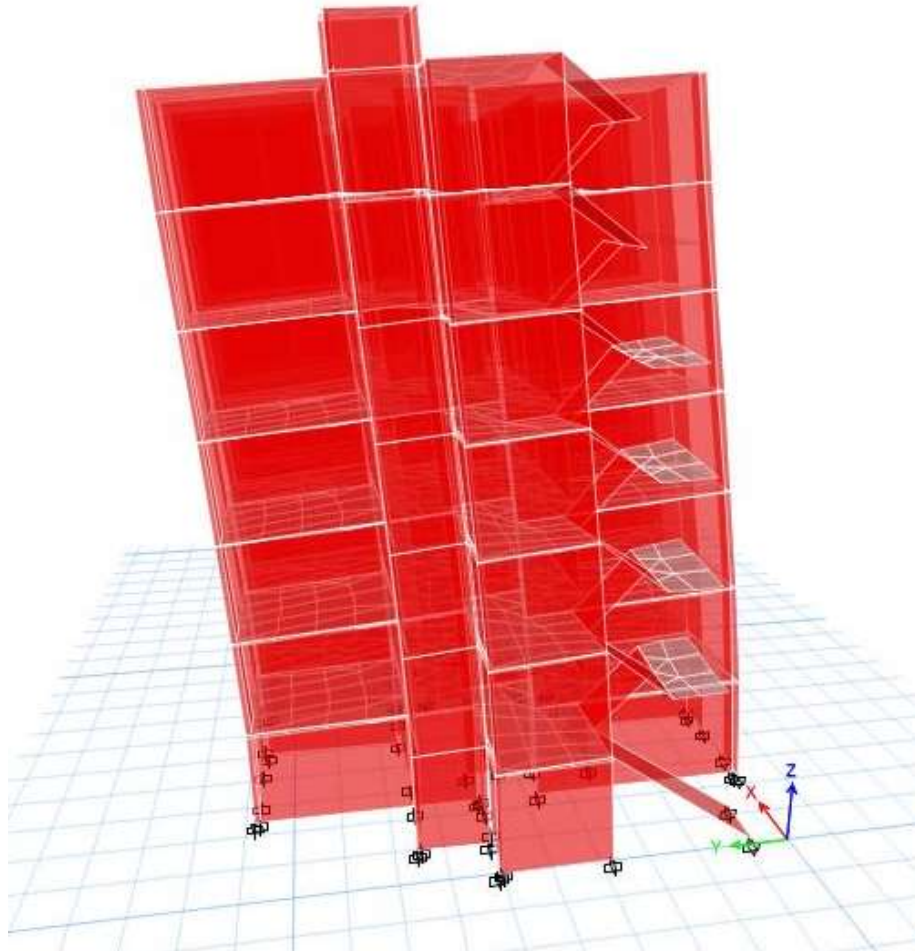
Del modelamiento estructural se obtuvo la deformada de la edificación por análisis estático en ambos sentidos la que fue mostrada a continuación:

IMÁGEN N°19: DEFORMADA EN EL SENTIDO X (FACTOR DE ESCALA 1000)



Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°20: DEFORMADA EN EL SENTIDO Y (FACTOR DE ESCALA 1000)



Fuente: Elaboración propia

b.2) ANÁLISIS DINÁMICO

b.2.1) Espectro de diseño

De acuerdo con la Norma E.030, específicamente en el artículo 4.6.2 Aceleración Espectral, para cada una de las direcciones horizontales analiadas se utilizó un espectro inelástico pseudoaceleraciones definido por la siguiente expresión:

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

Los parámetros utilizados son los siguientes:

Z=	0.35
U=	1.0
S=	1.15
R=	5.4
Tp=	0.60
Tl=	2.0

En función de la variación del periodo "T" y el coeficiente de amplificación sísmica "C" tenemos las siguientes pseudo aceleraciones:

TABLA N° 15

COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA, PERIODOS Y PSEUDO ACELERACIONES

C	T(s)	Sa/g
2.5	0	0.1863
2.5	0.02	0.1863
2.5	0.04	0.1863
2.5	0.06	0.1863
2.5	0.08	0.1863
2.5	0.1	0.1863
2.5	0.12	0.1863
2.5	0.14	0.1863
2.5	0.16	0.1863
2.5	0.18	0.1863
2.5	0.2	0.1863

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

2.5	0.25	0.1863
2.5	0.3	0.1863
2.5	0.35	0.1863
2.5	0.4	0.1863
2.5	0.45	0.1863
2.5	0.5	0.1863
2.5	0.55	0.1863
2.5	0.6	0.1863
2.31	0.65	0.1720
2.14	0.7	0.1597
2.00	0.75	0.1491
1.88	0.8	0.1398
1.76	0.85	0.1315
1.67	0.9	0.1242
1.58	0.95	0.1177
1.50	1	0.1118
1.36	1.1	0.1016
1.25	1.2	0.0932
1.15	1.3	0.0860
1.07	1.4	0.0799
1.00	1.5	0.0745
0.94	1.6	0.0699
0.88	1.7	0.0658
0.83	1.8	0.0621
0.79	1.9	0.0588
0.75	2	0.0559
0.62	2.2	0.0462
0.52	2.4	0.0388
0.44	2.6	0.0331
0.38	2.8	0.0285
0.33	3	0.0248
0.19	4	0.0140
0.12	5	0.0089
0.08	6	0.0062
0.06	7	0.0046
0.05	8	0.0035
0.04	9	0.0028
0.03	10	0.0022

Fuente: Elaboración propia

A continuación se graficó el espectro de diseño pseudo aceleraciones vs periodos:

GRÁFICA N°2

ESPECTRO DE DISEÑO SISTEMA DE PLACAS



Fuente: Elaboración propia

b.2.2) Fuerza cortante en la base.

En concordancia con la Norma E.030, específicamente en el artículo 4.6.4 Fuerza cortante mínima, indica que para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrespacio del edificio no será menor que el 90% para estructuras irregulares, en el siguiente cuadro se detalló el resultado de la cortante basal estático y dinámico para ambas direcciones de análisis:

TABLA N° 16

**CUADRO DE FUERZAS CORTANTE BASAL ESTÁTICA Y DINÁMICA EN
AMBAS DIRECCIONES DE ANÁLISIS**

DIRECCION DE ANÁLISIS	CORTANTE BASAL ESTÁTICO (Kgf)	CORTANTE BASAL DINÁMICO (Kgf)	% V DINÁMICO DEL V ESTÁTICO
X	387498.58	354256.78	91.42%
Y	387498.58	353972.52	91.35%

Fuente: Elaboración propia

Se verificó que el cortante basal dinámico es mayor al 90 % del cortante basal estático en ambas direcciones de análisis, por lo que cumple la Norma E.030.

b.2.3) Modos y Periodos de Vibración

Para el análisis dinámico se creó 21 modos de vibración, de manera que se consideraron apropiadamente las características de rigidez y distribución de las masas:

TABLA N° 17

CUADRO DE PERIODOS Y MODOS DE VIBRACIÓN

MODO	PERIODO (seg)	DIRECCION X	DIRECCION Y	ROTACION Z
1	0.195	0.00%	91.40%	8.60%
2	0.154	99.80%	0.10%	0.10%
3	0.153	0.20%	1.90%	97.90%
4	0.055	99.70%	0.20%	0.10%
5	0.042	0.10%	99.10%	0.80%
6	0.04	0.20%	1.30%	98.50%
7	0.039	0.90%	0.10%	99.00%
8	0.038	3.30%	0.10%	96.60%

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

9	0.036	2.10%	0.00%	97.90%
10	0.034	0.10%	0.20%	99.70%
11	0.032	1.50%	0.50%	98.00%
12	0.031	4.10%	0.00%	95.90%
13	0.029	0.00%	1.40%	98.60%
14	0.027	87.40%	0.30%	12.30%
15	0.027	29.60%	0.20%	70.20%
16	0.025	0.20%	0.90%	98.90%
17	0.02	92.00%	1.70%	6.30%
18	0.019	0.50%	98.50%	1.10%
19	0.017	95.30%	0.40%	4.30%
20	0.013	1.50%	88.30%	10.30%
21	0.012	96.70%	2.70%	0.60%

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se obtuvo que los dos primeros modos son de traslación y el tercer modo es de rotación.

b.2.4) Derivas de piso

Del modelamiento estructural realizado en el software ETABS 18.0.2 se obtuvo los desplazamientos laterales relativos máximos, se procedió a multiplicar por 0.75 R para tener las derivas de piso.

TABLA N° 18

CUADRO DE DERIVAS DE PISO EN EL SENTIDO X

NIVEL	DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS max	DERIVAS DE PISO
7	0.000142	0.0006
6	0.000173	0.0007
5	0.000199	0.0008
4	0.000215	0.0009
3	0.000211	0.0009
2	0.00018	0.0007
1	0.000093	0.0004

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 19

CUADRO DE DERIVAS DE PISO EN EL SENTIDO Y

NIVEL	DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS max	DERIVAS DE PISO
8	0.000034	0.0001
7	0.000029	0.0001
6	0.000033	0.0001
5	0.000035	0.0001
4	0.000037	0.0001
3	0.000035	0.0001
2	0.000113	0.0005
1	0.00006	0.0002

Fuente: Elaboración propia

2.4.3 SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

2.4.3.1 ESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

2.4.3.1.1 Conceptos básicos del sistema de muros de ductilidad limitada.

El sistema de muros de ductilidad limitada se definió como un sistema estructural donde la resistencia ante cargas sísmicas y cargas de gravedad, en las dos direcciones, está dada por muros de concreto armado que no pueden desarrollar desplazamientos inelásticos importantes. Los muros son de espesores reducidos, se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola hilera. Los sistemas de piso son losas macizas o losas aligeradas que cumplen la función de diafragma rígido (Zavaleta, 2009).

Catalogados dentro de los sistemas estructurales de Muros Portantes, este sistema de estructuración se ha venido aplicando en nuestro país, con una gran intensidad, desde comienzos de la década del 2000. Su característica principal consiste en la alta resistencia que poseen debido a la significativa cantidad de áreas de muros estructurales. Los sistemas para resistir las cargas de gravedad y las cargas laterales de viento o sismo, están compuestos por muros de concreto armado de espesores reducidos, reforzados con acero corrugado convencional en los extremos y malla electro soldada o barras corrugadas en el alma del muro, generalmente en una sola capa de refuerzo, pues los espesores típicos suelen estar entre los 10 y 15 cm. (Zavaleta, 2009).

2.4.3.1.2 Criterios generales de estructuración.

Se definió la ubicación y las características de todos los elementos estructurales, con el objetivo de que el edificio tenga un buen comportamiento ante cargas de gravedad, sismo y viento. Los elementos estructurales que componen el sistema de muros de ductilidad limitada son los siguientes:

a) Muros de ductilidad limitada.

Se proyectaron muros de concreto armado con un espesor de 15 cm en ambos sentidos, dichos muros suelen ser de espesores de entre 10 cm a 15cm, se tomó el espesor de 15 cm porque es más adecuado para incrementar la rigidez lateral del sistema ante fuerzas sísmicas.

b) Losas macizas

Se proyectaron losas macizas en dos direcciones con un espesor de 12 cm, con un ensanche en las losas para baños siendo el espesor de 20 cm porque en las instalaciones sanitarias se suelen proyectar las tuberías de 4" para desagüe, además

”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”

las losas de las escaleras se proyectaron con un espesor de 20 cm y los descansos de las escaleras con 12 cm de espesor.

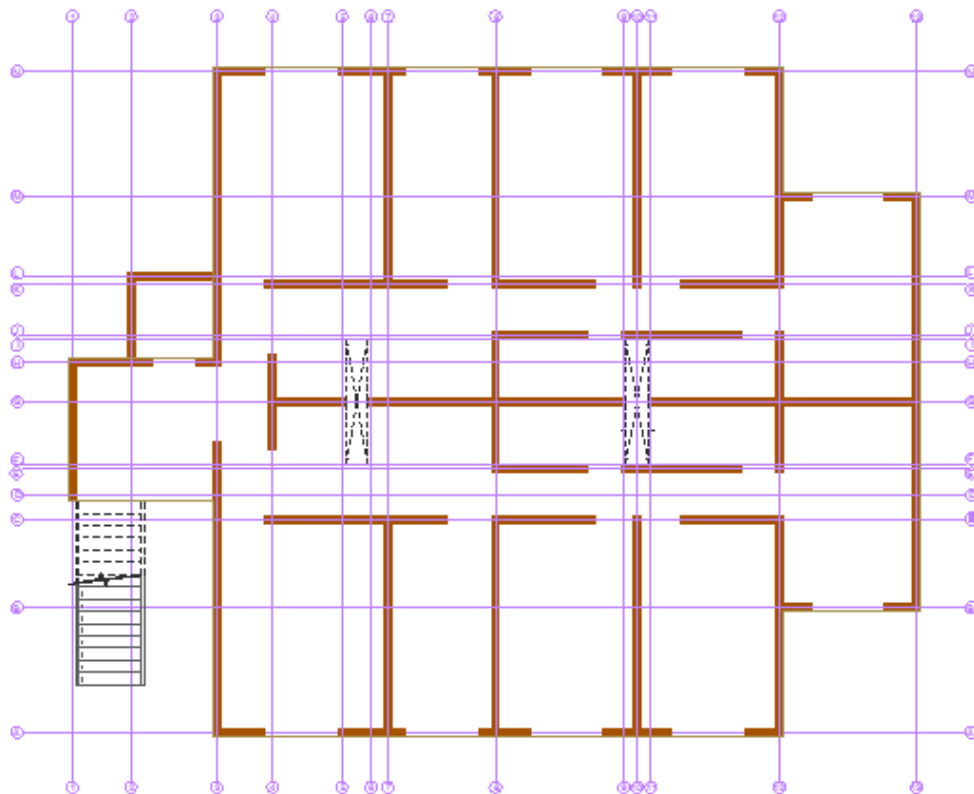
Fue importante describir que el sistema de muros de ductilidad limitada es un sistema industrializado que no tiene columnas ni vigas, es decir son muros con losas de entrepiso. Se logró que la estructura sea sismo resistente por lo que se cumplió con las siguientes características:

Estructura sencilla, regular, simétrica y continua:

La configuración de los elementos estructurales permite un flujo continuo, regular y eficiente de las fuerzas sísmicas desde el punto en que estas se generan hasta el terreno, evitando así que las amplificaciones de las vibraciones, las concentraciones de solicitaciones y las vibraciones torsionales que pueden producirse por la distribución irregular de las masas o rigideces en planta o en elevación. A continuación, se muestra el plano de estructuración:

IMÁGEN N°21: PLANO DE ESTRUCTURACIÓN

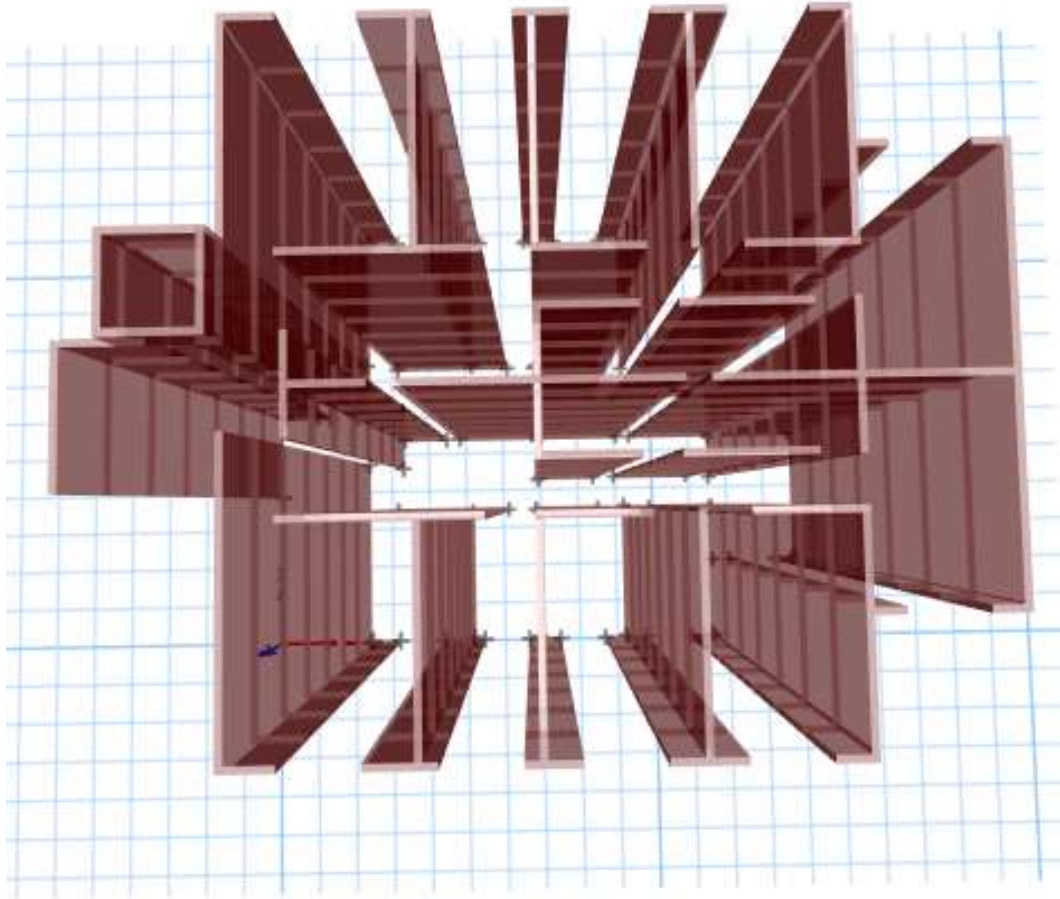
(Para mayor detalle ver el plano de estructuración en anexos)



"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°22: MODELAMIENTO 3D DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA



Fuente: Elaboración propia

2.4.3.1.3 Configuración estructural (Regularidad) de la edificación.

En la presente investigación se proyectó una estructura de tal manera que los elementos verticales en este caso muros de ductilidad limitada, sean de dimensiones similares en todas las plantas de la edificación, logrando así la continuidad vertical necesaria, la planta típica se estructuró de tal manera que se encontró la mayor

regularidad posible, a continuación se detalló la manera en que se evitaron las siguientes irregularidades:

a) Irregularidades estructurales en altura:

a.1) Irregularidad de rigidez (Piso blando):

No existe porque la diferencia de rigideces entre un piso con respecto de otro es mínima, puesto que los elementos verticales se repiten de manera similar en todos los niveles, y todos los pisos tienen la misma altura.

a.2) Irregularidad de resistencia (Piso débil):

No existe porque la diferencia de resistencia de entrepiso ante fuerzas cortantes es mayor al 80% de la resistencia ante fuerza cortante del entrepiso inmediato superior.

a.3) Irregularidad de masa o peso:

No existe porque el peso de cualquier piso del edificio es menor que 1.5 veces al peso del piso adyacente, puesto que las plantas del primer al séptimo nivel son similares en distribución, es necesario describir que según el Reglamento Nacional de Edificaciones este criterio no se aplica a azoteas.

a.4) Irregularidad en geometría vertical:

No existe porque en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión de la planta de la estructura resistente a cargas laterales es menor que 1.3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente del edificio.

Discontinuidad de los sistemas resistentes:

No existe porque los elementos resistentes verticales no tienen desalineamiento vertical, ni por un cambio de orientación ni por un desplazamiento del eje del elemento.

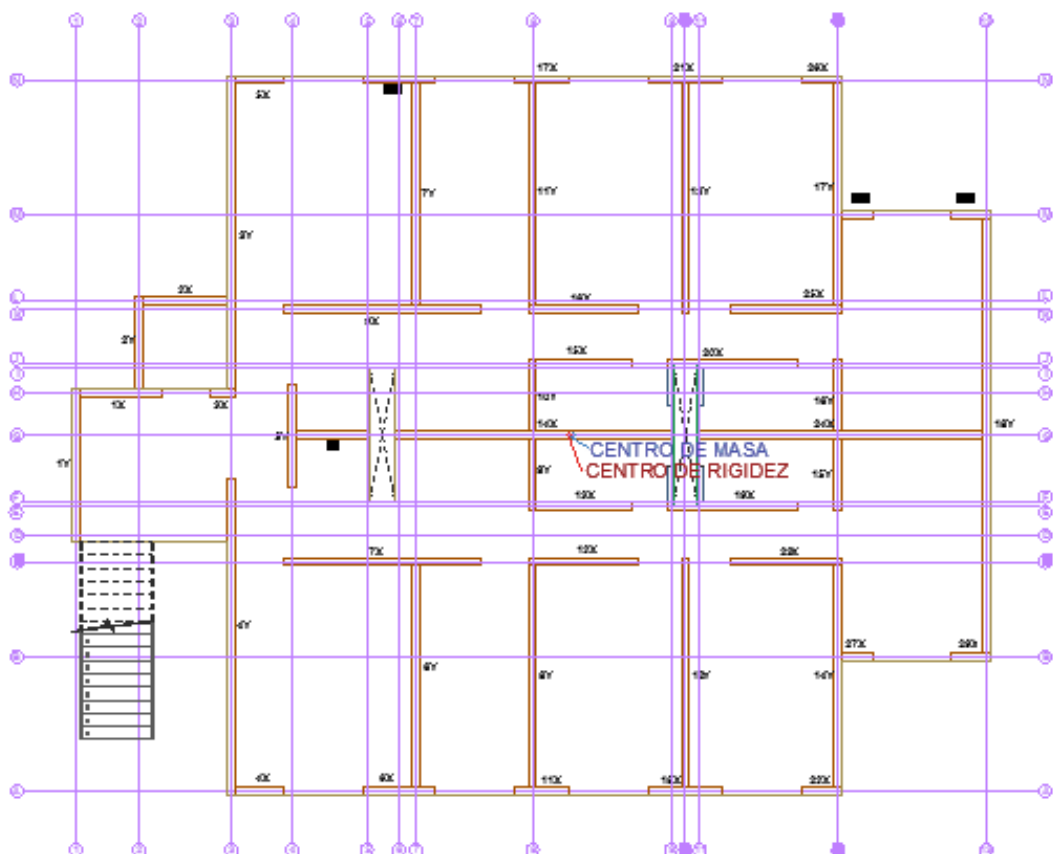
b) Irregularidades estructurales en planta:

b.1) Irregularidad torsional.

No existe porque el centro de rigidez coincide con el centro de masa, lógicamente en un evento sísmico las plantas no tenderán a girar, por lo que no se producirán efectos de torsión en los elementos estructurales que conectan cada planta. A continuación, se muestra el plano de cálculo de centro de masa y rigidez de muros de ductilidad limitada:

IMÁGEN N°23: PLANO DE CENTRO DE MASA Y CENTRO DE RIGIDEZ DEL SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

(Para mayor detalle ver el plano en anexos)



Fuente: Elaboración propia

b.1.1) CÁLCULO DE CENTRO DE MASA Y RIGIDEZ

b.1.1.1) CÁLCULO DE CENTRO DE MASA

TABLA N° 20

CÁLCULO DE CENTRO DE MASA

MURO	t (m)	l (m)	h (m)	Peso específico (Kg/m ³)	Peso (Kg)	x	y	P _x	P _y
1X	0.15	1.55	2.7	2400	1506.6	0.85	7.55	1280.61	11374.83
2X	0.15	1.6	2.7	2400	1555.2	2.08	9.3	3234.816	14463.36
3X	0.15	0.5	2.7	2400	486	2.78	7.55	1351.08	3669.3
4X	0.15	0.93	2.7	2400	903.96	3.49	0	3154.8204	0
5X	0.15	0.93	2.7	2400	903.96	3.49	13.5	3154.8204	12203.46
6X	0.15	1.35	2.7	2400	1312.2	6.13	0	8043.786	0
7X	0.15	3.75	2.7	2400	3645	5.8	4.35	21141	15855.75
8X	0.15	1.41	2.7	2400	1370.52	4.88	6.75	6688.1376	9251.01
9X	0.15	3.75	2.7	2400	3645	5.8	9.15	21141	33351.75
10X	0.15	1.35	2.7	2400	1312.2	6.13	13.5	8043.786	17714.7
11X	0.15	1.05	2.7	2400	1020.6	8.83	0	9011.898	0
12X	0.15	2.1	2.7	2400	2041.2	9.63	4.35	19656.756	8879.22
13X	0.15	1.8	2.7	2400	1749.6	9.63	5.4	16848.648	9447.84
14X	0.15	5.29	2.7	2400	5141.88	8.68	6.75	44631.5184	34707.69
15X	0.15	1.8	2.7	2400	1749.6	9.63	8.1	16848.648	14171.76
16X	0.15	2.1	2.7	2400	2041.2	9.63	9.15	19656.756	18676.98
17X	0.15	1.05	2.7	2400	1020.6	8.83	13.5	9011.898	13778.1
18X	0.15	1.4	2.7	2400	1360.8	11.55	0	15717.24	0
19X	0.15	2.45	2.7	2400	2381.4	12.45	5.4	29648.43	12859.56
20X	0.15	2.45	2.7	2400	2381.4	12.45	8.1	29648.43	19289.34
21X	0.15	1.4	2.7	2400	1360.8	11.55	13.5	15717.24	18370.8
22X	0.15	0.78	2.7	2400	758.16	14.14	0	10720.3824	0
23X	0.15	2.1	2.7	2400	2041.2	13.48	4.35	27515.376	8879.22
24X	0.15	5.4	2.7	2400	5248.8	14.48	6.75	76002.624	35429.4
25X	0.15	2.1	2.7	2400	2041.2	13.48	9.15	27515.376	18676.98
26X	0.15	0.78	2.7	2400	758.16	14.14	13.5	10720.3824	10235.16

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

27X	0.15	0.58	2.7	2400	563.76	14.81	2.55	8349.2856	1437.588
28X	0.15	0.58	2.7	2400	563.76	14.81	10.95	8349.2856	6173.172
29X	0.15	0.73	2.7	2400	709.56	16.96	2.55	12034.1376	1809.378
30X	0.15	0.73	2.7	2400	709.56	16.96	10.95	12034.1376	7769.682
1Y	0.15	2.9	2.7	2400	2818.8	0	6.175	0	17406.09
2Y	0.15	1.75	2.7	2400	1701	1.2	8.5	2041.2	14458.5
3Y	0.15	5.95	2.7	2400	5783.4	2.95	10.6	17061.03	61304.04
4Y	0.15	6	2.7	2400	5832	2.95	2.93	17204.4	17087.76
5Y	0.15	1.95	2.7	2400	1895.4	4.1	6.75	7771.14	12793.95
6Y	0.15	4.2	2.7	2400	4082.4	6.45	2.18	26331.48	8899.632
7Y	0.15	4.2	2.7	2400	4082.4	6.45	11.33	26331.48	46253.592
8Y	0.15	4.2	2.7	2400	4082.4	8.65	2.18	35312.76	8899.632
9Y	0.15	1.35	2.7	2400	1312.2	8.65	6	11350.53	7873.2
10Y	0.15	1.35	2.7	2400	1312.2	8.65	7.5	11350.53	9841.5
11Y	0.15	4.2	2.7	2400	4082.4	8.65	11.33	35312.76	46253.592
12Y	0.15	4.35	2.7	2400	4228.2	11.55	2.25	48835.71	9513.45
13Y	0.15	4.35	2.7	2400	4228.2	11.55	11.33	48835.71	47905.506
14Y	0.15	4.2	2.7	2400	4082.4	14.45	2.18	58990.68	8899.632
15Y	0.15	1.35	2.7	2400	1312.2	14.45	6	18961.29	7873.2
16Y	0.15	1.35	2.7	2400	1312.2	14.45	7.5	18961.29	9841.5
17Y	0.15	4.2	2.7	2400	4082.4	14.45	11.33	58990.68	46253.592
18Y	0.15	8.25	2.7	2400	8019	17.25	6.75	138327.75	54128.25
ALFEIZAR 1	0.15	1.5	1	1800	405	4.7	0	1903.5	0
ALFEIZAR 2	0.15	1.5	1	1800	405	7.55	0	3057.75	0
ALFEIZAR 3	0.15	1.5	1	1800	405	10.1	0	4090.5	0
ALFEIZAR 4	0.15	1.5	1	1800	405	13	0	5265	0
ALFEIZAR 5	0.15	1.5	1	1800	405	15.85	2.55	6419.25	1032.75
ALFEIZAR 6	0.15	1.5	1	1800	405	4.7	13.5	1903.5	5467.5
ALFEIZAR 7	0.15	1.5	1	1800	405	7.55	13.5	3057.75	5467.5
ALFEIZAR 8	0.15	1.5	1	1800	405	10.1	13.5	4090.5	5467.5
ALFEIZAR 9	0.15	1.5	1	1800	405	13	13.5	5265	5467.5
ALFEIZAR 10	0.15	1.5	1	1800	405	15.85	10.95	6419.25	4434.75
ALFEIZAR 11	0.15	0.6	2	1800	324	5.51	5.78	1785.24	1872.72
ALFEIZAR 12	0.15	0.6	2	1800	324	5.51	7.73	1785.24	2504.52
ALFEIZAR 13	0.15	1.2	1	1800	324	6.11	6.08	1979.64	1969.92

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

ALFEIZAR 14	0.15	1.2	1	1800	324	6.11	7.43	1979.64	2407.32
ALFEIZAR 15	0.15	0.5	2	1800	270	11.28	6.43	3045.6	1736.1
ALFEIZAR 16	0.15	0.5	2	1800	270	11.28	7.08	3045.6	1911.6
ALFEIZAR 17	0.15	0.5	2	1800	270	11.83	6.43	3194.1	1736.1
ALFEIZAR 18	0.15	0.5	2	1800	270	11.83	7.08	3194.1	1911.6
TABIQUE 1	0.15	0.6	2.7	1800	437.4	5.51	6.38	2410.074	2790.612
TABIQUE 2	0.15	0.6	2.7	1800	437.4	5.51	7.13	2410.074	3118.662
TABIQUE 3	0.15	0.75	2.7	1800	546.75	5.81	5.4	3176.6175	2952.45
TABIQUE 4	0.15	0.75	2.7	1800	546.75	5.81	8.1	3176.6175	4428.675
TABIQUE 5	0.15	0.7	2.7	1800	510.3	11.28	5.83	5756.184	2975.049
TABIQUE 6	0.15	0.7	2.7	1800	510.3	11.28	7.68	5756.184	3919.104
TABIQUE 7	0.15	0.7	2.7	1800	510.3	11.83	5.83	6036.849	2975.049
TABIQUE 8	0.15	0.7	2.7	1800	510.3	11.83	7.68	6036.849	3919.104
LOSA 1	205.962		0.12	2400	24.71544	9.1	6.71	224.910504	165.8406
LOSA 2	7.222		0.2	2400	3466.56	9.99	6.75	34630.9344	23399.28
LOSA 3	7.222		0.2	2400	3466.56	13.11	6.775	45446.6016	23485.944
					133926.42			1255385.782	911479.8

Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE MASA	X	9.374 m
	Y	6.806 m

b.1.1.2) CÁLCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ
TABLA N° 21

CÁLCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ EN EL SENTIDO Y

MURO	t (m)	l (m)	h (m)	MODULO DE ELASTICIDAD	RIGIDEZ	y	Ry
1X	0.15	1.55	2.7	218819.7889	1244.788985	7.55	9398.15684
2X	0.15	1.6	2.7	218819.7889	1351.619398	9.3	12570.0604
3X	0.15	0.5	2.7	218819.7889	50.80514434	7.55	383.57884

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

4X	0.15	0.93	2.7	218819.7889	307.9320697	0	0
5X	0.15	0.93	2.7	218819.7889	307.9320697	13.5	4157.08294
6X	0.15	1.35	2.7	218819.7889	863.7623245	0	0
7X	0.15	3.75	2.7	218819.7889	8985.228637	4.35	39085.7446
8X	0.15	1.41	2.7	218819.7889	970.2055389	6.75	6548.88739
9X	0.15	3.75	2.7	218819.7889	8985.228637	9.15	82214.842
10X	0.15	1.35	2.7	218819.7889	863.7623245	13.5	11660.7914
11X	0.15	1.05	2.7	218819.7889	433.4441417	0	0
12X	0.15	2.1	2.7	218819.7889	2655.880665	4.35	11553.0809
13X	0.15	1.8	2.7	218819.7889	1823.498241	5.4	9846.8905
14X	0.15	5.29	2.7	218819.7889	15910.04003	6.75	107392.77
15X	0.15	1.8	2.7	218819.7889	1823.498241	8.1	14770.3357
16X	0.15	2.1	2.7	218819.7889	2655.880665	9.15	24301.3081
17X	0.15	1.05	2.7	218819.7889	433.4441417	13.5	5851.49591
18X	0.15	1.4	2.7	218819.7889	951.9937542	0	0
19X	0.15	2.45	2.7	218819.7889	3790.264209	5.4	20467.4267
20X	0.15	2.45	2.7	218819.7889	3790.264209	8.1	30701.1401
21X	0.15	1.4	2.7	218819.7889	951.9937542	13.5	12851.9157
22X	0.15	0.78	2.7	218819.7889	186.1845305	0	0
23X	0.15	2.1	2.7	218819.7889	2655.880665	4.35	11553.0809
24X	0.15	5.4	2.7	218819.7889	16411.48417	6.75	110777.518
25X	0.15	2.1	2.7	218819.7889	2655.880665	9.15	24301.3081
26X	0.15	0.78	2.7	218819.7889	186.1845305	13.5	2513.49116
27X	0.15	0.58	2.7	218819.7889	78.62022387	2.55	200.481571
28X	0.15	0.58	2.7	218819.7889	78.62022387	10.95	860.891451
29X	0.15	0.73	2.7	218819.7889	153.7498475	2.55	392.062111
30X	0.15	0.73	2.7	218819.7889	153.7498475	10.95	1683.56083
					81711.82188		556037.902

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 22

CÁLCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ EN EL SENTIDO X

MURO	t (m)	l (m)	h (m)	MODULO DE ELASTICIDAD	RIGIDEZ	x	Rx
1Y	0.15	2.9	2.7	218819.7889	5451.161193	0	0
2Y	0.15	1.75	2.7	218819.7889	1698.991396	1.2	2038.78968
3Y	0.15	5.95	2.7	218819.7889	18916.92659	2.95	55804.9334
4Y	0.15	6	2.7	218819.7889	19144.33848	2.95	56475.7985
5Y	0.15	1.95	2.7	218819.7889	2221.977612	4.1	9110.10821

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

6Y	0.15	4.2	2.7	218819.7889	10972.98064	6.45	70775.7251
7Y	0.15	4.2	2.7	218819.7889	10972.98064	6.45	70775.7251
8Y	0.15	4.2	2.7	218819.7889	10972.98064	8.65	94916.2825
9Y	0.15	1.35	2.7	218819.7889	863.7623245	8.65	7471.54411
10Y	0.15	1.35	2.7	218819.7889	863.7623245	8.65	7471.54411
11Y	0.15	4.2	2.7	218819.7889	10972.98064	8.65	94916.2825
12Y	0.15	4.35	2.7	218819.7889	11645.27326	11.55	134502.906
13Y	0.15	4.35	2.7	218819.7889	11645.27326	11.55	134502.906
14Y	0.15	4.2	2.7	218819.7889	10972.98064	14.45	158559.57
15Y	0.15	1.35	2.7	218819.7889	863.7623245	14.45	12481.3656
16Y	0.15	1.35	2.7	218819.7889	863.7623245	14.45	12481.3656
17Y	0.15	4.2	2.7	218819.7889	10972.98064	14.45	158559.57
18Y	0.15	8.25	2.7	218819.7889	29253.15975	17.25	504617.006
					169270.0347		1585461.42

Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE RIGIDEZ X 9.366 m
Y 6.805 m

b.1.1.3) COMPARACION DEL CENTRO DE MASA Y CENTRO DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA

CENTRO DE MASA X 9.374 m
Y 6.806 m

CENTRO DE RIGIDEZ X 9.366 m
Y 6.805 m

TABLA N° 23

VARIACION DEL CENTRO DE MASA CON EL CENTRO DE RIGIDEZ

VARIACION DEL CENTRO DE MASA CON EL CENTRO DE RIGIDEZ	
VARIACION EN EL EJE X	0.007 m
VARIACION EN EL EJE Y	0.001 m

Fuente: Elaboración propia

El centro de masa y el centro de rigidez coinciden por lo que se demostró que no existe irregularidad torsional.

b.2) Irregularidad de esquinas entrantes

Esquina 1 x	2.95	m	Esquina 2 x	2.8	m
Longitud x	17.4	m	Longitud x	17.4	m
	16.95	%		16.09	%
Esquina 3 x	2.95	m	Esquina 4 x	2.72	m
Longitud x	17.4	m	Longitud x	17.4	m
	16.95	%		15.63	%
Esquina 1 y	1.05	m	Esquina 2 y	5.95	m
Longitud y	13.65	m	Longitud y	13.65	m
	7.69	%		43.59	%
Esquina 3 y	2.55	m	Esquina 4 y	2.55	m
Longitud y	13.65	m	Longitud y	13.65	m
	18.68	%		18.68	%
TOMANDO EL CASO MAS DESFAVORABLE		43.59%	>	20%	

Según el Reglamento Nacional de edificaciones en la norma E.030 en su artículo 3.6 factores de irregularidad, la estructura califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones son mayores que 20% de la correspondiente total dimensión de la planta, por lo que sí existe irregularidad por esquinas entrantes, sin embargo, es una irregularidad permisible porque pertenece a categoría "C" y zona "3" asignando el valor de irregularidad en planta $I_p = 0.90$ para efectos de cálculo del

espectro de diseño que se detalló más en las siguientes etapas de la presente investigación.

2.4.3.1.4 Cálculo de masas y peso de la edificación

A continuación, se presentó el cuadro de masas y pesos de la estructura.

TABLA N° 24

MASA Y PESO POR NIVELES DE LA EDIFICACIÓN

NIVEL	MASA (Kg - s2 /m)	PESO (Kg)	PESO (Tn)
7	13934.03	136692.85	136.69285
6	21067.42	206671.39	206.67139
5	21067.42	206671.39	206.67139
4	21067.42	206671.39	206.67139
3	21067.42	206671.39	206.67139
2	21072.16	206717.89	206.71789
1	20841.16	204451.78	204.45178

Fuente: Elaboración propia

Peso de la edificación P= 1374.548 Ton

El peso "P" se calculó adicionando a la carga permanente y total de la edificación el 25% de la carga viva teniendo en cuenta una categoría C. cumpliendo el artículo 4.3 de la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.4.3.1.5 Evaluación por densidad de muros

Se verificó que el cortante sísmico sea menor al cortante admisible del concreto, de manera que se aseguró que no exista falla por corte en los muros.

De acuerdo a la norma de diseño sismorresistente E.030 de Reglamento Nacional de Edificaciones los factores para la evaluación de la cortante basal sísmica son:

TABLA N° 25

PARÁMETROS PARA LA CORTANTE EN LA BASE

Z=	0.35
U=	1.0
C=	2.5
S=	1.15
R=	3.6

Fuente: Elaboración propia

Del ítem cálculo de masas y peso de la edificación se tiene que el peso es P=

1374.548 Ton, luego

$$V = \frac{ZUCS}{R} P = V = \frac{0.35 \times 1.0 \times 2.5 \times 1.15}{3.6} 1374.548 = 384.186 \text{ Ton}$$

Esfuerzo cortante admisible "va":

Sabemos que:

$$va = 0.53\sqrt{f'c}$$

$$va = 0.53\sqrt{210 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$va = 76.8 \text{ Ton/m}^2$$

Esfuerzo último "vu":

$$vu = 0.85va$$

$$vu = 0.85 \times 76.8 \text{ Ton/m}^2$$

$$vu = 65.283 \text{ Ton/m}^2$$

Longitud y área de muros

TABLA N° 26

MUROS EN EL SENTIDO X

MURO	t (m)	l (m)	Area (m2)
1X	0.15	1.55	0.2325
2X	0.15	1.6	0.24
3X	0.15	0.5	0.075
4X	0.15	0.93	0.1395
5X	0.15	0.93	0.1395
6X	0.15	1.35	0.2025
7X	0.15	3.75	0.5625
8X	0.15	1.41	0.2115
9X	0.15	3.75	0.5625
10X	0.15	1.35	0.2025
11X	0.15	1.05	0.1575
12X	0.15	2.1	0.315
13X	0.15	1.8	0.27
14X	0.15	5.29	0.7935
15X	0.15	1.8	0.27
16X	0.15	2.1	0.315
17X	0.15	1.05	0.1575
18X	0.15	1.4	0.21
19X	0.15	2.45	0.3675
20X	0.15	2.45	0.3675
21X	0.15	1.4	0.21
22X	0.15	0.78	0.117
23X	0.15	2.1	0.315
24X	0.15	5.4	0.81
25X	0.15	2.1	0.315

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

26X	0.15	0.78	0.117
27X	0.15	0.58	0.087
28X	0.15	0.58	0.087
29X	0.15	0.73	0.1095
30X	0.15	0.73	0.1095
AREA TOTAL			8.0685

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 27

MUROS EN EL SENTIDO Y

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

MURO	t (m)	l (m)	Area (m2)
1Y	0.15	2.9	0.435
2Y	0.15	1.75	0.2625
3Y	0.15	5.95	0.8925
4Y	0.15	6	0.9
5Y	0.15	1.95	0.2925
6Y	0.15	4.2	0.63
7Y	0.15	4.2	0.63
8Y	0.15	4.2	0.63
9Y	0.15	1.35	0.2025
10Y	0.15	1.35	0.2025
11Y	0.15	4.2	0.63
12Y	0.15	4.35	0.6525
13Y	0.15	4.35	0.6525
14Y	0.15	4.2	0.63
15Y	0.15	1.35	0.2025
16Y	0.15	1.35	0.2025
17Y	0.15	4.2	0.63
18Y	0.15	8.25	1.2375
AREA TOTAL			9.915

Fuente:

Elaboración propia

Determinación de la fuerza resistente:

Debe cumplirse que $V_{res} > V$

Donde:

V_{rest} : Cortante admisible del sistema

V : Cortante basal

Finalmente se tiene:

Sentido X: $(8.07) \times 65.283 = 526.735 > 384.186$ **OK**

Sentido Y: $(9.91) \times 65.283 = 647.28 > 384.186$ **OK**

Se verificó que no existe falla por corte en los muros.

2.4.3.2 ANALISIS ESTRUCTURAL Y SISMICO DEL SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

a) ANALISIS ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

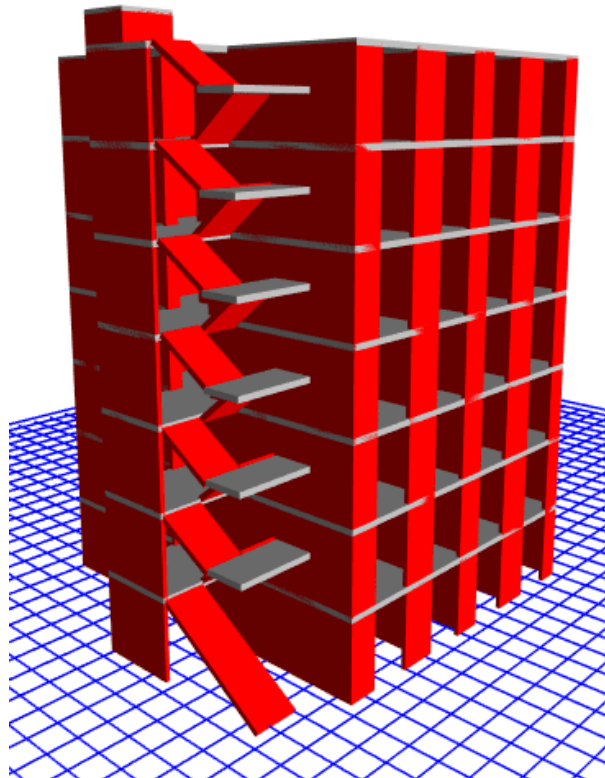
a.1) Modelamiento estructural

Para el modelamiento estructural se empleó un software computacional para tener más precisión en los resultados en el análisis en tres dimensiones, es evidente que en la actualidad es común el uso de softwares para el análisis porque emplean para el cálculo el método de elementos finitos teniendo en cuenta que a los parámetros geométricos y físicos además se le incluyen los parámetros termodinámicos para que el análisis que se acople más a la realidad. Para el modelamiento estructural se empleó el software ETABS 18.0.2, que cuyas siglas significan Análisis Tridimensional Extendido de Sistemas de Edificación, dicho software inicialmente hizo una discretización de todos los elementos estructurales, primero se ingresó todos los parámetros de las propiedades de los materiales, seguidamente los muros de ductilidad limitada de espesor de 15 cm fueron modelados como elementos “Shell” y las losas macizas en dos direcciones tienen un espesor de 12 cm y ensanches de losa de 20 cm para techos de baños, fueron modeladas como elementos “slab”, luego se asignaron las cargas de peso propio, cargas vivas en los entrepisos y la azotea, cargas de acabados, después se realizó el análisis estático y dinámico que se ha detallado en los siguientes componentes de la investigación. Fue necesario dibujar en el software todos los elementos estructurales tal y como figuran en el plano de estructuración, respetando sus dimensiones, es necesario tener en cuenta que los elementos no estructurales como tabiquería no fueron dibujados puesto que se modelan asignando cargas de acabados las que se detallarán en la presente investigación.

”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”

Fue importante describir que la base se asume como una plataforma rígida respetando la teoría en la que se basa el Reglamento Nacional de Edificaciones específicamente en la norma E.030 diseño sismo resistente, los apoyos en la base fueron modelados como empotramientos rígidos, las escaleras fueron modeladas como rampas equivalentes, pues así se suele modelar en los softwares de análisis, el ascensor fue modelado como unión de placas, a continuación se muestran las imágenes del modelo estructural con todos sus elementos:

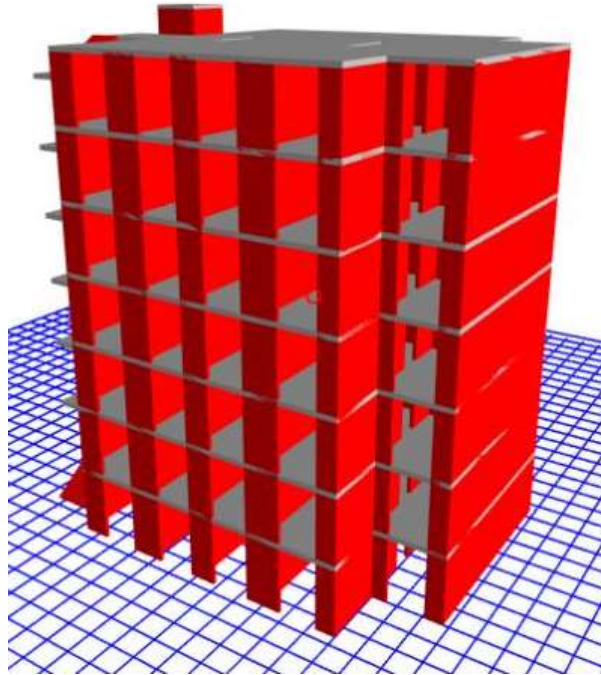
IMÁGEN N°24: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA FRONTAL-1



Fuente: Elaboración propia

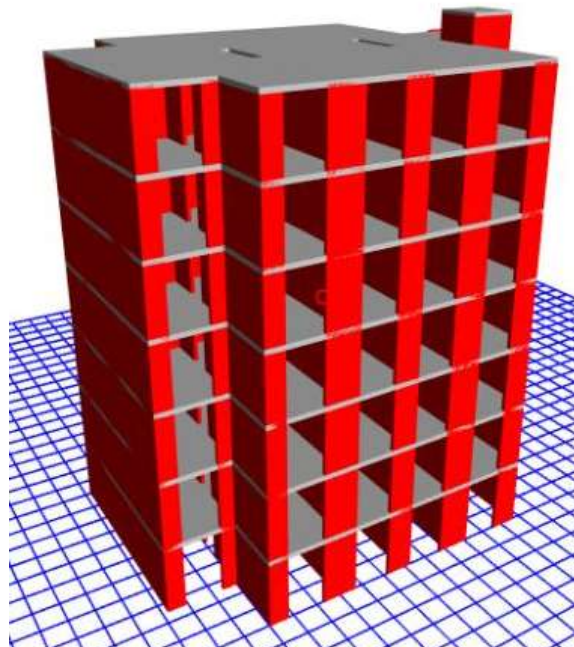
IMÁGEN N°25: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA FRONTAL-2

”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”



Fuente: Elaboración propia

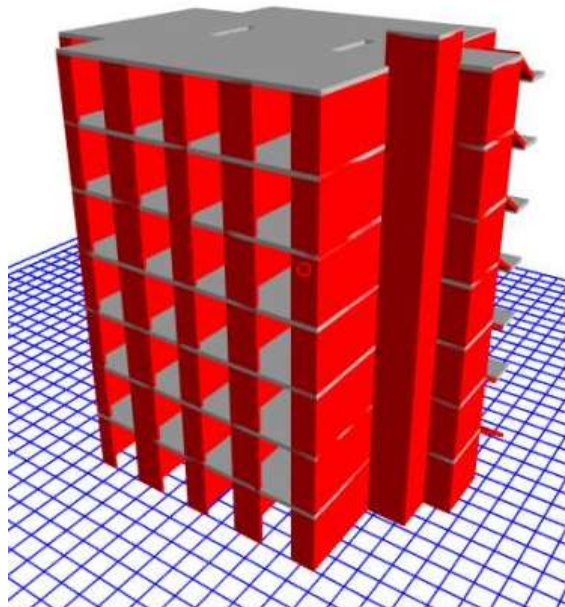
IMÁGEN N°26: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA POSTERIOR-1



Fuente: Elaboración propia

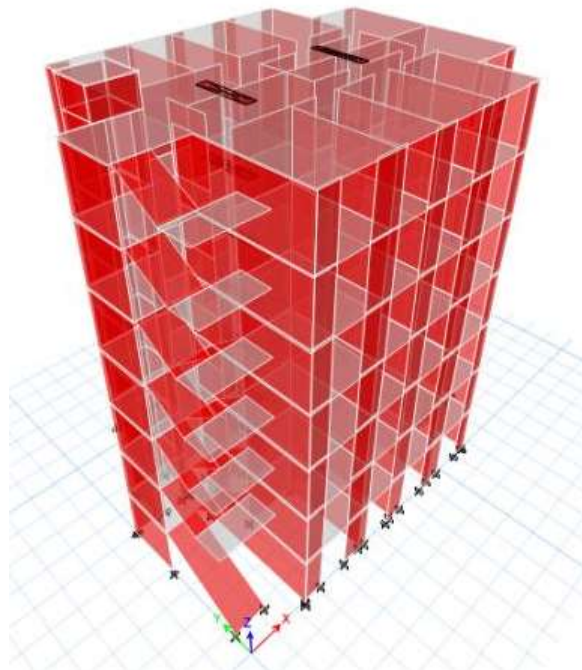
IMÁGEN N°27: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA POSTERIOR-2

”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”



Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°28: MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VISTA SIN EXTRUCCION



Fuente: Elaboración propia

a.2) Parámetros para el análisis

La estructura tiene los siguientes parámetros

Material del sistema estructural:	Concreto armado
Propiedades mecánicas del concreto:	
Resistencia a la compresión del concreto:	210 kg/cm ²
Propiedad mecánica direccional:	Isotrópico
Peso por unidad de volumen:	2400 kg/m ³
Módulo de elasticidad del concreto:	218819.79 Kg/cm ²
Módulo de Poisson:	0.2
Coefficiente de expansión térmica:	0.0000099
Módulo de Corte:	91174.91
Propiedades mecánicas del acero:	
Esfuerzo de fluencia del acero:	4200 Kg/cm ²
Resistencia a la tracción:	6300 kg/cm ²
Peso por unidad de volumen:	7849.05 kg/m ³
Módulo de elasticidad del acero:	2038901.92 kg/cm ²
Coefficiente de expansión térmica:	0.0000117

a.3) Análisis por cargas de gravedad

Se aplicó las cargas muertas y cargas vivas al modelamiento de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones específicamente en su norma E.020 Cargas.

Cargas muertas:

Concreto armado:	2400 kg/m ³
Acabados:	100 Kg/m ²

”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”

Acabados en azotea: 50 kg/m²

Cargas vivas:

Viviendas: 200 kg/m²

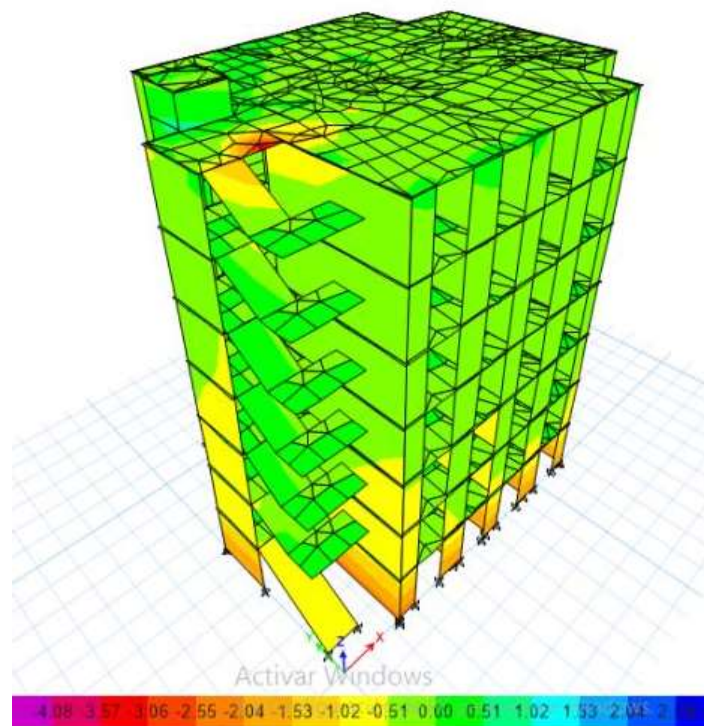
Azotea con acceso: 200 kg/m²

Corredores: 200 kg/m²

Escaleras: 200 kg/m²

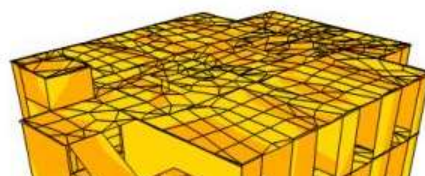
A continuación se muestran las imágenes del análisis por cargas de gravedad:

IMÁGEN N°29: DIAGRAMA DE FUERZAS NORMALES Ton-m



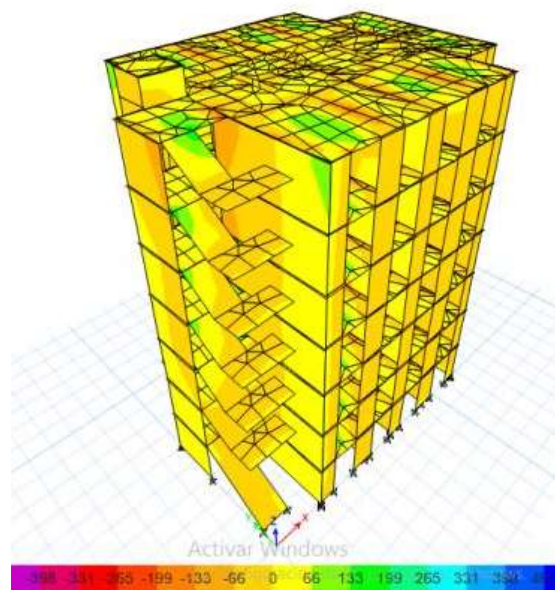
Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°30: DIAGRAMA DE FUERZAS CORTANTES Ton-m



Fuente: Elaboración propia

IMÁGEN N°31: DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES Ton-m



Fuente: Elaboración propia

Resumen de las cargas totales de la estructura:

Carga muerta: 1304.88 Ton

Carga viva: 278.67 Ton

**b) ANALISIS SÍSMICO DEL SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD
LIMITADA**

b.1) ANÁLISIS ESTÁTICO

Se realizó el procedimiento que indica la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se definió los parámetros de zonificación, sitio, categoría de la edificación, factor de uso, sistema estructural, restricciones de irregularidad, regularidad estructural, coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas, factor de amplificación sísmica, seguidamente se calculó el peso de la estructura, para calcular el cortante basal, luego se calcularon las fuerzas sísmicas en altura, finalmente se calcularon las derivas de piso.

b.1.1) Parámetros Generales

b.1.1.1) Zonificación

Se asumió que la estructura queda localizada en la ciudad de Cajamarca:

Departamento: Cajamarca
Provincia: Cajamarca
Distrito: Cajamarca
Zona Sísmica: 3

$$Z = \boxed{0.35}$$

b.1.1.2) Parámetros de sitio

Del estudio de mecánica de suelos (ver anexos) se tiene que según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) el suelo tiene clasificación SC, corresponde a una arena arcillosa gravosa mal gradada, de consistencia media con diámetro máximo de partícula de 38.10 mm.

Según el análisis granulométrico el suelo está compuesto por 51.89% de arena, 34.31% de grava y 13.80% de finos. De acuerdo a la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones los suelos compuestos por arena densa, gruesa a media o grava arenosa medianamente densa corresponden a suelos intermedios tipo S2.

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

Perfil de suelo
tipo: S2

$$S = 1.15$$

$$T_p = 0.60$$

$$T_l = 2.0$$

b.1.1.3) Categoría de la edificación y factor de uso

La edificación es un edificio multifamiliar, que según el Reglamento Nacional de Edificaciones tiene las características para vivienda por lo tanto:

Categoría del edificio: C (comunes)

$$U = 1.0$$

b.1.1.4) Sistema estructural

Por pertenecer a categoría C y Zona 3:

"Es permitido proyectar cualquier sistema estructural"

Sistema elegido:

"Muros de ductilidad limitada"

b.1.1.5) Restricciones de irregularidad

Por pertenecer a categoría C y Zona 3:

"No se permiten irregularidades extremas"

b.1.1.5.1) Irregularidad estructural en altura

No existe irregularidad estructural en altura

$$I_a = 1.0$$

b.1.1.5.2) Irregularidad en planta

Irregularidad por esquinas entrantes:

Esquina 1 x	2.95	m	Esquina 2x	2.8	m
Longitud x	17.4	m	Longitud x	17.4	m
	16.95	%		16.09	%
Esquina 3x	2.95	m	Esquina 4x	2.72	m
Longitud x	17.4	m	Longitud x	17.4	m
	16.95	%		15.63	%
Esquina 1y	1.05	m	Esquina 2y	5.95	m
Longitud y	13.65	m	Longitud y	13.65	m
	7.69	%		43.59	%
Esquina 3y	2.55	m	Esquina 4y	2.55	m
Longitud y	13.65	m	Longitud y	13.65	m
	18.68	%		18.68	%
	43.59%	>		20%	

EXISTE IRREGULARIDAD POR ESQUINAS ENTRANTES

$$I_p = 0.90$$

b.1.1.6) Regularidad Estructural

"La estructura es irregular pero no tiene irregularidades extremas"....

OK

b.1.1.7) Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas

Sistema estructural:

Muros de ductilidad limitada

$$R_o = 4$$

$$I_a = 1$$

$$I_p = 0.9$$

$$R = \boxed{3.6}$$

b.1.1.8) Factor de amplificación sísmica

$$h_n = 18.90$$

$$C_t = 60$$

$$T = 0.315$$

$$T < T_p$$

$$C = \boxed{2.5}$$

b.1.2) Cálculo del peso sísmico de la edificación

A continuación, se presentó el cuadro de masas y pesos de la estructura obtenidos del cálculo del software ETABS 18.0.2:

TABLA N° 28

PESO SÍSMICO DE LA EDIFICACION POR NIVELES

NIVEL			

	MASA (Kg - s ² /m)	PESO (Kg)	PESO (Tn)
7	13934.03	136692.85	136.69285
6	21067.42	206671.39	206.67139
5	21067.42	206671.39	206.67139
4	21067.42	206671.39	206.67139
3	21067.42	206671.39	206.67139
2	21072.16	206717.89	206.71789
1	20841.16	204451.78	204.45178

Fuente: Elaboración propia

Peso de la edificación P= 1374.548 Ton

El peso "P" se calculó adicionando a la carga permanente y total de la edificación el 25% de la carga viva teniendo en cuenta una categoría C. cumpliendo el artículo 4.3 de la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

b.1.3) Fuerza cortante en la Base

Según la Norma E.030 diseño sismorresistente, específicamente en el artículo 4.5.2 la fuerza cortante en la base se calculará mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P = V = \frac{0.35 \times 1.0 \times 2.5 \times 1.15}{3.6} 1374.548 = 384.186 \text{ Ton}$$

b.1.3.4) Distribución de fuerzas sísmicas en altura, rigideces y desplazamientos

Del modelamiento estructural, mediante el software ETABS específicamente en la tabla de reporte denominada "Fuerzas de piso" nos proporcionó la distribución de la cortante basal en altura (Vi), y seguidamente tenemos la distribución de fuerzas sísmicas en altura (Fi), en la tabla de reporte denominada "Rigideces de piso" nos proporcionó la distribución de rigideces de cada nivel, y en consecuencia se obtiene el desplazamiento del centro de masa de cada nivel, dichos datos se presentaron en las siguientes tablas:

TABLA N° 29

DISTRIBUCION DE FUERZAS SÍSMICAS, RIGIDECES Y

DESPLAZAMIENTOS EN EL SENTIDO X:

NIVEL	Vi (Kgf)	Fi (Kgf)	RIGIDECES (Kg/m)	DESPLAZAMIENTOS (m)
7	69623.16	69623.16	89226748	0.00078
6	159542.38	89919.22	150692529.6	0.00060
5	234475.05	74932.67	203007600.8	0.00037
4	294421.2	59946.15	242979698.4	0.00025
3	339380.8	44959.6	290921041.9	0.00015
2	369360.61	29979.81	379600284.7	0.00008
1	384186.19	14825.58	809918891.6	0.00002

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 30

DISTRIBUCION DE FUERZAS SÍSMICAS, RIGIDECES Y

DESPLAZAMIENTOS EN EL SENTIDO Y:

NIVEL	Vi (Kgf)	Fi (Kgf)	RIGIDECES (Kg/m)	DESPLAZAMIENTOS (m)
7	69623.16	69623.16	136119774.7	0.00051
6	159542.38	89919.22	249655663.1	0.00036
5	234475.05	74932.67	358316328.4	0.00021
4	294421.2	59946.15	462986264.6	0.00013
3	339380.8	44959.6	596079777.2	0.00008
2	369360.61	29979.81	832351525.4	0.00004
1	384186.19	14825.58	1673261283	0.00001

Fuente: Elaboración propia

b.1.3.5) Cálculo de derivas de piso.

De la tabla N°29 y N°30 del ítem b.1.3.4 se tiene la columna desplazamientos de los centros de masas de los niveles de la edificación, se multiplicaron por $0.75 \cdot R$ para obtener los desplazamientos laterales delta, seguidamente se divide entre la altura de

piso de cada nivel y se tienen las derivas de piso por cada nivel, dichos datos se mostraron en la siguiente tabla:

TABLA N° 31

DISTRIBUCION DE FUERZAS SÍSMICAS, RIGIDECES Y

DESPLAZAMIENTOS EN EL SENTIDO X:

DESPLAZAMIENTOS LATERALES DELTA (m)	ALTURA DE PISO (Hei) (m)	DERIVA DE PISO (DELTA/Hei)
0.00211	2.700	0.00078
0.00161	2.700	0.00060
0.00100	2.700	0.00037
0.00067	2.700	0.00025
0.00042	2.700	0.00015
0.00021	2.700	0.00008
0.00005	2.700	0.00002

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 32

DISTRIBUCION DE FUERZAS SÍSMICAS, RIGIDECES Y

DESPLAZAMIENTOS EN EL SENTIDO Y:

DESPLAZAMIENTOS LATERALES DELTA (m)	ALTURA DE PISO (Hei) (m)	DERIVA DE PISO (DELTA/Hei)
0.00138	2.700	0.00051
0.00097	2.700	0.00036
0.00056	2.700	0.00021
0.00035	2.700	0.00013
0.00020	2.700	0.00008
0.00010	2.700	0.00004
0.00002	2.700	0.00001

Fuente: Elaboración propia

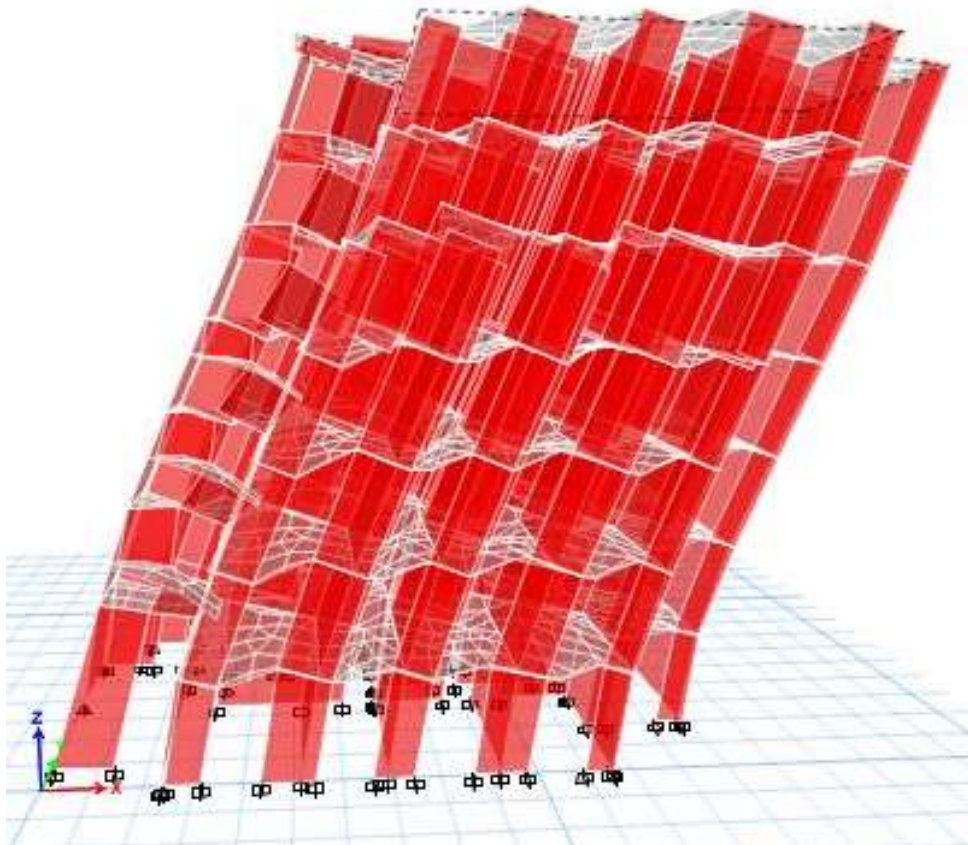
”Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles”

Según la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el desplazamiento lateral relativo admisible para edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada es 0.005, los valores de las derivas de piso están por debajo de ese valor por lo que el análisis sísmico es correcto y las derivas cumplen con la norma.

b.1.3.6) Deformada de la edificación por análisis estático

Del modelamiento estructural se obtuvo la deformada de la edificación por análisis estático en ambos sentidos la que fue mostrada a continuación:

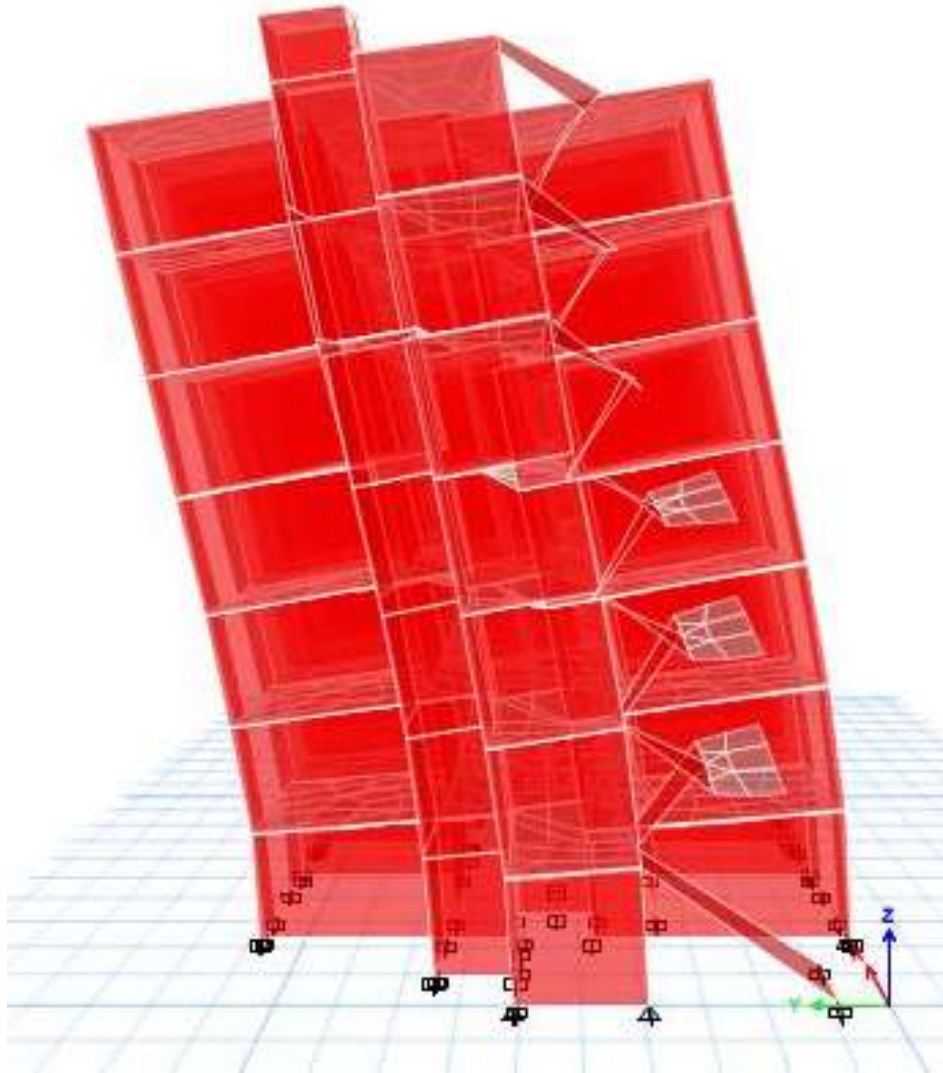
IMÁGEN N°32: DEFORMADA EN EL SENTIDO X (FACTOR DE ESCALA 1000)



Fuente: Elaboración propia

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

IMÁGEN N°33: DEFORMADA EN EL SENTIDO Y (FACTOR DE ESCALA 1000)



Fuente: Elaboración propia

b.2) ANÁLISIS DINÁMICO

b.2.1) Espectro de diseño

De acuerdo con la Norma E.030, específicamente en el artículo 4.6.2 Aceleración Espectral, para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizó un espectro inelástico pseudo aceleraciones definido por la siguiente expresión:

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

Los parámetros utilizados son los siguientes:

Z=	0.35
U=	1.0
S=	1.15
R=	3.6
T _p =	0.60
T _l =	2.0

En función de la variación del periodo "T" y el coeficiente de amplificación sísmica "C" tenemos las siguientes pseudo aceleraciones:

TABLA N° 33

COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA, PERIODOS Y PSEUDO ACCELERACIONES

C	T(s)	S _a /g
2.5	0	0.2795
2.5	0.02	0.2795
2.5	0.04	0.2795
2.5	0.06	0.2795
2.5	0.08	0.2795
2.5	0.1	0.2795
2.5	0.12	0.2795
2.5	0.14	0.2795
2.5	0.16	0.2795
2.5	0.18	0.2795
2.5	0.2	0.2795

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

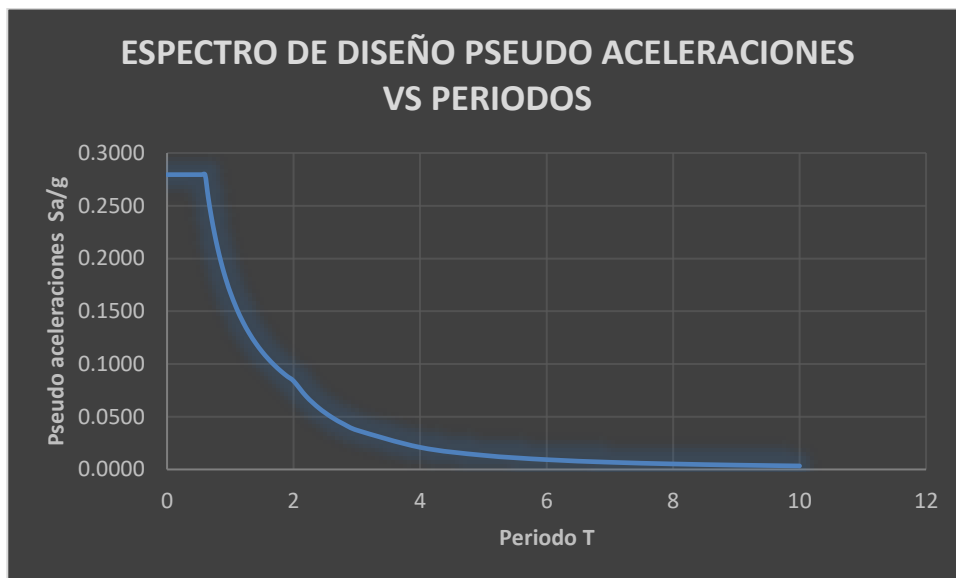
2.5	0.25	0.2795
2.5	0.3	0.2795
2.5	0.35	0.2795
2.5	0.4	0.2795
2.5	0.45	0.2795
2.5	0.5	0.2795
2.5	0.55	0.2795
2.5	0.6	0.2795
2.31	0.65	0.2580
2.14	0.7	0.2396
2.00	0.75	0.2236
1.88	0.8	0.2096
1.76	0.85	0.1973
1.67	0.9	0.1863
1.58	0.95	0.1765
1.50	1	0.1677
1.36	1.1	0.1525
1.25	1.2	0.1398
1.15	1.3	0.1290
1.07	1.4	0.1198
1.00	1.5	0.1118
0.94	1.6	0.1048
0.88	1.7	0.0987
0.83	1.8	0.0932
0.79	1.9	0.0883
0.75	2	0.0839
0.62	2.2	0.0693
0.52	2.4	0.0582
0.44	2.6	0.0496
0.38	2.8	0.0428
0.33	3	0.0373
0.19	4	0.0210
0.12	5	0.0134
0.08	6	0.0093
0.06	7	0.0068
0.05	8	0.0052
0.04	9	0.0041
0.03	10	0.0034

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se graficó el espectro de diseño psudo aceleraciones vs periodos:

GRÁFICA N°3

ESPECTRO DE DISEÑO SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA



Fuente: Elaboración propia

b.2.2) Fuerza cortante en la base.

En concordancia con la Norma E.030, específicamente en el artículo 4.6.4 Fuerza cortante mínima, indica que para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no será menor que el 90% para estructuras irregulares, en el siguiente cuadro se detalló el resultado de la cortante basal estático y dinámico para ambas direcciones de análisis:

TABLA N° 34

**CUADRO DE FUERZAS CORTANTE BASAL ESTÁTICA Y DINÁMICA EN
AMBAS DIRECCIONES DE ANÁLISIS**

DIRECCION DE ANÁLISIS	CORTANTE BASAL ESTÁTICO (Tn)	CORTANTE BASAL DINÁMICO (Tn)	% V DINÁMICO DEL V ESTÁTICO
X	384186.19	351319.64	91.45%
Y	384186.19	351377.12	91.46%

Fuente: Elaboración propia

Se verificó que el cortante basal dinámico es mayor al 90 % del cortante basal estático en ambas direcciones de análisis, por lo que cumple la Norma E.030.

b.2.3) Modos y Periodos de Vibración

Para el análisis dinámico se creó 21 modos de vibración, de manera que se consideraron apropiadamente las características de rigidez y distribución de las masas:

TABLA N° 35

CUADRO DE PERIODOS Y MODOS DE VIBRACIÓN

MODO	PERIODO (seg)	DIRECCION X	DIRECCION Y	ROTACION Z
1	0.242	0.10%	98.90%	1.00%
2	0.232	99.40%	0.00%	0.60%
3	0.156	2.50%	2.00%	95.50%
4	0.142	0.30%	88.00%	11.60%
5	0.072	6.70%	89.40%	3.90%
6	0.064	98.30%	0.10%	1.60%
7	0.059	8.20%	0.00%	91.70%
8	0.058	7.40%	0.00%	92.50%

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

9	0.055	1.80%	0.00%	98.20%
10	0.05	0.20%	0.80%	99.00%
11	0.048	0.40%	1.40%	98.20%
12	0.045	0.40%	0.80%	98.80%
13	0.038	3.90%	2.40%	93.70%
14	0.036	6.20%	10.40%	83.40%
15	0.034	6.80%	2.30%	91.00%
16	0.03	96.40%	0.10%	3.50%
17	0.024	7.60%	3.60%	88.80%
18	0.019	24.90%	71.40%	3.60%
19	0.018	71.70%	19.80%	8.50%
20	0.011	67.20%	16.80%	16.00%
21	0.011	12.10%	81.50%	6.40%

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se obtuvo que los dos primeros modos son de traslación y el tercer modo es de rotación.

b.2.4) Derivas de piso

Del modelamiento estructural realizado en el software ETABS 18.0.2 se obtuvo los desplazamientos laterales relativos máximos, se procedió a multiplicar por 0.75 R para tener las derivas de piso.

TABLA N° 36

CUADRO DE DERIVAS DE PISO EN EL SENTIDO X

NIVEL	DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS max	DERIVAS DE PISO
7	0.000384	0.0010
6	0.000435	0.0012
5	0.000468	0.0013
4	0.000471	0.0013
3	0.000446	0.0012
2	0.000382	0.0010
1	0.000191	0.0005

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 37

CUADRO DE DERIVAS DE PISO EN EL SENTIDO Y

NIVEL	DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS max	DERIVAS DE PISO
7	0.000029	0.00012
6	0.000033	0.00013
5	0.000035	0.00014
4	0.000037	0.00015
3	0.000035	0.00014
2	0.000113	0.00016
1	0.00006	0.00014

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Se realizó el cuadro comparativo presentando los resultados para el sistema de placas y sistema de muros de ductilidad limitada, especificando los parámetros de las propiedades de los materiales de los sistemas estructurales analizados, así como de los resultados del comportamiento ante cargas de gravedad y cargas de sismo, dichos resultados se presentaron en la siguiente tabla:

TABLA N°38
CUADRO DE ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES

PARÁMETROS	PLACAS	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	ANÁLISIS
Parámetros de los materiales de los sistemas estructurales			
Material del sistema estructural	Concreto armado	Concreto armado	
Resistencia a la compresión del concreto	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	
Propiedad mecánica direccional	Isotrópico	Isotrópico	
Peso por unidad de volumen del concreto	2400 Kg/m ³	2400 Kg/m ³	
Módulo de elasticidad del concreto	218819.79 Kg/cm ²	218819.79 Kg/cm ²	Se eligió las mismas variables en cuanto a propiedades mecánicas de los materiales para que sea motivo de evaluación las variables de comportamiento estructural ante cargas de gravedad y sismo.
Módulo de Poisson	0.2	0.2	
Coefficiente de expansión térmica del concreto	0.0000099	0.0000099	
Módulo de corte del concreto	91174.91	91174.91	
Esfuerzo de fluencia del acero	4200 Kg/cm ²	4200 Kg/cm ²	

Resistencia a la tracción del acero	6300 Kg/cm ²	6300 Kg/cm ²
Peso por unidad de volumen del acero	7849.05 kg/m ³	7849.05 kg/m ³
Módulo de elasticidad del acero	2038901.92 kg/cm ²	2038901.92 kg/cm ²

Coefficiente de expansión térmica del acero	0.0000117	0.0000117
---	-----------	-----------

Comportamiento estructural ante cargas de gravedad

Carga muerta	2009.83 Ton	1304.88 Ton	El sistema de placas tiene mayor carga muerta debido a su mayor espesor de muros
Carga viva	278.67 Ton	278.67 Ton	

Comportamiento estructural ante cargas de sismo

Peso sísmico	2079.496 Ton	1374.548 Ton	Claramente el sistema de placas tiene mayor peso sísmico
Configuración estructural vertical	Regular en altura	Regular en altura	Esto porque ambos sistemas no tienen irregularidad de piso blando, piso débil, masa, geometría vertical y discontinuidad en los sistemas resistentes
Configuración estructural en planta	Irregular por esquinas entrantes	Irregular por esquinas entrantes	Esto porque ambos sistemas no tienen irregularidad torsional, discontinuidad del diafragma, ni sistemas no paralelos, pero si tiene irregularidad por esquinas entrantes de 43.59% que es mayor al 20% establecido en la Norma E.030
Coefficiente de reducción de fuerzas sísmicas R	5.4	3.6	El sistema de muros de ductilidad limitada le corresponde menor coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas
Fuerza cortante en la base (Análisis estático)	387.498 Ton	384.186 Ton	Las fuerzas cortantes son similares en ambos sistemas siendo un poco mayor en el sistema de placas
Deriva máxima (Análisis estático)	Sentido X: 0.00053 Sentido Y: 0.00042	Sentido X: 0.00078 Sentido Y: 0.00051	La deriva máxima en el sistema de placas es menor, sin embargo ambos sistemas cumplen el mínimo permisible.
Fuerza cortante en la base (Análisis dinámico)	Sentido X: 354.256 Ton Sentido Y: 353.972 Ton	Sentido X: 351.319 Ton Sentido Y: 351.377 Ton	Las fuerzas cortantes son similares en ambos sistemas siendo un poco mayor en el sistema de placas

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

Deriva máxima (Análisis dinámico)	Sentido X: 0.0009 Sentido Y: 0.0005	Sentido X: 0.0013 Sentido Y: 0.00016	La deriva máxima en el sistema de placas es menor, sin embargo ambos sistemas cumplen el mínimo permisible.
Periodo fundamental de vibración	Sentido X: 0.154 seg Sentido Y: 0.195 seg	Sentido X: 0.232 seg Sentido Y: 0.242 seg	El sistema de placas presenta menores periodos puesto que tiene mas rigidez

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

A continuación, se han discutido los principales hallazgos de la presente investigación:

En cuanto al comportamiento estructural ante cargas de gravedad se presentó el sistema de placas soporta mayor carga muerta, es decir, 704.95 toneladas más que el sistema de muros de ductilidad limitada, analizando la densidad de muros tenemos que en el sistema de placas el área de resistencia al corte es de 16.137 m² en el sentido X, y de 19.83 m² en el sentido Y, en cambio en el sistema de muros de ductilidad limitado tenemos que el área de resistencia al corte es de 8.06 m² en el sentido X, y 9.915 m² en el sentido Y, definiéndose así que el sistema de placas tiene mejor comportamiento estructural ante cargas de gravedad.

En cuanto al comportamiento estructural ante cargas de sismo, se obtuvo que el peso sísmico es mayor en el sistema de placas, dicho peso se obtuvo adicionando a la carga muerta el 25% de la carga viva tal como indica la Norma E.030, debido a que el sistema de placas tiene de espesor de muros 10cm más que los muros de ductilidad limitada, además las placas tiene refuerzo con doble hilera de aceros, mientras que el sistema de muros de ductilidad limitada solo tiene una hilera de refuerzo (malla electro soldada).

La configuración estructural en altura es regular en ambos sistemas, puesto que no presentan irregularidad de piso blando es decir que las diferencias de rigideces de los pisos no son abruptas, no presentan irregularidad de piso débil puesto que la diferencia de fuerzas cortantes de cada piso están en el rango permisible, el edificio

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

no presenta irregularidad de más puesto que todos los niveles tienen masas muy similares en ambos sistemas. La geometría vertical es regular puesto que todos los niveles son similares en distribución, solo diferenciándose el primer nivel por la forma de la escalera pues desde el segundo nivel hasta el séptimo nivel la escalera presenta descansos. No presenta discontinuidad de los sistemas resistentes, todos los elementos estructurales verticales van igual desde el primer nivel hasta el último.

La configuración estructural en planta presenta irregularidad por esquinas entrantes, pero la irregularidad está presente solo en ese parámetro pues no presenta irregularidad torsional puesto que el centro de masa coincide con el centro de rigidez, no presenta discontinuidad de los diafragmas, y los sistemas resistentes son paralelos, esta irregularidad por esquinas entrantes de 43.59% de la longitud total de la planta se da porque es mayor al 20% permisible en la Norma E.030, entonces el factor de irregularidad en planta tomará el valor de 0.90, esto hace que el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas R ya no sea 6 para placas (muros estructurales) y 4 para muros de ductilidad limitada, en cambio el R será de 5.4 para placas y 3.6 para muros de ductilidad limitada, y es lógico que sean menores valores porque al tener algo de irregularidad en planta es necesario que se analice el edificio para pseudo aceleraciones mayores que para una estructura que tiene regularidad en planta.

La fuerza cortante en la base del análisis estático en ambos sistemas son similares, en el sistema de placas la cortante basal es 387.499 toneladas y en el sistema de muros de ductilidad limitada es de 384.186 toneladas, la diferencia es poca puesto que por un lado es cierto que el peso sísmico es considerablemente mayor en el sistema de placas (es mayor 51.29%) pero también se tiene presente que el factor de reducción de fuerza sísmica R es también mayor en el sistema de placas, por lo que al momento

de calcular la fuerza cortante basal estática se compensan los cálculos y se obtienen valores similares diferenciándose en solo 3.312 toneladas.

Los desplazamientos laterales son mayores en el sistema de placas, y menores en el sistema de muros de ductilidad limitada, de igual manera las derivas máximas, en ambos sistemas estructurales la dirección de análisis más rígida es el sentido Y, y también da como resultado que el sistema de placas tiene mayor rigidez lateral que el sistema de muros de ductilidad limitada, fue importante mencionar que las derivas de ambos sistemas cumplen los máximos permisibles en la Norma E.030. por lo que se espera que ante un evento sísmico el edificio multifamiliar de siete niveles sufra menos daño con el sistema de placas.

Por todo lo expuesto el sistema de placas tiene mejor comportamiento estructural ante cargas de gravedad y de sismo.

4.2 Conclusiones

- Se comparó el comportamiento estructural entre el sistema de placas y sistemas de muros de ductilidad limitada de un edificio multifamiliar de siete niveles obteniendo como resultado que el sistema de placas tiene mejor comportamiento estructural.
- Se analizó el comportamiento de la estructura del sistema de placas del edificio ante cargas de gravedad y cargas de sismo de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones obteniendo todos los resultados dentro de los valores permisibles.
- Se analizó el comportamiento de la estructura del sistema de muros de ductilidad limitada del edificio ante cargas de gravedad y cargas de sismo de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones obteniendo todos los resultados dentro de los valores permisibles.

"Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles"

- Se compararon los resultados obtenidos del análisis de ambos sistemas estructurales teniendo como resultado que el sistema de placas tiene mejor respuesta estructural ante cargas de gravedad y de sismo puesto que dicho sistema resiste mayor peso de la estructura y ante un evento sísmico sufrirá menor daño estructural.

REFERENCIAS

- Cáceres A. y Enriquez L. (2017). Análisis de costos, diseño sismoresistente – estructural comparativo entre los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería estructural de un edificio multifamiliar (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Chunque, J. (2013). Nivel de desempeño sísmico del edificio "a" de la Universidad Privada del Norte - sede Cajamarca (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Delgado R. y Peña C. (2006) Edificios peruanos con muros de concreto de ductilidad limitada (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica del Peru, Lima, Perú.
- Guevara I. y Vera E. (2013) Diseño de un edificio de concreto armado de 6 pisos con semisótano para un hotel - restaurant ubicado en el distrito de nuevo Chimbote, provincia Santa (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Kuroiwa, J. (2002). Reducción de desastres. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Lima, Perú: Editorial Quebecor World Peru S.A
- Pasquel, E. 2006 Consulta realizada al ingeniero Enrique Pasquel. Lima, Perú
- Santana, R. (2012). Diseño sísmico por desempeño de estructuras de albañilería confinada (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Zavaleta L. (2009). Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Trujillo (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.