

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Análisis comparativo de la respuesta estructural  
de edificaciones de forma regular e irregular con  
zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San  
Román, Puno, 2021**

Froilan Mamani Paricahua

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Cusco, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

# Análisis comparativo de la respuesta estructural de edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno, 2021

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
8	vsip.info Fuente de Internet	<1%

9	<a href="http://www.minedu.gob.pe">www.minedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://www.studocu.com">www.studocu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://kupdf.net">kupdf.net</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
15	<a href="http://ia801009.us.archive.org">ia801009.us.archive.org</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
18	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://fr.slideshare.net">fr.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %

20	<a href="http://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
26	<a href="http://diposit.ub.edu">diposit.ub.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://proceedings.systemdynamics.org">proceedings.systemdynamics.org</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://www.doccity.com">www.doccity.com</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://www.webology.org">www.webology.org</a> Fuente de Internet	<1 %
31	1library.co	

Fuente de Internet

<1 %

32

moam.info

Fuente de Internet

<1 %

33

es.unionpedia.org

Fuente de Internet

<1 %

34

repositorio.unu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

35

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

36

www.mef.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

37

Submitted to Universidad Autónoma de Bucaramanga, UNAB

Trabajo del estudiante

<1 %

38

Submitted to Universidad Nacional de Piura

Trabajo del estudiante

<1 %

39

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

40

renati.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

41

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

42

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

43

[bibdigital.epn.edu.ec](http://bibdigital.epn.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

44

[repositorio.uancv.edu.pe](http://repositorio.uancv.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

45

[repositorio.usil.edu.pe](http://repositorio.usil.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

46

[www.ifad.org](http://www.ifad.org)

Fuente de Internet

<1 %

47

A.R. Archana, M. Abdul Akbar. "Structural irregularity quantification in buildings using vital signs", Structures, 2021

Publicación

<1 %

48

[repositorio.ute.edu.ec](http://repositorio.ute.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

49

[www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Fuente de Internet

<1 %

50

[repositorio.unjfsc.edu.pe](http://repositorio.unjfsc.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

51

[tesis.ucsm.edu.pe](http://tesis.ucsm.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

52

Submitted to Universidad San Francisco de Quito

Trabajo del estudiante

<1 %

53	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
54	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec">www.dspace.uce.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
55	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
56	<a href="http://www.aulavirtualusmp.pe">www.aulavirtualusmp.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
57	<a href="http://acvenisproh.com">acvenisproh.com</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="http://repositorio.ups.edu.pe">repositorio.ups.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="http://www.zafiro tours.net">www.zafiro tours.net</a> Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
62	<a href="http://www.meteorologiaenred.com">www.meteorologiaenred.com</a> Fuente de Internet	<1 %
63	<a href="http://civil.uprm.edu">civil.uprm.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
64	<a href="http://cybertesis.uach.cl">cybertesis.uach.cl</a> Fuente de Internet	<1 %

<1 %

65

[docplayer.es](http://docplayer.es)

Fuente de Internet

<1 %

66

[dokumen.pub](http://dokumen.pub)

Fuente de Internet

<1 %

67

[repositorio.uap.edu.pe](http://repositorio.uap.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

68

[repositorio.udh.edu.pe](http://repositorio.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

69

[repositorio.umch.edu.pe](http://repositorio.umch.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

70

[repositorio.upeu.edu.pe:8080](http://repositorio.upeu.edu.pe:8080)

Fuente de Internet

<1 %

71

[tesis.pucp.edu.pe](http://tesis.pucp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

72

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

Fuente de Internet

<1 %

73

[archive.org](http://archive.org)

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi gratitud a nuestro creador, por conferir la existencia.

Mi correspondencia a Flora Inés, compañera de mi existencia, a mis hijos Caleb Fabricio y Franklin Josué quienes son el motor de mi empeño.

Mi reconocimiento a mis estimados padres y hermanos por brindarme su apoyo incondicional.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis abuelas Carmen (que en paz descanse) y Leandra quienes han sido la fortaleza en mi formación.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	15
1.1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.1.2. Formulación del problema.....	18
1.1.2.1. Problema general.....	18
1.1.2.2. Problemas específicos.....	18
1.2. Objetivos.....	18
1.2.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos.....	18
1.3. Justificación e importancia.....	18
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	19
1.4.1. Hipótesis general.....	19
1.4.2. Hipótesis específicas.....	19
1.4.3. Variables.....	20
1.4.3.1. Variable independiente.....	20
1.4.3.2. Variable dependiente.....	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes del problema.....	21
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	21
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	23
2.2. Bases teóricas.....	24

2.2.1. Configuración geométrica de la planta .....	24
2.2.2. Dimensiones de la configuración geométrica de planta .....	27
2.2.3. Respuesta estructural .....	28
2.2.4. Dimensiones e indicadores de la respuesta estructural .....	30
2.2.5. Cimentaciones .....	30
2.2.5.1. Profundidad mínima de cimentación .....	31
2.2.5.2. Capacidad portante o resistente de suelos .....	31
2.2.6. Tipos de cimentaciones .....	32
2.2.6.1. Zapatas corridas .....	32
2.2.6.2. Zapatas aisladas .....	32
2.2.7. Riesgo sísmico en edificaciones .....	33
2.2.7.1. Riesgo sísmico .....	33
2.2.7.2. Peligro sísmico .....	33
2.2.7.3. Vulnerabilidad sísmica .....	34
2.2.8. Filosofía y principios de diseño sismorresistente .....	34
2.2.9. Concepción estructural sismorresistente.....	35
2.3. Definición de términos básicos .....	36
CAPÍTULO III.....	40
METODOLOGÍA.....	40
3.1. Método y alcance de la investigación .....	40
3.1.1. Método de investigación .....	40
3.1.2. Tipo de investigación .....	40
3.1.3. Alcance de la investigación.....	40
3.2. Diseño de la investigación.....	41
3.3. Población y muestra .....	41
3.3.1. Población.....	41
3.3.2. Muestra.....	41
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	42
3.4.1. Técnicas de recolección de datos .....	42
3.4.2. Instrumento de recolección de datos .....	42
3.4.3. Técnicas de análisis de datos .....	42
CAPÍTULO IV .....	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	43

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información (tablas y figuras) .....	43
4.1.1. Configuración geométrica de la planta .....	43
<i>Ubicación</i> .....	43
<i>Propuesta arquitectónica</i> .....	43
<i>Forma geométrica de la planta</i> .....	48
4.1.2. Análisis de los modelos estructurales .....	50
4.1.3. Análisis dinámico modal espectral .....	51
4.1.4. Diseño de elementos estructurales de concreto armado.....	56
<i>Diseño de vigas</i> .....	56
<i>Diseño de columnas</i> .....	59
Diseño de <i>losa</i> aligerada .....	65
4.1.5. Diseño de la cimentación .....	69
4.2. Prueba de hipótesis.....	78
4.3. Discusión de resultados .....	87
CONCLUSIONES .....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	90
ANEXOS .....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Programación arquitectónica del modelo 1 (regular) .....	44
Tabla 2. Programación arquitectónica del modelo 2 irregular .....	46
Tabla 3. Coeficiente de participativa de la masa - modelo 1 .....	52
Tabla 4. Coeficiente de participativa de la masa - modelo 2 .....	52
Tabla 5. Máximas derivas del modelo 1 .....	53
Tabla 6. Máximas derivas del modelo 2 .....	54
Tabla 7. Cortante estática basal del modelo 1 .....	55
Tabla 8. Cortante estática basal del modelo 2 .....	55
Tabla 9. Cortante dinámico total en la base del modelo 1 .....	56
Tabla 10. Cortante dinámico total en la base del modelo 2 .....	56
Tabla 11. Diseño por flexo-compresión de la columna C2 del modelo 1 .....	63
Tabla 12. Diseño por flexo-compresión de la columna 2 del modelo 2 .....	65
Tabla 13. Diseño de la losa aligerada del modelo 1 .....	66
Tabla 14. Diseño de la zapata esquinada C2 del modelo 1 .....	71
Tabla 15. Diseño de la zapata esquinada C2 del modelo 2 .....	74
Tabla 16. Sismo dinámico en X-X .....	78
Tabla 17. Sismo dinámico en Y-Y .....	79
Tabla 18. Comparación de las derivas máximas en los modelos 1 y 2 .....	79
Tabla 19. Comparación de desplazamientos en X-X análisis dinámico .....	80
Tabla 20. Comparación de desplazamientos en Y-Y análisis dinámico .....	81
Tabla 21. Fuerza cortante mínima Vestático - Vdinámico – Modelo 1 .....	84
Tabla 22. Fuerza cortante mínima Vestático - Vdinámico – Modelo 2 .....	85
Tabla 23. Determinación coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas .....	86
Tabla 24. Comparación de resultados del análisis sísmico .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de Propuesta de Zonificación del distrito de San Miguel (7)</i>	16
Figura 2. <i>Fotografía de edificación con tres niveles en la calle Nueva Urb. Independencia del distrito de San Miguel.</i>	17
Figura 3. <i>Configuraciones estructurales recomendadas (18).</i>	25
Figura 4. <i>Configuraciones estructurales regulares (19).</i>	26
Figura 5. <i>Ejemplos de plantas irregulares (20).</i>	27
Figura 6. <i>Esquema de plano de sistema estructural simple (23).</i>	29
Figura 7. <i>Esquema representativo de los componentes de la repuesta dinámica (23).</i>	29
Figura 8. <i>Zapata corrida para muro (21).</i>	32
Figura 9. <i>Zapata aislada (21).</i>	33
Figura 10. <i>Presiones debajo de la zapata para suelos granulares y cohesivos (21).</i>	33
Figura 11. <i>Esquemización de las distribuciones indeseables del peso de edificaciones (20).</i>	35
Figura 12. <i>Diseño de investigación (24; 26).</i>	41
Figura 13. <i>Localización del área de estudio – Urb. Ampliación Independencia. Tomado del Plano de habilitaciones urbanas de la Municipalidad Provincial de San Román.</i>	43
Figura 14. <i>Distribución en planta de la programación arquitectónica primer nivel del modelo 1.</i>	45
Figura 15. <i>Distribución en planta de la programación arquitectónica del 2° a 3° nivel del modelo 1.</i>	45
Figura 16. <i>Plano de Arquitectura cortes y elevaciones del modelo 1 (regular).</i>	46
Figura 17. <i>Distribución en planta de la programación arquitectónica primer nivel del modelo 2.</i>	47
Figura 18. <i>Distribución en planta de la programación arquitectónica del 2° a 3° nivel del modelo 2.</i>	47
Figura 19. <i>Plano de Arquitectura cortes y elevaciones del modelo 2 (irregular).</i>	48

Figura 20. Verificación de irregularidad en planta del modelo 1. Tomado de presentación 3D Cypecad 2020.f.....	48
Figura 21. Verificación de irregularidad en planta del modelo 2. Tomado de presentación 3D Cypecad 2020.f.....	49
Figura 22. Representación de elevaciones del modelo 1. Tomado de presentación 3D Cypecad 2020.f.....	50
Figura 23. Representación de elevaciones del modelo 2. Tomado de presentación 3D Cypecad 2020.f.....	51
Figura 24. Pórtico 4 en la losa 3 del modelo 1. Tomado de los resultados de la vista en planta de los pórticos del modelo 1, Cypecad 2020.f. ....	58
Figura 25. Pórtico 4 en la losa 3 del modelo 2. Tomado de los resultados de la vista en planta de los pórticos del modelo 2, Cypecad 2020.f. ....	59
Figura 26. Vista en planta de las columnas del modelo 1. ....	61
Figura 27. Esfuerzos de la columna C2 del modelo 1. Tomado de los resultados de la columna C2 desde cimentación hasta nivel 3 del modelo 1, Cypecad 2020.f. ....	62
Figura 28. Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones sísmicas (combinaciones sísmicas) de la columna C2 del modelo 1. Tomado de los resultados de comprobaciones de la columna C2 en el nivel 3 del modelo 1, Cypecad 2020.f. ....	62
Figura 29. Vista en planta de las columnas del modelo 2. Tomado de los resultados de la vista en planta de las columnas del modelo 2, Cypecad 2020.f. ....	63
Figura 30. Esfuerzos de la columna C2 del modelo 2. Tomado de los resultados de la columna C2 desde cimentación hasta nivel 3 del modelo 2, Cypecad 2020.f. ....	64
Figura 31. Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones sísmicas de la columna C2 del modelo 2. Tomado de los resultados de comprobaciones de la columna C2 en el nivel 3 del modelo 2, Cypecad 2020.f. ....	64
Figura 32. Comparación de derivas en dirección X-X de los modelos 01 y 02. ....	78

Figura 33. <i>Comparación de derivas en dirección Y-Y de los modelos 01 y 02.</i> .....	79
Figura 34. <i>Comparación de desplazamientos en dirección X-X de los modelos 01 y 02.</i> .....	80
Figura 35. <i>Comparación de desplazamientos laterales en dirección Y-Y de los modelos 01 y 02.</i> .....	81
Figura 36. <i>Esfuerzos en ejes locales columna de los modelos 01 y 02.</i> .....	82
Figura 37. <i>Esfuerzos en ejes locales columna en dirección X-X de los modelos 01 y 02.</i> .....	82
Figura 38. <i>Esfuerzos en ejes locales columna en dirección Y-Y de los modelos 01 y 02.</i> .....	83
Figura 39. <i>Esfuerzos en ejes locales columna en dirección X-X de los modelos 01 y 02.</i> .....	83
Figura 40. <i>Esfuerzos en ejes locales columna en dirección Y-Y de los modelos 01 y 02.</i> .....	84

## RESUMEN

En la presente investigación, se ha planteado como propósito determinar las diferencias existentes en la respuesta estructural entre edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno. Para tal fin, se propuso la metodología basada en el enfoque cuantitativo, tipo básica y diseño no experimental-transversal, usando como método general el descriptivo-comparativo y la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” como método específico. La población y la muestra se compuso de una vivienda multifamiliar de tres niveles ubicada en la zona urbana de dicho distrito y se aplicó la observación como técnica de recogida de información. El estudio concluyó en que el modelo 1 (edificación de forma regular con zapatas aisladas) tiene mayor respuesta estructural que el modelo 2 (edificación de forma irregular con zapatas aisladas), visto que el segundo excede el límite permisible de distorsión de entrepiso en 4%. Además, tiene mayor desplazamiento X-X de 17.2% a una altura de 8.6 m y mayor desplazamiento Y-Y de 17.3% a esa misma altura; además, no cumple con la condición de cortante basal mínimo en dirección X-X y en dirección Y-Y.

**Palabras claves:** configuración geométrica, cimentación, respuesta estructural, carga sísmica.

## ABSTRACT

In the present investigation, the purpose has been to determine the existing differences in the structural response between buildings of regular and irregular shape with isolated footings in the district of San Miguel, San Román, Puno. For this purpose, a methodology based on the quantitative approach, basic type and non-experimental-transversal design was proposed, using the descriptive-comparative method as a general method and the Technical Standard E.030 "Earthquake Resistant Design" as a specific method, where the population and the The sample consisted of a three-story multi-family dwelling located in the urban area of said district and observation was applied as a technique for collecting information. The study concludes that model 1 (regular-shaped building with isolated footings) has a greater structural response than model 2 (irregular-shaped building with isolated footings), since the latter exceeds the permissible limit of mezzanine distortion by 4%; it has a greater X-X displacement of 17.2% at a height of 8.6 m and a greater Y-Y displacement of 17.3% at the same height; In addition, it does not meet the minimum basal shear condition in the X-X direction and in the Y-Y direction.

**Keywords:** geometric configuration, foundation, structural response, seismic load.

## INTRODUCCIÓN

Las necesidades habitacionales han venido creciendo a un ritmo acelerado como resultado del proceso de urbanización, de lo cual no ha escapado el distrito de San Miguel en San Román (Puno). Por ello, también se requieren del establecimiento de propuestas novedosas para solventar el aumento de la demanda de viviendas. Sin embargo, la informalidad y la necesidad de ahorrar en costos en la construcción de las edificaciones ha conllevado que se incumplan las normas establecidas, dentro de ellas, la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”.

La anterior disposición técnica tiene especial trascendencia en el Perú, debido a su ubicación geográfica y condiciones geológicas, que lo hacen estar expuestos a eventos sísmicos de distintas intensidades. De esta manera, se entiende que propuestas como edificaciones de tipo irregular, que tienen asociado montos en costos más bajos y mejor estética que las de configuración regular, deben ser constantemente sometidas a evaluación. Ello se debe a que su desempeño estructural parece comprometer el rendimiento de la edificación, incluso a pesar de que se opte por cimentaciones de zapatas aisladas.

Con base en lo anterior, se presente este estudio cuantitativo, básico y diseño no experimental-transversal. Asimismo, se enfoca en la determinación de las diferencias existentes en la respuesta estructural entre edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno. De esta manera, la investigación señalada se ha dividido en cuatro capítulos: En el capítulo I se caracteriza y establece la situación problemática, el propósito del estudio, la justificación, hipótesis y las variables de estudio. El capítulo II contiene los antecedentes del estudio y las bases teóricas, referidas a aspectos como configuración geométrica de la planta, respuesta estructural, cimentaciones y riesgos sísmico. El capítulo III se refiere al diseño metodológico del estudio, donde se aprecian aspectos como el método, la manera cómo serán recolectados y analizados los datos; así como, la población y muestra. En el capítulo IV, se presentan los resultados descriptivos, se comprueban las hipótesis y discuten los resultados, lo cual

permite establecer a continuación las conclusiones del estudio. Por último, se presentan las referencias bibliográficas del estudio y los anexos del estudio.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

De acuerdo con el Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), entre 1980 y 2000, cerca del 75% de la población en el mundo estuvo expuesta a fenómenos naturales como sequías, terremotos, inundaciones, entre otros, que ocasionan innumerables daños. Entre estos, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) destaca la pérdida de una gran cantidad de vidas. Así, durante las últimas dos décadas, se estima que 1.35 millones de habitantes han fallecido a causa de este tipo de desastres ocasionados por la naturaleza (1).

La situación geográfica del Perú, ubicado en el Cinturón de Fuego del Océano Pacífico, genera que el 85% de los movimientos sísmicos mundiales se concentre en su territorio (1). Específicamente, la sismicidad en el país se encuentra relacionada con eventos de subducción concentrados entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana; de hecho, entre 1970 y 2019, se han suscitado once terremotos de intensidades que van de 6.2 a 8.4 Mw (2; 3).

Estos eventos sísmicos generan, en muchos casos, el colapso de las infraestructuras; en especial, si estas se encuentran cerca de las fallas de activas y tienen debilidades estructurales, lo que ocasiona que su resistencia al movimiento sísmico sea inferior, explicando en gran parte la vulnerabilidad de dichas infraestructuras (3). Basado, en estas consideraciones, la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” establece que las edificaciones, así como sus partes, deben diseñarse y construirse para soportar las sollicitaciones sísmicas, por lo que se estipulan ciertas especificaciones con la intención de impedir la muerte de habitantes, mantener la operatividad de los servicios fundamentales y reducir al mínimo los perjuicios a las infraestructuras (4).

A pesar de ello, el 75% de las viviendas que se construyen en el país son informales, incumpliendo lo establecido en la Norma Técnica E.030, al igual que el resto de las disposiciones en esta materia. Un rasgo descollante es que la mayoría de estas no se edifican en terrenos seguros y/o sin dirección técnica, no contando con un diseño estructural que cumplan con las características mínimas (5).

Esta realidad también se presenta en el distrito de San Miguel, provincia de San Román del departamento de Puno, que tiene para el año 2021, una población estimada de 73,077 habitantes, con la tasa de aumento de habitantes provincial más elevada en el departamento, con 2.81% promedio anual (6). Si bien, en el área de estudio, los sismos no se registran con mayor frecuencia, es necesario considerar que la misma se ubican en una zona con probabilidades de peligro sísmico por ubicarse en las fallas Urcos, Sicuani y Ayaviri.



Figura 1. Mapa de Propuesta de Zonificación del distrito de San Miguel (7)

Asimismo, según el Plan Director de Juliaca, la zona donde se seleccionó el estudio es residencial de media densidad (R3) y está identificada para viviendas o residencias tratadas individualmente o en conjunto, debido a que concentra una población de nivel

socioeconómico medio, que habitan viviendas unifamiliares o bifamiliares (7).



*Figura 2. Fotografía de edificación con tres niveles en la calle Nueva Urb. Independencia del distrito de San Miguel.*

En fase de construcción de las viviendas, no se emplean los criterios arquitectónicos y estructurales. Además, la mayoría de las edificaciones familiares de dos a cuatro niveles existentes en el área de estudio es de configuraciones de geometría regular en planta, pero también existen edificaciones de geometría irregular, por lo general, con zapatas aisladas por ser de menor costo en su construcción.

Estas irregularidades afectan cómo las estructuras responden a efectos sísmicos y la magnitud de la variación en su respuesta depende del tipo, grado y ubicación de dichas irregularidades. Por lo tanto, a pesar de su estética, utilidad y bajo costo, debe realizarse una elección juiciosa de estos parámetros en el diseño de estructuras para no afectar el rendimiento de la estructura. Por lo anterior, existe suficiente evidencia empírica que demuestra que pueden tener igual respuesta estructural a edificaciones de forma regular, en caso de que su diseño y construcción sean apropiados (8). Por lo descrito, en la siguiente sección, se formula el problema general.

## **1.1.2. Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cuáles son las diferencias existentes en la respuesta estructural entre edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son las diferencias existentes en la respuesta por piso de edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno?
- ¿Cuáles son las diferencias existentes en las fuerzas internas de la estructura de edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar las diferencias existentes en la respuesta estructural entre edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la respuesta por piso de edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.
- Establecer las fuerzas internas de la estructura de edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.

## **1.3. Justificación e importancia**

El distrito de San Miguel de la provincia de San Román, Puno, se encuentra en una zona con probabilidades de riesgo sísmico por

ubicarse en las fallas Urcos, Sicuani y Ayaviri. La mayor parte de los edificios existentes se construyen sin seguir un criterio técnico adecuado, los cuales conllevan que las edificaciones y sus pobladores estén en peligro. En consecuencia, dicha situación promueve la realización del presente estudio de investigación.

Asimismo, la necesidad de infraestructura habitacional en el distrito de San Miguel está relacionada con la carencia de viviendas del 16.6% con condiciones de aglomeración y precarias características técnicas – constructivas presentes en al menos el 20% de las edificaciones con elementos físicos inadecuados (9). Por lo tanto, se requiere de estudios como los de este tipo que permiten evaluar alternativas de diseño adaptadas a las características de esta zona, sin que representen mayores costos a las poblaciones.

Desde el punto de vista teórico, se requiere seguir innovando en alternativas de diseño que generen bajo costos a las poblaciones de menores recursos. Dentro de estas opciones, se encuentra las inclusiones de irregularidades estructurales en las plantas, pero es necesario comprobar su resistencia a distintas cargas sísmicas. Para ello, es menester estudiar sus diferentes posiciones y cimentaciones superficiales que pudieran redistribuir los esfuerzos y la difusión de la energía del sismo, entre los factores para reducir la probabilidad de colapsar las edificaciones (10).

#### **1.4. Hipótesis y descripción de variables**

##### **1.4.1. Hipótesis general**

La respuesta estructural es mayor en una edificación de forma regular que en una edificación de forma irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.

##### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- La resistencia por pisos de una edificación de forma regular es mayor a la de una edificación de forma irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.

- Las fuerzas internas de una edificación de forma regular son mejores a la de una edificación de forma irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.

### **1.4.3. Variables**

#### **1.4.3.1. Variable independiente**

- Configuración geométrica de la planta

##### *Dimensiones e indicadores*

- Propuesta arquitectónica
  - Área de construcción
  - Categoría y uso de la edificación
  - Altura total de la edificación
  - Distribución de ambientes
- Forma geométrica de la planta
  - Cantidad de lados
  - Regularidad geométrica

#### **1.4.3.2. Variable dependiente**

- Respuesta estructural

##### *Dimensiones e indicadores*

- Respuesta por piso
  - Períodos de vibración
  - Frecuencias angulares
  - Desplazamientos
- Fuerzas internas de la estructura
  - Fuerza normal
  - Fuerza cortante
  - Momento flector

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

##### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

Entre las referencias nacionales para el desarrollo de la investigación, se tiene una pesquisa cuyo objetivo fue presentar un estudio comparativo de un modelo sísmico de base empotrada respecto a modelos dinámicos, del tipo interacción sísmica entre el suelo y la estructura para una edificación con pórticos y placas sobre zapatas aisladas (11). La indagación se definió como de enfoque cuantitativo en vista del tipo de datos que requería recabar para su desarrollo. Además, se definió como aplicada, ya que sus resultados podían ser utilizados en la práctica y como de tipo comparativo. Asimismo, el estudio se desarrolló para un inmueble desarrollado sobre una parcela de 170 m<sup>2</sup> que se encuentra en la ciudad de Piura, la cual cuenta con suelos del tipo arena arcillosa, en tal sentido, se definió la población y la muestra como una misma. Para la recolección de datos, se empleó el programa SAP 2000 v20 para su posterior análisis, teniendo en consideración el desplazamiento y las derivas permitidas según la norma prevista. Los resultados mostraron que la flexibilidad del suelo, sobre los cuales se apoyan los cimientos, contribuyen a prolongar el tiempo de la primera vibración, llegando a aumentar entre un 34.39% a 34.23%. Asimismo, se pudo identificar un aumento de desplazamientos máximos del centro de masa, siendo estos aumentos de 35.78% a 35.87% para el eje X y 39.39% a 39.45% para el eje Y. Por otra parte, las fuerza cortantes máximas se redujeron entre 50.51% a 50.68%, mientras que hubo una reducción de entre 12.24% a 12.49% en las fuerzas cortantes máximas; finalmente, al evaluar los resultados según la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 de Rusia y el ASCE/SEI 41-13 de los EE.UU. no se encontró diferencia significativa.

Se dispone del trabajo basado en realizar un estudio de tipo comparativo entre la respuesta de la estructura de un edificio regular sobre zapatas aisladas, considerando cómo interactúan el suelo y la estructura y sin considerarla (12). El enfoque del estudio fue cuantitativo, con un diseño no

experimental y tipo aplicada. Respecto a la población y muestra de estudio, se correspondían a la misma unidad, constituida por un edificio regular de seis pisos con zapatas aisladas destinado como unidad multifamiliar, ubicado en la ciudad de Cajamarca. En la recogida de datos, se recurrió al análisis estructural ante efectos sísmicos por análisis estático, dinámico con espectro de aceleración y tiempo historia de acuerdo con lo establecido en la Norma E.030, haciéndose uso del programa ETABS 2016. Como modelos de comparación se usaron los siguientes: Barkan, Ilichev, Sargsian y la Norma Rusa. Los hallazgos permitieron validar que, ante la presencia de la interacción entre el suelo y la estructura, la respuesta estructural es mayor al compararlo con el modelo convencional, puesto que el desplazamiento aumentó en un 77.78%. Asimismo, las derivas aumentaron un 104.75%, al igual que los períodos de vibraciones que se elevaron en un 55.19%, mientras que las fuerzas internas también tuvieron un aumento de 49.75%, a la vez que las fuerzas cortantes y las frecuencias se redujeron en 4.61% y 25.22%, respectivamente.

También, se cuenta con el trabajo centrado en realizar un estudio comparativo para determinar las diferencias en la respuesta de la estructura de una vivienda con zapatas aislada considerando y sin considerar de qué manera interactúan la misma estructura y el suelo (13). La investigación fue cuantitativa, descriptiva y no experimental, así como de corte transversal en vista que solo se tomarían los datos en un momento único, con los cuales se lograría identificar cómo interactúan el suelo y la estructura. Para el desarrollo del estudio, se consideraron dos modelos dinámicos, tal como el D. D. Barkan – O. A. Savinov y la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87. La población y la muestra se correspondían a la misma unidad, por lo cual se consideraba el método de selección de juicio experto. La técnica de obtención de información corresponde a la observación y la ficha de recolección de datos el instrumento seleccionado, con las cuales se obtuvieron los registros que fueron procesados mediante el software SAP 2000. Los principales resultados del estudio mostraron que, en cuanto al período de vibración, se incrementó en un 2.19% para el modelo Barkan y 2.18% para la Norma Rusa. Asimismo, aumentaron los desplazamientos máximos de centros de masa del 9.67% y

12.36%; por otra parte, las fuerzas cortantes se redujeron en 3.83% y 2.43% para los mismos modelos.

### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

En el ámbito internacional, se tiene un estudio cuyo objetivo fue elaborar un estudio de corte comparativo entre el desempeño estructural de una construcción de hormigón armado tomando en consideración una base rígida por una parte y la manera en que interactúan entre el suelo y la estructura por otra (14). El estudio tuvo un enfoque cuantitativo dado el tipo de datos que era necesario recabar para su desarrollo. Además, se identificó como descriptivo y de corte transversal, ya que se registró cómo interactúan el suelo y la estructura en un momento determinado solamente. Por otra parte, se consideró la observación como la técnica adecuada para el levantamiento de datos, instrumentada mediante la ficha de recolección de información. En este sentido, se hizo uso de dos modelos para identificar las diferencias en las respuestas estructurales y proceder a la comparación de resultados, siendo estos los modelos de Barkan y el modelo de Sarsgian. Los resultados del estudio dejaron evidencia que la vibración tuvo un aumento de 30.3%, mientras que las fuerzas cortantes crecieron el 14.5%. Además, los desplazamientos, de igual forma, aumentaron el 57.7%, mientras que la deriva inelástica se incrementó el 39%. Todos estos valores resultaron de la comparación de los modelos respecto al modelo rígido de referencia.

También, se consideró una investigación donde se planteó el objetivo de realizar un análisis comparativo de tipo sísmico de una edificación de mediana altura tomando en consideración un sistema de base fija con relación a cómo interactúan el suelo y la estructura (15). El método definido para finiquitar la investigación fue cuantitativo del tipo descriptivo y no experimental. Se tomó en cuenta el resultado numérico arrojado por los modelos seleccionados para realizar la comparación, siendo la población y la muestra las misma, puesto que se correspondía a una edificación de cinco niveles. Los métodos seleccionados fueron el de FEMA, ASCE y BARKAN, mientras que las normas de referencia fueron la NEC\_SE\_DS de Ecuador y la ACI 318-14 de los Estados Unidos. Los principales hallazgos del estudio indicaron que

respecto a la base fija, la vibración se incrementó en un 50% para el modelo FEMA, mientras que los desplazamientos se incrementaron un 86% para el mismo modelo. Respecto a la participación de masas para el modelo FEMA el incremento fue del 83%. Adicionalmente, el momento máximo de volcamiento tuvo un aumento del 17% para el modelo BARKAN. Por otra parte, los valores máximos de cortantes subieron en un 9% para el modelo BARAN y, finalmente, los cortantes de viga aumentaron un 8.2% para el modelo FEMA.

Otro trabajo seleccionado se planteó el objetivo de elaborar un estudio de tipo comparativo del comportamiento estructural de una edificación de seis niveles desde el punto de vista dinámico con la característica de zapatas aisladas (16). El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, descriptivo y no experimental, donde la muestra estaba representada por una edificación de seis niveles ubicada en el sector Plaza Urbina de Ambato, utilizándose los modelos de Barkan y la Norma Rusa para evaluar el comportamiento de la estructura. Los resultados mostraron un incremento de las vibraciones en 48.7%, mientras que los desplazamientos crecieron en un 32.3%; mientras que se redujeron 21% las fuerzas cortantes; siendo que para ambos modelos no hubo diferencias significativas en los resultados.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Configuración geométrica de la planta**

La configuración de una estructura hace referencia a la forma que tendrá la misma y, según las normas establecidas en cada país, estas pueden variar para asegurar la adecuada resistencia a las fuerzas generadas por la propia estructura o las condiciones climáticas o geográficas en las cuales se desarrolla (17).

En este sentido, la configuración geométrica viene dada por la disposición de cada elemento que compone la estructura, es decir, la posición en la cual se ubicada cada una de ellas respecto a las otras, dando como resultado su forma específica. No obstante, está debe cumplir las normas establecidas para resistir las fuerzas internas y externas a las cuales pueda estar expuesta, asegurando su perdurabilidad y niveles de seguridad a sus

ocupantes. Por lo general, se debe asegurar que la disposición de una estructura sea simple y regular a fin de lograr que se desempeñen correctamente contra movimientos (18).

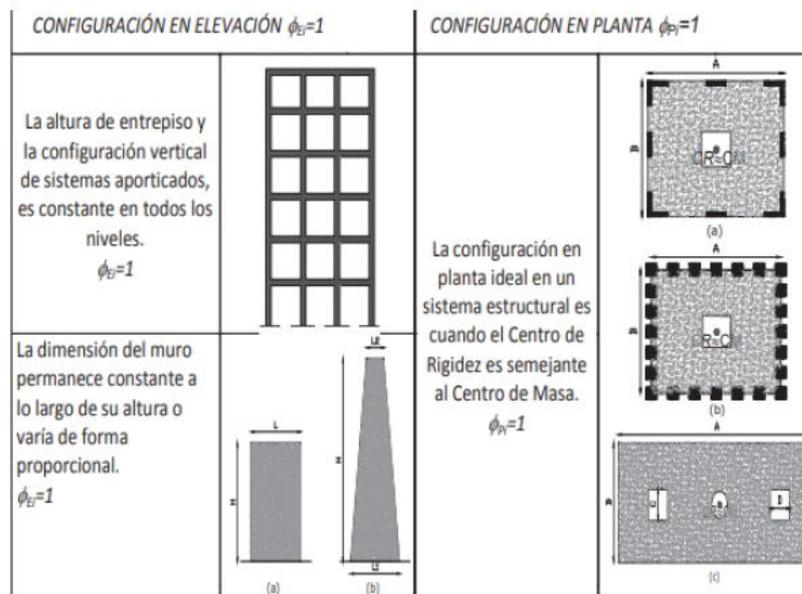


Figura 3. Configuraciones estructurales recomendadas (18).

### 2.2.1.1. Configuraciones regulares

Las configuraciones regulares respetan la simetría, tanto horizontal como verticalmente, por lo que se consideran que cuentan con una colocación uniforme de las fuerzas de gravedad y la resistencia de los lados. Tal como se muestra en la siguiente ilustración, las estructuras cuya configuración se considera regular, muestra formas simples, con lados de iguales proporciones que permiten predecir su comportamiento ante eventos sísmicos (19).

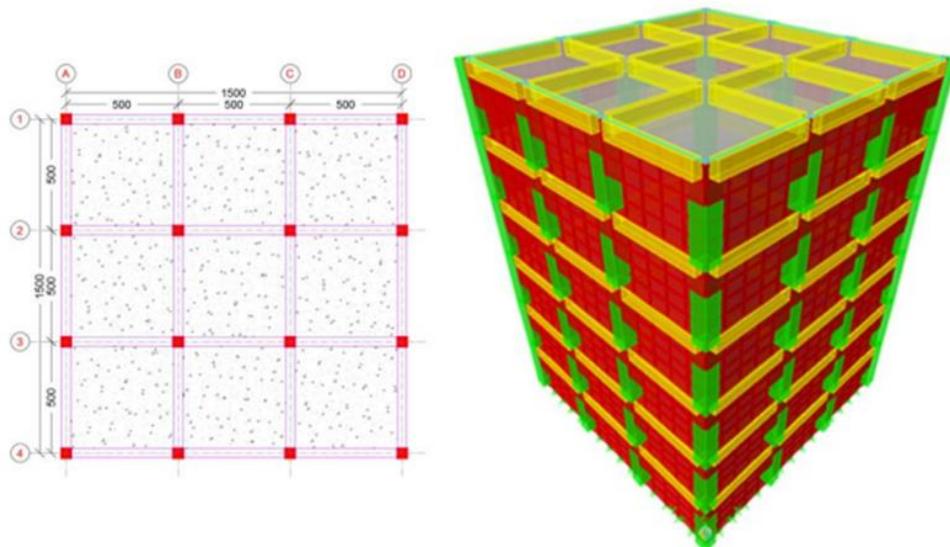


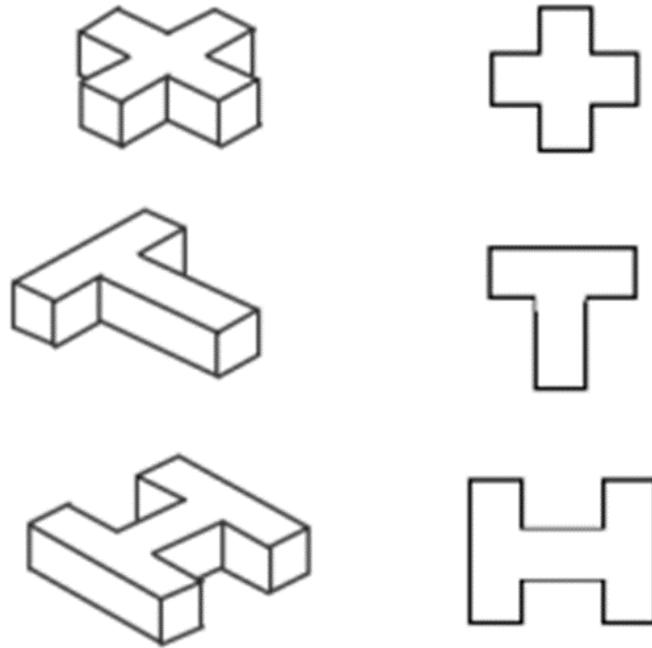
Figura 4. Configuraciones estructurales regulares (19).

### 2.2.1.2. Configuraciones irregulares

Las configuraciones irregulares corresponden a aquellas que presentan asimetrías relevantes, con marcada presencia de discontinuidades geométricas, así como en su masa o sus componentes que resisten la carga. Así mismo, en algunos casos, se presentan casos de quiebres en el flujo de fuerzas y/o puntos donde se concentra el esfuerzo, donde la forma irregular de la masa o los puntos de rigidez son capaces de generar fuerzas de torsión considerables. A su vez, estas pueden clasificarse en verticales u horizontales (19).

Irregularidades verticales: son aquellas que conllevan a una distribución de modo desigual de las fuerzas a través de la elevación de la construcción, así como posibles deformaciones, como consecuencia de indican cambios en la resistencia, rigidez, geometría y masa (20).

Irregularidades horizontales: corresponde a plantas que presentan asimetrías evidentes, generalmente aquellas con formas de U, L, T o F; de igual forma, se corresponde con cambios abruptos de formas (como cortes) en componentes de resistencia horizontal (20).



*Figura 5. Ejemplos de plantas irregulares (20).*

### **2.2.2. Dimensiones de la configuración geométrica de planta**

A efectos del presente estudio, las dimensiones que serán consideradas por evaluar los objetivos propuestos serán las siguientes:

#### **I. Forma geométrica de la planta**

Se refiere las proporciones que tendrá la estructura de la planta en el espacio o en los planos, las cuales se representan por medio de un conjunto de líneas simples que permiten identificar la forma como se relacionan todos los componentes de la estructura. Todo esto genera una forma específica que puede ser proyectada en el plano de las figuras geométricas (21).

#### **Indicadores de las formas geométricas**

Cantidad de lados: se refiere al número de líneas rectas que componen la estructura general, en tanto que cada línea tendrá un punto de unión en el cual se podrá definir el principio o fin de cada uno de los lados que lo componen (19).

Regularidad geométrica: definido como el patrón que forman cada una de las formas geométricas que conforman la estructura general de la planta (19).

## **II. Propuesta arquitectónica**

La propuesta arquitectónica se refiere al conjunto de elementos que, según lo planteado por el diseñador, formarán parte de la solución que se propone para la estructura a construir. Asimismo, se considera que sus componentes principales no son más que informaciones detalladas de cada una de las partes que forman la estructura, las cuales se entregan en forma de diagramas, gráficos y planos impresos que permiten evaluar detalladamente sus componentes (20).

### **Indicadores de la propuesta arquitectónica**

- i. Área de construcción: se refiere al espacio en el cual será desarrollada la estructura y que será ocupada íntegramente por esta, así como todos aquellos espacios adicionales que pueden dar apoyo indirecto a la estructura principal (21).
- ii. Categoría y uso de la edificación: hace referencia al uso final que se dará a la estructura que se construirá, que definirá según la reglamentación el tipo de construcción, coadyuvando a identificar los riesgos asociados a su operatividad, así como otros aspectos como el mantenimiento general (21).
- iii. Altura total de la edificación: se refiere al recorrido vertical entre la superficie y el final de la edificación. (21)
- iv. Distribución de ambientes: definido como la disposición final de todas las áreas que definen la edificación, según la funcionalidad y uso que se le dará a cada una de ellas (19).

### **2.2.3. Respuesta estructural**

Considerando que las edificaciones están sometidas a elementos externos que pueden generar fuerzas sobre ellas, la respuesta estructural no es más que la forma como la estructura reacciona ante estas fuerzas. Estas mismas, pueden generar cambios en su forma o resistencia que pudieran comprometer su estabilidad (22).

En este sentido, es conveniente detallar brevemente la actuación de las edificaciones ante la dinámica de la propia estructura, descrita en la

ecuación de movimiento y la acción de los movimientos externos sobre la estructura (23).

Ecuación dinámica de movimiento

Para la representación matemática de la ecuación de movimiento es relevante tomar en cuenta las propiedades dinámicas más importantes, tales como, la masa, la rigidez y el amortiguamiento (23).

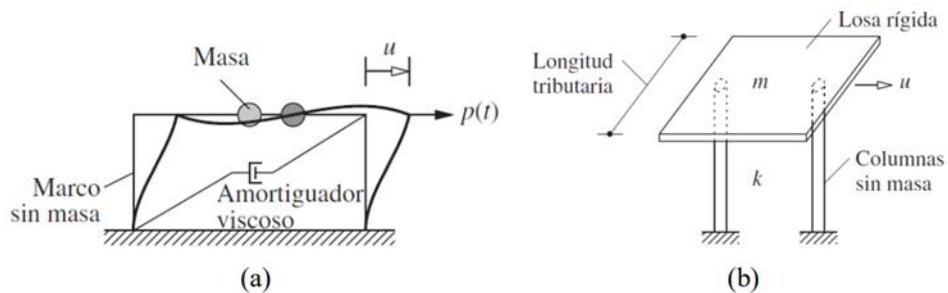


Figura 6. Esquema de plano de sistema estructural simple (23).

La figura muestra un esquema de losa sencilla soportada en columnas metálicas livianas, por lo cual se puede asumir que la masa está concentrada en el nivel de la losa. Se considera una fuerza externa que se mantiene constante en el tiempo, la cual se designa como “ $p(t)$ ”, siendo que la estructura oscila indefinidamente en una amplitud “ $u$ ”. Siendo estos los elementos básicos de la ecuación de movimiento (23).

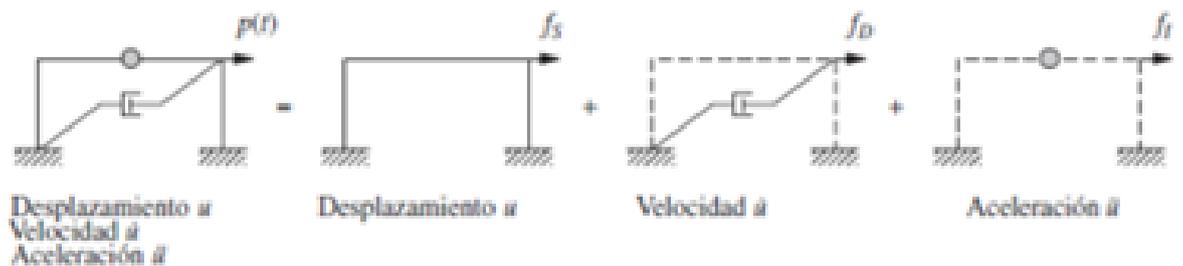


Figura 7. Esquema representativo de los componentes de la respuesta dinámica (23).

Al agregar los elementos representativos de la dinámica de la estructura, identificados como la manera de desplazarse o su aceleración, se pueden incorporar los componentes faltantes para la construcción de la ecuación de movimiento (21), definida como:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + Ku = -m\ddot{u}_g$$

Donde  $-m\ddot{u}_g$  representa las fuerzas de movimiento y relaciona a la multiplicación de la masa y la aceleración del terreno, teniendo signo negativo por cuanto opera en sentido contrario a la aceleración del terreno (21).

#### **2.2.4. Dimensiones e indicadores de la respuesta estructural**

##### **I. Respuesta por piso**

- i. Períodos de vibración: tiempo en el cual la estructura se agita en función de las fuerzas externas que comprometen su estabilidad (20).
- ii. Frecuencias angulares: definida como la frecuencia de un movimiento en función del cambio de su ángulo (23), determinada por medio de la siguiente formula:

$$W = 2\pi f = 2\pi/T$$

- iii. Desplazamientos: definido como la modificación de la ubicación de un objeto tomando como referencia a otro punto (20).

##### **II. Fuerzas internas de la estructura**

- i. Fuerza normal: se refiere a la fuerza que es capaz de ser portada por una estructura y que se encuentra distribuida a lo largo de su eje principal (19).
- ii. Fuerza cortante: definido como las fuerzas que soporta una estructura en sentido perpendicular a su eje principal (17).
- iii. Momento flector: se refiere al conjunto de fuerzas que generan tensión que se distribuye sobre una sección específica de la estructura generando flexión (19).

#### **2.2.5. Cimentaciones**

Las cimentaciones son las estructuras apoyadas en la superficie, lo que incluye edificaciones, viaductos y represas. Están formados fundamentalmente por dos fragmentos: el superior (superestructura) y el inferior (cimentación) (22).

Las cimentaciones se encargan de transferir las cargas o peso desde la estructura hasta la superficie que la soporta mediante el contacto directo de

columnas o muros diseñados para ello. En tal sentido, la cimentación permite que el suelo no reciba una sobrecarga que pueda ocasionar asentamientos considerables que puedan sobrepasar el permitido en el diseño. Por tal motivo, el diseño de cimientos exige de conocimientos en cuanto a las características del suelo que los soporta, de la naturaleza del mismo y de las necesidades de las superestructuras para identificar la interrelación entre el conjunto de elementos con precisión (19).

#### **2.2.5.1. Profundidad mínima de cimentación**

La mínima profundidad de las estructuras debe ser establecido en consideración con su capacidad de asentamiento. En aquellos casos donde los cimientos se apoyan en suelos de tipo arcilloso, la recomendación es contar con una profundidad de al menos un metro, puesto que, si es menor, podrían sufrir algún tipo de movimiento como consecuencia de agrietamientos debido a contracciones o a causa de esponjamiento del suelo ante modificaciones en los niveles de humedad (20).

En caso de cimentaciones donde no hay desplazamientos, se penetrará de 1.50 m. a 1.80 m. dependiendo del tipo de arcilla. Los suelos tipo arenas arcillosas o limos saturados pueden hincharse como consecuencia del fenómeno de congelamiento superficial (20). En las cimentaciones, en suelos granosos o arenosos, es recomendable realizar un proceso de compactamente de la superficie, evitándose los materiales de tipo orgánicos, lodosos o tubas (23).

#### **2.2.5.2. Capacidad portante o resistente de suelos**

La capacidad portante o resistente del suelo consiste en hallar un factor que transfiera carga de la superestructura a la superficie donde se apoya, sin que se genere falla de corte, ni flujo plástico o desplazamiento lateral de suelo en la parte más baja. Además, tampoco debe generarse asentamientos excesivos o que superen los permitidos; para ello, es imprescindible obtener valores que señalen las presiones más importantes que la superficie logra soportar (21).

### 2.2.6. Tipos de cimentaciones

El tipo de cimentaciones obedece a la clase del sustrato, a donde está establecida la superestructura, la distancia entre columnas, el lugar de las columnas, asentamientos etc. (19).

Entre las clases más comunes se tiene:

- a) Zapata corrida
- b) Zapata aislada
- c) Zapatas combinadas
- d) Losa de cimentación o cimentación flotante
- e) Cabezas de pilote

#### 2.2.6.1. Zapatas corridas

Las zapatas corridas, que se detallan en la figura 8, corresponden a una ampliación de la parte de abajo de un muro. El objetivo de estas es de alcanzar una asignación adecuada de la carga sobre el suelo de la cimentación; son utilizadas principalmente en el perímetro de una edificación y en los muros de distribución de los interiores (21).

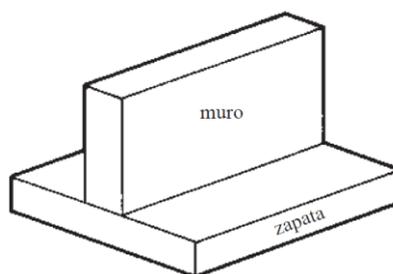


Figura 8. Zapata corrida para muro (21).

#### 2.2.6.2. Zapatas aisladas

Las zapatas aisladas, que se detallan la figura 9, soportan la carga de una columna y son las más utilizadas en la construcción de las viviendas, pues son recomendadas cuando se tienen cargas ligeras y no están cercanas entre sí (21).

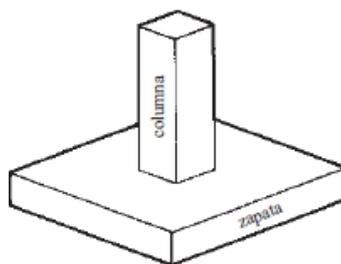


Figura 9. Zapata aislada (21).

En lo que respecta a cómo se distribuyen las presiones por abajo de una zapata, estas dependen de las características del material en el cual se apoyan y de su nivel de rigidez (para suelos granulares y cohesivos) (23).

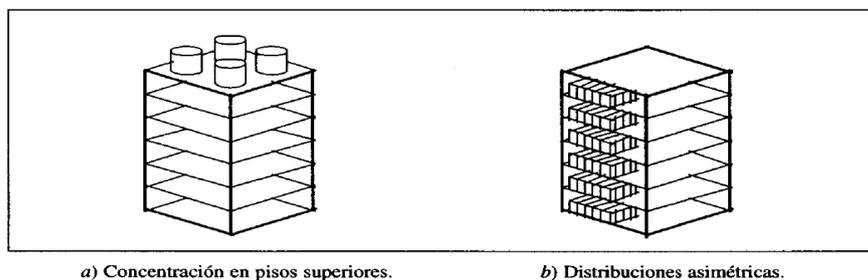


Figura 10. Presiones debajo de la zapata para suelos granulares y cohesivos (21).

## 2.2.7. Riesgo sísmico en edificaciones

### 2.2.7.1. Riesgo sísmico

El riesgo sísmico representa el nivel de pérdida, deterioro o perjuicio que se espera cuando ocurre un sismo específico (19). Este se define por la ecuación:

$$\text{Riesgo sísmico} = \text{Peligro sísmico} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Valor.}$$

### 2.2.7.2. Peligro sísmico

El peligro sísmico significa la posibilidad de ocurrencia de un sismo con alto potencial de desastre en un periodo y lugar específico. El Perú se ubica sobre una de las regiones con gran movimiento sísmico del planeta: el renombrado Cinturón de Fuego del Pacífico. En esta zona de Sudamérica, la placa tectónica de Nazca se desplaza en dirección este a un ritmo aproximado de 10 cm cada doce meses, mientras que la placa sudamericana que se direcciona contrariamente a uno 4 cm por año, generando una significativa aglutinación de energía, que

termina liberándose en sismos. El peligro sísmico tiene que ver con el grado en el cual una región se encuentra expuesto a movimientos de la superficie terrestre de diferentes magnitudes, pero, especialmente, aquellos capaces de causar daños relevantes en las infraestructuras (20).

### **2.2.7.3. Vulnerabilidad sísmica**

La vulnerabilidad sísmica es una característica propia de cada estructura, condicionada a su comportamiento. Esta se interpreta como una predisposición de cada componente o grupo de ellos a sufrir o experimentar un daño, ante la existencia de un evento sísmico particular (20).

### **2.2.8. Filosofía y principios de diseño sismorresistente**

La filosofía de diseño se refiere a los objetivos primarios del diseño sismorresistente según la norma E.030 establece los siguientes criterios (22):

1. Evitar la muerte de las personas
2. Garantizar que se sigan prestando los servicios básicos.
3. Reducir las afectaciones a las estructuras.
4. En el periodo cuando es útil una estructura, hay mayor posibilidad que sufra por un movimiento sísmico de baja intensidad que uno de gran intensidad. Sin embargo, los requerimientos sísmicos son mayores en aquellos movimientos intensos que en uno moderado. Debido a dichas consideraciones, no es posible mantener a las edificaciones sin daño en todos los sismos y se extienden los siguientes principios:
5. Las edificaciones deberían mantenerse en pie, ni presentar un riesgo a las personas durante los sismos intensos.
6. Las edificaciones deberían presentar daño dentro de los límites aceptables en casos de sismos moderados.

### 2.2.9. Concepción estructural sismorresistente

En cuanto a las consideraciones que se deben tomar en cuenta para asegurar la sismorresistencia, estas son las siguientes:

- a. Simetría: (En la colocación de masas y de rigideces).

La simetría es una situación deseada en las estructuras por lo menos en dos direcciones, siendo que la ausencia de esta puede llevar a riesgos considerables por los movimientos de torsión que son complejos de predecir (19).

- b. Peso mínimo: (en edificaciones con pisos altos).

Las fuerzas de inercia se mueven conforme a la masa y, por ello, al peso del edificio. Es relevante gestionar que este sea potencialmente ligero. Este elemento notable del peso de la edificación emana de los revestimientos; es allí donde debe lograrse las reducciones (21).

También hay que buscar que las cargas de la estructura de forma simétrica en cada planta. Es importante que en voladizos o en vigas evitar masas excesivas en estos elementos (20).

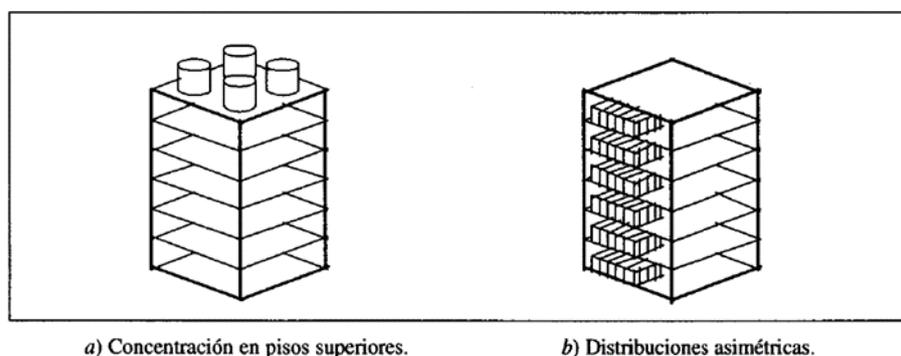


Figura 11. Esquematización de las distribuciones indeseables del peso de edificaciones (20).

- c. Selección y uso adecuado (en los materiales constructivos).

Para la edificación, es relevante disponer de buenos materiales, que son susceptibles a fallar con el tiempo o ante un fenómeno natural (20).

- d. Resistencia adecuada (frente a las cargas laterales).

Las estructuras deben contar con las medidas necesarias para mitigar el impacto que pudiera tener un movimiento sísmico sobre ella, siendo la simetría en por lo menos dos secciones. La resistencia adecuada es

una de las medidas aconsejadas para asegurar la estabilidad de los componentes estructurales. Es necesario que las cargas se distribuyan desde el punto en el cual son aplicadas hasta el momento conclusivo de transferencia. Además, se debe prever una trayectoria incesante con la resistencia y rigidez requeridas para asegurar el adecuado transporte de cargas. La característica fundamental de la sollicitación sísmica en un evento sísmico se traduce en esfuerzos que se genera en la estructura en un plazo no extenso (19).

e. Continuidad estructural (en planta y en elevación).

Es preferible que la estructura cuente con continuidad en horizontal y vertical, con componentes cuya rigidez no se altere rápidamente, con el objetivo de minimizar los puntos donde se pudiera concentrar el esfuerzo (19).

f. Ductilidad

Es la condición del sólido no experimentar rotura, a pesar de que sufra una deformación (20).

g. Rigidez lateral

La rigidez lateral son deformaciones durante un evento que generan un gran pánico en quienes usan la estructura. Son afectaciones en los componentes no estructurales, habiéndose constatado un gran comportamiento en estructuras rígidas que en estructuras flexibles (20).

h. Redundancia estructural:

Incorporación de líneas sucesivas de resistencia (19).

i. Agregación de las condiciones locales (19).

j. Adecuada práctica constructiva e inspección estructural rigurosa (19).

### 2.3. Definición de términos básicos

1. Análisis sísmico: consiste en hallar las fuerzas y momentos internos como consecuencia de la carga sísmica, para todos los componentes de la estructura, lo que permite su diseño (22).

2. Capacidad portante: es la presión media más alta del punto en el cual hacen contacto los cimientos con la superficie, de manera que no se produzca una falla por cortantes del terreno o un asentamiento diferencial de gran medida (20).
3. Carga: comprenden fuerzas externas que se aplican a una estructura como las cargas por sismos, por nieve, por viento, etc. (20).
4. Carga límite: se refiere a la presión de mayor nivel aplicable a una cimentación (19).
5. Cargas muertas: son cargas fijas que no cambian de lugar, de posición y magnitud, actuando perennemente sobre la estructura (21).
6. Cargas vivas: son cargas móviles que pueden cambiar de zona y posición y de dimensión con respecto a la estructura (21).
7. Cargas concentradas: son el tipo de cargas que se aplican en un punto específico en una zona reducida, pudiendo ser axiales o excéntricas. Subordinado a su aplicación, se realiza longitudinalmente a un elemento o de manera excéntrica, así como pueden ser perpendiculares a su eje (22).
8. Cargas distribuidas: estas cargas se emplean en un área o longitud que se reparten uniformemente o no sobre las mismas. Las que se aplican uniformemente tienen un valor fijo para todo punto del área estipulada o su variación obedece a un patrón determinado; las que no tienen este tipo de distribución varían de manera descontrolada o sin una regla particular (20).
9. Cimiento: terreno o roca *in situ* sobre la cual se transfieren las fuerzas producidas por el peso propio de la estructura y sobrecargas que después actuarán sobre la misma (22).
10. Columnas: son elementos que se someten a compresión y flexión (21).
11. Concreto armado: técnica constructiva de edificaciones que utiliza las barras de acero de acuerdo con los requerimientos a los que estará sometido (20).
12. Compresión: someter a compresión un elemento significa aplicar fuerzas cuya actuación permitan el despliegue o su aplastamiento (20).

13. Cortante basal: está determinado por la fuerza cortante en la base de una edificación por el accionar de un evento (19).
14. Derivas: son la discrepancia de desplazamiento entre un nivel y otros consecutivos. Esta resulta de la división entre la altura de entresijos y este valor es comparado con los valores más altos que se admiten según los parámetros de diseño (20).
15. Diseño: es un conjunto de actividades requeridas que permite programar edificaciones adecuados al entorno socioeconómico (20).
16. Elementos estructurales: son los componentes de una construcción como vigas, columnas, losas etc., que permiten brindar resistencia y rigidez. Su finalidad primordial es dar soporte al peso de la edificación y otras fuerzas de eventos naturales (22).
17. Esfuerzo cortante: se refiere al esfuerzo que al ser aplicado intenta corta el elemento en ese punto, o lo que es lo mismo, se refiere a una fuerza externa que al aplicarse en forma vertical a un elemento estructural podría provocar un corte (22).
18. Espectro: es la recopilación de los valores más altos de las aceleraciones que disponen los sistemas amortiguados de un valor de libertad cuando ocurre un evento (20).
19. Fuerza: considerado como un empuje o jalón sobre un cuerpo, cambiando su etapa de reposo o movimiento (20).
20. Flexión: es la dimensión vectorial que cuantifica la relación de variación de momento lineal entre dos partículas o colecciones de ellas (20).
21. Grado de libertad: representa la cantidad de desplazamientos independientes que se requiere para la definición de las posiciones desplazadas de todas las masas relacionadas a sus ubicaciones iniciales (19).
22. Licuación: fenómeno en el cual el suelo pierde su capacidad de carga como consecuencia de las vibraciones causadas por un movimiento telúrico. Esto provoca que el aumento de la presión del agua ante la caída en la tensión efectiva (19).
23. Losa: es un componente de la estructura que permite realizar los pisos y techos del edificio (21).

24. Perfil de suelo: es la sección o corte vertical del suelo que permite a los edafólogos su descripción, análisis y clasificación. Por lo general, se trata de una sección de entre uno y dos de profundidad, siempre y cuando la roca madre, o el material parental, no exista previamente (21).
25. Periodo: es el lapso en que se completa un ciclo de vibración (22).
26. Peso: representa la fuerza ejercida a un cuerpo en referencia a su punto de apoyo, que se origina por la actuación del campo gravitatorio local en términos de la masa del cuerpo (22).
27. Resistencia: es la disposición de una estructura para aguantar fuerzas y presiones (20).
28. Rigidez: se refiere a la capacidad de un componente de cualquier estructura para aguantar las fuerzas sin presentar deformaciones significativas que lo comprometan (21).
29. Sistema estructural: representado por una serie de elementos de estructuras que describen su funcionamiento y se clasifican en sistema aporticado, sistema dual, albañilería etc. (20).
30. Sismo: conjunto de vibraciones en la superficie de la Tierra como consecuencia de movimientos abruptos y súbito de las capas internas de la corteza terrestre (23).
31. Torsión: movimientos que pueden sufrir las estructuras que pudieran comprometer su estabilidad, los cuales son el resultado de la aplicación de fuerzas a una parte o toda la estructura (23).
32. Viga: elemento estructural que actúa a flexión y cortante (21).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1. Método de investigación**

- **Método general**

La investigación parte de un enfoque cuantitativo, el cual se sustenta en la comprobación de hipótesis, a través del análisis numérico de datos que son recolectados previamente. Además, el método general del estudio es descriptivo-comparativo, en el cual se describen las características de un fenómeno, en este caso, la respuesta estructural de edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas, para luego compararlas e indicar cuál de las dos alternativas tiene mejor rendimiento (24).

- **Método específico**

El método específico aplicado consistió en el análisis sísmico estático, según la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, en el cual se analizan todo tipo de estructuras ante requerimientos sísmicos mediante las fuerzas accionadas en el centro de masas de todos los pisos del edificio. Además, se aplicó el análisis sísmico dinámico por combinación espectral de la misma norma (22).

##### **3.1.2. Tipo de investigación**

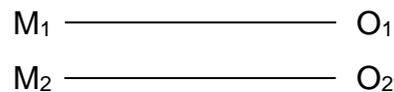
La investigación es de tipo básica, visto que se sustenta en ampliar el conocimiento del análisis estructural bajo distintas configuraciones geométricas de la planta, sin que haya fines prácticos inmediatos (25).

##### **3.1.3. Alcance de la investigación**

En cuanto a su alcance, el estudio es descriptivo-comparativo, dado que se caracterizó la forma geométrica de la planta de cada alternativa y su propuesta arquitectónica, para luego comparar su respuesta estructural, tanto por piso como por las fuerzas internas de la estructura (24; 26).

### 3.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación empleado fue no experimental-transversal, pues no se manipuló alguna variable para ver su incidencia sobre la otra, sino que se determinó el comportamiento de cada estructura con base a sus características. También es transversal, porque la información fue recolectada en un único momento. En la figura 12, se presenta el esquema del diseño de investigación (24; 26).



*Figura 12. Diseño de investigación (24; 26).*

Donde, M<sub>1</sub> = edificación de forma regular con zapatas aisladas, O<sub>1</sub> = respuesta estructural de M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> = edificación de forma irregular con zapatas aisladas, O<sub>2</sub> = respuesta estructural de M<sub>2</sub> y M<sub>1</sub> ≠ M<sub>2</sub>.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

La población se refiere al conjunto de todos los elementos cuyas características serán objeto de análisis en la investigación, siendo sus valores conocidos a través de parámetros. En este caso, la población es una vivienda multifamiliar de tres niveles ubicada en la zona urbana del distrito de San Miguel (25).

#### 3.3.2. Muestra

La muestra es una parte de la población que son seleccionados bajo principio de representatividad de tal forma que, al analizarla, se puedan generalizar los resultados hacia la población. Para este estudio, dado el tamaño de la población, la muestra es igual a la población (muestra censal) y estuvo compuesta por una vivienda multifamiliar de tres niveles ubicada en la zona urbana del distrito de San Miguel (24).

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos se refieren a las herramientas y procedimientos empleados para la obtención de los datos que permiten responder a las interrogantes de estudio y comprobar las hipótesis de estudio. En este caso, se empleó la observación directa del fenómeno, al evidenciar la respuesta estructural de cada tipo de configuración geométrica de la planta de la edificación propuesta (25).

#### **3.4.2. Instrumento de recolección de datos**

Para la obtención de los datos, se aplicaron distintos instrumentos de recolección: estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación, Software AutoCAD y Software Cypecad 2020; este último permitió determinar los requisitos estructurales de cada diseño. También se consideró las NTP E.020 “Cargas”, NTP E.030 “Diseño Sismorresistente”, NTP E.060 “Concreto Armado” y NTP E.050 “Suelos y Cimentaciones” (25).

#### **3.4.3. Técnicas de análisis de datos**

El análisis de los datos se basó en la comparación de la respuesta por piso, que comprendió los períodos de vibración, las frecuencias angulares y desplazamientos, así como las fuerzas internas de la estructura. Esta estuvo compuesta por la fuerza normal, fuerza cortante y momento flector para una edificación de forma regular y otra de forma irregular con zapatas aisladas, lo cual fue presentado en tablas y gráficos (22).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información (tablas y figuras)

##### 4.1.1. Configuración geométrica de la planta

- **Ubicación**

De acuerdo con la figura 13, la ubicación de la edificación estará en la Urbanización Ampliación Independencia.

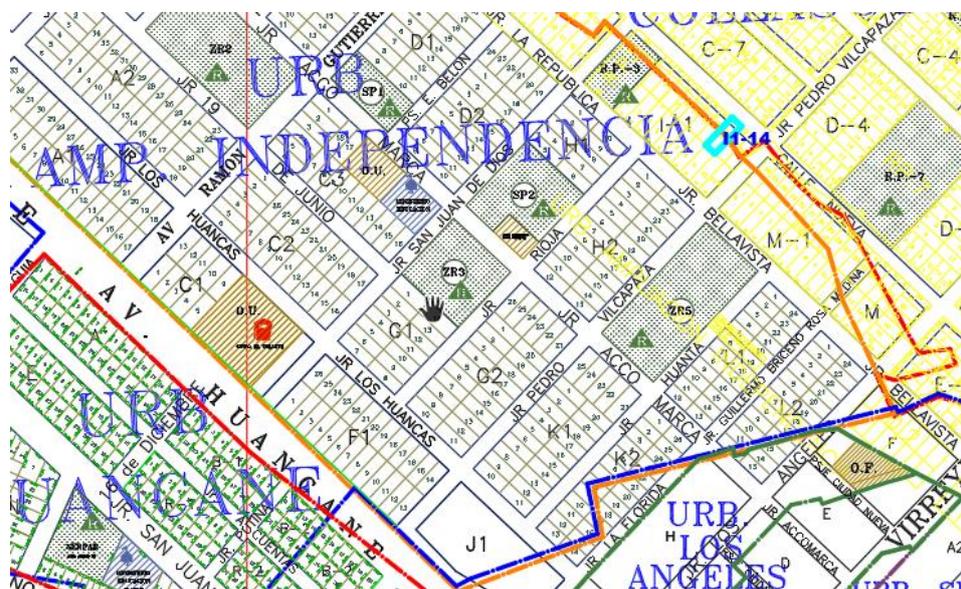


Figura 13. Localización del área de estudio – Urb. Ampliación Independencia. Tomado del Plano de habilitaciones urbanas de la Municipalidad Provincial de San Román.

- **Propuesta arquitectónica**

Para la propuesta arquitectónica, se han considerado los elementos expuestos en el anexo 2. Así, la edificación se acopla al ambiente directo de las edificaciones colindantes, referente a la altura, registro visual, acceso vehicular e incorporándose a las condiciones de la zona de manera armónica.

La edificación acogerá los parámetros urbanísticos siguientes:

- Zonificación
- Secciones de vías actuales
- Uso del suelo permitidos
- Coeficiente de edificio
- Porcentaje mínimo de área libre

- Altura de la vivienda expresada en metros
- Retiros
- Estacionamientos

Los programas arquitectónicos de ambas configuraciones fueron diseñados conforme a los requerimientos de vivienda y normatividad vigente. La propuesta arquitectónica de configuración regular está compuesta por los ambientes y espacios, señalados en la tabla 1, cuyas distribuciones se presentan en las figuras 14,15 y 16.

Tabla 1. Programación arquitectónica del modelo 1 (regular)

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	1° NIVEL	AREA UTIL m2	2° AL 3° NIVEL	AREA UTIL m2
REGULAR	Tienda - comercio	44.69	Dormitorio 2	13.75
	Dormitorio	18.67	SS.HH. 2	2.44
	SS.HH.	2.55	Dormitorio 3	13.97
	Estacionamiento - taller	37.24	Cocina	6.26
	Caja de escaleras	5.18	Sala - Comedor	22
	Pasadizo	1.76	Dormitorio 1	18.64
			SS.HH. 1	3.11
			Estudio	15.16
			Pasadizo	9.31
			Caja de escaleras	5.18
	<b>TOTAL ÁREA ÚTIL</b>	<b>110.09</b>	<b>TOTAL ÁREA ÚTIL</b>	<b>109.82</b>

*Nota:* Tomado del Plano de programación arquitectónica - distribución en planta del modelo 1: regular.

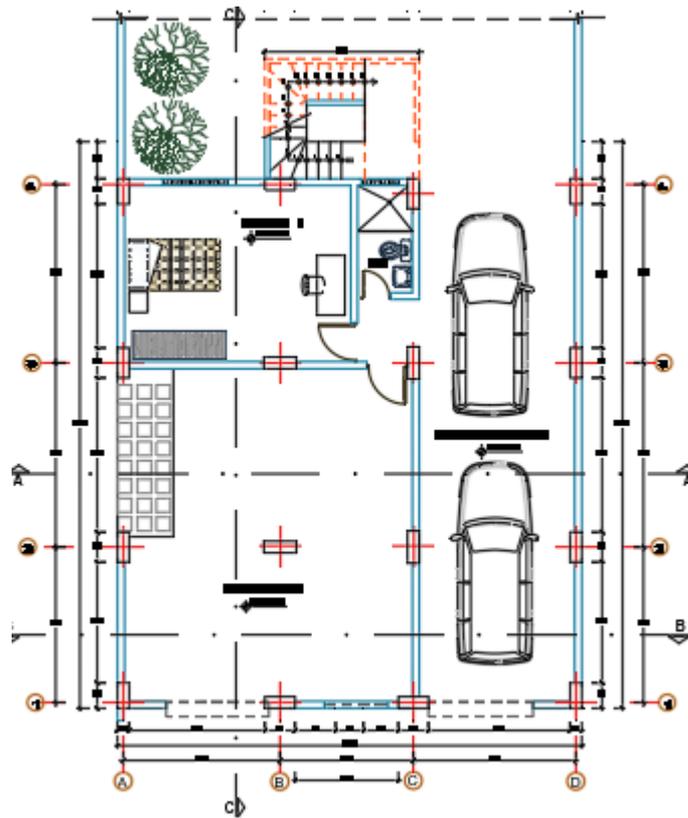


Figura 14. Distribución en planta de la programación arquitectónica primer nivel del modelo 1.

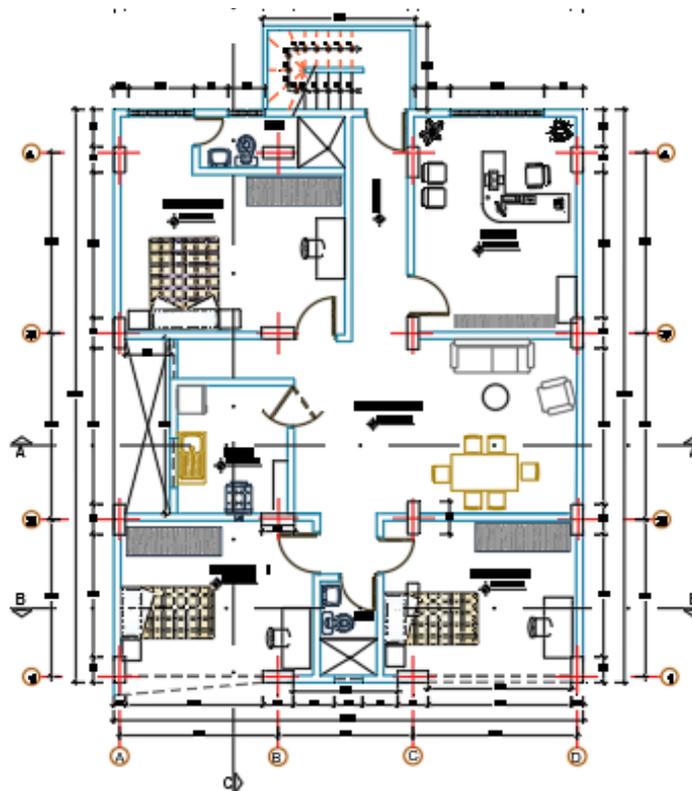


Figura 15. Distribución en planta de la programación arquitectónica del 2° a 3° nivel del modelo 1.

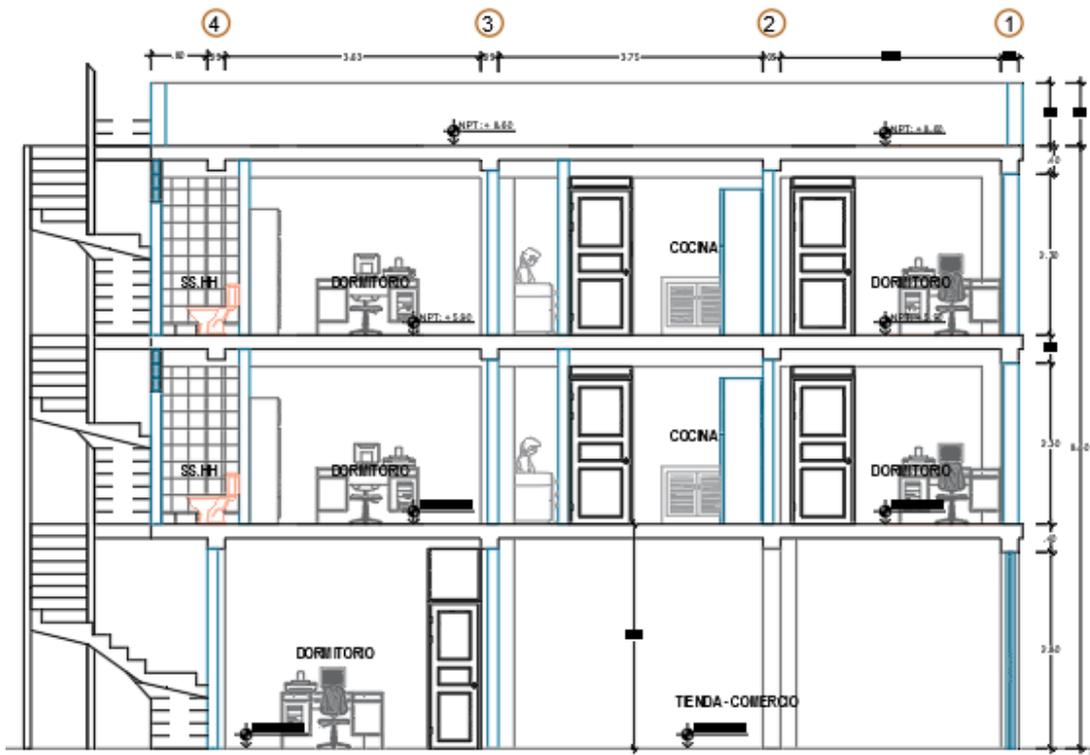


Figura 16. Plano de Arquitectura cortes y elevaciones del modelo 1 (regular).

El proyecto arquitectónico del modelo 2 (irregular) se plantea la tabla 2 y sus distribuciones por plantas se presentan en las figuras 17,18 y 19.

Tabla 2. Programación arquitectónica del modelo 2 irregular

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	1° NIVEL	AREA UTIL m2	2° AL 3° NIVEL	AREA UTIL m2
IRREGULAR	Tienda - comercio	44.69	Dormitorio 2	13.75
	Dormitorio	18.67	SS.HH. 2	2.44
	SS.HH.	2.55	Dormitorio 3	13.97
	Estacionamiento - taller	24.18	Cocina	6.26
	Caja de escaleras	5.18	Sala - Comedor	22.00
	Pasadizo	1.76	Dormitorio 1	18.64
			SS.HH. 1	3.11
			Pasadizo	9.31
			Caja de escaleras	5.18
	<b>TOTAL ÁREA ÚTIL</b>		<b>97.03</b>	<b>TOTAL ÁREA ÚTIL</b>

Nota: Tomado del Plano de programación arquitectónica - distribución en planta del modelo 2: irregular.

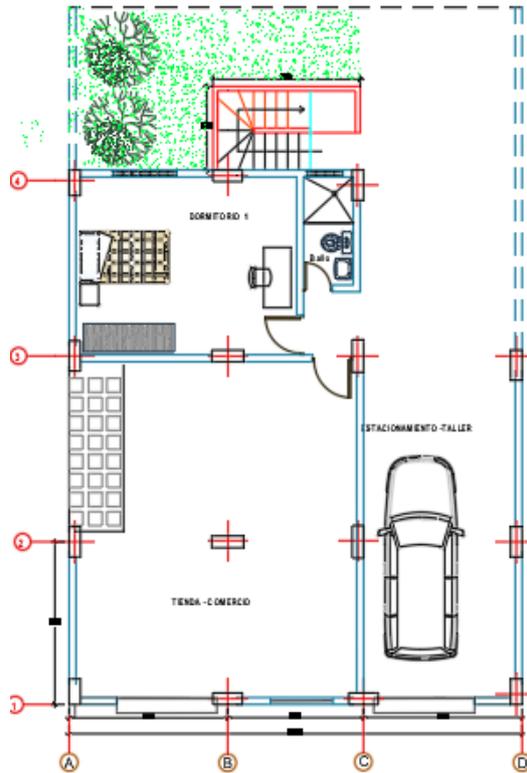


Figura 17. Distribución en planta de la programación arquitectónica primer nivel del modelo 2.

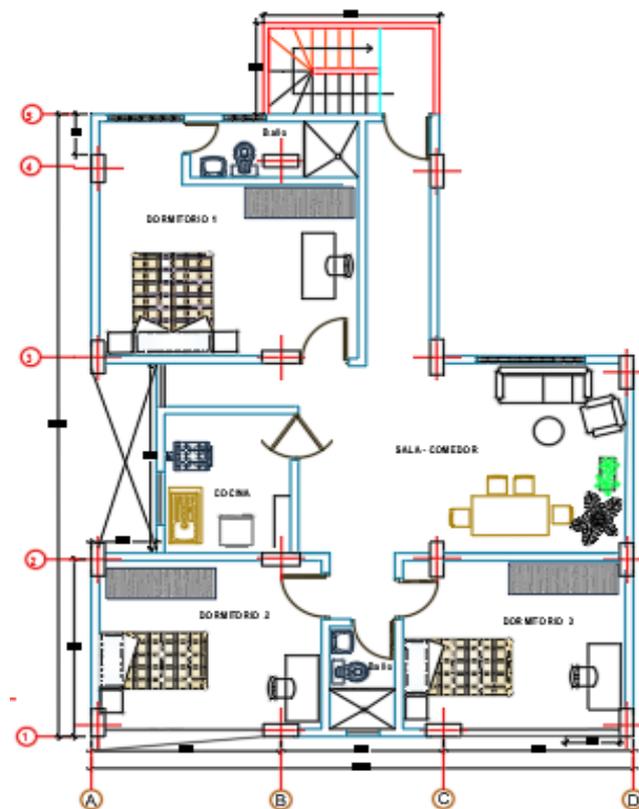


Figura 18. Distribución en planta de la programación arquitectónica del 2° a 3° nivel del modelo 2.

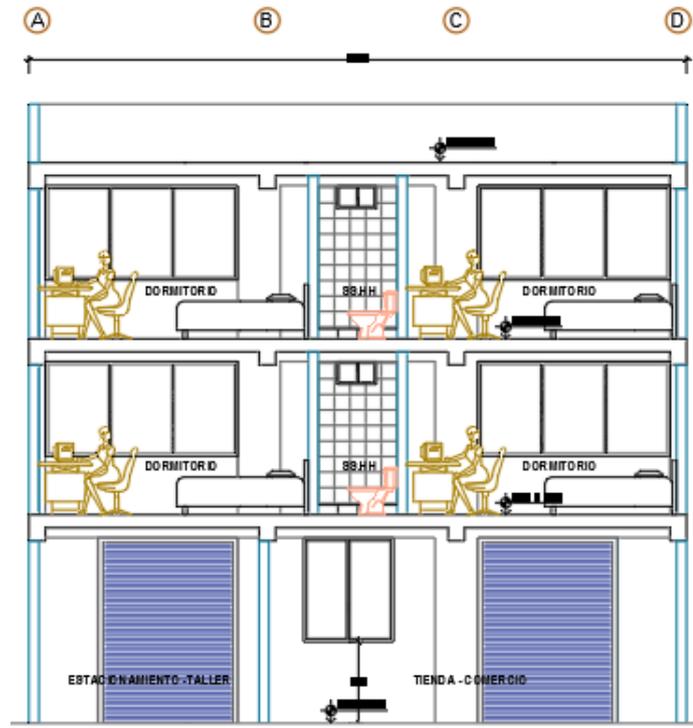


Figura 19. Plano de Arquitectura cortes y elevaciones del modelo 2 (irregular).

- **Forma geométrica de la planta**

Para la definición de la forma geométrica de la planta en cada modelo, se han establecido los parámetros sísmicos descritos en el anexo 3.

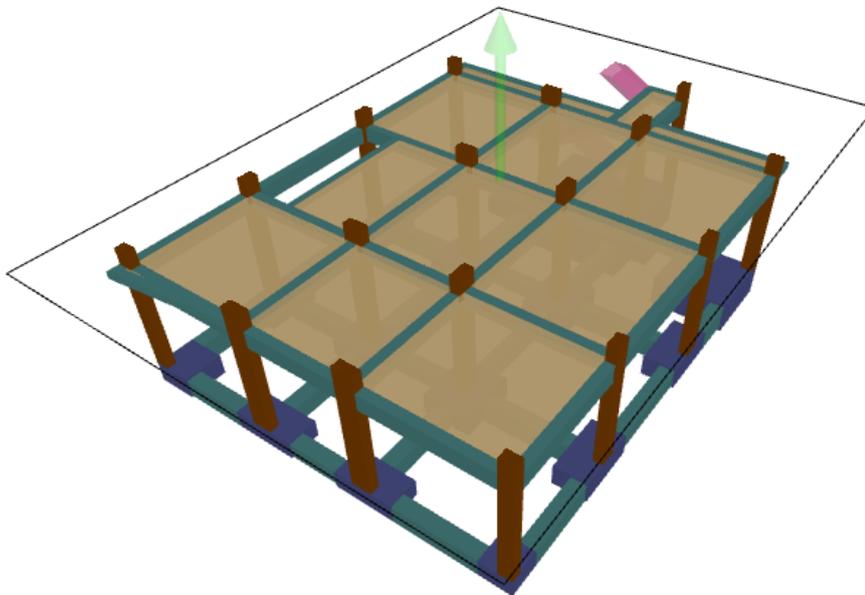


Figura 20. Verificación de irregularidad en planta del modelo 1. Tomado de presentación 3D Cypecad 2020.f.

Se tiene los siguientes resultados:

$$\frac{b}{B} = \frac{12.05}{12.05} = 0\%$$

$$\frac{a}{A} = \frac{10.00}{10.00} = 0\%$$

La NTP E.030 define como irregular ante la existencia de esquinas entrantes, las extensiones en ambas direcciones superan el 20%, el cociente  $b/B$  y el cociente  $a/A$  incumplen con dicha condición. Por consiguiente, la propuesta del modelo 1 no tiene irregularidad del presente caso en planta.

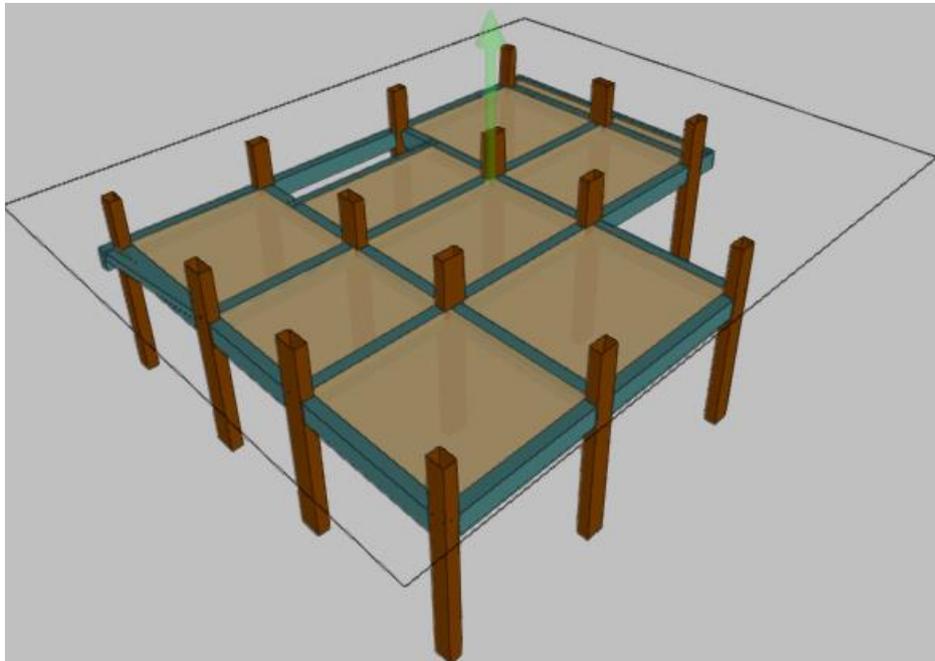


Figura 21. Verificación de irregularidad en planta del modelo 2. Tomado de presentación 3D Cypecad 2020.f.

Se tiene los siguientes resultados:

$$\frac{b}{B} = \frac{4.43}{12.05} = 37\%$$

$$\frac{a}{A} = \frac{3.58}{10.00} = 36\%$$

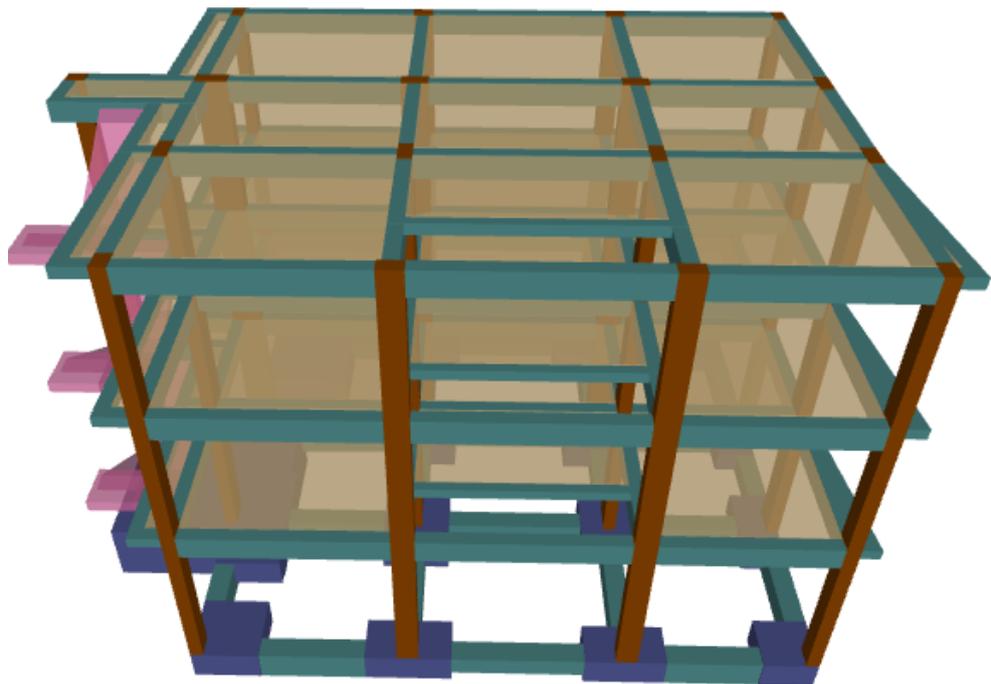
En la propuesta del modelo 2, las extensiones de esquina entrante en ambas direcciones son superiores a 20%, donde la propuesta presenta irregularidad en planta.

- i. Discontinuidad de diafragma en todos los niveles para los dos modelos, donde no se observa el caso de irregularidad en planta.
- ii. Sistemas no paralelos: las estructuras resistentes a las fuerzas laterales son paralelos en cada orientación de análisis, en contraste no se evidencia el tipo de irregularidad.

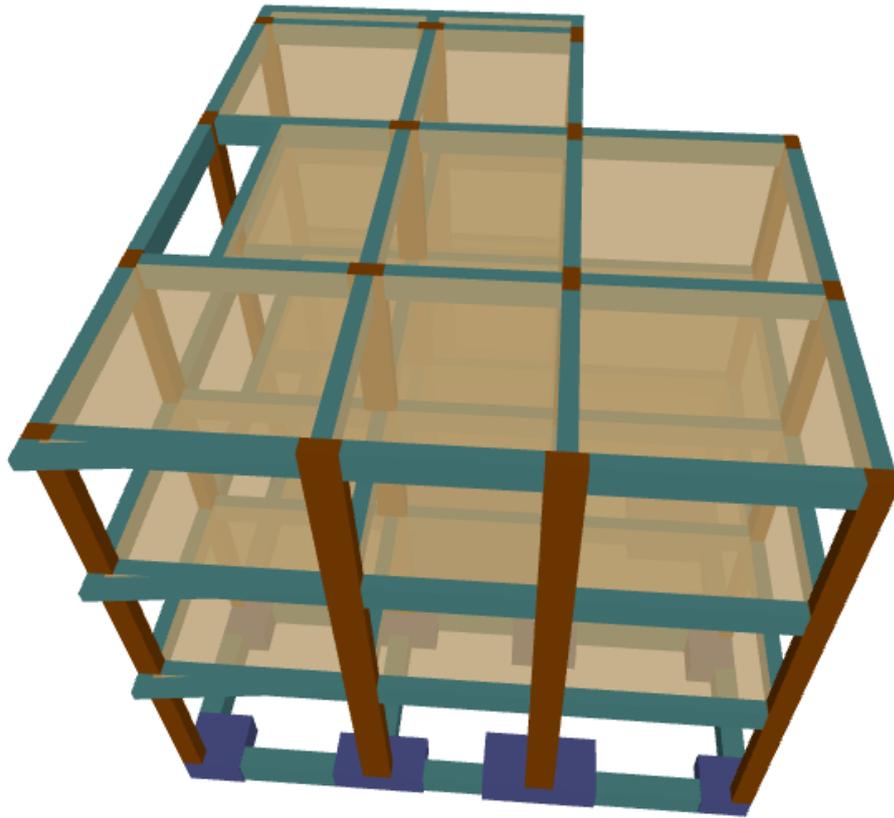
Con base a lo anterior, se evidencia que el modelo 1 tiene una configuración regular y el modelo 2 presenta una configuración irregular de tipo esquina entrante.

#### 4.1.2. Análisis de los modelos estructurales

El análisis sísmico de los edificios considerados emplea el programa de cálculo estructural con licencia Cypecad 2020.f; en las figuras 22 y 23, se detallan los modelos computacionales.



*Figura 22.* Representación de elevaciones del modelo 1. Tomado de presentación 3D Cypecad 2020.f.



*Figura 23.* Representación de elevaciones del modelo 2. Tomado de presentación 3D Cypecad 2020.f.

#### **4.1.3. Análisis dinámico modal espectral**

La norma E.030 contempla que toda estructura se puede diseñar empleando los resultados de análisis dinámico por combinación espectral. Los diseños de las edificaciones son de condición convencional, donde se emplean combinación espectral y la aceleración espectral que está definido de la siguiente forma:

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

##### ***i. Determinación de periodo***

Los periodos se aplican en los 03 niveles y a 05 grados de libertad, por lo tanto, se tiene 05 modos de vibración que explican la totalidad de la masa participativa del modelo 1. Los detalles se presentan, a continuación, en la tabla 3.

**Tabla 3. Coeficiente de participativa de la masa - modelo 1**

Modo	T	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	L <sub>gz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.428	0.1108	0.6789	0.7259	2.22%	83.28%	R = 8 A = 1.288 m/s <sup>2</sup> D = 5.96565 mm	R = 8 A = 1.288 m/s <sup>2</sup> D = 5.96565 mm
Modo 2	0.41	0.6507	0.1375	0.7468	81.53%	3.64%	R = 8 A = 1.288 m/s <sup>2</sup> D = 5.49343 mm	R = 8 A = 1.288 m/s <sup>2</sup> D = 5.49343 mm
Modo 3	0.367	0.053	0.0327	0.9981	5.83%	2.22%	R = 8 A = 1.288 m/s <sup>2</sup> D = 4.39879 mm	R = 8 A = 1.288 m/s <sup>2</sup> D = 4.39879 mm
Modo 4	0.142	0.1162	0.665	0.7378	0.25%	8.34%	R = 8 A = 1.288 m/s <sup>2</sup> D = 0.65645 mm	R = 8 A = 1.288 m/s <sup>2</sup> D = 0.65645 mm
Modo 5	0.138	0.7759	0.1633	0.6093	8.26%	0.37%	R = 8 A = 1.288 m/s <sup>2</sup>	R = 8 A = 1.288 m/s <sup>2</sup>
Total					98.09%	97.85%		

*Tomado de los resultados de justificación acción sísmica modelo 1, Cypecad 2020.f, p. 05.*

La primera vibración va en la dirección Y-Y con una masa desplazada de 83.28% de modo traslacional; la segunda vibración va en la dirección Y-Y con una masa desplazada de 81.53% de modo traslacional; la tercera vibración está en modo rotación; la cuarta vibración va en la dirección Y-Y con una masa desplazada de 8.34% de modo traslacional y la quinta vibración, en la dirección Y-Y con una masa desplazada de 8.26% de modo traslacional. Por tanto, se asume que todos los modos son necesarios y la suma de ambas direcciones superan el 90% de la masa total de la edificación.

**Tabla 4. Coeficiente de participativa de la masa - modelo 2**

Modo	T	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	L <sub>gz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.415	0.0944	0.5219	0.8478	2.55%	77.77%	R = 7.2 A = 1.431 m/s <sup>2</sup> D = 6.22821 mm	R = 7.2 A = 1.431 m/s <sup>2</sup> D = 6.22821 mm
Modo 2	0.391	0.8878	0.19	0.4192	84.66%	3.87%	R = 7.2 A = 1.431 m/s <sup>2</sup> D = 5.52766 mm	R = 7.2 A = 1.431 m/s <sup>2</sup> D = 5.52766 mm
Modo 3	0.343	0.0344	0.0618	0.9975	2.22%	7.14%	R = 7.2 A = 1.431 m/s <sup>2</sup> D = 4.25714 mm	R = 7.2 A = 1.431 m/s <sup>2</sup> D = 4.25714 mm
Modo 4	0.139	0.0733	0.5292	0.8453	0.16%	8.16%	R = 7.2 A = 1.431 m/s <sup>2</sup> D = 0.69741 mm	R = 7.2 A = 1.431 m/s <sup>2</sup> D = 0.69741 mm
Modo 5	0.133	0.9772	0.1391	0.1603	8.81%	0.18%	R = 7.2 A = 1.431 m/s <sup>2</sup> D = 0.63922 mm	R = 7.2 A = 1.431 m/s <sup>2</sup> D = 0.63922 mm
Total					98.40%	97.12%		

*Tomado de los resultados de justificación acción sísmica modelo 2, Cypecad 2020.f, p. 05.*

Para el modelo 2, la primera vibración va en la dirección Y-Y con una masa desplazada de 77.77% de modo traslacional; la segunda vibración va en la dirección Y-Y con una masa desplazada de 84.66% de modo traslacional; la tercera vibración va de modo rotación; la cuarta vibración va en la dirección Y-Y con una masa desplazada de 8.16% de modo traslacional y la quinta vibración, en la dirección Y-Y con una masa desplazada de 8.81% de modo traslacional. En suma, estos modos son necesarios y la suma de ambas direcciones superan el 90% de la masa total de la edificación.

**ii. Desplazamientos laterales relativos admisibles**

Según lo dispuesto en la norma E.030 para sistema estructural de concreto armado, el mayor desplazamiento relativo de entrepiso es 0.007. Las máximas derivas de los entrepisos en la dirección de X-X e Y-Y se obtienen en base a los desplazamientos esperados en régimen inelástico, amplificando los desplazamientos del análisis elástico lineal con solicitaciones reducidas, destacándose en las tablas sucesivos.

Tabla 5. Máximas derivas del modelo 1

Planta	Situaciones persistentes o		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Nivel 3	----	----	0.005435 (C3, ...)	0.005405 (C7, C8)
Nivel 2	----	----	0.006410 (C3, ...)	0.006369 (C7, C8)
Nivel 1	----	----	0.006897 (C3, ...)	0.006803 (C1, ...)

*Tomado de los resultados de distorsiones de columnas del modelo 1, Cypecad 2020.f, p. 04.*

*Nota: Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.*

Las derivas con mayor desplazamiento se encuentran en el primer entrepiso, columna C3 en la dirección X-X con 0.006897 y en la columna C1 se encuentran en la dirección Y-Y con 0.006803; el resto de las columnas de los entrepisos presentan valores inferiores con relación al monto límite de distorsión del entrepiso admitido.

Tabla 6. *Máximas derivas del modelo 2*

Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Nivel 3	----	----	0.005319 (C4, C13)	0.006289 (C7, C8)
Nivel 2	----	----	0.006369 (C4, C13)	0.007407 (C1, ...)
Nivel 1	----	----	0.006849 (C4, C13)	0.008130 (C7, C8)

*Tomado de los resultados de distorsiones de columnas del modelo 2, Cypecad 2020.f, p. 04.*

*Nota: Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.*

Las derivas con mayor desplazamiento que superan el límite de la distorsión del entrepiso permitido se encuentran en el segundo entrepiso, columna C1 en la dirección Y-Y con 0.007407 y en el primer entrepiso, columna C7 y C8 en la dirección Y-Y con 0.008130. Por tanto, las estructuras indicadas requieren aumentar sección de columnas.

### **iii. Cortante de diseño**

La norma expresa las direcciones estipuladas en el análisis la fuerza cortante en el primer entrepiso de la edificación no deberá estar por debajo del 80% del valor hallado conforma al artículo 25 para estructuras regulares, ni ser inferior que el 90% para estructuras irregulares. Si fuera obligatorio aumentar el cortante para garantizar los mínimos establecidos, se escalan de manera proporcional todos los otros resultados hallados, salvo los desplazamientos.

#### *i. Cortante estático*

La resultante de la cortante estática del modelo 1 es el resultado de la siguiente expresión.

$$V = \left( \frac{ZUCS}{R} \right) * P$$

Dónde:

$$\begin{aligned} Z &= 0.35 \\ U &= 1 \\ C &= 2.5 \\ S &= 1.2 \\ R &= 8 \end{aligned}$$

La resultante de la fuerza cortante con relación a la estructura está en función del coeficiente de amplificación sísmica “C” y se determina por el periodo “T” de la dirección de análisis del modelo.

En la tabla 7 se detallan los resultados de la fuerza cortante en la base estructural en las direcciones de X-X e Y-Y del modelo 1.

Tabla 7. *Cortante estática basal del modelo 1*

Hipótesis sísmica	80% V Estático (Ton)
Dirección X-X	34.623
Dirección Y-Y	34.623

*Tomado de los resultados de justificación acción sísmica modelo 1, Cypecad 2020.f, p. 07 y 08.*

Para el modelo 2, la resultante de la cortante estática es el resultado de la siguiente expresión.

$$V = \left( \frac{ZUCS}{R} \right) * P$$

Dónde:

$$\begin{aligned} Z &= 0.35 \\ U &= 1 \\ C &= 2.5 \\ S &= 1.2 \\ R &= 7.2 \end{aligned}$$

La tabla 8 contiene los valores obtenidos de la fuerza cortante en la base estructural en las direcciones de X-X e Y-Y del modelo 2.

Tabla 8. *Cortante estática basal del modelo 2*

Hipótesis sísmica	90% V Estático (Ton)
Dirección X-X	37.989
Dirección Y-Y	37.989

*Tomado de los resultados de justificación acción sísmica modelo 2, Cypecad 2020.f, p. 07 y 08.*

## ii. Cortante dinámico

El cortante dinámico se halla de una superposición modal del análisis dinámico, los valores de la menor fuerza cortante de los modelos identifican seguidamente en las tablas.

Tabla 9. *Cortante dinámico total en la base del modelo 1*

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	37.5094	N.P.
Sismo Y1	37.9377	N.P.

Tomado de los resultados de justificación acción sísmica modelo 1, Cypecad 2020.f, p. 08.

Los resultados del modelo 1 no presentan factor de modificación en ninguna de las direcciones, según lo presentado en la tabla 9.

Tabla 10. *Cortante dinámico total en la base del modelo 2*

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	37.1077	1.02
Sismo Y1	35.078	1.08

Tomado de los resultados de justificación acción sísmica modelo 2, Cypecad 2020.f, p. 08.

Los resultados del modelo 2, conforme a lo descrito en la tabla 10, presentan factor de modificación en la dirección X-X de 1.02 y en la dirección Y-Y de 1.08.

#### 4.1.4. Diseño de elementos estructurales de concreto armado

- **Diseño de vigas**

- Introducción**

Las vigas serán implementadas por el diseño por flexión y cortante, las fuerzas internas se incrementan según los estándares que establece la NTP E.060 y las resistencias son acortadas por coeficientes de reducción de resistencia ( $\phi$ ).

- Diseño por flexión**

Los momentos amplificados de diseño ( $M_u$ ) se hallan a través del Cypecad 2020.f, el valor resultante es el de mayor nivel contenido en la envolvente de momentos flectores. El esfuerzo se determina en términos a la profundidad del bloque de compresiones, considerando la siguiente expresión:

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2|M_u|}{\phi 0.85 f' c b}}$$

$$A_s = \frac{|Mu|}{\phi f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)}$$

El esfuerzo de más alto nivel en las secciones rectangulares es 0.75 (c.b.d.), el término de c.b.d. es la proporción de refuerzo que genera la condición equilibrada y el esfuerzo de menor valor se halla mediante la próxima expresión.

$$A_{S_{min}} = \frac{0.70 \sqrt{f'cbd}}{f'y}$$

### **iii. Diseño por corte**

Consiste en la verificación al inicio, justo cuando se determina si el concreto podría resistir el total de la fuerza cortante que se origina en la viga y se comprueba mediante la ecuación siguiente.

$$V_u < \phi V_c$$

Si no se llegase a satisfacer la expresión, se sumará el refuerzo requerido por  $\phi V_s$ .

$$V_u < \phi V_c + \phi V_s$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

Donde:

- ✓  $A_v$  : Área de las ramas de estribos
- ✓  $S$  : Espaciamiento de los estribos

Según la NTP E.060 las vigas deben ser dúctil y cumplir lo siguiente:

- ✓ El primer estribo se ubicará a 5cm de la cara y el resto igual a  $d/4$ ,  $8d_b$  longitudinal o 30 cm.
- ✓ El espaciamiento de los estribos al externo de la zona de confinamiento no debe superar  $0.5d$ .

### **iv. Diseño de la viga principal en el eje 2-2**

El diseño de una viga principal se desarrolla para todos los modelos considerados; la viga principal aguanta las cargas de gravedad y forma el elemento resistente. La viga desarrollada es VP (25x40) y se ubica en el eje 2-2 de la losa 3.

La figura 24 muestra la representación de un pórtico 04 en la losa 3 del modelo 1, los esquemas de momentos flectores en (ton/m), las fuerzas

cortantes en (ton) y la sección de las vigas. Los resultados de la VP (25x40) de modelo 1 cumplen con el punto permitido de agotamiento frente a solicitaciones normales, según la norma NTE 060.2009.

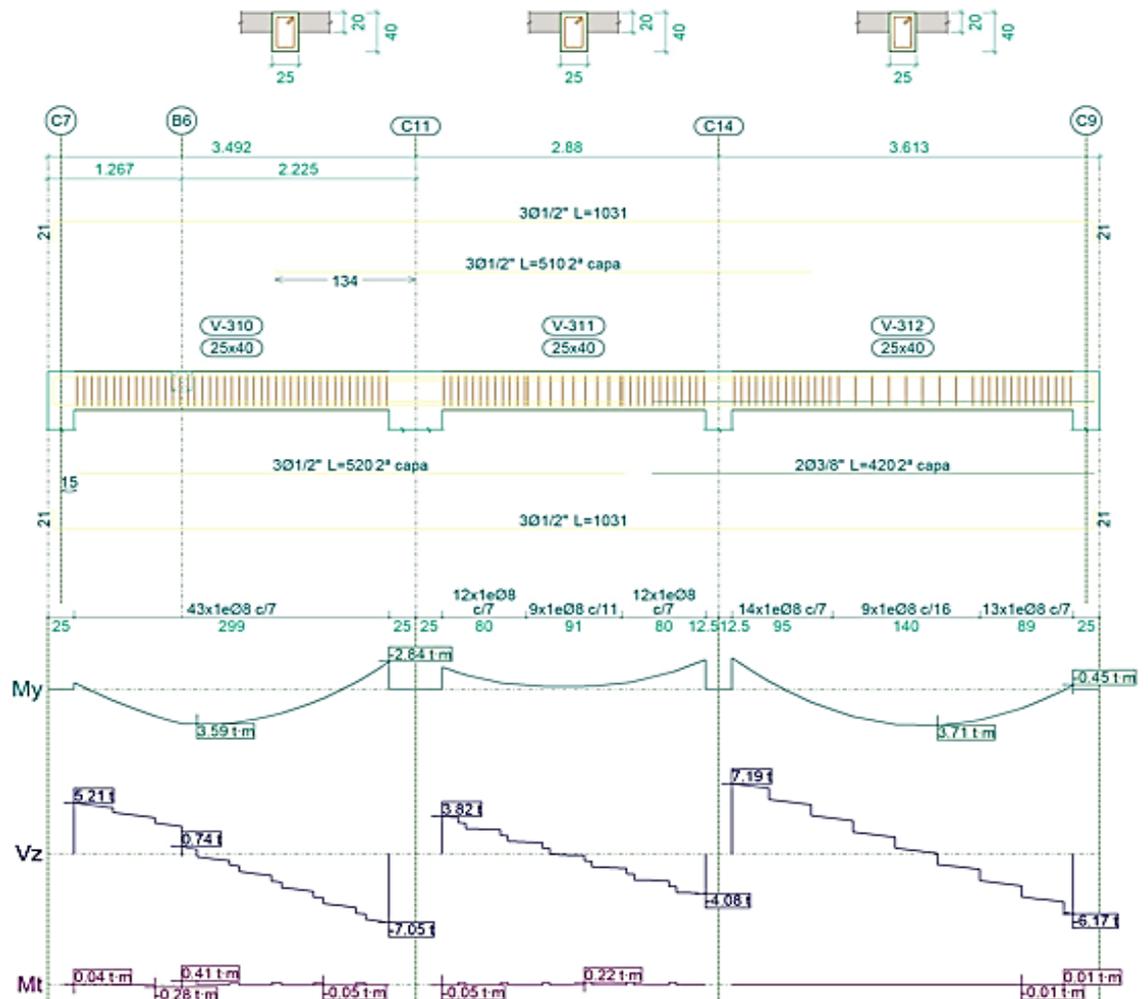


Figura 24. Pórtico 4 en la losa 3 del modelo 1. Tomado de los resultados de la vista en planta de los pórticos del modelo 1, Cypecad 2020.f.

La figura 25 muestra la representación de un pórtico 04 en la losa 3 del modelo 2, los esquemas de momentos flectores en (ton/m), las fuerzas cortantes en (ton) y la sección de las vigas. Los resultados de la VP (25x40) de modelo 2 con el punto permitido de agotamiento frente a solicitaciones normales, según la norma NTE 060.2009.

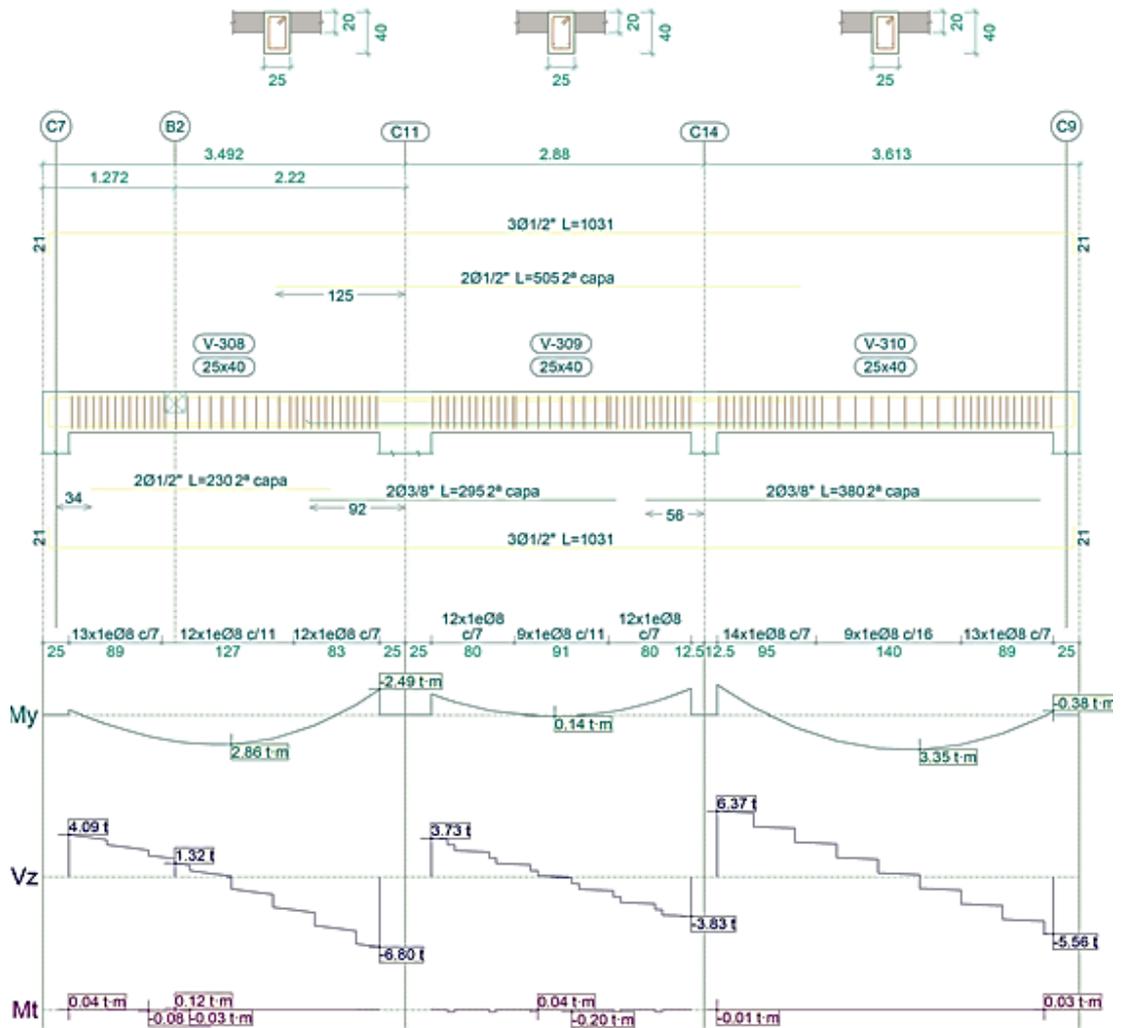


Figura 25. Pórtico 4 en la losa 3 del modelo 2. Tomado de los resultados de la vista en planta de los pórticos del modelo 2, Cypecad 2020.f.

- **Diseño de columnas**

- i. **Diseño por flexo-compresión**

Los elementos se sometieron a esfuerzos de flexocompresión, la comprobación de solicitaciones es con la curva de resistencias nominales disminuidas. Esto es  $\phi M_n$  vs  $\phi P_n$ , donde  $\phi$  se ubica dentro de las solicitaciones de la columna.

$$= 0.9, \text{ si } P_u \leq 0$$

$$= 0.7, \text{ si } P_u > 0.1 \times F_c \times A_g$$

Los valores intermedios deben ser interpuestos en forma lineal. La menor fracción de acero para las columnas es de 1% y el mayor nivel es de

6%, se sugiere utilizar valores de hasta 3%, en caso de que sea mayor del 4% se deberá detallar el armado en la unión viga columna.

### **ii. Diseño por corte**

El diseño por fuerza cortante para columnas es igual al diseño de las vigas, con base a:

$$V_u < \phi(V_c + V_s)$$

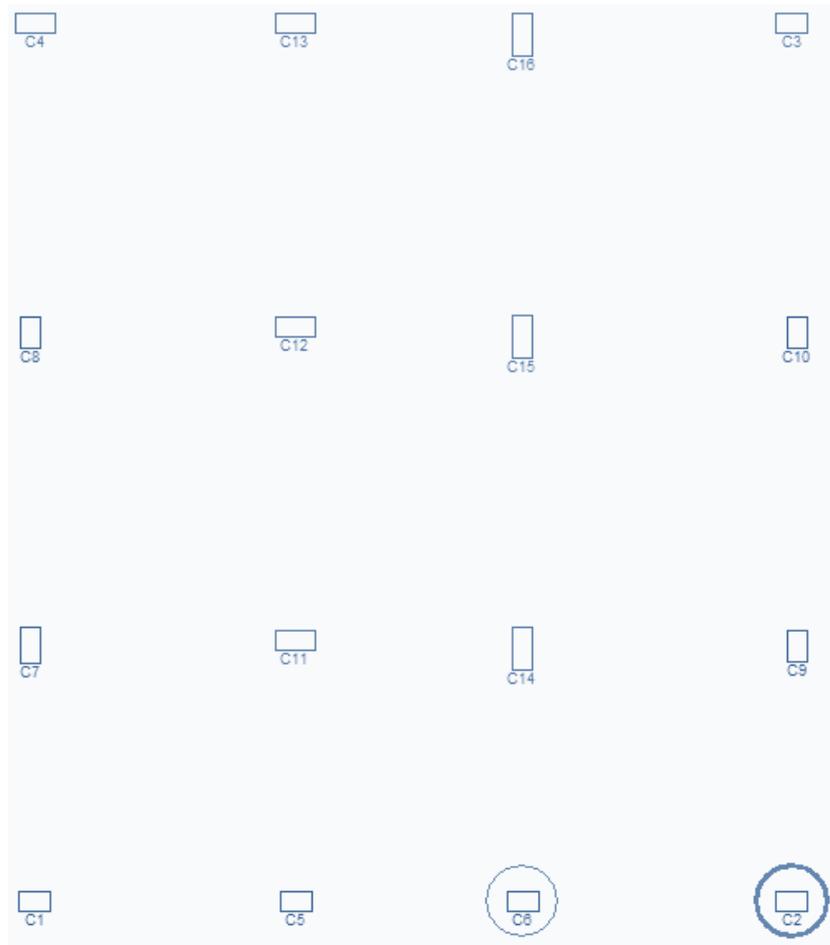
$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}bd\left(1 + \frac{N_u}{140A_g}\right)$$

La fuerza cortante  $V_u$  es resultante de los momentos nominales que proceden de cuánto la columna responde a la flexión. La NTP E.030 para la distribución de los estribos expresa:

- La longitud más baja "Lo" menor a:
  - ✓  $L_n/6$
  - ✓ La más alta dimensión de la columna es 40 cm.
- El espaciamiento de los estribos no excede a:
  - ✓ 10 cm
  - ✓ El 50% de la sección transversal del elemento.
- El espaciamiento al externo de la zona de confinamiento "Lo" no será superior a lo siguiente:
  - ✓ 16 veces el diámetro de la barra longitudinal de más bajo diámetro.
  - ✓ La más baja dimensión del elemento es 30cm.

### **iii. Diseño de las columnas**

La presentación en planta de la distribución de las columnas en los tres niveles del modelo 1, la resistencia de concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , el sistema estructural es de clasificación pórtico de concreto armado. En suma, todos los elementos cumplen con el dimensionamiento.



*Figura 26.* Vista en planta de las columnas del modelo 1.  
Tomado de los resultados de la vista en planta de las columnas del modelo 1, Cypecad 2020.f.

En la figura 27, se presenta los esfuerzos de las combinaciones de  $1.4PP + 1.4CM + 1.7CV$  de la columna C2 en la intersección del eje 1-D de los tres niveles del modelo 1.

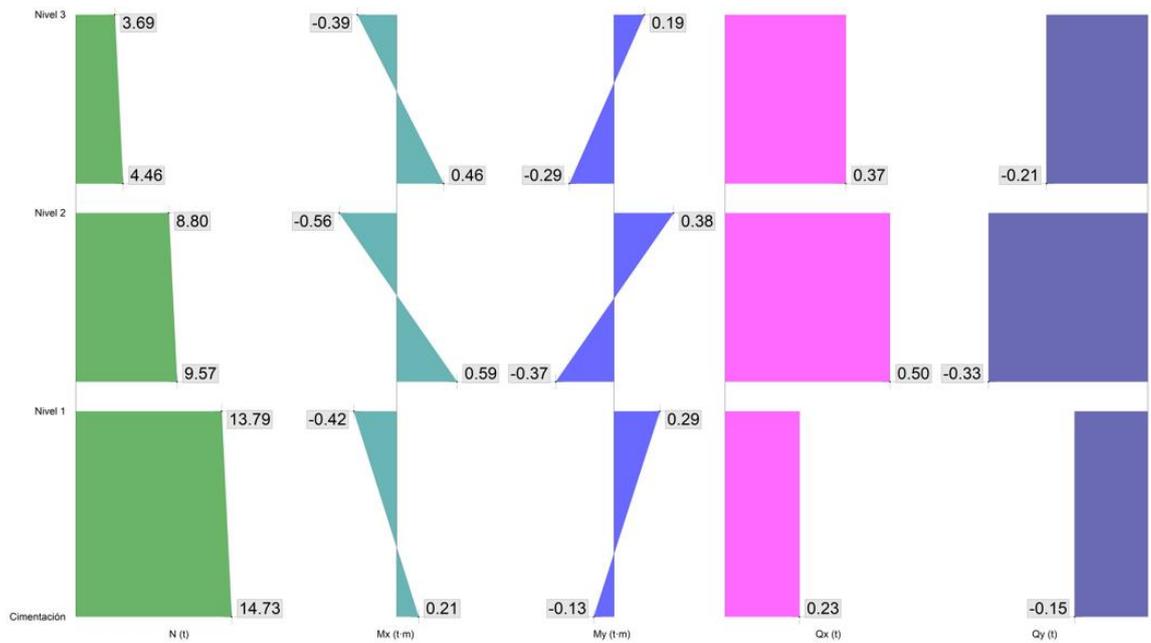


Figura 27. Esfuerzos de la columna C2 del modelo 1. Tomado de los resultados de la columna C2 desde cimentación hasta nivel 3 del modelo 1, Cypecad 2020.f.

En la figura 28 de la columna C2, se presenta los resultados de las comprobaciones del límite de agotamiento frente a solicitaciones sísmicas, las cuales satisfacen las condiciones de capacidad y esfuerzos.

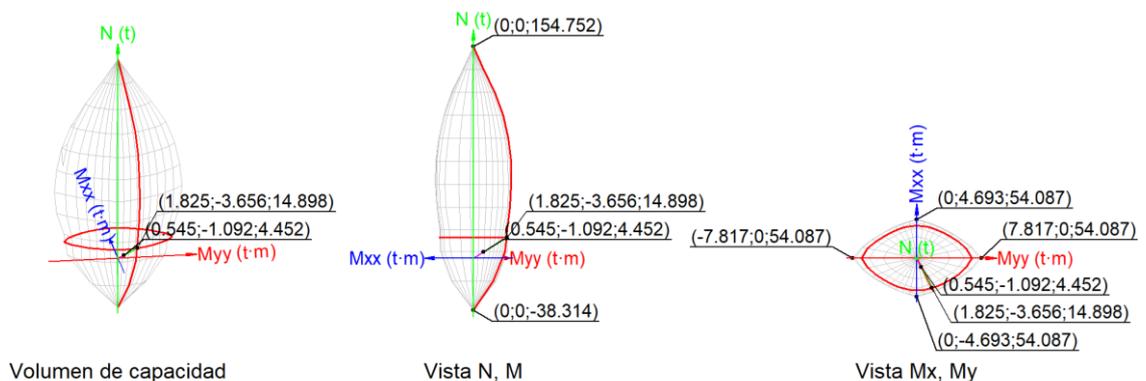
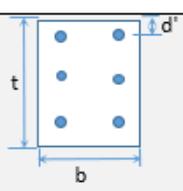


Figura 28. Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones sísmicas (combinaciones sísmicas) de la columna C2 del modelo 1. Tomado de los resultados de comprobaciones de la columna C2 en el nivel 3 del modelo 1, Cypecad 2020.f.

Para la columna C2 del modelo 1 se procede al diseño por flexo-compresión con los siguientes datos que se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. Diseño por flexo-compresión de la columna C2 del modelo 1

A). DATOS			
Carga muerta	PD=	8.50 ton	concreto $f_c=$ 210 kg/cm <sup>2</sup>
Carga viva	PL=	1.25 ton	fluecia $f_y=$ 4200 kg/cm <sup>2</sup>
Mayorando: 1.4PD+1.7PL	PU=	14.03 ton	$b=$ 25.0 cm
Momento D	MD=	0.18 ton-m	$t=$ 40.0 cm
Momento L	ML=	0.05 ton-m	$d'=$ 5.0 cm
Mayorando: 1.4MD+1.7ML	MU=	0.34 ton	

B). SOLUCIÓN			
Cálculo de excentricidad ( $e=Mu/Pu$ )	$e =$	0.02 m	$e = \frac{Mu}{Pu}$
Valor de "g" para diagrama de interacción $g = (t-2*d')/t$	$g =$	0.75	$g = \frac{t-2*d'}{t}$
Valores de K para el diagrama de interacción $k = Pu/(f_c*b*t)$	$k =$	0.067	$k = \frac{Pu}{f_c*b*t}$
	$k*e/t =$	0.004	
Cuantía de diseño del ábaco $pt, m = "k * e/t" \text{ y } "k"$	$pt, m =$	0.1	$m = \frac{fy}{0.85 * f'c}$
Parámetro $m = fy/(0.85*f_c)$	$m =$	23.53	
Cuantía de diseño $pt = Pt.m/m$	$pt =$	0.0043	$\rho_t = \frac{\rho_t.m}{m}$
Verificación de cuantías según E.060 ( $1\% \leq pt \leq 6\%$ )	$0.01 \leq pt \leq 0.06$	0.0100	
Área acero de diseño $Ast = pt*b*t$	$Ast =$	10.00 cm <sup>2</sup>	$Ast = \rho_t * b * t$

Usaremos aceros de:	3	Ø 5/8"	5.94
	3	Ø 5/8"	5.94
			11.88 cm <sup>2</sup> OK

En la figura próxima, se detalla cómo se distribuye la planta de las columnas en los tres niveles del modelo 2.

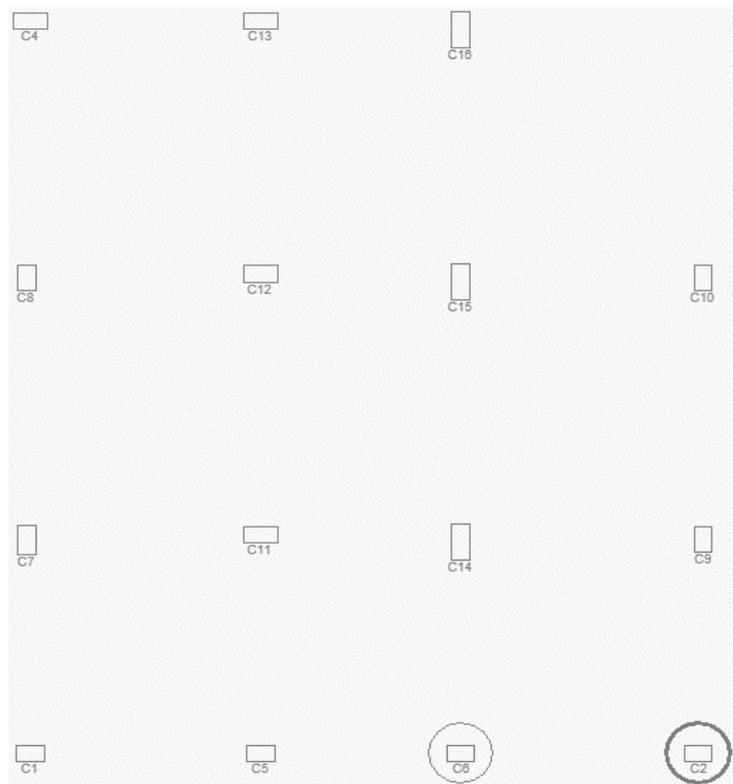


Figura 29. Vista en planta de las columnas del modelo 2. Tomado de los resultados de la vista en planta de las columnas del modelo 2, Cypecad 2020.f.

En la figura 30, se presenta los esfuerzos de las combinaciones de 1.4PP + 1.4CM + 1.7CV de la columna C2 en la intersección del eje 1-D de los tres niveles del modelo 2.

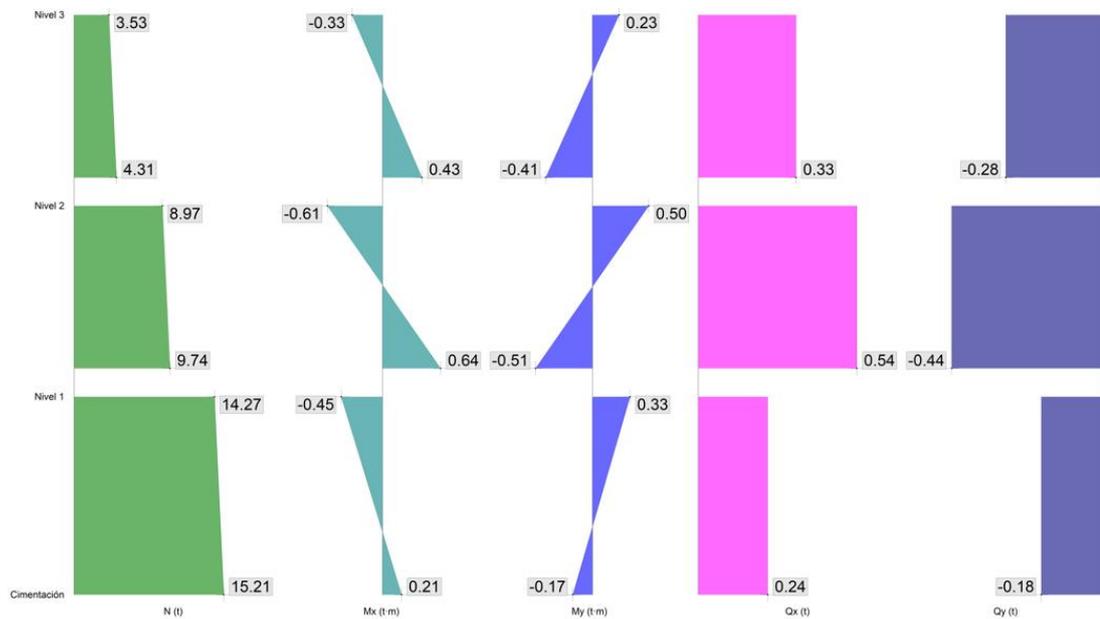


Figura 30. Esfuerzos de la columna C2 del modelo 2. Tomado de los resultados de la columna C2 desde cimentación hasta nivel 3 del modelo 2, Cypecad 2020.f.

En la figura 31 de la columna C2 del modelo 2, se presenta los resultados de las comprobaciones del rango de agotamiento ante sismos, las cuales satisfacen las condiciones de capacidad y esfuerzos.

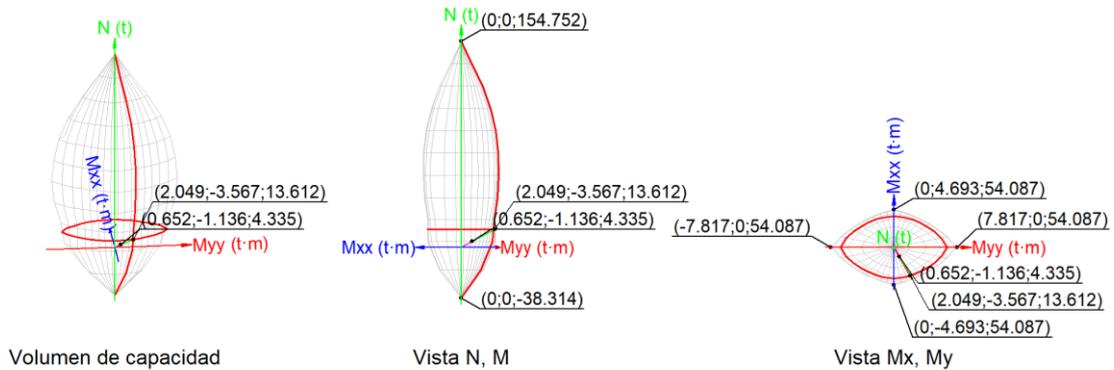
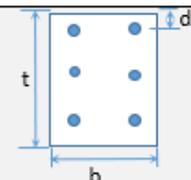


Figura 31. Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones sísmicas de la columna C2 del modelo 2. Tomado de los resultados de comprobaciones de la columna C2 en el nivel 3 del modelo 2, Cypecad 2020.f.

Para la columna C2 del modelo 2 se procede al diseño por flexo-compresión con los siguientes datos que se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Diseño por flexo-compresión de la columna 2 del modelo 2

A). DATOS				
Carga muerta	PD=	8.44 ton	concreto $f_c$ =	210 kg/cm <sup>2</sup>
Carga viva	PL=	1.21 ton	fluecia $f_y$ =	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Mayorando: 1.4PD+1.7PL	PU=	13.87 ton	b=	25.0 cm
Momento D	MD=	0.18 ton-m	t=	40.0 cm
Momento L	ML=	0.04 ton-m	d'	5.0 cm
Mayorando: 1.4MD+1.7ML	MU=	0.32 ton		

B). SOLUCIÓN				
Cálculo de excentricidad ( $e=M_u/P_u$ )	e =	0.02 m		$e = \frac{M_u}{P_u}$
Valor de "g" para diagrama de interacción $g = (t-2*d')/t$	g =	0.75		$g = \frac{t}{t-2*d'}$
Valores de K para el diagrama de interacción $k = P_u/(f_c*b*t)$	k =	0.066		$k = \frac{P_u}{f_c*b*t}$
	$k*e/t =$	0.004		
Cuantía de diseño del ábaco $pt, m = "k * e/t"$ y "k"	pt. m =	0.1		
Parámetro $m = f_y/(0.85*f_c)$	m =	23.53		$m = \frac{f_y}{0.85*f_c}$
Cuantía de diseño $pt = P_t.m/m$	pt =	0.0043		$\rho_t = \frac{\rho_t.m}{m}$
Verificación de cuantías según E.060 ( $1\% \leq pt \leq 6\%$ )	$0.01 \leq pt \leq 0.06$	0.0100		
Área acero de diseño $A_{st} = pt*b*t$	$A_{st} =$	10.00 cm <sup>2</sup>		$A_{st} = \rho_t * b * t$

Usaremos aceros de:	3	Ø 5/8"	5.94
	3	Ø 5/8"	5.94
			11.88 cm <sup>2</sup> OK

- **Diseño de losa aligerada**

- Diseño por flexión**

El diseño de las losas aligeradas por flexión consiste en aplicar a la estructura el total del refuerzo requerido para que pueda mantenerse de manera satisfactoria a las solicitaciones, resultante de las siguientes expresiones.

$$M_u = 0.90 A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

- Diseño por corte**

La losa aligerada por corte permite la verificación de las dimensiones de las viguetas, que ciertamente cumple con las solicitaciones de cortes, para normalizar la sección del peralte de la losa y la clase de materiales empleados; se calculará conforme a:

$$V_u \leq V_c$$

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f_c * b * d}$$

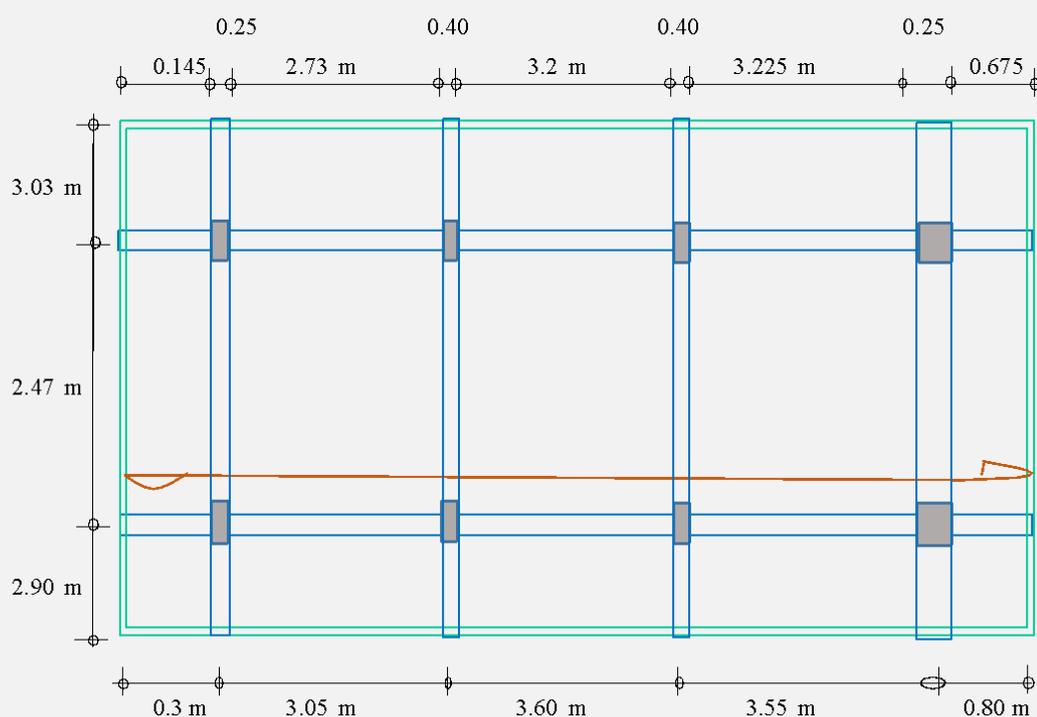
Si la capacidad o corte del aligerado no es suficiente, se deben ejecutar ensanches corridos, alcanzando así, la longitud de sección del elemento que permite la resistencia al final.

### iii. Diseño de losa aligerada del modelo 1

Los datos del diseño de la losa aligerada del modelo 1, en una sola dirección, se consideran en la tabla 13.

Tabla 13. Diseño de la losa aligerada del modelo 1

DATOS					
P. Acabados		120	kg/m <sup>2</sup>	$f_c=$	210 kg/cm <sup>2</sup>
P. Tabiques		130	kg/m <sup>2</sup>	$f_y=$	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Sobrecarga	S/C	200	kg/m <sup>2</sup>		

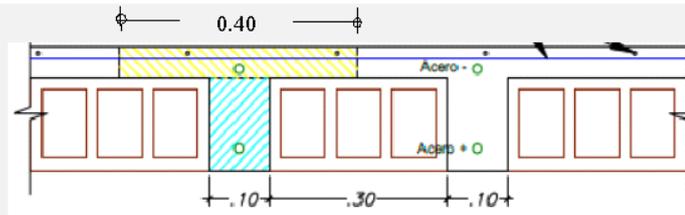


#### 1. DIMENSIONAMIENTO ( $h=L_n/25$ )

Espesor de la losa	$h=$	0.14 m	Definimos	$h=$	0.20 m	—
--------------------	------	--------	-----------	------	--------	---

#### 2. METRADO DE CARGAS: para un ancho de ( $B = 1$ m)

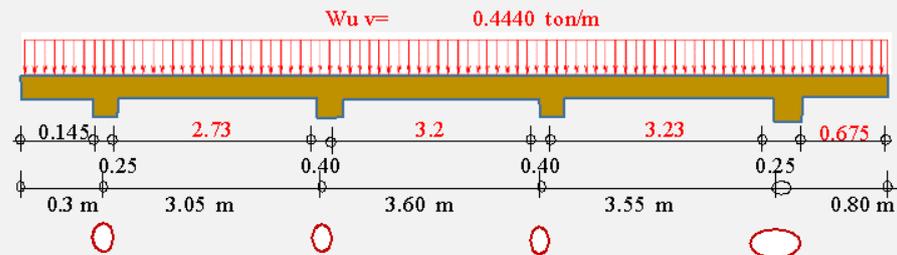
<b>a) Carga Muerta</b>		<b>b) Carga Viva</b>		
Peso losa	0.3 ton/m	$C_v=$	0.2 ton/m	
Peso acabado	0.12 ton/m			
Peso Tabiquería	0.13 ton/m	<b>c) Carga última (<math>1.4cm+1.7cv</math>)</b>		
<b>Total:</b>	$C_m=$	0.550 ton/m	$W_u=$	1.11 ton/m



d) Cálculo de carga última por vigueta ( $W_u v = W_u * b$ )

$W_u v =$	0.444	ton/m
-----------	-------	-------

### 3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

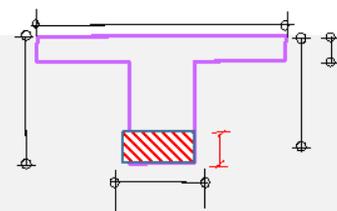


Coef. (k) ACI	1/2	1/24	1/10	1/10	1/10	1/10	1/24	1/2
		1/14		1/16		1/14		
Momento	0.005	0.137	0.330	0.455	0.4547	0.462	0.192	0.101
$M_u = W_u L_n^2$		0.235		0.284		0.330		

### 4. DISEÑO

#### 4.1: DISEÑO EN LOS APOYOS:

$\phi =$	0.9	$b_w =$	10 cm
$\beta =$	0.85	$h =$	20 cm
		$d =$	17 cm



#### 4.1.1. Cálculo del acero mínimo:

Cuantía mínimo	$0.70 * \text{raiz}(f_c) / f_y$	$P_{min} =$	0.002415
Area de acero mínimo	$p_{min} * b_w * d$	$A_{smin} =$	0.41 cm <sup>2</sup>
Acero a Usar mínimo		$\phi$ 3/8"	0.71 cm <sup>2</sup>
	$A_{smin} * f_y / (0.85 * f_c * b_w)$	$a_{min} =$	0.966092
Momento ultimo mínimo	$\phi A_{smin} * f_y (d - a_{min} / 2)$	$M_{umin} =$	0.256 ton-m

#### 4.1.2. Cálculo del acero máximo y capacidad máxima de resistencia

Consideraciones de zona	Zona	No sísmica
Cuantía balanceada $0.85*\beta*(f_c/f_y)*(6000/(6000+f_y))$	$p_b =$	0.02125
Cuantía máxima $0.75 p_b$	$p_{máx} =$	0.0159375
Area de acero máximo $p_{max}*b*d$	$A_{s max} =$	2.71 cm <sup>2</sup>
$A_{smax}*f_y/(0.85*f_c*b)$	$a_{max} =$	6.4 cm
Momento último máximo $\phi A_{smax}*f_y(d-a_{max}/2)$	$M_{umax} =$	1.41 ton-m
Momento último mayor en apoyos; buscamos del diagrama de momentos	$M_u =$	0.462 ton-m
$M_u < M_{umax}$ D.S.R.	Verificación	D.S.R.

#### 4.1.3. Cálculo del acero de diseño

Para tramos 1,4	$M_u =$	0.19 ton-m
Ecuación 1 en valor absoluto	$w_1 =$	0.035991
Ecuación 2 en valor absoluto	$w_2 =$	1.658924
Cuantía de diseño	$p_d =$	0.001800
Área de acero de diseño	$A_{s d} =$	0.31 cm <sup>2</sup>

1  $\phi$  1/2" + 1  $\phi$  3/8" 1.98 cm<sup>2</sup>

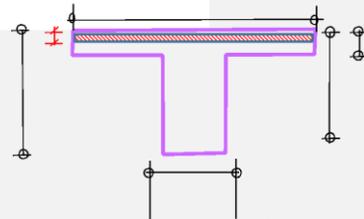
Para tramos 2,3	$M_u =$	0.462 ton-m
Ecuación 1 en valor absoluto	$w_1 =$	0.089243
Ecuación 2 en valor absoluto	$w_2 =$	1.605672
Cuantía de diseño	$p_d =$	0.004462
Área de acero de diseño	$A_{s d} =$	0.76 cm <sup>2</sup>

1  $\phi$  1/2" + 1  $\phi$  5/8" 3.25 cm<sup>2</sup>

#### 4.2: DISEÑO EN LOS TRAMOS:

$\phi =$	0.90
$\beta =$	0.85

b =	40 cm
h =	20 cm
d =	17 cm



#### 4.2.1. Cálculo del acero mínimo:

Cuantía mínimo $0.70*\sqrt{f_c}/f_y$	$p_{min} =$	0.002415
Area de acero mínimo $p_{min}*b_w*d$	$A_{s min} =$	1.64 cm <sup>2</sup>
Acero a usar mínimo	$\phi$ 3/4"	2.85 cm <sup>2</sup>
$A_{smin}*f_y/(0.85*f_c*b_w)$	$a_{min} =$	0.966 cm
Momento último mínimo $\phi A_{smin}*f_y(d-a_{min}/2)$	$M_{umin} =$	1.025 ton-m

#### 4.2.2. Cálculo del acero máximo y capacidad máxima de resistencia

Consideraciones de zona	Zona	No sísmica
Cuantía balanceada $0.85*\beta*(f_c/f_y)*(6000/(6000+f_y))$	$p_b =$	0.02125
Cuantía máxima $0.75 p_b$	$p_{máx} =$	0.0159375
Area de acero máximo $p_{max}*b*d$	$A_{s max} =$	10.84 cm <sup>2</sup>
$A_{smax}*f_y/(0.85*f_c*b)$	$a_{max} =$	6.38 cm
Momento último máximo $\phi A_{smax}*f_y(d-a_{max}/2)$	$M_{umax} =$	5.66 ton-m
Momento último mayor en apoyos; buscamos del diagrama de momentos	$M_u =$	0.33 ton-m
$M_u < M_{umax}$ D.S.R.	Verificación	D.S.R.

#### 4.2.3. Cálculo del acero de diseño

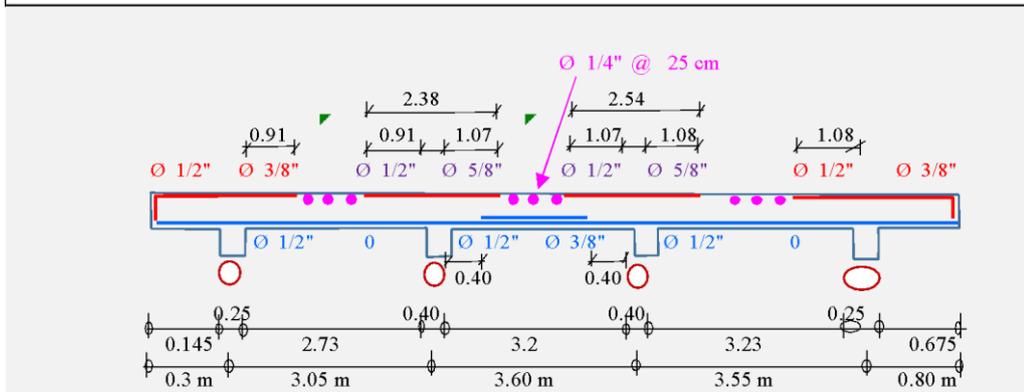
Para tramos 1-2 y 3-4	Mu=	0.33 ton-m
Ecuación 1 en valor absoluto	w1=	0.015234
Ecuación 2 en valor absoluto	w2 =	1.679681
Cuantía de diseño	pd =	0.000761703
Área acaero de diseño	ASd =	0.52 cm <sup>2</sup>
Altura del bloque de compresiones	ad=	0.30 cm <sup>2</sup>
1 Ø 1/2" + 0 Ø 12mm		1.27 cm <sup>2</sup>

Para tramos 2,3	Mu=	0.28 ton-m
Ecuación 1 en valor absoluto	w1=	0.01310735
Ecuación 2 en valor absoluto	w2 =	1.681807904
Cuantía de diseño	pd =	0.000655368
Área acaero de diseño	ASd =	0.45 cm <sup>2</sup>
	ad=	0.26 cm <sup>2</sup>
1 Ø 1/2" + 1 Ø 3/8"		1.98 cm <sup>2</sup>

#### 4.3 DISEÑO ACERO DE CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

b=	100 cm	h=	5 cm
Área de acero	pt*b* h	Ast =	0.90 cm <sup>2</sup>
Distribución de aceros	Aceros de: Ø 1/4"	Srep=	35 cm
Espaciamiento máximo pór norma		5*h	25 cm
		Ø 1/4" @	25 cm

#### 5. DETALLE DE ARMADURA



#### 4.1.5. Diseño de la cimentación

##### i. Introducción

La norma E.050 y E.060 para edificaciones de tipo vivienda sugieren zapatas superficiales que se cuantifican con base a las cargas de gravedad y sismo, asumiendo que la presión que se ejerce sobre la superficie esté por debajo a la presión admisible.

Según el Estudio de Mecánica de Suelos para Edificación, el terreno de fundación es de consistencia baja de perfil S3 identificado en la estratigrafía del estudio de suelos. Por lo tanto, se utilizará el factor  $S = 2.5$  y la profundidad de desplante sugerida para la fundación de la cimentación es a 1.50 m. La capacidad última de carga  $Q_u = 3.01 \text{ kg/cm}^2$  y la capacidad de carga tolerable  $Q_{adm} = 1.204 \text{ kg/cm}^2$  a una profundidad de 1.50 m.

### **ii. Diseño por corte**

En el diseño de zapatas, no se asigna el acero de refuerzo por corte, por cuanto se debe preferir un peralte conveniente que aguante los esfuerzos por corte y punzonamiento.

$$\phi V_c \geq V_u$$

**Corte simple:** la fuerza cortante se halla a una longitud “d” del perfil de la columna y la resistencia del concreto se define a través de la siguiente expresión.

$$\phi V_c \geq 0.85(0.53)(\sqrt{f_c})b.d$$

**Corte doble o punzonamiento:** Está dado por un dispositivo perimétrico de  $d/2$  del perfil de la columna y la resistencia se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\phi V_s \geq 0.85 \left( 0.53 + \frac{1.1}{\beta_c} \right) \sqrt{f_c} . b . d$$

### **iii. Diseño de la cimentación C2 del modelo 1**

En el diseño de la zapata esquinada C2 del modelo 1, se consideran los datos de la tabla 14.

Tabla 14. Diseño de la zapata esquinada C2 del modelo 1

**1.- ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

CARGA	P(tn)	M <sub>bx</sub>	M <sub>yy</sub>
CARGA MUERTA	8.5	0.02	-0.16
CARGA VIVA	1.24	0.01	-0.04
SISMO X	1.3125	0.9775	-0.075
SISMO Y	0.95	0.2525	0.45

Pservicio	13.5055	0.03	-0.2
Ps + 0.8*Sx	14.5555	0.812	-0.26
Ps - 0.8*Sx	12.4555	-0.752	-0.14
Ps + 0.8*Sy	14.2655	0.232	0.16
Ps - 0.8*Sy	12.7455	-0.172	-0.56

**PROPIEDADES DE LOS MATERIALES**

f'c	210 kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>y</sub>	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico C	2.4 tn/m <sup>3</sup>

**CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS**

D <sub>f</sub>	1.5	m
H <sub>z</sub>	1.65	m
s/c	250	kg/m <sup>2</sup>
Pe suelos	1.9	tn/m <sup>3</sup>
σ <sub>adm</sub>	1.84	kg/cm <sup>2</sup>

**2.- DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATA**

DATOS DE LA COLUMNA		VOLADOS		PERALTE	ZAPATA	
X	Y	L <sub>vx</sub>	L <sub>vy</sub>	h	T	S
0.4	0.25	0.8	0.75	0.45	1.2	1

**ÁREA REQUERIDA SÓLO DE CARGAS DE GRAVEDAD**

%PP=15% - 8%; 0.5 Kg/cm<sup>2</sup> < σ<sub>adm</sub> < 2kg/cm<sup>2</sup>

%PP=8% - 4%; 2 Kg/cm<sup>2</sup> < σ<sub>adm</sub> < 4kg/cm<sup>2</sup>

$$A_{req} = 1.10 * (CM + CV) / \sigma_{adm}$$

$$A_{req} = 0.807394$$

$$A_{req \text{ sismo}} = (1.10 * (CM + CV) + S) / (1.3 * \sigma_{adm})$$

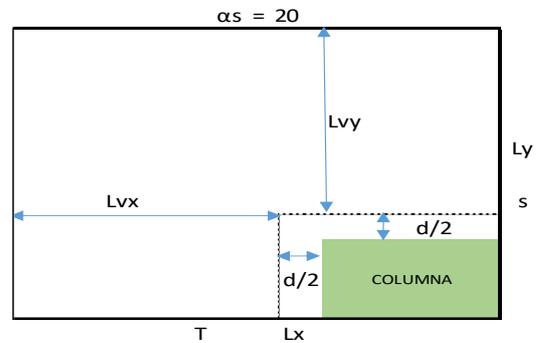
$$A_{req \text{ sismo}} = 0.660788$$

Sobrecarga 0.275 Tn

PPzapata 1.296 Tn

Peso relleno 2.1945 Tn

**3.7655 Tn**



CARGA	P tn	M <sub>bx</sub>	M <sub>yy</sub>
Pservicio =Ps	13.5055	0.03	-0.2

Dirección XX	
T	1.20
S	1.00
e <sub>x</sub>	- 0.015
T/6	0.200
l <sub>xx</sub>	0.144
Caso e < T/6 (dentro del tercio central)	

Dirección YY	
T	1.20
S	1.00
e <sub>y</sub>	0.002
T/6	0.200
l <sub>yy</sub>	0.100
Caso e < T/6 (dentro del tercio central)	

### 3.- VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS

CASO 1	SÓLO DE GRAVEDAD	$\sigma_{adm} = \frac{\text{Peso de servicio}}{A} \pm \frac{M_{xx} * X}{I_x} \pm \frac{M_{yy} * Y}{I_y}$
CASO 2	CARGAS DE GRAVEDAD+0.8SX	
CASO 3	CARGAS DE GRAVEDAD+0.8SY	
CASO 4	CARGAS DE GRAVEDAD+0.8SX	
CASO 5	CARGAS DE GRAVEDAD+0.8SY	

Casos	Ps	Myy*X	Myy*Y	$\sigma_{max}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{min}$
	A	Ix	Iy			
Pservicio	11.254583	0.08	- 0.500	10.84	2500	11.67
Ps + 0.8*Sx	12.129583	2.26	- 0.650	13.74	3250	10.52
Ps - 0.8*Sx	10.379583	- 2.09	- 0.350	7.94	3250	12.82
Ps + 0.8*Sy	11.887917	0.64	0.400	12.93	3250	10.84
Ps - 0.8*Sy	10.62125	- 0.48	- 1.400	8.74	3250	12.50

$\sigma_{max}$                       13.74  
 $\sigma_u$                             17.1689

#### 3.1.- VERIFICACIÓN POR PUNZONAMIENTO

##### PROPIEDADES DE DISEÑO.

$\alpha_s$	20	
$\Phi_V$	0.85	Coef. Corte
$\Phi_f$	0.9	Coef. Flexión
d	0.35	Peralte efectivo

Calculando la resistencia requerida Vu

El peralte efectivo es "d" ; calculando la resistencia requerida Vu, tenemos

$$A_o = (D_x + d) * (D_y + d) = 0.45$$

$$V_u = \sigma_u * (A_{total} - A_o) = 12.88$$

Calculando la resistencia de diseño

$$b_o = 2 * (D_x + D_y + 2d) = 2.7$$

$$\beta = 1.6$$

$$\Phi V_c = \Phi 0.53 * \left(1 + \frac{\alpha_s d}{\beta}\right) * \sqrt{f'c} * b_o * d = 13.88 \text{ Tn}$$

$$\Phi V_c = \Phi 0.27 * \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) * \sqrt{f'c} * b_o * d = 14.43 \text{ Tn}$$

$$\Phi V_c = \Phi 1.06 * \sqrt{f'c} * b_o * d = 12.34 \text{ Tn}$$

b<sub>o</sub>=Perimetro efectivo

d=Peralte efectivo

$\alpha_s$ =Parámetro que relaciona con el número de lados resistentes

$\beta$ =División entre lado mayor y menor de la columna.

Consideremos el menor de los tres

$$V_u \leq \Phi V_c$$

12.88                      13.88

#### 3.2.- VERIFICACIÓN DEL CORTE POR FLEXIÓN

##### DIRECCIÓN XX

$$V_u = \sigma_u * S * (L_v - d)$$

$$\Phi V_c = \Phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * S * d$$

$$V_u = 7.73 \text{ Tn}$$

$$\Phi V_c = 2.28 \text{ Tn}$$

##### DIRECCIÓN YY

$$V_u = \sigma_u * T * (L_v - d)$$

$$\Phi V_c = \Phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * T * d$$

$$V_u = 8.24 \text{ Tn}$$

$$\Phi V_c = 2.74 \text{ Tn}$$

#### 3.3.- VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

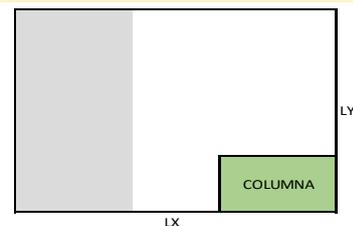
##### DIRECCIÓN

##### D XX

$$M_u = \sigma_u * (L_v^2) * (S/2) = 5.494 \text{ Tn}$$

##### D YY

$$M_u = \sigma_u * (L_v^2) * (T/2) = 5.795 \text{ Tn}$$



#### 4.- DISEÑO DE REFUERZO LONGITUDINAL

##### Datos de diseño:

b=	25	d=	35.00 cm	Mu=	5.494 ton-m
$\beta$ =	1.6	f'c=	210 kg/cm <sup>2</sup>	fy=	4200 kg/cm <sup>2</sup>

##### Cálculo

Zona sísmica		Zona	No sísmica		
Cuántia y acero mínimo	Pmin=	0.002415229	Asmin=	2.11 cm <sup>2</sup>	
Cuántia y acero balanceada	Pb=	0.04	Asb=	35.00 cm <sup>2</sup>	
Cuántia y acero máxima	0.75 pb	Pmáx=	0.03	Asmáx=	26.25 cm <sup>2</sup>
	w1=	1.593985611	w2=	0.100929643	
Cuántia y acero de diseño	Pd=	0.005046482	Asd=	4.42 cm <sup>2</sup>	
Área de acero a usar			Asd=	4.42 cm <sup>2</sup>	
Acero a seleccionar	$\varnothing$ 5/8"	As=	1.98 cm <sup>2</sup>	db=	1.59 cm

Número de varillas:	N° varillas=	3 und
Distribución de Acero:	S=	46.7 cm
Acero Longitudinal:	3	$\varnothing$ 5/8" @ 0.467 m

#### 6.- DISEÑO DE REFUERZO TRANSVERSAL

##### Datos de diseño:

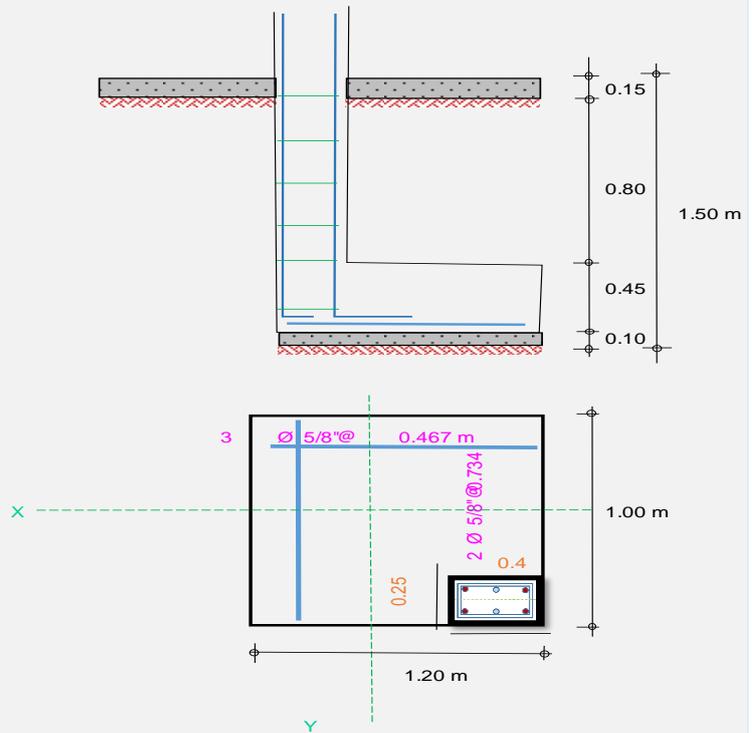
b=	25	d=	35.00 cm	Mu=	5.795 ton-m
$\beta$ =	1.6	f'c=	210 kg/cm <sup>2</sup>	fy=	4200 kg/cm <sup>2</sup>

##### Cálculo

Zona sísmica		Zona	No sísmica		
Cuántia y acero mínimo	Pmin=	0.002415229	Asmin=	2.11 cm <sup>2</sup>	
Cuántia y acero balanceada	Pb=	0.04	Asb=	35.00 cm <sup>2</sup>	
Cuántia y acero máxima	0.75 pb	Pmáx=	0.03	Asmáx=	26.25 cm <sup>2</sup>
	w1=	1.588069458	w2=	0.106845796	
Cuántia y acero de diseño	Pd=	0.00534229	Asd=	4.67 cm <sup>2</sup>	
Área de acero a usar			Asd=	4.67 cm <sup>2</sup>	
Acero a seleccionar	$\varnothing$ 5/8"	As=	1.98 cm <sup>2</sup>	db=	1.59 cm

Número de varillas:	N° varillas=	2 und
Distribución de Acero:	S=	73.4 cm
Acero Transversal:	2	$\varnothing$ 5/8" @ 0.734 m

#### 7.- VII. DETALLE FINAL



**iv. Diseño de la cimentación C2 del modelo 2**

En el diseño de la zapata esquinada C2 del modelo 2, se consideran los datos de la tabla 15.

Tabla 15. *Diseño de la zapata esquinada C2 del modelo 2*

1.- ANÁLISIS ESTRUCTURAL			
CARGA	P(tn)	Mbx	Myy
CARGA MUERTA	8.44	0.01	-0.17
CARGA VIVA	1.21	0	-0.04
SISMO X	0.954	0.838	-0.01
SISMO Y	-2.57	1	1.73
Pservicio	13.4155	0.01	-0.21
Ps + 0.8*Sx	14.1787	0.6804	-0.218
Ps - 0.8*Sx	12.6523	-0.6604	-0.202
Ps + 0.8*Sy	11.3595	0.81	1.174
Ps - 0.8*Sy	15.4715	-0.79	-1.594
<b>PROPIEDADES DE LOS MATERIALES</b>			
f'c	210	kg/cm <sup>2</sup>	
fy	4200	kg/cm <sup>2</sup>	
Peso específico C	2.4	tn/m <sup>3</sup>	
<b>CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS</b>			
Df	1.5	m	
Hz	1.65	m	
s/c	250	kg/m <sup>2</sup>	
Pe suelos	1.9	tn/m <sup>3</sup>	
σ <sub>adm</sub>	1.84	kg/cm <sup>2</sup>	

## 2.- DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATA

DATOS DE LA COLUMNA		VOLADOS		PERALTE	ZAPATA	
X	Y	Lvx	Lvy	h	T	S
0.4	0.25	0.8	0.75	0.45	1.2	1

### ÁREA REQUERIDA SÓLO DE CARGAS DE GRAVEDAD

%PP=15% - 8%;  $0.5 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_{adm} < 2 \text{ kg/cm}^2$

%PP=8% - 4%;  $2 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_{adm} < 4 \text{ kg/cm}^2$

$$A_{req} = 1.10 \cdot (CM + CV) / \sigma_{adm}$$

$$A_{req} = 0.8020136$$

$$A_{req \text{ sismo}} = (1.10 \cdot (CM + CV) + S) / (1.3 \cdot \sigma_{adm})$$

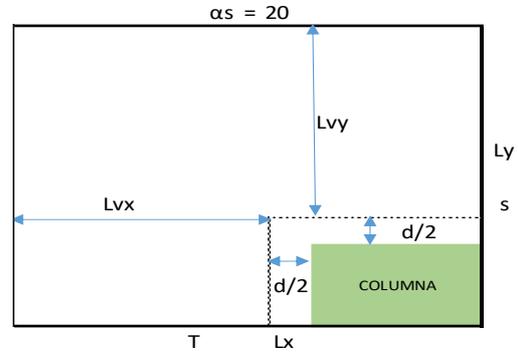
$$A_{req \text{ sismo}} = 0.5094921$$

Sobrecarga 0.275 Tn

PPzapata 1.296 Tn

Peso relleno 2.1945 Tn

**3.7655 Tn**



CARGA	P tn	Mbx	Myy
Pservicio =Ps	13.4155	0.01	-0.21

#### Dirección XX

T 1.20

S 1.00

ex - 0.016

T/6 0.200

lxx 0.144

Caso  $e < T/6$  (dentro del tercio central)

#### Dirección YY

T 1.20

S 1.00

ey 0.001

T/6 0.200

lyy 0.100

Caso  $e < T/6$  (dentro del tercio central)

## 3.- VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS

CASO 1	SÓLO DE GRAVEDAD	$\sigma_{adm} = \frac{\text{Peso de servicio}}{A} \pm \frac{M_{xx} * X}{I_x} \pm \frac{M_{yy} * Y}{I_y}$
CASO 2	CARGAS DE GRAVEDAD+0.8SX	
CASO 3	CARGAS DE GRAVEDAD-0.8SX	
CASO 4	CARGAS DE GRAVEDAD+0.8SY	
CASO 5	CARGAS DE GRAVEDAD-0.8SY	

Casos	Ps	Myy*X	Myy*Y	$\sigma_{max}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{min}$
	A	lx	ly			
Pservicio	11.179583	0.03	- 0.525	10.68	2500	11.68
Ps + 0.8*Sx	11.815583	1.89	- 0.545	13.16	3250	10.47
Ps - 0.8*Sx	10.543583	- 1.83	- 0.505	8.20	3250	12.88
Ps + 0.8*Sy	9.46625	2.25	2.935	14.65	3250	4.28
Ps - 0.8*Sy	12.892917	- 2.19	- 3.985	6.71	3250	19.07

$\sigma_{max}$  14.65  
 $\sigma_u$  18.3141

### 3.1.- VERIFICACIÓN POR PUNZONAMIENTO

#### PROPIEDADES DE DISEÑO.

$\alpha_s$	20	
$\Phi_V$	0.85	Coef. Corte
$\Phi_f$	0.9	Coef. Flexión
$d$	0.35	Peralte efectivo

Calculando la resistencia requerida  $V_u$

El peralte efectivo es "d" ; calculando la resistencia requerida  $V_u$ , tenemos

$$A_o = (D_x + d) * (D_y + d) = 0.45$$

$$V_u = \sigma_u * (A_{\text{total}} - A_o) = 13.74$$

Calculando la resistencia de diseño

$$b_o = 2(D_x + D_y + 2d) = 2.7$$

$$\beta = 1.6$$

$$\Phi V_c = \Phi 0.53 * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * \sqrt{f'c} * b_o * d = 13.88 \text{ Tn}$$

$$\Phi V_c = \Phi 0.27 * \left(\frac{\alpha_s * d}{b_o} + 2\right) * \sqrt{f'c} * b_o * d = 14.43 \text{ Tn}$$

$$\Phi V_c = \Phi 1.06 * \sqrt{f'c} * b_o * d = 12.34 \text{ Tn}$$

$b_o$  = Perímetro efectivo

$d$  = Peralte efectivo

$\alpha_s$  = Parámetro que relaciona con el número de lados resistentes

$\beta$  = División entre lado mayor y menor de la columna.

Consideremos el menor de los tres

$$V_u \leq \Phi V_c$$

$$13.74 \leq 13.88$$

### 3.2.- VERIFICACIÓN DEL CORTE POR FLEXIÓN

#### DIRECCIÓN XX

$$V_u = \sigma_u * S * (L_x - d)$$

$$\Phi V_c = \Phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * S * d$$

$$V_u = 8.24 \text{ Tn}$$

$$\Phi V_c = 2.28 \text{ Tn}$$

#### DIRECCIÓN YY

$$V_u = \sigma_u * T * (L_y - d)$$

$$\Phi V_c = \Phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * T * d$$

$$V_u = 8.79 \text{ Tn}$$

$$\Phi V_c = 2.74 \text{ Tn}$$

### 3.3.- VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

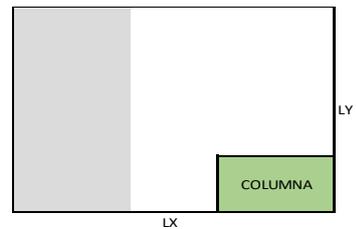
#### DIRECCIÓN

##### D XX

$$M_u = \sigma_u * (L_x^2) * (S/2) = 5.861 \text{ Tn}$$

##### D YY

$$M_u = \sigma_u * (L_y^2) * (T/2) = 6.181 \text{ Tn}$$



#### 4.- DISEÑO DE REFUERZO LONGITUDINAL

Datos de diseño:

b=	25	d=	35.00 cm	Mu=	5.861 ton-m
$\beta$ =	1.6	f <sub>c</sub> =	210 kg/cm <sup>2</sup>	f <sub>y</sub> =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

Cálculo

Zona sísmica		Zona	No sísmica		
Cuantiá y acero mínimo	P <sub>min</sub> =	0.002415229	A <sub>smin</sub> =	2.11 cm <sup>2</sup>	
Cuantiá y acero balanceada	P <sub>b</sub> =	0.04	A <sub>sb</sub> =	35.00 cm <sup>2</sup>	
Cuantiá y acero máxima	0.75 p <sub>b</sub>	P <sub>máx</sub> =	0.03	A <sub>smáx</sub> =	26.25 cm <sup>2</sup>
	w <sub>1</sub> =	1.586763771	w <sub>2</sub> =	0.108151484	
Cuantiá y acero de diseño	P <sub>d</sub> =	0.005407574	A <sub>sd</sub> =	4.73 cm <sup>2</sup>	
Área de acero a usar			A <sub>sd</sub> =	4.73 cm <sup>2</sup>	
Acero a seleccionar	Ø 5/8"	A <sub>s</sub> =	1.98 cm <sup>2</sup>	db=	1.59 cm

Número de varillas:	N° varillas=	3 und
Distribución de Acero:	S=	46.7 cm
Acero Longitudinal:	3	Ø 5/8" @ 0.467 m

#### 6.- DISEÑO DE REFUERZO TRANSVERSAL

Datos de diseño:

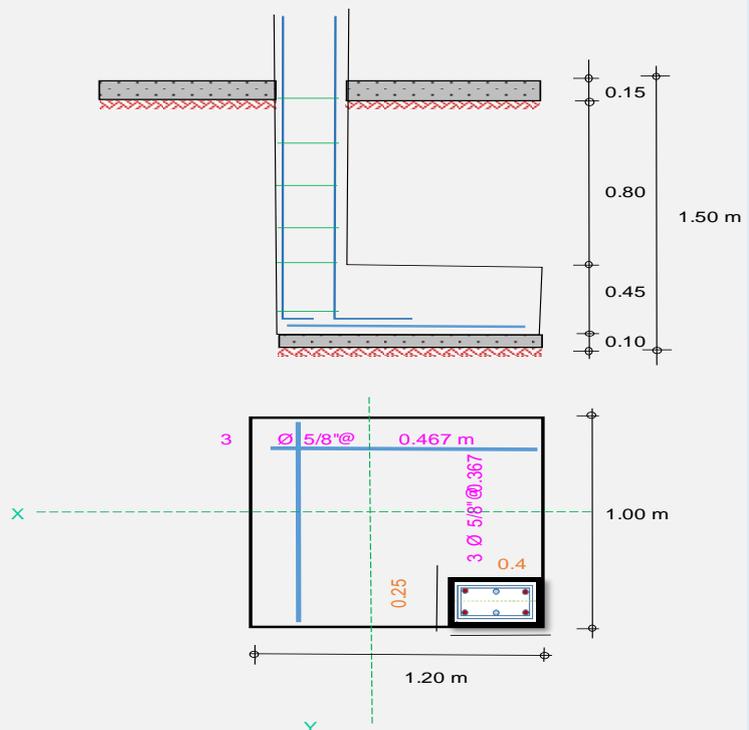
b=	25	d=	35.00 cm	Mu=	6.181 ton-m
$\beta$ =	1.6	f <sub>c</sub> =	210 kg/cm <sup>2</sup>	f <sub>y</sub> =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

Cálculo

Zona sísmica		Zona	No sísmica		
Cuantiá y acero mínimo	P <sub>min</sub> =	0.002415229	A <sub>smin</sub> =	2.11 cm <sup>2</sup>	
Cuantiá y acero balanceada	P <sub>b</sub> =	0.04	A <sub>sb</sub> =	35.00 cm <sup>2</sup>	
Cuantiá y acero máxima	0.75 p <sub>b</sub>	P <sub>máx</sub> =	0.03	A <sub>smáx</sub> =	26.25 cm <sup>2</sup>
	w <sub>1</sub> =	1.580389142	w <sub>2</sub> =	0.114526112	
Cuantiá y acero de diseño	P <sub>d</sub> =	0.005726306	A <sub>sd</sub> =	5.01 cm <sup>2</sup>	
Área de acero a usar			A <sub>sd</sub> =	5.01 cm <sup>2</sup>	
Acero a seleccionar	Ø 5/8"	A <sub>s</sub> =	1.98 cm <sup>2</sup>	db=	1.59 cm

Número de varillas:	N° varillas=	3 und
Distribución de Acero:	S=	36.7 cm
Acero Transversal:	3	Ø 5/8" @ 0.367 m

#### 7.- VII. DETALLE FINAL



## 4.2. Prueba de hipótesis

**Hipótesis específica N° 1:** La resistencia por pisos de una edificación de forma regular es mayor a la de una edificación de forma irregular con zapatas aisladas en distrito de San Miguel, San Román, Puno.

La NT E.030 establece el límite para el desplazamiento lateral máximo de deriva de entrepiso y la altura de entrepiso, para edificaciones de concreto armado el límite para las derivas es de 0.007. El resumen de los resultados de los modelos analizados en la dirección X-X se presenta en la tabla 16.

Tabla 16. *Sismo dinámico en X-X*

Nivel	Altura (m)	Derivas X Modelo 1	Derivas X Modelo 2	Deriva (Δ) límite de distorsión	Variación modelo 1	Variación modelo 2
3	8.6	0.0054348	0.0053191	0.007	-22.36%	-24.01%
2	5.9	0.0064103	0.0063694	0.007	-8.42%	-9.01%
1	3.2	0.0069930	0.0068493	0.007	-0.10%	-2.15%

Tomado de los resultados de distorsiones de laterales de columnas de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f, p. 04.

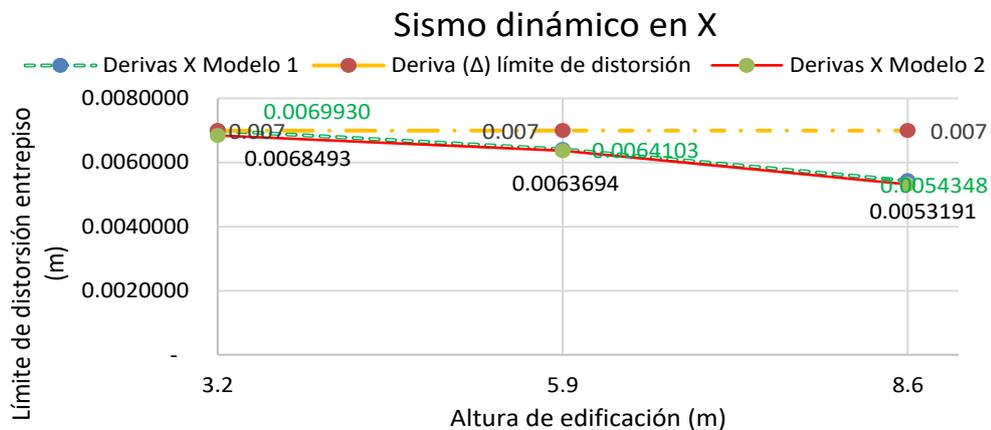


Figura 32. Comparación de derivas en dirección X-X de los modelos 01 y 02. Tomado de los resultados de distorsiones de columnas en situaciones sísmicas de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f., p. 4.

En la tabla 16 y figura 32, se verifica que las derivas de entrepiso para el análisis dinámico en el sentido X-X para los modelos 1 y 2 están dentro de los límites de la distorsión de la altura de entrepiso. El detalle de los hallazgos de las propuestas consideradas en la dirección Y-Y se presenta en la tabla 17.

Tabla 17. Sismo dinámico en Y-Y

Nivel	Altura (m)	Derivas Y Modelo 1	Derivas Y Modelo 2	Deriva (Δ) límite de distorsión	Variación modelo 1	Variación modelo 2
3	8.6	0.0054054	0.0062893	0.007	-22.78%	-10.15%
2	5.9	0.0063694	0.0072993	0.007	-9.01%	4.28%
1	3.2	0.0068027	0.0081301	0.007	-2.82%	16.14%

Tomado de los resultados de distorsiones de columnas de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f, p. 04.

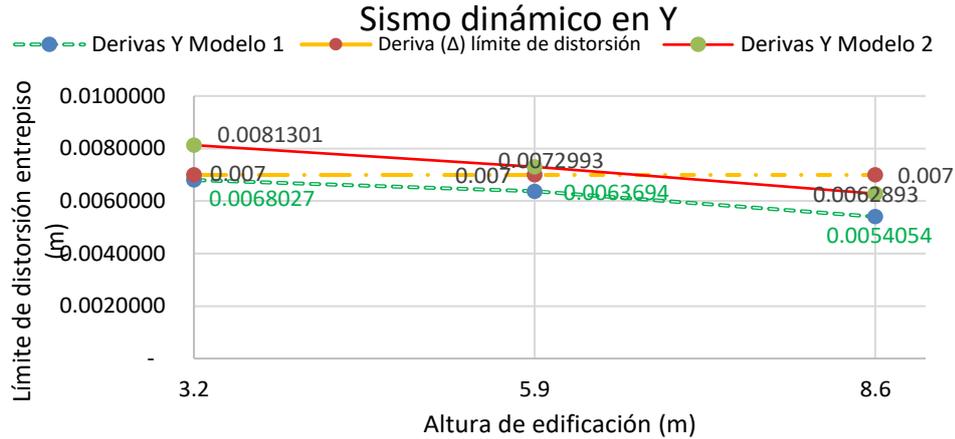


Figura 33. Comparación de derivas en dirección Y-Y de los modelos 01 y 02. Tomado de los resultados de distorsiones de columnas en situaciones sísmicas de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f., p. 4.

En la tabla 17 y figura 33, se verifica que las derivas de entrepiso para el análisis dinámico en el sentido Y-Y para el modelo 1 están dentro de los límites de la distorsión de la altura de entrepiso. Sin embargo, en el modelo 2, las derivas en los entrepisos 1 y 2 exceden el desplazamiento relativo de entrepiso establecido en la norma E.030.

En la tabla 18 se constata las derivas máximas para ambos modelos 1 y 2, el resumen de los resultados.

Tabla 18. Comparación de las derivas máximas en los modelos 1 y 2

Modelo	Máximas derivas		Deriva límite	% faltante al límite XX	% faltante al límite YY
	Deriva XX	Deriva YY			
1	0.00625	0.00617	0.00700	11%	12%
2	0.00617	0.00725	0.00700	12%	-4%

Tomado de los resultados de distorsiones de columnas de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f, p. 04.

En la tabla 18, se demuestra que, para el sistema de concreto armado de los modelos 1 y 2, las derivas máximas se presentan en el análisis dinámico o modal espectral. Para el modelo 1, en el sentido X-X, cumple aún con el 11% de faltante al límite permisible de distorsión; en el sentido Y-Y, cumple aún con el 12% de faltante al límite permisible de distorsión. No obstante, para el modelo 2 en el sentido X-X, cumple aún con el 12% de faltante al límite permisible de distorsión; en el sentido Y-Y, no satisface el valor permisible de distorsión, excede en 4% la fracción de altura de entrepiso.

Los desplazamientos, en una situación sísmica del sistema estructural de concreto armado de los modelos 1 y 2, se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. Comparación de desplazamientos en X-X análisis dinámico

Nivel	Altura (m)	Desp. X Modelo 1	Desp. X Modelo 2	Variación
3	8.6	-34.76	-40.75	17.2%
2	5.9	-25.30	-29.76	17.6%
1	3.2	-14.22	-16.85	18.5%

Tomado de los resultados de desplazamientos laterales de columnas de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f, p. 03.

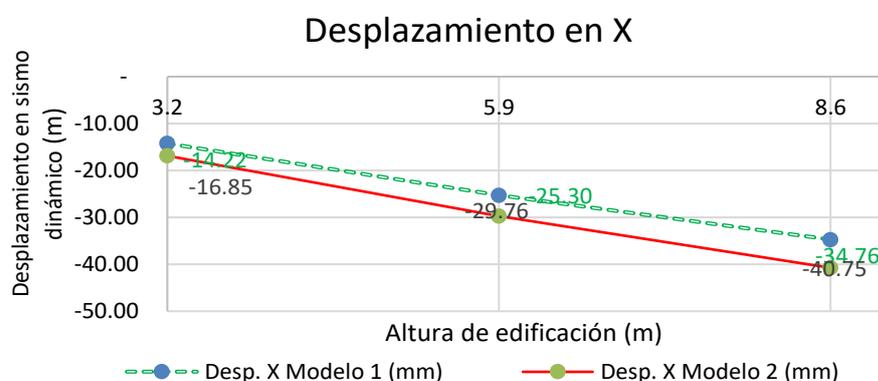


Figura 34. Comparación de desplazamientos en dirección X-X de los modelos 01 y 02.

Tomado de los resultados de desplazamiento de columnas en situaciones sísmicas de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f., p. 3.

En la tabla 19 y figura 34, se verifica que el modelo 1 alcanza el máximo desplazamiento de -34.76 mm a una altura de 8.6 metros en el sentido X-X; el modelo 2 alcanza el máximo desplazamiento de -40.75 mm a una altura de 8.6 metros. Por lo tanto, el modelo 2 tiene mayor desplazamiento de 17.2% que el modelo 1.

Los desplazamientos en el sentido Y-Y en una situación sísmica del sistema estructural de concreto armado de los modelos 1 y 2 se presenta en la tabla 20.

Tabla 20. Comparación de desplazamientos en Y-Y análisis dinámico

Nivel	Altura (m)	Desp. Y Modelo 1	Desp. Y Modelo 2	Variación
3	8.6	51.85	60.83	17.3%
2	5.9	37.56	44.21	17.7%
1	3.2	20.48	-24.30	-218.7%

Tomado de los resultados de desplazamientos laterales de columnas de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f, p. 03.

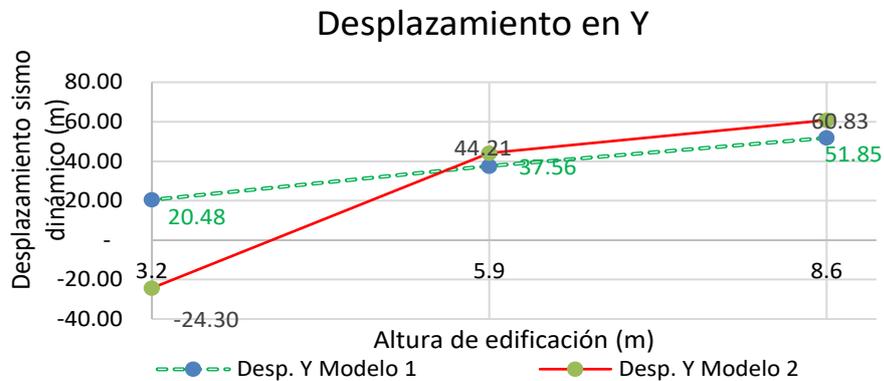


Figura 35. Comparación de desplazamientos laterales en dirección Y-Y de los modelos 01 y 02.

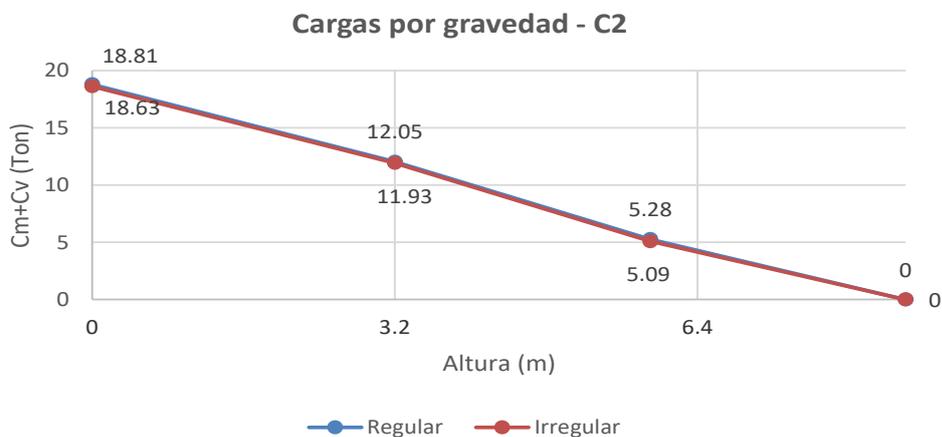
Tomado de los resultados de desplazamiento de columnas en situaciones sísmicas de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f., p. 3.

En la tabla 20 y figura 35, se verifica que el modelo 1 alcanza el máximo desplazamiento de 51.85 mm a una altura de 8.6 metros en el sentido Y-Y; el modelo 2 alcanza el máximo desplazamiento de 60.83 mm a una altura de 8.6 metros. Por lo tanto, el modelo 2 tiene mayor desplazamiento de 17.3% que el modelo 1.

Basado en el que el modelo 2, las derivas en los entrepisos 1 y 2 exceden el desplazamiento relativo de entrepiso establecido en la noma E.030 y que, en el sentido Y-Y, no cumple con el límite permisible de distorsión, excede en 4% la fracción de altura de entrepiso. En consecuencia, se comprueba la hipótesis específica N° 1.

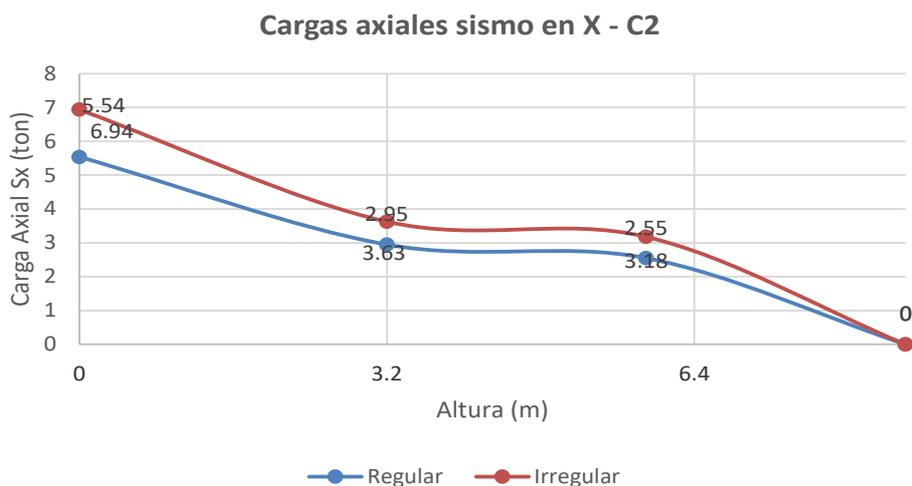
**Hipótesis específica N° 2:** Las fuerzas internas de una edificación de forma regular son mejores a la de una edificación de forma irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.

Las cargas de gravedad de la columna C2 de los modelos 01 y 02 se presentan en la figura 36.



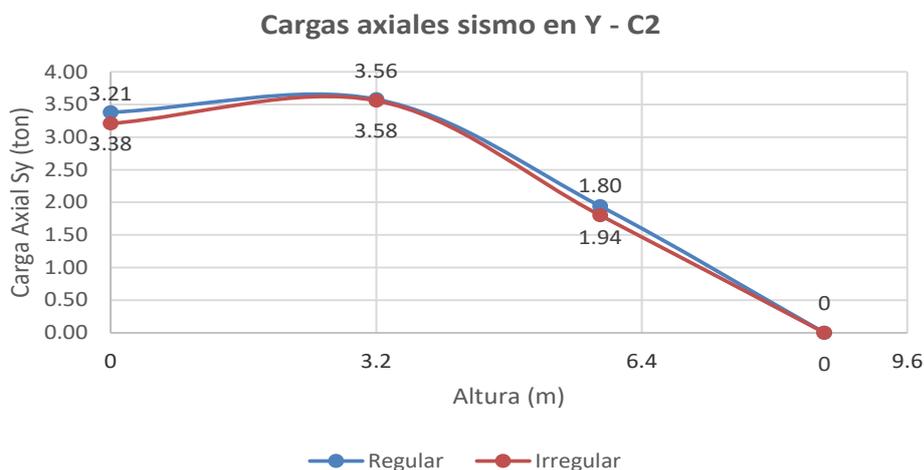
**Figura 36.** Esfuerzos en ejes locales columna de los modelos 01 y 02. Tomado de los resultados de esfuerzos de los ejes locales columna C2 de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f., p. 15.

En los modelos presentados, la carga axial cuando ambas estructuras están a un nivel cero, el modelo 1 tiene mayor carga axial de 0.96% con respecto a la del modelo 2. Las cargas axiales de sismo de la columna C2 en la dirección X-X de los modelos 01 y 02 se presentan en la figura 37.



**Figura 37.** Esfuerzos en ejes locales columna en dirección X-X de los modelos 01 y 02. Tomado de los resultados de esfuerzos de los ejes locales columna C2 en dirección X-X de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f., p. 15.

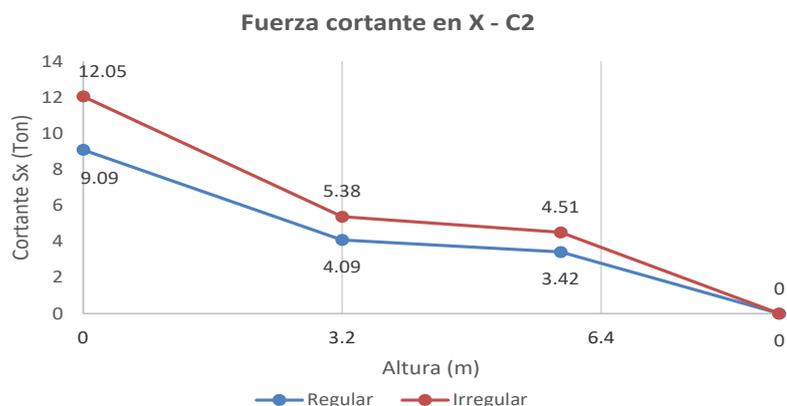
En los modelos presentados en la figura 37, la carga axial de sismo en las direcciones de X-X en un nivel cero; el modelo 2 tiene mayor carga axial sismo en dirección X-X de 25.27% mayor que el modelo 1. Las cargas axiales de sismo de la columna C2 en la dirección Y-Y de los modelos 01 y 02 se presentan en la figura 38.



**Figura 38.** Esfuerzos en ejes locales columna en dirección Y-Y de los modelos 01 y 02.

Tomado de los resultados de esfuerzos de los ejes locales columna C2 en dirección Y-Y de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f., p. 15.

En los modelos presentados en la figura 38, la carga axial de sismo en las direcciones de Y-Y en un nivel cero, el modelo 1 tiene mayor carga axial sismo en dirección Y-Y de 5.03% mayor que el modelo 2. La fuerza cortante sismo de la columna C2 en la dirección X-X de los modelos 01 y 02 se presentan en la figura 39.



**Figura 39.** Esfuerzos en ejes locales columna en dirección X-X de los modelos 01 y 02.

Tomado de los resultados de esfuerzos de los ejes locales columna C2 en dirección X-X de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f., p. 15.

De acuerdo con la figura 39, la fuerza cortante sismo en la dirección X-X en un nivel cero, el modelo 2 tiene mayor fuerza cortante sismo en dirección X-X de 32.56% mayor que el modelo 1. La fuerza cortante sismo de la columna C2 en la dirección Y-Y de los modelos 01 y 02 se presentan en la figura 40.

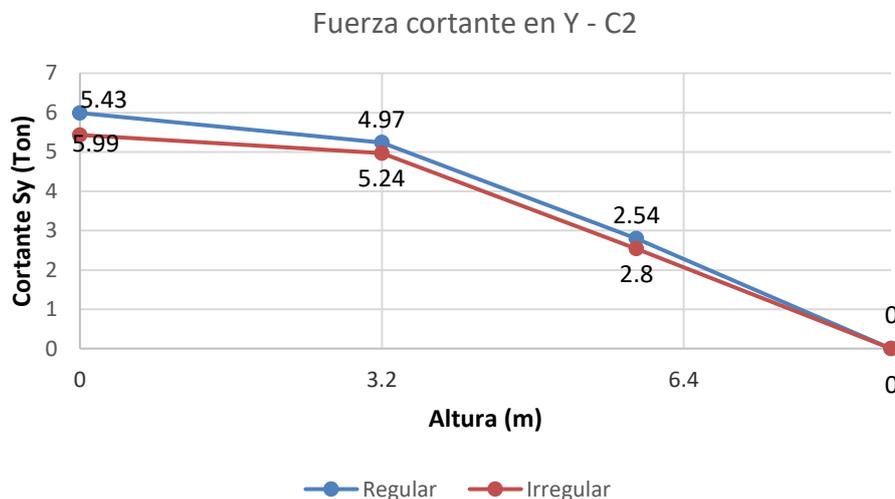


Figura 40. Esfuerzos en ejes locales columna en dirección Y-Y de los modelos 01 y 02.

Tomado de los resultados de esfuerzos de los ejes locales columna C2 en dirección Y-Y de los modelos 01 y 02, Cypecad 2020.f., p. 15.

De acuerdo con la fuerza cortante sismo en las direcciones de Y-Y en un nivel cero, el modelo 1 tiene mayor carga axial sismo en dirección Y-Y de 9.35% mayor que el modelo 2.

Por otro lado, la norma E.030 establece que la fuerza cortante en la base que se deriva del análisis dinámico no debe estar por debajo del 80% de la fuerza cortante en la base que procede del análisis estático para estructuras regulares, ni por debajo del 90% para estructuras irregulares. En la tabla 21, se detallan las fuerzas cortantes obtenidos del modelo 1, bajo ambos análisis.

Tabla 21. Fuerza cortante mínima Vestático - Vdinámico – Modelo 1

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 37.5094 t $\geq$ 34.6230 t	N.P.
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 37.9377 t $\geq$ 34.6230 t	N.P.

Tomado de los resultados de justificación de acción sísmica del modelo 1, Cypecad 2020.f, p. 09.

En la tabla 21, los cortantes derivados del análisis dinámico ( $V_{dx} = 37.5094 \text{ Tn}$  y  $V_{dy} = 37.9377 \text{ Tn}$ ), superan al 80% de la fuerza cortante que procede del análisis estático ( $V_{sx} = 34.6230 \text{ Tn}$  y  $V_{sy} = 34.6230 \text{ Tn}$ ), satisfaciendo así con la norma del diseño sismorresistente. En la tabla 22, se detallan las fuerzas cortantes derivadas del modelo 2 con estructura irregular en planta, bajo ambos análisis.

Tabla 22. *Fuerza cortante mínima Vestático - Vdinámico – Modelo 2*

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.90 \cdot V_{s,X}$ 37.1077 t $\geq$ 37.9889 t	1.02
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.90 \cdot V_{s,Y}$ 35.0780 t $\geq$ 37.9889 t	1.08

*Tomado de los resultados de justificación de acción sísmica del modelo 2, Cypecad 2020.f, p. 09.*

En la tabla 22, los cortantes derivados a través del análisis dinámico ( $V_{dx} = 37.1077 \text{ Tn}$  y  $V_{dy} = 35.0780 \text{ Tn}$ ) son menores al 90% de la fuerza cortante obtenido por medio del análisis estático ( $V_{sx} = 37.9889 \text{ Tn}$  y  $V_{sy} = 37.9889 \text{ Tn}$ ). Por ende, los resultados obtenidos no cumplen con la condición de cortante basal sísmico de conformidad con la norma del diseño sismorresistente; entonces todas las medidas de la respuesta dinámica se multiplican por el coeficiente de modificación en la dirección de análisis X-X de 1.02 y en la dirección de análisis Y-Y de 1.08. Considerando esto, se acepta la segunda hipótesis específica del estudio.

**Hipótesis general:** La respuesta estructural es mayor en una edificación de forma regular que en una edificación de forma irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.

En la tabla 23, se presenta el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas de los modelos analizados.

Tabla 23. *Determinación coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas*

Modelo	Sistema Estructural	Coeficiente básico de reducción fuerza sísmica (Ro)	Irregularidad		Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica "R"	Observación
			En altura (Ia)	En planta (Ip)		
1	Pórtico	8	1	1	8	Ninguno
2	Pórtico	8	1	0.9	7.2	Esquina entrante

Tomado de la Norma Técnica E-030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2019, p. 19.

Con base a lo presentado en la tabla 23, el modelo 1 de forma regular, porque sus cargas laterales no disponen irregularidades de altura y planta, cuyo factor de  $I_a = 1$  y  $I_p = 1$ . En cambio, el modelo 2, por su geometría, muestra una irregularidad en planta de esquina entrante, que ha sido obtenido y constatado y se agrega el factor de irregularidad de  $I_p = 0.90$  y el factor de  $I_a = 1$ . Además, el sistema estructural de los modelos analizados es de pórtico, debido que las columnas soportan más de 80% de la fuerza cortante basal.

Los modelos de una estructura regular se han obtenido resultados que se presentan.

Tabla 24. *Comparación de resultados del análisis sísmico*

PROCESOS ANALIZADOS	PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS	EDIF. 03 NIVILES (Modelo 1)	EDIF. 03 NIVILES (Modelo 2)	VARIACIÓN	COMENTARIO
Arquitectura	Programación Arquitectónica	329.73	286.35	15.15%	El modelo 1 presenta mayor área útil de 15.15% que el modelo 2.
Análisis Sísmico	Configuración estructural en planta	Regular	Irregular	-	El modelo 2 presenta una irregularidad en planta de esquina entrante
	Derivas máximas en el análisis dinámico sismo en X-X (m)	0.00625	0.00617	-1.30%	Los modelos 1 y 2 en el sentido X-X cumplen con el límite permisible de distorsión.
	Derivas máximas en el análisis dinámico sismo en Y-Y (m)	0.00617	0.00725	14.90%	En el sentido Y-Y solo el modelo 1 cumple con el límite permisible de distorsión. El modelo 2 excede el límite permisible de distorsión de entrepiso en 4%.
	Desplazamiento en una situación sísmica en X-X (mm)	-34.76	-40.75	17.2%	El modelo 2 tiene mayor desplazamiento de 17.2% que el modelo 1 a una altura de 8.6 m.
	Desplazamiento en una situación sísmica en Y-Y (mm)	51.85	60.83	17.3%	El modelo 2 tiene mayor desplazamiento de 17.3% que el modelo 1 a una altura de 8.6 m.

	Condición de cortante basal sismo en dirección X-X (Tn)	37.5094 t ≥ 34.6230 t	37.1077 t ≥ 37.9889 t	-	Modelo "1" cortantes del análisis dinámico son mayores al 80% de la fuerza cortante del análisis estático, cumple con la condición de cortante basal mínimo. Modelo "2" cortantes del análisis dinámico son menores al 90% de la fuerza cortante del análisis estático, no cumple con la condición de cortante basal mínimo, multiplicar por 1.02 factor de modificación.
	Condición de cortante basal sismo en dirección Y-Y (Tn)	37.9377 t ≥ 34.6230 t	35.0780 t ≥ 37.9889 t	-	Modelo "1" cortantes del análisis dinámico son mayores al 80% de la fuerza cortante del análisis estático, cumple con la condición de cortante basal mínimo. Modelo "2" cortantes del análisis dinámico son menores al 90% de la fuerza cortante del análisis estático, no cumple con la condición de cortante basal mínimo, multiplicar por 1.08 factor de modificación.
Diseño de Cimentaciones	Peralte Efectivo (m)	1.5	1.5	0.00%	El estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación recomienda a una profundidad mínima Df = -1.50 metros.
	Capacidad admisible del suelo (kg/cm <sup>2</sup> )	1.204	1.204	0.00%	La capacidad última de carga Qu = 3.01 kg/cm <sup>2</sup> , y la capacidad de carga admisible Qadm = 1.204 kg/cm <sup>2</sup> a una profundidad de 1.50 m.

La estructura regular (modelo 1) y la estructura irregular (modelo 2), según la norma E.030 pertenecen a la clase de edificaciones comunes y zona sísmica 3, del análisis sísmico cuyos resultados significativamente diferentes. Del análisis sísmico de una estructura regular (modelo 1) con una estructura irregular (modelo 2), la estructura regular (modelo 1) cumple con los requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad para diseño de elementos estructurales según la Norma E.030 de diseño sismorresistente, por lo que se acepta la hipótesis general del estudio.

#### 4.3. Discusión de resultados

En cuanto al objetivo general, se encontró que el modelo 1 basado en una edificación de tipo regular presentó una respuesta estructural mayor a la de una edificación de forma irregular, ambos con zapatas aisladas, conforme a la Norma E.030; esto permitió comprobar la hipótesis general del estudio. Por

tanto, se demuestra, tal como señala Carrasco (11), que, en edificaciones de este tipo, el diseño de los cimientos en edificaciones regulares contribuye a prolongar el tiempo de la primera vibración. Ello también fue constatado por Estela (12) y Reátegui (13). Por otro lado, como demostró Quispillo (14), el desempeño estructural varía al considerar una base rígida por una parte y la interacción entre el suelo - estructura por otra, por lo que es necesaria una redistribución de los esfuerzos en el edificio y cimentación, lo cual se ha concebido en el presente estudio.

En este sentido, si bien en la presente investigación, la respuesta estructural de la edificación de tipo regular fue mayor; en el caso, de la edificación de tipo irregular se observa que, con zapatas aisladas, se cumplen aspectos como el límite permisible de distorsión. Asimismo, en los casos de incumplimiento de lo dispuesto en la Norma E.030, se observan algunas distorsiones que deben ser mejoradas con otro tipo de diseño. Además, se determinó que el modelo 2 tiene mayor desplazamiento en una situación sísmica en X-X de 17.2% que el modelo 1 a una altura de 8.6 m. y de 17.3% en Y-Y, lo cual se contrapone con lo obtenido por López (15) y Peñafiel (16), al observar diferencias poco significativas entre distintos tipos de estructuras.

## CONCLUSIONES

1. Del objetivo general, se determinó que el modelo 1 (edificación de forma regular con zapatas aisladas) tiene mayor respuesta estructural que el modelo 2 (edificación de forma irregular con zapatas aisladas). En cambio, el segundo excede el límite permisible de distorsión de entrepiso en 4%; tiene mayor desplazamiento X-X de 17.2% a una altura de 8.6 m y Y-Y de 17.3% y no cumple con la condición de cortante basal mínimo en dirección X-X y en dirección Y-Y.

2.- Del primer objetivo específico 1, se determinó que en el sentido X-X, los modelos 1 y 2 están dentro de los límites de la distorsión de la altura de entrepiso, pero, en el sentido Y-Y en el modelo 2, las derivas en los entrepisos 1 y 2 exceden el desplazamiento relativo de entrepiso establecido en la norma E.030. Además, el modelo 1 alcanza el máximo desplazamiento de -34.76 mm a una altura de 8.6 metros en el sentido X-X, el modelo 2 alcanza el máximo desplazamiento de -40.75 mm a una altura de 8.6 metros, mientras que en el sentido Y-Y, los valores son 51.85 mm y 60.83 mm, respectivamente.

3. En relación con el objetivo específico 2, se encontró que el modelo 1 tiene mayor carga axial de 0.96% con respecto a la del modelo 2 y que la carga axial de sismo en las direcciones de X-X y Y-Y en un nivel cero; el modelo 2 tiene mayores valores que el modelo 1. Además, los cortantes obtenidos del modelo 1 ( $V_{dx} = 37.5094 \text{ Tn}$  y  $V_{dy} = 37.9377 \text{ Tn}$ ) son mayores al 80% de la fuerza cortante obtenido mediante el análisis estático ( $V_{sx} = 34.6230 \text{ Tn}$  y  $V_{sy} = 34.6230 \text{ Tn}$ ), pero, los del modelo 2, son menores al 90% ( $V_{sx} = 37.9889 \text{ Tn}$  y  $V_{sy} = 37.9889 \text{ Tn}$ ).

## BIBLIOGRAFÍA

1. SÁNCHEZ, S., CARRERA, L. y AGUINAGA, S. Vulneración de los derechos humanos ante los desastres naturales en el Perú. *Educare et Comunicare*. Diciembre, 2020, 28(2), 88-95 [fecha de consulta: 17 de noviembre de 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.35383/educare.v8i2.474>
2. VERGARAY, L. y AGUILAR, Z. *Superficie de subducción para los cálculos de peligro sísmico en el Perú* [en línea]. En: XX Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Panel [fecha de consulta: 15 de octubre de 2022]. Disponible en file:///C:/Users/PC/Downloads/PPRev.ZAB.pdf
3. DOROTEO, P., WILSON, M. y ARGOTA, G. Sismicidad y percepción de riesgo en el departamento de Ica. *Revistas Universidad de San Martín de Porres*. Marzo, 2021, 1-25 [fecha de consulta: 2 de noviembre de 2022]. Disponible en <https://www.usmp.edu.pe/campus/pdf/articulos/articulo33.pdf>
4. MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Resolución Ministerial N° 355-2018-Vivienda. *Modifican la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones*. 2018. [fecha de consulta: 9 de noviembre de 2022]. Disponible en <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/217118/RM-355-2018-VIVIENDA.pdf?v=1594929095>
5. ANDINA Agencia Peruana de Noticias. Vivienda: 3 de cada 4 casas que se construyen en Perú son informales. 2018. [fecha de consulta: 2 de octubre de 2022]. Disponible en <https://andina.pe/agencia/noticia-vivienda-3-cada-4-casas-se-construyen-peru-son-informales-733681.aspx>
6. INEI. Sistema de información distrital INEI. 2015. [fecha de consulta: 18 de octubre de 2022]. Disponible en <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda>.
7. MUNICIPALIDAD Provincial de San Román. *Plan Director de Juliaca 2004-2015*. Juliaca: Municipalidad Provincial de San Román, 2015. [fecha de consulta: 22 de noviembre de 2022]. Disponible

en[https://eudora.vivienda.gob.pe/observatorio/PDU\\_MUNICIPALIDADES/JULIACA/PDU-JULIACA.pdf](https://eudora.vivienda.gob.pe/observatorio/PDU_MUNICIPALIDADES/JULIACA/PDU-JULIACA.pdf)

8. NARVEEN, S., ABRAHAM, N. y KUMARI, A. Analysis of irregular structures under earthquake loads. *Procedia Structural Integrity*. Diciembre, 2019, , 14, 806-819 [fecha de consulta: 29 de octubre de 2022]. Disponible en <file:///C:/Users/PC/Downloads/1-s2.0-S2452321619301763-main.pdf>
9. INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática. *Perú: Estimaciones y proyecciones de población departamental por años calendario y edad simple 1995-2030*. Lima: INEI, 2020.
10. PÉREZ, L. y DOZ, G. Impacto del Cambio Climático en Puerto Rico, el Caribe y las Américas. *Rev. Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*. Diciembre, 2018, 17, 3-14 [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2022]. Disponible en [https://www.uprm.edu/ridnaic/wp-content/uploads/sites/368/2021/12/RIDNAIC\\_Volumen-21-Numero-1-Diciembre-2021.pdf](https://www.uprm.edu/ridnaic/wp-content/uploads/sites/368/2021/12/RIDNAIC_Volumen-21-Numero-1-Diciembre-2021.pdf)
11. CARRASCO, K. Analisis comparativo entre el diseño estructural con el modelo sismico normativo y los modelos dinamicos de interaccion suelo-estructura para un edificio con porticos y placas cimentado sobre zapatas aisladas. Tesis (Título de ingeniero civil). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2019. [fecha de consulta: 29 de noviembre de 2022]. Disponible en <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/2204/CIV-CAR-NIZ-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
12. ESTELA, J. Comparación de la respuesta estructural de una edificación regular con zapatas aisladas en la ciudad de Cajamarca, considerando y obviando el efecto de interacción sísmica suelo-estructura. Tesis (Título de ingeniero civil). Cajamarca: Universidad de Cajamarca, 2019. [fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. Disponible en <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2909>
13. REÁTEGUI, R. Comparación de la respuesta estructural de una edificación aporticada con zapatas aisladas considerando y sin considerar interacción suelo estructura en la Urbanización San Isidro II Etapa, Trujillo. 2020. Tesis (Título de ingeniero civil). Trujillo: Universidad del Norte, 2020.

[fecha de consulta: 10 de noviembre de 2022]. Disponible en file:///C:/Users/PC/Downloads/Re%C3%A1tegui%20Fasabi%20Ren%C3%A9.pdf

14. QUISPILLO, K. Análisis comparativo de la respuesta estructural y del nivel de desempeño de una edificación de hormigón armado considerando dos opciones: base rígida e interacción suelo-estructura. Tesis (Título de ingeniero civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2022. [fecha de consulta: 13 de octubre de 2022]. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34107/1/Tesis%20I.C.%201557%20-%20Quispillo%20Morocho%20Kevin%20Adri%c3%a1n.pdf>
15. LÓPEZ, D. Análñisis comparativo entre sistemas estructurales sismo resistentes para edificaciones de acero, en la Provincia de Pichincha, Cantón de Quito, utilizando los sistemas: tradicional de cimentación y aisladores sísmicos, para un conjunto residencial. Tesis (Título de ingeniero civil). Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2017. [fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14414>
16. PEÑAFIEL, L. Análisis sísmico comparativo de un edificio de mediana altura considerando el sistema de base fija versus la interacción suelo - estructura. Tesis (Título de ingeniero civil). Manabí: Universidad Estatal del Sur de Manabí, 2019. [fecha de consulta: 3 de noviembre de 2022]. Disponible en <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2019>
17. GARCÍA, J. *Análisis de las configuraciones tanto en planta como en elevación de un edificio*. Manta : Uleam, 2022.
18. LLANOS, A., y otros. Influencia de la interacción del suelo-estructura en el comportamiento de las viviendas aporticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca. 2, Juliaca, Perú. *Revista Científica de la UCSA*. Agosto, 2020, **7**(2). [fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. Disponible en [10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.02.070](https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.02.070)
19. CALLES, J. *Iregularidades estructurales*. 2, Lima: Revista Científica UCSA, 2018, Vol. 3.

20. BAZAN, E. y MELI, R. *Diseño sísmico de edificios*. D.F. México : Limusa, 2002.
21. MCCORMAN, J. y BROWN, R. *Diseño en concreto reforzado*. Bogotá, Colombia : Alfaomega, 2017.
22. MVCS. Reglamento Nacional de Edificaciones. *Diseño sísmoresistente*. Lima. Perú : s.n., 2019.
23. HERNÁNDEZ, D. y TENA, A. *Estudio paramétrico de modelos representativos de estructuras propensas a desarrollar pisos suaves o débiles ante excitaciones sísmicas de suelo blando*. *Revista de Ingeniería Sísmica*,. Julio, 2018, 95. [fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n95/0185-092X-ris-95-00053.pdf>
24. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. 6ta edición. Ciudad de México : McGraw-Hill, 2014.
25. CARRASCO, S. *Metodología de la Investigación Científica*. Lima: San Marcos, 2017.
26. PALOMINO, J. et al.. *Metodología de la investigación : guía para elaborar un proyecto en salud y educación*. Lima: San Marcos, 2015. 9786123152628.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
General	General	General	Configuración geométrica en planta	Propuesta arquitectónica	Area de construcción Categoría y uso de la edificación Altura total de la edificación Distribución de ambientes
¿Cuáles son las diferencias existentes en la respuesta estructural entre edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno?	Determinar las diferencias existentes en la respuesta estructural entre edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.	La respuesta estructural es mayor en una edificación de forma regular que en una edificación de forma irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.		Forma geométrica de la planta	Cantidad de lados Regularidad geométrica
Específicas	Específicas	Específicas	Respuesta estructural	Respuesta por piso	Períodos de vibración Frecuencias angulares Desplazamientos
¿Cuáles son las diferencias existentes en la respuesta por piso de edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno?	Evaluar la respuesta por piso de edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.	La resistencia por pisos de una edificación de forma regular es mayor a la de una edificación de forma irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno		Fuerzas internas de la estructura	Fuerza normal Fuerza cortante Momento flector
¿Cuáles son las diferencias existentes en las fuerzas internas de la estructura de edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno?	•Establecer las fuerzas internas de la estructura de edificaciones de forma regular e irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.	Las fuerzas internas de una edificación de forma regular son mejores a la de una edificación de forma irregular con zapatas aisladas en el distrito de San Miguel, San Román, Puno.	Diseño metodológico		
			Método general: descriptivo-comparativo Método específico: Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" Tipo: básica Alcance: descriptico-comparativo Diseño: no experimental-transversal Técnica: observación directa		

## **Anexo 2. Consideraciones generales de la propuesta arquitectónica**

### **1. Normas técnicas**

En el análisis y el diseño de dos viviendas multifamiliares del mismo uso, se utilizan las siguientes normas vigentes:

- Norma técnica E020.
- Norma técnica E030.
- Norma técnica E060.
- Norma técnica E050.

### **2. Metodología de diseño**

El criterio de diseño se desarrollará por sismo, técnica de diseño por capacidad, las combinaciones adoptadas se establecen en seguida:

- $U = 0.9 \cdot PP + 0.9 \cdot CM + 1.25 \cdot Qa + SX$
- $U = 0.9 \cdot PP + 0.9 \cdot CM + 1.25 \cdot Qa - SY$
- $U = 1.25 \cdot PP + 1.25 \cdot CM + 1.25 \cdot Qa - SY$
- $U = 1.25 \cdot PP + 1.25 \cdot CM + 1.25 \cdot Qa + SX$
- $U = 0.9 \cdot PP + 0.9 \cdot CM - SX$
- $U = 0.9 \cdot PP + 0.9 \cdot CM - SY$

#### **a. Elementos estructurales y predimensionamiento**

##### **• Losas**

En el presente caso se utiliza la losa aligerada que están realizados de concreto armado y se emplean como entrepisos y que se amortiguan en los muros portantes, vigas o placas.

##### **• Predimensionamiento**

El dimensionamiento de la losa aligerada se opta en fraccionar la longitud de la luz libre de cada tramo entre 25, conforme a la siguiente ecuación.

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

Dónde:

H : Peralte aligerado

Ln : Longitud de la luz libre del tramo.

El dimensionamiento de la losa aligerada se ha seguido las recomendaciones según lo estipulado en la NTP E. 060

Tipo de losa	Rango Luz libre	Peralte (h)
Losa aligerada unidireccional	Menor a 4.00 m	0.17 m
	4.00 a 5.50 m	0.20 m
	5.00 a 6.50 m	0.25 m
	6.00 a 7.50 m	0.30 m
Losa aligerada bidireccional	6.50 a 7.50 m	0.25 m
	7.00 a 8.50 m	0.30m

Para el dimensionamiento se ha elegido la losa 01 unidireccional, debido que presenta mayor luz libre que los demás de 3.75 m. y se obtiene un espesor de losa definido de 20cm.

Luz libre del pórtico	Ln =	3.75 m
Espesor de la losa	H =	0.15 m
Espesor de la losa definido	H def. =	20 cm
Espesor del ladrillo	h ladrillo=	15 cm

#### • Vigas

Las vigas reciben cargas de las losas y transmiten a las vigas simultáneas o claramente a las columnas o muros y cumplen la actividad sísmica en conjunto a las columnas de soportar los esfuerzos a consecuencia de los sismos.

El predimensionamiento de las vigas considera las cargas de gravedad y sismo, y están las consideraciones de acción conjunta de cargas verticales y de sismo.

Para el dimensionamiento del peralte de la viga principal se utiliza el factor de 1/9 a 1/12 y para el ancho de la viga puede definirse como “b” como ancho tributario.

$$h_{vp} = \left(\frac{L}{9} @ \frac{L}{12}\right)$$

$$b_{vp} = \frac{h_{vp}}{2} @ \frac{2h_{vp}}{3}$$

De acuerdo con la referencia anterior se define las vigas principales.

Luz libre del pórtico principal	L=	3.75 m
Peralte de viga	h=	0.36 m
Peralte de viga definitivo	h def. =	40 cm
Base de viga	b=	0.23 m
Base de viga definitivo	b def. =	25 cm

El dimensionamiento de la viga principal considera la mayor luz libre de 3.75 m., el peralte de la viga definido de 40 cm y la base de la viga definido de 25 cm.

Para el dimensionamiento del peralte de la viga secundaria se utiliza el factor de  $l/13$  a  $l/15$  y para el ancho de la viga puede concebirse como “b” como ancho tributario.

$$h_{vs} = \frac{L}{13} @ \frac{L}{15}$$

$$b_{vs} = \frac{h_{vs}}{2} @ \frac{2h_{vs}}{3}$$

De acuerdo con la referencia anterior se define las vigas secundarias.

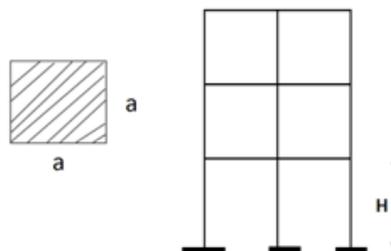
Luz libre del pórtico principal	L=	3.50 m
Peralte de viga	h=	0.25 m
Peralte de viga definitivo	h def. =	40 cm
Base de viga	b=	0.23 m
Base de viga definitivo	b def. =	25 cm

El dimensionamiento de la viga secundaria considera la mayor luz libre de 3.50 m., el peralte de la viga definido de 40 cm y la base de la viga definido de 25 cm.

- **Columnas**

Para el dimensionamiento de la columna, se asume el criterio de la carga lateral de la edificación mixta de pórticos, está situación permite reducir considerablemente el efecto del sismo. Por el tipo de edificación se recomienda los siguientes criterios:

Primer criterio:

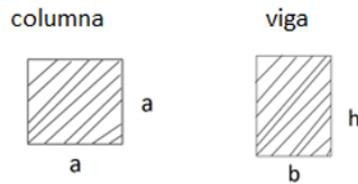


$$a = \frac{H}{8} \text{ C. centrada}$$

$$a = \frac{H}{9} C. \text{excéntrica}$$

$$a = \frac{H}{10} C. \text{esquinada}$$

Segundo criterio:



$$a = (0.8 \text{ a } 0.9)h$$

Para el predimensionamiento de la columna esquinada C2 de la vivienda multifamiliar de tres niveles se obtiene una sección final en columna de  $b = 25$  cm,  $t = 40$  cm.

$$bt = \frac{P}{n * f'c}$$

$$P = p_g * At * N^{\circ} \text{pisos}$$

Columna	<b>C</b>	<b>Pg= 1.0</b>	ton/m2	concreto	<b>f'c =</b>	<b>210 kg/cm2</b>
Columna	Tipo=	T4		factor n	<b>n=</b>	<b>0.2</b>
N° pisos	N°=	3		Factor col.	0.20 Pg=	1500 kg/m2
Longitud	L=	1.75 m		P servicio	<b>P =</b>	<b>21656 kg</b>
Ancho	B=	2.75 m		área sección	<b>bt=</b>	<b>516 cm2</b>
Área Tribu...	At =	5 m2				
sección de columna:		25 cm		sección final	<b>b=</b>	<b>25 cm</b>
		20.63			<b>t=</b>	<b>40 cm</b>

En la siguiente tabla, se presentan el resumen del tipo de columnas y la sección final, los cuales son asumidos para los modelos 01 y 02 de la propuesta del estudio.

Nivel	Columna	Ubicación	PG (tf)	TOKACHI-OKI 1968					FARGIER&FARGIER				
				$l = \sqrt{A_c}$			Dimensiones Columna		$l = \sqrt{A_c}$	Dimensiones Columna			
				b	h	Área	b	h		Área			
3º Nivel	C-3	Central	9.13	13.83	25.00	50.00	1,250.00	Ok!	13.85	25.00	50.00	1,250.00	Ok!
2º Nivel	C-3	Central	10.16	14.59	25.00	50.00	1,250.00	Ok!	14.61	25.00	50.00	1,250.00	Ok!
1º Nivel	C-3	Central	10.27	13.39	25.00	50.00	1,250.00	Ok!	14.69	25.00	50.00	1,250.00	Ok!
3º Nivel	C-1	Esquinera	2.45	9.35	25.00	30.00	750.00	Ok!	10.96	25.00	35.00	875.00	Ok!
2º Nivel	C-1	Esquinera	2.73	9.87	25.00	30.00	750.00	Ok!	11.57	25.00	35.00	875.00	Ok!
1º Nivel	C-1	Esquinera	2.76	9.93	25.00	30.00	750.00	Ok!	11.63	25.00	35.00	875.00	Ok!
3º Nivel	C-2	Perimetral	5.13	11.05	25.00	40.00	1,000.00	Ok!	13.40	25.00	40.00	1,000.00	Ok!
2º Nivel	C-2	Perimetral	5.71	11.66	25.00	40.00	1,000.00	Ok!	14.14	25.00	40.00	1,000.00	Ok!
1º Nivel	C-2	Perimetral	5.76	11.71	25.00	40.00	1,000.00	Ok!	14.20	25.00	40.00	1,000.00	Ok!

### • Escaleras

Los pasos y contrapasos de las escaleras estarán colocados uniformemente y debe cumplir con la regla de 02 contrapasos + 01 paso y contener entre 0.60m a 0.64m de paso y 0.25m entre 0.18m de contrapaso

La garganta se determina por la siguiente expresión:

$$h_{\text{garganta}} = \frac{Le}{20}$$

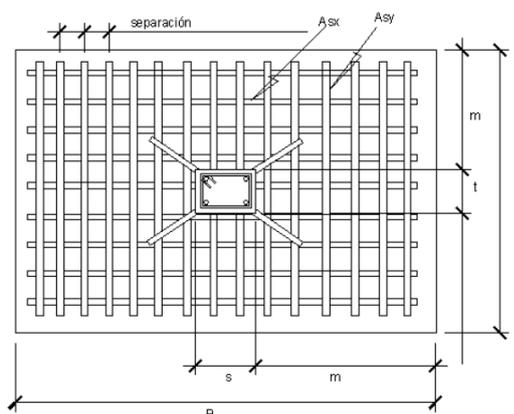
El predimensionamiento de la garganta del elemento estructural es de 0.15 m para los modelos 01 y 02 de la propuesta del estudio.

—	Le=	3.00 m	==>> T=	0.15	==>> T=	0.15 m
---	-----	--------	---------	------	---------	--------

### • Cimentación

En el presente caso es de tipo de cimentaciones superficiales porque el terreno es homogéneo y de resistencias a compresión medias y altas según el estudio de mecánica de suelos para fines de cimentación donde recomienda emplear las zapatas aisladas.

Para el dimensionamiento de las zapatas aisladas se deben determinar las dimensiones en planta A x B, el peralte (H) y el acero (AsX y AsY), conforme a la figura siguiente.



$$n = \frac{Pz}{P}$$

$$P + Pz = q_{neto} * A$$

$$Pz = \gamma_c * A * B * H$$

Dónde:

$\gamma_c$  : Peso volumétrico de concreto armado

A, B, H : Dimensiones en planta y elevación de la zapata.

Q neto : Esfuerzo neto

$$n = \frac{1}{\frac{q_{neto}}{\gamma_c * H} - 1}$$

### b. Estructuración

En la estructuración se parte de parámetros apropiados para la obtención de los elementos estructurales, de manera que la estructura pueda resistir todas las demandas a lo largo de su vida útil y satisfacer los aspectos estéticos, funcionales y económicos.

### c. Metrado de cargas

Se han considerado las cargas estipuladas en la Norma E.020, para las permanentes se tiene:

Materiales	Peso
Losa aligerada (h=17cm)	280 kg/m <sup>2</sup>
Losa aligerada (h=20cm)	300 kg/m <sup>2</sup>
Piso terminado	100 kg/m <sup>2</sup>
Acabados	100 kg/m <sup>2</sup>
Tabiquería Móvil	120 kg/m <sup>2</sup>
Albañilería Ladrillo Solido	1800 kg/m <sup>2</sup>
Albañilería Ladrillo Hueco	1350 kg/m <sup>2</sup>
Concreto simple de grava	2300 kg/m <sup>3</sup>
Concreto armado	2400 kg/m <sup>3</sup>
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>
Muro de albañilería hueca	1350 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del terreno	1800 kg/m <sup>3</sup>
Ladrillo hueco (h=15cm)	7.9 kg/unid
Ladrillo pastelero	1600 kg/m <sup>3</sup>
Tecnoport	200 kg/m <sup>3</sup>

Las cargas vivas mínimas repartidas se clasifican conforme a la siguiente tabla.

Ocupación o uso	Peso
Vivienda	200 kg/m <sup>2</sup>
Corredores y escaleras	200 kg/m <sup>2</sup>
Techos	100 kg/m <sup>2</sup>

Para las cargas dinámicas, que son a consecuencia de las vibraciones de las maquinarias, cargas de viento, sismo y cargas impulsivas; los valores están identificados en la NT E020 y para sismo la NT E030.

### Anexo 3. Parámetros sísmicos

#### 1. Zonificación

Según la NT E030, el Perú contiene cuatro zonas atendiendo al nivel de sismicidad observado, las propiedades de los sismos, su atenuación en cuanto a la distancia epicentral y los datos neotectónicos. Esto se representa en la siguiente figura.



Cada zona se asigna un factor Z según se indica en la siguiente tabla (tomada de la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, el factor representa el mayor valor de aceleración horizontal en un suelo rígido con una posibilidad de 10% de ser mayor en 50 años, asimismo el coeficiente Z se define como una división de la aceleración de la gravedad.

FACTOR DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

La localización del trabajo de investigación se ubica en la zona 3 y corresponde el factor de 0.35.

## **2. Condiciones geotécnicas**

### **a. Perfil del suelo**

Según la NT E030, y el estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación, en la clasificación de suelo determina de perfil tipo S3 como suelos blandos, flexibles con velocidades de propagación de onda de corte menor o igual a 180 m/s, como suelos de cimentación de arena media o fina, o suelo cohesivo blando.