

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN
SÍSMICA PARA LA MEJORA DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN
LAS EDIFICACIONES QUE NO PRESENTAN UN SISTEMA
ESTRUCTURAL NORMADO EN LA CIUDAD DE TACNA 2025”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. DIEGO OMAR ANCO QUISPE

**Bach. SEBASTIAN RODRIGO GUTIERREZ PUENTE DE LA
VEGA**

TACNA – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN
SÍSMICA PARA LA MEJORA DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN
LAS EDIFICACIONES QUE NO PRESENTAN UN SISTEMA
ESTRUCTURAL NORMADO EN LA CIUDAD DE TACNA 2025”**

Tesis sustentada y aprobada el 10 de diciembre del 2025; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mag. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIO : Mag. GLENDA MILAGROS LINAJA GARCIA

VOCAL : Mag. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRÍAS

ASESOR : Mag. EVER RUDY ANCCO HUANACUNI

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Sebastian Rodrigo Gutierrez Puente de la Vega y Diego Omar Anco Quispe, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 72913924 y 73011951 respectivamente, así como Ever Rudy Ancco Huanacuni con DNI 75676732; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulado: *Evaluación del coeficiente básico de reducción sísmica para la mejora del análisis estructural en las edificaciones que no presentan un sistema estructural normado en la ciudad de Tacna 2025*, la cual presentamos para optar el Título de Ingeniero de *título profesional en Ingeniería Civil*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 10 de diciembre del 2025



Sebastian Rodrigo Gutierrez
Puente de la Vega
DNI: 72913924



Ever Rudy Ancco Huanacuni
DNI: 75676732



Diego Omar Anco Quispe
DNI: 73011951

DEDICATORIA

A mis queridos padres, cuya amorosa guía, sabiduría y apoyo incondicional han sido la base de todos mis logros. Su perseverancia y entrega ha sido mi mayor fuente de motivación incluso en los momentos más difíciles. A mi madre y a mi padre, por esforzarse en que nunca me falte nada. A mis amigos de la universidad, mi gratitud es eterna. Este logro es tan mío como de ustedes.

Sebastian Rodrigo Gutierrez Puente de la Vega

DEDICATORIA

A Dios, quien en su infinita bondad me concedió el don de la vida y la inmensa dicha de tener a mi amada madre.

A mi madre que, con el corazón desbordado de gratitud, dedico cada palabra de esta tesis a ti. Eres mi más grande inspiración, un faro inquebrantable de cariño, sabiduría y fortaleza. Tu amor, sin límites ni condiciones, me ha envuelto y protegido siempre. Tus incontables sacrificios fueron el motor divino que me impulsó a superar cada desafío. Este logro es un tributo a tu grandeza, a la ternura con la que moldeaste mi ser y al amor sublime que, a través de ti, me fue dado sin medida.

A mis fieles amigos: Negra, Jana y Putifar. Ustedes, que no necesitan voces para demostrar el amor más genuino, han sido una constante presencia de alegría y un bálsamo en los momentos difíciles. Su amor incondicional me ha recordado siempre la pureza de lo simple y el valor inquebrantable de la lealtad.

Diego Omar Anco Quispe

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la culminación de esta etapa académica tan importante para nosotros.

A la Universidad Privada de Tacna, por habernos brindado una formación profesional sólida, así como las herramientas necesarias para desarrollarnos como futuros ingenieros civiles. Hacemos extensivo nuestro agradecimiento a todos los docentes de la Escuela, por su compromiso, exigencia y valiosa enseñanza a lo largo de nuestra carrera. A nuestras familias, especialmente a nuestros padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo continuo en cada etapa de nuestra formación. Este logro también les pertenece a ellos. A nuestros amigos, compañeros de estudios y colegas, por compartir con nosotros aprendizajes, experiencias y motivación a lo largo de estos años. Finalmente, agradecemos a todas aquellas personas que, de forma directa o indirecta, contribuyeron en la elaboración de esta tesis. Cada uno ha dejado una huella significativa en este logro, que hoy culminamos con profundo orgullo y gratitud.

Sebastian Rodrigo Gutierrez Puente de la Vega

Diego Omar Anco Quispe

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JUGARA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Formulación del problema.....	5
1.2.1. Problema general.....	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. Justificación e importancia.....	5
1.3.1. Desde el punto de vista científico.....	5
1.3.2. Desde el punto de vista social.....	6
1.3.3. Desde el punto de vista económico.....	6
1.4. Objetivos.....	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
1.5. Hipótesis.....	8
1.5.1. Hipótesis general.....	8

1.5.2. Hipótesis específicas.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes de la investigación	9
2.1.1. Antecedentes locales	9
2.1.2. Antecedentes nacionales	10
2.1.3. Antecedentes internacionales.....	11
2.2. Bases teóricas.....	11
2.2.1. Edificaciones con sistema estructural autoconstruido	11
2.2.2. Edificaciones con sistema estructural no normado.....	12
2.2.3. Licencias de construcción	13
2.2.4. Sistema estructural (dual).....	13
2.2.5. Sistema estructural (porticado).....	14
2.2.6. Sistema estructural (albañilería).....	14
2.2.7. Norma E.030 diseño sismorresistente:.....	14
2.2.8. Análisis no lineal.....	24
2.2.8.1. Análisis estático no lineal	24
2.2.8.2. Análisis dinámico no lineal	24
2.2.9. Cálculo del R: producto de sobrerresistencia, resistencia por ductilidad y redundancia.....	27
2.2.10. Método delphi.....	30
2.3. Definición de términos	31
2.3.1. Coeficiente básico de reducción sísmica R	31
2.3.2. Diseño estructural normado	31
2.3.3. Diseño estructural no normado.....	31
2.3.4. Licencia de construcción	31
2.3.5. Método delphi.....	32
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	33
3.1. Diseño de la investigación.....	33
3.2. Acciones y actividades	33

3.3.	Materiales e instrumentos	34
3.3.1.	Materiales.....	34
3.3.2.	Instrumentos.....	34
3.4.	Población y muestra de estudio.....	34
3.4.1.	Población	34
3.4.2.	Muestra de estudio.....	34
3.5.	Operacionalización de variables.....	35
3.5.1.	Identificación y caracterización de la variable independiente	35
3.5.2.	Identificación y caracterización de la variable dependiente	36
3.6.	Técnicas de procesamientos y análisis de datos.....	36
3.6.1.	Resolución del problema	36
3.6.2.	Método delphi.....	36
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		37
4.1.	Método delphi.....	37
4.1.1.	Experiencia laboral.....	37
4.1.2.	Criterio sísmico.....	39
4.1.3.	Criterio social.....	40
4.1.4.	Causas externas	41
4.1.5.	Posible solución	42
4.2.	Análisis sísmico.....	43
4.2.1.	Modelo sistema dual.....	43
4.2.2.	Coeficiente básico de reducción nuevo	66
4.2.3.	Modelo sistema real	72
CAPÍTULO V. DISCUSIONES.....		95
CONCLUSIONES		98
RECOMENDACIONES.....		100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		102
ANEXOS.....		104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factor de Zona Z	16
Tabla 2. Factor de Suelo S	17
Tabla 3. Periodos TP y TL	17
Tabla 4. Categoría de las Edificaciones y Factor U	18
Tabla 5. Categoría y Sistema Estructural de las Edificaciones	22
Tabla 6. Sistemas Estructurales	23
Tabla 7. Identificación de variable independiente	35
Tabla 8. Identificación de variable dependiente	36
Tabla 9. Dimensiones de las vigas y columnas de la edificación.	50
Tabla 10. Dimensión del muro estructural de la edificación	50
Tabla 11. Dimensiones de la losa de la edificación.....	50
Tabla 12. Peso de los pisos de la edificación	54
Tabla 13. Fuerzas laterales de la edificación en X.....	55
Tabla 14. Fuerzas laterales de la edificación en Y.....	55
Tabla 15. Modos de vibración de la edificación	56
Tabla 16. Aceleración espectral de X	58
Tabla 17. Aceleración espectral de Y	60
Tabla 18. Desplazamientos admisibles en X	61
Tabla 19. Desplazamientos admisibles en Y	62
Tabla 20. Fuerzas cortante piso 1.....	63
Tabla 21. Identificación del sistema estructural.....	65
Tabla 22. Verificación de la fuerza cortante mínima	65
Tabla 23. Factor de resistencia por ductibilidad.....	67
Tabla 24. Dimensiones de las vigas, columnas y tirante de muro de la edificación. ...	78
Tabla 25. Dimensión del muro estructural de la edificación	78

Tabla 26 . Dimensiones de la losa de la edificación.....	78
Tabla 27. Peso de los pisos de la edificación	82
Tabla 28. Fuerzas laterales de la edificación en X.....	83
Tabla 29. Fuerzas laterales de la edificación en Y.....	83
Tabla 30. Modos de vibración de la edificación	84
Tabla 31. Aceleración espectral de X	86
Tabla 32. Aceleración espectral de Y	87
Tabla 33. Desplazamientos admisibles en X	89
Tabla 34. Desplazamientos admisibles en Y	89
Tabla 35. Fuerzas cortante piso 1.....	90
Tabla 36. Identificación del sistema estructural.....	93
Tabla 37. Verificación de la fuerza cortante mínima	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del factor zona del Perú	15
Figura 2. Curva de capacidad y tipos de análisis	25
Figura 3. Curva IDA de un análisis no lineal dinámico	26
Figura 4. Modelo del elemento estructural que considera la pérdida de rigidez en un análisis no lineal	26
Figura 5. Modificación de Respuesta debido a la Ductilidad	28
Figura 6. Método del Espectro de Capacidad	29
Figura 7. ¿Cuántos años de experiencia tiene trabajando en el ámbito de la construcción?.....	38
Figura 8. ¿En cuántas edificaciones participó usted como parte del equipo de diseño y/o supervisión?.....	39
Figura 9. ¿Usted piensa que el diseño estructural y/o modelamiento estructural tiene que ser lo más exacto posible para su edificación sea ideal?.....	39
Figura 10. ¿Usted cree que las estructuras no normadas se construyen por motivo de falta de presupuesto?	40
Figura 11. ¿Usted cree que el material empleado en edificaciones no normadas es inferior a las utilizadas en edificaciones normadas?	41
Figura 12. ¿Qué valor le da al coeficiente básico de reducción en su diseño cuando este no tenga un sistema estructural definido?	42
Figura 13. ¿Qué valor le da al coeficiente básico de reducción en su diseño del sistema estructural dual?	42
Figura 14. ¿Qué sistema estructural recomienda para estructuras de 4 niveles?	43
Figura 15. Plano de planta piso 1 dual.....	44
Figura 16. Plano de planta piso 2 dual.....	45
Figura 17. Plano de planta piso 3 dual.....	46
Figura 18. Plano de planta piso 4 dual.....	47
Figura 19. Diagrama del concreto 210.....	49

Figura 20. Diagrama del acero de refuerzo.....	49
Figura 21. Diagrama del acero.....	50
Figura 22. Distribución de elementos estructural del piso 1 de la edificación.....	51
Figura 23. Distribución de elementos estructural del piso 2 de la edificación.....	51
Figura 24. Distribución de elementos estructural del piso 3 de la edificación.....	51
Figura 25. Distribución de elementos estructural del piso 4 de la edificación.....	52
Figura 26. Vista 3D del modelo de la edificación	52
Figura 27. Vista de la ubicación de las cargas de la edificación	53
Figura 28. Movimiento de torsión de y en el modo 1.....	57
Figura 29. Movimiento de torsión de x en el modo 2.....	57
Figura 30. Movimiento de torsión de z en el modo 3.....	58
Figura 31. Análisis modal espectral X.....	59
Figura 32. Análisis modal espectral Y	61
Figura 33. Distribución cortante de columnas en sismo X.....	63
Figura 34. Distribución cortante de muros en sismo X.....	63
Figura 35. Distribución cortante dinámica en X.....	64
Figura 36. Distribución cortante de columnas en sismo Y.....	64
Figura 37. Distribución cortante de muros en sismo Y.....	64
Figura 38. Distribución cortante dinámica en Y.....	65
Figura 39. Cortante de la base y desplazamiento	68
Figura 40. Espectro de aceleración y espectro de desplazamiento, según el Fema 440	68
Figura 41. Distribución de rotulas plásticas por eje.....	69
Figura 42. Distribución de rotulas plásticas del primer piso	70
Figura 43. Plano de planta piso 1 real	72
Figura 44. Plano de planta piso 2 real	73
Figura 45. Plano de planta piso 3 real	74
Figura 46. Plano de planta piso 4 real	75

Figura 47. Diagrama del concreto 210.....	77
Figura 48. Diagrama del acero de refuerzo.....	77
Figura 49. Diagrama del acero.....	77
Figura 50. Distribución de elementos estructural del piso 1 de la edificación.....	79
Figura 51. Distribución de elementos estructural del piso 2 de la edificación.....	79
Figura 52. Distribución de elementos estructural del piso 3 de la edificación.....	79
Figura 53. Distribución de elementos estructural del piso 4 de la edificación.....	80
Figura 54. Vista 3D del modelo de la edificación	80
Figura 55. Vista de la ubicación de las cargas de la edificación	81
Figura 56. Movimiento de torsión de x en el modo 1.....	85
Figura 57. Movimiento de torsión de Z en el modo 2	85
Figura 58. Movimiento de torsión de Y en el modo 3	85
Figura 59. Análisis modal espectral X.....	87
Figura 60. Análisis modal espectral Y	88
Figura 61. Distribución cortante de columnas en sismo X.....	91
Figura 62. Distribución cortante de muros en sismo X.....	91
Figura 63. Distribución cortante de tirantes en sismo X	91
Figura 64. Distribución cortante dinámica en X.....	92
Figura 65. Distribución cortante de columnas en sismo Y.....	92
Figura 66. Distribución cortante de muros en sismo Y	92
Figura 67. Distribución cortante de tirantes en sismo Y	93
Figura 68. Distribución cortante dinámica en Y.....	93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	104
Anexo 2. Alfa de Cronbach	105
Anexo 3. Resultado del alfa de Cronbach.....	106

RESUMEN

El estudio denominado “Evaluación del coeficiente básico de reducción sísmica para la mejora del análisis estructural en las edificaciones que no presentan un sistema estructural normado en la ciudad de Tacna 2025” tiene como objetivo principal determinar el coeficiente básico de reducción sísmica R aplicable a estructuras específicas en la ciudad de Tacna, donde predominan elementos estructurales como placas, columnas y muros construidos con ladrillo Blocker II que no cumplen con los sistemas normativos convencionales. Inicialmente, se procedió a la modelización de la estructura de cuatro niveles basándose en sus especificaciones planimétricas, donde se evidenció una discrepancia crítica: aunque el diseño propuesto en los planos se ajustaba a un sistema estructural dual normativo R es 7, la configuración de la edificación real no lo hacía. Para establecer el valor de R que refleja el comportamiento real de la estructura, se implementó el análisis no lineal Push over. Este método permitió calcular el coeficiente básico de reducción sísmica de reducción a partir de tres factores esenciales: el factor de reducción de resistencia por ductilidad (R_{μ}), el factor de sobrerresistencia (R_{Ω}), y el factor de redundancia (RR). Una vez determinado el nuevo coeficiente básico de reducción sísmica, se realizó la remodelación completa de la estructura, considerando la configuración constructiva real para optimizar la precisión de los análisis estático y dinámico modal. Como resultado fundamental de la investigación, se determinó que, para la edificación estudiada, el coeficiente básico de reducción sísmica real es R es 2,30. Esta diferencia dramática respecto al valor inicial de R es 7 subraya la discrepancia entre el diseño planteado y la ejecución constructiva, confirmando que la aplicación de procesos defectuosos alteró significativamente el comportamiento estructural y la capacidad sismo-resistente de la edificación.

Palabras clave: coeficiente básico de reducción sísmica R ; análisis no lineal Push over; factor de reducción de resistencia por ductilidad; factor de sobrerresistencia; factor de redundancia.

ABSTRACT

The study, titled "Evaluation of the basic seismic reduction coefficient for the improvement of structural analysis in buildings without a standardized structural system in the city of Tacna 2025", has as its main objective to determine the basic Seismic Reduction Coefficient R applicable to specific structures in the city of Tacna. These buildings predominantly use structural elements such as shear walls, columns, and walls constructed with Blocker II brick, which do not comply with conventional normative systems. Initially, the four-level structure was modeled based on its planimetric specifications, revealing a critical discrepancy: although the design proposed in the blueprints adhered to a normative dual structural system R is 7, the actual building configuration did not. To establish an R value that reflects the structure's real behavior, a Non-linear Push over Analysis was implemented. This method allowed the calculation of the reduction coefficient using three essential factors: the strength reduction factor due to ductility (R_{μ}), the overstrength factor (R_{Ω}), and the redundancy factor (R_R). Once the new coefficient was determined, the structure was completely remodeled, considering the actual construction configuration to optimize the precision of both static and modal dynamic analyses. The fundamental finding of the research is that the actual basic seismic reduction coefficient for the studied building is R is 2.30. This dramatic difference compared to the initial design value of R is 7 underscores the discrepancy between the planned design and the constructive execution, confirming that the application of defective processes significantly altered the structure's expected behavior and seismic-resistant capacity.

Keywords: Basic seismic reduction coefficient (R); Nonlinear pushover analysis; Strength reduction factor due to ductility; Overstrength factor; Redundancy factor.

INTRODUCCIÓN

El Perú se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica conocida como el cinturón de fuego, donde sus principales ciudades ubicadas en la costa son las más vulnerables, como la ciudad de Tacna, que se encuentra en la zona de más alta sismicidad del Perú (NIVEL 4). Al ser una zona altamente sísmica, Tacna cuenta con una vulnerabilidad más elevada debido al peligro de las construcciones con sistemas estructurales no normados, ya que presentan el uso de unidades de albañilería huecas con procesos constructivos deficientes o unidades de albañilería artesanales para la construcción de sus casas, utilizadas como muros portantes.

Una grave falla en la cadena de seguridad constructiva, atribuyendo una parte importante de la responsabilidad a las municipalidades, que a menudo aprueban licencias sin una revisión detallada de los cálculos, permitiendo el uso del coeficiente básico de reducción sísmicas inadecuado, como el coeficiente básico de reducción sísmica "R" de la Norma E.030, para sistemas estructurales que no cumplen con ella. Esta falta de observación o experiencia lleva a la aplicación de parámetros de diseño que pueden resultar desfavorables y provocar la falla del sistema estructural. Las causas directas de estas fallas incluyen la falta de supervisión, el uso inadecuado de materiales y la incorrecta aplicación de los parámetros de construcción. Además, la situación se agrava porque muchas de estas edificaciones no normadas son autogestionadas, lo que las convierte en una fuente constante de peligro para sus habitantes y vecinos. Este riesgo estructural se ve amplificado por el entorno geológico de Tacna, que, debido a un silencio sísmico en su historial, es altamente propenso a la ocurrencia de un sismo de gran magnitud.

Contando con estos motivos mencionados, el objetivo de esta investigación es determinar el coeficiente básico de reducción sísmica "R" que se podría utilizar en estructuras que presentan el sistema estructural predominante en la gran mayoría de edificaciones en la ciudad de Tacna, que en este caso son las estructuras no normadas cuya formación básica es de (placas, columnas y muros de ladrillo Blocker II), donde los muros de ladrillo Blocker II son utilizados como muros portantes, y que no tienen un coeficiente básico de reducción sísmica determinado para estos casos. En el siguiente estudio se presentará una estructura la cual se planteó con un diferente coeficiente básico de reducción sísmica "R" del sistema estructural no normado, el cual se calculó en base al método no lineal método push over, y será comparado con el coeficiente

básico de reducción sísmica “R” de un sistema estructural dual como dice el plano donde predomina (columnas y placas), en el cual se pueden observar diferentes comportamientos debido a que no poseemos los datos exactos para tener un análisis sísmico de confianza. Por tal motivo, se realizará una comparación donde se evaluará cuál es la mejor respuesta ante este estudio.

El estudio evaluará el análisis que presenta utilizando el software ETABS 22, que respaldará la metodología utilizada, así como el uso de las normas, para conocer el comportamiento. Por otro lado, también se buscará encontrar los parámetros correctos en el coeficiente básico de reducción sísmica que serán útiles para futuras edificaciones y, por consiguiente, que estén dentro de las normas para su correcta aplicación.

Utilizando la metodología Delphi, podemos conocer el uso que dan los expertos al construir un sistema constructivo no normado (placa, columnas y muros de Blocker II) donde los muros de ladrillo Blocker II son utilizados como muros portantes, donde expertos dan otro valor del coeficiente básico de reducción “R” dictado en la norma E.030 y comparten su experiencia en esta situación.

El Capítulo I se dedica al planteamiento del problema de investigación, abarcando la descripción detallada del mismo, su correcta formulación, la exposición de la justificación e importancia del estudio, así como la definición precisa de los objetivos y las hipótesis.

El Capítulo II establece el marco teórico. En este se incluirán las investigaciones previas (o estudios antecedentes), se desarrollará la base teórica que sustenta el trabajo y se presentará la definición clara de los términos clave.

El Capítulo III se encuentra el desarrollo del marco metodológico de la investigación. Este apartado incluye el diseño específico del estudio, el detalle de las acciones y actividades planificadas, la descripción de los materiales e instrumentos empleados, la especificación de la población y/o muestra de estudio, la operacionalización de las variables, y la explicación del proceso de procesamiento y análisis estadístico.

En el Capítulo IV se presentarán y se harán evidentes los hallazgos o resultados obtenidos en la presente investigación, sirviendo de base para la posterior etapa de discusión.

El Capítulo V expondrá las discusiones relevantes que se generarán tras los resultados.

Para concluir, el documento culminará con las conclusiones de la investigación, las recomendaciones pertinentes, el listado de las referencias bibliográficas consultadas y los anexos correspondientes.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

La alta vulnerabilidad sísmica de Tacna se debe a su ubicación en zona de alto riesgo, agravada por la prevalencia de construcciones autogestionadas con sistemas y materiales deficientes. La falta de supervisión, diseño adecuado, experiencia y calidad de materiales, junto con combinaciones constructivas inadecuadas y falta de conocimiento técnico, son factores clave. A nivel administrativo, la aprobación municipal no es muy severa y el uso incorrecto de coeficiente básico de reducción sísmicas exacerbaban el problema, influenciado también por el rápido crecimiento urbano y un "silencio sísmico" que disminuye la percepción del riesgo.

La principal consecuencia de estas causas es el elevado riesgo de colapso de edificaciones durante un sismo, especialmente las autogestionadas propensas a fallas estructurales. El terremoto del 2001 evidenció el colapso de viviendas de adobe, agrietamientos en muros de albañilería (ladrillo y sillar) en diversos edificios, fallas en la unión de elementos estructurales (vigas y columnas), problemas de "columna corta" por tabiquería restrictiva, daños y colapso de tabiquería no arriostrada, caída de muros de cerco sin refuerzo y desprendimiento de elementos no estructurales como parapetos y cornisas (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2001). Esto aumenta significativamente el peligro de daños materiales y, crucialmente, la pérdida de vidas humanas, generando una alta vulnerabilidad sísmica generalizada en las construcciones de la ciudad, tanto nuevas como existentes.

El rápido crecimiento de Tacna y la consecuente demanda de viviendas han llevado a la construcción de numerosos edificios, muchos sin sistemas estructurales adecuados. Un estudio de la Universidad Privada de Tacna (UPT) del año 2023, realizado en el distrito de Ciudad Nueva, Tacna, reveló que aproximadamente el 39,20 % de los encuestados no contaron con asesoría profesional durante el diseño de sus viviendas, y un 39,28 % adicional tampoco recibió asesoría profesional durante la fase de construcción (Universidad Privada de Tacna [UPT], 2023). Las víctimas en sismos suelen ser de construcciones de albañilería sin criterios técnicos, típicas de la autogestión en Tacna. Los fallos estructurales por combinaciones inadecuadas y falta de conocimiento técnico impactan negativamente el comportamiento sísmico. Además, la falta de normativa específica para estas construcciones genera inconsistencias en el

análisis estructural, y el mal uso del coeficiente básico de reducción sísmica "R" lleva al incumplimiento normativo.

Un factor importante en la vulnerabilidad sísmica de Tacna es la falta de normativas claras para las construcciones autogestionadas, dificultando su evaluación y supervisión. Específicamente, la norma E.030 no detalla cómo aplicar sus criterios a edificaciones con materiales comunes en la ciudad como los bloques de albañilería hueca. Esta falta de claridad genera inconsistencias y permite construcciones que no cumplen con los estándares de seguridad sísmica necesarios. Daza (2003) enfatiza que, al calcular las sollicitaciones sísmicas inelásticas para el diseño o la inspección estructural de edificaciones, el Factor de Respuesta (R) se posiciona como uno de los indicadores de mayor trascendencia.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el coeficiente básico de reducción sísmica para los proyectos donde predominan placas, columnas de concreto armado y muros de ladrillo Blocker II en la ciudad de Tacna 2025?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Qué factor del coeficiente básico de reducción sísmica presenta mayor incidencia en el análisis no lineal de un sistema estructural no normado en las edificaciones de la ciudad de Tacna 2025?
- b. ¿Qué coeficiente básico de reducción sísmica "R" utilizan los profesionales de la construcción en el análisis de una edificación con sistema estructural dual en la ciudad de Tacna 2025?
- c. ¿Cuál es el comportamiento que presentan las edificaciones con sistema estructural dual a comparación de un sistema estructural no normado según el software ETABS 22 en la ciudad de Tacna 2025?

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Desde el punto de vista científico

Es fundamental determinar con precisión los parámetros sísmicos que rigen el comportamiento de las edificaciones, especialmente en contextos donde se emplean sistemas estructurales no normados o se utilizan datos de diseño incorrectos, como la aplicación de valores correspondientes a un sistema estructural dual. Esta identificación es particularmente crucial en la ciudad de Tacna, donde el uso de materiales locales como la albañilería hueca, artesanal o bloques de concreto como elementos portantes, sumado a un proceso constructivo que a menudo se desvía de los lineamientos estándar, provoca una discrepancia significativa entre el diseño teórico y el comportamiento sísmico real de las estructuras. Conocer estas desviaciones no solo es vital para garantizar la seguridad de las construcciones y establecer límites máximos permitidos, sino también para evaluar aspectos de economía, tiempo de construcción y materiales, sentando las bases para futuras investigaciones adaptadas a las condiciones locales.

1.3.2 Desde el punto de vista social

Es esencial priorizar la seguridad de las edificaciones, sin importar su sistema constructivo, ya que estas estructuras albergan personas, ya sea en viviendas o en edificaciones comerciales, que estarán en constante ocupación. Para la sociedad, es clave contar con edificaciones adecuadas para su uso cotidiano. Las edificaciones autogestionadas, como colegios, jardines infantiles, restaurantes y tiendas, son algunas de las más frecuentadas.

Incluso después de un evento sísmico, estas estructuras deben mantener su operatividad según las normativas vigentes. Es importante recordar que la responsabilidad de los ingenieros no solo es garantizar que el material de construcción cumpla su máxima capacidad para asegurar la seguridad, sino también optimizar los costos, considerando el financiamiento disponible por parte de los propietarios, sin incurrir en gastos innecesarios, con el objetivo de proporcionar un hogar adecuado para las personas. En resumen, la seguridad de las edificaciones es primordial debido a la protección de vidas, la necesidad social de estructuras funcionales, la importancia de la operatividad de edificaciones clave tras un sismo y la responsabilidad de los ingenieros de equilibrar seguridad con viabilidad económica para los usuarios.

1.3.3 Desde el punto de vista económico

Muchas edificaciones carecen de un sistema estructural adecuado o no cumplen con las normativas establecidas, por lo que se clasifican como edificaciones no normadas. Estas construcciones se realizan con la intención de reducir los costos para los propietarios, lo que implica un ahorro en materiales y, en algunos casos, en la contratación de personal calificado. Sin embargo, este enfoque afecta negativamente la seguridad estructural, comprometiendo su desempeño sísmico. Se ha registrado que estas edificaciones suelen ser las primeras en colapsar durante un sismo de gran magnitud.

El ahorro en materiales o la falta de personal especializado incrementa el riesgo de colapso, reduciendo el valor de la construcción y contribuyendo al incumplimiento de las normativas. El objetivo de esta investigación es proporcionar datos más precisos que permitan optimizar el proceso de construcción, equilibrando los costos de materiales y el estudio estructural, sin recurrir a extremos. En resumen, las edificaciones no cumplen las normas estructurales para reducir costos, ahorrando en materiales y personal calificado. Esto compromete su seguridad sísmica, haciéndolas propensas a colapsar en terremotos, disminuyendo su valor e incumpliendo regulaciones. La investigación busca datos para optimizar la construcción, equilibrando costos y seguridad estructural sin caer en extremos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar el coeficiente básico de reducción sísmica para los proyectos donde predominan placas, columnas de concreto armado y muros de ladrillo Blocker II en la ciudad de Tacna 2025.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Determinar el factor de reducción de respuesta sísmica que presenta la mayor incidencia en el coeficiente básico de reducción sísmica en sistemas estructurales no normados en edificaciones de la ciudad de Tacna en el año 2025.
- b. Determinar el coeficiente básico de reducción sísmica "R" usado por los profesionales de la construcción en una edificación con sistema estructural dual haciendo uso de la metodología Delphi en la ciudad de Tacna 2025.

- c. Comparar una edificación dual y otra edificación con diferente “R” según el uso de la herramienta ETABS 22 para determinar el comportamiento sísmico en la ciudad de Tacna 2025.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

El coeficiente básico de reducción sísmica donde predomina placas, columnas de concreto y muros de ladrillo Blocker II es menor al coeficiente básico de reducción sísmica “R” del sistema estructural dual y se obtendrá mediante el uso del método no lineal push over.

1.5.2 Hipótesis específicas

- a. El Factor de resistencia por ductilidad (R_{μ}) presenta la mayor incidencia en el análisis no lineal de sistemas estructurales no normados en las edificaciones de la ciudad de Tacna en el año 2025, debido a la capacidad de disipación de energía a través de la deformación inelástica que estos sistemas podrían desarrollar, a pesar de no cumplir con las normativas sísmicas vigentes.
- b. El coeficiente básico de reducción sísmica “R” que utilizan los profesionales en la construcción en la mayoría de casos no es el correcto para el análisis de una estructura con un sistema estructural dual en la ciudad de Tacna en el año 2025, por lo cual se utilizara la metodología Delphi como juicio de expertos en el tema.
- c. Las edificaciones duales tienen un comportamiento casi idéntico a las edificaciones no normadas, frente a los parámetros de la norma E.030, se corrobora con el software ETABS 22.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes locales

La tesis de Luque y Rojas (2023), presentada en la Universidad Privada de Tacna, llevó por nombre "Comportamiento estructural del sistema de albañilería confinada empleada por el programa de Techo Propio de la provincia de Tacna y de la implementación del sistema de muros de ductilidad limitada, Tacna – 2023". El problema central del trabajo giró en torno a determinar el comportamiento estructural de la albañilería confinada utilizada en el programa Techo Propio, destacándose especialmente el diseño implementado para las columnas de confinamiento.

En conclusión, el diseño de las columnas de confinamiento se rige bajo ciertos parámetros, por lo que no se debe analizar de la misma forma un muro de albañilería confinada por columnas diseñadas para esa función, que muros de albañilería confinadas por columnas de un sistema porticado.

Se puso observar en la tesis por Peña y Alfaro (2023) titulada "Evaluación estructural para determinar la respuesta sísmica del bloque 1 y 2 de la Institución Educativa Manuel A. Odría, Tacna, 2022" desarrollada en la Universidad Privada de Tacna, que se enfoca en analizar el comportamiento durante un evento sísmico, de un centro educativo situado en la ciudad de Tacna. Mediante este análisis pudimos observar que el sistema estructural utilizado en el eje X es pórticos y en el eje Y es un sistema de albañilería; pero al momento del análisis no se tomó en cuenta la separación de los sistemas constructivos, utilizando mismos elementos estructurales en ciertas partes (columnas).

La tesis titulada "Evaluación del factor de modificación de respuesta sísmica mediante el análisis no lineal de estructuras aporticadas de concreto armado ", realizada por Ever (2021) en la Universidad Privada de Tacna, tuvo como objetivo cuantificar el factor de modificación de respuesta sísmica (R) para estructuras de concreto armado de pórticos, empleando análisis no lineal y señales sísmicas. Los hallazgos de esta investigación concluyen que la contribución del factor de ductilidad de resistencia R_{μ} al factor de reducción sísmico total R es, en promedio, del 49 %. Este componente se halla fuertemente vinculado a la ductilidad y al periodo fundamental del modelo matemático. Específicamente, para un periodo dado, el incremento en R_{μ} provoca un aumento

consecuente en las ordenadas de la demanda de ductilidad. Como efecto inmediato, una menor capacidad resistente del suelo se traduce en una disminución del valor de R_{μ} . Respecto a los otros componentes, la participación del factor de sobrerresistencia R_{Ω} en el factor R asciende en promedio al 22 %. Finalmente, el factor de redundancia R_R contribuye en promedio con el 29 % al factor de reducción sísmico R , mostrando una correlación positiva con los niveles de pisos, con una pendiente de crecimiento del 14,71 %.

2.1.2 Antecedentes nacionales

En la tesis realizada por Zelaya y Oblitas (2020) titulada “Aplicación de la norma técnica sismorresistente E.030 para evaluar el comportamiento sísmico del edificio Las Mercedes del distrito de Cercado de Lima” realizada en la Universidad San Martín de Porres, nos indica que en su análisis de la aplicación de la norma técnica peruana de la edificación propuesta, de un sistema de pórticos y de albañilería donde el coeficiente básico de reducción sísmica que se utilizó fue de R igual a 7, dando a entender que el sistema estructural usado es de concreto armado dual. En conclusión, se puede observar que no se cumple con la definición de un sistema estructural de concreto armado dual.

Según Pérez y Tequen (2021) en la tesis titulada “Comparativo estructural del sistema aporricado y albañilería confinada de un edificio multifamiliar, Jaén – Cajamarca” realizada en la Universidad Nacional de Jaén, nos plantea la comparación de 2 sistemas estructurales, el porticado y el de albañilería confinada para una misma edificación. En conclusión, se puede observar grandes diferencias en las cortantes de cada tipo de sistema constructivo, por lo que un sistema combinado debe ser analizado de manera exhaustiva.

Según Campos y Suárez (2021) en la tesis titulada “Determinación del coeficiente básico de reducción sísmica (R) utilizando el análisis estático no lineal en una estructura mixta de pórticos y de albañilería confinada” realizada en la Universidad de Piura, nos plantea el modelamiento de una edificación de escuela, donde también se realizó la metodología de usar el método push over. En conclusión, el resultado salió mucho más dúctil a comparación de la norma E.030 teniendo este modelo una mayor sobrerresistencia y ductibilidad, los resultados finales le salen el valor de R es 11 para pórticos y el valor de R es 14,175 para albañilería confinada.

2.1.3 Antecedentes internacionales

La monografía del Ingeniero Alvarado (2015), presentada ante la Universidad de Cuenca-Ecuador para la obtención del título de especialista en análisis y diseño de estructuras de acero y hormigón armado, se titula “Estudio de los coeficientes de reducción de respuesta estructural R de la Norma Ecuatoriana de la Construcción”. El objetivo primordial de esta investigación fue analizar exhaustivamente el coeficiente de reducción de respuesta estructural (R) contenido en la normativa ecuatoriana, con la finalidad de optimizar su comprensión y posterior implementación. La conclusión fundamental establece que la Norma Ecuatoriana, al igual que su versión anterior (CEC-2001), establece los factores de reducción R considerando únicamente el material predominante y la tipología estructural. A pesar de ello, se observa que factores determinantes como la sobrerresistencia y la redundancia no están explícitamente cuantificados en la definición del coeficiente. No obstante, la misma normativa reconoce la influencia de múltiples parámetros en el factor R, indicando que este depende intrínsecamente de variables como el tipo de estructura, las propiedades del suelo, el período de vibración, la ductilidad, la sobrerresistencia, la redundancia y el amortiguamiento en las condiciones límite del diseño.

Según Londoño (2019) en la tesis titulada "Estudio y análisis comparativo entre el método aporricado y mampostería estructural, realizado en la construcción de casas de uno y dos pisos, establecido en la empresa Panorama Grupo Constructor SAS." de la Universidad Católica de Colombia, Nos plantea el problema de saber cuál método constructivo es el más idóneo en términos económicos y constructivos para la satisfacción de los usuarios, teniendo como ejemplo base el proyecto Azul y Amarillo de la empresa Panorama Grupo Constructor. Dándonos como resultado que la mayor diferencia entre estos métodos, se encuentra en el peso y el gasto consecuente en la cimentación del proyecto, siendo el método de mampostería estructural el más ligero.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Edificaciones con sistema estructural autoconstruido

Según Arevalo (2020) La autoconstrucción de viviendas, impulsada por la urgente necesidad de tener casa propia y el déficit económico de la población, prolifera en zonas informales y asentamientos humanos del país. Este proceso se caracteriza por una falta de cumplimiento de las normas y reglamentos, el uso de materiales de baja calidad y la omisión de personal técnico especializado. Como resultado, estas construcciones presentan graves deficiencias estructurales y constructivas, generando un sistema

vulnerable que representa un alto riesgo ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico. La informalidad constructiva es esencialmente un procedimiento alternativo basado en el bajo presupuesto y la limitada información técnica de los propietarios.

Laucata (2013) establece que la falta de financiamiento, sumada a la ausencia de asesoría técnica especializada, permite que el sistema de autoconstrucción se desarrolle de forma independiente. Este mecanismo alternativo supera todas las barreras formales establecidas, lo que tiene como consecuencia que el proceso de edificación de viviendas se concrete en un contexto completamente informal.

2.2.2 Edificaciones con sistema estructural no normado

Sánchez y Alvarado (2020) nos señalan que gran parte de las edificaciones actuales se ejecutan de manera informal, a menudo mediante la autoconstrucción o bajo la dirección de un maestro de obras, sin la intervención de un ingeniero especialista que garantice la calidad y seguridad de la vivienda. Esta "construcción informal" se caracteriza por ser desordenada y carente de conocimientos en diseño sísmico. La ausencia de asesoría técnica genera serios problemas como una deficiente estructuración, baja calidad en la ejecución y fallos arquitectónicos, incluyendo la mala utilización de materiales. Por lo tanto, estas edificaciones no cumplen usualmente con las normas establecidas y son consideradas, para el Reglamento Nacional de Edificaciones, como sistemas estructurales no normados o deficientes.

Las edificaciones que denominamos como una edificación con sistema estructural no normado, nos referimos a edificaciones que no cumplen con los requisitos de la norma E.030 diseño sismorresistente como estructuras de concreto armado.

Según la norma E.030 diseño sismorresistente, el sistema constructivo pórticos donde como mínimo la fuerza cortante tiene que tener 80 % de esta gestionada en las columnas, en el sistema constructivo dual donde indica en la norma la fuerza cortante de la base de la estructura es 20 y 70 % en muros y como mínimo el 30 % de fuerza cortante de la base reside en las columnas, y como estructuras de albañilería las edificaciones la fuerza cortante reside en los muros hechos a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto, pero cumpliendo con la norma E.070 albañilería donde las unidades de albañilería no pueden exceder el 30 % de hueco para uso de muros estructurales, entonces denominamos sistema estructural no normado, cuando no cumplen con estas condiciones en el modelamiento de la estructura.

Mamani y Huarcaya (2018) señalan que el proceso constructivo de las viviendas de autoconstrucción generalmente sigue una secuencia tradicional que incluye la limpieza, el trazo y replanteo del terreno, la excavación para la cimentación y, finalmente, la ejecución de zapatas y cimientos corridos. No obstante, al comparar estos procedimientos constructivos con las especificaciones técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.), los autores identificaron una cantidad significativa de incumplimientos de las normativas técnicas específicas.

2.2.3 Licencias de construcción

Mamani y Valeriano (2021) en su investigación de tesis “Modelo de gestión administrativa para mejorar la efectividad de la emisión de permisos de construcción de viviendas en la ciudad Tacna” realizada en la Universidad privada de Tacna en el cual nos demuestra que durante los años 2004 hasta el 2006, ante un grave déficit inmobiliario se realiza el programa MIVIVIENDA en el cual la empresa CAPECO jugó un rol muy importante debido a que se busca la flexibilización de las normas para que la emisión de licencias municipales sea más fácil.

Por otra parte, recordando que las estructuras de la ciudad de Tacna y en el Perú en su gran mayoría son informales, entonces la gran mayoría tampoco presenta las licencias de construcción.

2.2.4 Sistema estructural (dual)

Según la norma E.030 diseño sismorresistente el sistema estructural dual, es aquel que tiene como elementos estructurales las columnas y las placas o muros de corte, siendo este sistema estructural una opción muy buena en el diseño de las edificaciones y resistente a sismos, además este sistema ofrece una ventaja debido a que se compone de columnas y placas donde estas aportan más rigidez a la estructura y las columnas aportan más ductilidad. Este sistema estructural es particularmente mucho mejor en el comportamiento sísmico de edificaciones de hasta el de promedio 6 o 7 pisos, donde sigue optimizando la seguridad de los habitantes y reduce los daños ocasionados por algún sismo moderado.

Por último, el sistema estructural dual no solo sirve para mejorar la resistencia estructural en la edificación que utiliza este sistema estructural, sino que es mucho más eficiente en termino de costos y tiempo de construcción.

2.2.5 Sistema estructural (porticado)

Según la norma E.030 diseño sismorresistente el sistema estructural porticado, se basa en las estructuras que tengan un sistema estructural donde predominen las columnas las cuales soportan las cargas verticales y las vigas que distribuyen a las columnas, sus ventajas son que pueden tener mayor luz entre columnas su gran flexibilidad lo cual permite una mayor libertad en el diseño de la edificación y las desventajas al ser su alto precio también es la demanda de elementos estructurales, como también menor rigidez lateral de otros sistemas al ser de concreto armado también es más sencilla de construir pero los materiales son un poco más costosos que otros sistemas estructurales.

2.2.6 Sistema estructural (albañilería)

Según la norma E.030 diseño sismorresistente el sistema estructural de albañilería, son las estructuras que tengan un sistema estructural donde predominen los muros portantes que son hechos de unidades de albañilería y estos pueden ser ladrillos o bloques, hechos de arcilla o concreto respectivamente, en la norma E.030 diseño sismorresistente no se hace diferencia entre las estructuras de albañilería confinada o armada.

Según la norma E.070 albañilería se habla sobre los muros portantes deben cumplir ciertas cualidades las cuales serán, una sección transversal perfectamente simétrica, continuidad de los muros estructurales desde la cimentación hasta terminar la estructura.

2.2.7 Norma E.030 diseño sismorresistente:

2.2.7.1 Generalidades

a. Alcance

La Norma E.030 determina los requisitos mínimos que deben acatar las edificaciones en su proceso de diseño, con el fin de garantizar un desempeño adecuado frente a la actividad sísmica. Es fundamental señalar que el alcance de esta normativa no se restringe únicamente a las construcciones nuevas, sino que también se aplica al reforzamiento de estructuras existentes que hayan sufrido daños a causa de movimientos telúricos. Adicionalmente, la aplicación de esta norma debe complementarse con la implementación de medidas de prevención de desastres más

amplias, que abarquen riesgos como sismos, tsunamis, incendios, fugas de desechos tóxicos o deslizamientos de tierra.

2.2.7.2 Peligro sísmico

a. Factor zona

El territorio peruano ha sido dividido en cuatro zonas sísmicas. La distribución y zonificación de estas secciones se fundamenta en un análisis de la sismicidad histórica registrada hasta la fecha, en las propiedades de los movimientos sísmicos, en su atenuación en función de la distancia. Como podemos observar en la Figura 1.

Figura 1
Mapa del factor zona del Perú



Nota. Extraído de la norma E0.30 del sitio web <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>. DOC: E0.30

El Perú se divide en 4 zonas sísmicas designadas, a cada una de las cuales se le asigna un Factor de Zona (Z). Este coeficiente se define como la aceleración horizontal máxima esperada en un suelo de características rígidas, con una probabilidad del 10 % de ser superada en un periodo de cincuenta años. Es importante notar que

este factor Z se expresa habitualmente como una proporción o fracción de la aceleración de la gravedad. Como podemos observar en la Tabla 1.

Tabla 1
Factor de Zona Z

Factor de zona "Z"	
Zona	Z
Zona 4	0,45
Zona 3	0,35
Zona 2	0,25
Zona 1	0,10

Nota. Extraído de la norma E0.30

b. Perfil de suelo

I. Perfil Tipo S_0 : Roca Dura

Esta categoría agrupa a las rocas consideradas sanas, caracterizadas por presentar la \bar{v}_s que supera los 1500 m/s.

II. Perfil Tipo S_1 : Roca o Suelos Muy Rígidos

Incluye rocas con distintos niveles de fracturación, macizos con estructura homogénea, y suelos notablemente rígidos. El \bar{v}_s para este perfil se ubica en el intervalo de 500 m/s a 1500 m/s.

III. Perfil Tipo S_2 : Suelos Intermedios

Corresponde a los suelos clasificados como intermedios o con una rigidez moderada. Estos presentan \bar{v}_s que oscilan entre 180 m/s y 500 m/s.

IV. Perfil Tipo S_3 : Suelo Blandos

Esta clase abarca suelos flexibles, cuya velocidad de \bar{v}_s es menor o igual a 180 m/s.

V. Perfil Tipo S_4 : Condiciones Excepcionales

Designado para suelos excepcionalmente flexibles y para ubicaciones con topografía desfavorable. Esta situación demanda la realización de un estudio específico de sitio, el

cual solo procederá si es recomendado explícitamente por el Estudio de Mecánica de Suelos.

c. Parámetros de sitio (S , T_P y T_L)

Es imperativo seleccionar el perfil de suelo más apropiado, tomando en cuenta las condiciones geotécnicas específicas del sitio de emplazamiento. Esta selección es crucial para poder emplear los valores correctos del factor de amplificación de suelo (S) y para definir los períodos característicos de vibración, T_P y T_L . Considerarse el tipo de perfil que sea mejor dada las condiciones locales, utilizándose los correctos valores del factor de amplificación de suelo S y de los períodos T_P y T_L . Como podemos observar en la Tabla 2 y la Tabla 3.

Tabla 2
Factor de Suelo S

Factor de suelo "S"				
Suelo	S_0	S_1	S_2	S_3
Zona				
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Nota. Extraído de la norma E0.30

Tabla 3 .
Periodos T_P y T_L

Periodos " T_P " y " T_L "				
Perfil de suelo				
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_P (S)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (S)	3,0	2,5	2,0	1,6

Nota. Extraído de la norma E0.30

d. Factor de amplificación sísmica

Las características de sitio, se definen como el factor de amplificación sísmica "C" entonces se puede expresar de la siguiente manera. Como podemos observar en la ecuación 1, ecuación 2 y ecuación 3.

$$T < T_p \quad C = 2,5 \quad (1)$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 * \left(\frac{T_p}{T}\right) \quad (2)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right) \quad (3)$$

2.2.7.3 Categorías, sistema estructural y regularidad de las edificaciones

a. Factor de uso

Cada estructura tiene un uso determinado y de acuerdo a su clasificación se da el factor de ubicación "U" definido según su clasificación, las edificaciones que tengan aislamiento sísmico en su base el factor "U" que poseen es 1. Como podemos observar en la Tabla 4.

Tabla 4

Categoría de las Edificaciones y Factor U

Categoría de las edificaciones y factor "U"		
Categoría	Descripción	Factor "U"
"A" Esenciales	A1: Establecimientos de Salud Críticos	Nota 1
	Esta categoría comprende las instalaciones sanitarias de segundo y tercer nivel de atención, tal como están estipuladas por la normativa del Ministerio de Salud (MINSA).	
	A2: Edificaciones de Funcionamiento Indispensable y de Alto Riesgo	1,5

(continúa)

Tabla 4 (continuación)

Agrupar a aquellas estructuras que deben mantener su operatividad ininterrumpida incluso después de la ocurrencia de un sismo de gran magnitud. Estas incluyen:

Infraestructura Sanitaria: Los establecimientos de salud clasificados en la categoría A1.

Servicios de Emergencia y Cívicos: Aeropuertos, instalaciones municipales, centrales de comunicación, puertos, así como cuarteles de bomberos, policía y militares.

Servicios Básicos y de Utilidad: Plantas de generación y transformación de energía eléctrica, Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) y reservorios.

Refugios Post-Desastre: Cualquier edificación destinada a servir como albergue o refugio después de un desastre, incluyendo instituciones de educación básica, institutos técnicos y universidades.

Riesgo Adicional: También se incorporan las estructuras cuyo fallo o colapso supone un peligro secundario y elevado, como fábricas, depósitos de materiales tóxicos o inflamables y hornos industriales.

Información Sensible: Se suman aquellas edificaciones utilizadas como almacenes o archivos de información y documentación considerada de vital importancia para el Estado.

"B" Importantes	Esta categoría incluye aquellas edificaciones destinadas a la concentración masiva de público, tales como centros comerciales, terminales terrestres, estadios, teatros y establecimientos penitenciarios (cárceles). Asimismo, abarca las estructuras que albergan patrimonios de alto valor, como museos y bibliotecas.	1,3
--------------------	---	-----

(Continúa)

Tabla 4 (continuación)

	Adicionalmente, se deben considerar dentro de esta clasificación los depósitos de granos y los almacenes que son cruciales para el abastecimiento y la cadena de suministros.	
“C” Comunes	Esta categoría abarca edificaciones de uso habitual y estándar, tales como oficinas, viviendas, hoteles, restaurantes, y también incluye depósitos industriales que no contengan materiales inflamables, tóxicos o contaminantes.	1,0
“D” Temporales	Esta clasificación incluye las construcciones de carácter temporal o provisional, tales como casetas, depósitos temporales, o estructuras similares de naturaleza no permanente.	Nota 2

Nota 1: edificaciones nuevas que se encuentran en la categoría A1 específica que si se encuentran en la zona sísmica 4 y 3 deberá tener presencia de aislamiento sísmico y si se encuentra ubicado en las zonas sísmicas 1 y 2, los responsables de las edificaciones pueden decidir si se usa los aislamientos sísmicos o no, si no se usan en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de "U" será como mínimo 1.5.

Nota 2: Edificaciones temporales no especifica su factor "U" , pero deberá proveerse resistencia y rigidez a criterio del proyectista.

Nota. Extraído de la norma E0.30

b. Sistemas estructurales

i. Estructuras de concreto armado

Las edificaciones tienen un sistema estructural ya establecido y a esto los elementos de concreto armado deberán cumplir con el capítulo 21 “Disposiciones especiales para el diseño sísmico” de la norma E.060 concreto armado.

Las diferentes estructuras de concreto armado son:

ii. Pórticos

La normativa exige que, como requisito mínimo, las columnas de los pórticos de una edificación absorban al menos el 80 % de la fuerza cortante total aplicada en la base. Si el diseño estructural incluye muros estructurales, estos elementos deberán ser

dimensionados para resistir una porción o fracción específica de la acción sísmica global.

iii. Muros estructurales

El sistema estructural que presenta muros estructurales donde es predominante sobre el cual actúa como mínimo 70 % de fuerzas cortantes aplicadas en la base.

iv. Dual

En los sistemas estructurales que combinan muros estructurales y pórticos para resistir las acciones sísmicas, la fuerza cortante aplicada en los muros debe oscilar entre el 20 % y el 70 % de la cortante total de la base del edificio. Por su parte, la sección de los pórticos debe diseñarse con la capacidad mínima de resistir el 30 % de la fuerza cortante aplicada en la base de la estructura.

v. Edificaciones de muro de ductilidad limitada “EMDL”

Adicionalmente, aquellas edificaciones que emplean un sistema estructural donde la resistencia a las cargas de gravedad y a las fuerzas sísmicas es proporcionada por muros de concreto armado de espesor reducido, y cuyo refuerzo vertical está constituido por una única capa, están limitadas a un máximo de ocho pisos de construcción.

vi. Estructuras de albañilería

De acuerdo con la norma E.030, las edificaciones de albañilería emplean muros construidos con unidades de arcilla o concreto como su principal sistema sismorresistente.

c. Categoría y sistema estructural

La categoría de una edificación y la zona donde se ubique, en la cual como niño tiene que cumplir con el sistema estructural empleado. Como podemos observar en la Tabla 5.

Tabla 5
Categoría y Sistema Estructural de las Edificaciones

Categoría y sistema estructural de las edificaciones		
Categoría	Zona	Sistema estructural
A1	4 y 3	Cualquier sistema estructural que implemente aislamiento sísmico.
	2 y 1	Estructuras de Acero: Pórticos arriostrados concéntricamente (SCBF y OCBF) y pórticos arriostrados excéntricamente (EBF). Estructuras de Concreto: Sistemas duales y muros estructurales de concreto armado. Albañilería: Albañilería armada o albañilería confinada.
A2	4, 3 y 2	Estructuras de Acero: Pórticos arriostrados concéntricamente (SCBF y OCBF) y pórticos arriostrados excéntricamente (EBF). Estructuras de Concreto: Sistemas duales y muros estructurales de concreto armado. Albañilería: Albañilería armada o albañilería confinada.
	1	Cualquier sistema estructural no especificado anteriormente.
B	4, 3 y 2	Estructuras de Acero: Pórticos resistentes a momento especiales (SMF), intermedios (IMF), pórticos arriostrados concéntricamente (SCBF), arriostrados ordinarios (OCBF) y excéntricamente (EBF). Estructuras de Concreto: Sistemas duales, muros de concreto armado y sistemas aporticados. Albañilería: Albañilería armada o albañilería confinada. Estructuras de Madera.
	1	Cualquier sistema estructural no especificado anteriormente.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema estructural no especificado anteriormente.

Nota. Extraído de la norma E0.30

Además, para pequeñas construcciones en la zona rural, como pueden ser postas medicas o escuelas, se podrá utilizar material tradicional de la zona claro está siguiendo con las normas sobre los materiales utilizados

d. Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas R_0

La clasificación de los sistemas estructurales se determinará en función del material principal utilizado y del tipo de estructuración empleado en cada sentido de análisis. En aquellos casos donde la edificación posea múltiples sistemas estructurales actuando en

la dirección de análisis considerada, es obligatorio adoptar el menor valor del coeficiente básico de reducción sísmica (R) correspondiente a cualquiera de esos sistemas. Como podemos observar en la Tabla 6.

Tabla 6
Sistemas Estructurales

Sistemas estructurales	
Sistema estructural	Coeficiente básico de reducción "R_0" (*)
Acero:	
(SMF) Pórticos Especiales Resistentes a Momentos	8
(IMF) Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos	7
(OMF) Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos	6
(SCBF) Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados	8 6
(OCBF) Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados	8
(EBF) Pórticos Excéntricamente Arriostrados	
Concreto armado:	
Sistemas aporticado (Pórticos).	8
Sistemas duales (Combinación de pórticos y muros).	7
Sistemas basados en muros estructurales.	6
Sistemas con muros de ductilidad limitada.	4
Albañilería armada o confinada	3
Sistemas diseñados mediante el método de esfuerzos admisibles.	7

Nota. Extraído de la norma E0.30

El coeficiente básico de reducción sísmicas es únicamente aplicable a aquellas estructuras cuyos elementos de soporte (tanto verticales como horizontales) están diseñados para disipar energía, garantizando así la estabilidad del conjunto. Quedan excluidas de su aplicación las estructuras clasificadas como de péndulo invertido. En cuanto a las edificaciones construidas con tierra (adobe), estas deben cumplir obligatoriamente con lo estipulado en la Norma E.080. Se establece una restricción específica: este tipo de construcción no es recomendable en perfiles de suelo tipo S3 (Suelos Intermedios), y está estrictamente prohibido en suelos clasificados como S4 (Suelos Blandos).

2.2.8 Análisis no lineal

Tiene como propósito fundamental anticipar la respuesta y el comportamiento de las estructuras cuando se enfrentan a un evento sísmico. Este método de análisis se ha desarrollado primordialmente ante la exigencia de modelar con mayor precisión los daños estructurales, los cuales, según indica Villacorta (s.f.), han demostrado estar directamente relacionados con los desplazamientos de la estructura. Existen dos metodologías principales para llevar a cabo este análisis.

2.2.8.1 Análisis estático no lineal

La primera forma consiste en aplicar un patrón de carga que incrementa de manera progresiva hasta provocar el colapso de la estructura, siendo aplicable a edificaciones de pocos pisos y con una configuración regular tanto en planta como en altura.

Esta metodología de análisis requiere la inclusión explícita de las características no lineales inherentes a la relación de fuerza versus deformación de cada uno de los elementos estructurales, tomando en cuenta la respuesta inelástica del material. La herramienta gráfica más común para visualizar este análisis es la curva de capacidad de carga, conocida técnicamente como curva "pushover". Dicha representación establece un vínculo entre la fuerza cortante basal total de la estructura y el desplazamiento lateral registrado en un punto de referencia, que generalmente se ubica en el techo o nivel superior de la edificación (ASCE-41-17, 2017).

2.2.8.2 Análisis dinámico no lineal

En este tipo de análisis se toma en cuenta el comportamiento histerético de la estructura, es decir, considera los efectos tanto de carga como de descarga. Además, incorpora en su procedimiento registros sísmicos compatibles con el espectro del lugar de estudio, lo cual permite obtener información más detallada y precisa. Este análisis es aplicable a todo tipo de edificaciones.

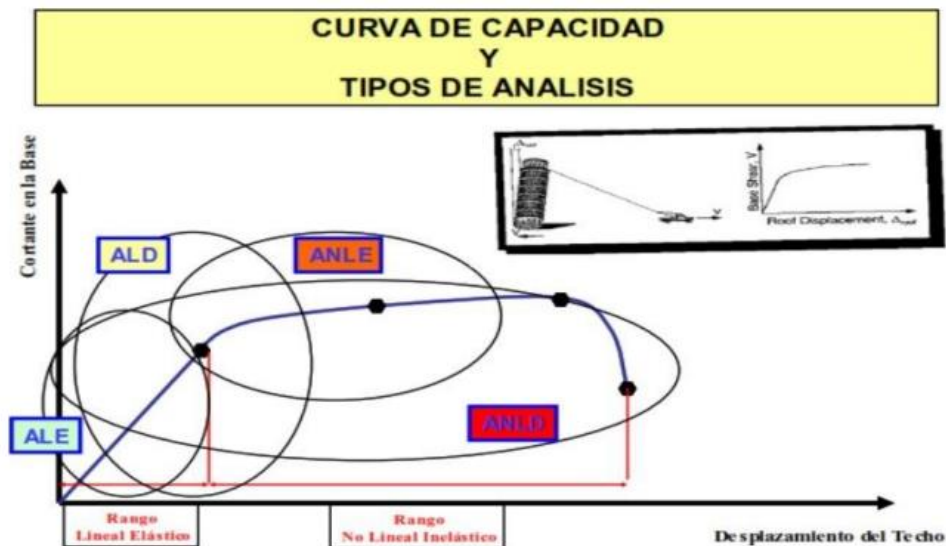
La evolución del comportamiento de una edificación puede representarse mediante una gráfica denominada curva de capacidad, donde el eje horizontal indica el desplazamiento en la parte superior (azotea) de la estructura y el eje vertical muestra la cortante en la base. Esta curva describe cómo la estructura pasa de un comportamiento

elástico inicial, hacia un régimen plástico una vez superado el límite elástico, hasta llegar a la falla o colapso al perder resistencia, tal como se observa en la Figura 2.

La Figura 2 sirve para representar la curva de comportamiento estructural y, simultáneamente, ilustra los cuatro métodos principales de análisis sísmico: el Análisis Lineal Estático (ALE), el Análisis Lineal Dinámico (ALD), el Análisis No Lineal Estático (ANLE) y el Análisis No Lineal Dinámico (ANLD). Se observa que el ALE está asociado al círculo de menor tamaño, mientras que el ANLD se vincula al de mayor magnitud, lo que implica una relación directa: mientras más complejo es el análisis, con mayor fidelidad se logra replicar la respuesta real de la estructura.

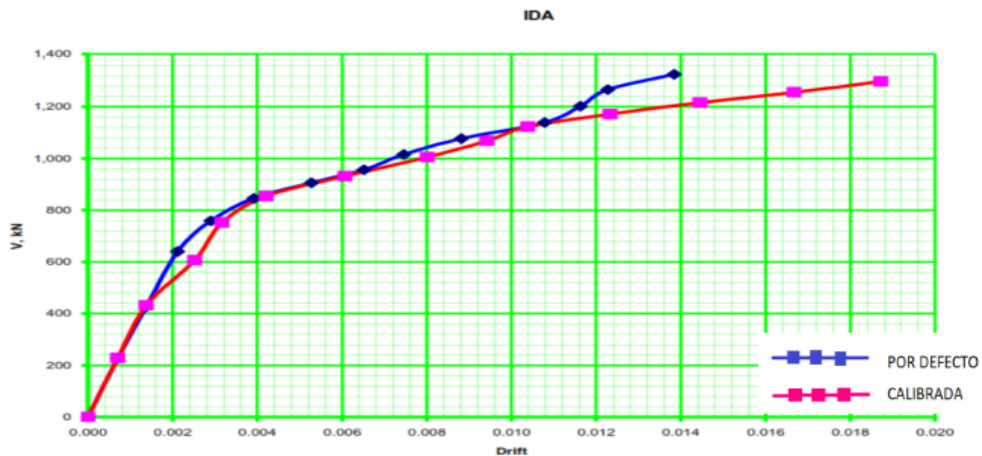
Los análisis lineales (ALE y ALD) tienen la limitación de que solo pueden predecir el comportamiento hasta el punto de desempeño elástico. En contraste, los análisis no lineales (ANLE y ANLD), tanto estáticos como dinámicos, son capaces de modelar la historia completa del comportamiento estructural, incluyendo la incursión en el rango inelástico. En el caso del ANLE, esta historia se plasma en la curva de capacidad (push over); mientras que, en el ANLD, se utiliza la curva de Análisis Dinámico Incremental (IDA), que, como se aprecia en la Figura 3, también relaciona las variables de fuerza o aceleración con el desplazamiento o la deriva.

Figura 2
Curva de capacidad y tipos de análisis



Nota. Extraído de Villacorta (s.f.) del sitio web <https://es.scribd.com/document/217259364/Analisis-No-Lineal-Galvez>. DOC: Análisis No Lineal Dinámico en Estructuras

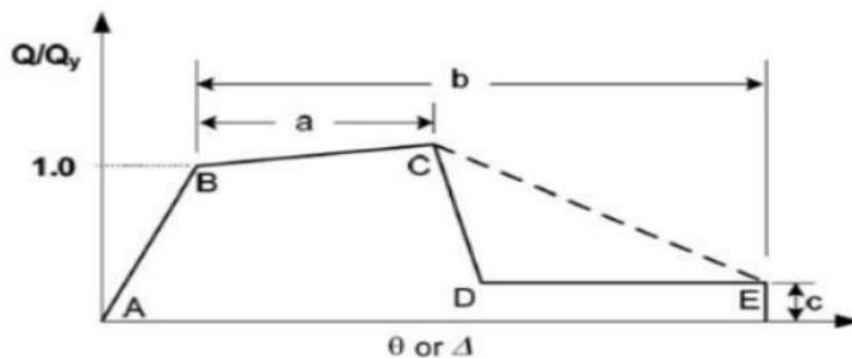
Figura 3.
Curva IDA de un análisis no lineal dinámico



Nota. Extraído de Villacorta (s.f.) del sitio web <https://es.scribd.com/document/217259364/Analisis-No-Lineal-Galvez>. DOC: Análisis No Lineal Dinámico en Estructuras

Para llevar a cabo el análisis no lineal estático, se siguen los lineamientos establecidos en el capítulo 7 del ASCE 41-17 (2017). Dado que este tipo de análisis implica que la estructura ingrese al comportamiento plástico, es necesario modelar los elementos estructurales de forma que se considere la degradación de su rigidez. Esta degradación se representa mediante una curva, donde el eje horizontal corresponde al desplazamiento o la rotación, y el eje vertical a un parámetro de fuerza interna, tal como se muestra en la Figura 4.

Figura 4
Modelo del elemento estructural que considera la pérdida de rigidez en un análisis no lineal



Nota. Extraído de Deierlein, Reinhorn, & Willford (2010) del sitio web <https://www.nehrp.gov/pdf/nistgcr10-917-5.pdf>. DOC: Nonlinear Structural Analysis For Seismic Design

Punto A: Representa el momento inicial de la curva.

Punto B: Indica el inicio de la fluencia del material, donde comienza el comportamiento inelástico.

Punto C: Señala la máxima capacidad de resistencia alcanzada por el elemento.

Punto D: Corresponde al nivel de resistencia residual que mantiene la estructura después de alcanzar su capacidad máxima.

Punto E: Determina el punto de colapso definitivo del elemento estructural.

Q/Qy: Se refiere a la fuerza idealizada, usualmente expresada como la fuerza cortante actual (Q) normalizada respecto a la fuerza cortante de fluencia (Qy).

Θ : Denota la deformación experimentada por el elemento.

a: Es la deformación o rotación plástica acumulada hasta el instante en que se logra la resistencia máxima del componente.

b: Representa la deformación o rotación plástica total que experimenta el elemento.

c: Es el cociente que resulta de dividir la resistencia residual por la resistencia de fluencia.

2.2.9 Cálculo del R: producto de sobrerresistencia, resistencia por ductilidad y redundancia

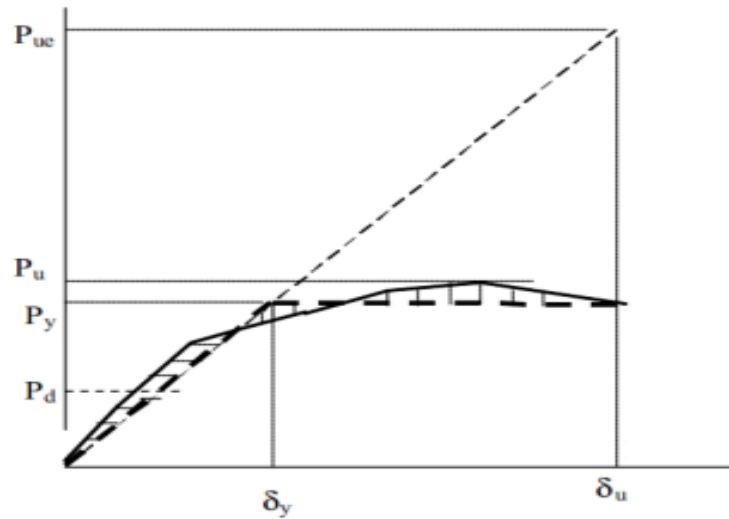
2.2.9.1 Factor de resistencia por ductibilidad

Para encontrar el valor del factor de resistencia por ductibilidad, se encuentra a partir de la relación de la carga inelástica que una tiene una estructura (P_{ue}) y también la carga máxima inelástica de esa misma estructura (P_u), donde se utilizara el método push over para encontrar la curva de capacidad. Como podemos observar en la Figura 5.

Según Daza (1996) nos relata que se ha presentado dicho comportamiento como una curva bilineal se dice que $P_u = P_y$. Como podemos observar en la ecuación 4.

$$R_{\mu} = \frac{P_{ue}}{P_y} \quad (4)$$

Figura 5 .
 Modificación de Respuesta debido a la
 Ductilidad



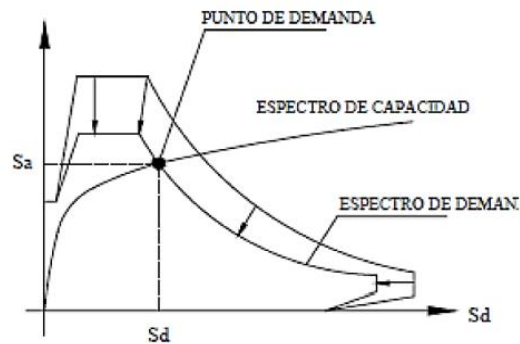
Nota. Extraído de Daza Duarte, Luis G. del
 sitio [web](https://es.scribd.com/document/487839566/Factor-de-modificacion-de-respeusta-pdf)
[https://es.scribd.com/document/487839566/Factor-de-modificacion-de-respeusta-](https://es.scribd.com/document/487839566/Factor-de-modificacion-de-respeusta-pdf)
[pdf](https://es.scribd.com/document/487839566/Factor-de-modificacion-de-respeusta-pdf). DOC: Factor de Modificación de
 Respuesta

2.2.9.2 Factor de sobre resistencia

Según Aguiar (2007) el factor de sobre resistencia $R\Omega$ es la relación entre la cortante ultima V_u que se encuentra en la base y la demanda de cortante de diseño V_d Como podemos observar en la Figura 6, por lo tanto, se expresa de la siguiente manera para encontrar el factor de sobre resistencia, donde la cortante ultima V_u se obtiene de la curva push over y la cortante de diseño V_d se obtiene del método del espectro de capacidad. Como podemos observar en la ecuación 5.

$$R\Omega = \frac{V_u}{V_d} \quad (5)$$

Figura 6
Método del Espectro de Capacidad



Nota. Extraído de Viera, L. (2004) del sitio web https://www.researchgate.net/publication/363265915_Diseño_Sismico_Basado_en_Desempeno_de_Edificios_de_Hormigon_Armado. DOC: Diseño Sísmico Basado en Desempeño de Edificios de Hormigón Armado

Donde se relaciona el espectro de capacidad con el espectro de demanda, y el punto donde se conectan las curvas, es conocido como el punto de demanda con su corte, conocido como la cortante de diseño de la edificación.

2.2.9.3 Factor de redundancia

Tsopelas y Husain (2004) establecen que la determinación del factor de redundancia (RR) requiere la cuantificación de dos índices específicos. Estos parámetros son el índice de redundancia basado en la resistencia (RS) y el índice de redundancia derivado de la formación de rótulas plásticas (Rv). Ambos índices se integran posteriormente en la ecuación que define el factor RR. Como podemos observar en la ecuación 6.

$$RR = \left(\frac{1-0,2*r_v}{0,88} \right) \quad (6)$$

Donde el índice de redundancia por resistencia R_s se obtiene con la siguiente fórmula, donde RR es el cortante a nivel de fluencia, el mismo obtenido en el modelo bilineal de la curva de capacidad. Como podemos observar en la ecuación 7.

$$R_s = \frac{v_u}{v_y} \quad (7)$$

Para el cálculo del índice de redundancia por la formulación de rotulas plásticas R_v Tsopelas y Husain (2004) nos dice que utilizaremos la siguiente ecuación. Como podemos observar en la ecuación 8.

$$r_v = \sqrt{\frac{1}{n} * \frac{1}{m-1}} \quad (8)$$

En esta ecuación, el término m representa la cantidad total de pórticos existentes a lo largo de la dirección específica bajo análisis. Por otro lado, n se define como el número de rótulas plásticas que se desarrollan o se forman dentro de dicho pórtico.

Es fundamental comprender que este método se sustenta en el principio de que un incremento tanto en la resistencia como en la ductilidad de la estructura resulta en un mayor valor del coeficiente básico de reducción sísmica R . Un valor de R más elevado, a su vez, implica un mejor desempeño sísmico de la edificación. Por consiguiente, el valor de R determinado mediante un análisis no lineal tiene la obligación de ser, como mínimo, igual o superior al coeficiente básico de reducción sísmica establecido en las Normas de Diseño Sismorresistente (NDSR). Esta premisa se ve ejemplificada en la investigación de Ávila Ramírez (2018) sobre edificios con sistemas de pórticos, donde se obtuvieron valores de R de 10,5 y 13,3. Estos resultados demuestran que el factor de reducción real puede exceder el valor de $R = 8$ que está estipulado en la norma peruana.

2.2.10 Método delphi

El método Delphi es una herramienta utilizada en investigaciones que aborda problemas complejos en contextos específicos, mediante la recopilación de datos y la síntesis de opiniones de expertos. Un aspecto clave de este método es el anonimato, que permite a los expertos responder sin influencias externas ni conflictos con otros miembros. Al no conocer las identidades de los demás, se evitan presiones y juicios.

Además, la retroalimentación de las respuestas permite ajustar y mejorar las opiniones. Este método es altamente valorado por su capacidad para integrar conocimiento especializado y ofrecer soluciones ajustadas al contexto local, habiendo sido eficaz en áreas como evaluación de riesgos, planificación de obras y diseño de políticas en Perú. Linston y Turoff (2002) describen este concepto como una metodología eficaz para estructurar la comunicación dentro de un grupo. Su utilidad radica en la capacidad de permitir que un conjunto de individuos aborde y resuelva un problema de alta complejidad de manera colectiva y organizada.

2.3 Definición de términos

2.3.1 Coeficiente básico de reducción sísmica R

El coeficiente básico de reducción sísmica "R" es un factor numérico que se utiliza en el diseño de estructuras para reducir las fuerzas sísmicas calculadas elásticamente (Norma Técnica E.030, 2020).

2.3.2 Diseño estructural normado

Se considera un diseño estructural normado en Perú a aquel que satisface la totalidad de los requisitos estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Las normas contenidas en este reglamento tienen como objetivo asegurar que las edificaciones sean intrínsecamente seguras y perdurables (Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, 2021).

2.3.3 Diseño estructural no normado

Por el contrario, un diseño estructural no normado en el contexto peruano es aquel que incumple con los requisitos mínimos y las disposiciones establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Al no adherirse a estas normas, la edificación no garantiza los niveles requeridos de seguridad y durabilidad (Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, 2021).

2.3.4 Licencia de construcción

Las licencias de habilitación y edificación son autorizaciones oficiales emitidas por las municipalidades que permiten realizar obras de construcción o modificar el entorno urbano. (Ley N°29090 artículo 7, 2017).

2.3.5 Método delphi

El Método Delphi es una estrategia de investigación que reúne a un grupo selecto de expertos para alcanzar un acuerdo sobre temas complejos. A través de varias rondas de consultas anónimas y retroalimentación.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de la investigación

El diseño de investigación presente la evaluación del coeficiente básico de reducción sísmica "R" para la mejora del diseño estructural en las edificaciones que no presentan un sistema estructural normado en la ciudad de Tacna 2025 es experimental esto se debe a la manipulación que se les da a las variables independientes.

3.2 Acciones y actividades

En esencia, la determinación del coeficiente básico de reducción sísmica "R" se realizará a través de una simulación computacional avanzada análisis no lineal push over del comportamiento sísmico del edificio, basada en un modelo detallado de su sistema estructural particular. Este enfoque busca obtener un valor del coeficiente básico de reducción sísmica "R" que refleje de manera más precisa.

Para llevar a cabo el estudio enfocado en la evaluación del coeficiente básico de reducción sísmica (R), con el objetivo de optimizar el diseño estructural de aquellas edificaciones que no cumplen con un sistema estructural normado en la ciudad de Tacna durante el año 2025, se procedió a ejecutar los siguientes pasos:

- a. Estudio de la bibliografía: Investigación y observación de las normas que son consideradas para cumplir con el reglamento nacional de edificaciones en el Perú, además de también investigar concretamente sobre el sistema dual y su uso particular, investigando sobre el historial de los desastres naturales y que edificaciones fueron las más afectadas.
- b. Estructura de muestra: Selección de una vivienda la cual presenta el problema de edificaciones que no presentan un sistema estructural normado que queremos resolver, y será debidamente estudiada.
- c. Juicio de expertos: Encuestas a diferentes ing. Civiles los cuales cuentan con años de experiencia siendo expertos en el tema y dando su opinión.
- d. Evaluación del diseño sismorresistente: Se realiza dos modelamientos en el software ETABS 22 con diferente coeficiente básico de reducción sísmica.

- e. Comparación entre sistemas constructivos: Utilizando los modelos de la evaluación del diseño sismorresistente, se logra ver las diferencias del comportamiento sobre la estructura y optando la mejor opción.
- f. Conclusiones y recomendaciones: En base a la investigación se presentará las conclusiones y recomendaciones.

3.3 Materiales e instrumentos

3.3.1 Materiales

Los materiales utilizados en esta investigación elementos que respaldan en si el tema de la investigación como el reglamento nacional de edificaciones, las normas utilizadas para el diseño sismorresistente, información y documentación como fuentes de información.

3.3.2 Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la investigación en si es un laptop mínimo de (gama media) con los programas que se utilizaran como lo son software ETABS 22, hojas de cálculo EXCEL, WORD OFFICE y AUTOCAD.

3.4 Población y muestra de estudio

3.4.1 Población

El área de población del estudio abarca todas las edificaciones con sistema estructural "dual" en la ciudad de Tacna.

3.4.2 Muestra de estudio

El área de análisis para esta investigación se centra en una edificación de cuatro niveles ubicada en la ciudad de Tacna. Esta estructura posee un sistema estructural de tipo "dual", pero presenta un proceso constructivo deficiente que no se adhiere a los estándares de la normativa vigente (es decir, es un diseño no normado).

Para los fines académicos de esta investigación, se seleccionaron todos los proyectos donde predominan placas, columnas de concreto y muros de ladrillo Blocker II.

Además, basándose en tres criterios clave para su tipificación. Primero, se identificaron los edificios que tienen este tipo de construcción. Segundo, se identificaron los edificios que cuentan a simple vista un sistema estructural dual. Y tercero, se consideró las edificaciones que cuentan con 3 o 4 pisos para este estudio determinado. Con base en estos criterios, se eligieron las estructuras objeto de estudio.

3.5 Operacionalización de variables

En base al anexo 1 del siguiente estudio se denomina las variables las siguientes

Variable independiente: Evaluación del coeficiente básico de reducción sísmica.

Variable dependiente: Edificaciones que no presentan un sistema estructural normado.

3.5.1 Identificación y caracterización de la variable independiente

Para medir la variable independiente, que en este estudio es la evaluación del coeficiente básico de reducción sísmica se requiere la descripción conceptual, la dimensión y los indicadores. Como podemos observar en la Tabla 7.

Tabla 7
Identificación de variable independiente

Variable independiente	Descripción conceptual	Dimensión	Indicadores
Evaluación del coeficiente básico de reducción sísmica "R".	El factor R no es un índice de seguridad, sino un indicador de cómo se comporta una estructura. Su utilización exige un análisis y construcción meticulosos para asegurar que la estructura sea capaz de deformarse de manera controlada y disipar energía de forma segura durante un terremoto.	Análisis sísmico empleando datos de los parámetros sísmicos (ZUCS), sistema estructural, peso de la edificación y desplazamientos.	Condiciones sísmicas (Factor Zona, Perfil del suelo, parámetros del sitio y Coeficiente básico de reducción) Configuración estructural de la edificación (sistema estructura y la distorsión de entrecimso.)

Nota. Adaptado del Reglamento de Grados y Títulos FAING (2024)

3.5.2 Identificación y caracterización de la variable dependiente

Para medir la variable dependiente, que en este estudio es la identificación del coeficiente básico de reducción sísmica se requiere la descripción conceptual, la dimensión y los indicadores. Como podemos observar en la Tabla 8.

Tabla 8
Identificación de variable dependiente

Variable dependiente	Descripción conceptual	Dimensión	Indicadores
Edificación que no presenta un sistema estructural normado.	Una edificación que no tiene un sistema estructural normado es aquellas que no tienen aplicación de las normas pueden ser las autogestionadas, autoconstruidas o donde el proceso constructivo no es el correcto.	Juicio de expertos utilizados en el método DELPHI, tipo de sistema estructural utilizado, el reglamento nacional de edificaciones.	Preguntas aplicadas al tema de la investigación, temas como los diferentes sistemas estructurales, las normas empleadas y sobre estructuras no normadas y uso de datos no normados para el análisis.

Nota. Adaptado del Reglamento de Grados y Títulos FAING (2024)

3.6 Técnicas de procesamientos y análisis de datos

3.6.1 Resolución del problema

Para la solución de este tema de investigación se modelará y evaluará el análisis estructural, en el cual usaremos el mismo modelo, pero con otro coeficiente básico de reducción sísmica "R" para ver la diferencia que poseen, por lo tanto, el coeficiente básico de reducción sísmica "R" utilizado se calculara en base al método no lineal push over y ver las diferencias que se presentan, analizando los resultados.

3.6.2 Método delphi

Para el método Delphi usamos la opinión de expertos para poder resolver un problema determinado, este método es fundamental debido a que la opinión de expertos fortalece e incentivan a la investigación, así también se realizó una ronda de preguntas cerradas las cuales serán respondidas por un grupo selecto de profesionales expertos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Método delphi

Parte fundamental del estudio realizado es la metodología Delphi que nos servirá como juicio de expertos por lo cual nos dará una validación adicional, además de otorgarnos la iniciativa para investigar este tema en particular, por ese motivo su importancia es fundamental para conocer la situación actual en la que se encuentra la ciudad de Tacna ante este problema y ver en qué aspectos se puede mejorar o encontrar una posible solución.

La metodología Delphi consta de una serie de preguntas, las cuales serán respondidas por un grupo selecto de profesionales expertos en el ámbito de la construcción con años de experiencia, donde se evaluarán los resultados encontrados.

Posteriormente también se hará el uso del alfa de Cronbach como se logra mostrar en el anexo 2 que se utilizara para corroborar la confiabilidad se hace uso del anexo 3, donde veremos si los resultados obtenidos están relacionados o si indicaran una baja relación entre ellos.

A continuación, designaremos 8 preguntas cerradas de la siguiente manera:

- 2 de Experiencia laboral
- 1 de Criterio sísmico
- 2 de Criterio social
- 1 de causas externas
- 2 de Posible solución

4.1.1 Experiencia laboral

Se logra observar que en la encuesta de la Figura 7 se quiere saber los años de experiencia de los profesionales que realizaron esta encuesta, para así constatar que este juicio de expertos fue respondido por expertos en el tema de la construcción. El 28.6% de los encuestados nos demuestra que tienen de 1 a 5 años de experiencia en

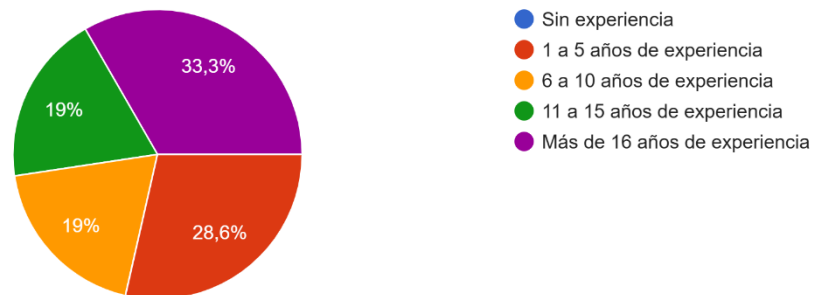
el ámbito de la construcción, el 19% de los que respondieron la encuesta tienen de 6 a 10 años de experiencia en el rubro de la construcción, se logra observar que otro 19% de los encuestados también presenta un perfil de 11 a 15 años de experiencia en el rubro de la construcción, por último el 33.3% de los encuestados representando el número mayor de los encuestados son profesionales que cuentan con una experiencia mayor a 16 años en el ámbito de la construcción, por lo cual según la Figura 7 se observa que los profesionales que respondieron la encuesta de la Figura 7 tienen una vasta experiencia en el ámbito de la construcción, y son considerados expertos.

Figura 7

¿Cuántos años de experiencia tiene trabajando en el ámbito de la construcción?

¿Cuántos años de experiencia tiene trabajando en el ámbito de la construcción?

21 respuestas



Nota. Extraído de la encuesta realizada a expertos

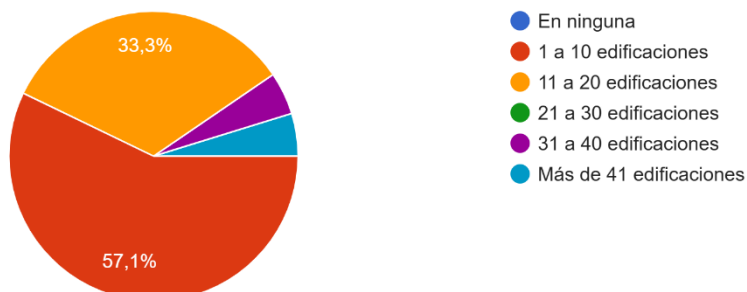
En la Figura 8 se indaga sobre en cuantas edificaciones, los encuestados formaron parte del equipo de diseño y/o supervisión, por lo que el 4.8% de los encuestados fueron parte fundamental de diseño y/o supervisión de más de 41 edificaciones, además el otro 4.8% de los encuestados cuentan con una experiencia en edificaciones como parte del equipo de diseño y/o supervisión entre 31 o 40 edificaciones, se observa también que el 33.3% de los encuestados fueron parte de diseño y/o supervisión de 11 a 20 edificaciones, por último el 57.1% que representa la mayoría de la encuesta de la Figura 8 tienen de 1 a 10 edificaciones de las cuales ellos fueron parte del equipo de diseño y/o supervisión. se logra observar que más del 50% de los encuestados tienen experiencia en no más de 10 edificaciones y el otro 50% representa a profesionales cuentan con una vasta experiencia.

Figura 8

¿En cuántas edificaciones participó usted como parte del equipo de diseño y/o supervisión?

¿En cuántas edificaciones participó usted como parte del equipo de diseño y/o supervisión?

21 respuestas



Nota. Extraído de la encuesta realizada a expertos

4.1.2 Criterio sísmico

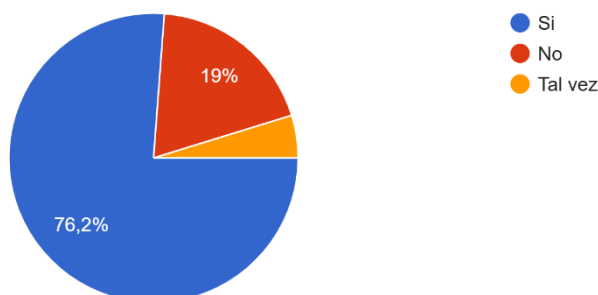
Se logra observar en la encuesta de la Figura 9 donde se quiere saber sobre la importancia de ser exactos ante el diseño o análisis de una estructura, donde el 4.8% de los encuestados dice que tal vez, por lo que no saben en su totalidad una respuesta certera, además el 19% de los profesionales encuestados dice que no es tan necesario la exactitud ante un diseño o análisis de una estructura, por último el 76.2% de los expertos encuestados dicen que si, por lo que la mayoría representada por el 76.2% de los encuestados expresa que es necesario en su totalidad llegar a la similitud exacta para diseñar y analizar una estructura.

Figura 9

¿Usted piensa que el diseño estructural y/o modelamiento estructural tiene que ser lo más exacto posible para su edificación sea ideal?

¿Usted piensa que el diseño estructural y/o modelamiento estructural tiene que ser lo más exacto posible para su edificación sea ideal?

21 respuestas



Nota. Extraído de la encuesta realizada a expertos

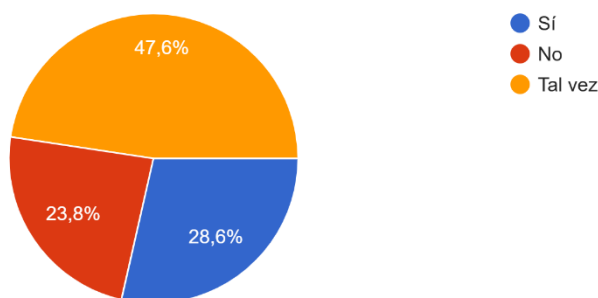
4.1.3 Criterio social

Según la Figura 10 donde se observa ante la incógnita sobre la construcción de edificaciones no normadas se realizan por falta de presupuesto, donde el 23.8% de los profesionales encuestados dice que no, además el 28.6% de los encuestados en la Figura 10 expresa que sí, las estructuras no normadas se debe a la falta de presupuesto, se logra observar también que el 47.6% de los expertos que fueron encuestados dicen que tal vez debido a que no se sabe con exactitud la problemática de las edificaciones no normadas, recordando que puede ser un sinnúmero de problemas internos o externos, por los cuales no sabemos que es lo que en realidad pasa, la población sabiendo que una edificación no normada no es totalmente segura a que se debe a que se sigan construyendo de esa manera, poniendo las vidas en riesgo, o incluso será después de la necesidad de una vivienda. Por este motivo la gran mayoría responde un tal vez porque no saben con exactitud el problema de esta situación.

Figura 10

¿Usted cree que las estructuras no normadas se construyen por motivo de falta de presupuesto?

¿Usted cree que las estructuras no normadas se construyen por motivo de falta de presupuesto?
21 respuestas



Nota. Extraído de la encuesta realizada a expertos

Se observa en la Figura 11 donde se quiere saber sobre si el material utilizado en las edificaciones no normadas son de menor calidad o calidad similar, donde el 14.3% de los profesionales encuestados dicen que no, donde representan que necesariamente los materiales que son usados en edificaciones no normadas no son de calidad inferior, además el 33.3% de los profesionales encuestados contestaron que tal vez debido a que no se sabe con exactitud sobre la decisión de los propietarios, por último el 52.4%

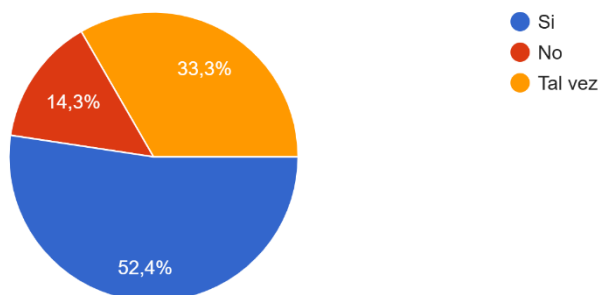
de los encuestados en la Figura 11 dicen que sí, se puede suponer el sí debido a que si no tienen dinero a contratar a un profesional calificado, usualmente tienden a usar materiales de baja calidad, este problema es un general en el Perú, y especialmente en provincia como lo es la ciudad de Tacna, donde la única forma de mejorar o evitar estos futuros desastres es incentivando a la investigación constante, para prevenir desastres y afecte a la población.

Figura 11

¿Usted cree que el material empleado en edificaciones no normadas es inferior a las utilizadas en edificaciones normadas?

¿Usted cree que el material empleado en edificaciones no normadas es inferior a las utilizadas en edificaciones normadas?

21 respuestas



Nota. Extraído de la encuesta realizada a expertos

4.1.4 Causas externas

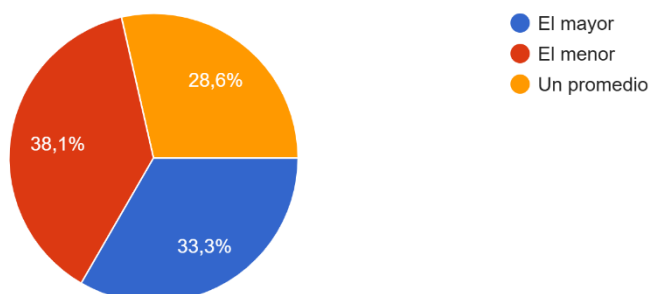
En la Figura 12 la encuesta trata sobre el uso del coeficiente básico de reducción sísmica en estructuras que no tienen un sistema estructural definida, donde el 28.6% de los profesionales encuestados utilizan el valor promedio en estos casos, además los encuestados que utilizan el valor mayor es representado por el 33.3% del total de encuestados, por último, el 38.1% de los encuestados utiliza el mayor valor en estos casos. La Figura 12 representa que no todos los profesionales expertos en el ámbito de la construcción utilizan el dato correcto para el análisis o diseño de una edificación.

Figura 12

¿Qué valor le da al coeficiente básico de reducción en su diseño cuando este no tenga un sistema estructural definido?

¿Qué valor le da al coeficiente básico de reducción en su diseño cuando este no tenga un sistema estructural definido?

21 respuestas



Nota. Extraído de la encuesta realizada a expertos

4.1.5 Posible solución

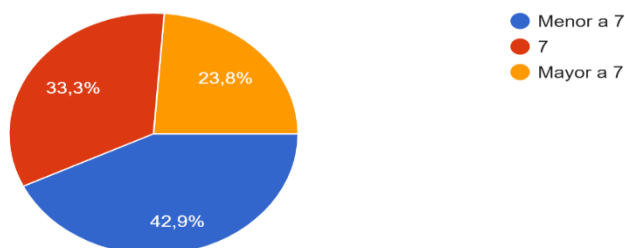
Se logra observar en la Figura 13 donde la incógnita de saber que coeficiente básico de reducción sísmica se utiliza en una edificación con sistema estructural dual, donde el 23.8% de los encuestados utiliza un valor mayor a 7 para el diseño o análisis de estructuras con sistema estructural dual, por otra parte el 33.3% de los profesionales encuestados utiliza el valor 7 para estructuras con sistema estructural dual, observando por ultimo que el 42.9% dice utilizar un valor menor a 7 para el diseño o análisis de las mismas. Por lo cual en la Figura 13 se observa que no todos los profesionales utilizan el mismo valor para el diseño o análisis de una estructura con sistema estructural dual.

Figura 13 .

¿Qué valor le da al coeficiente básico de reducción en su diseño del sistema estructural dual?

¿Qué valor le da al coeficiente básico de reducción en su diseño del sistema estructural dual?

21 respuestas



Nota. Extraído de la encuesta realizada a expertos

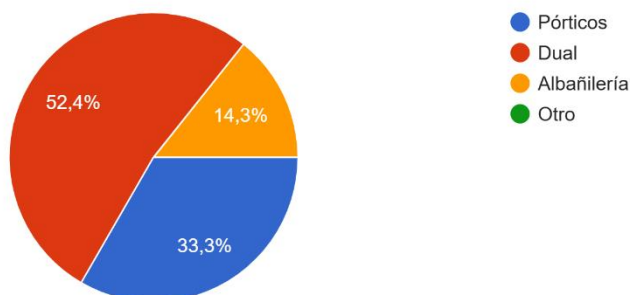
En la Figura 14 se quiere saber que recomiendan los expertos en el ámbito de la construcción por lo que se observa que el 14.3% de los profesionales encuestados recomiendan la albañilería como tipo de sistema estructural donde tiene algo de sentido recordando, debido a que en el sistema estructural de albañilería se puede construir hasta un máximo e 5 pisos y es mucho más económico, el 33.3% de los encuestados recomiendan utilizar el sistema estructural porticado donde predominan las columnas, el 52.4% de los profesionales que respondieron a esta encuesta recomiendan utilizar el sistema estructural dual donde predomina las columnas y placas o muros estructurales. Observando la Figura 14 se puede observar la diferencia de opinión entre profesionales de gran experiencia en el rubro de la construcción.

Figura 14 .

¿Qué sistema estructural recomienda para estructuras de 4 niveles?

¿Qué sistema estructural recomienda para estructuras de 4 niveles?

21 respuestas



Nota. Extraído de la encuesta realizada a expertos

4.2 Análisis sísmico

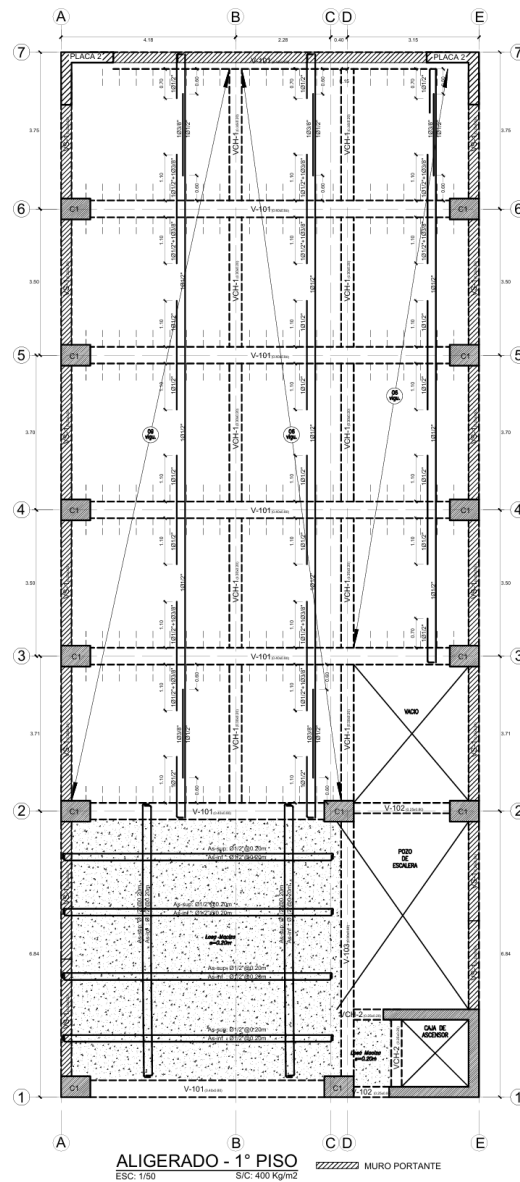
4.2.1 Modelo sistema dual

La situación con el modelo dual, es el edificio planificado con un sistema dual donde las cargas predominarán en las columnas y en las placas donde tendrán como mínimo el 30% de fuerza cortante en las columnas y entre el 20 y 70% en las placas o muros portantes, en si afectando a su diseño y al comportamiento.

La edificación estudiada será una ubicada en el distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa en la ciudad de Tacna donde tendrá 4 pisos los cuales

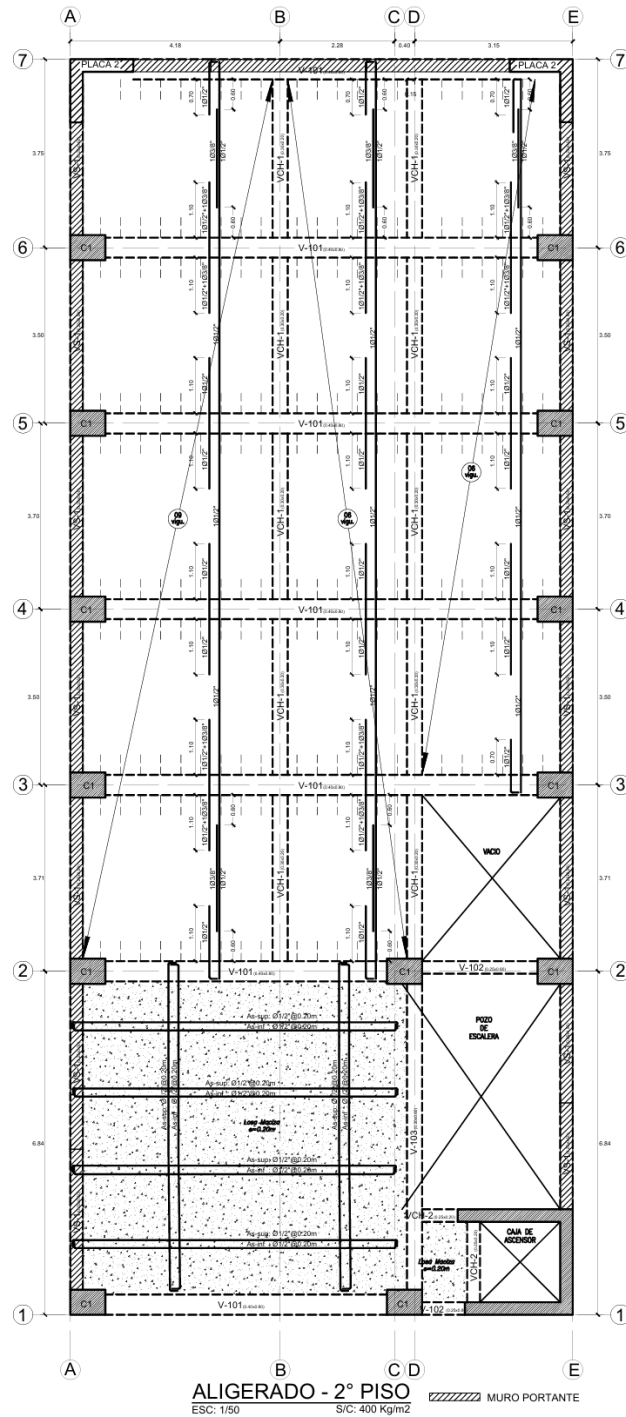
comprenderá zona de recepción, zona para casilleros de varones y de damas, servicios higiénicos para varones, damas y el personal, zona de duchas para varones y damas, zona para máquinas, donde es la más importante. Como se observa en la figura 15, figura 16, figura 17 y la figura 18.

Figura 15
Plano de planta piso 1 dual



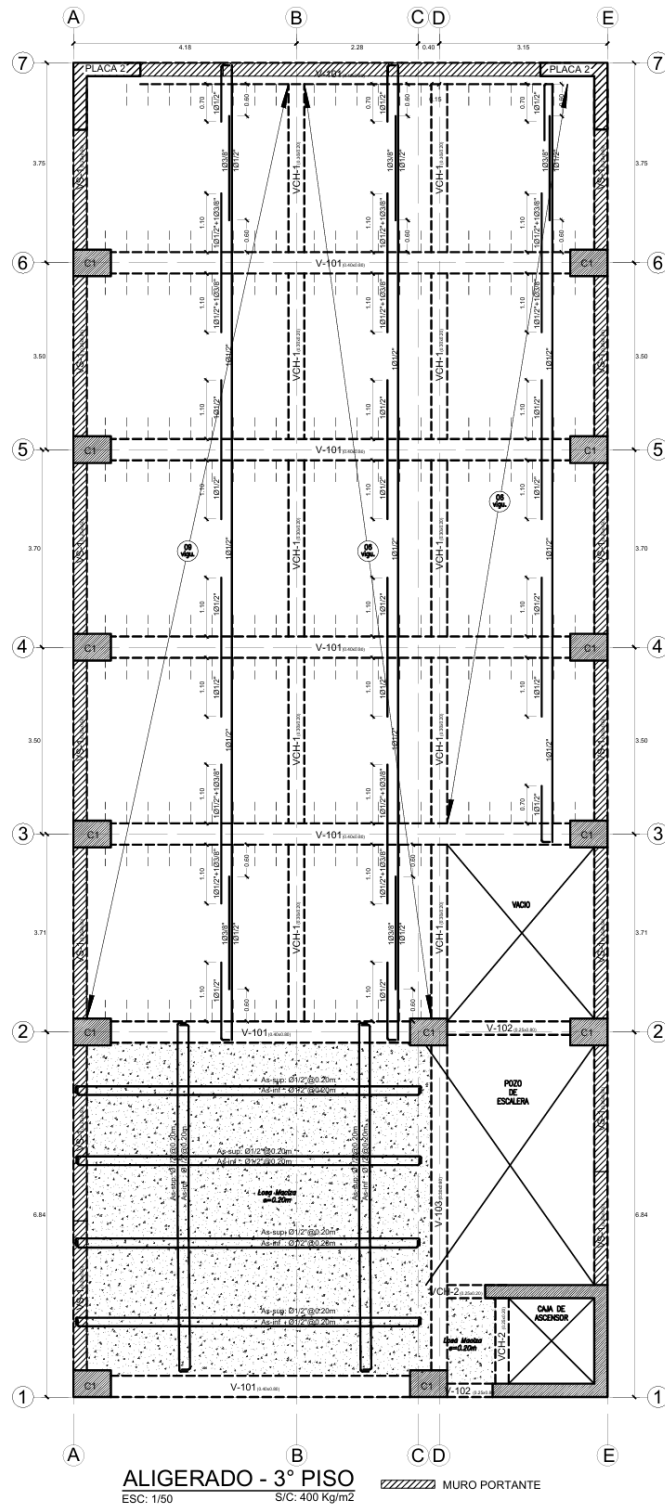
Nota. Plano extraído del AutoCAD piso 1 dual

Figura 16
Plano de planta piso 2 dual



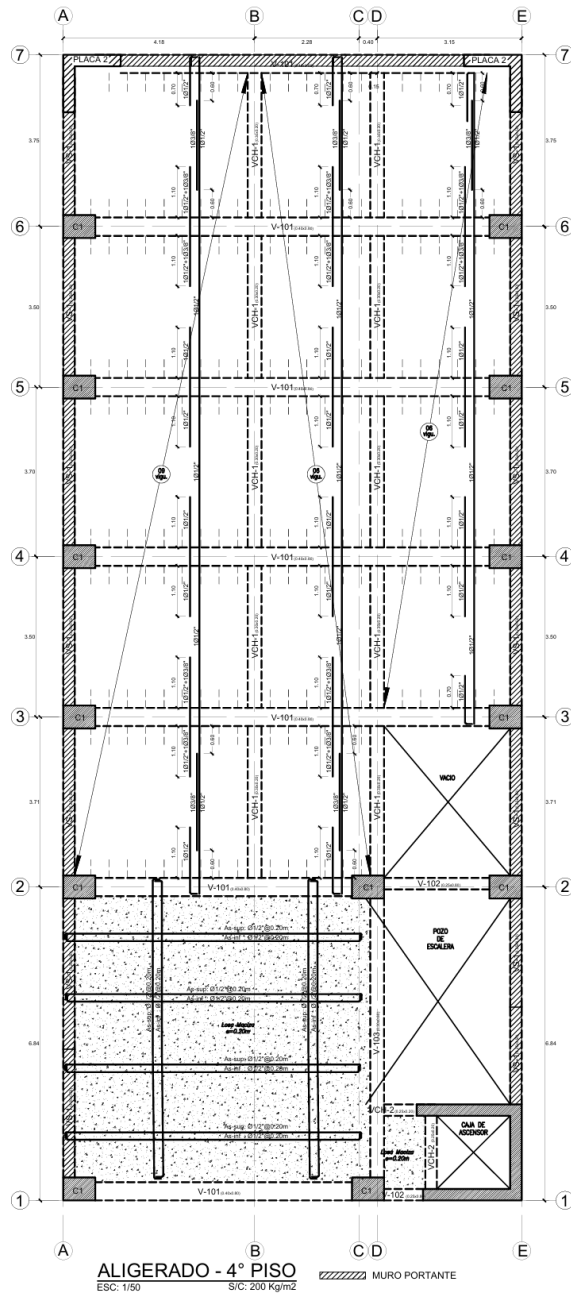
Nota. Plano extraído del AutoCAD piso 2 dual

Figura 17.
Plano de planta piso 3 dual



Nota. Plano extraído del AutoCAD piso 3 dual

Figura 18 .
Plano de planta piso 4 dual



Nota. Plano extraído del AutoCAD piso 4 dual

4.2.1.1 Análisis estructural de la edificación

a. Zonificación

La zonificación donde se encuentra ubicada la estructura estudia da se encuentra en Tacna concretamente en el distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa en la ciudad

de Tacna, según la norma del Reglamento nacional de edificaciones E.030 diseño sismorresistente, la edificación se encuentra ubicada en la zona 4 por lo tanto la aceleración sísmica horizontal del suelo es igual a Z es igual a 0.45.

b. Perfil de suelo

El perfil de suelo que presenta donde está ubicada la estructura estudiada tiene un suelo intermedio S_2 donde según el reglamento nacional de edificaciones E.030 diseño sismorresistente un suelo intermedio S_2 con la zona 4 Z_4 tiene un valor de 1.05.

c. Parámetros de sitio

el parámetro de sitio donde la estructura estudiada está ubicada según el reglamento nacional de edificaciones E.030 diseños sismorresistente se encuentra usando también el perfil del suelo con los periodos T_P y T_L donde tienen los valores de 0.6 y 2.0 respectivamente.

d. Factor de uso

El factor de uso en esta estructura predomina la zona de gimnasio según el reglamento nacional de edificaciones E.030 diseño sismorresistente donde la estructura está en la categoría B y el valor que tiene es de 1.3.

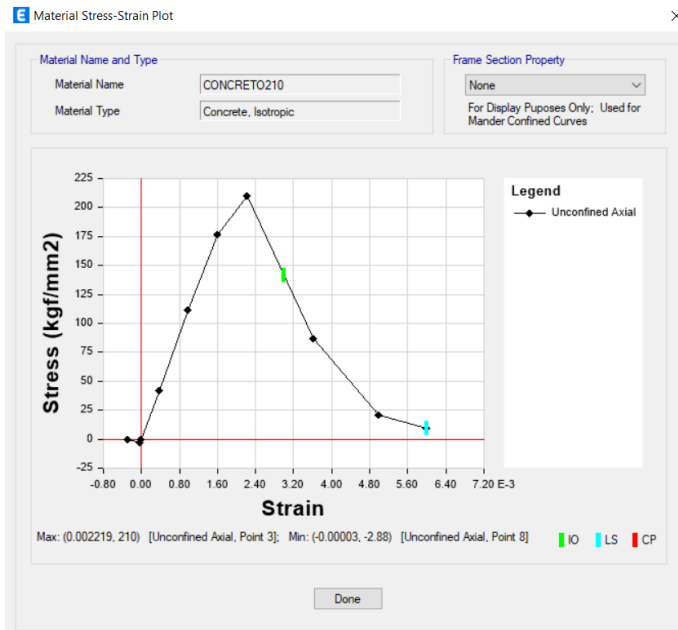
e. Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas

Los sistemas estructurales son diferentes dependiendo de la estructura, donde según el reglamento nacional de edificación E.030 diseño sismorresistente les da coeficientes básicos de reducción sísmicas distintos a los diferentes tipos de estructuras, donde en este caso el coeficiente básico de reducción R_0 será 7.

4.2.1.2 Modelamiento de la edificación en ETABS 22

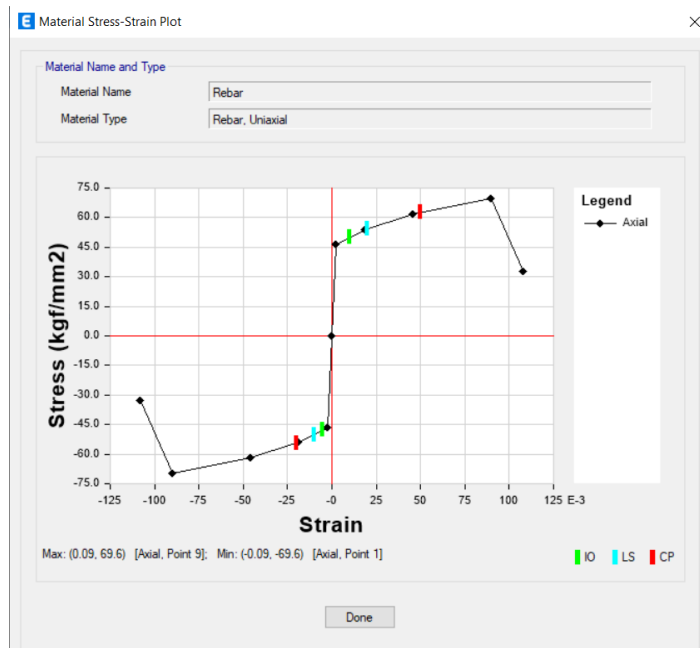
De acuerdo con el plano de la estructura estudiada se tienen los elementos estructurales. Como se logra observar en la figura 19, 20 y 21; también en las tablas 9, 10 y 11.

Figura 19
 Diagrama del concreto 210



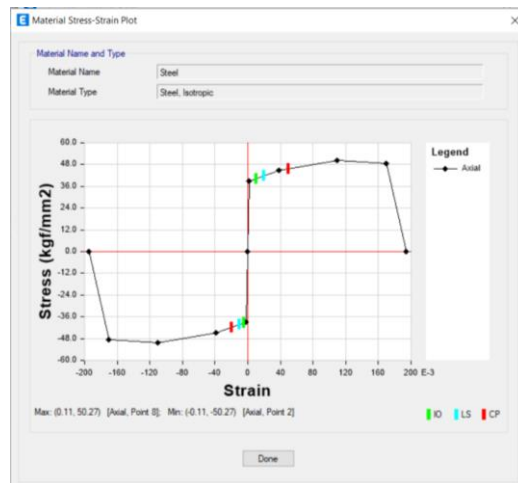
Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 20
 Diagrama del acero de refuerzo



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 21
Diagrama del acero



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Tabla 9

Dimensiones de las vigas y columnas de la edificación.

Tipo	Nombre	Dimensión
C1	Columna	50*70
V101	Viga	80*40
V102	Viga	80*25
V103	Viga	60*30
VCH1	Viga	20*30
VCH2	Viga	20*25
VS1	Viga	50*25

Nota. Extraído del plano AutoCAD

Tabla 10

Dimensión del muro estructural de la edificación

Tipo	Nombre	Ancho
MUROCON25	Placa	25

Nota. Extraído del plano AutoCAD

Tabla 11

Dimensiones de la losa de la edificación

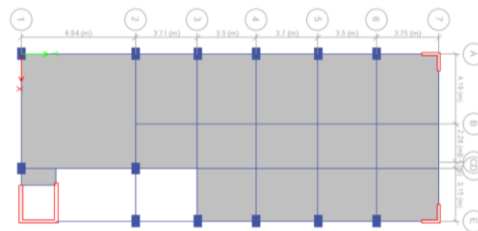
Tipo	Nombre	Ancho
LOSAALI20	Losa aligerada	20
LOSAMACIZA15	Losa maciza	15

Nota. Extraído del plano AutoCAD

Posteriormente, los elementos estructurales de la edificación se modelarán e ingresarán en el software ETABS 22. Este proceso tiene como objetivo fundamental la revisión de los parámetros sísmicos definidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Dicha revisión se presentará de manera detallada para cada nivel de la estructura. Como se puede observar en las figuras 22, 23, 24 y 25.

Figura 22

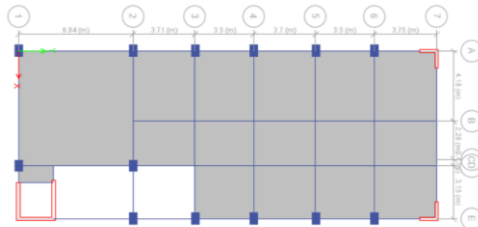
Distribución de elementos estructural del piso 1 de la edificación



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 23

Distribución de elementos estructural del piso 2 de la edificación



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 24

Distribución de elementos estructural del piso 3 de la edificación

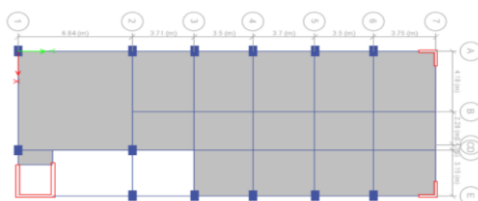
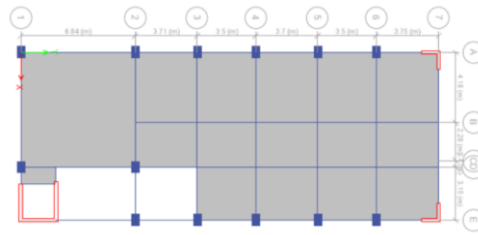


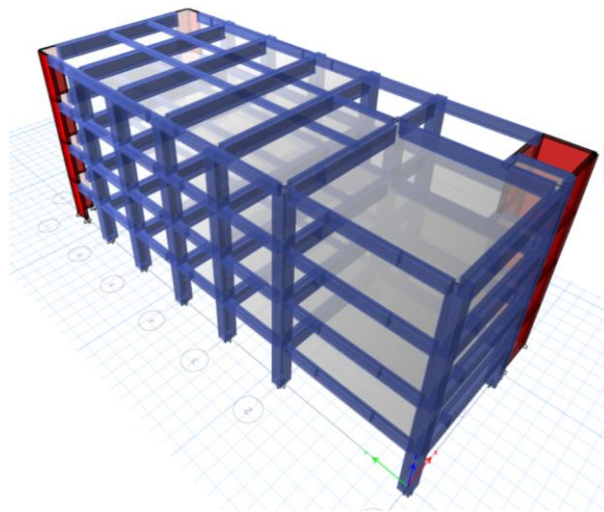
Figura 25
*Distribución de elementos
 estructural del piso 4 de la
 edificación*



*Nota. Extraído del programa
 ETABS 22*

También se generará una visión en 3D de la estructura estudiada para conocer el modelamiento mucho más exacto y en el cual podemos ver las imperfecciones y prevenirlas. Como se logra observar en la figura 26.

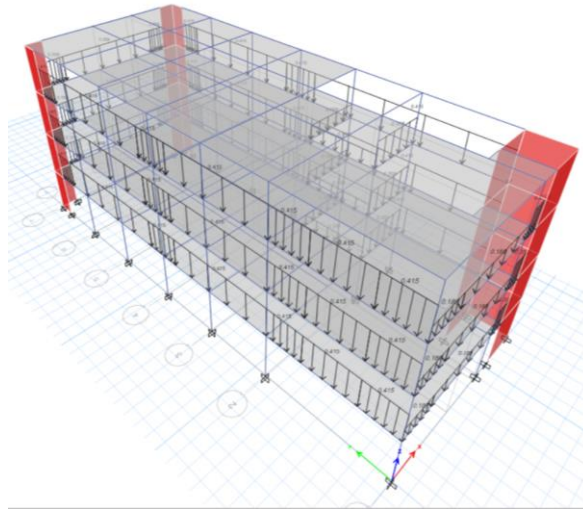
Figura 26
Vista 3D del modelo de la edificación



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Además, se presentará una vista de las cargas de la estructura estudiada debido a que no son muros portantes por lo tanto no es requisito modelarlas, pero si tener en consideración su peso para el diseño. Como se logra observar en la figura 27.

Figura 27
 Vista de la ubicación de las cargas de la edificación



Nota. Extraído del programa ETABS 22

4.2.1.3 Análisis sísmico estático

De acuerdo con la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), las fuerzas sísmicas se definen como el conjunto de fuerzas o sollicitaciones que se considera actúan directamente sobre el centro de masa de cada uno de los pisos o niveles de una estructura, según el reglamento nacional de edificaciones E.030 son el conjunto de fuerzas que actúan en el centro de masa de cada piso o nivel de una estructura.

4.2.1.4 Fuerza cortante de la base

En esta estructura estudiada la fuerza total de la base de la misma con los datos obtenidos será. Como lo muestra en la ecuación 9. Y Como se logra observar en la tabla 12.

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P \quad (9)$$

$$VX = \frac{0,45 * 1 * 2,5 * 1,05}{7} * 100,71505 = 17,00 t$$

$$VY = \frac{0,45 * 1 * 2,5 * 1,05}{7} * 100,71505 = 17,00 t$$

Tabla 12 .
Peso de los pisos de la edificación

Story	Diaphragm	Mass X tonf-s ² /m	Mass Y tonf-s ² /m
Story1	LOSA1	27,1967	27,1967
Story2	LOSA2	27,1967	27,1967
Story3	LOSA3	27,1967	27,1967
Story4	LOSA4	19,12495	19,12495
TOTAL		100,71505	100,71505

Nota. Extraído del programa ETABS 22

4.2.1.5 Distribución de las fuerzas sísmicas en altura

Con la siguiente formula permitiremos demostrar y calcular la distribución de las fuerzas sísmicas de manera horizontal en los diferentes pisos de la estructura o niveles que presenta la estructura. Como nos muestra en la ecuación 10 y la ecuación 11.

$$F_i = \alpha_i * V \quad (10)$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k} \quad (11)$$

donde el valor n ser a el número de pisos y el valor K será un exponente y se determinará de la siguiente forma:

- Si T es ≤ 0.5 seg, entonces $k = 1,0$
- Si T es > 0.5 seg, entonces $k = (0,75 + 0,5T)$, con un valor máximo de 2,0

En la presente tabla se logra mostrar las fuerzas laterales en la dirección X para cada nivel o piso de la edificación estudiada donde el peso total de la misma es de 100,71505 Tn en el cual la fuerza lateral que experimenta el nivel uno es de 1,92 Tn, en el nivel dos es de 3,85 Tn, en el nivel tres es de 5,78 Tn, en el nivel cuatro es de 5,42 Tn; donde se puede observar que en el piso o nivel tres tiene el mayor esfuerzo lateral con 5,78 Tn. Como se logra observar en la tabla 13.

Tabla 13
Fuerzas laterales de la edificación en X

Piso	Peso (t)	ALTURA (m)	P*A	Alfa	Fi
LOSA1	27,1967	2,7	73,43109	0,11347088	1,92851299
LOSA2	27,1967	5,4	146,86218	0,22694176	3,85702598
LOSA3	27,1967	8,1	220,29327	0,34041263	5,78553897
LOSA4	19,12495	10,8	206,54946	0,31917473	5,42458674
TOTAL	100,71505		647,136		1 16,9956647

Nota. Extraído del programa ETABS 22

En la presente tabla se logra mostrar las fuerzas laterales en la dirección Y para cada nivel o piso de la edificación estudiada donde el peso total de la misma es de 100,71505 Tn en el cual la fuerza lateral que experimenta el nivel uno es de 1,92 Tn, en el nivel dos es de 3,85 Tn, en el nivel tres es de 5,78 Tn, en el nivel cuatro es de 5,42 Tn; donde se puede observar que en el piso o nivel tres tiene el mayor esfuerzo lateral con 5,78 Tn. Como se logra observar en la tabla 14.

Tabla 14
Fuerzas laterales de la edificación en Y

Piso	Peso (t)	ALTURA (m)	P*A	Alfa	Fi
LOSA1	27,1967	2,7	73,43109	0,11347088	1,92851299
LOSA2	27,1967	5,4	146,86218	0,22694176	3,85702598
LOSA3	27,1967	8,1	220,29327	0,34041263	5,78553897
LOSA4	19,12495	10,8	206,54946	0,31917473	5,42458674
TOTAL	100,71505		647,136		1 16,9956647

Nota. Extraído del programa ETABS 22

4.2.1.6 Análisis sismo dinámico y modal

Según el reglamento nacional de edificación nos relata que se puede diseñar utilizando los resultados de análisis dinámico mediante la una combinación modal espectral.

a. Modos de vibración

Los modos de vibración son identificados por un análisis donde deben tener en cuenta la adecuada rigidez como también la distribución de masas, los modos de vibración cuya suma de masas sea mínimo el 90 % de la masa total. También tomar a considerar

los 3 primeros modos que son los predominantes en las direcciones más importantes. Como se logra observar en la tabla 15.

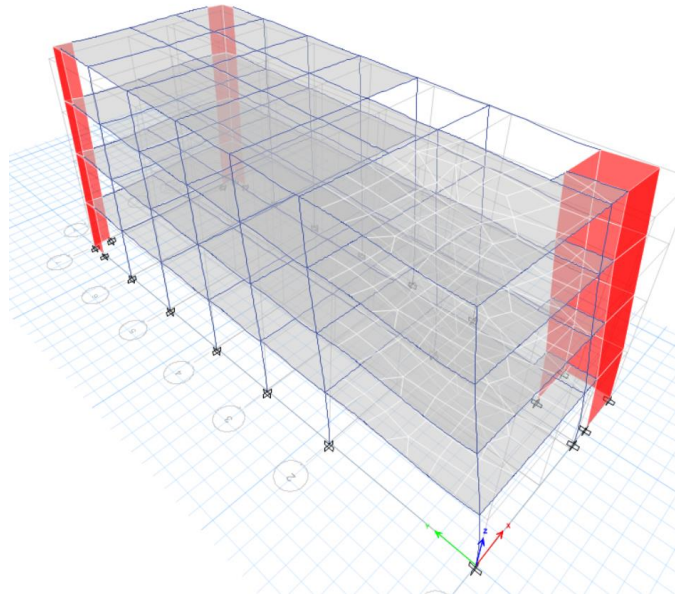
Tabla 15
Modos de vibración de la edificación

Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ
Modal	1	0,344	0,0566	0,6677	0,0664
Modal	2	0,292	0,5806	0,1003	0,1083
Modal	3	0,171	0,1435	0,0198	0,5989
Modal	4	0,106	0,001	0,1337	0,0038
Modal	5	0,085	0,1071	0,0044	0,025
Modal	6	0,058	0,0001	0,0494	0,0001
Modal	7	0,048	0,0441	0,0002	0,1252
Modal	8	0,042	0,039	0,0001	0,0151
Modal	9	0,037	4,06E-06	0,0198	3,44E-05
Modal	10	0,027	0,017	7,40E-06	0,0024
Modal	11	0,026	1,67E-06	0,0008	0,0005
Modal	12	0,025	0,009	2,43E-05	0,0402

Nota. Extraído del programa ETABS 22

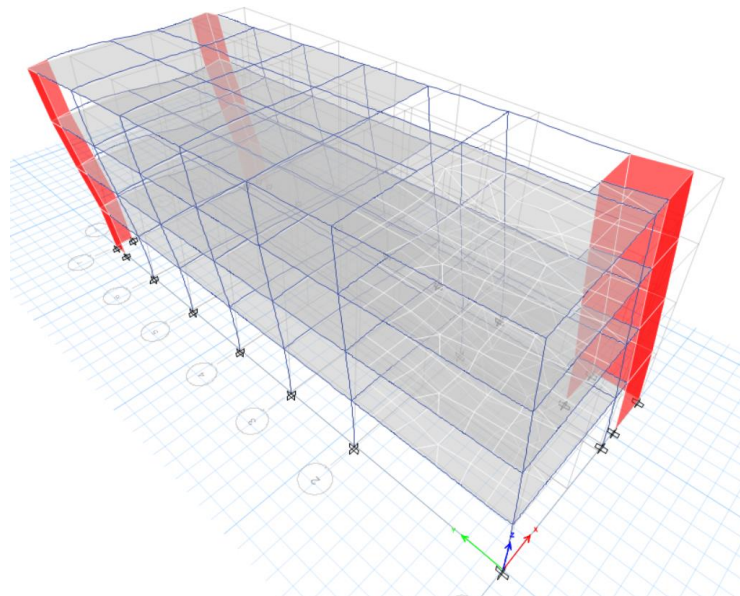
La tabla demuestra que los primeros 3 modos de vibración son los más importante y de mayor valor según los desplazamientos que posee la estructura, en el modo uno que se encuentra en el periodo 0,343 s, la mayor parte de la masa 66,77 % se desplaza en la dirección transversal Y, esto indica que la dirección Y es la predominante en el respectivo eje, en el modo dos que se encuentra en el periodo 0,292 s, la mayor parte de la masa 58,06 % se desplaza en la dirección transversal X, esto indica que la dirección X es la predominante en el respectivo eje y en el modo tres que se encuentra en el periodo 0,171 s, la mayor parte de la masa 59,89 % se desplaza en la dirección transversal Z, esto indica que la dirección Z es la predominante en el respectivo eje. Como se logra observar en la figura 28, 29 y 30.

Figura 28
Movimiento de torsión de y en el modo 1



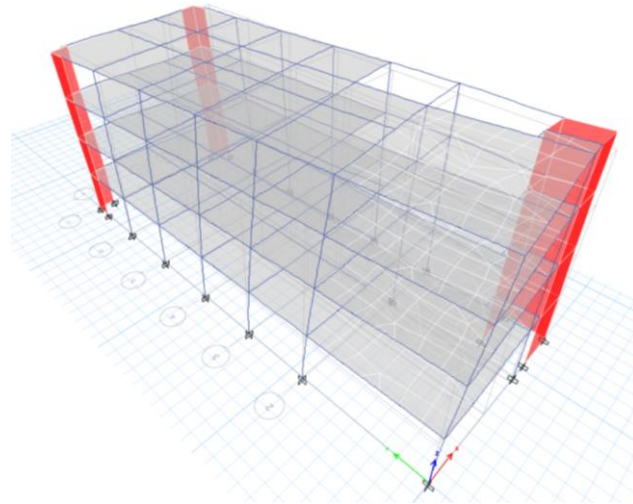
Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 29
Movimiento de torsión de x en el modo 2



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 30
Movimiento de torsión de z en el modo 3



Nota. Extraído del programa ETABS 22

b. Aceleración espectral

En la siguiente tabla se usa un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones para el sentido estructural en ambos sentidos X y Y respectivamente con su espectro de respuesta se define por la siguiente formula: Como se logra observar en la ecuación 12, tabla 16 y 17, como también en las figuras 31 y 32.

$$S_a = \frac{Z*U*C*S}{R} * G \quad (12)$$

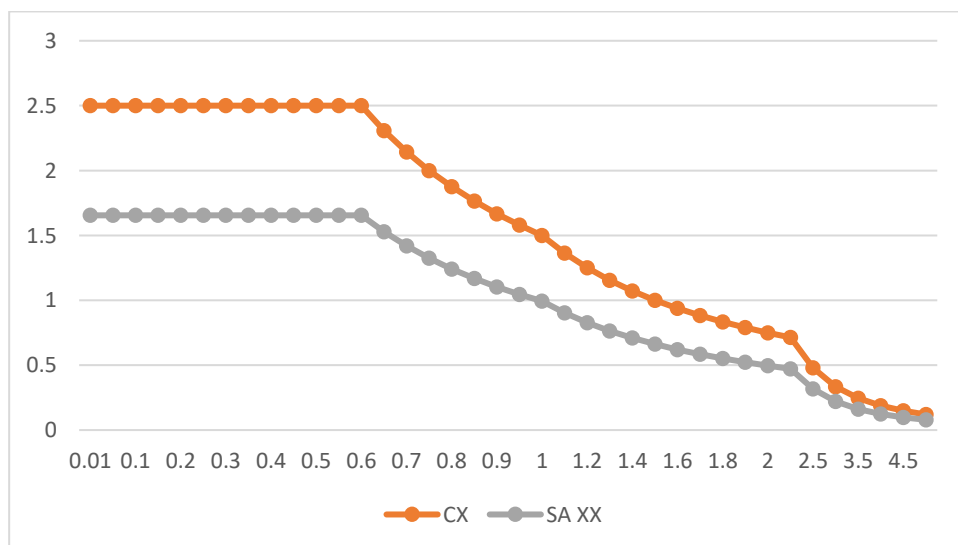
Tabla 16
Aceleración espectral de X

T	CX	SA XX
0,01	2,5	1,65488063
0,05	2,5	1,65488063
0,1	2,5	1,65488063
0,15	2,5	1,65488063
0,2	2,5	1,65488063
0,25	2,5	1,65488063
0,3	2,5	1,65488063
0,35	2,5	1,65488063
0,4	2,5	1,65488063
0,45	2,5	1,65488063
0,5	2,5	1,65488063
0,55	2,5	1,65488063

0,6	2,5	1,65488063
0,65	2,30769231	1,52758212
0,7	2,14285714	1,41846911
0,75	2	1,3239045
0,8	1,875	1,24116047
0,85	1,76470588	1,16815103
0,9	1,66666667	1,10325375
0,95	1,57894737	1,04518776
1	1,5	0,99292838
1,1	1,36363636	0,90266216
1,2	1,25	0,82744031
1,3	1,15384615	0,76379106
1,4	1,07142857	0,70923455
1,5	1	0,66195225
1,6	0,9375	0,62058023
1,7	0,88235294	0,58407551
1,8	0,83333333	0,55162688
1,9	0,78947368	0,52259388
2	0,75	0,49646419
2,05	0,7138608	0,47254176
2,5	0,48	0,31773708
3	0,33333333	0,22065075
3,5	0,24489796	0,16211076
4	0,1875	0,12411605
4,5	0,14814815	0,098067
5	0,12	0,07943427

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 31
Análisis modal espectral X



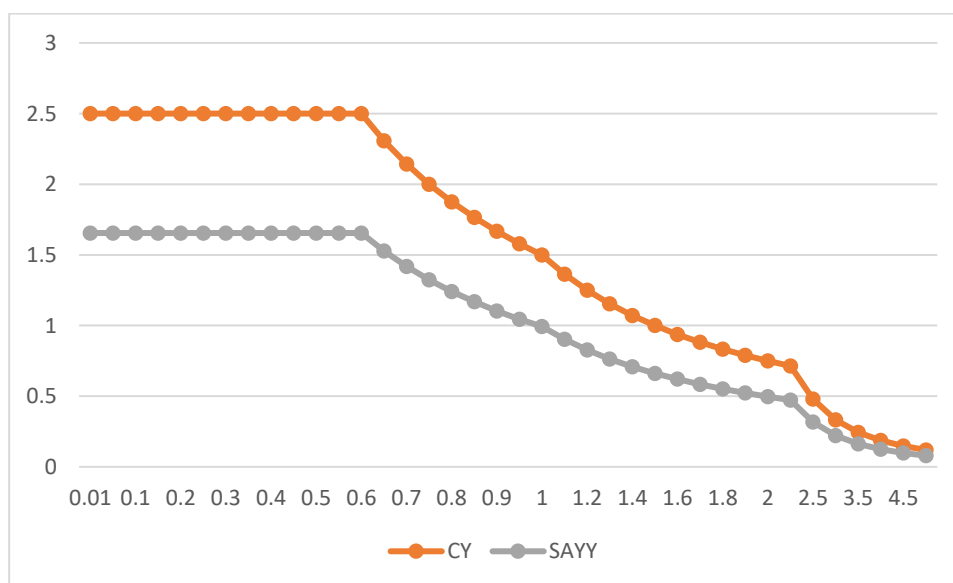
Nota. Extraído del programa ETABS 22

Tabla 17
Aceleración espectral de Y

T	CY	SAYY
0,01	2,5	1,65488063
0,05	2,5	1,65488063
0,1	2,5	1,65488063
0,15	2,5	1,65488063
0,2	2,5	1,65488063
0,25	2,5	1,65488063
0,3	2,5	1,65488063
0,35	2,5	1,65488063
0,4	2,5	1,65488063
0,45	2,5	1,65488063
0,5	2,5	1,65488063
0,55	2,5	1,65488063
0,6	2,5	1,65488063
0,65	2,30769231	1,52758212
0,7	2,14285714	1,41846911
0,75	2	1,3239045
0,8	1,875	1,24116047
0,85	1,76470588	1,16815103
0,9	1,66666667	1,10325375
0,95	1,57894737	1,04518776
1	1,5	0,99292838
1,1	1,36363636	0,90266216
1,2	1,25	0,82744031
1,3	1,15384615	0,76379106
1,4	1,07142857	0,70923455
1,5	1	0,66195225
1,6	0,9375	0,62058023
1,7	0,88235294	0,58407551
1,8	0,83333333	0,55162688
1,9	0,78947368	0,52259388
2	0,75	0,49646419
2,05	0,7138608	0,47254176
2,5	0,48	0,31773708
3	0,33333333	0,22065075
3,5	0,24489796	0,16211076
4	0,1875	0,12411605
4,5	0,14814815	0,098067
5	0,12	0,07943427

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 32
Análisis modal espectral Y



Nota. Extraído del programa ETABS 22

c. Desplazamientos admisibles

Para estructuras regulares, el desplazamiento lateral se encuentra multiplicando su valor por 0,75 a R, los resultados del análisis lineal y también el análisis elástico. Como se logra observar en la tabla 18.

Tabla 18
Desplazamientos admisibles en X

Story	Output Case	Direction	Drift	Drift*0,75*R	Cumple con la norma E0.30
Story4	SISMOXX	X	0,000555	0,003	< 0,007 SI
Story3	SISMOXX	X	0,000792	0,004	< 0,007 SI
Story2	SISMOXX	X	0,000869	0,005	< 0,007 SI
Story1	SISMOXX	X	0,00049	0,003	< 0,007 SI

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Según la norma E.030 nos da un dato de límites para la distorsión del entrepiso que posee una estructura, para estructuras con el sistema estructural determinado el valor es de 0,007 el cual es el límite máximo de distorsión, en la tabla nos demuestra

que en nivel cuatro la deriva que presenta es de 0,000555, en el nivel tres la deriva que tiene un valor 0,000792, en el nivel dos la deriva que presenta tiene un valor de 0,000869 y en el nivel uno la deriva presenta un valor de 0,00049, por lo tanto la estructura cumple con la norma E.030 en los desplazamientos en la dirección X-X. Como se logra observar en la tabla 19.

Tabla 19
Desplazamientos admisibles en Y

Story	Output Case	Direction	Drift	Drift*0,75*R	Cumple con la norma E0.30
Story4	SISMOYY	Y	0,000581	0,003	< 0,007 SI
Story3	SISMOYY	Y	0,000793	0,004	< 0,007 SI
Story2	SISMOYY	Y	0,000844	0,004	< 0,007 SI
Story1	SISMOYY	Y	0,000472	0,002	< 0,007 SI

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Según la E.030 nos da un dato de límites para la distorsión del entrepiso que posee una estructura, para estructuras con el sistema estructural determinado el valor es de 0,007 el cual es el límite máximo de distorsión, en la tabla nos demuestra que en nivel cuatro la deriva que presenta es de 0,000581, en el nivel tres la deriva que tiene un valor 0,000793, en el nivel dos la deriva que presenta tiene un valor de 0,000844 y en el nivel uno la deriva presenta un valor de 0,000472, por lo tanto la estructura cumple con la norma E.030 en los desplazamientos en la dirección Y-Y.

d. Fuerza cortante del análisis dinámico

En la tabla se logra demostrar las fuerzas cortantes del nivel uno donde se logra observar la carga estática y el análisis dinámico, por lo tanto bajo la carga estática en dirección X-X se registra una fuerza cortante es -174,5209 t en la dirección X sin fuerza en la dirección Y, bajo la carga estática en la dirección Y-Y la fuerza cortante es -174,5209 t en la dirección Y sin fuerza en la dirección X, en el análisis dinámico en dirección X-X la fuerza cortante que presenta es 133,5563 t en la dirección X y 57,0798 t en la dirección Y, en el análisis dinámico en dirección Y-Y la fuerza cortante es 50,4935 en dirección X y 133,6786 en dirección Y. Como se logra observar en la tabla 20.

Tabla 20
Fuerzas cortante piso 1

Story	Output Case	Location	VX tonf	VY tonf
Story1	SISMOXX	Bottom	133,5563	57,0798
Story1	SISMOYY	Bottom	50,4935	133,6786
Story1	ESTATIC OXX	Bottom	-174,5209	0
Story1	ESTATIC OYY	Bottom	0	-174,5209

Nota. Extraído del programa ETABS 22

En las siguientes imagines se observa la verificación de la estructura y su sistema estructural en las fuerzas cortantes en los ejes X y Y donde se verifica la distribución estructural que presenta la estructura estudiada. Como se logra observar en la figura 33, 34, 35, 36, 37 y 38, por último, la tabla 21.

Figura 33
Distribución cortante de columnas en sismo X

Section Cutting Line		Load Case	Resultant Force Location and Angle	
Start Point	End Point		Global X	Global Y
Global X: -14.2247	10.7162	SISMOXX	-1.7543	-4.1332
Global Y: -4.5856	-3.6808		Global Z: 0	Angle: 2.078

Integrated Forces		Left Side			Right Side		
		1	2	Z	1	2	Z
Force		55.4569	18.0735	39.4018	55.4569	18.0735	39.4018
Moment		210.6589	502.2581	1076.3055	210.6589	502.2581	1076.3055

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 34
Distribución cortante de muros en sismo X

Section Cutting Line		Load Case	Resultant Force Location and Angle	
Start Point	End Point		Global X	Global Y
Global X: -14.2247	10.7162	SISMOXX	-1.7543	-4.1332
Global Y: -4.5856	-3.6808		Global Z: 0	Angle: 2.078

Integrated Forces		Left Side			Right Side		
		1	2	Z	1	2	Z
Force		77.3169	42.4914	39.4018	77.3169	42.4914	39.4018
Moment		617.8662	736.39	1877.2616	617.8662	736.39	1877.2616

Figura 35
Distribución cortante dinámica en X

Section Cut Forces

Section Cutting Line

	Start Point	End Point	
Global X	-14.2247	10.7162	m
Global Y	-4.5856	-3.6808	m

Load Case: SISMOXX

Resultant Force Location and Angle

Global X	-1.7543	m
Global Y	-4.1332	m
Global Z	0	m
Angle	2.078	deg

Objects to Include

Columns Beams Braces
 Floors Walls Links

Integrated Forces

	Left Side			Right Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	132.3242	59.8807	0	132.3242	59.8807	0
Moment	473.5667	1024.6117	2949.95	473.5667	1024.6117	2949.95

Buttons: Save Left Side Cut, Save Right Side Cut, OK, Cancel, Refresh

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 36
Distribución cortante de columnas en sismo Y

Section Cut Forces

Section Cutting Line

	Start Point	End Point	
Global X	-14.1451	9.3393	m
Global Y	-4.3889	-3.9955	m

Load Case: SISMOYY

Resultant Force Location and Angle

Global X	-2.4034	m
Global Y	-4.1922	m
Global Z	0	m
Angle	0.96	deg

Objects to Include

Columns Beams Braces
 Floors Walls Links

Integrated Forces

	Left Side			Right Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	23.9855	49.0814	33.6303	23.9855	49.0814	33.6303
Moment	494.5615	191.0794	377.974	494.5615	191.0794	377.974

Buttons: Save Left Side Cut, Save Right Side Cut, OK, Cancel, Refresh

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 37
Distribución cortante de muros en sismo Y

Section Cut Forces

Section Cutting Line

	Start Point	End Point	
Global X	-14.1451	9.3393	m
Global Y	-4.3889	-3.9955	m

Load Case: SISMOYY

Resultant Force Location and Angle

Global X	-2.4034	m
Global Y	-4.1922	m
Global Z	0	m
Angle	0.96	deg

Objects to Include

Columns Beams Braces
 Floors Walls Links

Integrated Forces

	Left Side			Right Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	27.9752	84.3714	33.6303	27.9752	84.3714	33.6303
Moment	1520.9145	361.1833	721.1741	1520.9145	361.1833	721.1741

Buttons: Save Left Side Cut, Save Right Side Cut, OK, Cancel, Refresh

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 38 .
Distribución cortante dinámica en Y

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Tabla 21
Identificación del sistema estructural

Sistema estructural	Dirección x		Dirección y	
	VX (T)	VX (%)	VY (T)	VY (%)
PLACAS	77,0603	58,19	84,3714	63,22
COLUMNAS	55,3756	41,81	49,0814	36,78
TOTAL	132,4359		133,4528	

Nota. Extraído del programa ETABS 22

En la tabla se logra verificar la fuerza cortante dinámica que absorbe los muros estructurales en este caso que son las placas de concreto y las columnas con el sistema estructural dual según la E.030. Por lo tanto, se aumenta la demanda sísmica asegurando un 80 % de la cortante. Como se puede ver en la tabla 22.

Tabla 22
Verificación de la fuerza cortante mínima

Eje	VE (TN)	80% VE	V Dinámica	VD $\geq 80\%VE$
X	16,9956647	13,5965318	133,5563	SI
Y	16,9956647	13,5965318	133,6786	SI

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Así cumpliendo con lo establecido con la norma del reglamento nacional de edificaciones E.030 diseño sismorresistente con el modelo realizado para esta estructura.

4.2.2 Coeficiente básico de reducción nuevo

El objetivo primordial de nuestra investigación radica en la determinación del coeficiente básico de reducción sísmica y su posterior aplicación en los análisis sometidos, comparando resultados obtenidos. Este enfoque permitirá identificar las discrepancias inherentes entre los comportamientos sísmicos observados, facilitando la optimización de soluciones de diseño para futuras edificaciones. La identificación de un coeficiente de reducción sísmica avanzado es crucial para la progresión continua de esta investigación, lo que redundará en una mejora sustancial de la calidad y seguridad de las edificaciones que incorporan sistemas estructurales duales. Estos sistemas, cabe destacar, son actualmente los preferidos y recomendados por especialistas en ingeniería sísmica.

Para la cuantificación precisa del coeficiente básico de reducción sísmica, se propone la evaluación de tres factores críticos, cuyo promedio constituirá el coeficiente básico de reducción sísmica final. Estos factores incluyen:

- Factor de Resistencia por Ductilidad ($R\mu$): Representa la capacidad de disipación de energía de la estructura mediante deformaciones inelásticas.
- Factor de Sobrerresistencia ($R\Omega$): Cuantifica la resistencia real de la estructura por encima de su resistencia nominal de diseño.
- Factor de Redundancia (RR): Evalúa la capacidad de la estructura para redistribuir cargas en caso de falla de uno de sus elementos.

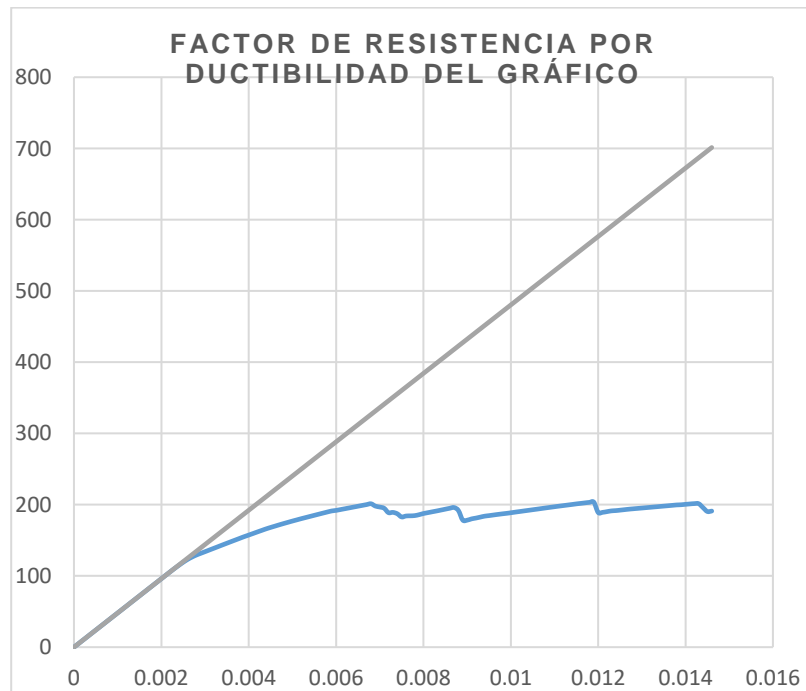
La determinación de cada uno de estos factores requerirá la ejecución de un análisis no lineal de la estructura que será estudiada en esta investigación.

4.2.2.1 Factor de resistencia por ductibilidad $R\mu$

Para encontrar el factor de resistencia por ductibilidad $R\mu$ se tiene que encontrar los valores de la carga máxima elástica y también la carga máxima inelástica, la cual obtendremos de la curva de capacidad del método push over, se utilizó la metodología utilizada también por Luis G. Daza-Duarte, donde nos explica. Como se puede ver en la ecuación 13 y la tabla 23.

$$R\mu = \frac{P_{ue}}{P_y} \quad (13)$$

Tabla 23.
Factor de resistencia por ductibilidad



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Por lo tanto:

$$R\mu = \frac{203,594}{129,269}$$

$$R\mu = 1,574$$

El resultado que obtenemos para el factor de resistencia por ductibilidad es $R\mu = 1,574$.

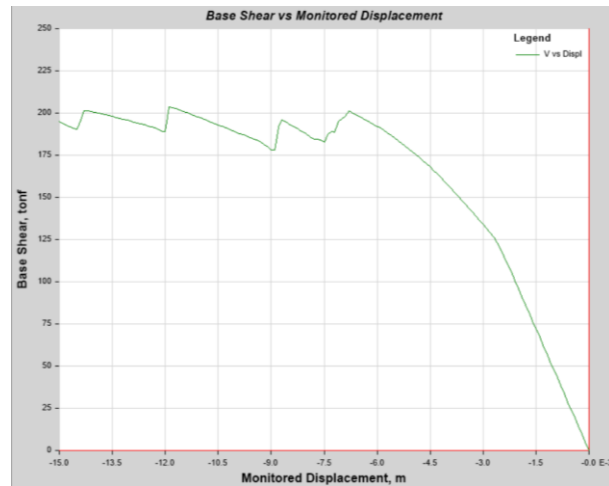
4.2.2.2 Factor de sobrerresistencia $R\Omega$

Para calcular el factor de sobrerresistencia, se empleó el método del espectro de capacidad. Este enfoque exige el uso del análisis no lineal estático (push over), cuyos resultados se visualizan en la curva de capacidad. Dicha curva es una representación gráfica clave que relaciona directamente la fuerza de cortante en la base de la estructura con el desplazamiento lateral que experimenta la edificación.

Como parte fundamental para encontrar el factor de sobrerresistencia, se tiene que tener la tabla donde se la curva de capacidad de la figura 39 se transformara en el

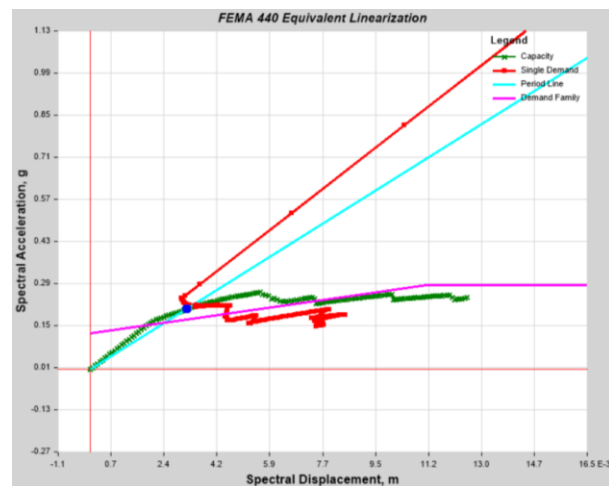
espectro de capacidad, para así determinar el punto de desempeño como establece en el Fema 440 de la figura 40.

Figura 39
Cortante de la base y desplazamiento



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 40
Espectro de aceleración y espectro de desplazamiento, según el Fema 440



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Teniendo como resultados la cortante ultima, que se obtiene de la curva push over y la cortante de diseño para así encontrar el factor de sobrerresistencia. Como se puede observar de la ecuación 14.

$$R\Omega = \frac{V_U}{V_D} \quad (14)$$

$$R\Omega = \frac{203,594}{163,231}$$

$$R\Omega = 1,247$$

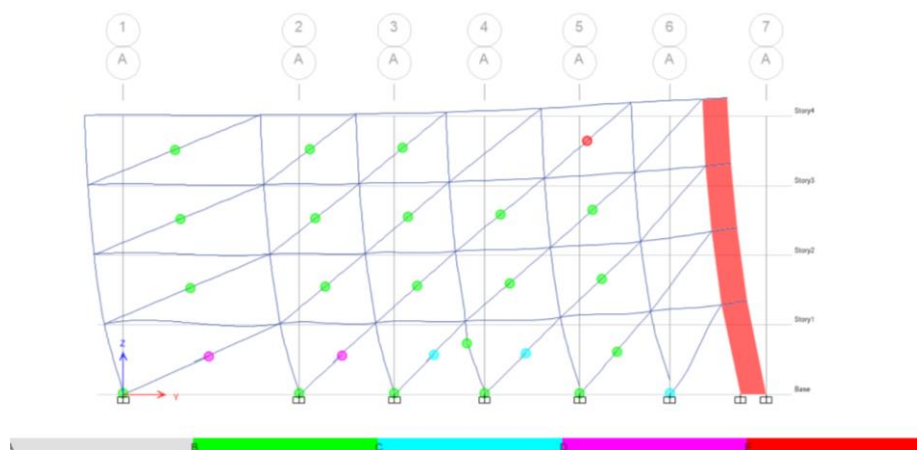
El resultado que obtenemos para el factor de sobrerresistencia es $R\Omega = 1,247$.

4.2.2.3 Factor de redundancia RR

Para la determinación del factor de redundancia (RR), se adoptó la misma metodología propuesta por Tsopeles y Husain (2004). Este enfoque establece que el cálculo del RR requiere la cuantificación de dos parámetros específicos: el índice de redundancia basado en la resistencia (r_s) y el índice de redundancia que considera la formación de rótulas plásticas (r_v). Como se puede observar de la ecuación 15, la figura 41 y la figura 42.

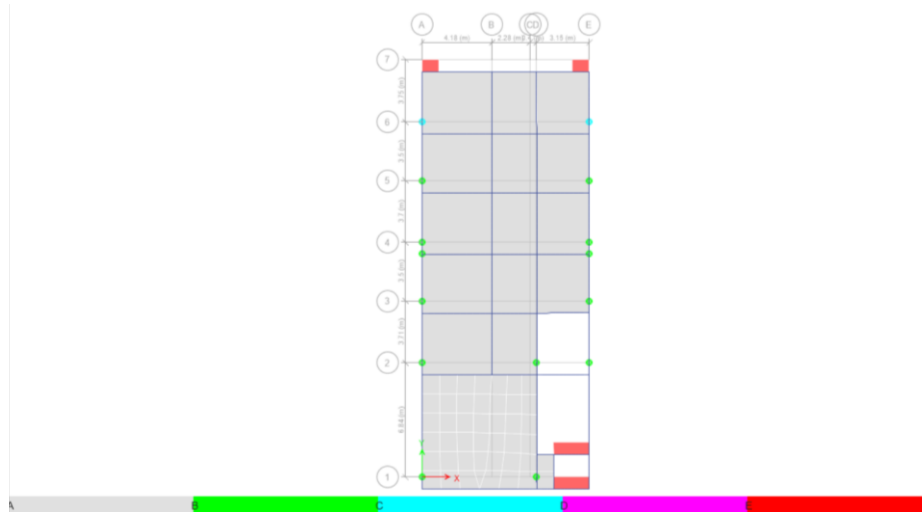
$$R_R = r_s \left(\frac{1-0,12r_v}{0,88} \right) \quad (15)$$

Figura 41
Distribución de rotulas plásticas por eje



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 42
Distribución de rotulas plásticas del primer piso



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Para determinar el índice de redundancia por resistencia, se calcula mediante la resistencia última que encontramos y la resistencia por fluencia. Como se puede observar de la ecuación 16.

$$r_s = \frac{V_U}{V_Y} \quad (16)$$

$$r_s = \frac{203,594}{191,95}$$

$$r_s = 1,060$$

Donde el resultado encontrado como índice de redundancia por resistencia es $r_s = 1,060$.

Y por último el índice de redundancia por la formación de roturas plásticas, se obtiene de la curva de capacidad sísmica, donde m es el número de pórticos en la dirección de análisis y n es el número de roturas plásticas. Como se puede observar de la ecuación 17.

$$r_v = \sqrt{\frac{1}{n} \left(\frac{1}{m-1} \right)} \quad (17)$$

$$r_v = \sqrt{\frac{1}{20} \left(\frac{1}{2-1} \right)}$$

$$r_v = 0,223$$

Dando como resultado al índice de redundancia por la formación de rotulas plásticas el valor de $r_v = 0,223$.

Una vez reunidos todos los índices procedemos a cambiar la fórmula para encontrar el factor de redundancia con los índices encontrados que son el índice de redundancia por resistencia y el índice de redundancia por la formación de roturas plásticas. Como se puede observar de la ecuación 18.

$$R_R = r_s \left(\frac{1-0,12r_v}{0,88} \right) \quad (18)$$

$$R_R = 1,060 \left(\frac{1 - 0,12 * 0,223}{0,88} \right)$$

$$R_R = 1,172$$

Donde el resultado final nos sale $R_R = 1,172$.

4.2.2.4 Coeficiente básico de reducción sísmica para este estudio

Como paso final para encontrar el coeficiente básico de reducción sísmica "R" que se utilizará en esta investigación se tendrá que multiplicar los factores encontrados, estos son el factor de resistencia por ductibilidad, el factor de sobrerresistencia y el factor de redundancia. Como se puede observar de la ecuación 19.

$$R = R\mu * R\Omega * RR \quad (19)$$

$$R = 1,574 * 1,247 * 1,172$$

$$R = 2,304$$

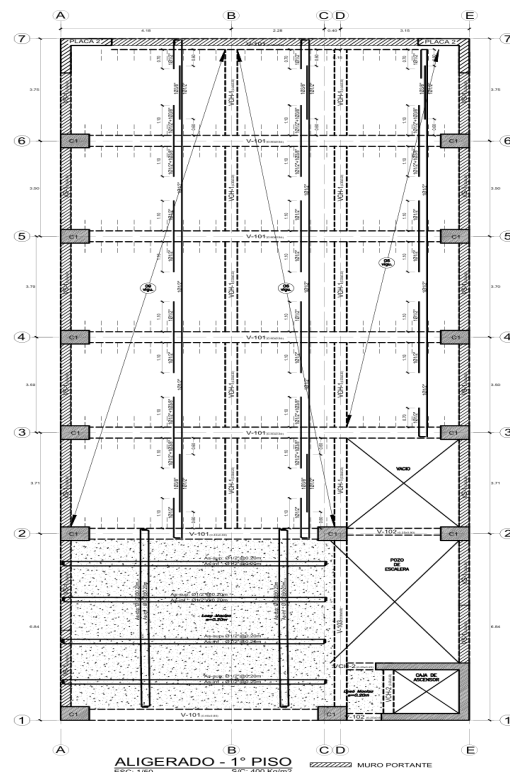
Como resultado el valor de $R = 2,304$.

4.2.3 Modelo sistema real

La situación actual con el modelo no normado, el edificio actual está diseñado como un sistema estructural dual pero no es así debido a que no se ejecuta correctamente el proceso constructivo determinado, por eso se le llama no normado, por lo cual el sistema estructural dual es donde las cargas predominarán en las columnas y en las placas donde tendrán como mínimo el 30 % de fuerza cortante en las columnas y entre el 20 y 70 % en las placas o muros portantes, en si afectando a su diseño y al comportamiento donde supuestamente la estructura estudiada es dual.

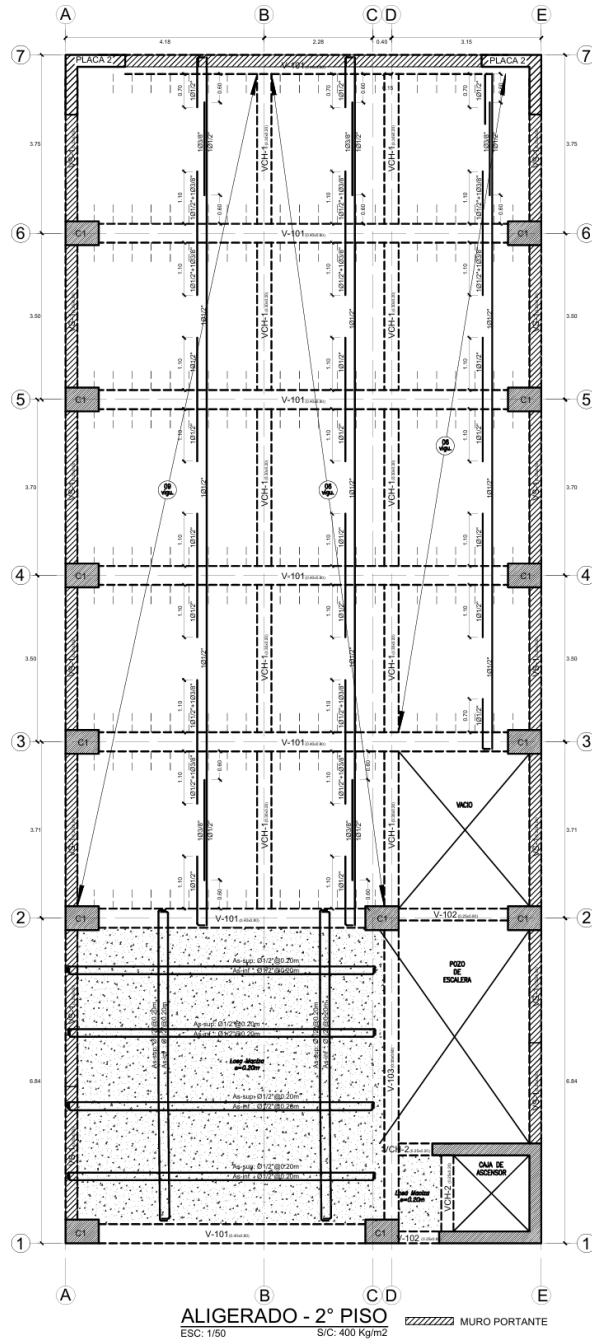
Donde la edificación estudiada será una ubicada en el distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa en la ciudad de Tacna donde tendrá 4 pisos los cuales comprenderá zona de recepción, zona para casilleros de varones y de damas, servicios higiénicos para varones, damas y el personal, zona de duchas para varones y damas, zona para máquinas, zona donde se venderá suplementos donde las más importante es la zona de máquinas de ejercicio donde para su diseño se tiene que usar una carga viva diferente. Como se puede observar en las figuras 43, 44, 45 y 46.

Figura 43
Plano de planta piso 1 real



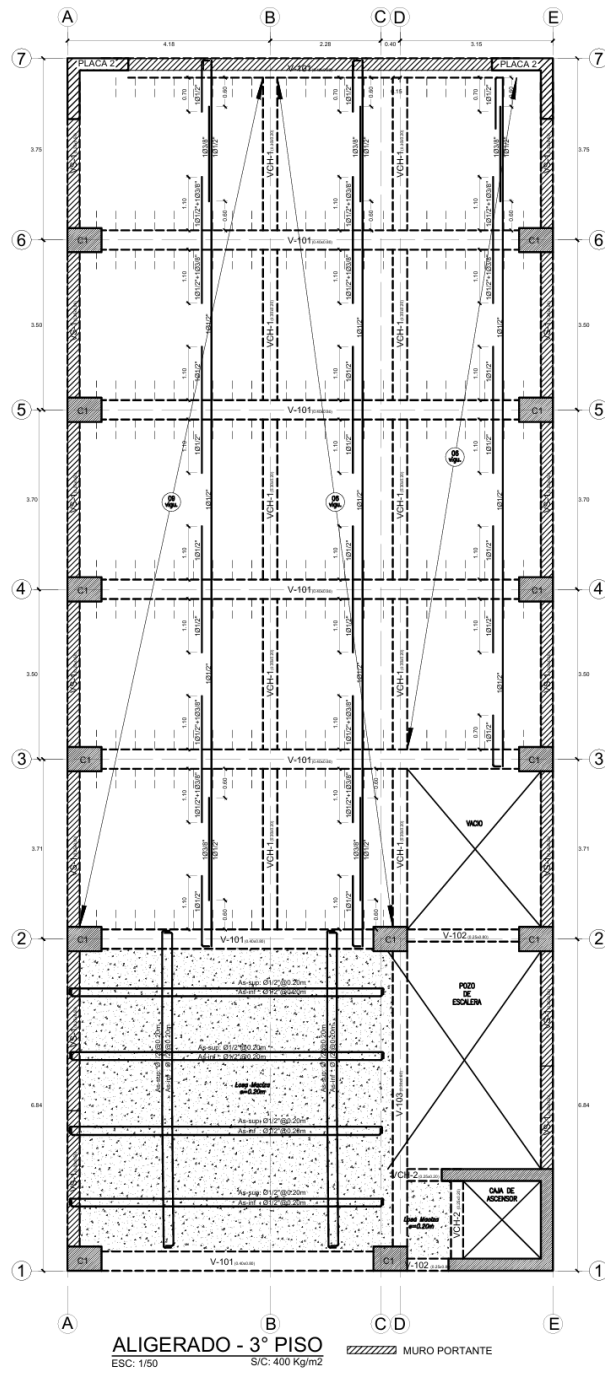
Nota. Plano extraído del AutoCAD piso 1 real

Figura 44
Plano de planta piso 2 real



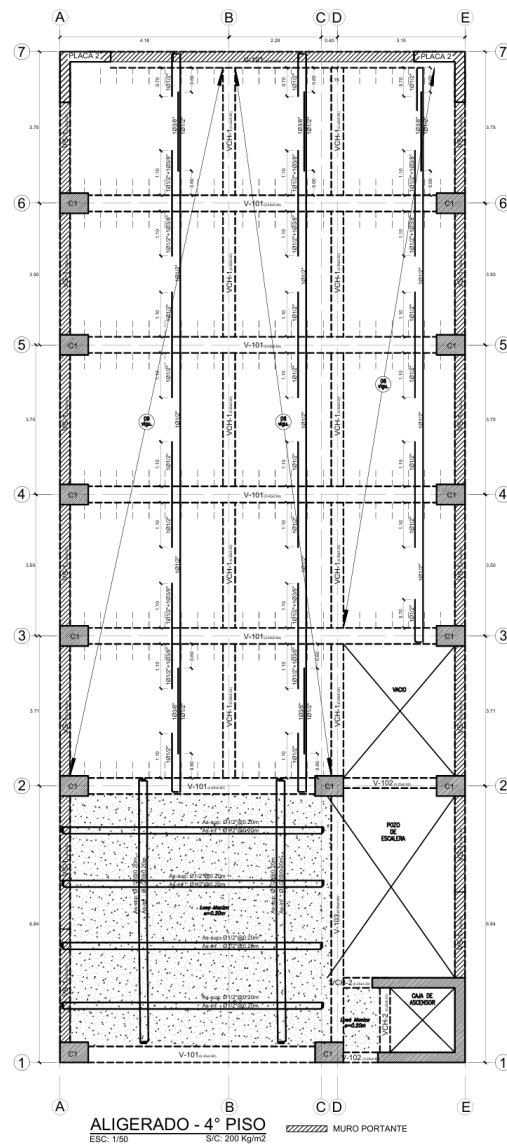
Nota. Plano extraído del AutoCAD piso 2 real

Figura 45
Plano de planta piso 3 real



Nota. Plano extraído del AutoCAD piso 3 real

Figura 46
Plano de planta piso 4 real



Nota. Plano extraído del AutoCAD piso 4 real

4.2.3.1 Análisis estructural de la edificación

a. Zonificación

La zonificación donde se encuentra ubicada la estructura estudiada se encuentra en Tacna concretamente en el distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa en la ciudad de Tacna, según la E.030, la edificación se encuentra ubicada en la zona 4 por lo tanto la aceleración sísmica horizontal del suelo es igual a Z es igual a 0,45.

b. Perfil de suelo

El perfil de suelo que presenta donde está ubicada la estructura estudiada tiene un suelo intermedio S_2 donde según la E.030 un suelo intermedio S_2 con la zona 4 Z_4 tiene un valor de 1,05.

c. Parámetros de sitio

el parámetro de sitio donde la estructura estudiada está ubicada según la E.030 se encuentra usando también el perfil del suelo con los periodos T_P y T_L donde tienen los valores de 0,6 y 2,0 respectivamente.

d. Factor de uso

El factor de uso en esta estructura predomina la zona de gimnasio según la E.030 donde la estructura está en la categoría B y el valor que tiene es de 1,3.

e. Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas

En este caso el coeficiente básico de reducción que se utilizará será el coeficiente básico de reducción que nosotros encontramos pasos antes, donde multiplicamos el factor de resistencia por ductibilidad, el factor de sobrerresistencia y el factor de redundancia en este caso el coeficiente básico de reducción R_0 será 2,304. Como se logra observar en la ecuación 20.

$$R = R\mu * R\Omega * RR \quad (20)$$

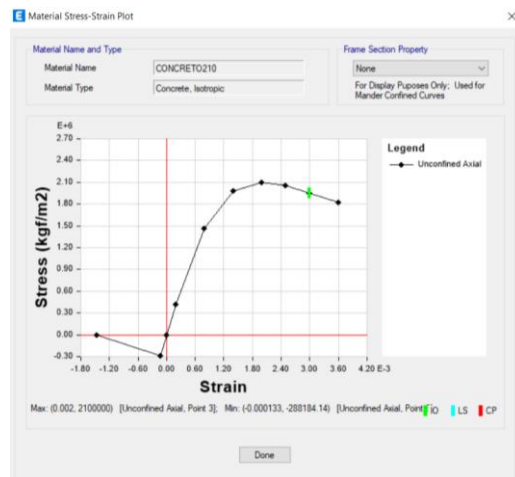
$$R = 1,574 * 1,247 * 1,172$$

$$R = 2,304$$

4.2.3.2 Modelamiento de la edificación en ETABS 22

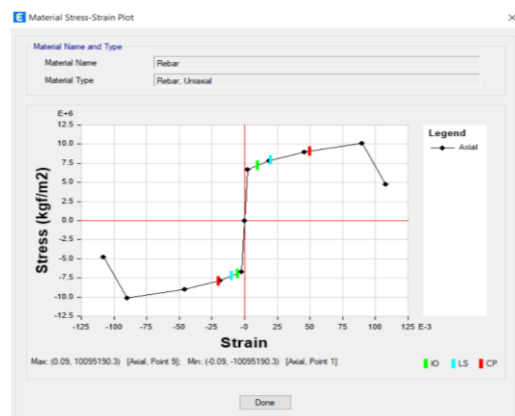
De acuerdo con el plano de la estructura estudiada se tienen los elementos estructurales. Como se puede observar en las figuras 47, 48, 49 y las tablas 24, 25 y 26.

Figura 47
Diagrama del concreto 210



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 48
Diagrama del acero de refuerzo



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 49
Diagrama del acero

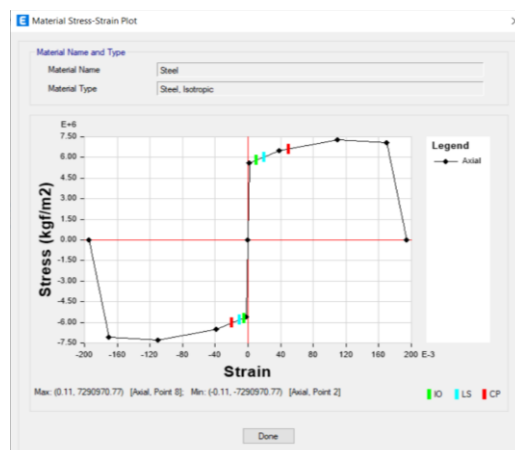


Tabla 24*Dimensiones de las vigas, columnas y tirante de muro de la edificación*

Tipo	Nombre	Dimensión
C1	Columna	50*70
V101	Viga	80*40
V102	Viga	80*25
V103	Viga	60*30
VCH1	Viga	20*30
VCH2	Viga	20*25
VS1	Viga	50*25
ALB A1	Tirante de muro	183*14
ALB A2	Tirante de muro	114*14
ALB A3	Tirante de muro	110*14
ALB A4	Tirante de muro	114*14
ALB A5	Tirante de muro	110*14
ALB A6	Tirante de muro	96*14
ALB E0	Tirante de muro	85*14
ALB E1	Tirante de muro	136*14

*Nota. Extraído del plano AutoCAD***Tabla 25***Dimensión del muro estructural de la edificación*

Tipo	Nombre	Ancho
MUROCON20	Muro	20

*Nota. Extraído del plano AutoCAD***Tabla 26***Dimensiones de la losa de la edificación*

Tipo	Nombre	Ancho
LOSAALI20	Losa aligerada	20
LOSAMACIZA15	Losa maciza	15

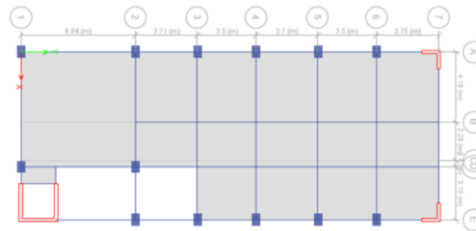
Nota. Extraído del plano AutoCAD

Posteriormente, los elementos estructurales de la edificación se modelarán e ingresarán en el software ETABS 22. Este proceso tiene como objetivo fundamental la revisión de los parámetros sísmicos definidos por el Reglamento Nacional de

Edificaciones (RNE), específicamente la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente. Dicha revisión se presentará de manera detallada para cada nivel de la estructura. Como se puede observar en la figura 50, 51, 52 y 53.

Figura 50

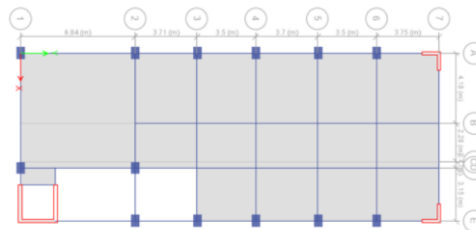
Distribución de elementos estructural del piso 1 de la edificación



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 51

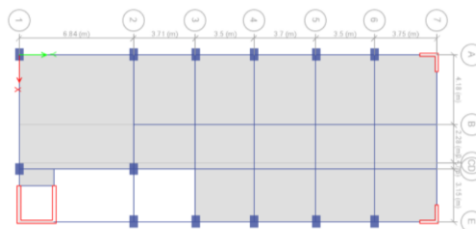
Distribución de elementos estructural del piso 2 de la edificación



Nota. Extraído del programa ETABS 22

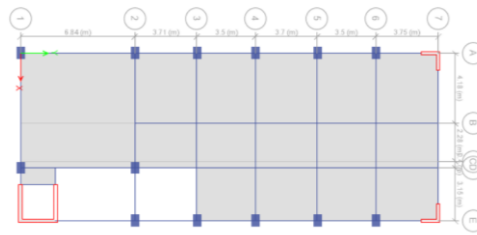
Figura 52

Distribución de elementos estructural del piso 3 de la edificación



Nota. Extraído del programa ETABS 22

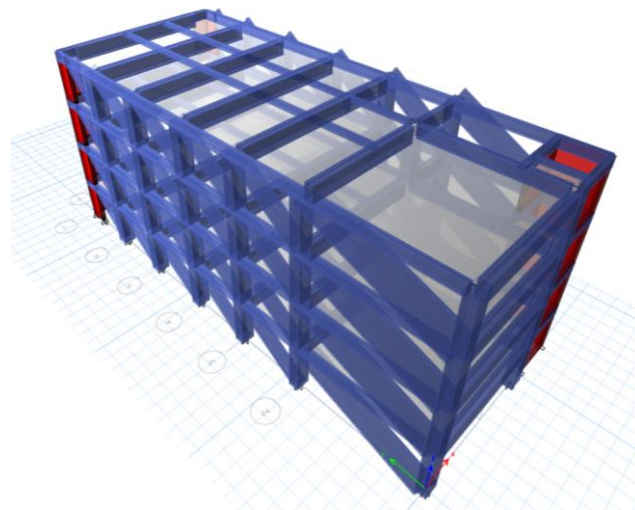
Figura 53
Distribución de elementos estructural del piso 4 de la edificación



Nota. Extraído del programa ETABS 22

También se generará una visión en 3D de la estructura estudiada para conocer el modelamiento mucho más exacto y en el cual podemos ver las imperfecciones y prevenirlas. Como se puede observar en la figura 54.

Figura 54
Vista 3D del modelo de la edificación

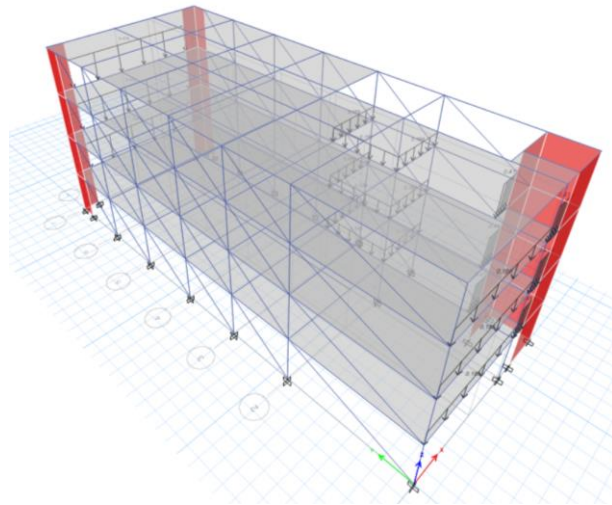


Nota. Extraído del programa ETABS 22

Además, se presentará una vista de las cargas de la estructura estudiada debido a que no son muros portantes por lo tanto no es requisito modelarlas, pero si tener en consideración su peso para el diseño. Como se puede observar en la figura 55.

Figura 55

Vista de la ubicación de las cargas de la edificación



Nota. Extraído del programa ETABS 22

4.2.3.3 Análisis sísmico estático

Según el reglamento nacional de edificaciones E.030 diseño sismorresistente son el conjunto de fuerzas que actúan en el centro de masa de cada piso o nivel de una estructura.

4.2.3.4 Fuerza cortante de la base

En esta estructura estudiada la fuerza total de la base de la misma con los datos obtenidos será: Como se puede observar en la ecuación 21 y la tabla 27.

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P \quad (21)$$

$$VX = \frac{0,45 * 1 * 2,5 * 1,05}{2,30} * 94,302 = 48,43 \text{ t}$$

$$VY = \frac{0,45 * 1 * 2,5 * 1,05}{2,30} * 94,302 = 48,43 \text{ t}$$

Tabla 27
Peso de los pisos de la edificación

Story	Diaphragm	Mass X tonf-s ² /m	Mass Y tonf-s ² /m
Story1	LOSA1	24,34835	24,34835
Story2	LOSA2	24,34835	24,34835
Story3	LOSA3	24,34835	24,34835
Story4	LOSA4	21,25716	21,25716
TOTAL		94,30221	94,30221

Nota. Extraído del programa ETABS 22

4.2.3.5 Distribución de las fuerzas sísmicas en altura

Con la siguiente formula permitiremos demostrar y calcular la distribución de las fuerzas sísmicas de manera horizontal en los diferentes pisos de la estructura o niveles que presenta la estructura. Como se puede observar en la ecuación 22 y 23.

$$F_i = \alpha_i * V \quad (22)$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k} \quad (23)$$

donde el valor n ser a el número de pisos y el valor K será un exponente y se determinará de la siguiente forma:

- Si T es $\leq 0,5$ seg, entonces $k = 1,0$
- Si T es $> 0,5$ seg, entonces $k = (0,75 + 0,5T)$, con un valor máximo de 2,0

En la presente tabla se logra mostrar las fuerzas laterales en la dirección X para cada nivel o piso de la edificación estudiada donde el peso total de la misma es de 94,30221 T en el cual la fuerza lateral que experimenta el nivel uno es de 5,10 T, en el nivel dos es de 10,20 T, en el nivel tres es de 15,30 T, en el nivel cuatro es de 17,81 T; donde se puede observar que en el piso o nivel cuatro tiene el mayor esfuerzo lateral con 17,81 T. Como se puede observar en la tabla 28.

Tabla 28
Fuerzas laterales de la edificación en X

Piso	Peso (T)	Altura (M)	P*A	Alfa	Fi
LOSA1	24,34835	2,7	65,740545	0,10534996	5,10234982
LOSA2	24,34835	5,4	131,48109	0,21069992	10,2046996
LOSA3	24,34835	8,1	197,221635	0,31604988	15,3070495
LOSA4	21,25716	10,8	229,577328	0,36790024	17,8182861
TOTAL	94,30221		624,020598		1 48,432385

Nota. Extraído del programa ETABS 22

En la presente tabla se logra mostrar las fuerzas laterales en la dirección Y para cada nivel o piso de la edificación estudiada donde el peso total de la misma es de 94,30221 T en el cual la fuerza lateral que experimenta el nivel uno es de 5,10 T, en el nivel dos es de 10,20 T, en el nivel tres es de 15,30 T, en el nivel cuatro es de 17,81 T; donde se puede observar que en el piso o nivel cuatro tiene el mayor esfuerzo lateral con 17,81 T. Como se puede observar en la tabla 29.

Tabla 29
Fuerzas laterales de la edificación en Y

Piso	Peso (T)	Altura (M)	P*A	Alfa	Fi
LOSA1	24,34835	2,7	65,740545	0,10534996	5,10234982
LOSA2	24,34835	5,4	131,48109	0,21069992	10,2046996
LOSA3	24,34835	8,1	197,221635	0,31604988	15,3070495
LOSA4	21,25716	10,8	229,577328	0,36790024	17,8182861
TOTAL	94,30221		624,020598		1 48,432385

Nota. Extraído del programa ETABS 22

4.2.3.6 Análisis sismo dinámico y modal

Según la E.030 nos relata que se puede diseñar utilizando los resultados de análisis dinámico mediante la una combinación modal espectral.

a. Modos de vibración

Los modos de vibración son identificados por un análisis donde deben tener en cuenta la adecuada rigidez como también la distribución de masas, un dato importante a considerar es que los modos de vibración cuya suma de masas sea mínimo el 90 % de la masa total, donde si no cumple con este requisito se le agrega 3 modos más. También

tomar a considerar los 3 primeros modos que son los predominantes en las direcciones más importantes. Como se puede observar en la tabla 30.

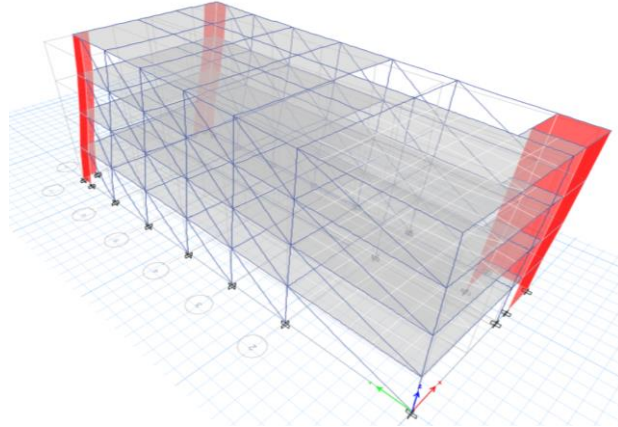
Tabla 30
Modos de vibración de la edificación

Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ
Modal	1	0,411	0,6434	0,0006	0,1766
Modal	2	0,307	0,1693	0,0011	0,6625
Modal	3	0,254	0,0001	0,8549	0,0021
Modal	4	0,125	0,0885	0,0002	0,0305
Modal	5	0,097	0,0348	0,0004	0,0758
Modal	6	0,085	1,78E-06	0,0995	0,0004
Modal	7	0,066	0,0274	0,0002	0,0185
Modal	8	0,053	0,0205	0,0014	0,0207
Modal	9	0,052	0,0005	0,0316	0,001
Modal	10	0,046	0,0071	0,0001	0,007
Modal	11	0,039	0,0004	0,0097	0,0001
Modal	12	0,037	0,0081	0,0002	0,0049

Nota. Extraído del programa ETABS 22

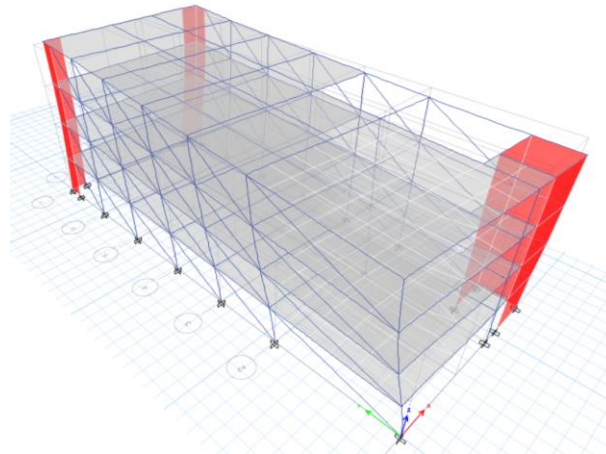
La tabla demuestra que los primeros 3 modos de vibración son los más importante y de mayor valor según los desplazamientos que posee la estructura, en el modo uno que se encuentra en el periodo 0,411 s, la mayor parte de la masa 64,34 % se desplaza en la dirección transversal X, esto indica que la dirección X es la predominante en el respectivo eje, en el modo dos que se encuentra en el periodo 0,307 s, la mayor parte de la masa 66,25 % se desplaza en la dirección transversal Z, esto indica que la dirección Z es la predominante en el respectivo eje y en el modo tres que se encuentra en el periodo 0,254 s, la mayor parte de la masa 85,49 % se desplaza en la dirección transversal Y, esto indica que la dirección Y es la predominante en el respectivo eje. Como se puede observar en la figura 56, 57, 58 y 59.

Figura 56
Movimiento de torsión de x en el modo 1



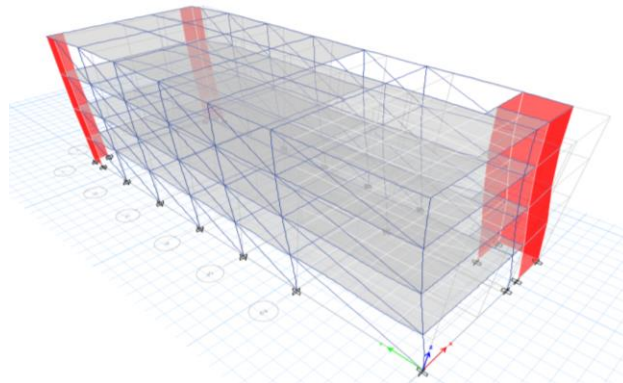
Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 57
Movimiento de torsión de Z en el modo 2



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 58
Movimiento de torsión de Y en el modo 3



b. Aceleración espectral

En la siguiente tabla se usa un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones para el sentido estructural en ambos sentidos X y Y respectivamente con su espectro de respuesta se define por la siguiente formula. Como se puede observar en la ecuación 24, tablas 31 y 32 por ultimo las figuras 59 y 60.

$$S_a = \frac{Z*U*C*S}{R} * G \quad (24)$$

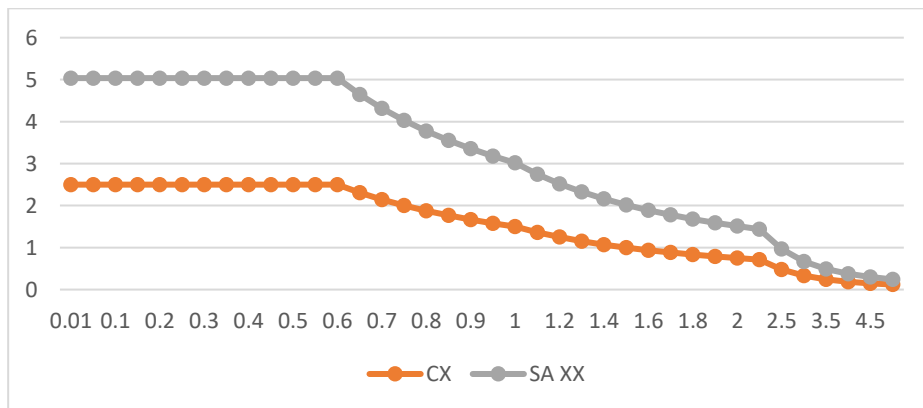
Tabla 31
Aceleración espectral de X

T	CX	SA XX
0,01	2,5	5,03659321
0,05	2,5	5,03659321
0,1	2,5	5,03659321
0,15	2,5	5,03659321
0,2	2,5	5,03659321
0,25	2,5	5,03659321
0,3	2,5	5,03659321
0,35	2,5	5,03659321
0,4	2,5	5,03659321
0,45	2,5	5,03659321
0,5	2,5	5,03659321
0,55	2,5	5,03659321
0,6	2,5	5,03659321
0,65	2,30769231	4,64916296
0,7	2,14285714	4,31707989
0,75	2	4,02927457
0,8	1,875	3,7774449
0,85	1,76470588	3,55524226
0,9	1,66666667	3,3577288
0,95	1,57894737	3,18100624
1	1,5	3,02195592
1,1	1,36363636	2,74723266
1,2	1,25	2,5182966
1,3	1,15384615	2,32458148
1,4	1,07142857	2,15853995
1,5	1	2,01463728
1,6	0,9375	1,88872245
1,7	0,88235294	1,77762113
1,8	0,83333333	1,6788644
1,9	0,78947368	1,59050312
2	0,75	1,51097796
2,05	0,7138608	1,43817058
2,5	0,48	0,9670259

3	0,33333333	0,67154576
3,5	0,24489796	0,49338056
4	0,1875	0,37774449
4,5	0,14814815	0,29846478
5	0,12	0,24175647

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 59
Análisis modal espectral X



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Tabla 32 .
Aceleración espectral de Y

T	CY	SAYY
0,01	2,5	5,03659321
0,05	2,5	5,03659321
0,1	2,5	5,03659321
0,15	2,5	5,03659321
0,2	2,5	5,03659321
0,25	2,5	5,03659321
0,3	2,5	5,03659321
0,35	2,5	5,03659321
0,4	2,5	5,03659321
0,45	2,5	5,03659321
0,5	2,5	5,03659321
0,55	2,5	5,03659321
0,6	2,5	5,03659321
0,65	2,30769231	4,64916296
0,7	2,14285714	4,31707989
0,75	2	4,02927457

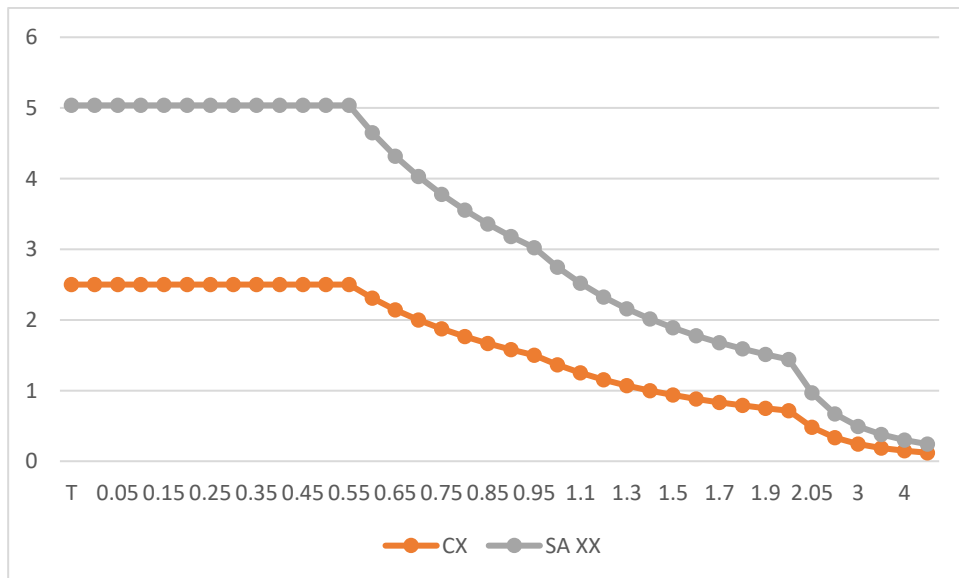
(continúa)

Tabla 32 (continuación)

0,8	1,875	3,7774449
0,85	1,76470588	3,55524226
0,9	1,66666667	3,3577288
0,95	1,57894737	3,18100624
1	1,5	3,02195592
1,1	1,36363636	2,74723266
1,2	1,25	2,5182966
1,3	1,15384615	2,32458148
1,4	1,07142857	2,15853995
1,5	1	2,01463728
1,6	0,9375	1,88872245
1,7	0,88235294	1,77762113
1,8	0,83333333	1,6788644
1,9	0,78947368	1,59050312
2	0,75	1,51097796
2,05	0,7138608	1,43817058
2,5	0,48	0,9670259
3	0,33333333	0,67154576
3,5	0,24489796	0,49338056
4	0,1875	0,37774449
4,5	0,14814815	0,29846478
5	0,12	0,24175647

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 60
Análisis modal espectral Y



Nota. Extraído del programa ETABS 22

c. Desplazamientos admisibles

Para estructuras regulares, el desplazamiento lateral se encuentra multiplicando su valor por 0,75 a R, los resultados del análisis lineal y también el análisis elástico. Como se puede observar en la Tabla 33.

Tabla 33
Desplazamientos admisibles en X

Story	Output Case	Direction	Drift	Drift*0,75*R	Cumple con la norma E0.30
Story4	SISMOXX	X	0,002692	0,005	< 0,007 SI
Story3	SISMOXX	X	0,00425	0,007	< 0,007 SI
Story2	SISMOXX	X	0,004327	0,007	< 0,007 SI
Story1	SISMOXX	X	0,00324	0,006	< 0,007 SI

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Según la E.030 nos da un dato de límites para la distorsión del entrepiso que posee una estructura, para estructuras con el sistema determinado el valor es de 0,007 el cual es el límite máximo de distorsión, en la tabla nos demuestra que en nivel cuatro la deriva que presenta es de 0,00324, en el nivel tres la deriva que tiene un valor 0,004327, en el nivel dos la deriva que presenta tiene un valor de 0,00425 y en el nivel uno la deriva presenta un valor de 0,002692, por lo tanto la estructura cumple con la norma E.030 en los desplazamientos en la dirección X-X. Como se puede observar en la Tabla 34.

Tabla 34
Desplazamientos admisibles en Y

Story	Output Case	Direction	Drift	Drift*0,75*R	Cumple con la norma E0.30
Story4	SISMOYY	Y	0,000615	0,001	< 0,007 SI
Story3	SISMOYY	Y	0,001094	0,002	< 0,007 SI
Story2	SISMOYY	Y	0,001462	0,003	< 0,007 SI
Story1	SISMOYY	Y	0,001223	0,002	< 0,007 SI

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Según la E.030 nos da un dato de límites para la distorsión del entrepiso que posee una estructura, para estructuras con el sistema estructural determinado el valor es de 0,007 el cual es el límite máximo de distorsión, en la tabla nos demuestra que en nivel cuatro la deriva que presenta es de 0,001223, en el nivel tres la deriva que tiene un valor 0,001462, en el nivel dos la deriva que presenta tiene un valor de 0,001094 y en el nivel uno la deriva presenta un valor de 0,000615, por lo tanto la estructura cumple con la norma E.030 en los desplazamientos en la dirección Y-Y.

d. Fuerza cortante del análisis dinámico

En la tabla se logra demostrar las fuerzas cortantes del nivel uno donde se logra observar la carga estática y el análisis dinámico, por lo tanto bajo la carga estática en dirección X-X se registra una fuerza cortante es -92,3411 t en la dirección X sin fuerza en la dirección Y, bajo la carga estática en la dirección Y-Y la fuerza cortante es -92,3411 t en la dirección Y sin fuerza en la dirección X, en el análisis dinámico en dirección X-X la fuerza cortante que presenta es 374,1106 t en la dirección X y 13,3973 t en la dirección Y, en el análisis dinámico en dirección Y-Y la fuerza cortante es 13,3973 en dirección X y 464,2522 en dirección Y. Como se puede observar en la Tabla 35.

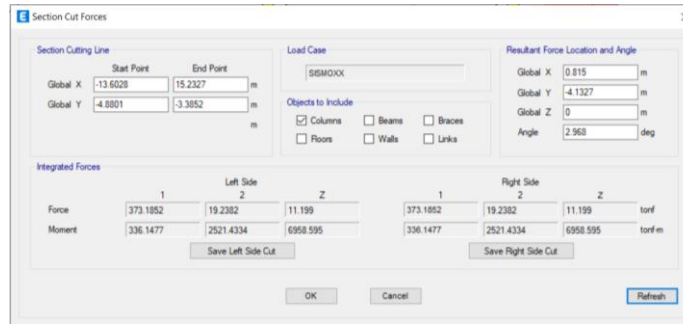
Tabla 35
Fuerzas cortante piso 1

Story	Output Case	Location	VX tonf	VY tonf
Story1	SISMOXX	Bottom	374,1106	13,3973
Story1	SISMOYY	Bottom	13,3973	464,2522
Story1	ESTATIC OXX	Bottom	-92,3411	0
Story1	ESTATIC OYY	Bottom	0	-92,3411

Nota. Extraído del programa ETABS 22

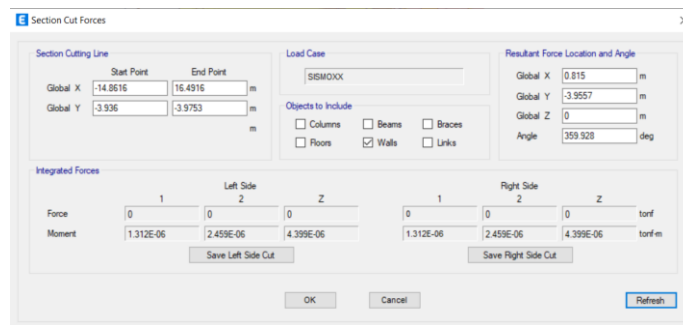
En las siguientes imagines se observa la verificación de la estructura y su sistema estructural en las fuerzas cortantes en los ejes X y Y donde se verifica la distribución estructural que presenta la estructura estudiada. Como se puede observar en las figuras 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67 y 68, además de la tabla 36.

Figura 61
Distribución cortante de columnas en sismo X



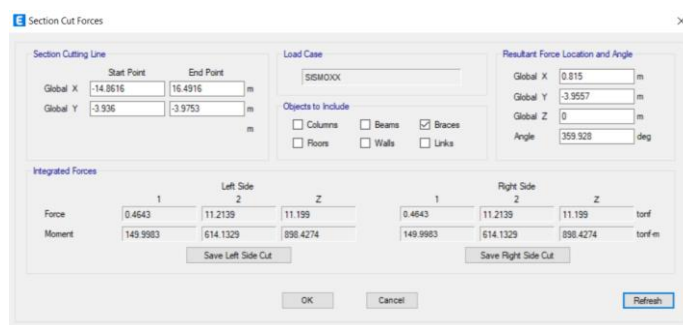
Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 62
Distribución cortante de muros en sismo X



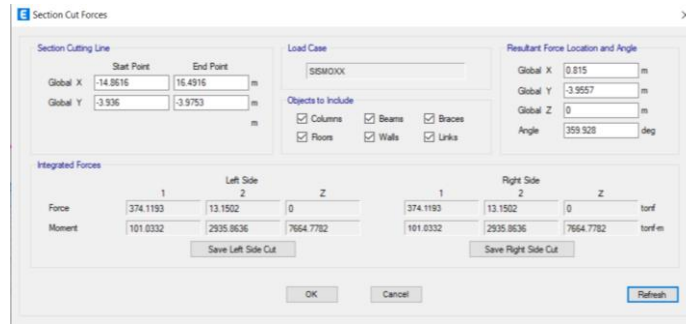
Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 63
Distribución cortante de tirantes en sismo X



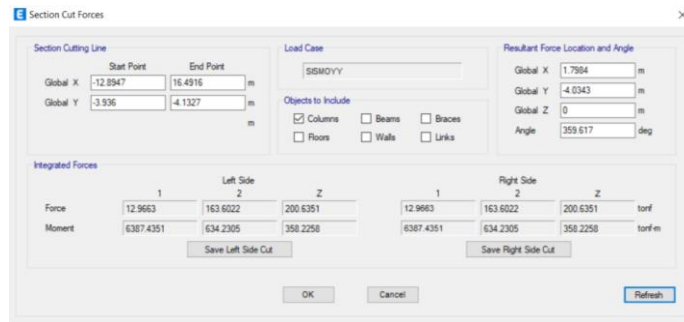
Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 64
Distribución cortante dinámica en X



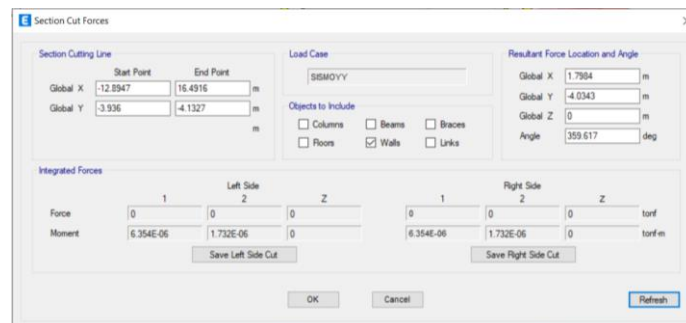
Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 65
Distribución cortante de columnas en sismo Y



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 66
Distribución cortante de muros en sismo Y



Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 67
Distribución cortante de tirantes en sismo Y

Section Cutting Line		Load Case	Resultant Force Location and Angle	
Start Point	End Point		Global X	Global Y
Global X: -12.8947	Global X: 16.4916	SISMOYY	1.7984	-4.0343
Global Y: -3.936	Global Y: 4.1327		Global Z: 0	Angle: 359.617

Integrated Forces		Left Side		Right Side	
	1	2	Z	1	2
Force	2.0008	300.7958	200.6351	2.0008	300.7958
Moment	2840.0108	613.0472	892.912	2840.0108	613.0472

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Figura 68
Distribución cortante dinámica en Y

Section Cutting Line		Load Case	Resultant Force Location and Angle	
Start Point	End Point		Global X	Global Y
Global X: -12.8947	Global X: 16.4916	SISMOYY	1.7984	-4.0343
Global Y: -3.936	Global Y: 4.1327		Global Z: 0	Angle: 359.617

Integrated Forces		Left Side		Right Side	
	1	2	Z	1	2
Force	12.4334	464.279	0	12.4334	464.279
Moment	3561.2834	94.3706	1207.3523	3561.2834	94.3706

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Tabla 36
Identificación del sistema estructural

Sistema estructural	Dirección X		Dirección Y	
	VX (T)	VX (%)	VY (T)	VY (%)
COLUMNAS	373,1852	99,88	163,6022	35,23
TIRANTES	0,4643	0,12	300,7958	64,77
TOTAL	373,650		464,398	

Nota. Extraído del programa ETABS 22

En la tabla se logra verificar la fuerza cortante dinámica que absorbe las columnas y los tirantes, pero se debe al modelamiento de la estructura que se realizó de una manera diferente utilizando tirante o elementos diagonales como muros de albañilería de Blocker II para este caso.

Si fuese el caso de seguir con la norma esta edificación esta denominada en la dirección X como aporricada donde en la tabla se logra verificar la fuerza cortante dinámica que absorbe los respectivos elementos estructurales según la E.030 y en la dirección Y se comportaría como una estructura Dual. Como se puede observar en la tabla 37.

Tabla 37
Verificación de la fuerza cortante mínima

EJE	VE (TN)	80% VE	V Dinámica	VD $\geq 80\%VE$
X	48,432385	38,745908	374,1106	SI
Y	48,432385	38,745908	464,2522	SI

Nota. Extraído del programa ETABS 22

Así cumpliendo con lo establecido con la norma del reglamento nacional de edificaciones E.030 diseño sismorresistente con el modelo realizado para esta estructura.

CAPÍTULO V: DISCUSIONES

Como discusión general estará en base a la hipótesis general donde expresa que el coeficiente básico de reducción sísmica “R” donde predominan placas, columnas de concreto y muros de ladrillo Blocker II es menor al coeficiente básico de reducción sísmica “R” del sistema estructural dual y se obtendrá mediante el uso del método no lineal push over, en base a nuestra hipótesis general y lo encontrado en el estudio finalizado, el coeficiente básico de reducción sísmica “R” utilizado para el modelo real donde predomina placas, columnas de concreto y muros de ladrillo Blocker II el R es 2,30 por lo tanto es menor al coeficiente básico de reducción sísmica de un sistema estructural dual el cual es R es 7, además se utilizó una metodología distinta, para la obtención del coeficiente básico de reducción sísmica “R” en el cual se necesitó el método no lineal para hallar los factores de resistencia por ductilidad, sobrerresistencia y redundancia que son necesarios para encontrar el coeficiente básico de reducción sísmica para este modelo.

Nuestra primera discusión específica será realizada en base a nuestra hipótesis, la cual indica que el factor de resistencia por ductilidad (R_{μ}) presenta la mayor incidencia en el análisis no lineal de sistemas estructurales no normados en las edificaciones de la ciudad de Tacna en el año 2025. Según los datos obtenidos, el factor de resistencia por ductilidad (R_{μ}), cuyo valor es 1,574, es el que muestra mayor impacto en la determinación del coeficiente básico de reducción, representando una incidencia del 39,41 % dentro del aporte total de los factores analizados. Asimismo, el Factor de sobrerresistencia (R_{Ω}), con un valor de 1,247, constituye el segundo parámetro más influyente con un porcentaje 31,22 %, mientras que el Factor de redundancia (RR), cuyo valor es 1,172, presenta la menor contribución con un porcentaje de 29,35 %. Por lo tanto, el factor que más impacto tiene para hallar el coeficiente básico de reducción sísmica R final es el Factor de resistencia por ductilidad (R_{μ}), tanto por ser el de mayor valor asimismo por ser el de mayor porcentaje de incidencia.

La segunda discusión específica lo consideraremos en base a la segunda hipótesis donde se nos revela que el coeficiente básico de reducción sísmica “R” que utilizan los profesionales en la construcción en la mayoría de casos no es el adecuado para el análisis de una estructura con un sistema estructural dual en la ciudad de Tacna en el año 2025, por lo cual se utilizara la metodología DELPHI como juicio de expertos en el tema. Según la metodología DELPHI ante la incógnita sobre ¿Qué valor le da al

coeficiente básico de reducción en su diseño cuando este no tenga un sistema estructural definido? Según los profesionales responden que el menor un valor de 38,1 % del total de encuestados, el 28,6 % de los encuestados respondió que un promedio y el 33,3 % de los encuestados respondió el mayor, donde según la E.030 si hay más de dos coeficientes básicos de reducción sísmicos, se escoge el menor coeficiente básico de reducción sísmica “R”, por lo que el 61,9 % de los encuestados utiliza un coeficiente básico de reducción sísmica erróneo cuando una estructura tiene más de dos sistemas estructurales. Además, hay otra incógnita sobre ¿Qué valor le da al coeficiente básico de reducción en su diseño del sistema estructural dual?, donde los profesionales en su mayoría con un 42,9 % de los encuestados responden menor a 7, el 23,8 % de los encuestados respondieron que mayor a 7, pero el 33,3 % de los profesionales encuestados responde que 7, donde según el reglamento nacional de edificaciones E.030 diseño sismorresistente es el coeficiente básico de reducción correcto, por lo que más del 66,6 % de los profesionales encuestados usa mal un coeficiente básico de reducción sísmica “R”.

Como última discusión específica, analizamos la hipótesis secundaria que plantea que las edificaciones duales tienen un comportamiento casi idéntico al de las edificaciones no normadas frente a los parámetros del Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 Diseño Sismorresistente, hipótesis que se evaluó mediante simulaciones realizadas en el software ETABS 22. De acuerdo con la E.030, el desplazamiento entre pisos no debe exceder 0,007, y los desplazamientos laterales están determinados por la relación $\text{drift} \times 0,75 \times R$. A partir de los resultados obtenidos, se observa que, en la primera estructura de 4 pisos con sistema dual, los desplazamientos en el eje X son (0,003; 0,004; 0,005 y 0,003), mientras que en el eje Y son (0,003; 0,004; 0,004 y 0,002), valores que se encuentran dentro del límite normativo. Por otro lado, en el segundo modelo de estructura no normada, los desplazamientos en el eje X son (0,005; 0,007; 0,007 y 0,006) y en el eje Y son (0,001; 0,002; 0,003 y 0,002), los cuales también cumplen con la normativa vigente. Sin embargo, al comparar ambos comportamientos, se aprecia que el modelo no normado presenta menores desplazamientos en sentido Y, mientras que en sentido X muestra desplazamientos ligeramente superiores respecto al sistema dual. Este contraste demuestra que el comportamiento estructural no es idéntico entre ambos modelos. Esto se corrobora también en el análisis modal. En el modelo dual, los tres primeros modos corresponden a: modo 1 en Y (0,6677; $T = 0,343$ s), modo 2 en X (0,5806; $T = 0,291$ s) y modo 3 en Z (0,5989; $T = 0,171$ s). En cambio, en la estructura no normada, los modos principales son: modo 1 en X (0,6434; $T = 0,411$ s), modo 2 en Z (0,6625; $T = 0,307$ s) y modo 3 en

Y (0,8549; T = 0,254 s). Estas diferencias reflejan un cambio claro en la dirección predominante del movimiento y los periodos de vibración entre ambos modelos. Por lo tanto, según la hipótesis realizada, las edificaciones duales no tienen un comportamiento idéntico a las edificaciones no normadas.

CONCLUSIONES

Como conclusión general de esta investigación siendo nuestro objetivo determinar el coeficiente básico de reducción sísmica para los proyectos donde predominan placas, columnas de concreto y muros de ladrillo Blocker II en la ciudad de Tacna 2025, debido a que ya encontramos los resultados finales, concluimos que el coeficiente básico de reducción sísmica "R" depende de muchas variables los cuales están implicados el factor de resistencia por ductilidad (R_{μ}), Factor de sobrerresistencia (R_{Ω}), Factor de redundancia (RR); es decir el método no lineal estático nos permite hallar de manera más precisa. Por lo tanto, concluimos que el coeficiente básico de reducción sísmica que se planteó puede aplicar para proyectos donde predominan placas, columnas de concreto y muros de albañilería, pero deben tener una clara similitud en número de pisos y forma de la edificación; de igual manera hay que aplicar un análisis para mayor seguridad.

Como primera conclusión específica nos basamos en el primer objetivo específico donde se determina el factor de reducción de respuesta sísmica que presenta la mayor incidencia en el comportamiento sísmico no lineal de sistemas estructurales no normados en edificaciones de la ciudad de Tacna en el año 2025. En base a este objetivo según la investigación realizada se concluye que el factor que tiene mayor incidencia en esta estructura estudiada, es el Factor de resistencia por ductilidad " R_{μ} " esto se debe a que el valor encontrado es el mayor y por lo tanto será el factor que tendrá mayor incidencia para encontrar el coeficiente básico de reducción sísmica "R", por lo tanto, el diseño sísmico debe priorizar la ductilidad. Las estrategias de diseño deben centrarse en garantizar deformaciones controladas.

La segunda conclusión se basa en el segundo objetivo específico donde nos pidió determinar el coeficiente básico de reducción básica "R" usado por los profesionales de la construcción en una edificación con sistema estructural dual en la ciudad de Tacna 2025. Los resultados obtenidos se toman de la metodología DELPHI utilizada donde se reunió la opinión de profesionales y/o expertos los cuales nos dieron su punto de vista, una vez revisado los resultados de las encuestas se concluyó que los profesionales en el ámbito de la construcción al preguntarles ¿Qué valor le da al coeficiente básico de

reducción en su diseño cuando este no tenga un sistema estructural definido?, más de la mitad de los encuestados utiliza un incorrecto valor del coeficiente básico de reducción, se concluye que al ser profesionales o incluso expertos en el ámbito las demás construcciones como viviendas departamentos locales o negocios suelen usar un coeficiente básico de reducción sísmica “R” incorrecto valor del coeficiente básico de reducción. Además, al preguntarles ¿Qué valor le da al coeficiente básico de reducción sísmica “R” en su diseño del sistema estructural dual?, en este caso también más de la mitad de los encuestados respondieron que usan otro coeficiente básico de reducción que no cumple con lo establecido según el reglamento nacional de edificaciones E.030 diseño sismorresistente, cuando en nuestra investigación el coeficiente básico de reducción sísmica es un valor distinto a la norma, con un valor de $R = 2,30$.

Como última conclusión en función del tercer objetivo específico, donde se diseñó una edificación dual y otra con un coeficiente de reducción sísmica distinto utilizando el software ETABS 22 para evaluar su comportamiento ante sismos en la ciudad de Tacna 2025, se concluye que ambos modelos estructurales presentan desplazamientos laterales dentro de los límites establecidos por la norma, por lo que ninguno es considerado peligroso y ambos pueden tener un uso inmediato. La investigación busca no solo asegurar la protección de las personas mediante un sobredimensionamiento de los elementos estructurales, sino también encontrar un equilibrio entre seguridad y economía. En ese sentido, concluimos que el coeficiente básico de reducción sísmica planteado con un valor del coeficiente básico de reducción sísmica $R = 2,30$ presenta diferencias significativas respecto al valor según la norma E0.30 diseño sismorresistente habitualmente por muchos profesionales con un valor del coeficiente básico de reducción sísmica $R = 7$; y aunque los desplazamientos no superan el límite permitido, el tipo de material y el proceso constructivo no normado otorgan a la edificación a ser propensa a una falla frágil que debe ser considerada. Asimismo, el valor del coeficiente básico de reducción sísmica R obtenido en esta investigación resulta menor al utilizado en el modelo dual inicial, lo cual es coherente con el sistema estructural predominante placas, columnas de concreto y muros de ladrillo Blocker II en las edificaciones de Tacna. Finalmente, aunque las diferencias en el cumplimiento normativo sean reducidas, la variación en los resultados entre ambos modelos constituye un primer paso hacia estudios más profundos en un tema que aún requiere mayor exploración.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a Investigadores e Ingenieros Estructurales incentivar la investigación continua sobre la metodología del coeficiente básico de reducción sísmica (R), dada su naturaleza en desarrollo, y evitar el uso de coeficiente básico de reducción sísmica R de otros sistemas sin respaldo teórico o investigativo. Específicamente, para futuros proyectos en Tacna con estructuras predominantes de placas, columnas y muros de Blocker II, se debe complementar el coeficiente básico propuesto con un análisis no lineal estático para verificar el comportamiento real. Asimismo, este coeficiente básico de reducción sísmica solo debe aplicarse en edificaciones con características estructurales y tipología resistente similares, pero mucho más recomendable realizar un estudio previo para cada estructura y evitando su generalización. Finalmente, se debe comprobar el valor normativo de R con evaluaciones detalladas del desempeño estructural para asegurar un equilibrio óptimo entre seguridad, eficiencia y economía.

Se propone que, siendo el Factor de Resistencia por Ductilidad (R_u) el de mayor incidencia, los profesionales prioricen estrategias de diseño que garanticen una adecuada ductilidad en la estructura, asegurando que placas, columnas y muros de Blocker II cuenten con confinamiento y refuerzos transversales suficientes para permitir deformaciones inelásticas controladas, promoviendo así mecanismos de falla dúctiles y mejorando el desempeño estructural en edificaciones no normadas de Tacna. Paralelamente, se recomienda de manera específica a Autoridades y Profesionales de la Construcción seguir rigurosamente la Norma E.030, la cual es la base para una construcción segura y la integridad de las personas, siendo su cumplimiento esencial en la ciudad de Tacna, una zona altamente sísmica.

Se sugiere implementar programas de capacitación continúa dirigidos a profesionales y expertos del sector construcción, con énfasis en la correcta selección y aplicación del coeficiente básico de reducción sísmica según lo establecido en la norma E.030, dado que los resultados del estudio evidencian que la mayoría de encuestados emplea valores de R incorrectos tanto en edificaciones sin sistema estructural definido como en sistemas duales. Asimismo, es crucial fortalecer los mecanismos de supervisión técnica y control normativo para reducir el uso de coeficiente básico de reducción sísmica

inadecuados, ya que su aplicación errónea puede llevar a subestimar las demandas sísmicas e incrementar el riesgo estructural, lo que permitirá mejorar la seguridad sísmica de las construcciones en la ciudad de Tacna y garantizar un diseño estructural acorde a las exigencias reglamentarias. Finalmente, se dirige a los Colegios Profesionales y Futuros Ingenieros la recomendación de fomentar el aprendizaje constante para seguir innovando en métodos de construcción, diseño de edificaciones y nuevas metodologías, entendiendo que el ámbito profesional requiere una investigación detallada continua, además porque culminar la universidad no es sinónimo a dejar de estudiar sino es el inicio de la investigación más detallada en temas donde somos expertos para mejorar cada día más como sociedad.

Con base en los hallazgos de esta investigación, se recomienda que futuras investigaciones profundicen en la comparación entre los valores normativos del coeficiente básico de reducción sísmica y los obtenidos mediante análisis no lineales aplicados a edificaciones que emplean procesos constructivos propios de la realidad local de Tacna, especialmente en estructuras donde predominan placas, columnas de concreto y muros de Blocker II. Dado que las edificaciones evaluadas presentaron una rigidez mayor y una ductilidad menor a la esperada, resulta pertinente ampliar los estudios que contrasten los desplazamientos, la respuesta estructural real y los márgenes de seguridad definidos por la norma vigente, permitiendo así afinar los criterios de diseño y promover soluciones que equilibren seguridad, comportamiento sísmico real y viabilidad económica. Además, se dirige a Investigadores y Especialistas la recomendación de garantizar que cualquier método realizado para hallar el coeficiente básico de reducción sísmica R cuente con una validación o respaldo teórico sólido (dado que es un tema en desarrollo), y se enfatiza la necesidad de estudiar a fondo, ya que es un componente fundamental para el desarrollo y análisis estructural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancco Huanacuni E. R (2021). Evaluación del factor de modificación de respuesta sísmica mediante el análisis no lineal de estructuras aporricadas de concreto armado. Universidad Privada de Tacna. Obtenido de URL: <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1977>
- Arevalo Casas, A. (2020). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres. Obtenido de URL: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648665/ArevaloC_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Calle Huamán, S y Salazar Ildelfonso, J. (2023). Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el pueblo joven Santa Rosa en el distrito del Rímac. Obtenido de URL: <https://tesis.pucp.edu.pe/items/00430a75-04c1-4614-887e-687689070a95>
- El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres- CENEPRED. (s/f). Glosario de Términos. Gob.pe. Recuperado el 1 de marzo de 2025. Obtenido de URL: <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/glosario-terminos-grd-cenepred.pdf>
- Luis G. Daza (2003). Nuevo enfoque para determinar el factor de modificación de respuesta. Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Obtenido de URL: https://www.scipedia.com/public/Daza_2003a
- Flores De los Santos, R. A. (2014). Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de URL: <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9bb120ce-7a3f-4be0-a5a6-5ced2a5cbe20/content>
- Samuel Ivan, J. y Diego Alonso, H. (2023). Análisis no lineal y evaluación de desempeño según ASCE/SEI 41 del pabellón "A" de la I.E. Jorge Chávez de la ciudad de Tacna, 2022. Obtenido de

URL:<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2977/Jinez-Mendoza-Huarachi-Quispe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Heber Jorge, V. (2024). Desempeño sísmico mediante el análisis estático no lineal pushover y tiempo historia como método de evaluación rápida en los proyectos de salud en Ayacucho, 2024. Obtenido de URL: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3793>

Pacheco Chirinos, P. N., & Cornejo Mamani, S. G. (2022). Propuesta de prototipo de aplicación que promueva la intervención profesional en el desarrollo de viviendas autoconstruidas en Lima Norte. Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de URL: <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7723bf5e-6f5a-4657-808d-edfe85148c56/content>

Br. Pinto Barrantes, R. A. (2018). Software ETABS 22 y su influencia en el aprendizaje de análisis estructural en estudiantes de ingeniería civil de la Universidad "Cesar Vallejo" filial Lima – Norte. Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de URL:https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/15030/Pinto_BRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramon Manuel, C. (2024). Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no-lineal. Obtenido de URL:https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/499/Calcina_Pena_Ramon.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Reguant-Álvarez, M. y Torrado-Fonseca, M. (2016). El método Delphi. REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 9 (1), 87-102. Obtenido de DOI: 10.1344/reire2016.9.1916

Sánchez Lavado, E y Alvarado Rubio, L. (2020). Análisis de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada autoconstruidas en el centro poblado de Víctor Raúl Haya de la Torre – Virú 2020. Obtenido de URL:<https://repositorio.upn.edu.pe/item/c8c5bc9f-ab7f-46ff-9d11-8bc9e08662cb>

Sobrevilla Martinez, V. R. (2018). Optimización de la eficiencia en el proceso constructivo de losa aligerada en la construcción de edificaciones menores a tres niveles mediante la aplicación del método Delphi en la provincia de Huancayo. Universidad Continental. Obtenido de URL: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5034>

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicador	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es el coeficiente básico de reducción sísmica para los proyectos donde predominan placas, columnas de concreto armado y muros de ladrillo Blocker II en la ciudad de Tacna 2025?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar el coeficiente básico de reducción sísmica para los proyectos donde predominan placas, columnas de concreto armado y muros de ladrillo Blocker II en la ciudad de Tacna 2025.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>El coeficiente básico de reducción sísmica donde predomina placas, columnas de concreto y muros de ladrillo Blocker II es menor al coeficiente básico de reducción sísmica "R" del sistema estructural dual y se obtendrá mediante el uso del método no lineal push over.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Evaluación del coeficiente básico de reducción sísmica.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Condiciones sísmicas</p> <p>Configuración estructural de la edificación</p>	<p>Tipo de investigación aplicada</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>a. ¿Qué factor del coeficiente básico de reducción sísmica presenta mayor incidencia en el análisis no lineal de un sistema estructural no normado en las edificaciones de la ciudad de Tacna 2025?</p> <p>b. ¿Qué coeficiente básico de reducción sísmica "R" utilizan los profesionales de la construcción en el análisis de una edificación con sistema estructural dual en la ciudad de Tacna 2025?</p> <p>c. ¿Cuál es el comportamiento que presentan las edificaciones con sistema estructural dual a comparación de un sistema estructural no normado según el software ETABS 22 en la ciudad de Tacna 2025?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>a. Determinar el factor de reducción de respuesta sísmica que presenta la mayor incidencia en el coeficiente básico de reducción sísmica en sistemas estructurales no normados en edificaciones de la ciudad de Tacna en el año 2025.</p> <p>b. Determinar el coeficiente básico de reducción sísmica "R" usado por los profesionales de la construcción en una edificación con sistema estructural dual haciendo uso de la metodología Delphi en la ciudad de Tacna 2025.</p> <p>c. Comparar una edificación dual y otra edificación con diferente "R" según el uso de la herramienta ETABS 22 para determinar el comportamiento sísmico en la ciudad de Tacna 2025.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a. El Factor de resistencia por ductilidad (R_{μ}) presenta la mayor incidencia en el análisis no lineal de sistemas estructurales no normados en las edificaciones de la ciudad de Tacna en el año 2025, debido a la capacidad de disipación de energía a través de la deformación inelástica que estos sistemas podrían desarrollar, a pesar de no cumplir con las normativas sísmicas vigentes.</p> <p>b. El coeficiente básico de reducción sísmica "R" que utilizan los profesionales en la construcción en la mayoría de casos no es el correcto para el análisis de una estructura con un sistema estructural dual en la ciudad de Tacna en el año 2025, por lo cual se utilizara la metodología Delphi como juicio de expertos en el tema.</p> <p>c. Las edificaciones duales tienen un comportamiento casi idéntico a las edificaciones no normadas, frente a los parámetros de la norma E.030, se corrobora con el software ETABS 22.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Edificación que no presenta un sistema estructural normado.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Preguntas aplicadas al tema de la investigación, temas como los diferentes sistemas estructurales, las normas empleadas y sobre estructuras no normadas y uso de datos no normados para el diseño.</p>	<p>Nivel de investigación Exploratorio</p>

Anexo 2
Alfa de Cronbach

Sujeto	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Total
1	2	2	3	3	3	2	2	4	0,48
2	5	2	3	1	3	3	2	4	1,36
3	5	3	1	3	3	3	2	2	1,19
4	2	3	1	2	3	3	2	4	0,75
5	3	2	2	3	3	2	2	3	0,25
6	3	2	3	2	1	1	3	4	0,98
7	3	2	3	2	2	1	2	4	0,73
8	5	3	3	1	1	2	2	3	1,50
9	4	3	3	1	2	1	3	4	1,23
10	2	2	3	2	2	1	1	4	0,86
11	3	2	3	2	2	3	2	3	0,25
12	4	5	3	2	3	1	1	3	1,69
13	5	3	3	1	2	1	1	3	1,73
14	2	2	3	2	2	2	3	3	0,23
15	5	3	3	3	3	2	1	4	1,25
16	2	2	3	2	1	2	3	4	0,73
17	3	2	3	3	3	1	2	4	0,73
18	5	3	1	1	2	3	3	3	1,48
19	2	2	1	3	3	3	3	4	0,73
20	5	6	2	3	3	3	3	2	1,73
21	4	2	3	2	3	3	1	2	0,75
varianza	1,49	1,08	0,63	0,56	0,52	0,71	0,56	0,52	

Anexo 3*Resultado del alfa de Cronbach*

k	8
vi	6,08
vt	20,67
alfa	0,81

El resultado del alfa de 0,81 nos da una confiabilidad buena.