

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Desempeño estructural de un edificio de muros estructurales mediante el análisis no lineal estático según la metodología ASCE 41-17, en el distrito de San Bartolo, Lima - 2023”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTOR: Valentín Esteban, Ever

ASESOR: Valdivieso Echevarría, Martín César

HUÁNUCO – PERÚ

2023



U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería estructura y municipal

D

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título
Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43911592

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22416570

Grado/Título: Maestro en gestión pública

Código ORCID: 0000-0002-0579-5135

H

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Martínez Morales, German Gastón	Ingeniero civil	07397555	0000-0002- 9182-1861
2	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002- 5650-3745
3	Choquevilca Chinguel, Josué	Ingeniero civil	22486989	0000-0002- 1663-3262



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 11:00 horas del día **miércoles 13 de diciembre de 2023**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| ❖ ING. GERMAN GASTON MARTINEZ MORALES | PRESIDENTE |
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA | SECRETARIA |
| ❖ ING. JOSUE CHOQUEVILCA CHINGUEL | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2939 -2023-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE MUROS ESTRUCTURALES MEDIANTE EL ANALISIS NO LINEAL ESTATICO SEGÚN LA METOLOGIA ASCE 41-17, EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA - 2023"**, presentado por el (la) Bachiller. Bach. Ever VALENTIN ESTEBAN, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *Aprobado* por *Unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *13*.... y cualitativo de *Suficiente* (Art. 47).

Siendo las *12:00* horas del día 13 del mes de diciembre del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

ING. GERMAN GASTON MARTINEZ MORALES
ORCID: 0000-0002-9182-1861
Presidente

MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
ORCID: 0000-0002-5650-3745
Secretaria

ING. JOSUE CHOQUEVILCA CHINGUEL
ORCID: 0000-0002-1663-3262
Vocal

DIRECTIVA N° 006-2020-VRI-UDH PARA EL USO DEL SOFTWARE TURNITIN DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Resolución N° 018-2020-VRI-UDH 03JUL20 y modificatoria R. N° 046-2020-VRI-UDH, 19OCT20



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **M.Sc. Ing. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA**, asesor del PA Ingeniería Civil y designado mediante documento **RESOLUCION N°401-2023-D- FI-UDH** del estudiante **Bach. EVER VALENTIN ESTEBAN**, de la investigación titulada **“DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE MUROS ESTRUCTURALES MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO SEGÚN LA METODOLOGÍA ASCE 41-17, EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA - 2023”**.

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del **16%** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 19 de diciembre del 2023


.....
Ing. Martín C. Valdivieso Echevarría,
INGENIERO-CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40445

M.Sc. Ing. Martin Cesar Valdivieso Echevarria

DNI N° 22416570

Código ORCID N° 0000-0002-0579-5135

“DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE MUROS ESTRUCTURALES MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO SEGÚN LA METODOLOGÍA ASCE 41-17, EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA - 2023”.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	es.slideshare.net Fuente de Internet	8%
2	es.scribd.com Fuente de Internet	2%
3	usermanual.wiki Fuente de Internet	1%
4	Dodd, L. L., and J. I. Restrepo-Posada. "Model for Predicting Cyclic Behavior of Reinforcing Steel", Journal of Structural Engineering, 1995. Publicación	1%
5	Victor Rogelio Tirado Picado, Lisseth Carolina Blandón Chavarria. "Methodology for the Calculation of the Runoff Coefficient with the Arrangement Tirado", Open Journal of Applied Sciences, 2023 Publicación	1%


Ing. Martin C. Valdivieso Echevarria,
INGENIERO-CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40444

M.Sc. Ing. Martin Cesar Valdivieso Echevarria

DNI N° 22416570

Código ORCID N° 0000-0002-0579-5135

DEDICATORIA

Dedicó con todo mi corazón a mi querida madre Fidela, pues sin ella no lo había logrado, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, tu bendición a diario a lo largo de vida me protege.

A mis añoradas hermanas por su gran apoyo incondicional, muchos mis logros se los debo a mis familiares.

AGRADECIMIENTO

En principal agradecimiento a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante y disfrutar esta hermosa etapa de mi vida profesional.

A mis padres Fidela y Severiano, por inculcarme sus valores y guiarme por los buenos caminos a lo largo de esta aventura de mi vida que hoy se hace realidad.

A mis centros de estudio en las cuales me formé; a los docentes por llenarme de conocimiento y valores a los cuales recuerdo con mucho respeto ya que fueron indispensables para realizarme profesionalmente.

Y a todos los amigos que de una y otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	16
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	16
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	16
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	17
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	19
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	21
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	23
2.2. BASES TEÓRICAS.....	24
2.2.1. CURVA DE CAPACIDAD Y TIPOS DE ANÁLISIS	24
2.2.2. MODELO TEÓRICO DE TENSIONES-DEFORMACIONES PARA HORMIGÓN.....	25

2.2.3. MODELO PARA LA PREDICCIÓN DE COMPORTAMIENTO CÍCLICO DE LAS ACEROS DE REFUERZO – DOOD RESTREPO – POSADA	30
2.2.4. ROTULAS PLÁSTICAS EN MUROS ESTRUCTURALES SEGÚN EL CSI ANALYSIS REFERENCE MANUAL (ETABS).....	34
2.2.5. TIPOS DE MODELOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL – PLASTICIDADES	36
2.2.6. ELEMENTO DE PLASTICIDAD DISTRIBUIDA VERSUS CONCENTRADA.....	38
2.2.7. REQUISITOS PARA EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL ..	39
2.2.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS, MODELADO Y RESULTADO	39
2.2.9. CALCULO DE LA DEMANDA SÍSMICA	40
2.2.10. CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO.....	41
2.2.11. DESEMPEÑO DE UNA ESTRUCTURA DURANTE A UN SISMO SEGÚN ASCE 41-17	42
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	44
2.4. HIPÓTESIS	47
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	47
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	47
2.5. VARIABLES	47
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	47
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	48
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	48
CAPITULO III	49
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	49
3.1.1. ENFOQUE	49
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	50
3.1.3. DISEÑO	50
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	51
3.2.1. POBLACIÓN	51
3.2.2. MUESTRA	51

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .	53
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	53
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	53
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	54
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	54
CAPÍTULO IV.....	55
RESULTADOS.....	55
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	55
4.1.1. DEFINICIÓN DE LOS MATERIALES CONSTITUTIVOS	55
4.1.2. REPLICACIÓN DE LAS SECCIONES DE CONCRETO ARMADO PARA CADA MURO ESTRUCTURAL EN EL SOFTWARE ETABS	58
4.1.3. DEFINICIÓN DE LA PLASTICIDAD TIPO FIBRA PARA MUROS ESTRUCTURALES	61
4.1.4. CREACIÓN DEL CASO DE CARGA POR GRAVEDAD SEGÚN EL ASCE 41-17	63
4.1.5. CREACIÓN DEL CASO DE CARGA MONOTÓNICA SEGÚN EL ASCE 41-17	65
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ..	67
4.2.1. DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR “SAN BARTOLO”	67
CAPÍTULO V.....	80
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	80
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos de entrada	32
Tabla 2 Datos de entrada para las variables de deformacion del acero de refuerzo.....	32
Tabla 3 Tabla de datos de los materiales constitutivos (concreto y acero de refuerzo)	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Curva de capacidad y tipos de analisis.....	24
Figura 2 Curva esfuerzo deformaicon del concreto según Mander.....	26
Figura 3 Presiones transversales del estribo al concreto confinado	26
Figura 4 Acción del arco ocurre en forma de una parábola de segundo grado con una pendiente tangente inicial a 45°	27
Figura 5 Determinación de la fuerza confinada a partir de las tensiones de confinamiento lateral para secciones rectangulares	28
Figura 6 Rama de descarga - Deformación de inversión a partir de la curva de carga.....	28
Figura 7 Descarga de tracción	29
Figura 8 Tensión en que comienza la región idealizada de endurecimiento por deformación	31
Figura 9 Curvas esfuerzo – deformación para el acero corrugado A615.....	32
Figura 10 Curva teórica de esfuerzo.....	33
Figura 11 Zona en compresión	33
Figura 12 Curvas esfuerzo – deformación para el acero corrugado – Traccion (Mander) y compresion (Dood Restrepo).....	33
Figura 13 La curva ABCDE para Fuerza frente a Desplazamiento, el mismo tipo de curva se utiliza para Momento frente a Rotación	34
Figura 14 Modelos idealizados de elementos viga – columna y muros estructurales	36
Figura 15 Curva idealizada de fuerza - desplazamiento	40
Figura 16 Selección del desempeño sismico esperado	43
Figura 17 Desempeño de un edificio durante un sismo	43
Figura 18 Vista 3D del edificio Multifamilia “San Bartolo”	52
Figura 19 Vista de la definicion de propiedades no lineales para el concreto	56
Figura 20 Vista de la definicion de propiedades no lineales para el Acero de refuerzo (A615Gr60).....	57
Figura 21 Vista de la definicion de los números de puntos para la curva esfuerzo versus deformacion.....	57

Figura 22 Vista del dibujo del reforzamiento a flexion y corte en el Muro estructural PL-01 del edificio Multifamiliar “San Bartolo”	59
Figura 23 Vista del reforzamiento a flexion y corte en el Muro estructural PL-01 del Expediente Tecnico del edificio Multifamiliar “San Bartolo”	59
Figura 24 Vista del dibujo del reforzamiento a flexion y corte en el elemento de confinamiento del Muro estructural PL-02 del edificio Multifamiliar “San Bartolo”	60
Figura 25 Vista del reforzamiento a flexion y corte en el elemento de contorno del Muro estructural PL-02 del Expediente Tecnico del edificio Multifamiliar “San Bartolo”	60
Figura 26 Vista del dibujo del reforzamiento a flexión y corte en el alma del Muro estructural PL-02 del edificio Multifamiliar “San Bartolo”	61
Figura 27 Vista del reforzamiento a flexion y corte en el alma del Muro estructural PL-02 del Expediente Tecnico del edificio Multifamiliar “San Bartolo”	61
Figura 28 Asignacion de la rotula concentrada en el Muro estructural PL-04 bajo comportamiento a Flexocompresion del edificio Multifamiliar “San Bartolo”	62
Figura 29 Indicaciones para la creacion del caso de carga del tipo no lineal denominada “Carga de gravedad” según el ASCE 41-17	63
Figura 30 Creacion del caso de carga del tipo no lineal denominada “Carga de gravedad” en base al ASCE 41-17	64
Figura 31 Parametros necesarios del caso de carga del tipo no lineal denominada “Carga de gravedad” en base al ASCE 41-17	64
Figura 32 Parametros necesarios del caso de carga monotonica en base al ASCE 41-17	65
Figura 33 Parametros necesarios del caso de carga monotonica denominada “ANLE_XX+” en base al ASCE 41-17	66
Figura 34 Parametros necesarios del caso de carga modal en base a los valores y vectores propios.	67
Figura 35 Primera forma modal – Periodo fundamental N°01 (T=0.440 sg.)	68
Figura 36 Segunda forma modal – Periodo fundamental N°02 (T=0.341 sg.)	68

Figura 37 Tercera forma modal – Periodo fundamental N°03 (T=0.182 sg.).	69
Figura 38 Tabla de los modos de vibracion y masas participativas para el Edificio Multifamiliar “San Bartolo”	69
Figura 39 Figura de los modos de vibracion para el Edificio Multifamiliar “San Bartolo”	70
Figura 40 Figura del espectro de respuesta para el edificio multifamiliar “San Bartolo”	71
Figura 41 Desempeño estructural para el caso de carga “ANLE XX-“; en base a la metodologia del ASCE 41-17 del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”	71
Figura 42 Desempeño estructural para el caso de carga “ANLE XX+”, en base a la metodologia del ASCE 41-17 del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”	72
Figura 43 Desempeño estructural para el caso de carga “ANLE YY-”, en base a la metodologia del ASCE 41-17 del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”	72
Figura 44 Desempeño estructural para el caso de carga “ANLE YY+”, en base a la metodologia del ASCE 41-17 del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”	73
Figura 45 Modelo matemático del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”, mediante el software ETABS V19.0	74
Figura 46 Disposición de las rotulaciones distribuidas del tipo fibras en los dos primeros niveles del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”	76
Figura 47 Rotulación distribuida del tipo fibra (concreto confinado) para el Muro estructural PL-01 del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”	76
Figura 48 Fibra del concreto en compresión para el Muro estructural PL-01 del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”	77
Figura 49 Rotulación distribuida del tipo fibra (concreto sin confinar) para el Muro estructural PL-01 del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”	77
Figura 50 Fibra del concreto en compresion para el Muro estructural PL-01 del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”	78
Figura 51 Rotulación distribuida del tipo fibra (acero de refuerzo) para el Muro estructural PL-01 del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”	78

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo evaluar el desempeño estructural del edificio multifamiliar San Bartolo ubicado en el distrito limeño de San Bartolo, utilizando un enfoque del tipo no lineal, como propone la metodología ASCE 41-17. Se utilizaron rotulaciones plásticas del tipo distribuidas en toda la sección del muro estructural, las vigas y losas se consideraron como secciones netamente lineales.

Se empezó recolectando la información del expediente técnico y plasmando el modelo numérico en el software ETABS V.19.0, posteriormente se creó el caso de carga no lineal estático que fue concebido siguiendo las recomendaciones de la mencionada metodología según el ASCE 41-17; es decir utilizando un porcentaje de la carga muerta y viva antes de que la carga estática no lineal afecte al edificio multifamiliar San Bartolo.

Como resultados finales se obtuvo que, para el concreto confinado en el caso más crítico del análisis no lineal estático se encontró una deformación unitaria de 0.0042, la cual ya supera la zona del comportamiento lineal y está muy próxima a la zona del pico máximo que tiene una deformación unitaria de 0.0020. Mostrando que bajo el sismo de diseño ya se superaría la zona elástica pero todavía se tiene un margen de resistencia por tratarse de un concreto confiando, antes del fallo.

Palabras clave: Desempeño, edificio, muros, análisis, metodología.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to evaluate the structural performance of the San Bartolo multifamily building located in the Lima district of San Bartolo, using a non-linear approach, as proposed by the ASCE 41-17 methodology. Plastic markings of the type distributed throughout the section of the structural wall were used, the beams and slabs will be considered as clearly linear sections.

The information from the technical file began to be collected and the numerical model was captured in the ETABS V.19.0 software. Subsequently, the static nonlinear load case was created, which was conceived following the recommendations of the aforementioned methodology according to ASCE 41-17; that is, using a percentage of the dead and live load before the nonlinear static load affects the San Bartolo multifamily building.

As final results, it was obtained that, for the confined concrete in the most critical case of the static nonlinear analysis, a unit strain of 0.0042 was found, which already exceeds the zone of linear behavior and is very close to the zone of the maximum peak that it has. a unit strain of 0.0020. Showing that under the design earthquake the elastic zone would already be exceeded but there is still a margin of resistance because it is a trusting concrete, before failure.

Keywords: Performance, building, walls, analysis, methodology.

INTRODUCCIÓN

El contenido de la presente tesis estuvo basado en cinco capítulos que buscaron proponer el tema de investigación en estudio de manera entendible y ordenada.

En el capítulo I se describió la realidad problemática desde un enfoque técnico, sugiere la manera en cómo tomar el problema, como abordarlo y como solucionarlo.

En el capítulo II se presentó la literatura existente sobre el desempeño estructural y que metodologías o normativas extranjeras son capaces de proponer una serie de componentes que lleven a realizar el mencionado desempeño estructural. Así mismo se propusieron diversas hipótesis y variables en función del problema general.

El capítulo III representó a la metodología de la investigación científica que se utilizó para llegar a los objetivos planteados en la presente tesis, desde el tipo de investigación hasta las técnicas e instrumentación.

En el capítulo IV se tuvo especial interés en presentar la manera en cómo se realizó el procesamiento de datos utilizando el software ETABS, desde la creación de los materiales constitutivos hasta la creación del caso de carga estática no lineal, posteriormente se propuso la contrastación de hipótesis a través de los resultados obtenidos.

Por último, se presenta el Capítulo V, en el cual se realizó la discusión de resultados con diversos autores a nivel internacional, nacional y local, de igual modo se propusieron las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Después de muchas actualizaciones constantes de nuestra normatividad sísmica (E.030 Diseño Sismorresistente), esta sigue induciendo a un diseño lineal y elástico que, bajo sollicitaciones dinámicas, como el sismo u otras excitaciones dinámicas como explosiones, se comportaran de manera inelástica, es decir a la deriva de entrepiso se le multiplica un factor que es igual a $0.75R$, siendo este “R” el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas, estableciendo así, nuestra E.030, el diseño de estructuras de comportamiento lineal elástico pero con desplazamientos inelásticos.

En la actualidad ya existen actualizaciones de normas extranjeras como el ASCE 41-17, FEMA 440, ATC-40, etc, que “exigen” el análisis no lineal estático (ANLE) para el diseño de nuevos edificios, reacondicionamiento sísmico (reforzamiento estructural) y verificación del desempeño, este análisis no lineal estático ANLE es capaz de proporcionar los medios necesarios para calcular la respuesta estructural más allá del rango elástico, incluido el deterioro de la resistencia y la rigidez asociado con el comportamiento no lineal de los materiales constitutivos, pero como todo esto no puede ser gratis se paga un esfuerzo computacional relativamente alto y sobre todo el conocimiento del arte de la no linealidad del material y geométrica.

Finalmente, la presente tesis buscó aplicar la metodología de la normativa ASCE 41-17 en un edificio representativo de muros estructurales de 5 niveles asentada en la zona sísmica de la provincia de Lima, departamento de Lima y distrito de San Bartolo, con la finalidad de definir criterios de aceptación de deformación y resistencia (desempeño estructural) para los niveles de rendimiento de ocupación inmediata, seguridad humana y prevención del colapso.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuánto es el desempeño estructural de edificio de muros estructurales mediante el análisis no lineal estático según la metodología ASCE 41-17?

1.2.1. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Para qué elaborar los modelos matemáticos de edificio de muros estructurales en el software ETABS V.19?
- ¿Cuánto es la masa participativa y periodo fundamental de vibración de los modelos matemáticos de edificio de muros estructurales en el software ETABS V.19?
- ¿De qué manera se puede aplicar el análisis no lineal estático en el edificio de muros estructurales utilizando la metodología del ASCE 41-17?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desempeño estructural de edificio de muros estructurales mediante el análisis no lineal estático según la metodología ASCE 41-17.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Elaborar los modelos matemáticos de edificio de muros estructurales en el software ETABS V.19.

Generar las masas participativas y periodos fundamentales de vibración de los modelos matemáticos de edificio de muros estructurales en el software ETABS V.19.

Aplicar el análisis no lineal estático en el edificio de muros estructurales utilizando la metodología del ASCE 41-17.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Para realizar esta justificación fue necesario mencionar de qué modo los resultados de la investigación servirán para modificar la realidad del ámbito de estudio, básicamente se puede indicar que con esta metodología extranjera se asumieron rotulaciones plásticas del tipo fibra en todas las secciones de concreto armado de muros estructurales generando acumulación de energías en zonas “débiles” con la finalidad de posteriormente evaluarlo de manera global a la estructura y obtener una curva de capacidad, con esta última se pudo describir el desempeño de una estructura dada, cosa que con la normatividad peruana es prácticamente imposible, generándose así una nueva practica en nuestro medio para cambiar la realidad de nuestro ámbito de estudio.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Esta tesis se justificó teóricamente en la utilización y aplicación de normatividades nacionales y extranjeras, es decir complementariamente a nuestra normatividad nacional se aplica una normatividad extranjera que, definitivamente está más actualizada y sobre todo es mucho más realista (brecha). Finalmente fue necesario mencionar que esta brecha entre ambas normatividades se verá reducida en función de los resultados obtenidos.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Definitivamente la aplicación de metodologías extranjeras en nuestra realidad indica que se está planteando un nuevo conocimiento, ya que nuestra propia normativa sismo resistente se basa en normativas extranjeras, pero por un tema político no pueden ser actualizadas y publicadas, es por ello que es trabajo de las universidades en función de sus egresados proponer estas modificaciones.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Existen diversas limitaciones para esta tesis, siendo lo primordial establecer que la presente tesis es aplicada netamente a estructuras con el sistema estructural denominado en nuestra E.030 como muros estructurales ya que se utilizaran plasticidades o rotulas plásticas del tipo fibra, para los demás sistemas estructurales se utilizan otros tipos de plasticidades.

Así mismo, el análisis no lineal estático se limita a edificaciones de muros estructurales que:

- El periodo fundamental de la edificación, T , es mayor o igual a 3.5 veces T_s .
- La irregularidad de rigidez torsional en cualquier piso es más del 150% de la deriva promedio del piso.
- El edificio tiene un sistema resistente a fuerzas sísmicas no ortogonal.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Recursos técnicos: La viabilidad de este trabajo de investigación se basó en que el autor dispone de los recursos necesarios para la ejecución de la misma, es decir se conoce la metodología ASCE 41-17 desde el fondo hasta la forma de aplicación, también se disponía de las herramientas computacionales del software ETABS, se conocía como realizar las definiciones de carga y sobre todo la ejecución del análisis no lineal estático dentro del software.

Así mismo es necesario indicar que la viabilidad de esta tesis ya que se disponía de la información del edificio multifamiliar denominado "San Bartolo" ubicado en la provincia de Lima, departamento de Lima y distrito de San Bartolo, referido a los planos de arquitectura, estructuras, de la cual se desprende las dimensiones en planta y elevación de los componentes estructurales (muros estructurales, vigas y losas).

Recursos Humanos. Otro parámetro para indicar la viabilidad de esta tesis tuvo lugar en el tiempo, referido al periodo de tiempo en que fue

ejecutado por el autor. También se disponía de un asesor especialista en estructuras y con experiencia en temas del análisis no lineal.

Recursos materiales. Para la ejecución de la presente tesis fue muy necesario la utilización de herramientas computacionales altas capaces de realizar el trabajo pesado de ejecución del análisis no lineal estático, lo cual el autor poseía a su alcance.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los antecedentes de la tesis en cuestión, expuestos a continuación corresponden a investigaciones internacionales, nacionales y locales. Estos antecedentes fueron extraídos de diversos repositorios que contienen diversas investigaciones, tales como: DIALNET, RENATI, CONCYTEC, etc.

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Chamaza M. y Córdova E. (2022), realizaron su tesis de grado denominado “Estudio comparativo del análisis estático no lineal de estructuras regulares de hormigón armado aplicando normativa ecuatoriana, colombiana, peruana y chilena” la cual está basada en el desempeño sísmico aplicando un análisis no lineal de dos edificios regulares de 5 y 7 pisos ubicados en zonas fronterizas que presentan mayor sismicidad y posean características de suelo similares. Por lo tanto, se tomó como referencia las siguientes normativas: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), en Perú el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la Norma Chilena Oficial y Decreto Supremo 61 (NCh-DS61). Para lo cual se generó 12 modelaciones, 2 por cada frontera; utilizando un paquete computacional. Primero se realizó un análisis estático, dinámico y luego un análisis no lineal (Pushover) considerando el reglamento FEMA y ASCE 41-13, con el fin de obtener cada curva de capacidad, punto de desempeño y nivel de desempeño. Los resultados generados indicaron que las estructuras aplicando la norma NCh433 tiene un mejor comportamiento ante un sismo de diseño obteniendo un nivel de desempeño funcional, con aplicación de la norma RNE poseen un nivel de desempeño que resguarda la seguridad de vida y empleando las normativas NEC y NSR no tiene un comportamiento adecuado en una zona sísmica alta dando un nivel de desempeño en prevención al colapso.

Medina R. (2018), realizó una investigación científica en el país de Chile denominado “Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena”, en donde determino el nivel de desempeño de un edificio estructurado en base a muros de hormigón armado, el cual es diseñado según la normativa chilena vigente (DS60, 2011, DS61, 2011). Para determinar el nivel de desempeño se utiliza el Método de Espectro de Capacidad MEC, el cual superpone el espectro de capacidad y demanda sísmica. El espectro de capacidad se construye a partir de la curva de capacidad estructural del edificio, la cual se obtiene mediante un análisis estático no lineal pushover. Al utilizar esta herramienta se deben incorporar propiedades no lineales a los materiales que componen los muros usando leyes constitutivas (relaciones tensión-deformación). Para el análisis pushover se consideran 3 patrones de carga. Los espectros de demanda sísmica considerados se obtienen según movimientos sísmicos de diseño establecidos por Lagos et al. (2012) provenientes de estudios de riesgo sísmico en edificios chilenos. Además, se considera dos formas para la determinación del espectro de desplazamiento elástico: la establecida en el DS61 (2011) y la señalada por ATC y FEMA. A partir de los puntos de desempeño obtenidos se determinan distintos parámetros, tales como: desplazamientos y cortes por piso y tensiones en los muros. Con el fin de comparar los resultados obtenidos con lo propuesto por Vision 2000, se determina el desplazamiento objetivo (cociente entre desplazamiento de techo y altura del edificio). Se concluye que el edificio analizado cumple, para todos los puntos de desempeño determinados, que el desplazamiento objetivo no supera los límites establecidos por Visión 2000. Finalmente, el nivel de desempeño del edificio, para todos los casos considerados, no supera el operacional, lo cual coincide con la experiencia chilena, según Lagos et al. (2012).

Zabala A. (2017), mediante su tesis de master en la universidad politécnica de Cartagena – España denominada “Modelado y análisis Pushover de la respuesta sísmica de estructuras de acero” realiza una

breve introducción a los fundamentos de la ingeniería sísmica y a los métodos de diseño sismo resistente más importantes, prestando mayor atención al análisis estático no lineal o pushover. Posteriormente utilizando el programa de cálculo estructural Autodesk Robot Structural Analysis Professional aplicó la técnica de análisis pushover a diferentes estructuras de acero con uniones precalificadas para estudiar la influencia de los arriostramientos en la respuesta sísmica del edificio, concluyendo que El método pushover de la norma EN 1998-1:2004 obtiene desplazamientos objetivos similares para el pórtico sin arriostrar y el arriostrado en X. Sin embargo, este último es capaz de resistir un cortante basal mayor antes de llegar al colapso, como muestran las curvas pushover. Por otro lado, el pórtico arriostrado en V presenta un comportamiento más rígido, y por tanto, una menor deformación en su tramo inicial. No obstante, el comportamiento post - pandeo de este pórtico arriostrado en V solicita en exceso a flexión a las vigas centrales llevando a la estructura a un colapso global prematuro. Por tanto, el uso de esta tipología de arriostramiento debe ser analizada en detalle para evitar esta situación.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Cahuana M. y Ccaso G. (2021), realizaron una investigación denominada “Desempeño sísmico aplicando el análisis estático no lineal (pushover) del módulo III de la comisaria de ciudad nueva, Tacna 2021” donde el objetivo principal fue evaluar el desempeño sísmico del módulo III de la comisaria tipo C ubicado en la asociación 28 de agosto en el distrito de ciudad nueva, departamento de Tacna. Los autores iniciaron con un análisis lineal según la norma E.030, posteriormente realizaron un análisis no lineal estático no lineal en base a las recomendaciones establecidas por el comité de VISION 2000, SEAOC, ATC-40 y ASCE/SEI 41-17, los autores indican como resultados que: la curva de capacidad de la estructura en la dirección X tiene una fuerza cortante en la base del orden de 488014.84 kg-f lo cual genero un desplazamiento de 0.082 metros, el punto de desempeño de la estructura se determinó

por medio de la aplicación del método de los coeficientes de ASCE/SEI 41-17 y finalmente también indican que la edificación no cumple con el objetivo de desempeño para edificaciones esenciales.

Choque F. y Luque E. (2019) desarrollaron una tesis denominada “Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E.030” en la cual, los autores plantearon dos modelos de estudio basados en dos sistemas estructurales en concreto armado, el primero de pórticos y el segundo de muros estructurales (muros de corte), con el objeto de estudiar su comportamiento frente a diferentes niveles de amenaza sísmica. Los modelos estructurales fueron establecidos en función de los criterios y requerimientos establecidos en la normativa vigente, el análisis estructural para cargas de gravedad y de sismo se desarrolló en el programa ETABS, Posteriormente, realizaron el Análisis Estático No Lineal – Pushover siguiendo las recomendaciones dadas por el ASCE/SEI 41-13. Los modelos y el análisis se desarrollaron en el programa ETABS, obteniéndose las curvas de capacidad de los sistemas estructurales de estudio, así como los mecanismos de formación de rótulas plásticas en sus elementos. El punto de desempeño de las estructuras se determina mediante la aplicación de dos métodos: el Método del Espectro de Capacidad (ATC-40, FEMA 440); y el Método de Coeficientes (FEMA 440, ASCE/SEI 41-13). La demanda sísmica se define a partir del espectro de diseño de la norma NTE E.030 (2018). Finalmente, presentaron la evaluación del desempeño sísmico según los objetivos de desempeño recomendados por el Comité Visión 2000 y el ATC-40.

Rivera N. (2018) ejecutó la investigación denominada “Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal PUSHOVER”, el autor buscó evaluar el desempeño sísmico empleando un análisis estático no lineal “Pushover” de un edificio de concreto armado de cinco pisos de acuerdo a la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E-030, que consiste en determinar

la curva de capacidad de la estructura aplicando la técnica del “Pushover”, la evaluación del desempeño sísmico de la estructura de estudio, no solamente se centró en predecir si la estructura colapsará o no cuando este se encuentre sometido a un sismo relativamente máximo; sino en brindar al diseñador o ingeniero estructural y al cliente los límites aceptables para cada nivel de peligro que pueda tener la estructura en toda su vida útil. Sin embargo, en primer lugar, resguardar la vida de los seres humanos y controlar las posibles pérdidas económicas que se pueda tener.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Narro D. (2019) , en la universidad de Huánuco realizo la siguiente tesis denominada “Evaluación del desempeño sismo resistente aplicando el método de análisis estático no lineal Pushover en una edificación de 4 niveles en la ciudad de Huánuco 2019”, basándose en estudiar el desempeño sísmico de un edificio multifamiliar de albañilería confinada de cuatro niveles ubicado en la ciudad de Huánuco, mediante la aplicación de modelos de plasticidad concentrada para el caso de elementos viga-columna; puntal tirante, para el caso de muros de albañilería confinada; y los modelos constitutivos de Martinelli. A metodología empleada en el desarrollo del presente trabajo tuvo dos partes esenciales, la primera orientada al estudio de las características geométricas, materiales y sistemas estructurales presentes en la edificación; mientras que la segunda parte estuvo orientada al desarrollo de modelos matemáticos para el análisis no lineal de la estructura. A partir de estos se materializaron la obtención de la curva de capacidad estructural, demanda sísmica y la determinación del punto de desempeño estructural. Los resultados obtenidos indican que el desempeño sísmico de la estructura analizada para un sismo con periodo de retorno de 475 años fue de seguridad de vida, tanto en la dirección X como en la dirección Y, mientras que, para un sismo con un periodo de retorno de 2500 años, el desempeño sísmico fue prevención de colapso en la dirección transversal.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CURVA DE CAPACIDAD Y TIPOS DE ANÁLISIS

Adolfo G. (2008), en donde se muestra un diagrama de cortante basal versus desplazamiento del techo de una estructura cualquiera, en dicho diagrama se ve la curva de capacidad obtenida a partir del análisis no lineal, también se muestra los tipos de análisis no lineales que existen en la actualidad, siendo:

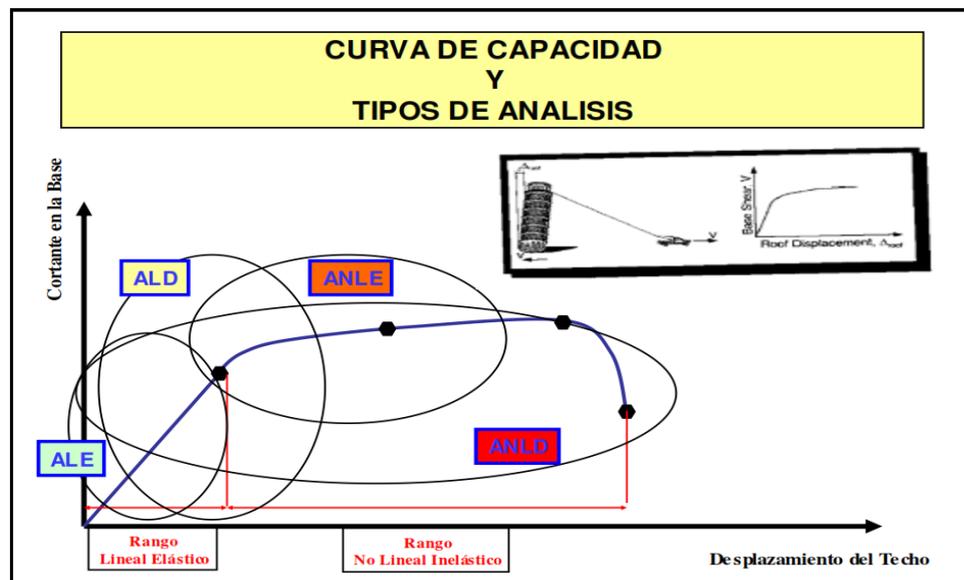
ALE: Análisis lineal estático

ALD: Análisis lineal dinámico

ANLE: Análisis no lineal estático

ANLD: Análisis no lineal dinámico.

Figura 1
Curva de capacidad y tipos de analisis



Nota: Explicación gráfica sobre la curva de capacidad y los tipos de análisis existentes y su rango de aplicación. Tomado de Gálvez, A (2008): "El análisis no lineal dinámico y su aplicación en la simulación de respuestas estructurales". ADGAVI y Asociados SAC.

Interpretación: De la imagen se desprende que los análisis lineales solamente son capaces de reproducir el comportamiento lineal y elástico de una estructural, por otro lado en análisis no lineal estático, es un método que permite evaluar desde donde se deja de ser lineal hasta una

gran parte de la curva, estando dentro del rango no lineal inelástico, y finalmente el análisis no lineal dinámico es un método mucho más complejo y completo a la vez, siendo capaz de reproducir el comportamiento de cualquier estructura desde el rango lineal elástico y el rango no lineal inelástico, finalmente la imagen es muy subjetiva siendo necesario profundizar los conocimientos de los análisis no lineales.

2.2.2. MODELO TEÓRICO DE TENSIONES-DEFORMACIONES PARA HORMIGÓN

➤ CONFINADO – J. B. MANDER

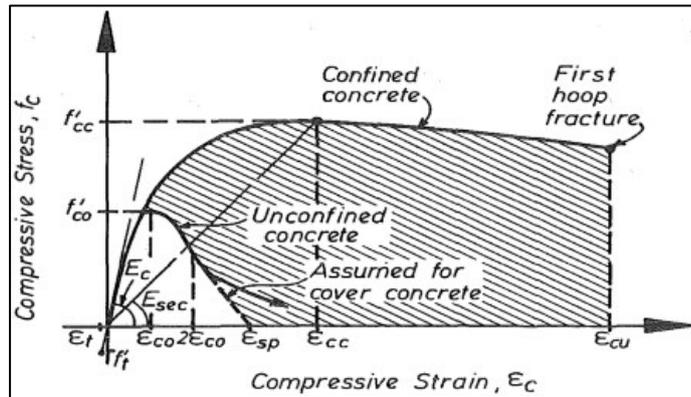
Mander et. Al (1988) desarrollo un modelo unificado de Esfuerzo-deformación para el concreto confinado para elementos estructurales con secciones circulares o rectangulares, excitados bajo carga estática o dinámica, ya sea de forma monotónica o cíclica. Para ello inician explicando y detallando investigaciones anteriores como las de Scott et. al. (1982), Sheikh and Uzumeri (1980), y Vellenas et. al. (1977) que demostraron que el confinamiento mejora: si el refuerzo transversal (estribos) se coloca a relativamente cerca uno del otro, también si se incluyen aros adicionales, de igual modo si las barras longitudinales (refuerzo longitudinal) están correctamente distribuidas alrededor del perímetro.

Enfoque unificado esfuerzo deformación para hormigón confinado con la carga monotónica en velocidad de deformación lento.

Mander et al. (1984) propuso la siguiente expresión de esfuerzo – deformación para el concreto confinado aplicable para secciones circulares y rectangulares, la misma que fue basada en una ecuación propuesta por Popovics (1973), para una velocidad de deformación lenta (casi estática) y una carga monótona, el esfuerzo de compresión longitudinal del hormigón f'_c :

$$f_c = \frac{f'_{cc} x^r}{r - 1 + x^r}$$

Figura 2
 Curva esfuerzo deformación del concreto según Mander

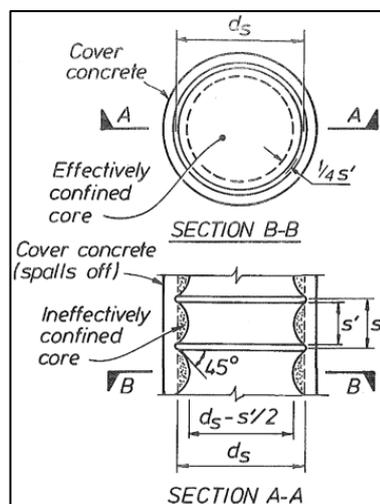


Nota: Vista de la curva esfuerzo deformación para el concreto confinado y el concreto no confinado según J. Mander et al. (1988).

Presión de confinamiento lateral efectiva y el coeficiente de efectividad de confinamiento.

Los autores propusieron un enfoque similar usado por Sheikh y Uzumeri (1980) para determinar esta presión de confinamiento lateral efectiva en secciones de concreto. Obteniendo que la presión transversal máxima del acero de confinamiento solo se puede ejercer de manera efectiva en esa parte del núcleo de concreto donde la tensión de confinamiento se ha desarrollado completamente debido a la acción de arco, tal como lo indican las figuras N°02 y N°03 respectivamente:

Figura 3
 Presiones transversales del estribo al concreto confinado

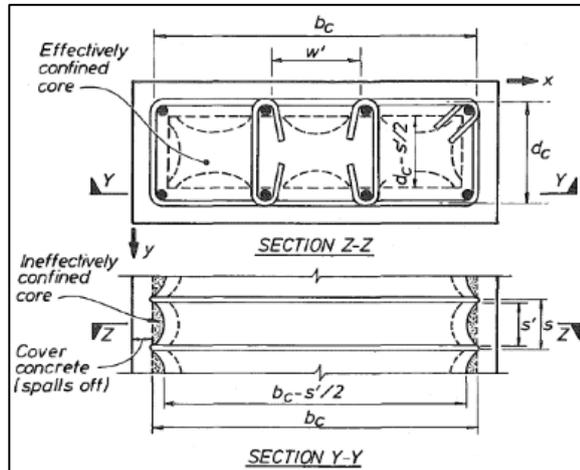


Nota: Distribución de las paraboloides de confinamiento al considerar estribos que generan el confinamiento del concreto, obtenido de J Mander et al. (1988).

Se supuso que, que la acción de arco ocurre en forma de una parábola de segundo grado con una pendiente tangente inicial a 45°

Figura 4

Acción del arco ocurre en forma de una parábola de segundo grado con una pendiente tangente inicial a 45°



Nota: Presiones de confinamiento en secciones de concreto armado, obtenido de J. Mander et al. (1988)

En la Fig. 3, se supuso que, nuevamente que la acción de arco actúa en forma de parábolas de segundo grado con una pendiente tangente inicial de 45°. El arco se produce verticalmente entre las capas de barras transversales del aro y horizontalmente entre las barras longitudinales.

Resistencia a la compresión de hormigón confinado (f'_{cc}):

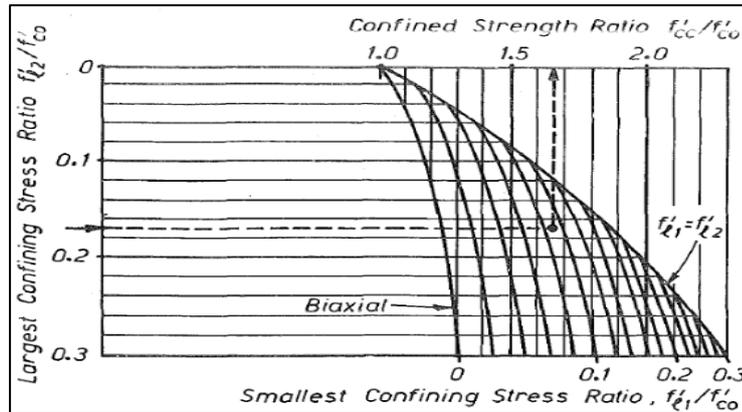
Para la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón confinado f'_{cc} , los autores se basaron en la superficie de falla multiaxial de “cinco parámetros”, la solución general de este criterio de falla se determina entrando con los valores de:

$$f'_{cc} = f'_{co} \left(-1.254 + 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 f'_l}{f'_{co}}} - 2 \frac{f'_l}{f'_{co}} \right)$$

Los autores propusieron para la determinación de la fuerza confinada a partir de las tensiones de confinamiento lateral para secciones rectangulares:

Figura 5

Determinación de la fuerza confinada a partir de las tensiones de confinamiento lateral para secciones rectangulares



Notas: Curvas necesarias para la determinación de la fuerza confinada a partir de las tensiones de confinamiento lateral para secciones de concreto armado, tomado de Park et al. (1992).

Relación tensión – deformación para la carga cíclica a velocidades de deformación lento:

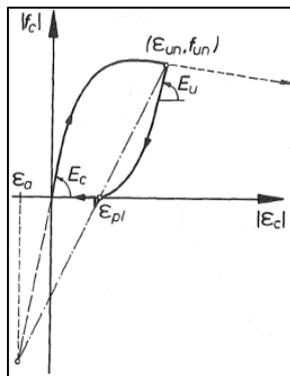
Se supuso que la curva monotónica es la curva esquelética, los resultados de las pruebas para concreto confinado por Mander et al. (1984) mostraron que este supuesto se aplica para especímenes de concreto reforzado (concreto armado).

- Rama de descarga:

Descarga de compresión: Para establecer una curva de esfuerzo deformación de inversión a partir de la curva de carga se debe determinar una tensión plástica, tal como lo muestra la siguiente figura:

Figura 6

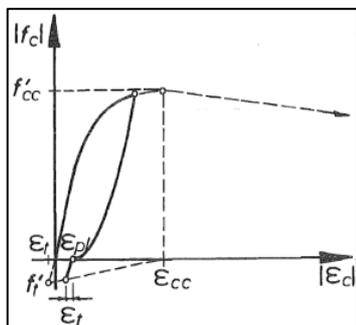
Rama de descarga - Deformación de inversión a partir de la curva de carga



Nota: Rama de descarga en compresión del acero de refuerzo, obtenido de D. Restrepo-Posada (1994).

Descarga de tracción: El supuesto deterioro de la resistencia a la tracción debido a los historiales de tensión compresiva se idealizó según se muestra en la siguiente figura:

Figura 7
Descarga de tracción



Nota: Rama de descarga en tracción del acero de refuerzo, obtenido de D. Restrepo-Posada (1994).

□ Rama de descarga:

Los autores indicaron que, cuando se excede el esfuerzo de tracción en la resistencia a la tracción se generan las grietas se abren, para verificar las curvas de esfuerzo deformación que incluyan la descarga y la recarga se verificó la siguiente figura:

Tensión última del concreto confinado:

Mander et al. (1984) propuso un método racional para predecir la deformación compresiva del concreto longitudinal en la primera fractura del aro basada en un enfoque de balance de energía. En este enfoque, la ductilidad adicional disponible cuando se confinan los elementos de hormigón se considera debida a la energía almacenada en el refuerzo transversal. Según el figura de esfuerzo deformación propuesto por Mander el área debajo de cada curva representa la energía de deformación total por unidad de volumen para "fallar" el concreto. El aumento de la energía de tensión en el fallo resultante del confinamiento solo se puede proporcionar por la capacidad de deformación del refuerzo de confinamiento cuando cede en tensión.

2.2.3. MODELO PARA LA PREDICCIÓN DE COMPORTAMIENTO CÍCLICO DE LAS ACEROS DE REFUERZO – DOOD RESTREPO – POSADA

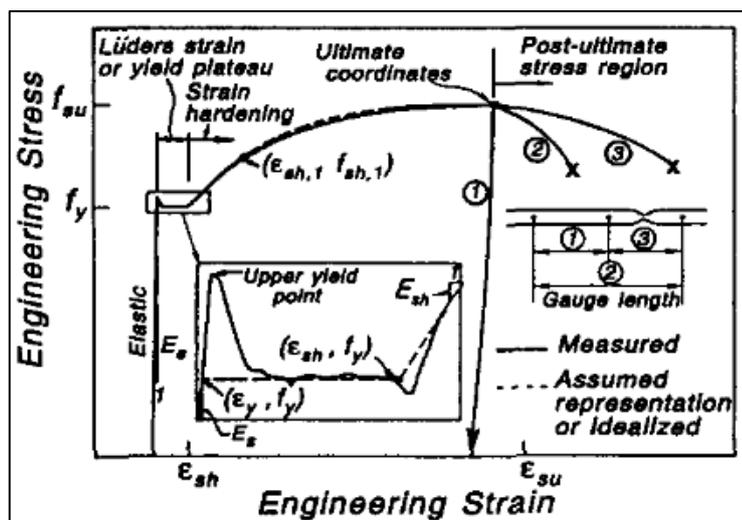
Los autores de esta investigación desarrollaron relaciones teóricas entre la tensión y compresión expresados en modelo Esfuerzo-deformación para el acero, su modelo macroscópico estuvo formulado para predecir el comportamiento cíclico de esfuerzo deformación del acero de refuerzo, este modelo se basó en coordenadas naturales y fue capaz de representar el efecto Bauschinger por una simple expresión.

Comportamiento monotónico de esfuerzo deformación:

La forma general de la curva esfuerzo deformación para el Acero Estructural en tensión hasta la rotura está representado por cuatro regiones: (1) La región elástica lineal, (2) la región de la platea o meseta de fluencia, (3) la región de endurecimiento por deformación, y (4) La región de rotura. La región elástica lineal de la curva esfuerzo deformación es lineal y la pendiente se denomina Modulo de Elasticidad o de Young.

En la platea o meseta de fluencia el acero se comporta plásticamente, típicamente se supone que es horizontal, pero ello no es realmente el caso ya que debe tomarse como un promedio arbitrario dentro del rango de la meseta. En el punto en el que termina la platea de fluencia y comienza el endurecimiento comienza el endurecimiento por deformación, se produce una caída en la meseta de rendimiento, seguida de un aumento pronunciado que cambia repentinamente la pendiente en la región de endurecimiento por deformación relativamente suave. La tensión en que comienza la región idealizada de endurecimiento por deformación se ve afectada por los supuestos del límite elástico y el modelo de endurecimiento por deformación, como lo muestra la siguiente figura:

Figura 8
Tensión en que comienza la región idealizada de endurecimiento por deformación



Nota. Curva esfuerzo y deformación del acero de refuerzo, se muestra las 4 regiones de plasticidad, obtenido de D. Restrepo-Posada (1994).

En la región de tensión postúltima se asume que las coordenadas últimas marcan el final de la región útil de la curva tensión-deformación.

Curva de esfuerzo – deformación esquelética idealizada en coordenadas naturales:

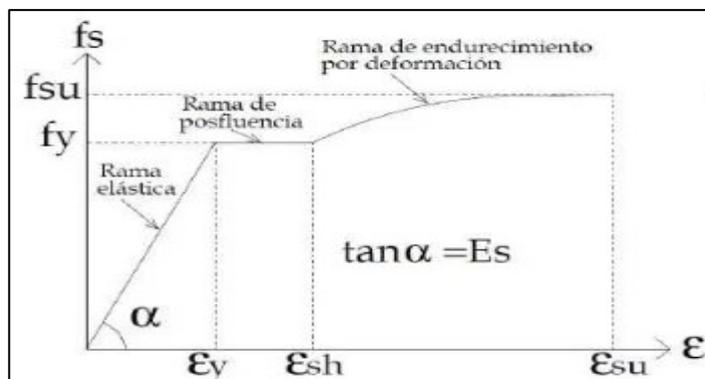
Los autores propusieron diversas ecuaciones para determinar las relaciones de comportamiento esfuerzo – deformación monótona idealizada del acero de refuerzo en coordenadas similares. La ecuación propuesta para la región de endurecimiento por deformación se basa en la curva de Mander *et al.* (1984).

Comportamiento cíclico esfuerzo – deformación:

Se puede encontrar una solución para cualquier conjunto de condiciones finales, y que tiene un parámetro simple que permite la "suavidad" de la curva de Bauschinger, determinada por el área bajo la curva en relación con el paralelogramo circundante, que se controlará. Los autores encontraron que tal ecuación se encuentra más fácilmente si la curva se transforma del sistema de coordenadas naturales a un sistema normalizado perfectamente rígido o perfectamente plástico.

Desarrollo de las curvas esfuerzo – deformación para el acero corrugado a615, según el modelo de Dodd y Restrepo

Figura 9
Curvas esfuerzo – deformación para el acero corrugado A615



Nota. Curva esfuerzo deformación para el acero de refuerzo corrugado A615 (utilizado en la presente investigación) obtenido de D. Restrepo-Posada (1994).

Para la curva teórica en la zona en tracción se usó las expresiones propuestas por Mander et al. (1988), en cambio para la curva teórica en compresión se usó las ecuaciones propuestas por Dodd y Restrepo (1995). Posteriormente se calculó las variables de deformación del acero:

Tabla 1
Datos de entrada

DATOS DE ENTRADA		
f_y	419.93	Mpa
E_s	200000	Mpa
F_{sh}	419.93	mm

Nota. Muestra el ingreso de datos de esfuerzo de fluencia, modulo de elasticidad del acero de refuerzo y la deformacion en la zona de fluencia.

Posteriormente se calculó las variables de deformación del acero:

Tabla 2
Datos de entrada para las variables de deformación del acero de refuerzo

E_y	0.00209965
E_{sh}	0.00210000
f_{su}	524.9125
E_{su}	0.09

Nota. Muestra el ingreso de datos deformacion elastica, deformacion en el punto de fluencia, esfuerzo ultimo del acero de refuerzo y la deformacion ultima del acero de refuerzo

Para la figura de la curva de esfuerzo deformación del acero se utilizaron las siguientes expresiones:

Figura 10
Curva teórica de esfuerzo

La curva teórica esfuerzo-deformación del acero de refuerzo empleada para el análisis se define para la zona en tracción mediante las expresiones siguientes Mander et al. (1988)

$$f_s(\varepsilon_s) = \begin{cases} E_s \varepsilon_s & \text{si } \varepsilon_s \leq \varepsilon_y \\ f_y & \text{si } \varepsilon_y < \varepsilon_s < \varepsilon_{sh} \\ f_{su} + (f_y - f_{su}) \left(\frac{\varepsilon_{su} - \varepsilon_s}{\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh}} \right)^p & \text{si } \varepsilon_s \geq \varepsilon_{sh} \end{cases}$$

$$P = E_{sh} \left(\frac{\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh}}{f_{su} - f_y} \right)$$

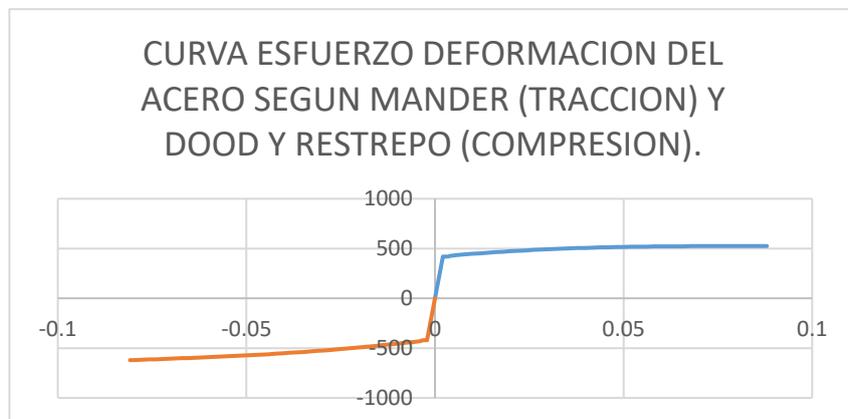
Figura 11
Zona en compresión

Para la zona en compresión se emplea la expresión de Dodd y Restrepo (1995), en función a la curva a tracción (f_s). La curva de esfuerzos de compresión y la deformación del acero se define según las ecuaciones siguientes.

$$f_{sc}(\varepsilon_{sc}) = -f_s(\varepsilon_s)(1 + \varepsilon_s)^2$$

$$\varepsilon_{sc} = -\frac{\varepsilon_s}{(1 + \varepsilon_s)}$$

Figura 12
Curvas esfuerzo – deformación para el acero corrugado – Tracción (Mander) y compresión (Dood Restrepo)



Nota. Representación numérica del modelo de esfuerzo deformación del acero de refuerzo desde el software Excel, M. Rojas (2021).

2.2.4. ROTULAS PLÁSTICAS EN MUROS ESTRUCTURALES SEGÚN EL CSI ANALYSIS REFERENCE MANUAL (ETABS)

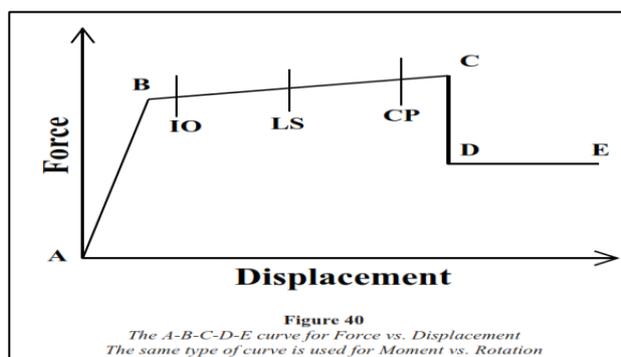
Para ETABS, las bisagras también se pueden asignar a muros de cortante verticales. Estas bisagras son de tipo fibra P-M3, y actúan siempre en el centro del elemento envolvente. Cuando hay rótulas en un elemento de lámina de muro de corte, el comportamiento de la tensión de membrana vertical se rige por la rótula, mientras que la tensión de membrana horizontal y de cizalladura, así como el comportamiento de flexión fuera del plano, se rigen por las propiedades del elemento de lámina.

Las bisagras solo afectan el comportamiento de la estructura en análisis de tiempo-historia no lineal estático y no lineal. El comportamiento de las bisagras no afecta el análisis modal time-history (FNA) no lineales, a menos que las bisagras se modelen como enlaces, como se describe más adelante en este capítulo.

Para ayudar con la convergencia, el programa limita automáticamente la pendiente negativa de una bisagra para que no sea más rígida que el 10 % de la rigidez elástica del elemento Frame que contiene la bisagra. Si necesita pendientes más pronunciadas, puede asignar una sobre escritura de bisagra que malla automáticamente el elemento del marco alrededor de la bisagra. Al reducir el tamaño del elemento mallado, puede aumentar la inclinación de la pendiente.

Figura 13

La curva ABCDE para Fuerza frente a Desplazamiento, el mismo tipo de curva se utiliza para Momento frente a Rotación



Nota: Curva necesaria para la realización de las consideraciones del momento curvatura en el software ETABS V19.0, obtenido de CSI analysis Reference Manual (2019).

La forma de esta curva, como se muestra, está destinada al análisis pushover. Puedes usar cualquier forma que quieras. Deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- El punto A es siempre el origen.
- El punto B representa ceder. No se produce deformación en la articulación hasta el punto B, independientemente del valor de deformación especificado para el punto B. El desplazamiento (rotación) en el punto B se restará de las deformaciones en los puntos C, D y E. Solo la deformación plástica más allá del punto B será exhibido por la bisagra.
- El punto C representa la capacidad máxima para el análisis pushover. Sin embargo, puede especificar una pendiente positiva de C a D para otros fines.
- El punto D representa una fuerza residual para el análisis pushover. Sin embargo, puede especificar una pendiente positiva de C a D o de D a E para otros fines.
- El punto E representa el fracaso total. Más allá del punto E, la bisagra dejará caer la carga hasta el punto F (no se muestra) directamente debajo del punto E en el eje horizontal. Si no desea que su bisagra falle de esta manera, asegúrese de especificar un valor grande para la deformación en el punto E.

Puede especificar medidas de deformación adicionales en los puntos IO (ocupación inmediata), LS (seguridad de vida) y CP (prevención de colapso). Estas son medidas informativas que se informan en los resultados del análisis y se utilizan para el diseño basado en el rendimiento. No tienen ningún efecto sobre el comportamiento de la estructura.

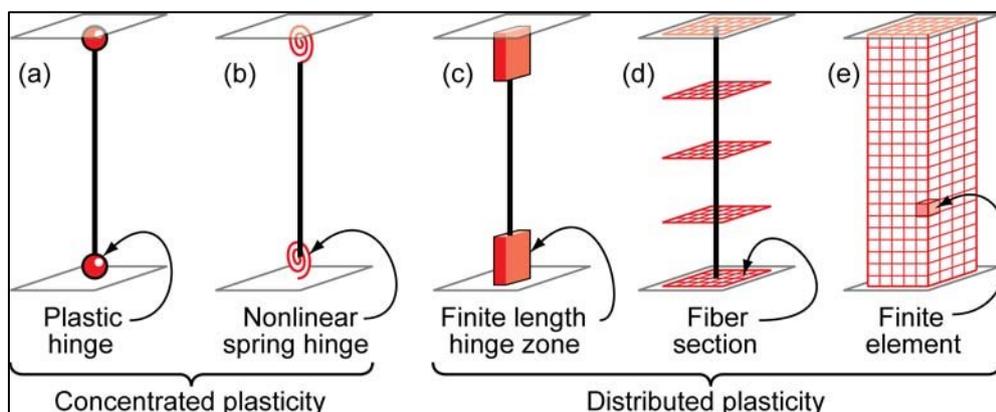
Antes de llegar al punto B, toda la deformación es lineal y se produce en el propio elemento Marco, no en la bisagra. La deformación

plástica más allá del punto B ocurre en la articulación además de cualquier deformación elástica que pueda ocurrir en el elemento. Cuando la articulación se descarga elásticamente, lo hace sin deformación plástica, es decir, paralela a la pendiente AB.

2.2.5. TIPOS DE MODELOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL – PLASTICIDADES

Los modelos de componentes estructurales inelásticos se pueden diferenciar por la forma en que la plasticidad se distribuye a través de las secciones transversales de los miembros y a lo largo de su longitud. Por ejemplo, se muestra en Figura 14 es una comparación de cinco tipos de modelos idealizados para simular la respuesta inelástica de vigas columnas. Se pueden modelar varios tipos de elementos estructurales (p.ej., vigas, columnas, arriostramientos y algunos muros de flexión) usando los conceptos ilustrados en la Figura 14:

Figura 14
Modelos idealizados de elementos viga – columna y muros estructurales



Nota. Descripción de plasticidades del tipo concentradas y distribuidas, obtenidas del NEHRP (2010).

Los modelos más simples concentran las deformaciones inelásticas al final del elemento, como por ejemplo a través de una rótula rígido plástica (Figura 14-a) o un resorte inelástico con propiedades histeréticas (Figura 14-b). Al concentrar la plasticidad en rótulas de longitud cero con parámetros de modelo de momento-rotación, estos elementos tienen formulaciones numéricamente eficientes relativamente condensadas.

El modelo de bisagra de longitud finita (Figura 14-c) es una formulación de plasticidad distribuida eficiente con zonas de articulación designadas en los extremos de los miembros. Las secciones transversales en las zonas de articulación inelástica se caracterizan a través de relaciones de momento-curvatura no lineales o integraciones de sección de fibra explícitas que imponen la suposición de que las secciones planas permanecen planas. La longitud de la rótula inelástica puede ser fija o variable, según se determina a partir de las características de curvatura de momento de la sección junto con el gradiente de momento y la fuerza axial concurrentes. La integración de las deformaciones a lo largo de la longitud de la bisagra captura la dispersión de la fluencia de manera más realista que las bisagras concentradas, mientras que la longitud finita de la bisagra facilita el cálculo de las rotaciones de la bisagra.

La formulación de fibra (Figura 14-d) los modelos distribuyen la plasticidad mediante integraciones numéricas a través de las secciones transversales de los miembros y a lo largo de la longitud del miembro. Los modelos de materiales uniaxiales se definen para capturar las características de tensión deformación axial histerética no lineal en las secciones transversales. Se aplica la suposición de que las secciones planas permanecen planas, donde las "fibras" de material uniaxial se integran numéricamente sobre la sección transversal para obtener las resultantes de tensión (fuerza y momentos axiales) y las relaciones incrementales de momento-curvatura y fuerza deformación axial. Los parámetros de la sección transversal luego se integran numéricamente en secciones discretas a lo largo de la longitud del miembro, utilizando funciones de interpolación de fuerza o desplazamiento (Kunnath et al. 1990, Spacone et al. 1996). Las formulaciones de fibras distribuidas generalmente no informan rotaciones de bisagra plástica, pero en su lugar informan deformaciones en las fibras de sección transversal de acero y hormigón. Las demandas de deformación calculadas pueden ser bastante sensibles al gradiente de momento, la longitud del elemento, el método de integración y los parámetros de endurecimiento por

deformación en las demandas de deformación calculadas, Por lo tanto, las demandas de deformación y los criterios de aceptación deben compararse con los modelos de articulación concentrada, para los cuales los criterios de aceptación de rotación se informan más ampliamente.

Los modelos más complejos (Figura 14-e) discretizan el continuo a lo largo de la longitud del miembro y a través de las secciones transversales en pequeños (micro) elementos finitos con propiedades constitutivas histeréticas no lineales que tienen numerosos parámetros de entrada. Este nivel fundamental de modelado ofrece la mayor versatilidad, pero también presenta el mayor desafío en términos de calibración de parámetros del modelo y recursos computacionales. Al igual que con la formulación de fibra, las deformaciones calculadas a partir de los elementos finitos pueden ser difíciles de calcular.

2.2.6. ELEMENTO DE PLASTICIDAD DISTRIBUIDA VERSUS CONCENTRADA

Elementos de plasticidad distribuida versus concentrada Mientras que las formulaciones de plasticidad distribuida (Figuras 14-c, 14-a y 14-e) modelan las variaciones de la tensión y la deformación a través de la sección y a lo largo del miembro con más detalle, los comportamientos locales importantes, como la degradación de la resistencia debido al pandeo local de las barras o alas de acero de refuerzo, o la interacción no lineal de flexión y cortante, son difíciles de determinar. Captura sin modelos sofisticados y numéricamente intensivos. Por otro lado, los modelos concentrados fenomenológicos de bisagra/resorte (Figura 14-a y 14-b), puede ser más adecuado para capturar la respuesta de degradación no lineal de los miembros a través de la calibración utilizando datos de prueba de miembros en curvas de histéresis y momento rotaciones fenomenológicas. Por lo tanto, al seleccionar tipos de modelos de análisis, es importante comprender (1) el comportamiento esperado, (2) las suposiciones y (3) las aproximaciones inherentes al tipo de modelo propuesto. Si bien las formulaciones más sofisticadas pueden parecer ofrecer mejores capacidades para modelar ciertos aspectos del

comportamiento, los modelos simplificados pueden capturar de manera más efectiva la característica relevante con la misma o menor aproximación. Lo mejor es obtener conocimiento y confianza en modelos específicos e implementaciones de software mediante el análisis de pequeños ejemplos de prueba, donde uno puede interrogar efectos de comportamiento específicos.

2.2.7. REQUISITOS PARA EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL

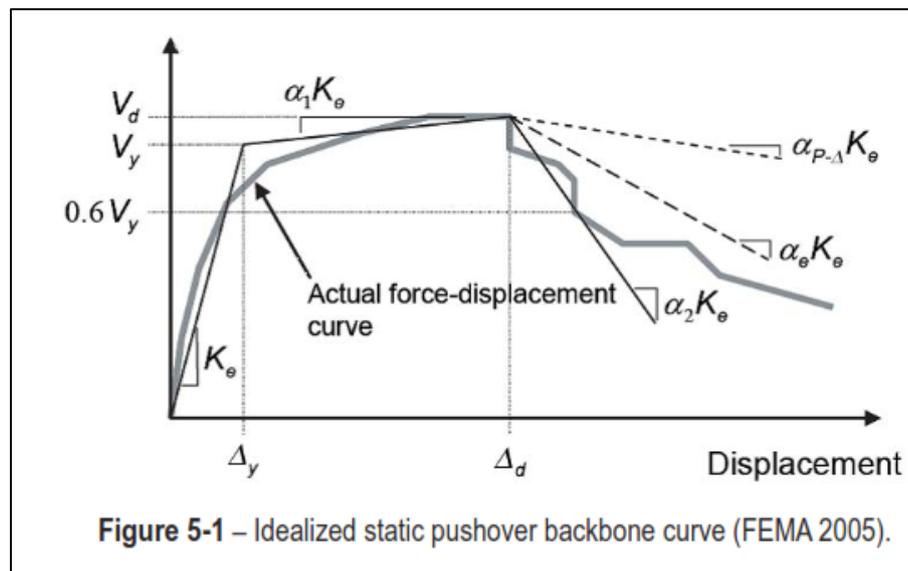
En el procedimiento estático no lineal, el modelo estructural está sujeto a una carga lateral incremental cuya distribución representa las fuerzas de inercia esperadas durante el movimiento del suelo. La carga lateral se aplica hasta que los desplazamientos impuestos alcancen el llamado “desplazamiento objetivo”, que representa la demanda de desplazamiento que los movimientos sísmicos del suelo impondrían a la estructura. Una vez cargados al desplazamiento objetivo, los parámetros de demanda de los componentes estructurales se comparan con los respectivos criterios de aceptación para el estado de desempeño deseado. También se pueden verificar los parámetros de demanda a nivel del sistema, como las derivas de piso y los cortes de la base. El procedimiento estático no lineal es aplicable a edificios regulares de baja altura, donde la respuesta está dominada por el modo fundamental de vibración. Es menos adecuado para personas más altas, esbeltas, o edificios irregulares, donde múltiples modos de vibración afectan el comportamiento.

2.2.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS, MODELADO Y RESULTADO

La rigidez no lineal y la resistencia de los componentes se modelan con base en una curva envolvente cíclica, que implícitamente representa la degradación debida a la carga cíclica que se espera bajo los terremotos. Las cargas se aplican en los nodos donde se desarrollarían fuerzas de inercia dinámicas y se incrementan monótonamente sin inversiones de carga. Se define un punto de control para el desplazamiento objetivo, generalmente en la parte superior (nivel del

techo) de la estructura. La gráfica de la fuerza cortante base resultante como una función del desplazamiento del punto de control (techo) a menudo se reconoce como la "curva de empuje" de la estructura. La curva pushover se puede simplificar aún más mediante ramas inclinadas idealizadas de comportamiento elástico, endurecimiento posterior al rendimiento y ablandamiento (degradación), como se muestra en la Figura 5-1, y se utiliza para examinar el rendimiento general del edificio. FEMA440 y 440Describe cómo se ha utilizado la curva pushover idealizada en análisis dinámicos no lineales simplificados para establecer criterios de resistencia mínima para laterales inestabilidad dinámica. FEMA 440A también brinda orientación sobre cómo realizar análisis dinámicos no lineales simplificados sobre una base específica de la estructura para reducir la incertidumbre en el desplazamiento objetivo calculado, en relación con el método predeterminado en ASCE 41.

Figura 15
Curva idealizada de fuerza - desplazamiento



Nota. Adaptada de la figura 5-1 (FEMA 2005), representa la curva idealizada de capacidad.

2.2.9. CALCULO DE LA DEMANDA SÍSMICA

La carga de gravedad total debe aplicarse primero, antes de la carga lateral incremental, para capturar los efectos de las fuerzas inducidas por la gravedad y P-Δ efectos sobre el rendimiento del

componente y la respuesta posterior al pico. La distribución de carga lateral debe reflejar las fuerzas de inercia esperadas en los niveles del piso, generalmente proporcionales a las masas del piso y la forma modal del modo fundamental. Se pueden usar otras distribuciones de fuerza lateral para interrogar aún más la respuesta. Sin embargo, los estudios han demostrado que hacen poco para mejorar la precisión del procedimiento estático no lineal (ASCE 2007; FEMA 2005).

El análisis se lleva a cabo hasta que el desplazamiento en el punto de control alcanza el desplazamiento objetivo. Hay varios métodos disponibles para calcular el desplazamiento objetivo, siendo los dos más frecuentes el llamado "método del coeficiente" y el "método del espectro de capacidad" (FEMA 2005). En ASCE 41, el desplazamiento del objetivo se determina usando el método del coeficiente como el producto del desplazamiento espectral elástico y tres factores de modificación. El desplazamiento espectral elástico se expresa en función de la aceleración espectral elástica y el período efectivo. Los tres coeficientes de modificación (1) escalan el desplazamiento espectral al desplazamiento del punto de control, normalmente a nivel del techo, (2) ajustan los efectos inelásticos en función de la relación entre las demandas de fuerza elástica y la resistencia estructural, y (3) ajustar la rigidez histerética y la degradación de la resistencia y el pinzamiento. El método alternativo del espectro de capacidad emplea los conceptos de linealización equivalente mediante los cuales se determina un período efectivo de vibración y un amortiguamiento viscoso equivalente a partir de la curva de empuje. La intersección de la curva pushover con la curva del espectro de capacidad define el desplazamiento objetivo (o punto de rendimiento).

2.2.10. CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

En un desplazamiento objetivo dado, el procedimiento estático no lineal define las demandas de fuerza, deformación o ductilidad en los componentes estructurales. ASCE 41 define dos criterios de

aceptabilidad, uno relacionado con las comprobaciones de componentes locales para componentes controlados por fuerza o deformación, y el segundo una comprobación de la estabilidad general.

Las comprobaciones locales se definen comparando las demandas calculadas con los criterios de aceptación del componente. Los capítulos 4 a 8 de ASCE 41 especifican el modelado de componentes parámetros y criterios de aceptación para cimientos, marcos, muros, diafragmas y otros componentes estructurales de acero, hormigón, madera y mampostería. Los criterios de resistencia en ASCE 41 a menudo se refieren a los estándares de diseño de la industria subyacentes para obtener información detallada sobre las propiedades de los materiales y el cálculo de las resistencias de los componentes. La verificación de la inestabilidad dinámica global limita la magnitud del factor de reducción de la resistencia inelástica, lo que refleja la influencia de $P-\Delta$ efectos y rigidez negativa post-pico en los componentes estructurales (Figura 13). El criterio de inestabilidad dinámica de ASCE 41 es el mismo que se desarrolló en FEMA 440. Más recientemente, se ha propuesto un criterio de inestabilidad dinámica revisado en FEMA 440A, que es más preciso y menos conservador que el límite en ASCE 41 y FEMA 440.

2.2.11. DESEMPEÑO DE UNA ESTRUCTURA DURANTE A UN SISMO SEGÚN ASCE 41-17

Las normativas definen 4 niveles de selección del desempeño sísmico esperado, entre los cuales se tienen:

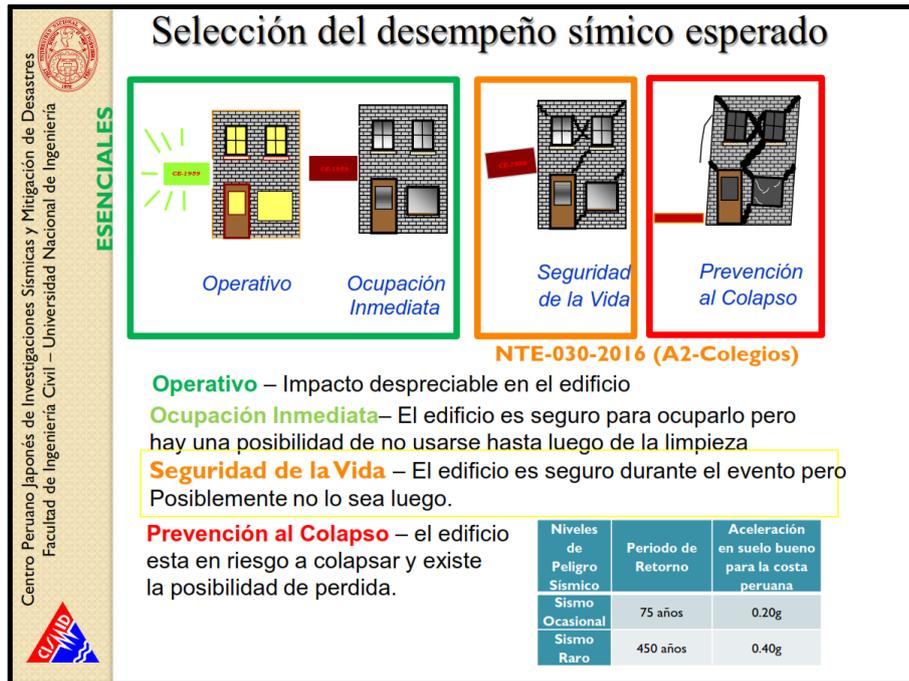
Operativo: Se supone un impacto despreciable en el edificio.

Ocupación inmediata: El edificio es seguro para ocuparlo con los fines que haya sido estructurado y diseñado.

Seguridad de la vida: El edificio es seguro durante el evento sísmico, pero posiblemente no lo sea luego.

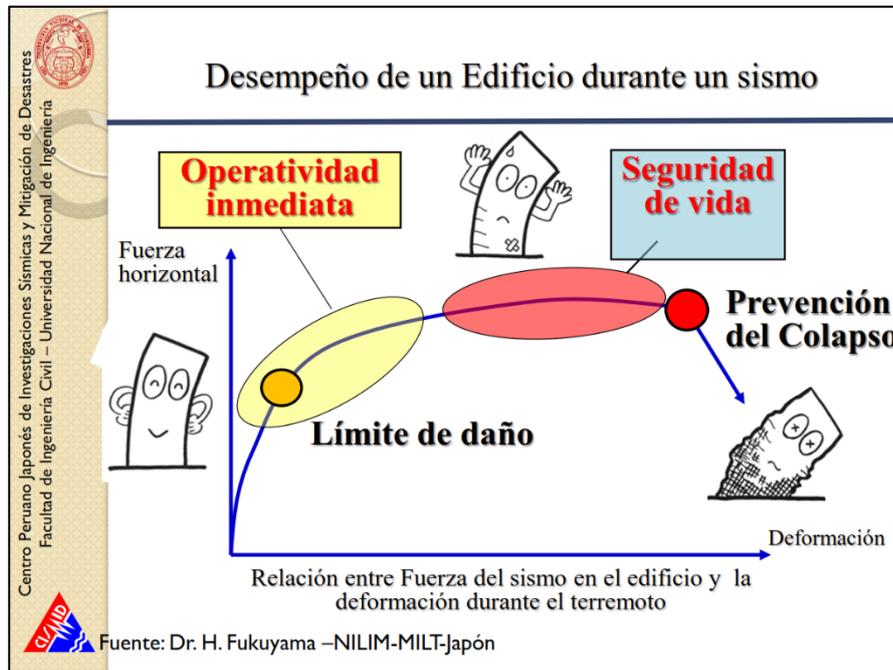
Prevención del colapso: El edificio está en riesgo de colapsar y existe la posibilidad de pérdida.

Figura 16
Selección del desempeño sísmico esperado



Nota. Niveles de desempeño sísmico según el ASCE 41-17, se muestra el nivel operativo, ocupación inmediata, seguridad de vida y finalmente, prevención del colapso, extraído de CISMID – UNI (2016).

Figura 17
Desempeño de un edificio durante un sismo



Nota. Muestra la curva de capacidad intersectada con los niveles de desempeño sísmico, extraído de CISMID – UNI (2016).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Análisis estático: Análisis mediante un conjunto de fuerzas horizontales actuando en cada nivel de la edificación. (Norma E030, 2018).

Análisis dinámico: Análisis realizado mediante procedimientos de combinación espectral o por medio de análisis tiempo – historia. (Norma E030, 2018).

Análisis estructural: El Análisis Estructural, es una ciencia que se encarga de la elaboración de métodos de cálculo, para determinar la resistencia, rigidez, estabilidad, durabilidad y seguridad de las estructuras, obteniéndose los valores necesarios para un diseño económico y seguro. (Villareal, 2009).

Curva cíclica: Curva de fuerza generalizada frente a deformación que envuelve los datos de respuesta obtenidos de la carga cíclica de un componente o ensamblaje estructural. (NIST-GCR-2010)

Curva de la columna vertebral: Relación entre la fuerza generalizada y la deformación (o tensión y deformación generalizadas) de un componente o conjunto estructural que se utiliza para caracterizar la respuesta en un modelo de análisis no lineal. (NIST-GCR-2010)

Curva monótona: Curva de fuerza generalizada frente a datos de deformación obtenidos a partir de la carga monotónica de un componente o ensamblaje estructural. (NIST-GCR-2010)

Carga muerta: Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su propio peso, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo. (Norma E020, 2009)

Carga viva: Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación. (Norma E020, 2009).

Degradación de la fuerza cíclica: Reducción de la resistencia, medida en ciclos de carga de desplazamiento dados, debido a la reducción del límite elástico y la rigidez que se produce durante la carga cíclica. (NIST-GCR-2010)

Degradación en ciclo: Reducción de la resistencia que está asociada con la pendiente negativa de carga frente a la gráfica de deflexión dentro del mismo ciclo en el que ocurre la fluencia.

Envolvente: En un análisis estructural, una combinación envolvente es aquella que expresa los resultados máximos y mínimos de forma simultánea, de las diferentes combinaciones de cargas factoradas según las Normas E.060 “Concreto Armado” y E.020 “Cargas”. La combinación envolvente será entonces, una combinación de todas las combinaciones que se planteen en un diseño estructural, con la cual se diseñarán los elementos estructurales por resistencia última.

Diafragma rígido: Se entiende como diafragma rígido a una lámina que no se deforma axialmente ni se flexiona ante cargas sometidas en su plano. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011).

Estribo: Refuerzo colocado perpendicularmente o en ángulo con respecto al refuerzo longitudinal, empleado para resistir esfuerzos de cortante y de torsión en un elemento estructural. Los estribos también cumplen función de control del pandeo de las barras longitudinales y de confinamiento al concreto. (Norma E060, 2009).

Estructura irregular: Se definen como estructuras irregulares a aquellas que presentan discontinuidades tanto horizontales como verticales en su configuración resistente a cargas laterales. (Norma E030, 2018)

Estructura regular: Son las que no tienen discontinuidades significativas horizontales o verticales en su configuración resistente a cargas laterales. (Norma E030, 2018)

Fuerzas internas: En el interior de los miembros estructurales se desarrollan acciones que pueden ser fuerzas normales, fuerzas cortantes, momentos flexionantes y momentos torsionantes. (González, 2008)

Grados de libertad (GL): Es definido como el número de desplazamientos independientes requerido para definir las posiciones desplazadas de todas las masas relativas a sus posiciones originales. Un grado de libertad corresponde a cualquier movimiento posible de los nodos de los elementos en una dirección no restringida. (Anil K., 2014)

Grados de libertad dinámicos (GLD): Son los grados de libertad que tienen asociada masa y para los cuales puede conocerse las vibraciones o movimientos a lo largo del tiempo. (Anil K., 2014).

Losa: Elemento estructural de espesor reducido respecto de sus otras dimensiones usado como techo o piso, generalmente horizontal y armado en una o dos direcciones según el tipo de apoyo existente en su contorno. Usado también como diafragma rígido para mantener la unidad de la estructura frente a cargas horizontales de sismo. (Norma E060, 2009).

Modelo estructural: Es la idealización de la representación matemática de la estructura para realizar el análisis de esfuerzos mediante metodologías de mecánica de materiales y elementos finitos. Actualmente existen herramientas que facilitan el trabajo de modelación y obtención de resultados al instante. Según la Norma E.030 "Diseño sismo-resistente".

Modos de vibración: Un modo de vibración es un patrón o forma característica en el que vibrará un sistema estructural. (Esquivel y Schmid, 2016).

Muro de corte o Placa: Muro estructural diseñado para resistir combinaciones de fuerzas cortantes, momentos y fuerzas axiales inducidas por cargas laterales. (Norma E060, 2009)

Respuesta estructural: La respuesta de la estructura está representada por el conjunto de parámetros físicos que describen su comportamiento ante las acciones que le son aplicadas. (Meli & Bazan, 2010).

Peralte efectivo o Altura útil de la sección (d): — La distancia medida desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal sometido a tracción. (Norma E060, 2009)

Pórtico resistente a momentos: Pórtico en el cual los elementos y los nudos resisten las cargas a través de flexión, cortante y fuerza axial. (Norma E060, 2009)

Rigidez estructural: Es la propiedad de un cuerpo, elemento o estructura de oponerse a las deformaciones. También se define como la capacidad de soportar cargas o tensiones sin deformarse o desplazarse excesivamente. (Rodríguez, 2013).

Sismo: Es una sacudida del terreno que se produce debido al choque de las placas tectónicas y a la liberación de energía en el curso de una reorganización brusca de materiales de la corteza terrestre. (Lara, 2012)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Mediante el análisis no lineal estático según la metodología ASCE 41-17 se evalúa el desempeño estructural de edificios de muros estructurales.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Mediante el software ETABS se elaboran los modelos matemáticos de edificios de muros estructurales.

Utilizando el software ETABS genera las masas participativas y periodos fundamentales de vibración de los modelos matemáticos de edificios de muros estructurales.

Aplicación del análisis no lineal estático en los edificios de muros estructurales utilizando la metodología ASCE 41-17.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Desempeño estructural de edificios de muros estructurales

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Análisis no lineal estático según la metodología del ASCE 41-17.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	DIMENSIONES
INDEPENDIENTE - X1: Análisis no lineal estático según la metodología del ASCE 41-17.	Modelo matemático que incorpora directamente las características de esfuerzo deformación no lineal de los componentes individuales de la edificación, sometiendo a esta mediante cargas laterales monótonamente hasta que se exceda el desplazamiento objetivo.	<ul style="list-style-type: none"> Modelo constitutivo no lineal del concreto confinado (Mander) Modelo constitutivo no lineal del acero de refuerzo (Dood Restrepo) 	<ul style="list-style-type: none"> Curva esfuerzo deformación (f_c versus ϵ_c). Curva esfuerzo deformación (f_y versus ϵ_s) 	<ul style="list-style-type: none"> Curva esfuerzo deformación
DEPENDIENTE - Y1: Desempeño estructural de un edificio de muros estructurales	Capacidad de deformación en un punto maestro (punto de control) hasta exceder la deformación objetiva	Niveles de desempeño según ASCE 41-17 (basado en desplazamientos).	<ul style="list-style-type: none"> Ocupación inmediata (mm) Seguridad de vida (mm) Prevención del colapso (mm) 	<ul style="list-style-type: none"> Modelo constitutivo no lineal del concreto confinado (Mander) Modelo constitutivo no lineal del acero de refuerzo (Dood Restrepo)

Nota. Descripción de las variables su definición conceptual, definición operacional e indicadores.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Se determinó que el tipo de enfoque de esta investigación es del tipo cuantitativo debido a que:

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se determina un plan para probarlas (diseño); se miden las variables de un determinado contexto; se analiza las mediciones obtenidas y se establece una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis. (Hernández Sampieri, 2010).

Tal y como indica Sampieri, el enfoque cuantitativo partió de una idea (Análisis no lineal en edificios de muros estructurales), posteriormente se propusieron los objetivos (evaluar el desempeño según el análisis no lineal basado en la metodología ASCE 41-17), a continuación se construyó un marco teórico apoyado en dicha metodología y demás metodologías como ATC-40 y FEMA 440, acto seguido se estableció las hipótesis, basadas en tentativas en el desempeño estructural según los niveles de desempeño propuesto por la metodología ASCE 41-17, finalmente se comprobó dicho desempeño basado en los niveles utilizando herramientas como el software ETABS, para finalmente establecer conclusiones acerca de lo obtenido en dicho programa con la aplicación de la metodología previamente indicada.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Se determina para el alcance esta tesis, del tipo **Explicativo** ya que:

Explicativo, porque, estuvo basada en especificar las consecuencias de la aplicación de la metodología del ASCE 41-17 mediante el análisis no lineal estático para evaluar el desempeño en base a niveles de desempeño establecidos por dicha metodología.

Sampieri indica textualmente que estos tipos de diseños buscan indicar las propiedades importantes de personas, grupos, -comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis Miden y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. (Hernández Sampieri, 2010).

3.1.3. DISEÑO

Los diseños del tipo no experimental son definidos como la investigación en la cual se realiza sin manipular deliberadamente las variables y en los que solo se observan los fenómenos para después analizarlos, para Sampieri (2003), el diseño no experimental se divide tomando en cuenta el tiempo durante se recolectan los datos, estos son: diseño transversal, donde se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y su incidencia de interrelación en un momento dado, y el diseño longitudinal, donde se recolectan datos a través del tiempo en puntos o periodos, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y sus consecuencias.

En base a lo anterior, podemos afirmar que esta investigación poseía un diseño del tipo no experimental transversal, ya que se utilizan los valores de periodos fundamentales y masas participativas del tipo lineal de edificios de muros estructurales para la aplicación del análisis no lineal estático, ello con la finalidad de establecer el desempeño estructural de dichas edificaciones, en un único tiempo determinado y una única vez, por lo que no habría manipulación de variables.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Para observar mejor la evaluación del desempeño estructural se propuso como universo la edificación multifamiliar san Bartolo; asentada en una zona sísmica 4 y tipo de suelo intermedio S1.

3.2.2. MUESTRA

Se utilizó el muestreo aleatorio simple para la definición de la muestra, asumiendo que todos los elementos estructurales verticales tendrán responsabilidad sísmica.

➤ ELECCIÓN DE LA MUESTRA

- N= Numero de la población = 14 (Elementos estructurales verticales).
- d= precisión en la investigación = 0.25 (M.A.S)
- p=0.05 = 5% (M.A.S)
- q=0.95 = 95% (M.A.S)
- n= Número de especímenes para una muestra finita (M.A.S):

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Según diferentes seguridades el coeficiente de Z_{α} varía así:

- Si la seguridad Z_{α} fuese del 90% el coeficiente sería 1.645
- Si la seguridad Z_{α} fuese del 95% el coeficiente sería 1.96
- Si la seguridad Z_{α} fuese del 97.5% el coeficiente sería 2.24
- Si la seguridad Z_{α} fuese del 99% el coeficiente sería 2.576

$$n = \frac{14 * 1.96^2 * 0.05 * 0.95}{0.25^2 * (14 - 1) + 1.96^2 * 0.05 * 0.95} = 2.567 = \mathbf{3.00}$$

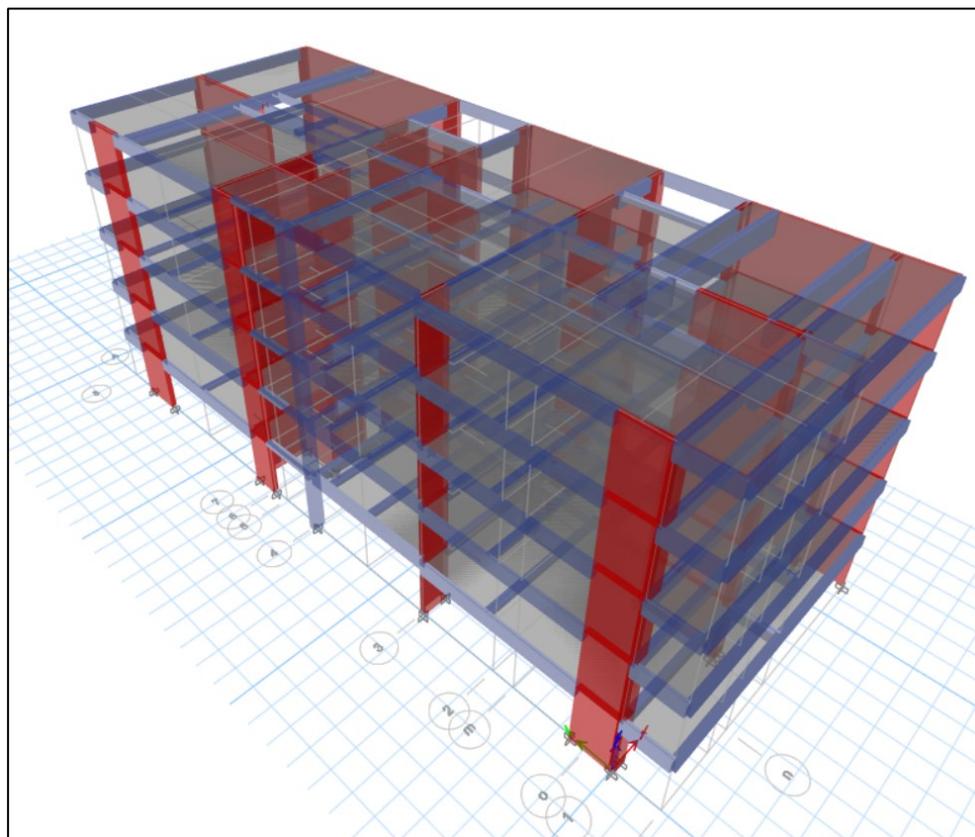
➤ **CRITERIO DE INCLUSIÓN**

Según el M.A.S, para poseer una muestra representativa se deben utilizar 3 muros estructurales con mayor capacidad de carga; es decir que aportan mayor rigidez lateral al sistema estructural, que son PL01-PL02 y PL13.

➤ **CRITERIOS DE NO INCLUSIÓN**

Los muros estructurales denominados PL-03, PL-04, PL-05, PL-06, PL-07, PL-08, PL-09, PL-10, PL-11 y PL-12, no aportaron la suficiente rigidez lateral ante solicitaciones sísmicas y no se generarían resultados aceptables.

Figura 18
Vista 3D del edificio Multifamilia "San Bartolo"



Nota. Edificio multifamiliar con sistema estructural de muros estructurales, obtenido del estudio de la Influencia del Agrietamiento en la respuesta sísmica de estructuras de Concreto Armado". Informe Técnico SENCICO - Tercer Informe (2015).

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección de datos se basaron en la inspección literaria de normativas, metodologías, códigos estructurales avanzados sobre el comportamiento no lineal de estructuras. Fichas de recolección de datos sobre las dimensiones, características y componentes del edificio multifamiliar del presente estudio.

SENCICO – Trabajo de investigación del Ing. Alejandro Muños Peláez, de donde se extrajo el modelado del edificio multifamiliar “San Bartolo”

Posteriormente, para el modelamiento de la estructura, se recolectó de manera directa y bajo observación crítica, se eligió de manera sistemática el edificio multifamiliar “San Bartolo” ya que contiene todas las características necesarias para la aplicación de la metodología ASCE 41-17, este edificio multifamiliar es el trabajo de investigación del Ing. Alejandro Muños Peláez.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Los instrumentos de recolección de datos, para esta tesis se asumió como herramientas necesarias para la recolección de datos de manera no experimental y estos fueron:

Instrumentos de recolección de datos:

- Software ETABS V.19
- Microsoft Excel.
- Expediente técnico del proyecto en mención.
- Metodología ASCE 41-17
- Reglamento Nacional de Edificaciones.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

El análisis de datos e interpretación de los mismos, fue abordado desde el mismo software ETABS a través del comando “plot function”, así mismo algunos otros fueron analizados mediante el software Excel, a través del comando revisar y generar gráfico

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El programa ETABS en su versión V.19 resulta ser un programa poderoso para el análisis y procesamiento de la información de la presente tesis, como se sabe existirán 6 grados de libertad por cada elemento y verificando, este modelo presenta 13 distintos tipos de muros estructurales, así como 19 distintas tipos de viga, para lo cual fue necesario el uso de un programa con el ya mencionado, así mismo existe demasiado esfuerzo computacional al realizar el análisis no lineal, desde la determinación de las plasticidades tipo fibra, hasta la obtención de la curva de capacidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. DEFINICIÓN DE LOS MATERIALES CONSTITUTIVOS

Inicialmente fue necesario definir las propiedades no lineales de los materiales constitutivos, como son el acero de refuerzo y concreto. En la siguiente tabla se resumen las características lineales y no lineales de los materiales constitutivos, así como la cantidad de cuantía en ambas direcciones de los elementos verticales:

Tabla 3

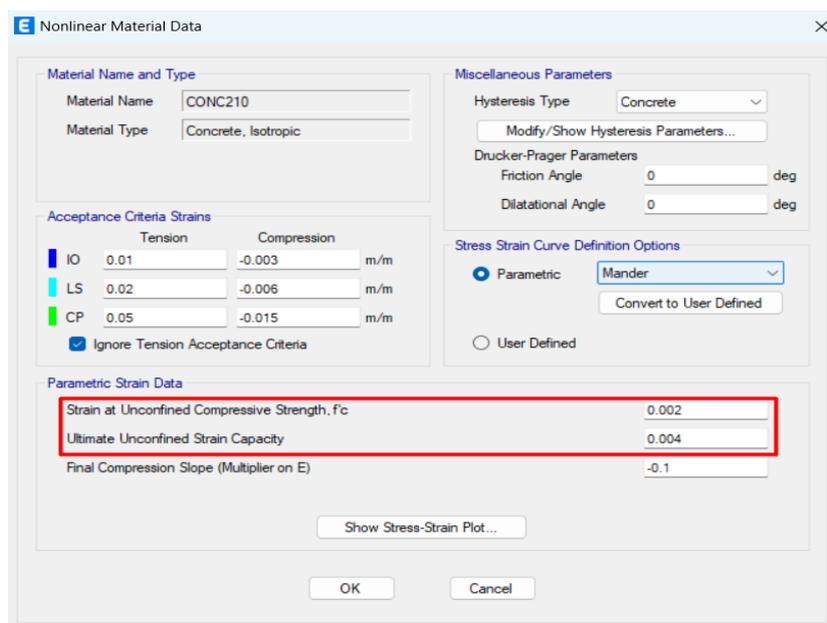
Tabla de datos de los materiales constitutivos (concreto y acero de refuerzo)

Valores para el concreto	Módulo de Young (MPa)	Coefficiente de Poisson	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)
CONC210	24,692	0.15	21.00	1.918
Valores para el acero de refuerzo	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Deformación al inicio del endurecimiento mm/mm	Deformación al esfuerzo ultimo mm/mm	Esfuerzo ultimo (MPa)
A615Gr60	420	0.0126	0.05	630
Secciones de concreto armado San Bartolo	# Elementos de contorno	Cuantía transversal	Cuantía longitudinal	Recubrimiento (cm)
PL-01	2.00	0.0024	0.0032	4.00
PL-02	3.00	0.0042	0.0049	4.00
PL-03	2.00	0.0054	0.0052	4.00
PL-04	6.00	0.0034	0.0042	4.00
PL-05	2.00	0.0024	0.0033	4.00
PL-06	2.00	0.0028	0.0028	4.00
PL-07	2.00	0.0023	0.0030	4.00
PL-08	4.00	0.0034	0.0045	4.00
PL-09	2.00	0.0031	0.0042	4.00
PL-10	3.00	0.0034	0.0042	4.00
PL-11	3.00	0.0024	0.0032	4.00
PL-12	2.00	0.0024	0.0032	4.00
PL-13	2.00	0.0024	0.0032	4.00

Nota. Se muestran las propiedades lineales y no lineales para el concreto y para el acero de refuerzo.

Para el concreto fue necesario establecer el nivel de deformación a la resistencia a la compresión no confinada (0.002), así como la capacidad ultima de deformación no confinada (0.004), en base a la investigación de Mander et. al (1988); tal y como se muestra a continuación:

Figura 19
Vista de la definicion de propiedades no lineales para el concreto

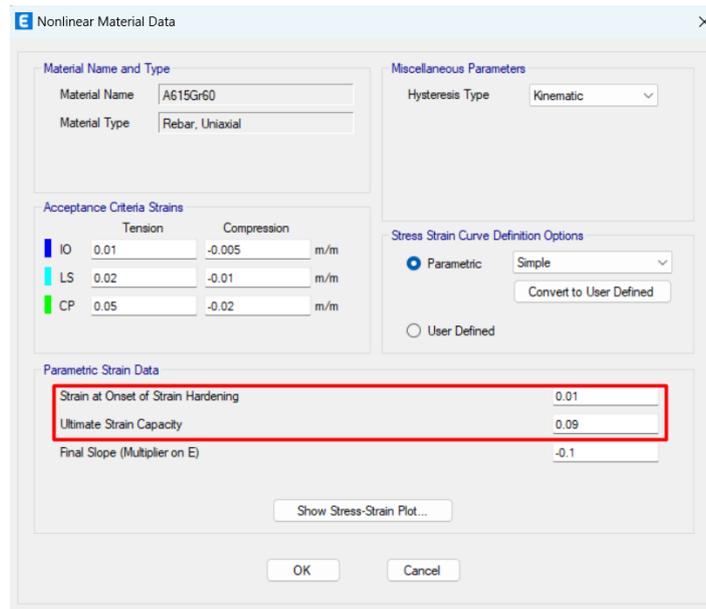


Nota. Al establecer el valor de estos parametros se esta definiendo el comportamiento no lineal del concreto en base a lo indicado por Mander et. Al (1988).

Para el acero de refuerzo fue necesario establecer la deformacion al inicio del endurecimiento por deformacion (0.01), asi como la capacidade ultima de deformacion no confinada (0.09), y tambien fue necesario introducir los números de puntos para la curva esfuerzo versus deformacion, en base a la investigacion de Dood & Restrepo et. al (1998); tal y como son mostradas a continuacion:

Figura 20

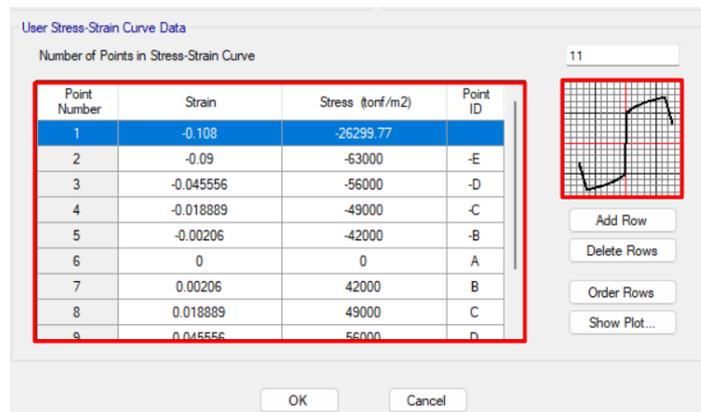
Vista de la definicion de propiedades no lineales para el Acero de refuerzo (A615Gr60)



Nota. Al establecer el valor de estos parametros se esta definiendo el comportamiento no lineal del Acero de refuerzo en base a lo indicado por Dood & Restrepo et. Al (1998).

Figura 21

Vista de la definicion de los números de puntos para la curva esfuerzo versus deformacion



Nota. Con estos puntos obtenidos de manera experimental es posible establecer el comportamiento en compresion y traccion para el acero de refuerzo, notese que el diagrama en compresion es similar al diagrama en traccion..

Para el acero de refuerzo fue necesario establecer la deformación al inicio del endurecimiento por deformacion (0.01), asi como la capacidad ultima de deformación no confinada (0.09), y también fue necesario introducir los números de puntos para la curva esfuerzo versus deformación, en base a la investigación de Dood & Restrepo et. al (1998); tal y como son mostradas a continuación:

4.1.2. REPLICACIÓN DE LAS SECCIONES DE CONCRETO ARMADO PARA CADA MURO ESTRUCTURAL EN EL SOFTWARE ETABS

Una vez que se haya determinado el comportamiento no lineal del concreto y acero de refuerzo se realizó el dibujo de cada una de las secciones de concreto armado para los 12 diferentes muros estructurales que posee el edificio de la muestra.

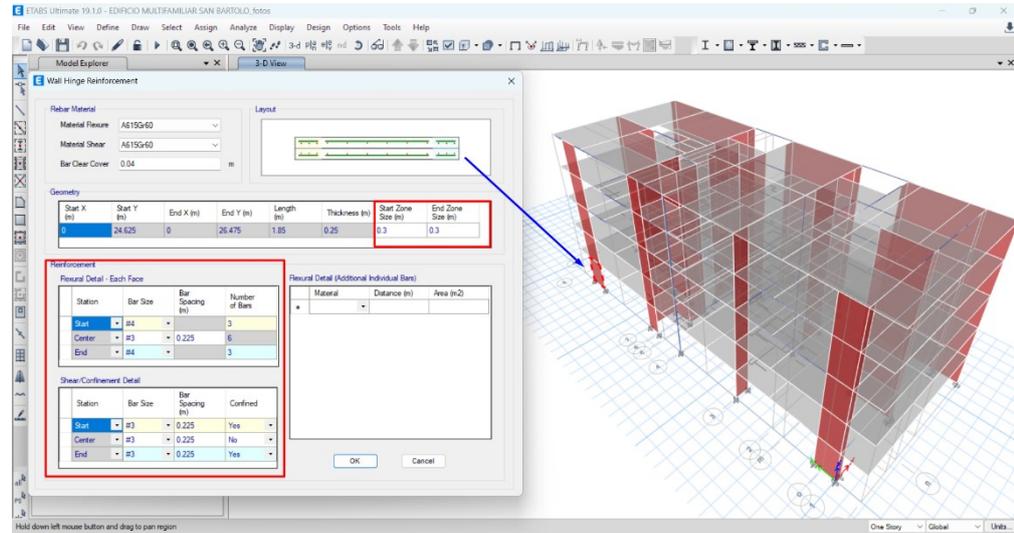
Esto se realiza de manera previa al análisis no lineal estático, ya que este análisis requiere las matrices de masa, matrices de carga y matrices de rigidez, esta última aun no es posible de calcular, ya que el modelo carece de la distribución de los aceros de refuerzo.

La matriz de masa es hallada internamente por el programa ETABS V.19.0 en base a las dimensiones de los elementos estructurales, la matriz de carga obedece a las solicitaciones de cargas muertas y vivas añadidas en base al metrado de cargas. Finalmente, la matriz de rigidez es establecida por las características propias de los elementos estructurales en combinación con el acero de refuerzo.

Las dimensiones y separaciones de la distribución del acero de refuerzo sobre las secciones de concreto armado (muros estructurales o placas) fueron desarrolladas en base a los planos correspondientes al edificio en mención. A continuación, se muestran algunas vistas comparativas entre los detalles del plano y la distribución en el programa ETABS V.19.0.

Figura 22

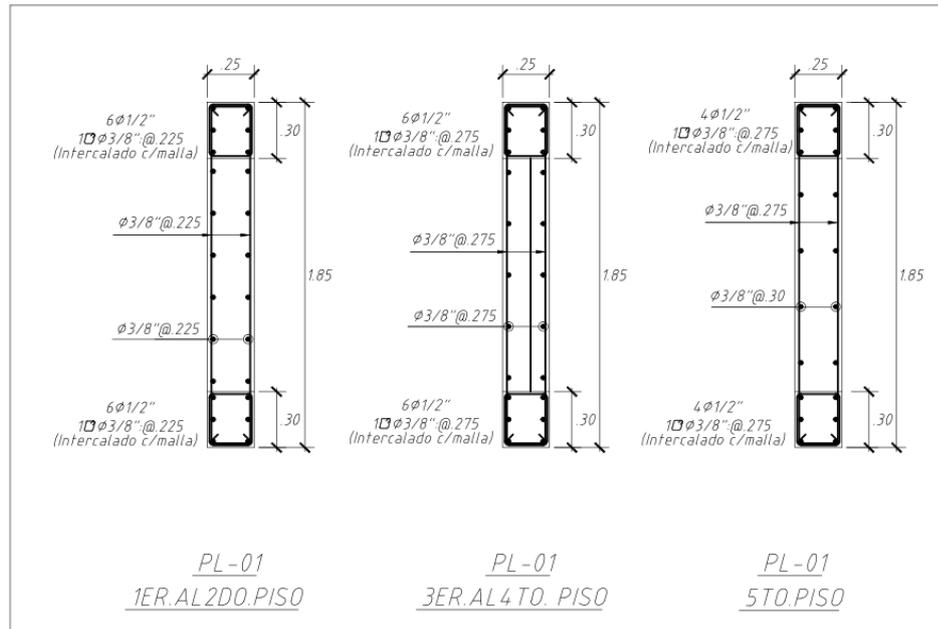
Vista del dibujo del reforzamiento a flexion y corte en el Muro estructural PL-01 del edificio Multifamiliar "San Bartolo"



Nota. Se dibujo fielmente la distribucion del reforzamiento a flexion y corte en los elementos de contorno lateral y en el alma.

Figura 23

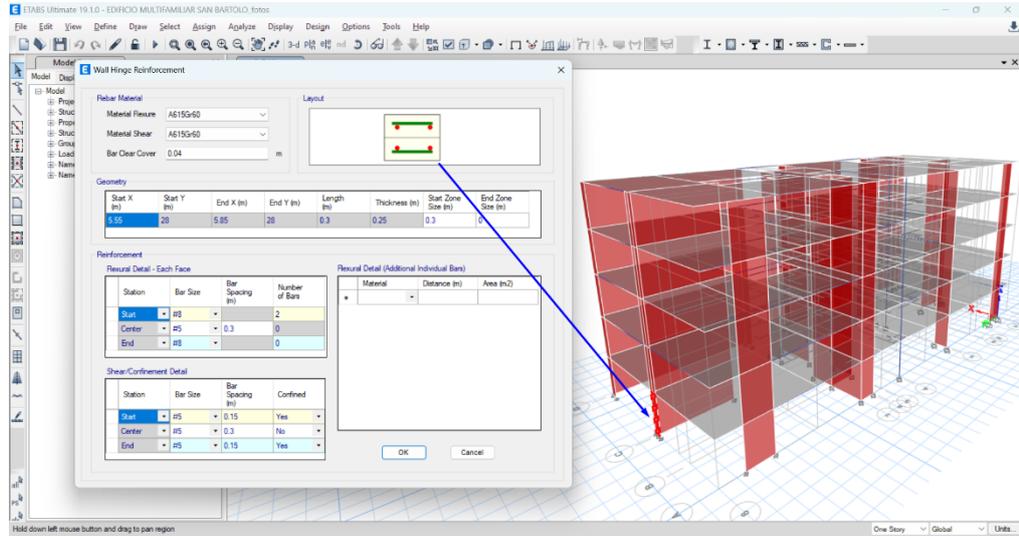
Vista del reforzamiento a flexion y corte en el Muro estructural PL-01 del Expediente Tecnico del edificio Multifamiliar "San Bartolo"



Nota. El expediente Tecnico del edificio Multifamiliar "San Bartolo" presenta la distribucion mostrada en la presente figura, compuesta por dos elementos de contorno (0.30 mts.) y el alma (1.85 mts.).

Figura 24

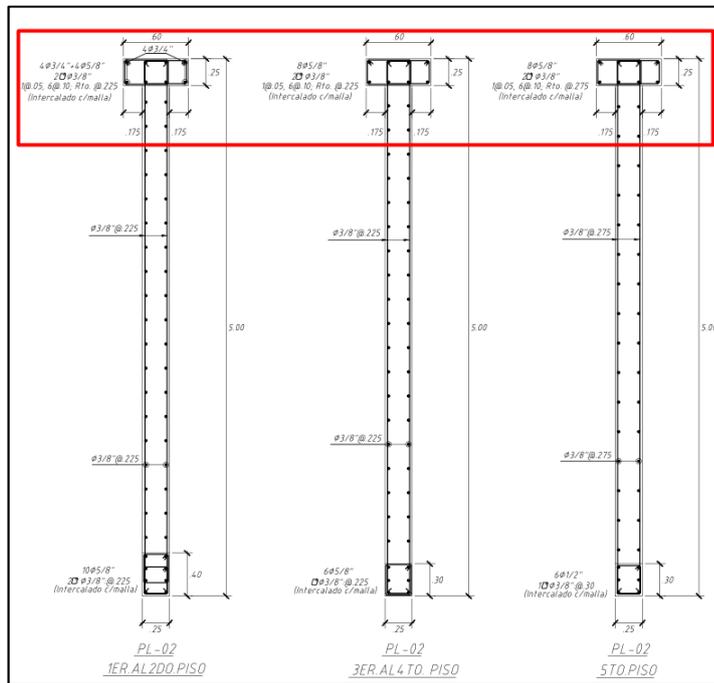
Vista del dibujo del reforzamiento a flexion y corte en el elemento de confinamiento del Muro estructural PL-02 del edificio Multifamiliar “San Bartolo”



Nota. Se dibujo fielmente la distribucion del reforzamiento a flexion y corte en los elementos de contornos del Muro estructural PL-02.

Figura 25

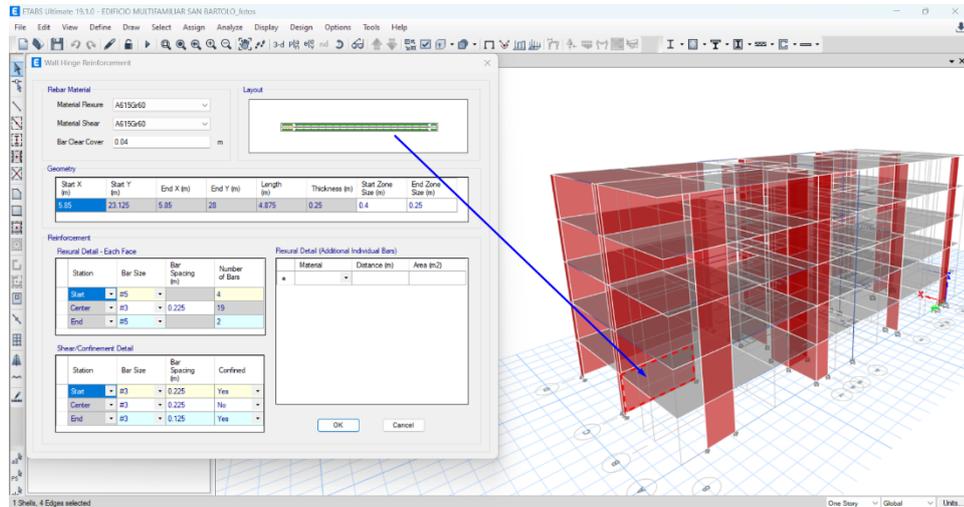
Vista del reforzamiento a flexion y corte en el elemento de contorno del Muro estructural PL-02 del Expediente Tecnico del edificio Multifamiliar “San Bartolo”



Nota. Se dibujo fielmente la distribucion del reforzamiento a flexion y corte en los elementos de contorno del Muro estructural PL-02.

Figura 26

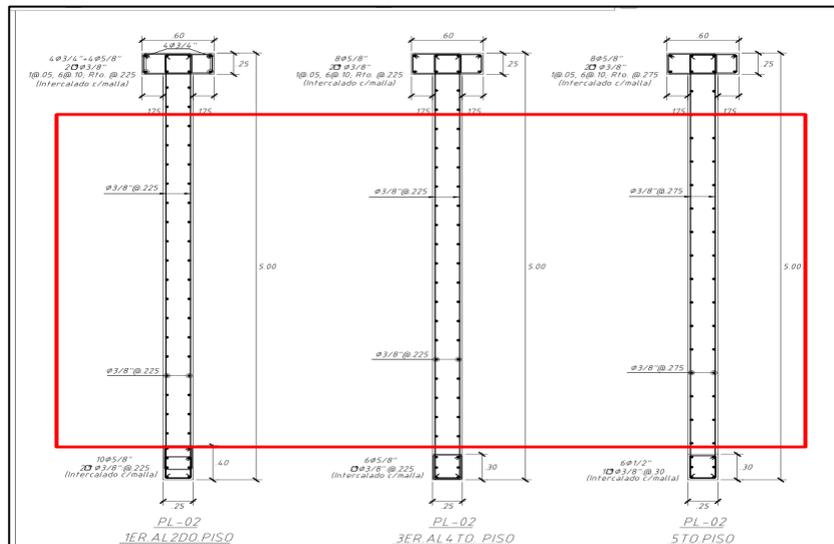
Vista del dibujo del reforzamiento a flexión y corte en el alma del Muro estructural PL-02 del edificio Multifamiliar “San Bartolo”



Nota. Se dibujo fielmente la distribución del reforzamiento a flexion y corte en el alma del Muro estructural PL-02.

Figura 27

Vista del reforzamiento a flexion y corte en el alma del Muro estructural PL-02 del Expediente Tecnico del edificio Multifamiliar “San Bartolo”



Nota. Se dibujo fielmente la distribución del reforzamiento a flexion y corte alma del Muro estructural PL-02.

4.1.3. DEFINICIÓN DE LA PLASTICIDAD TIPO FIBRA PARA MUROS ESTRUCTURALES

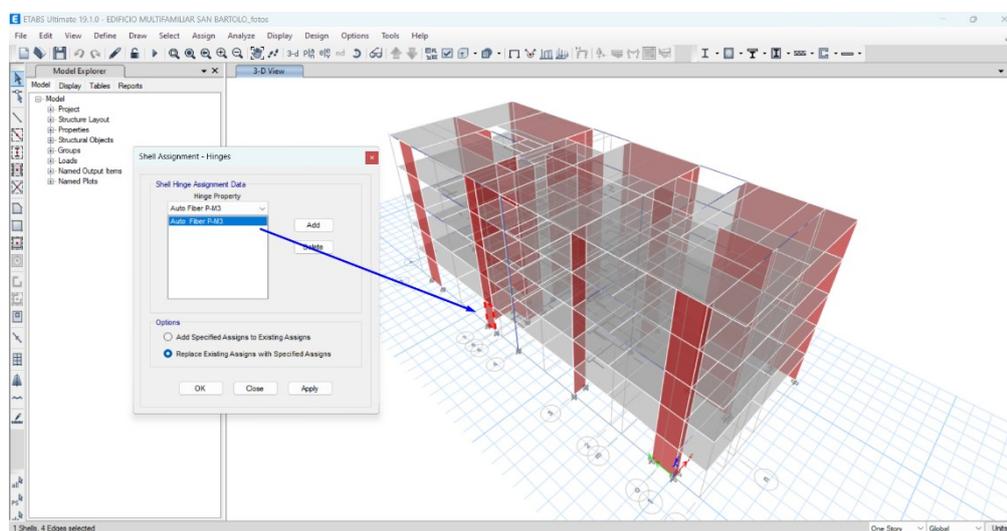
En el apartado 2.2.4 se estableció en base al NEHRP (2010), los diversos modelos de plasticidad para secciones de concreto armado

según sea el caso de análisis, esta normativa internacional dispone de plasticidades concentradas y plasticidades distribuidas, las primeras funcionan mejor en elementos longitudinales como columnas y vigas, mientras que la segunda es más aceptable para secciones como muros estructurales y losas armadas.

Para la presente tesis se utilizó la plasticidad tipo fibra en muros estructurales, las cuales buscan la convergencia a través de iteraciones numéricas en ambos sentidos del elemento estructural (sentidos transversales y sentidos longitudinales). Este método asume inicialmente que las secciones permanecen planas antes y después de la excitación dinámica, tal como establece la hipótesis de Navier. Este método de análisis no lineal permite conocer con exactitud el nivel de deformación en cualquier punto del elemento estructural, se puede conocer las deformaciones en las fibras del concreto y las fibras del acero previamente dibujadas en el programa.

Figura 28

Asignación de la rotula concentrada en el Muro estructural PL-04 bajo comportamiento a Flexocompresión del edificio Multifamiliar “San Bartolo”



Nota. Al disponer la fibra del tipo Auto Fiber P-M3, se le indica al software ETABS V.19.0. la asignación de una rotula plastica del tipo fibra con comportamiento a la flexocompresión, la cual refleja el real comportamiento de las secciones de muros estructurales.

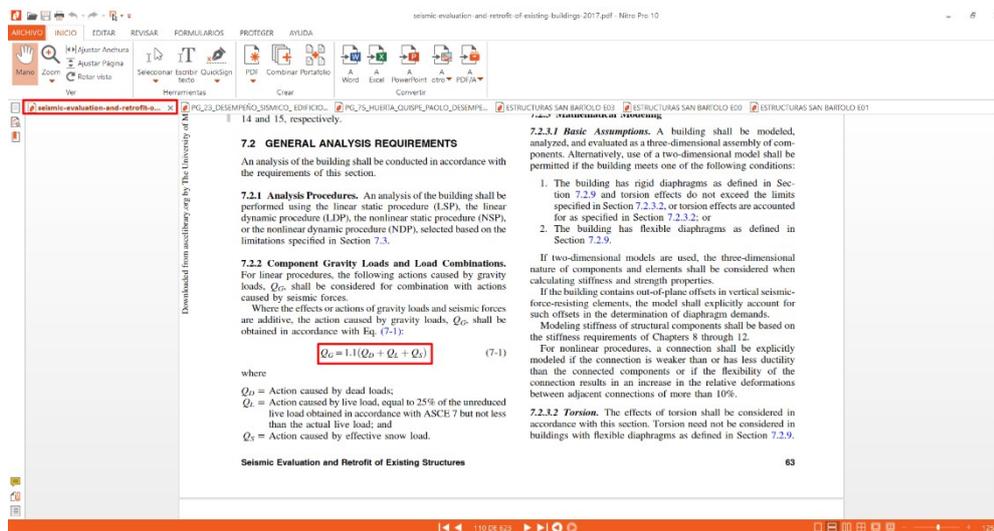
Las demás plasticidades tipo fibra para los diversos muros estructurales del edificio multifamiliar “San Bartolo” fueron asignadas de manera similar a la mostrada en la figura 26.

4.1.4. CREACIÓN DEL CASO DE CARGA POR GRAVEDAD SEGÚN EL ASCE 41-17

La normativa ASCE 41-17, en la ejecución del análisis no lineal estático (PushOver) establece que, es necesario primeramente definir un caso de carga no lineal, esto se realiza porque se asume que la excitación del tipo dinámica (sismo) afecta a la estructura cuando esta presenta cargas de servicio como podría ser las cargas muertas más las cargas vivas. Es decir, el sismo no encontraría a la estructura sin los efectos de la fatiga.

Este caso de carga involucra a las cargas muertas y cargas vivas escalados con factores igual a 1.10 (1.00 según la E.030) y 0.25 (0.25 según la E.030) respectivamente, lo cual representa que previo al sismo, la edificación presenta la carga de servicio combinada asumiendo el 110% (100% según la E.030) de la carga muerta (incluido el peso propio) y el 25% de la carga viva, según el ASCE 41-17.

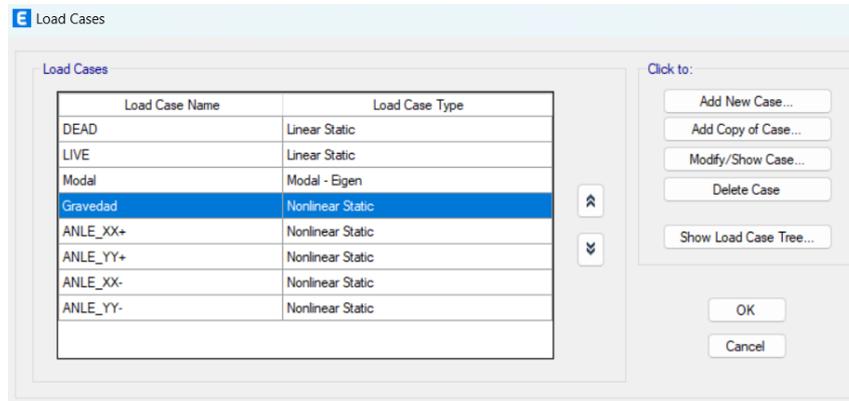
Figura 29
Indicaciones para la creación del caso de carga del tipo no lineal denominada “Carga de gravedad” según el ASCE 41-17



Nota. La normatividad del ASCE 41-17 menciona la utilización de 1.10 (QD+QL+QS) pero dejando en claro que el porcentaje de 1.10 puede ser modificada en base al Ingeniero calculista y la ubicación del proyecto..

Figura 30

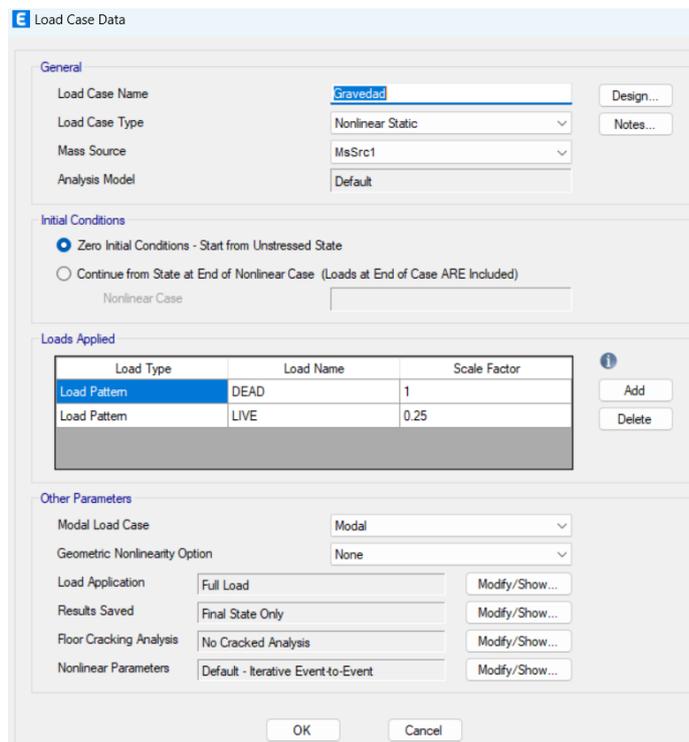
Creacion del caso de carga del tipo no lineal denominada "Carga de gravedad" en base al ASCE 41-17



Nota. Cualquier edificacion al ser sometida a las acciones del sismo estara bajo las acciones de las cargas de servicio.

Figura 31

Parametros necesarios del caso de carga del tipo no lineal denominada "Carga de gravedad" en base al ASCE 41-17



Nota. Para el caso de carga inicial de gravedad, es necesario aplicar los casos de carga "DEAD" y "LIVE" con un factor de escala igual a 1 y 0.25 respectivamente.

4.1.5. CREACIÓN DEL CASO DE CARGA MONOTÓNICA SEGÚN EL ASCE 41-17

Para la creación del caso de carga monotónica (carga pushover o carga estática no lineal) la metodología del ASCE 41-17 indica que las cargas laterales monotónicas deben ser aplicadas al modelo matemático en el software ETABS V.19.0 de manera proporcional a la distribución de masa en cada diafragma rígido, de tal forma que sean proporcionales al modo fundamental de vibración en cada dirección (X, Y y Z).

Figura 32
Parametros necesarios del caso de carga monotonica en base al ASCE 41-17



Nota. Para el caso de carga monotónica, es necesario conocer los periodos fundamentales de vibración y usar los que posean mas masas participativas en ambas direcciones según la normativa del ASCE 41-17.

En base a lo indicado en la normativa o metodología del ASCE 41-17, se realizó la creación de los casos de carga denominadas ANLE XX (carga estática en ambas direcciones del eje X) y ANLE YY (carga estática en ambas direcciones del eje Y), que básicamente representaron los patrones de movimientos para ambas direcciones en base a la forma modal.

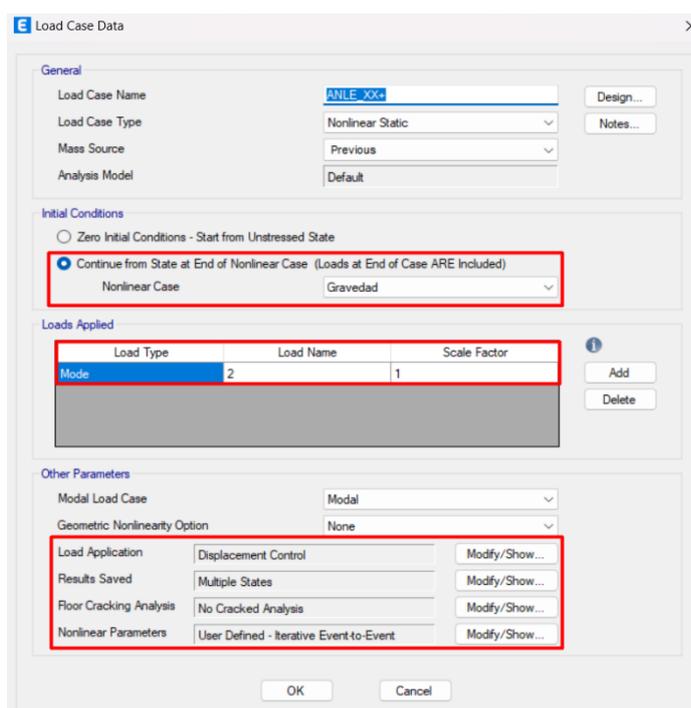
Así mismo fue necesario disponer la magnitud del desplazamiento en algún punto o nodo cercano al centro de gravedad del edificio en mención. Para esta tesis, se utilizó el punto o nodo 93, que es el más cercano al centro de gravedad, así mismo se dispuso un monitoreo total

de 0.50 metros, es decir pedimos al software que aplique cargas monotónicas hasta el orden de los 0.50 metros, si es que hasta este nivel de deformación el edificio colapsa, seremos advertidos.

Generalmente se disponen desplazamientos grandes con la finalidad de llevar al colapso a las estructuras en estudio y conocer los puntos débiles desde el comportamiento netamente lineal pasando por el comportamiento inelástico no lineal. Finalmente, también fue necesario indicar al software el método de iteración y los puntos máximos y mínimos de iteraciones hasta la convergencia, no convergencia y divergencia.

Figura 33

Parametros necesarios del caso de carga monotónica denominada “ANLE_XX+” en base al ASCE 41-17

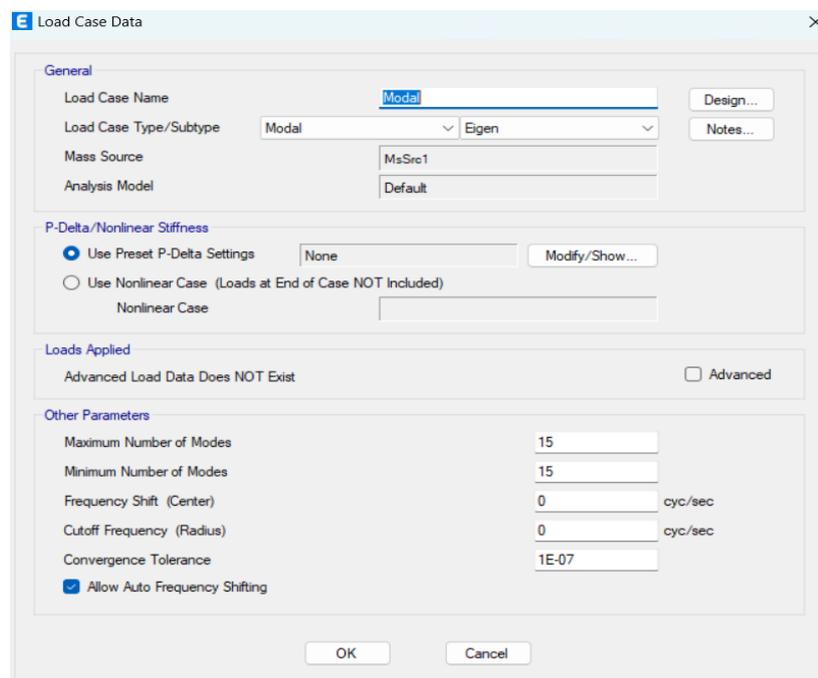


Nota. Para el caso de carga monotónica, es necesario disponer que continúe del caso de carga no lineal denominado “Gravedad” así mismo la carga monotónica será aplicada en base a la forma modal 02 según la normativa del ASCE 41-17.

Previamente, fue necesario conocer la distribución de la forma modal, en esta tesis fue calculada creando un caso de carga del tipo modal, bajo el tipo “EigenValue” que está basada en los valores y vectores propios en un sistema de masa resorte con 3 GDL (grados de libertad), como se tiene 5 niveles entonces se tendrá 15 eigenValues.

Figura 34

Parámetros necesarios del caso de carga modal en base a los valores y vectores propios.



Nota. Determinación de los modos fundamentales de vibración, en total de 15, ya que se asume que las losas poseen 3 grados de libertad, traslaciones a través de los ejes X e Y y rotación a través del eje Z..

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR “SAN BARTOLO”

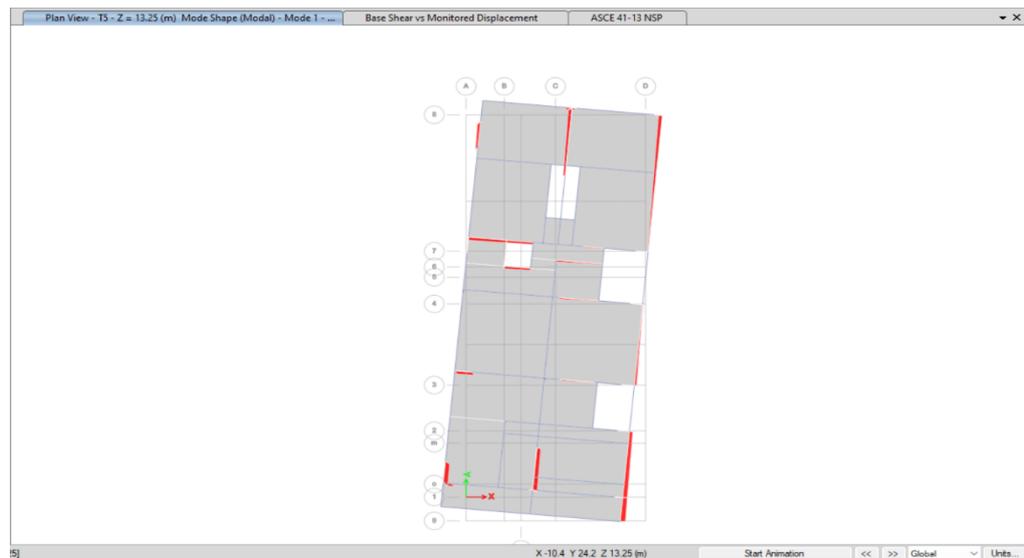
Como hipótesis general se propuso que:

- H_0 = mediante el análisis no lineal estático según la metodología ASCE 41-17 se evalúa el desempeño estructural de edificios de muros estructurales.
- H_a = mediante el análisis no lineal estático según la metodología ASCE 41-17 NO se evalúa el desempeño estructural de edificios de muros estructurales

El desempeño estructural según el ASCE 41-17 pudo evaluarse en función de la intersección de la curva bilineal, en este caso el software ETABS dispone de un apartado en donde se evaluó el desempeño estructural para los diversos casos de cargas no lineales estáticos.

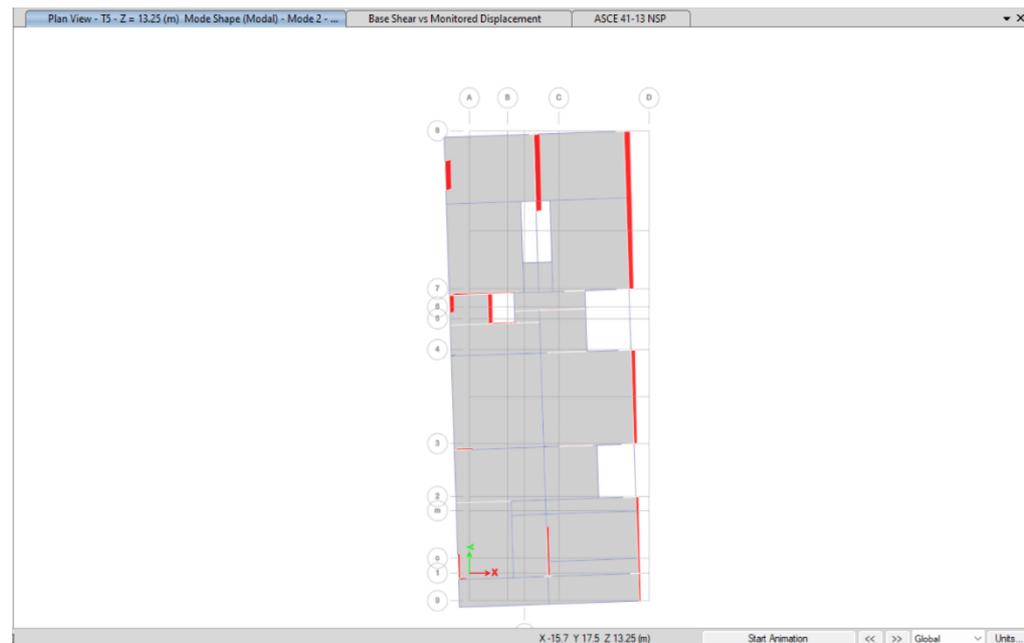
Primeramente, se presentaron los 15 modos de vibración y las masas participativas del edificio en mención, de las cuales se eligieron dos que presenten mayor masa participativa en cada una de las direcciones:

Figura 35
Primera forma modal – Periodo fundamental N°01 (T=0.440 sg.)



Nota. Primera forma modal del tipo traslacional.

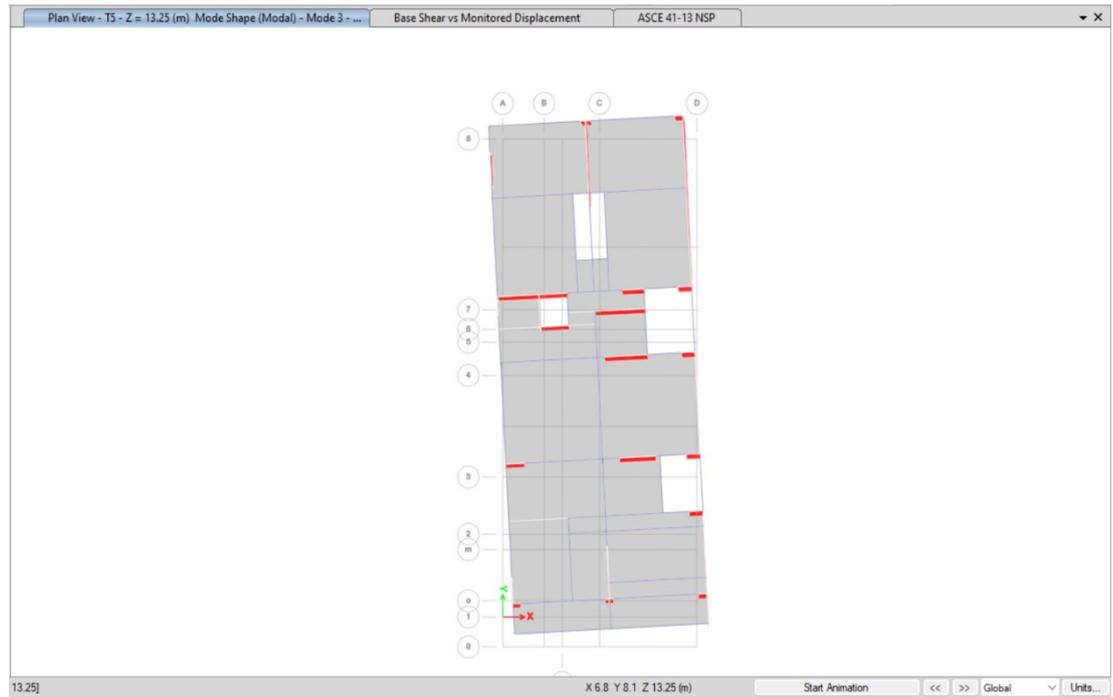
Figura 36
Segunda forma modal – Periodo fundamental N°02 (T=0.341 sg.)



Nota. Segunda forma modal del tipo traslacional.

Figura 37

Tercera forma modal – Periodo fundamental N°03 ($T=0.182$ sg.).



Nota. Tercera forma modal del tipo traslacional.

Figura 38

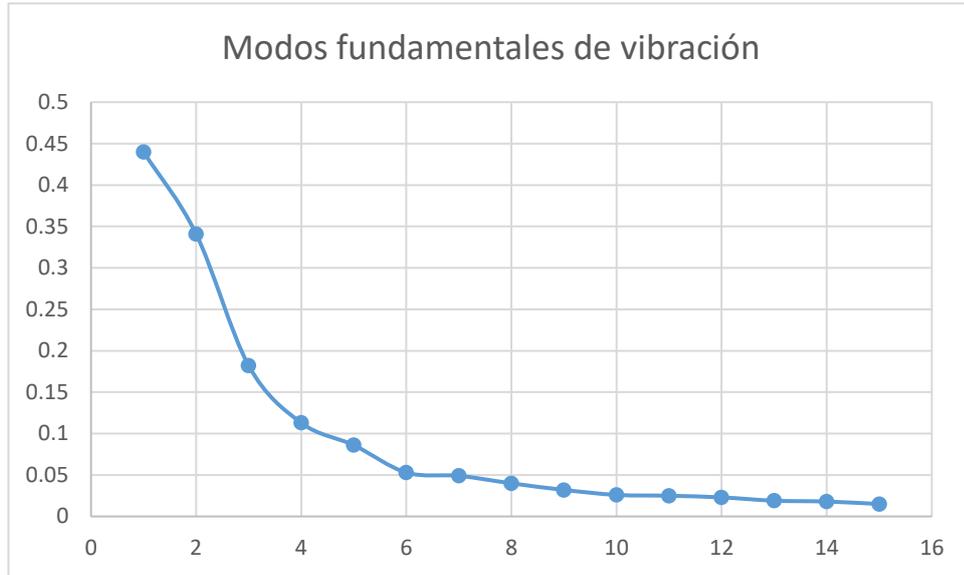
Tabla de los modos de vibracion y masas participativas para el Edificio Multifamiliar “San Bartolo”

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.44	0.0478	0.1753	0	0.0478	0.1753	0	0.0635
Modal	2	0.341	0.6927	0.015	0	0.7405	0.1903	0	0.0065
Modal	3	0.182	0.0001	0.5257	0	0.7406	0.716	0	0.2091
Modal	4	0.113	0.0112	0.0546	0	0.7518	0.7706	0	0.0611
Modal	5	0.086	0.1498	0.0052	0	0.9016	0.7757	0	0.0133
Modal	6	0.053	0.0029	0.0028	0	0.9045	0.7785	0	0.0091
Modal	7	0.049	0.0017	0.1513	0	0.9061	0.9298	0	0.4103
Modal	8	0.04	0.05	0.0016	0	0.9561	0.9314	0	0.004
Modal	9	0.032	0.0019	0.0027	0	0.958	0.9341	0	0.0069
Modal	10	0.026	0.0006	0.0369	0	0.9586	0.971	0	0.1065
Modal	11	0.025	0.0212	0.0011	0	0.9797	0.9721	0	0.0033
Modal	12	0.023	0.0002	0.0008	0	0.98	0.9729	0	0.0025
Modal	13	0.019	0.0062	0.0004	0	0.9862	0.9733	0	0.0014
Modal	14	0.018	0.0002	0.0109	0	0.9864	0.9842	0	0.039
Modal	15	0.015	8.013E-06	0.0022	0	0.9864	0.9864	0	0.0072

Nota. Para el modo 1 se tiene mayor participacion de masas en el eje Y con 17.53%, mientras que para el modo 2 se tiene mayor participacion de masa en el eje X con 62.27%.

Figura 39

Figura de los modos de vibración para el Edificio Multifamiliar "San Bartolo"

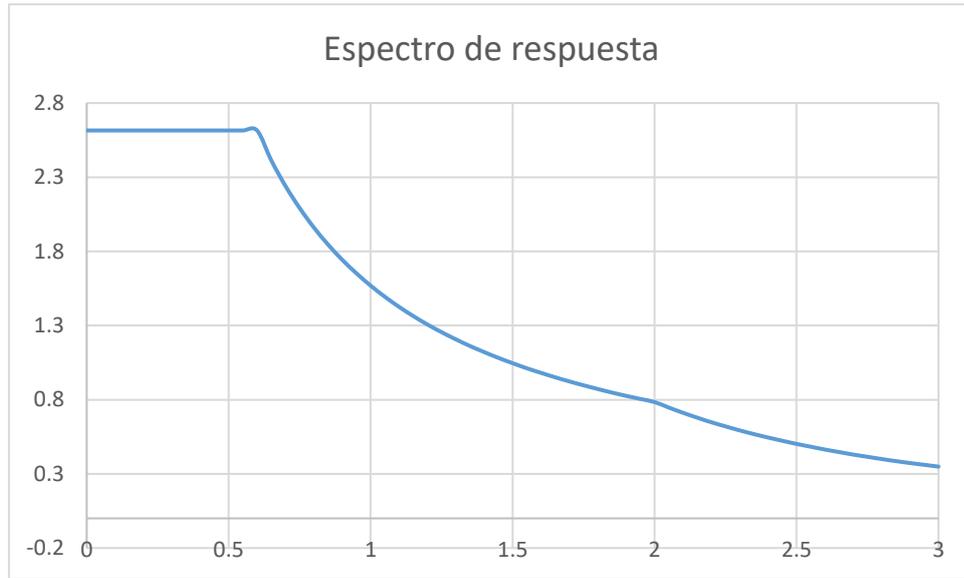


Nota. Notese los periodos mayores del orden de los 0.44 sg y 0.341 sg. Eje x (Modo de vibración) Eje Y (perido de vibracion en segundos).

Para el caso de carga en la dirección XX: Para la presente tesis se dispuso la carga monotónica no lineal en ambas direcciones es decir XX+, XX- y YY+ YY-, para cada una de ellas se obtuvieron los puntos de desplazamientos en base a la curva Bilineal según la metodología del ASCE 41-17, esta curva bilineal fue multiplicada por el espectro de diseño del presente edificio, el cual se genera a través del factor de zona (Z), uso (U), factor de amplificación sísmica (C), factor de suelo (S) y el factor de reducción de fuerzas sísmicas (R):

Figura 40

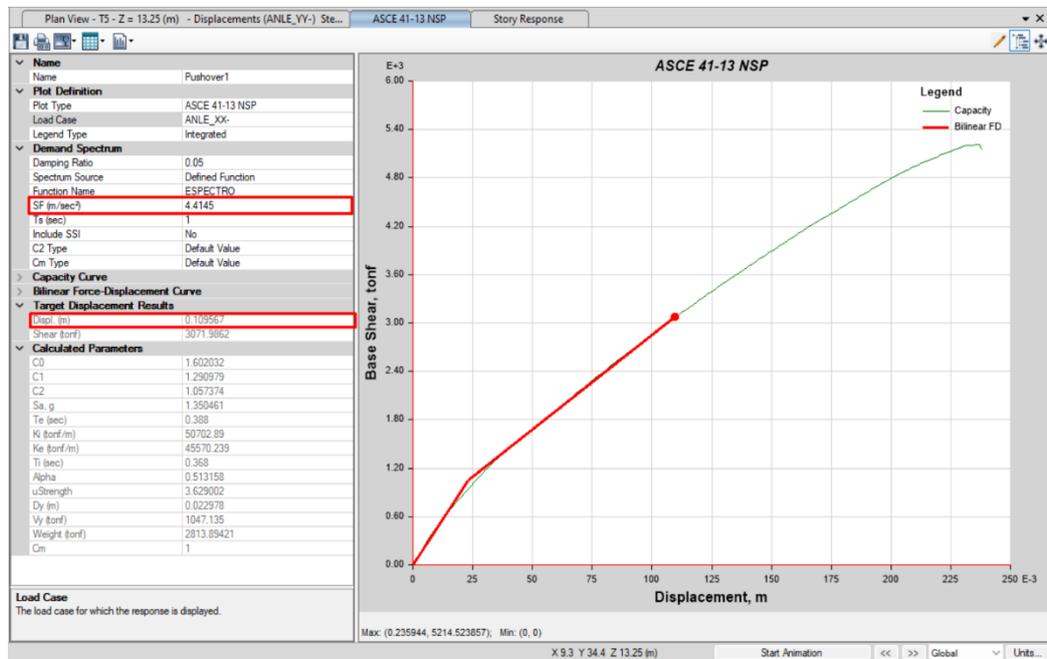
Figura del espectro de respuesta para el edificio multifamiliar “San Bartolo”



Nota. Este espectro es representado en base a diversos factores, como son la zona, el uso, el suelo y el sistema estructural. Eje X (periodos de vibracion), eje Y (Aceleracion). Indica que para periodos pequeños se tendran aceleraciones mayores, mientras que para periodos grandes las aceleraciones seran cada vez menores.

Figura 41

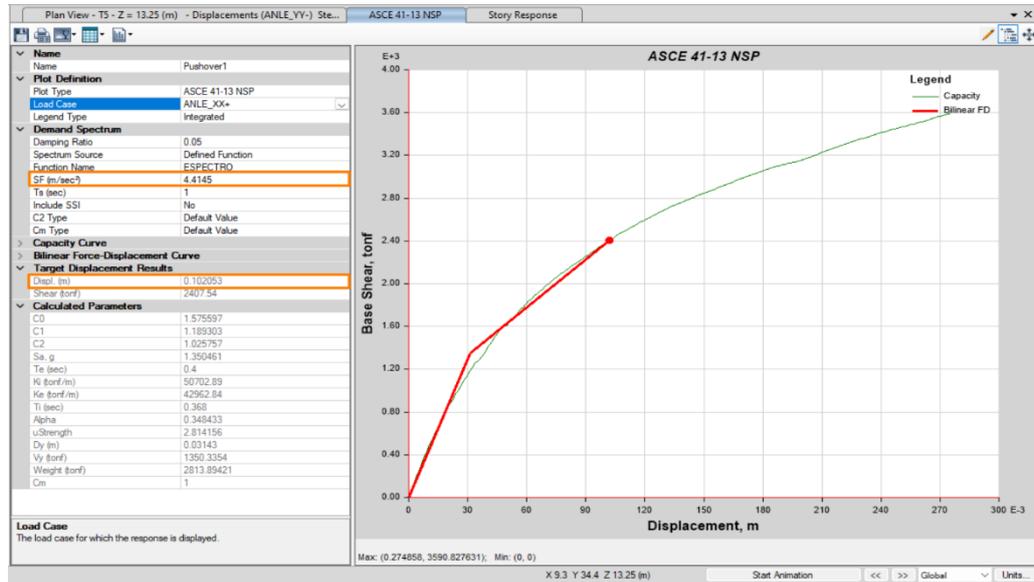
Desempeño estructural para el caso de carga “ANLE XX-“, en base a la metodología del ASCE 41-17 del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”



Nota. Es necesario escalar la curva bilineal multiplicando 0.45g al espectro de diseño (según el ASCE 41-17), la curva roja representa el punto de desempeño estructural utilizando el espectro de respuesta de la propia edificación, con un desplazamiento de 0.109 mts.

Figura 42

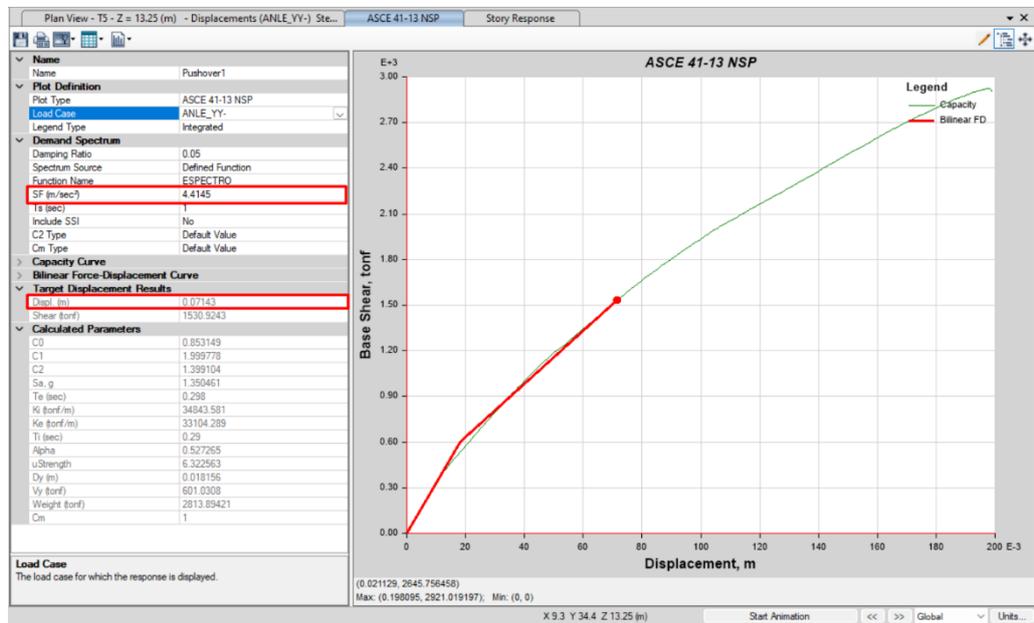
Desempeño estructural para el caso de carga "ANLE XX+", en base a la metodología del ASCE 41-17 del Edificio Multifamiliar "San Bartolo"



Nota. Es necesario escalar la curva bilineal multiplicando 0.45g al espectro de diseño (según el ASCE 41-17), la curva roja representa el punto de desempeño estructural utilizando el espectro de respuesta de la propia edificación, con un desplazamiento de 0.102 mts.

Figura 43

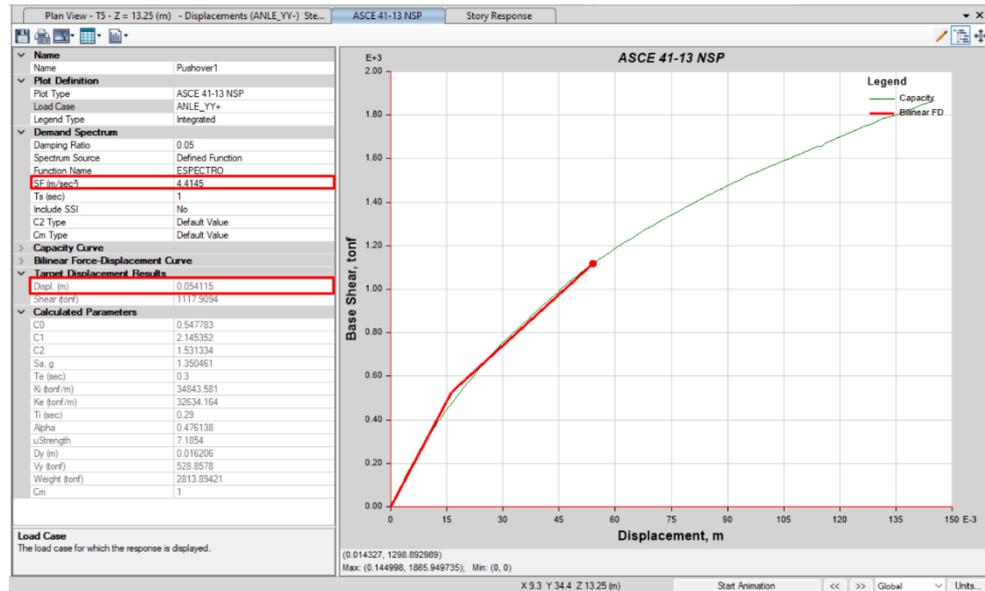
Desempeño estructural para el caso de carga "ANLE YY-", en base a la metodología del ASCE 41-17 del Edificio Multifamiliar "San Bartolo"



Nota. Es necesario escalar la curva bilineal multiplicando 0.45g al espectro de diseño (según el ASCE 41-17), la curva roja representa el punto de desempeño estructural utilizando el espectro de respuesta de la propia edificación, con un desplazamiento de 0.071 mts.

Figura 44

Desempeño estructural para el caso de carga "ANLE YY+", en base a la metodología del ASCE 41-17 del Edificio Multifamiliar "San Bartolo"



Nota. Es necesario escalar la curva bilineal multiplicando 0.45g al espectro de diseño (según el ASCE 41-17), la curva roja representa el punto de desempeño estructural utilizando el espectro de respuesta de la propia edificación, con un desplazamiento de 0.054 mts.

Entonces se contrasta la hipótesis general:

- Ho= mediante el análisis no lineal estático según la metodología ASCE 41-17 se evalúa el desempeño estructural de edificios de muros estructurales.

Basado en las figuras 37, 38, 39 y 40, ya que al aplicar la metodología del ASCE 41-17 se evaluó correctamente el desempeño estructural de edificios de muros estructurales.

Como hipótesis específica 1 se propuso que:

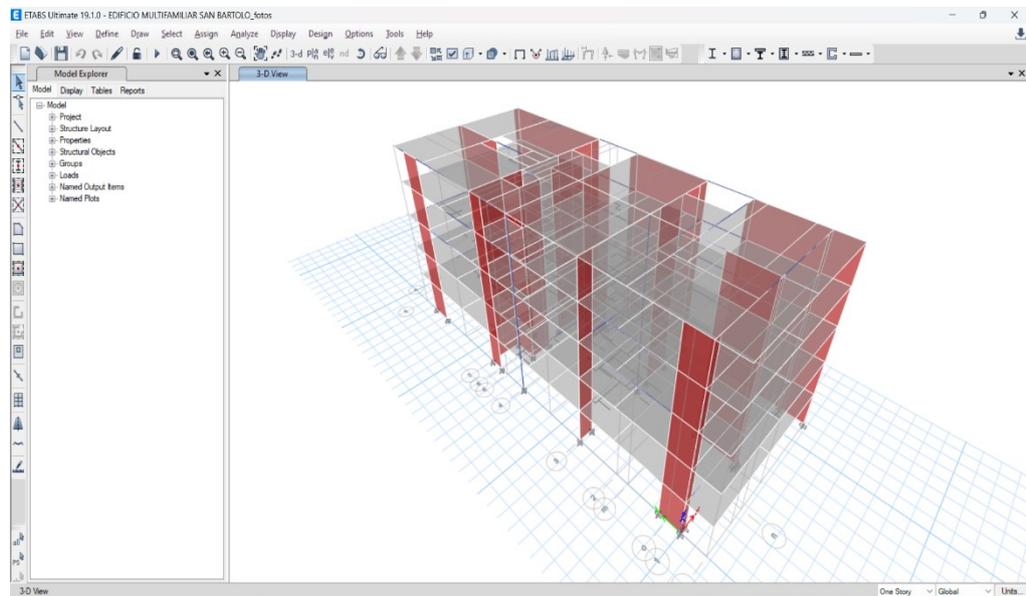
- He1= mediante el software ETABS se elaboran los modelos matemáticos de edificios de muros estructurales.
- Ho1= mediante el software ETABS no se elaboran los modelos matemáticos de edificios de muros estructurales.

El modelo matemático representó una idealización del edificio en estudio de manera real, este modelo matemático fue creado obteniendo

los datos de la geometría en planta y elevación y las características de los materiales del propio expediente técnico del edificio en mención, tal como se muestra a continuación:

Figura 45

Modelo matemático del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”, mediante el software ETABS V19.0



Nota. Con los datos establecidos en el expediente tecnico del mencionado edificio fue posible replicar fielmente el edificio multifamiliar.

Entonces se contrasta la hipótesis específica 1:

- He1= mediante el software ETABS se elaboran los modelos matemáticos de edificios de muros estructurales.
- Ho1= mediante el software ETABS no se elaboran los modelos matemáticos de edificios de muros estructurales.

Basado en la figura 41, ya que fue posible replicar fielmente el edificio multifamiliar “San Bartolo” para realizar análisis estáticos no lineales.

Como hipótesis específica 2 se propuso que:

- He2= utilizando el software ETABS genera las masas participativas y periodos fundamentales de vibración de los modelos matemáticos de edificios de muros estructurales.

- He2= utilizando el software ETABS NO genera las masas participativas y periodos fundamentales de vibración de los modelos matemáticos de edificios de muros estructurales.

Las masas participativas y periodos fundamentales utilizando el software ETABS son mostradas en la figura N°36. Demostrándose que el modo de vibración 1 posee más masa participativa en el eje Y mientras que el modo de vibración 2 posee más masa participativa en el eje X, de esto se desprendió la creación de los casos pushover modales previamente descritos.

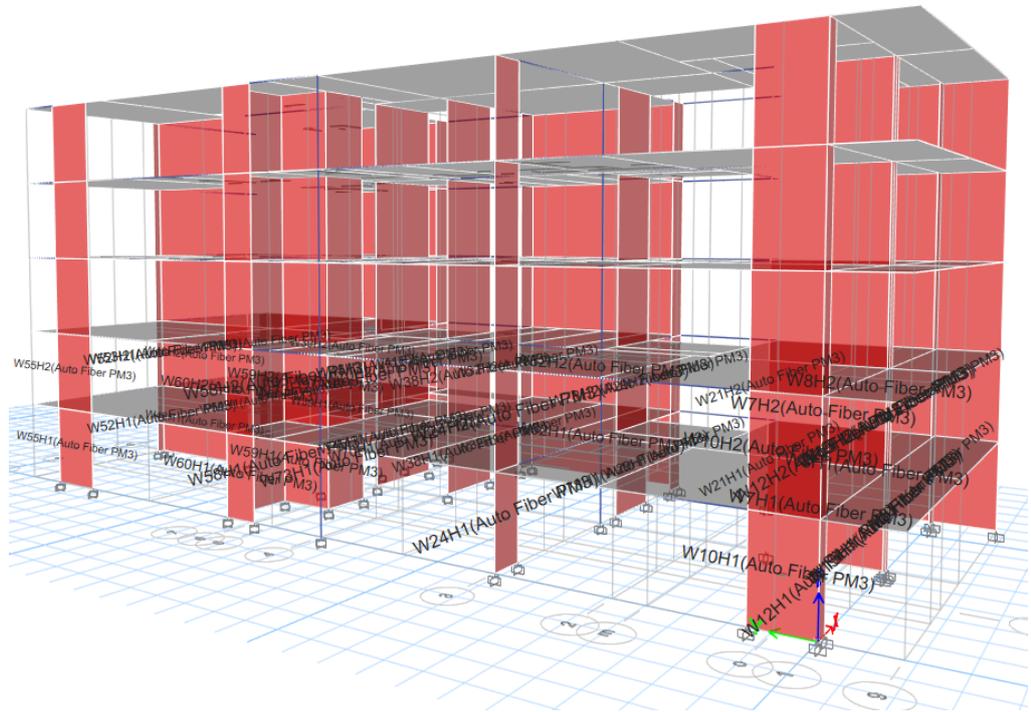
Como hipótesis específica N°03 se propuso que:

- He3= Aplicación del análisis no lineal estático en los edificios de muros estructurales utilizando la metodología ASCE 41-17.
- He3= Aplicación del análisis no lineal estático en los edificios de muros estructurales sin utilizar la metodología ASCE 41-17.

El análisis no lineal estático aplicado al edificio multifamiliar “San Bartolo” constituido a base de muros estructurales tuvo especial énfasis en la plasticidad tipo fibra, este tipo de plasticidad fue capaz de mostrar el nivel de desempeño en cada fibra de concreto y acero, a continuación se muestran las respuestas más solicitadas de las fibras del concreto y acero seleccionados los 12 muros estructurales bajo el caso de carga ANLE XX+, ANLE XX-; ANLE YY+ y ANLE YY-, los cuales representaron los diversos niveles de daño si el edificio multifamiliar “San Bartolo” fuera sometido al sismo de diseño.

Figura 46

Disposición de las rotulaciones distribuidas del tipo fibras en los dos primeros niveles del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”

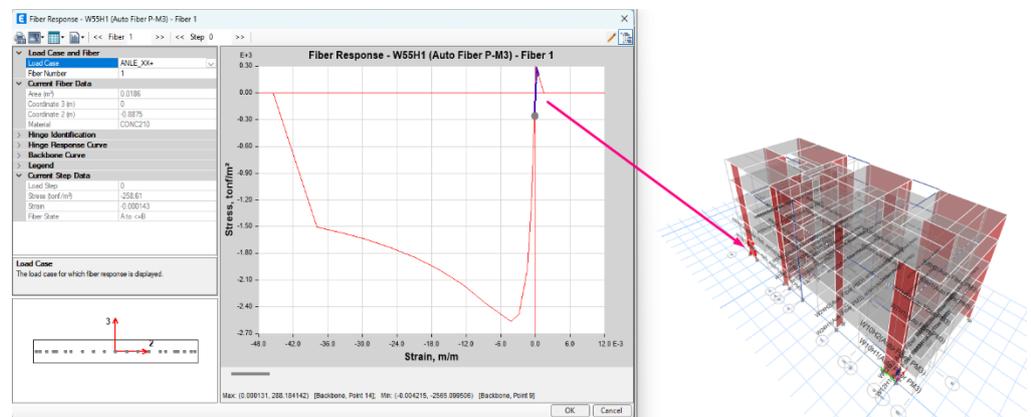


Nota. Cada muro estructural presenta su propia rótula distribuida tipo fibra, se optó por generar solamente en los dos primeros pisos, ya que son los que están más expuestos al comportamiento inelástico..

Para la rótula distribuida del tipo fibra en el material del concreto para el muro estructural denominado PL-01:

Figura 47

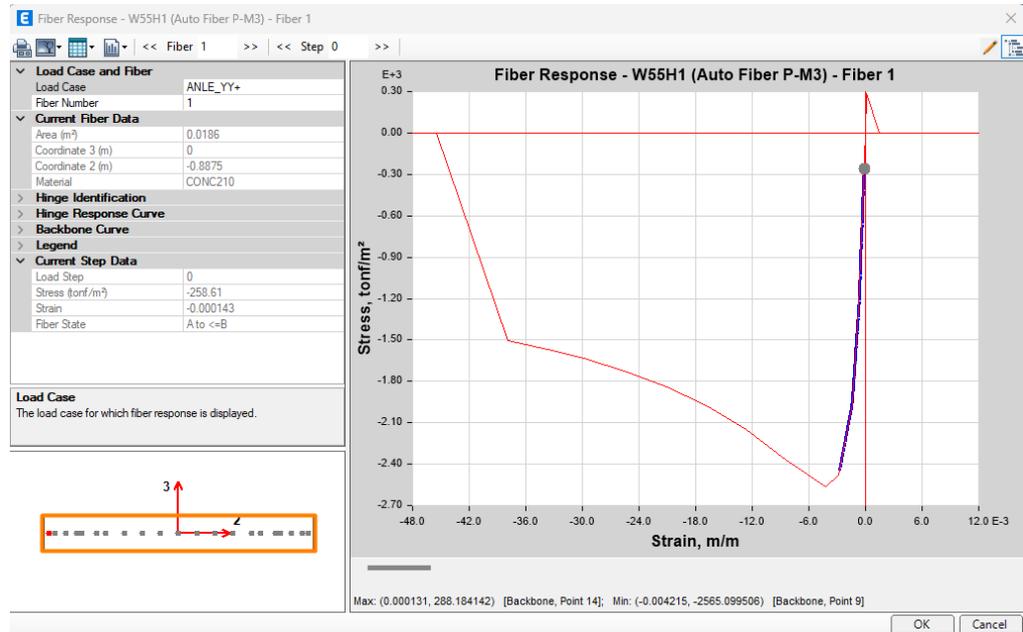
Rotulación distribuida del tipo fibra (concreto confinado) para el Muro estructural PL-01 del Edificio Multifamiliar “San Bartolo”



Nota. Derecha: plasticidad del concreto, izquierda: Selección del muro estructural PL-01.

Figura 48

Fibra del concreto en compresión para el Muro estructural PL-01 del Edificio Multifamiliar "San Bartolo"

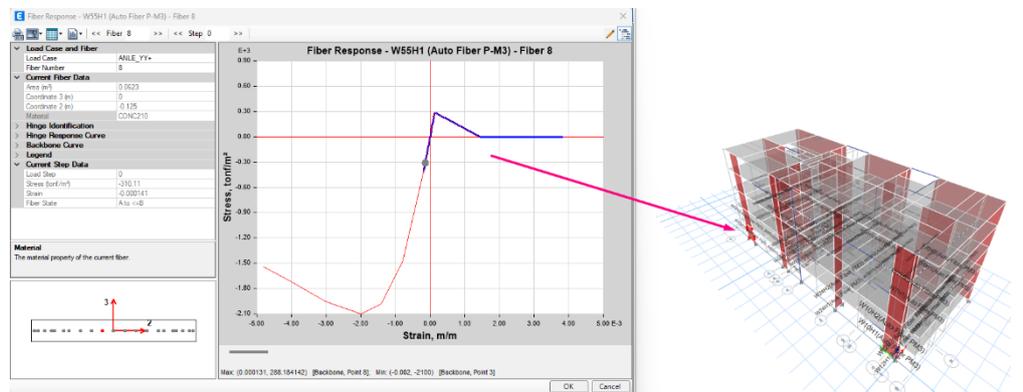


Nota. Derecha: En el recuadro de color anaranjado se observa la posición de la fibra mostrada, representa un comportamiento del concreto confinado; y es de esperarse ya que en ese punto se encuentra el elemento de confinamiento de 0.30 mts. Mostrados en la figura N° 21, con el sismo de diseño es superado la region elastica del concreto confinado, sin embargo no llega al pico de la resistencia maxima ni la deformacion maxima esperada.

Si avanzamos la disposición de las fibras nos encontramos con el nivel de daño o desempeño para el concreto sin confinar:

Figura 49

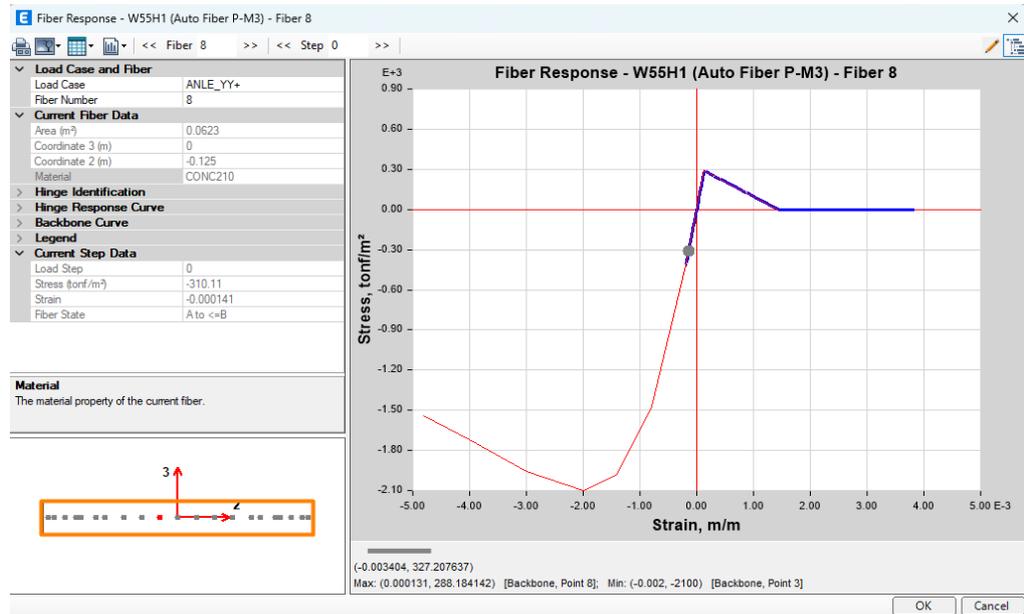
Rotulación distribuida del tipo fibra (concreto sin confinar) para el Muro estructural PL-01 del Edificio Multifamiliar "San Bartolo"



Nota. Derecha: plasticidad del concreto sin confinar, izquierda: Selección del muro estructural PL-01.

Figura 50

Fibra del concreto en compresion para el Muro estructural PL-01 del Edificio Multifamiliar "San Bartolo"

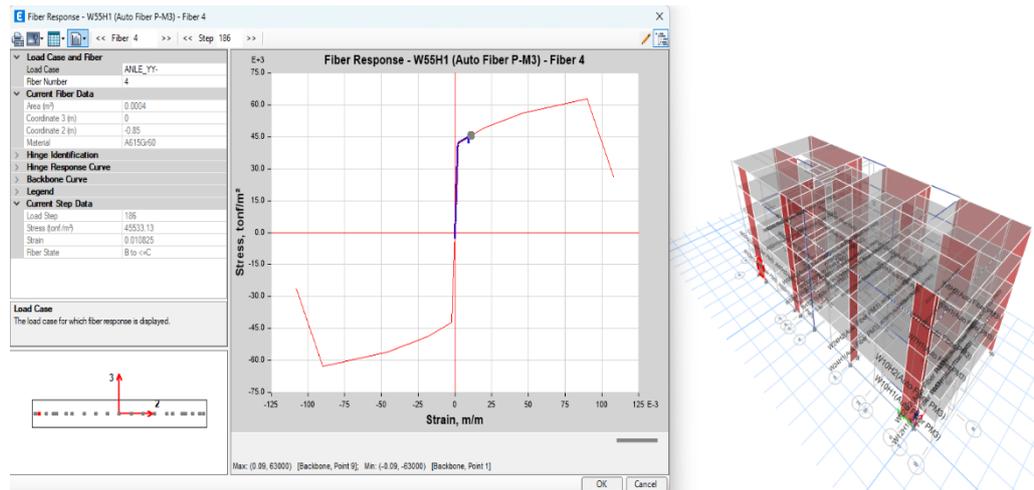


Nota. Derecha: En el recuadro de color anaranjado se observa la posición de la fibra mostrada, representa un comportamiento del concreto sin confinar; y es de esperarse ya que en ese punto se encuentra el alma de 5.95 mts. Mostrados en la figura N° 21.

Para la rótula distribuida del tipo fibra en el material del acero de refuerzo para el muro estructural denominado PL-01:

Figura 51

Rotulación distribuida del tipo fibra (acero de refuerzo) para el Muro estructural PL-01 del Edificio Multifamiliar "San Bartolo"



Nota. Derecha: plasticidad tipo fibra del acero de refuerzo, izquierda: Selección del muro estructural PL-01, de la imagen se desprende que ante el sismo de diseño el acero del presente muro estructural supera el punto de fluencia, es decir se acaba con el comportamiento lineal, sin embargo existe un camino muy amplio hasta antes del punto de colapso.

Finalmente, basados en las figuras previamente descritas, desde el 42 al 47 se ve contrastada la hipótesis específica N°03, ya que la aplicación del análisis no lineal estático en los edificios de muros estructurales utilizando la metodología ASCE 41-17 es notoria para el comportamiento no lineal de los materiales constitutivos del edificio multifamiliar “San Bartolo”.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la discusión de resultados, la presente tesis comparó los resultados obtenidos con diversos autores reportados en el capítulo 2.1 Antecedentes de la investigación.

Chamaza et. Al (2022) indicó en sus resultados que; las estructuras aplicando la norma NCh433 tiene un mejor comportamiento ante un sismo de diseño obteniendo un nivel de desempeño funcional, con aplicación de la norma RNE poseen un nivel de desempeño que resguarda la seguridad de vida y empleando las normativas NEC y NSR no tiene un comportamiento adecuado en una zona sísmica alta dando un nivel de desempeño en prevención al colapso o colapso.

Ante ello, los resultados obtenidos para la presente investigación tuvieron mejores comportamientos para el sismo de diseño utilizando la metodología de la normativa ASCE 41-17, encontrándose que para el sismo de diseño los desplazamientos relativos son tolerables y las fibras mostraron que tanto el concreto y acero de refuerzo pasan su rango lineal sin llegar al colapso.

Cahuana M. y Ccaso G. (2021), indicaron como resultados que: la curva de capacidad de la estructura en la dirección X tiene una fuerza cortante en la base del orden de 488014.84 kg-f lo cual genero un desplazamiento de 0.082 metros, el punto de desempeño de la estructura se determinó por medio de la aplicación del método de los coeficientes de ASCE/SEI 41-17 y finalmente también indican que la edificación no cumple con el objetivo de desempeño para edificaciones esenciales.

Para la presente tesis no se pudo indicar que la mencionada edificación no cumple con el objetivo de desempeño, ya que las solicitaciones para el sismo de diseño son mínimas en base a la metodología del ASCE 41-17, esto se logró porque el sistema estructural de muros estructurales es el sistema más dúctil, capaz de disipar energía de manera histérica. Además, gracias a

las fibras de concreto confinado no lineal y el acero de refuerzo se obtiene deformaciones aceptables que en el peor de los casos representan el fin de la parte elásticas de los materiales constitutivos mencionados, recordando que la estructura del edificio multifamiliar “San Bartolo” estaría afecta al sismo de diseño para la cual fue concebido.

CONCLUSIONES

El edificio multifamiliar “San Bartolo” representa a un edificio peruano diseñado acorde a nuestra normativa local que cumple con las exigencias de la metodología ASCE 41-17, siempre es bueno someternos al escrutinio de estas metodologías extranjeras, al aplicar las disposiciones de la mencionada metodología, se obtuvo que el desempeño estructural del edificio multifamiliar “San Bartolo” es el adecuado si estaría siendo excitada para el sismo que fue diseñada, es decir el sismo raro de 450 años de periodo de retorno, ya que, la mencionada curva bilineal se encuentra en la etapa final de la zona elástica de la curva de capacidad, sin embargo ya se incursionaría en un rango inelástico.

Al realizar la verificación del desempeño estructural, se trató el tema no lineal de estructuras, debido a la generación de la plasticidad tipo fibra en secciones de muros estructurales, la cual representa una manera realista de evaluar cada material constitutivo del concreto armado, conociéndose de manera exacta las deformaciones unitarias del concreto confinado, no confinado y del acero de refuerzo.

Para el concreto confinado en el caso más crítico del análisis no lineal estático se encontró una deformación unitaria de 0.0042, la cual ya supera la zona del comportamiento lineal y está muy próxima a la zona del pico máximo que tiene una deformación unitaria de 0.0020. Concluyéndose que bajo el sismo de diseño ya se superaría la zona elástica pero todavía se tiene un margen de resistencia por tratarse de un concreto confiando, antes del fallo.

RECOMENDACIONES

El campo no lineal permite conocer con exactitud el nivel de desempeño estructural, es recomendable continuar con investigaciones similares enfocadas también en el sistema estructural de pórticos; en donde las mayores cortantes son absorbidas por las columnas, en donde ya no se proponen rotulaciones plásticas del tipo fibra, sino concentradas.

La verificación del desempeño estructural no solo es estudiada por la metodología del ASCE 41-17 sino también por otras diversas metodologías extranjeras como son: FEMA 440, ATC 40, HAZUS, etcétera. Futuras investigaciones podrían enfocarse en las metodologías previamente descritas.

El desempeño estructural está basado inicialmente en la generación de curvas esfuerzo deformación de los materiales constitutivos con referencia al sistema estructural que se desea investigar, generalmente estas curvas son generadas desde los ensayos de laboratorio, referido a ellos también pueden ser generadas de manera computacional; entonces los futuros ingenieros también podrían generar investigaciones relacionadas a la generación de curvas esfuerzo deformación para la realidad de nuestro medio.

Una recomendación final y muy importante tiene base en la propia universidad de Huánuco y en general a todas las universidades del interior de nuestro país, y representa un esfuerzo logístico y económico para la creación de laboratorios de estructuras, con la finalidad de investigar el amplio y fascinante mundo de la ingeniería estructural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCE/SEI 41-17 (2017). Seismic evaluation and retrofit of existing buildings, American society of civil engineers, Reston Virginia, 20191-4382.
- Cahuana M. y Ccaso G. (2021). Desempeño sísmico aplicando el análisis estático no lineal (pushover) del módulo III de la comisaria de ciudad nueva, Tacna 2021.
- Chamaza M. y Cordova E. (2022). Estudio comparativo del análisis estático no lineal de estructuras regulares de hormigón armado aplicando normativa ecuatoriana, colombiana, peruana y chilena.
- Choque F. y Luque E. (2019). Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E.030.
- Norma E.030 de Diseño Sismorresistente (2018). Reglamento Nacional de Edificaciones, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Norma E.060 de Diseño en Concreto Armado (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Fuentes Rivera N. (2018). Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal PUSHOVER.
- Gálvez, A (2008): "El análisis no lineal dinámico y su aplicación en la simulación de respuestas estructurales". ADGAVI y Asociados SAC.
- Rojas, M. (2021): Optimización estructural empleando el modelo interacción suelo – estructura y el modelo normativo peruano en el instituto pedagógico público Juana Moreno, distrito de Llata – Huamalíes – Huánuco – 2021.
- Muñoz, J (2020): "Estudio de la Influencia del Agrietamiento en la respuesta sísmica de estructuras de Concreto Armado". Informe Técnico SENCICO - Tercer Informe.

Medina R. (2018). Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena.

Narro D. (2019). Evaluación del desempeño sismorresistente aplicando el método de análisis estático no lineal Pushover en una edificación de 4 niveles en la ciudad de Huánuco 2019.

Zabala A. (2017). Modelado y análisis Pushover de la respuesta sísmica de estructuras de acero.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Valentín Esteban, E. (2024). *Desempeño estructural de un edificio de muros estructurales mediante el análisis no lineal estático según la metodología ASCE 41-17, en el distrito de San Bartolo, Lima - 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	Dimensiones	POBLACION Y MUESTRA
<p>Problema general</p> <p>¿Cuánto es el desempeño estructural de edificio de muros estructurales mediante el análisis no lineal estático según la metodología ASCE 41-17?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>- ¿Para qué elaborar los modelos matemáticos de edificio de muros estructurales en el software ETABS V.19?</p> <p>- ¿Cuánto es la masa participativa y periodo fundamental de vibración de los modelos matemáticos de edificio de muros</p>	<p>Objetivo general</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el desempeño estructural de muros estructurales mediante el análisis no lineal estático según la metodología ASCE 41-Objetivos <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar los modelos matemáticos de edificio de muros estructurales en el software ETABS V.19. • Generar las masas participativas y periodos fundamentales de vibración de los modelos matemáticos de edificio de muros estructurales en el software ETABS V.19. 	<p style="text-align: center;">Desempeño estructural de edificio de muros estructurales</p> <p style="text-align: center;">Análisis no lineal estático según la metodología del ASCE 41-17.</p>	<p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelo constitutivo no lineal del concreto confinado (Mander) • Modelo constitutivo no lineal del acero de refuerzo (Dood Restrepo) <p>Indicadores</p> <p>Curva esfuerzo deformación (f_c versus ε_c).</p> <p>Curva esfuerzo deformación (f_y versus ε_s)</p> <p>Dimensiones</p> <p>Niveles de desempeño según ASCE 41-17 (basado en desplazamientos)</p>	<p>Población</p> <p>Para esta investigación, la población estará representada por todos los edificios con sistema estructural de muros estructurales con uso familiar o multifamiliar en la provincia de Lima, departamento de Lima, distrito de San Bartolo.</p> <p>Muestra</p> <p>Por definición, se sabe que la muestra es un sub grupo o subconjunto (parte) de la población (total) y, para esta investigación, la muestra estará representada por un edificio multifamiliar de</p>

<p>estructurales en el software ETABS V.19?</p> <p>- ¿De qué manera se puede aplicar el análisis no lineal estático en el edificio de muros estructurales utilizando la metodología del ASCE 41-17?</p>	<p>Aplicar el análisis no lineal estático en el edificio de muros estructurales utilizando la metodología del ASCE 41-17..</p>	<p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ocupación inmediata (mm) • Seguridad de vida (mm) • Prevención del colapso (mm) 	<p>muros estructurales denominado “San Bartolo”, como se muestran a continuación.</p>
---	--	---	---

ANEXO 2 RESOLUCION DE DESIGNACIÓN DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 401-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 01 de marzo de 2023

Visto, el Oficio N° 283-2023-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 395863-0000001679, del Bach. **Ever VALENTIN ESTEBAN**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 395863-0000001679, presentado por el (la) Bach. **Ever VALENTIN ESTEBAN**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Martín César Valdivieso Echevarría, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **Ever VALENTIN ESTEBAN**, al Mg. Martín César Valdivieso Echevarría, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mat. y Reg.Acad. - Interesado - Archivo.
BLCRE/JML/uta.

ANEXO 3

RESOLUCIÓN DE APROBACION DE PROYECTO

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1247-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 02 de junio de 2023

Visto, el Oficio N° 854-2023-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE MUROS ESTRUCTURALES MEDIANTE EL ANALISIS NO LINEAL ESTÁTICO SEGÚN LA METOLOGIA ASCE 41-17, EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA - 2023", presentado por el (la) Bach. Ever VALENTIN ESTEBAN.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 401-2023-D-FI-UDH, de fecha 01 de marzo de 2023, perteneciente al Bach. Ever VALENTIN ESTEBAN se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. Martín César Valdivieso Echevarría, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 854-2023-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE MUROS ESTRUCTURALES MEDIANTE EL ANALISIS NO LINEAL ESTÁTICO SEGÚN LA METOLOGIA ASCE 41-17, EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA - 2023", presentado por el (la) Bach. Ever VALENTIN ESTEBAN, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza (Secretario) y Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE MUROS ESTRUCTURALES MEDIANTE EL ANALISIS NO LINEAL ESTÁTICO SEGÚN LA METOLOGIA ASCE 41-17, EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA - 2023", presentado por el (la) Bach. Ever VALENTIN ESTEBAN para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 4

DESIGNACION DE JURADOS REVISORES PARA INFORME FINAL

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2101-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 18 de setiembre de 2023

Visto, el Of. N° 1452-2023-C-PAIC-FI-UDH y el Exp. N° 437365-000008120 presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil, quien informa que el (la) Bach. Ever VALENTIN ESTEBAN, solicita Revisión del informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: "DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE MUROS ESTRUCTURALES MEDIANTE EL ANALISIS NO LINEAL ESTATICO SEGÚN LA METOLOGIA ASCE 41-17, EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA - 2023".

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Art. N° 38 y 39 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, es necesaria la revisión del Trabajo de Investigación (Tesis) por la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, de la Universidad de Huánuco; y,

Que, para tal efecto es necesario nombrar al jurado Revisor y/o evaluador, compuesta por tres miembros docentes de la Especialidad, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - NOMBRAR, al Jurado Revisor que evaluará el informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: "DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE MUROS ESTRUCTURALES MEDIANTE EL ANALISIS NO LINEAL ESTATICO SEGÚN LA METOLOGIA ASCE 41-17, EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA - 2023", presentado por el (la) Bach. Ever VALENTIN ESTEBAN, del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, conformado por los siguientes docentes:

- Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas PRESIDENTE
- Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza SECRETARIO
- Ing. Josue Choquevilca Chinguel VOCAL

Artículo Segundo. - Los miembros del Jurado Revisor tienen un plazo de siete (07) días hábiles como máximo, para emitir el informe y opinión acerca del Informe Final del Trabajo de Investigación (Tesis).

REGISTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVESE,



Distribución:
C PAIC -Mat. y Reg. Acad.- Interesado- Jurado (03)- Archivo
BCR/EJML/nto.

ANEXO 5

RESOLUCION DE APROBACIÓN DE INFORME FINAL

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2801-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 24 de noviembre de 2023

Visto, el Oficio N° 1919-2023-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Informe Final de Trabajo de investigación (Tesis) intitulado: "**DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE MUROS ESTRUCTURALES MEDIANTE EL ANALISIS NO LINEAL ESTATICO SEGÚN LA METOLOGIA ASCE 41-17, EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA - 2023**", presentado por el (la) Bach. Ever VALENTIN ESTEBAN.

CONSIDERANDO:

Que, según mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1247-2023-D-FI-UDH, de fecha 02 de junio de 2023, se aprobó el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución, del Bach. Ever VALENTIN ESTEBAN, y;

Que, según Oficio N° 1919-2023-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "**DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE MUROS ESTRUCTURALES MEDIANTE EL ANALISIS NO LINEAL ESTATICO SEGÚN LA METOLOGIA ASCE 41-17, EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA - 2023**", presentado por el (la) Bach. Ever VALENTIN ESTEBAN, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Secretario) e Ing. Josue Choquevilca Chinguel (Vocal), quienes declaran APTO para la Sustentación de su Tesis, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único. - APROBAR, el Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "**DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE MUROS ESTRUCTURALES MEDIANTE EL ANALISIS NO LINEAL ESTATICO SEGÚN LA METOLOGIA ASCE 41-17, EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA - 2023**", presentado por el (la) Bach. Ever VALENTIN ESTEBAN, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Johana Manzano Lozano
SECRETARIA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

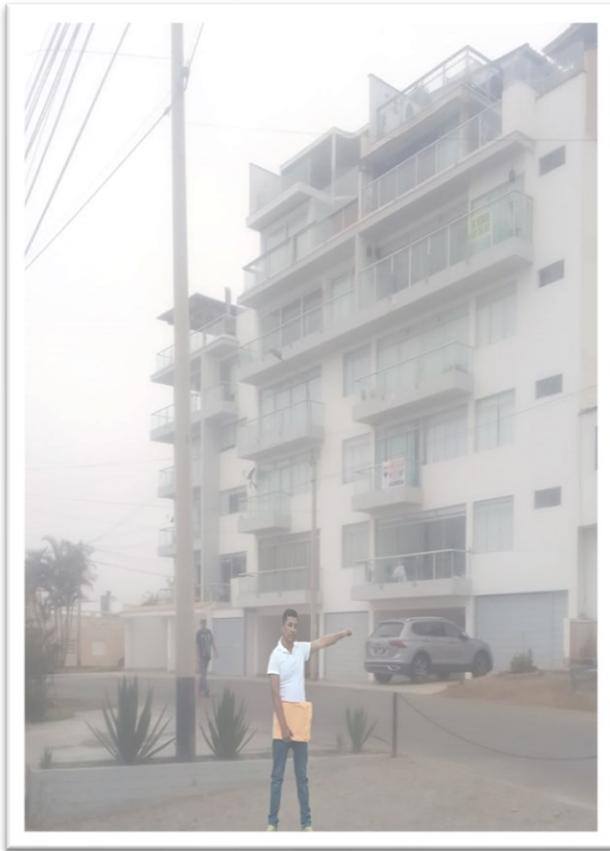
Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 6
PANEL FOTOGRÁFICO



Sitio de estudio de Distrito de San Bartolo – Lima



Se observa al tesista y el edificio estudiado.





Se observa el edificio por lá otra parte de cara.



Se observa el edificio junto al mar.

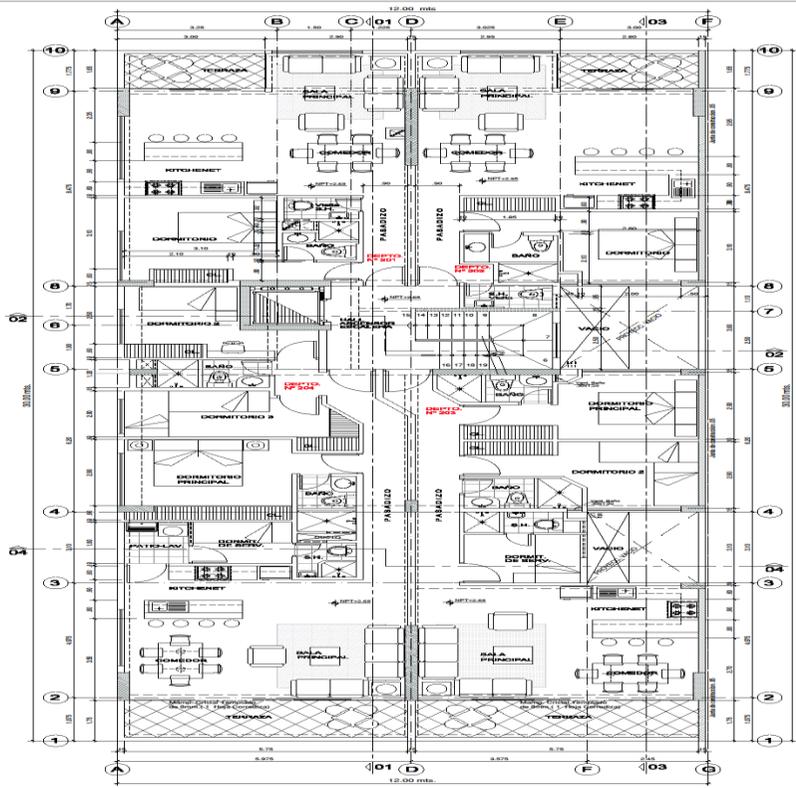


Se observa otros edificios con el mismo estructurales.

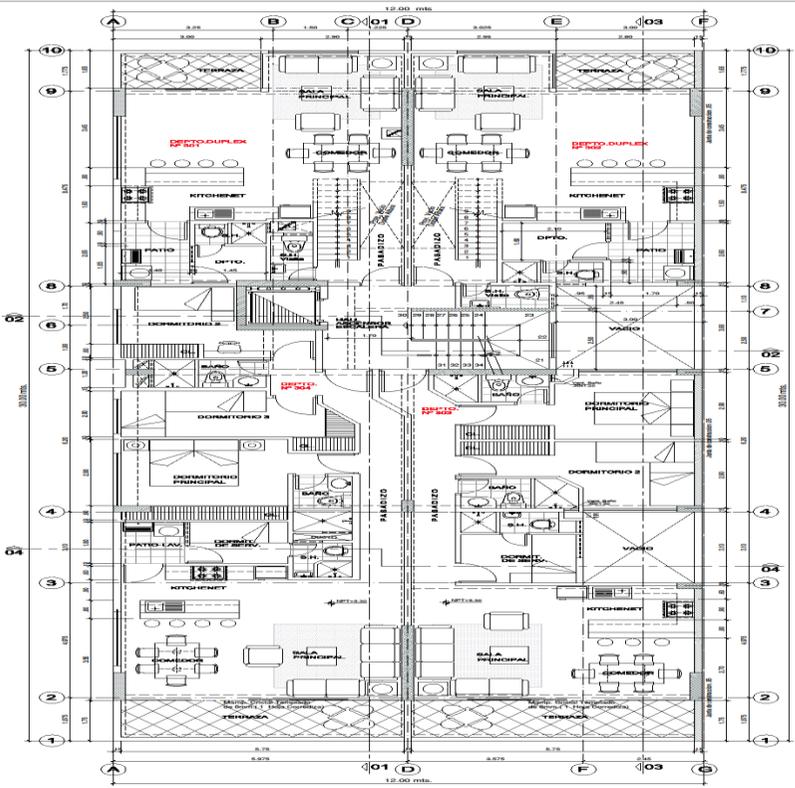


Se observa Municipalidad Distrital de San Bartolo.

ANEXO 7 PLANO DE ARQUETECTURA



PLANTA SEGUNDO PISO
MPT 1.2.26

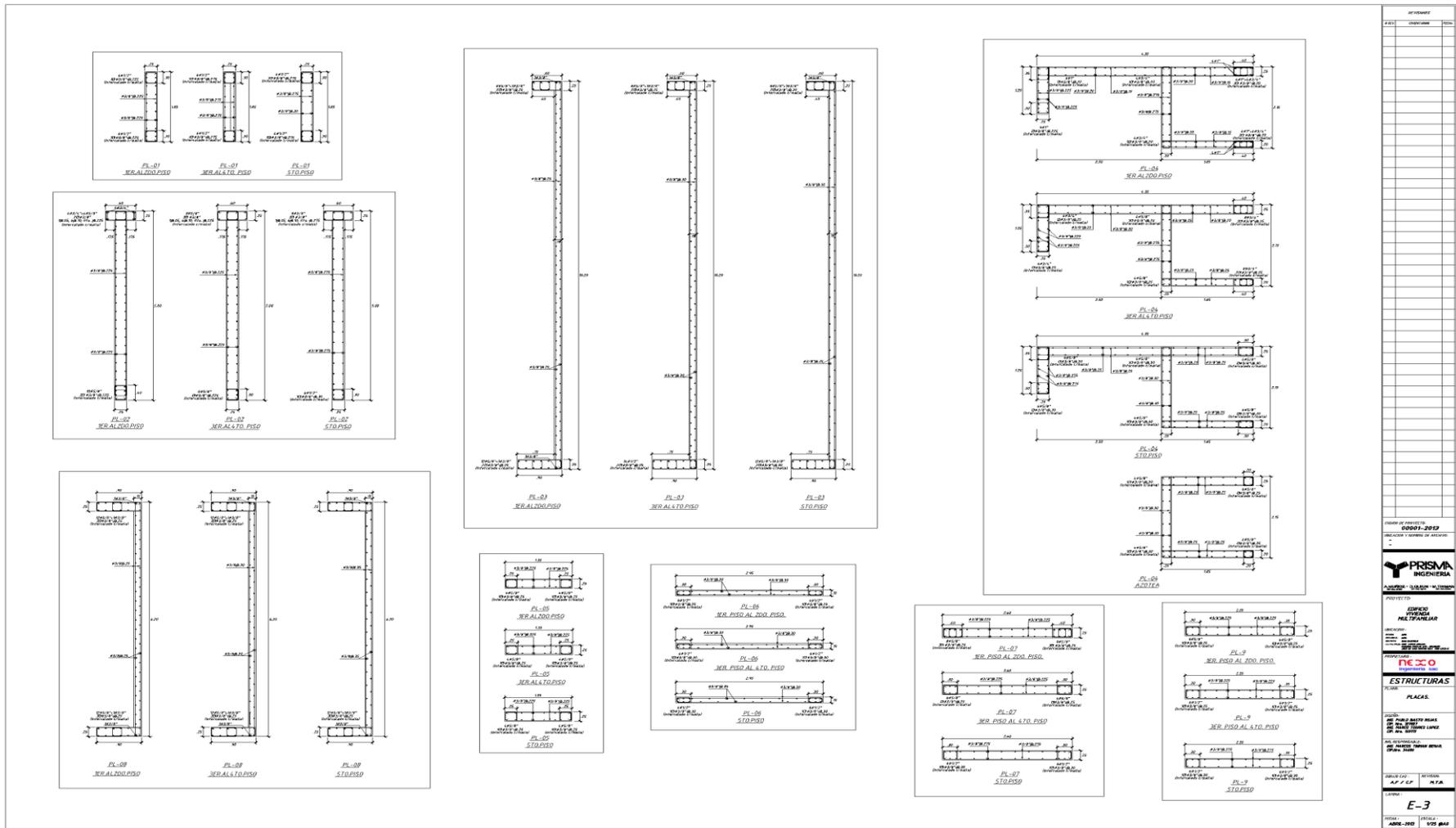


PLANTA TERCER PISO
MPT 1.2.26

 <p>MIGUEL BACA ARQUITECTOS CAP. 2162</p>	<p>NECO CONDOMINIO CIVIL</p>	<p>PROYECTO: PLANTA Y SECCION</p>
	<p>AV. MIGUEL BACA HUIZ CAP. 2162</p>	
	<p>EDIFICIO VIVIENDA MULTIFAMILIAR</p>	
	<p>PLANTA SEGUNDO PISO y PLANTA TERCER PISO</p>	
<p>FECHA: Diciembre, 2017</p>	<p>ESCALA: 1/50</p>	<p>PROYECTISTA: bmendezp</p>

A-02

PLANO DE MUROS ESTRUCTURALES



PLANO DE CIMENTACIÓN

