

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Análisis de calibraciones de respuestas histéricas del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales empleando el modelo de histéresis de Takeda – Huánuco – 2023”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Lopez Arce, Deivis Jeremías

ASESOR: Huamán Cuespán, Carlos Esteban

HUÁNUCO – PERÚ

2024

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 civil

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 ()

D

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73349696

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42289817

Grado/Título: Doctor en ciencias ambientales y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-9668-6670

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Suarez Landauro, Reynaldo Favio	Maestro en gestión pública	22498065	0000-0002-4641-3797
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769

H



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 15:00 horas del día **jueves 27 de noviembre de 2024**, 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:

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| ✓ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS | PRESIDENTE |
| ✓ MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO | SECRETARIO |
| ✓ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2585-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SÍSMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA – HUÁNUCO – 2023"**, presentado por el (la) Bachiller. Bach. Deivis Jeremias LOPEZ ARCE, 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 *..Unánimemente...* con el calificativo cuantitativo de *..1.3...* y cualitativo de *..Suficiente..* (Art. 47).

Siendo las *16:15* horas del día 27 del mes de noviembre del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
DNI: 40895876
ORCID: 0000-0001-7920-1304
PRESIDENTE


MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO
DNI: 22498065
ORCID: 0000-0002-4641-3797
SECRETARIO (A)


MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: DEIVIS JEREMÍAS LÓPEZ ARCE, de la investigación titulada "Análisis de calibraciones de respuestas histeréticas del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales empleando el modelo de histéresis de TAKEDA – Huánuco – 2023", con asesor CARLOS ESTEBAN HUAMÁN CUESPÁN, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2346-2022-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 15 % 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, 04 de octubre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

5. Lopez Arce, Deivis Jeremías.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	infoscience.epfl.ch Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Mi gratitud infinita:

A Jehová: por brindarme la existencia y caminar conmigo en todo momento mostrándome el camino padre divino tu luz brillará en todo momento y tu gloria sin final siempre presente en mi vida, gracias por cederme energía para proseguir en dicho trámite para alcanzar el propósito tan crucial que es la obtención de mi título profesional.

A mis padres Kety e Isaías, quienes me vieron nacer, pues sin ustedes no lo habría logrado, por haberme inculcado el camino al éxito, con tanto cariño, por tantos consejos, perseverancia y sacrificio me permitieron lograr el objetivo, también por el impecable trabajo de educar a mis menores hermanas, le destino a vosotros este triunfo estimado padres, por ser el objetivo conquistado. Orgullosos y afortunados sean mis progenitores y presencien conmigo este acto tan sustancial.

A mi amada hija Aitana Kaori Lopez Vásquez por haberme concedido el cariño más sincero, por tantos momentos bellos juntos y sobre todo por hacerme la persona más afortunada del planeta tierra y el universo.

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

A mi tío Miguel por creer y confiar en mí desde el primer día de estudio y en cada paso que doy hay tantos recuerdos hermosos que compartí contigo y buenos momentos vividos. Agradezco de corazón porque hay tantas cosas que quiero decirte, pero no tengo palabras. Eres el mejor tío de este mundo. Muchas gracias por amarme siempre como a tu propio hijo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco eternamente:

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, por llenarme de conocimiento y valores a los cuales recuerdo con mucho respeto, ya que fueron indispensables para realizarme profesionalmente con el objetivo de que pueda contribuir y aportar a la sociedad.

A mi asesor interno, por guiarme con su conocimiento para la elaboración de dicha tesis y haberme inculcado una buena ética profesional, asimismo, por guiarme hasta la culminación de dicho trabajo de investigación mostrándome respeto y una buena vocación de asesor a asesorado por ello estoy agradecido.

Al Ing. (c) Marco Augusto Rojas Miraval, por las observaciones críticas de cada una de las calibraciones y por la ayuda en la corrida de los resultados.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPÍTULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	16
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	18
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	20
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	21
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	22
2.2. BASES TEÓRICAS	23
2.2.1. BASES TEÓRICAS RESPECTO A LA VARIABLE INDEPENDIENTE.....	23

2.2.2. BASE TEÓRICA RESPECTO A LA VARIABLE DEPENDIENTE	30
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	34
2.4. HIPÓTESIS	35
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	35
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	35
2.5. VARIABLES.....	36
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	36
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	37
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	38
CAPÍTULO III.....	41
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	41
3.1.1. ENFOQUE	41
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	41
3.1.3. DISEÑO	41
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	42
3.2.1. POBLACIÓN	43
3.2.2. MUESTRA	44
3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	45
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	45
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	45
CAPÍTULO IV.....	46
RESULTADOS.....	46
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	46
4.1.1. RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOS MUROS ESTRUCTURALES DESDE LA MUESTRA	46
4.1.2. RECOLECCIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL OBTENIDA DE LOS MUROS ESTRUCTURALES DESDE LA BIBLIOGRAFÍA.....	50
4.1.3. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS EN EL SOFTWARE ETABS DESDE LA DATA DE LA BIBLIOGRAFÍA	53
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .	63

CAPÍTULO V.....	92
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	92
5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	92
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES.....	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variable Dependiente.....	37
Tabla 2 Variable Independiente	37
Tabla 3 Variable dependiente	38
Tabla 4 Variable Independiente	39
Tabla 5 Resumen de la muestra, para ensayos cíclicos y ensayos monotónicos.....	44
Tabla 6 Resumen de los instrumentos de recolección de datos.....	45
Tabla 7 Resumen de la muestra, para ensayos cíclicos y ensayos monotónicos.....	46
Tabla 8 Resumen de los especímenes de muros altos	48
Tabla 9 Resumen de los especímenes de muros bajos	49
Tabla 10 Análisis de la calibración Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis bilineal	65
Tabla 11 Análisis de la respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Trilineal	66
Tabla 12 Análisis de la Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda.....	67
Tabla 13 Respuesta histéretica del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Pivot.....	68
Tabla 14 Respuesta histéretica del especimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis bilineal	69
Tabla 15 Respuesta histéretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Trilineal	70
Tabla 16 Respuesta histéretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Tilineal	71
Tabla 17 Respuesta histerética del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Pivot.....	72
Tabla 18 Respuesta histerética del espécimen 0.05 (Wallace (2008)), usando el modelo de histéresis bilineal	73
Tabla 19 Respuesta histéretica del espécimen 0.05 (Wallace, 2008), usando el modelo de histéresis Trilineal.....	74
Tabla 20 Respuesta histerética del espécimen 0.05 (Wallace, 2005), usando	

el modelo de histéresis Takeda.	75
Tabla 21 Respuesta histerética del espécimen 0.05 (Wallace, 2008), usando el modelo de histéresis Pivot	76
Tabla 22 Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda.....	77
Tabla 23 Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda.....	79
Tabla 24 Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda.....	81
Tabla 25 Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda.....	82
Tabla 26 Respuesta histerética del espécimen M4.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelo de histéresis bilineal	23
Figura 2 Modelo de histéresis elástica	26
Figura 3 Modelo de histéresis cinemática	27
Figura 4 Parámetros del modelo de histéresis de pivote	29
Figura 5 Comportamiento del modelo de histéresis envolvente.....	29
Figura 6 Configuración del montaje experimental de ensayos estáticos cíclicos	31
Figura 7 Patrón de desplazamiento lateral	32
Figura 8 Colocación de potenciómetros en una sección de hormigón armado	33
Figura 9 Ubicación de la edificación típica y común del sistema resistente a fuerzas sísmicas de nuestra región de Huánuco	42
Figura 10 Vista en planta de la población	43
Figura 11 Vista en elevación y 3D de la población	44
Figura 12 Vista en elevación de los muros estructurales denominados M3 y M4.....	47
Figura 13 Distribución de reforzamientos verticales y horizontales en la base, alma y viga.....	48
Figura 14 Vista en elevación del muro estructural denominado 0.05.....	49
Figura 15 Respuesta histerética del ensayo M3 bajo carga cíclica.....	50
Figura 16 Patron de desplazamientos del ensayo M3 bajo carga cíclica.....	51
Figura 17 Respuesta histeretica del ensayo M3 bajo carga ciclica.....	51
Figura 18 Patron de desplazamientos del ensayo M4 bajo carga cíclica.....	52
Figura 19 Respuesta histerética del ensayo 0.05 bajo carga cíclica.....	52
Figura 20 Patron de desplazamientos del ensayo 0.05 bajo carga cíclica....	53
Figura 21 Plano coordinado en el programa ETABS V.19.0, para los muros reportados por Greifenhagen (2005).....	54
Figura 22 Vista extruidas del muro M3 y M4 en el programa ETABS V.19.054	
Figura 23 Ingreso de valores típicos para el concreto, reportado por Greifenhagen (2005) en el programa ETABS V.19.....	55
Figura 24 Ingreso de valores típicos para el acero de reforzamiento, reportado por Greifenhagen (2005) en el programa ETABS V.19.0	56

Figura 25 Creación del caso de carga cíclico en el programa ETABS V.19.0, utilizando el mismo patron de desplazamiento reportado por Greifenhagen (2005)	57
Figura 26 Tipos de histerésis para el material concreto en el programa ETABS V.19.0.....	58
Figura 27 Plano coordinado en el programa ETABS V.19.0, para el muro reportado por Wallace et al. (2008).....	59
Figura 28 Vista extruidas del muro 0.05 reportado por Wallace et al. (2008), en el programa ETABS V.19.0.....	59
Figura 29 Ingreso de valores típicos para el concreto, reportado por Wallace et al. (2008) en el programa ETABS V.19.0.....	60
Figura 30 Ingreso de valores típicos para el acero de reforzamiento, reportado por Wallace et al. (2008) en el programa ETABS V.19.0.....	61
Figura 31 Creacion del caso de carga ciclico en el programa ETABS V.19.0, utilizando el mismo patron de desplazamiento reportado por Greifenhagen (2005)	62
Figura 32 Tipos de histeresis para el material concreto en el programa ETABS V.19.0.....	63
Figura 33 Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histerésis bilineal, en el programa ETABS V.19.0	64
Figura 34 Respuesta histeretica del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histeresis Trilineal, en el programa ETABS V.19.0	65
Figura 35 Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histerésis Takeda, en el programa ETABS V.19.0.....	66
Figura 36 Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histerésis Pivot, en el programa ETABS V.19.0.....	67
Figura 37 Respuesta histeretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histeresis bilineal, en el programa ETABS V.19.0	68
Figura 38 Respuesta histéretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Trilineal, en el programa ETABS V.19.0	69
Figura 39 Respuesta histeretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histeresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0.....	70
Figura 40 Respuesta histéretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Pivot, en el programa ETABS V.19.0.....	71

Figura 41 Respuesta histéretica del espécimen 0.05 (Wallace (2008), usando el modelo de histéresis bilineal, en el programa ETABS V.19.0	72
Figura 42 Respuesta histéretica del espécimen 0.05 (Wallace, 2008), usando el modelo de histéresis Trilineal, en el programa ETABS V.19.0.....	73
Figura 43 Respuesta histeretica del espécimen 0.05 (Wallace, 2005), usando el modelo de histeresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0	74
Figura 44 Respuesta histéretica del espécimen 0.05 (Wallace, 2008), usando el modelo de histéresis Pivot, en el programa ETABS V.19.0	75
Figura 45 Respuesta histéretica del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0, donde se muestra la reproducción de la rigidez elástica de manera exacta.	77
Figura 46 Respuesta histeretica del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histeresis Pivote, en el programa ETABS V.19.0, donde se muestra la reproduccion de la rigidez elastica de manera exacta.....	78
Figura 47 Respuesta histeretica del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histeresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0, donde se muestra la reproduccion de la rigidez elastica de manera exacta.	80
Figura 48 Respuesta histeretica del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histeresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0 versus el ensayo numérico	82
Figura 49 Respuesta histéretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0 versus el ensayo numérico	83
Figura 50 Respuestas Histéreticas de las muestras 3 y 4 comparadas para cada variable con Greifenhagen	84
Figura 51 Respuestas Histéreticas de las muestras 3 y 4 comparadas para cada variable con Wallace	85
Figura 52 Respuesta histéretica del espécimen 0.05 (Wallace, 2008), usando el modelo de histéresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0 versus el ensayo real de laboratorio	86

RESUMEN

Este trabajo de investigación estuvo destinado al análisis de las calibraciones histeréticas de muros estructurales, para ello se utilizó un edificio ubicado en Amarilis de la provincia de Huánuco, extrayendo para la muestra dos muros estructurales más esforzados; se eligió por conveniencia un muro estructural bajo y otro alto; con la finalidad de realizar la calibración histerética bajo la conducta o comportamiento de corte y bajo la conducta o comportamiento netamente a flexión, característicos de estos tipos de muros.

Para realizar tal fin; se sabe que existe diversos modelos de histéresis dentro de la literatura (Bilineal, trilineal, concrete y pivot), se tuvo especial interés en los modelos de histéresis que presenta el software ETABS desde su misma interfaz, el modelo estudiado y utilizado en esta tesis fue el denominado modelo de histéresis de Takeda toda vez que tiene la capacidad de replicar la conducta o comportamiento de la rigidez inicial, esfuerzo máximo, disipación de energía y esfuerzo después de la fluencia.

Finalmente, se concluyó que los modelos de histéresis propuestos en el software ETABS representa modelos numéricos capaces de reproducir las calibraciones de respuestas histeréticas de sistemas resistentes a fuerzas sísmicas. Los modelos de histéresis con más aceptación para la calibración de respuestas de muros estructurales son el de Takeda y Pivot; sin embargo, eso no quiere decir que los modelos Bilineal y Trilineal no lo sean, sino que se deben utilizar para otro tipo de sistema, de igual manera los resultados muestran la necesidad de calibrar los componentes antes de realizar diseños estructurales de Muros estructurales, de esa manera se conocerían realmente la peculiaridad de los materiales constitutivos y la conducta o comportamiento estructural a nivel de sección.

Palabras Clave: Histéresis de Takeda, Software Etabs, Placas de Muros estructurales, Respuestas Histeréticas, Replicas de Ensayo de Disipación de Energía.

ABSTRACT

This research work was intended to analyze the hysteretic calibrations of structural walls. For this purpose, a building located in the Amaryllis district of the province of Huánuco was used. Two of the most stressed structural walls were extracted from the sample; A low structural wall and a high structural wall were chosen for convenience; with the purpose of carrying out the hysteretic calibration under the shear behavior and under the purely flexural behavior, characteristic of these types of walls.

To achieve this goal; It is known that there are various hysteresis models within the literature (Bilinear, trilinear, concrete and pivot), special interest was taken in the hysteresis models presented by the ETABS software from its same interface, the model studied and used in this research. It was the so-called Takeda hysteresis model that is capable of reproducing the behavior of the initial stiffness, maximum stress, energy dissipation and stress after yielding.

Finally, it was concluded that the hysteresis models proposed in the ETABS software represent numerical models capable of reproducing the calibrations of hysteretic responses of systems resistant to seismic forces. The most widely accepted hysteresis models for calibrating structural wall responses are Takeda Pivot; However, this does not mean that the Bilinear and Trilinear models are not, but rather that they should be used for another type of system, in the same way the results show the need to calibrate the components before carrying out structural designs of structural walls, of In this way, the characteristics of the constituent materials and the structural behavior at the section level would be truly known.

Keywords: Takeda Hysteresis, Etabs Software, Structural Wall Plates, Hysteretic Responses, Energy Dissipation Test Replicas.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación a nivel de tesis fue realizado en diversos capítulos, en los cuales se trata algún componente en específico, tal como se menciona en dichos párrafos.

En el primer capítulo se explica la realidad problema, y a partir de ello se plantearon las preguntas y objetivos de la investigación.

En el segundo capítulo se presentó la bibliografía existente, se trató de explicar de manera objetiva las pocas disposiciones literarias a nivel de metodología para la realización de una calibración adecuada bajo las limitaciones de que este tema no es tan estudiado debido a la dificultad.

En el tercer capítulo se representó la metodología del trabajo de investigación científica que se utilizó desde el enfoque del trabajo de investigación hasta las herramientas de recolección y presentación de información obligatorio para probar los objetivos planteados en el capítulo I.

En el cuarto capítulo se presentó la forma de elaborar información, desde la recolección de información hasta el procesamiento de datos utilizando el software ETABS, se mostró también los principales resultados obtenidos no solo con el modelo de histéresis de Takeda sino, con la mayoría de modelos, con la finalidad de presentar una metodología clara y precisa para futuras investigaciones relacionadas al campo estructural.

Por último, se presenta el quinto capítulo, en el cual se realizó el debate de los resultados para cada hipótesis planteada, esta discusión se compara con autores internacionales, nacionales y locales, de igual modo se propusieron las recomendaciones y conclusiones.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Este trabajo de investigación se concibe al analizar detenidamente el Reglamento Nacional de edificaciones, principalmente en el apartado de la Normativa E.030 (2018) refiere en su artículo 30.2. *Modelo para el Análisis (30.2.2)*, la conducta de los componentes es modelado de forma eficaz con productos de ensayos de laboratorios tomando en consideración la degradación de rigidez, la degradación de resistencia, la fluencia, el estrechamiento de los lazos histeréticos y las apariencias más importantes de las conductas estructurales signados en los ensayos. Básicamente, indica que antes de diseñar algún elemento estructural o edificación deberíamos tomar en cuenta los resultados de laboratorio.

El procedimiento para la ejecución de análisis no lineales dinámicos y estáticos comienzan con la replicación mediante alguna herramienta de análisis (en este caso el software ETABS) de ensayos monotónicos o cíclicos, (en este caso ensayos cíclicos de respuestas histeréticas del sistema de muros estructurales) con el propósito de replicar:

- La rigidez luego del agrietamiento, tanto de carga como descarga
- La rigidez elástica
- La disipación de energía a través de los lazos de histéresis.
- La rigidez luego de la fluencia, en carga y descarga
- La resistencia última

Si somos pudientes de modelar una prueba de laboratorio, es viable pensar que la capacidad de pronosticar la conducta del sistema de muros estructurales será el adecuado.

Este tema es poco estudiado en nuestro país, uno de estos pocos investigadores es Gálvez (2008), considera que al diseñar los elementos

estructurales de sistemas estructurales resistentes a fuerzas sísmicas no se toma en cuenta la respuesta de los ensayos de laboratorio, es decir los elementos estructurales que se proponen para un sistema estructural ya fueron ensayados de manera similar (relación de aspecto, carga y cuantía) en algún laboratorio del mundo, de donde ya se conocen sus propiedades histeréticas, como son la rigidez inicial, rigidez después de la fluencia y demás, esto último representa un error que cometen todos los ingenieros diseñadores sin apartar a nuestros diseñadores locales de la ciudad de Huánuco, es por ello que, con la finalidad de ingresar nuevos conocimientos o conocimientos pocos estudiados en nuestro medio y sobretodo solucionar este problema basado en el artículo 30.2.2, se propone la calibración, replicación o simulación de diversos ensayos de laboratorio de muros estructurales utilizando los elementos estructurales más esforzados de un edificio de muros estructurales típico y común de la ciudad de Huánuco.

Con la ejecución de esta tesis y el estudio detenido de los productos conseguidos se puede precisar que el comportamiento de los elementos de muros estructurales, fue modelado de modo consistente con resultados de prueba de laboratorio, donde fueron analizados y replicados la degradación de rigidez, la degradación de resistencia, la fluencia, el estrechamiento de los lazos histeréticos y las apariencias más importantes de las conductas estructurales signados en los ensayos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo se analizan las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda — Huánuco — 2023?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuánto es la reproducción la rigidez elástica de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros

estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda, mediante el Software ETABS Huánuco -2023?

¿Cuánto es la disipación de energía de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda, mediante el Software ETABS Huánuco -2023?

¿Será posible aplicar el modelo de histéresis de takeda para simular el comportamiento histerético de muros estructurales mediante el software ETABS – Huánuco - 2023?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema estructural resistente a fuerzas sísmicas de Muros Estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda mediante el software ETABS – Huánuco – 2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Reproducir la rigidez elástica de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda, mediante el Software ETABS Huánuco -2023.

Representar la disipación de energía de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda, mediante el Software ETABS Huánuco -2023.

Aplicar el modelo de histéresis de takeda mediante software ETABS para calibrar la respuesta histerética del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales – Huánuco - 2023.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Los resultados de la presente investigación sirvieron para predecir el comportamiento estructural del sistema resistente a fuerzas sísmicas, es decir se conoció en qué punto se termina la zona elástica, en qué punto encontramos el endurecimiento del sistema, así también como saber si el sistema estructural en mención presenta un comportamiento dúctil o frágil, inclusive y siendo optimistas se conocieron los esfuerzos y desplazamientos últimos del sistema estructural de muros estructurales.

Tal como sustenta Gálvez (2008), indicando que, si somos pudientes de modelar una prueba de laboratorio, es viable pensar que la capacidad de pronosticar la conducta de una estructura fijada que están formados por componentes que son fingidos por modelos que fueron calibrados con pruebas de laboratorio será lo correcto.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Esta justificación estuvo destinada acortar las brechas entre dos o más conocimientos. Como se sabe diversos investigadores que estudian el modelamiento inelástico de estructuras esenciales para simular la conducta y pronosticar resultados, lo conocen como Diseño Sísmico Basado en Desempeño, lo cual representa el top del conocimiento en la ingeniería estructural, sin embargo, nuestro código nacional de sismo resistencia se encuentra lejos de ese conocimiento.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La literatura establece que la justificación metodológica se basa en un nuevo método o una estrategia nueva a efectos de generar conocimientos confiables y fiables, si bien es cierto en nuestro país son pocos los que se atreven a calibrar simular o reproducir el elemento estructural más esforzado antes de diseñar para reproducir características como: rigidez inicial, capacidad de carga y la disipación de

energía, escenario distinto en nuestra región, en la cual no existe algún documento técnico o tesis que toque el presente tema. Entonces demostramos que se está planteando un nuevo conocimiento que con el tiempo se volverá confiable y válido.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

A esta interrogación ¿hasta dónde un investigador puede llegar? Quiere decir a las limitaciones o dificultades que se suscitan durante la realización del trabajo de investigación.

Las restricciones que se presentaron fueron:

- Reducida bibliografía implementada sobre el tema investigación.
- La inexistencia de antecedentes locales respecto a nuestro trabajo de investigación por tal motivo dificulta la recopilación de datos.
- Escasez de profesionales especializados en el tema de análisis de Software ETABS con fines de diseño estructural.

En el periodo de la elaboración de dicha tesis lo vencemos con la ayuda del asesor con mucha perseverancia y creatividad.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Nuestra investigación fue procedente porque disponíamos de tiempo, asimismo fue procedente toda vez que disponíamos del apoyo de un asesor interno nominado por la facultad que, con sus experiencias y conocimientos en temas de metodología de investigación permitió exceder los percances para la conclusión de dicha investigación, siendo así viable toda vez que contábamos con la economía suficiente para la conclusión de dicho trabajo de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los antecedentes que se enumeran y exponen a continuación corresponden a investigaciones internacionales y nacionales, es necesario indicar que no existe investigaciones similares a la presente investigación en nuestro medio local. Entonces para estos antecedentes nacionales fueron buscados en diversos acervos que reposan los proyectos de investigación como: CONCYTEC, DIALNET y RENATI.

Para las investigaciones internacionales solo encontramos ensayos publicados en revistas, congresos, etc., los mismos que no tienen la misma composición de una investigación experimental, pero de todos modos se citan en seguida.

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Doménico (2021), realizaron un estudio denominado “*Calibración empírica de parámetros histeréticos para el modelado de la respuesta sísmica de columnas de hormigón armado con barras lisas*”, Granada. Esta investigación tenía como objetivo analizar experimentalmente la conducta sísmica de las armaduras convencionales de hormigón armado con dispositivo de colapso, teniendo como población 250 ensayos de armaduras en laboratorio con mesa sísmica y como muestra 20 ensayos, la investigación fue del tipo experimental en este estudio, teniendo como resultado que la degradación de los parámetros de respuesta histerética es un fenómeno complejo caracterizado por una variabilidad e incertidumbre intrínsecas significativas finalmente su principal conclusión fue que, se requieren recientes metodologías de proyectos asentadas en prestaciones a cambio de la resistencia, para preparar de una forma eficiente las estructuras para contrarrestar los sismos.

Rodas et. al. (2014) investigadores ASCE de los Estados Unidos y desarrollaron la siguiente investigación denominada *Modelo histerético para conexiones columna-base expuestas*. La presente investigación tiene como objetivo determinar modelos histeréticos para conexiones columnas-base, siendo de tipo aplicada, con una población de 450 modelos histeréticos que reposan en el repositorio de la facultad de ingeniería de la universidad Harvard y con una muestra de 150 modelos histeréticos, asimismo tuvo como principal resultado que el modelo se ajustó a una serie de experimentos y se determinó que es capaz de simular los aspectos clave de la respuesta histerética, obteniendo un nuevo modelo histerético para la simulación de conexiones de base de columna expuesta (ECB), que se utilizan comúnmente en pórticos resistentes a momento de acero diseñados sísmicamente.

Finalmente, concluyo que los modelos histeréticos están siendo mal elaborados por lo que las conexiones columnas y base están causando malos diseños y desastres en la población.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Palomino (2021), realizó un estudio denominado "*Calibración de muros de albañilería confinada mediante un modelo tipo link en ETABS y desempeño de un módulo educativo – Cañete*" teniendo por principal propósito la realización de calibración de muros de albañilería confinada. El autor definió a su investigación del tipo aplicada. La población y muestra fueron especímenes de laboratorio de muros de albañilería. La metodología fue del tipo cuantitativo, aplicada de nivel descriptivo correlacional. En el apartado de resultados, este autor obtuvo demostrar que, la calibración de los muros de albañilería practicados en laboratorios es sinónimo del modelo numérico respecto a la rigidez fuente.

Finalmente, concluyo que, ejecutado la calibración numérica con ambos especímenes de muros de albañilería se visualiza a la curva de capacidad trilineal numérica que se posee en las curvas de capacidad trilineal de prueba de laboratorio ejecutado para posteriormente fijar a través del link en Etabs.

Coral (2017), realizó la tesis denominada “*Ensayos Cíclicos en Muros De Albañilería Confinada construidos con ladrillos King Kong de fabricación industrial*”, planteo su propósito principal el conocerla conducta sísmica de los muros de albañilería confinada, el tipo de investigación fue aplicada, obteniendo como principal resultado que inicialmente los defectos se notaron en la fase tres aproximadamente usado era 115 KN luego estaba juntado con traslado de 1,00 mm con drift de 0.4%. Finalmente, concluyo que las curvas de suficiencia encontradas desde los ensayos cíclicos de traslado controlado dan información respecto a los daños que podrían aumentarse en estas formas de edificaciones frente a los sismos.

Angles (2018), realizó la tesis de título “*Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla*”, el autor planteo su propósito principal analizar las propiedades de ambos ladrillos según la E.070, el tipo de estudio fue aplicada y descriptiva, la población y muestra estaba propuesto por diversos prismas de albañilería (pilas y muretes), la metodología para esta investigación fue definida por el tipo experimental y correlacional, como resultados se obtuvo que el módulo de elasticidad experimental se pudo pronosticar con las fórmulas de la referencia 1, asimismo, la rigidez lateral elástica fue del orden de 32% más que la rigidez lateral del muro MA, finalmente concluyo que no se cumple con los requisitos para ser un muro portante, además de tener conclusiones, recomendaciones y líneas futuras de estudios.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Como ya se indicó anteriormente para los antecedentes regionales o locales, los repositorios locales de la UDH y UNHEVAL, del departamento de Huánuco no tienen consignados tesis relacionadas con el presente estudio, es por ello que no se cita ninguno en esta sección.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. BASES TEÓRICAS RESPECTO A LA VARIABLE INDEPENDIENTE

Modelo de histéresis de Takeda.

2.2.1.1. MODELOS PARA REPRODUCIR EL COMPORTAMIENTO HISTERÉTICO.

a. Modelo de histéresis de takeda

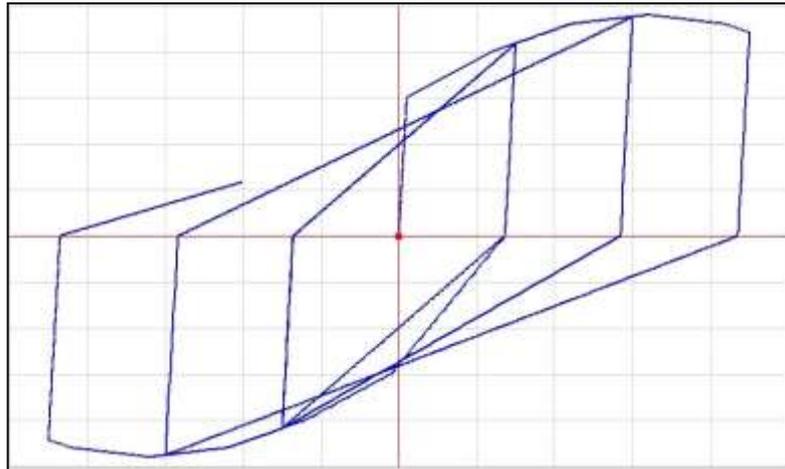
Nielsen (2016), señala que dicho modelo tiene similitud con el modelo cinemático, pero utiliza un bucle histerético degradante teniendo como base el modelo de Takeda. Dicho modelo simple no necesita parámetros complementarios y es más factible para hormigón armado que para metales toda vez que se consume menos fuerza o energía que en el modelo cinemático.

Asimismo, señala que la descarga es a lo largo de la parte elástica con similitud al modelo cinemático. Al recargar, la curva direcciona una línea secante hasta la curva primordial para estibar en sentido opuesta. El punto objetivo para esta secante está en la máxima deformación que ocurrió en ese sentido bajo ciclos de cargas anteriores.

Finalmente, esto da como resultado una disipación de energía reducida en deformaciones más grandes. La descarga se realiza a lo largo del tramo elástico.

Figura 1

Modelo de histéresis bilineal



Nota. La figura muestra el modelo de histéresis bilineal.
Fuente. Nielsen et al (2016).

b. Comportamiento cíclico

Chaiña (2016), señala que varios modelos de histéresis están disponibles en SAP2000, ETABS y CSI Bridge. Los modelos disponibles pueden variar de un producto a otro y pueden incluir cualquiera o todos los modelos que se describen a continuación. (CSI Analysis Reference Manual).

Asimismo, señala que, en las siguientes descripciones de distorsiones cíclicas, carga se refiere al incremento de la magnitud de distorsión en sentido negativo o positivo determinada, y descarga refiriéndose a la disminución subsiguiente de la distorsión hasta que el nivel de fuerza arribe a cero.

Es por ello que la disminución sigue de la distorsión que es la carga inversa hasta que la distorsión arribe a cero, posteriormente la distorsión incrementa con la misma señal de la carga y vuelve a cargarse. La descarga y la carga se suceden en los cuadrantes positivos (primero y tercero) del diagrama de acción y deformación o distorsión, y la carga inversa suceden en los cuadrantes negativos (segundo y cuarto).

En la misma línea Huapaya (2017) refiere que, el típico para todos los modelos, la carga cíclica se comporta de la siguiente manera:

- La carga fuente en la dirección negativa y positiva sigue la curva de la columna vertebral.
- Tras la inversión de la deformación, la estivación o descarga se da durante un camino distinto, generalmente más empinado que el camino de carga. Esta puede ser paralela o casi paralela a la pendiente elástica fuente.
- Después de que el nivel de carga se reduce a cero, las sucesivas inversiones de deformación dan como resultado una carga inversa a lo largo de un camino que finalmente se conecta con la curva de la columna en el otro lado, generalmente con una deformación igual a la deformación máxima anterior en esa dirección o direcciones.

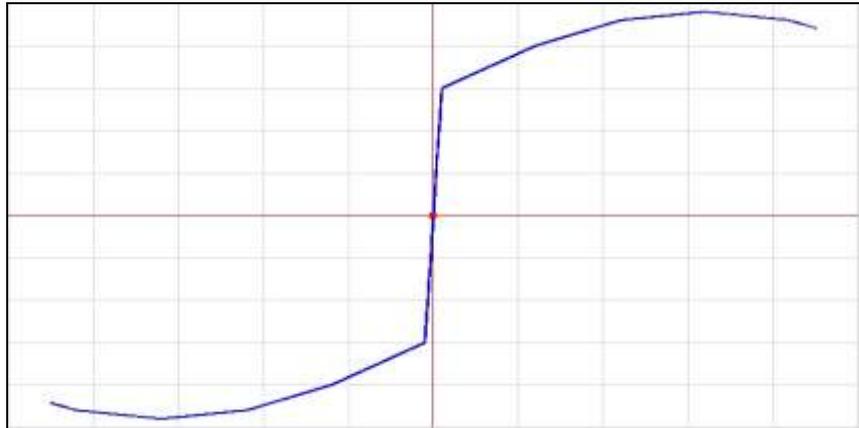
c. Modelo de histéresis elástica

Rodríguez (2019), nos menciona que el comportamiento es no lineal, sin embargo, es elástico. Quiere decir que este componente constantemente descarga a lo largo de la curva y carga principal y no se disipa energía.

Esta misma curva principal se usa en las figuras para todos los modelos siguientes, a excepción del modelo concreto que se usa en la parte verdadera de la curva, asimismo a la parte negativa se determina por separado.

Figura 2

Modelo de histéresis elástica



Nota. La figura 2 muestra el modelo de histéresis elástica
Fuente. CSI Analysis Reference Manual (2017).

d. Modelo de histéresis cinemática

Dicho ejemplo se sostiene en la conducta de endurecimiento cinemático que se observa comúnmente en los metales que es el ejemplo de histéresis estipulado para los materiales metálicos del programa. Siendo así esta forma disipa un volumen significativo de energía siendo apropiado para materiales dúctiles (CSI Analysis Reference Manual, 2017, p. 30).

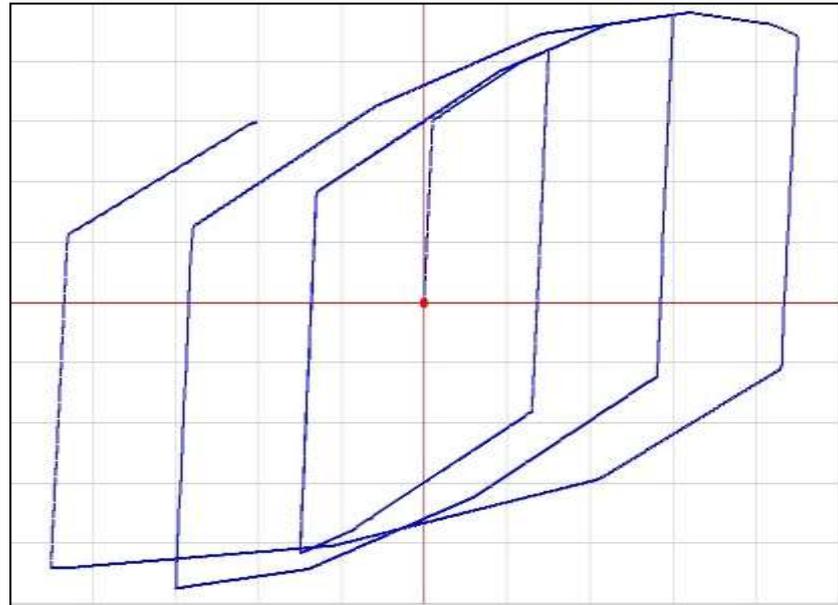
Según la ley del endurecimiento cinemático, la deformación plástica en una dirección tirará de la curva en la otra dirección. Se conectan pares de puntos coincidentes. Este modelo no requiere parámetros adicionales. (CSI Analysis Reference Manual, 2017, p.30).

Al cargar y descargar en reversa, la curva continua por un camino hecho de partes paralelos y con la misma distancia que los partes previamente cargados y sus contrapartes en sentido opuesto hasta que se reincorpora a la curva principal cuando se carga en sentido opuesta.

Cuando se defina los puntos en la curva multilíneal, se deben tener en consideración que las partes se vinculen con los puntos simétricos, a pesar de la curva no es simétrica. La presente da cierto dominio sobre el modelo del ciclo histerético (CSI Analysis Reference Manual, 2017, p.30).

Figura 3

Modelo de histéresis cinemática



Nota. La figura muestra el modelo de histéresis cinemática.
Fuente. CSI Analysis Reference Manual (2017).

e. Modelo de histéresis de pivote

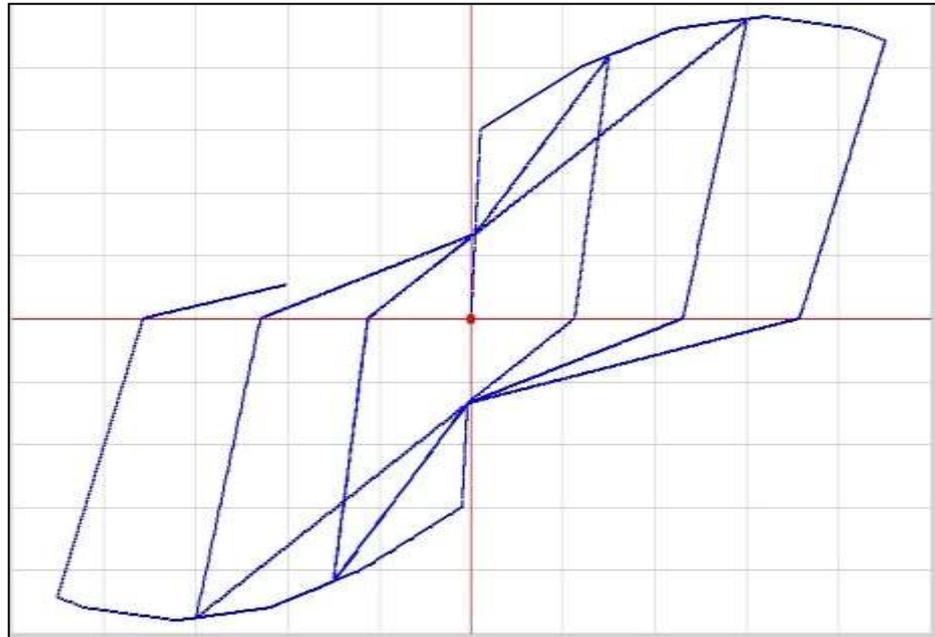
Carlton (2016) nos dice que este modelo es similar al modelo de Takeda pero tiene parámetros adicionales para controlar el bucle de histéresis degenerado. Es particularmente aplicable a elementos de hormigón armado y se basa en la observación de que la descarga y la carga inversa tienden a dirigirse a puntos específicos llamados puntos de pivote en el plano de deformación actuante. Asimismo, el uso genérico de este ejemplar es para el periodo rotación. Dicho modelo no está diseñado para hormigón no reforzado. Vea el modelo concreto separado a continuación.

Carlton (2016), precisa que los siguientes parámetros adicionales se especifican para el modelo Pivot:

- α_1 , que ubica el punto de pivote para descargar a cero desde la fuerza positiva. La descarga ocurre hacia un punto en la extensión de la línea elástica positiva, pero con un valor de fuerza negativo de la fuerza de fluencia positiva.
- α_2 , que ubica el punto de pivote para descargar a cero desde la fuerza negativa. La descarga ocurre hacia un punto en la extensión de la línea elástica negativa, pero con un valor de fuerza positivo dos veces la fuerza de fluencia negativa.
- β_1 , que ubica el punto de pivote para la carga inversa desde cero hacia la fuerza positiva. La recarga ocurre hacia un punto en la línea elástica positiva con una fuerza valor de β_1 veces la fuerza de fluencia positiva, donde $0.0 < \beta_1 < 1.0$. Más allá de ese punto, la carga se produce a lo largo de la secante hasta el punto de máxima deformación positiva anterior en la curva de la columna vertebral.
- β_2 , que ubica el punto de pivote para la carga inversa desde cero hacia la fuerza negativa. La recarga ocurre hacia un punto en la línea elástica negativa con una fuerza valor de β_2 veces la fuerza de fluencia negativa, donde $0.0 < \beta_2 < 1.0$. Más allá de ese punto, la carga se produce a lo largo de la secante hasta el punto de máxima deformación negativa anterior en la curva de la columna vertebral.
- η , dispone el volumen de degradación inconcluso elásticas luego de la distorsión plástica toda vez que $0.0 < \eta < 1.0$.

Figura 4

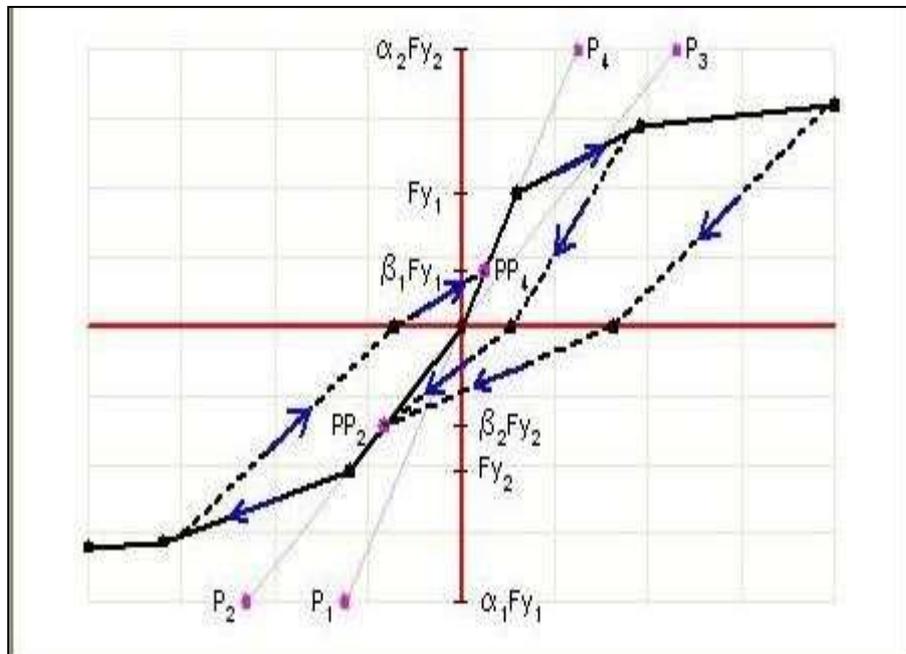
Parámetros del modelo de histéresis de pivote



Nota. La figura muestra los parámetros de histéresis de pivote.
Fuente. Carlton (2016).

Figura 5

Comportamiento del modelo de histéresis envolvente



Nota. La figura muestra los parámetros de histéresis envolvente.
Fuente. Carlton (2016).

2.2.2. BASE TEÓRICA RESPECTO A LA VARIABLE DEPENDIENTE

Calibraciones de respuestas histeréticas del sistema resistente a fuerzas sísmicas de Muros Estructurales.

- **Calibraciones de muros estructurales**

Delgado (2011), Se refiere al llamado conjunto de elementos resistentes que cooperan entre sí para soportar fuerzas o cargas y mantener siempre el equilibrio, es decir, todas las fuerzas que actúan sobre una estructura se compensan entre sí.

En la misma línea de idea Rodas (2014) planteó que una estructura es un conjunto de elementos que se interrelacionan para lograr una función como: puentear vanos (puentes), contener sólidos o líquidos (silos, piscinas), soportar presiones de tierra (muros de contención), ETC. Las cualidades que debe poseer una buena estructura deben ser: seguridad, economía, racionalidad, sin olvidar la belleza.

Vélez (2017) indica que, para representar las prácticas locales de construcción, los especímenes deben ser contruidos y posteriormente ser trasladados al Laboratorio de Mecánica Estructural, donde se le realice un ensayo cuasi - estático cíclico controlado por desplazamiento.

Asimismo, indica que, una vez instalado el elemento en el marco de carga, se debe realizar una inspección visual detallada, en la cual se identifiquen los tipos de fisuras o daños en el espécimen.

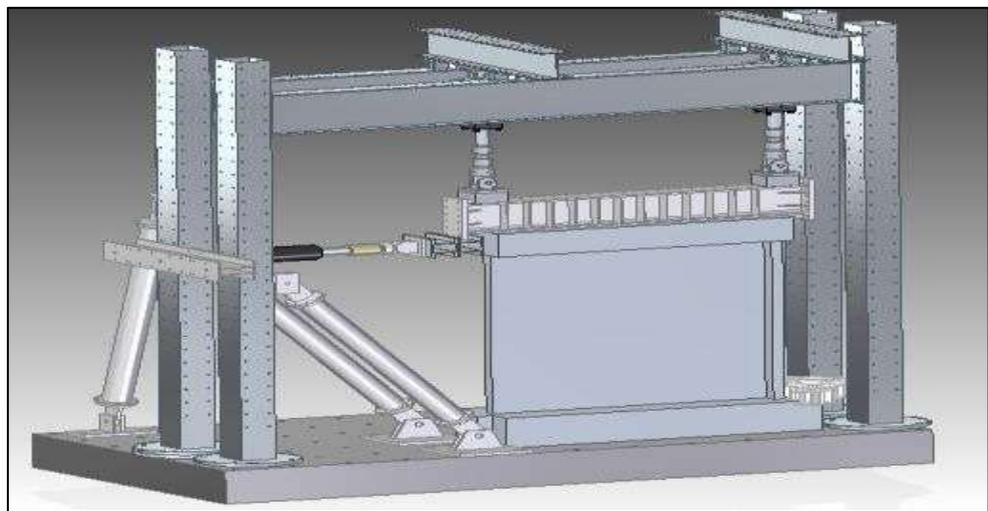
- **Otani (2008). Modelos de histéresis.**

Para aplicar las cargas horizontales se utilizó un actuador hidráulico de desplazamiento controlado con una capacidad de 500 kN, que se conectó al extremo sur de la viga de hormigón superior a una altura de 2,60 m desde el cimiento del muro (parte superior horizontal de la viga de cimentación del muro).

Por otro lado, el investigador Palomino (2021) informó que para aplicar la carga vertical se utilizaron dos actuadores de fuerza controlada de 700 kN, los cuales se fijaron a la viga de concreto superior, uno en el extremo sur de la probeta y el otro en el extremo norte de la misma. Los ejemplares estaban separados entre sí por 2,20 m. Los tres actuadores se conectaron al mismo sistema de control, manteniendo siempre una relación de carga axial del 5% y una relación M/VL_w de 2,0 a partir del primer ciclo de carga lateral.

Figura 6

Configuración del montaje experimental de ensayos estáticos cíclicos

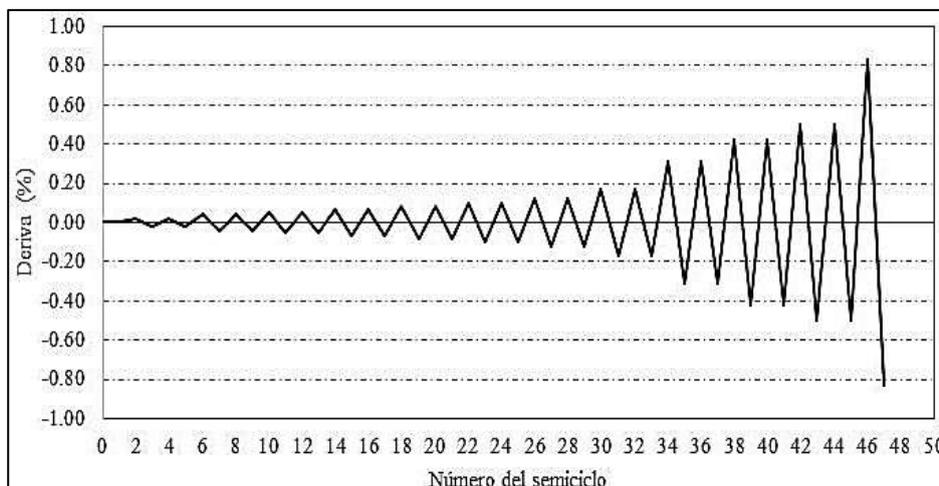


Nota. La figura muestra la configuración del montaje experimental.
Fuente. Vélez (2017).

Vélez (2017) indica que, el ensayo comienza al aplicar las cargas axiales equivalentes al 5% de la resistencia nominal de la sección transversal de concreto (520 kN, aproximadamente), mediante dos actuadores verticales.

Figura 7

Patrón de desplazamiento lateral



Nota. La figura muestra la configuración del montaje experimental.

Fuente. Vélez (2017).

Palomino (2021) recomienda que, Se debe estimar numéricamente la primera fluencia de las barras de acero y definir 5 ciclos de carga a desplazamientos inferiores correspondientes a la fluencia (0,4 mm, 0,8 mm, 1,2 mm, 1,6 mm y 2,0 mm). Para ductilidad 1, 1,2, 1,5, 2, 3, 4, 5, 6, 8, se debe aplicar el siguiente ciclo. Se deben aplicar dos ciclos por cada nivel de desplazamiento.

Es por eso que, durante el segundo ciclo de cada deriva de carga, la carga siempre debe permanecer constante, independientemente del máximo desplazamiento positivo (compresión de aleta) o desplazamiento negativo (tensión de aleta), y debe hacer una pausa para estabilizar la fuerza, y trazar y Mida el ancho de la grieta. La fuerza de corte (V) es proporcionada por un actuador hidráulico horizontal.

El momento base (M) es proporcionado por la superposición de dos efectos: el momento generado por la fuerza V y su brazo vertical ubicado a 2.60 m de la base del muro, y el momento generado por los dos actuadores verticales y sus momentos. Brazo horizontal de 2,20 m. El desplazamiento lateral fuera del plano del borde superior de la probeta estuvo completamente restringido durante todo el ensayo.

- **Instrumentación**

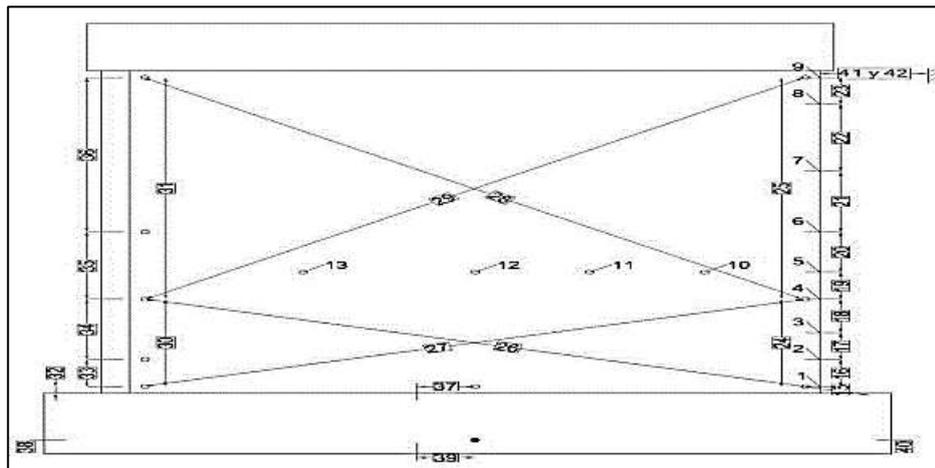
Delgado, (2011) refiere que, para medir los desplazamientos en la muestra se utilizaron 42 potenciómetros, como se muestra en la Figura 15. Los potenciómetros 1 a 13 miden desplazamientos en la dirección fuera del plano, mientras que los potenciómetros 15 a 36 miden desplazamientos en el plano de la pared.

Asimismo, nos dice que el sensor 37 registra el desplazamiento horizontal entre el nivel superior de la viga de cimentación y un punto a 5 cm por encima de la pared. Los sensores 38 y 40 registran el desplazamiento vertical de ambos extremos de la viga de cimentación con respecto a la placa de reacción. El potenciómetro 39 registra el desplazamiento horizontal entre la viga de cimentación y la placa de reacción

Finalmente, los sensores 41 y 42 registran el desplazamiento horizontal superior de la muestra en su borde libre (banda). Además, se utilizó una cámara de alta resolución **para** la grabación de vídeo durante toda la prueba y se programó para tomar una foto cada minuto.

Figura 8

Colocación de potenciómetros en una sección de hormigón armado



Nota. La figura muestra la colocación de potenciómetros.
Fuente. Delgado (2011).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Análisis estático:** Es la forma de estudio por ello se sospechan que existe esfuerzos en el eje horizontal aplicables para los entrepisos del edificio (Vélez, 2017).
- **Carga muerta:** Manifiesta el propio del peso de la estructura, teniendo en cuenta su propio peso sin distorsión en el tiempo (E.030, 2018).
- **Envolvente:** Aplicado al análisis estructural, representa la máxima combinación de resultados mínimos y máximos para realizar un correcto diseño estructural (E.060, 2009).
- **Fuerzas internas:** Manifiesta la información para el dibujo estructural que se conceptualiza como esfuerzos creados interiormente para estructuras, como esfuerzos axiales, momentos flectores y cortantes (E.060, 2009).
- **Grados de libertad (GL):** El desplazamiento o capacidad de rotación asumida para un sistema estructural específico para fines de diseño (Chopra, 2014).
- **Grados de libertad dinámicos (GLD):** Representan desplazamientos o rotaciones libres y también se pueden definir como la capacidad de una estructura de hormigón armado para deformarse en un eje determinado (Chopra, 2014).
- **Modelo estructural:** Es notación matemática de un sistema estructural para el cálculo de esfuerzos internos utilizando las propiedades y características de resistencia del material y el concepto de elementos finitos. Actualmente, existe gran cantidad de software capaz de realizar esta interpretación y establecer valores de diseño fiables de acuerdo con la normativa vigente. El modelo debe ser capaz de incorporar los efectos a los que estará sometida la estructura (Chopra, 2014).
- **Modo de vibración:** Representa la forma en que se mueve la estructura según las características establecidas por la normativa

peruana (E.060, 2009).

- **Muro de corte o losa:** Conjunto capaz de soportar los esfuerzos combinados de cortante, flexión y axiales provocados por esfuerzos laterales (E.060, 2009).
- **Rigidez estructural:** La definición más clara de este parámetro estructural es la relación entre la capacidad de una estructura de ejercer cualquier fuerza P sobre su desplazamiento (Chopra, 2014).
- **Terremoto:** Definición de movimiento dinámico provocado por el choque de placas y su posterior disipación de energía (Chopra, 2014).
- **Calibración de respuesta histerética:** Consiste en replicar ensayos monotónicos o cíclicos utilizando nuestras herramientas de análisis (llamadas software, programas, códigos, etc.) intentando que nuestras simulaciones repliquen los siguientes hechos: rigidez elástica, rigidez después de fisuración, rigidez después de fisuración Creep, resistencia última y disipación de energía (Gálvez, 2015).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- **H_a:** El modelo de histéresis de Takeda empleando el Software ETABS, analiza las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema estructural resistente a fuerzas sísmicas de Muros Estructurales– Huánuco – 2023.
- **H_o:** El modelo de histéresis de Takeda empleando el Software ETABS, no analiza las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema estructural resistente a fuerzas sísmicas de Muros Estructurales– Huánuco – 2023.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- **H_o:** El modelo de histéresis de Takeda empleando el Software ETABS no reproduce la rigidez elástica de las respuestas

histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para Muros Estructurales — Huánuco -2023.

- **H_a**: El modelo de histéresis de Takeda empleando el Software ETABS reproduce la rigidez elástica de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales- Huánuco -2023.
- **H_o**: El modelo de histéresis de Takeda empleando el Software ETABS no representa la disipación de energía de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales — Huánuco - 2023.
- **H_a**: El modelo de histéresis de Takeda empleando el Software ETABS representa la disipación de energía de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales – Huánuco - 2023.
- **H_o**: El modelo de histéresis de Takeda mediante software ETABS no calibra la respuesta histerética del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales – Huánuco - 2023.
- **H_a**: El modelo de histéresis de Takeda mediante software ETABS calibra la respuesta histerética del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales – Huánuco – 2023

2.5. VARIABLES

En la presente investigación se han dividido en variables variable dependiente y variables independientes, lo cual son características que podemos medir y cuantificar.

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Se ha definido como variable dependiente a los análisis de calibraciones de respuestas histeréticas del sistema resistente a

fuerzas sísmicas de muros estructurales (Diseño Estructural), según los resultados que se obtendrán, se podrá determinar la rigidez elástica y la disipación de energía

Tabla 1

Variable Dependiente

<i>V. dependiente</i>	<i>Indicador</i>
Análisis de Calibraciones de respuestas Histeréticas	<ul style="list-style-type: none"> • Rigidez Elástica • Disipación de energía

Nota. La tabla 1 muestra la Variable Dependiente.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

En el proyecto de investigación las variables independientes serán Software Etabs y el modelo de histéresis de TAKEDA

Tabla 2

Variable Independiente

<i>V. Independiente</i>	<i>Indicador</i>
Software ETABS	<ul style="list-style-type: none"> • Estructuración • Predimensionamiento • Análisis Estático y Dinámico
Modelo de TAKEDA	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación de rigidez de descarga • Degradación de rigidez de recarga

Nota. La tabla 2 muestra la Variable Independiente.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Variable dependiente

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Técnicas e instrumentos
Dependiente Análisis de Calibraciones de respuestas Histeréticas	Delgado (2011), refiere que llama así a un conjunto de elementos resistentes que colaboran entre sí para soportar fuerzas o cargas manteniendo en todo momento su equilibrio, es decir todas las fuerzas que actúan sobre la estructura se compensan mutuamente.	Procesos de Diseño estructural	Adimensional	Rigidez Elástica	N/m ²	Técnica: Programa de análisis y Diseño estructural ETABS Método: Visualización Interactiva
		Variaciones de análisis Estático y Dinámico	Adimensional	Disipación de energía	Curva de capacidad según FEMA 440 Análisis Estático No Lineal Pushover mediante el ASCE 7-16	Técnica: Programa de análisis y Diseño estructural ETABS Método: Visualización Interactiva

Tabla 4

Variable Independiente

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Técnicas e instrumentos
Independiente	Según Quispe (2018) Etabs es un programa en el cual se puede realizar desde el análisis de una viga simplemente apoyada o una armadura hasta el análisis tridimensional de edificios y el diseño estructural bajo uno o más sistemas conformados por cargas ya sean estáticos y/o dinámicas aplicadas a la estructura.	Planos Estructurales	Adimensional	Estructuración	Curva de capacidad según FEMA 440	Técnica: Programa de análisis y Diseño estructural ETABS Método: Visualización Interactiva
		Planos Estructurales y Norma E.030	Adimensional	predimensionamiento	Pushover mediante el ASCE 7-16	
		Solicitaciones sísmicas y modo espectral	Adimensional	Análisis Estático y Dinámico	Análisis Estático No Lineal	
Software ETABS empleando el Modelo de TAKEDA						

Nielsen (2016), señala que este modelo es muy similar al modelo cinemático, pero utiliza un bucle histerético degradante basado en el modelo de Takeda, Este modelo simple no requiere parámetros adicionales y es más apropiado para hormigón armado que para metales. Se disipa menos energía que en el modelo cinemático.

Estructuras experimentales

Adimensional

Degradación de rigidez de descarga

Tn/m2
Kg/cm2

Técnica: Programa de análisis y Diseño estructural ETABS
Método: Visualización Interactiva

Estructuras experimentales

Adimensional

Degradación de rigidez de recarga

Tn/m2
Kg/cm2

Técnica: Programa de análisis y Diseño estructural ETABS
Método: Visualización Interactiva

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Aranzamendi (2008) afirma que la presente investigación fue de enfoque cuantitativo debido a que:

Se centró su atención en los datos, es decir, aquella cuyos resultados se pueden expresar de manera numérica: porcentajes, cifras exactas, proporciones, etc., pues a partir del análisis de estos datos, se buscará un método para realizar el procesamiento de datos para finalmente establecer las conclusiones y recomendaciones buscadas.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El alcance o nivel del presente proyecto de tesis, se determinó para del tipo Descriptivo.

Descriptivo, porque está destinada a realizar los análisis de calibraciones de respuestas histeréticas del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales mediante la utilización del software ETABS para fines de diseño estructural.

Todo ello, basado en lo indicado por Sampieri, que a letra indica que, este tipo de diseño busca especificar 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

Carrasco (2013) mencionó que la investigación de diseño no experimental, es un enfoque de investigación en el cual el investigador

no manipula deliberadamente las variables independientes, En lugar de eso, observa y recopila datos en entornos naturales para comprender fenómenos tal como ocurren en la realidad.

Por lo tanto, podemos establecer que esta investigación posee un diseño del tipo no experimental. Ya que se exploraron las relaciones que comprenden para la mejor calibración de respuestas histeréticas, que consistió en replicar ensayos intentando que nuestras simulaciones repliquen: rigidez elástica, rigidez después de fisuración, rigidez después de fisuración Creep, resistencia última y disipación de energía factores que influyen en el rendimiento de la estructura, siguiendo las normas vigentes del Perú.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Figura 9

Ubicación de la edificación típica y común del sistema resistente a fuerzas sísmicas de nuestra región de Huánuco



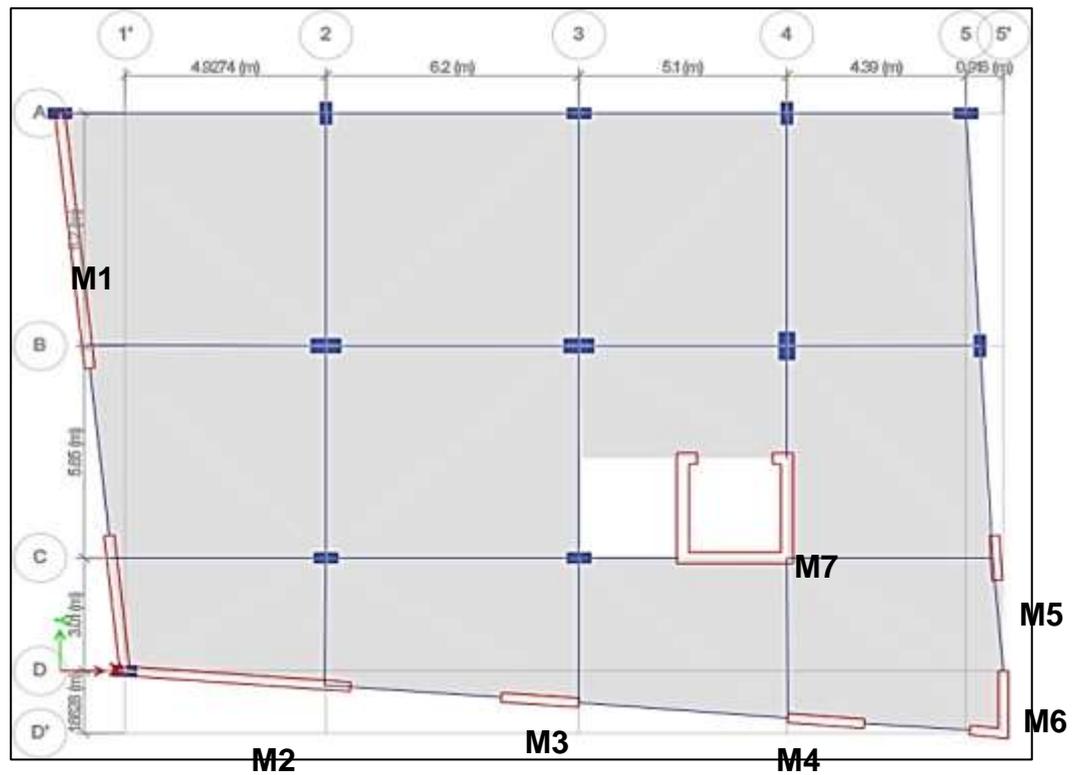
Nota. La figura 09 muestra el área y ubicación del proyecto de investigación la edificación se encuentra ubicada en la urbanización los álamos del distrito de amarillis, Google earth, 2023.

3.2.1. POBLACIÓN

Dicha población analizada estaba formada por una edificación típica y común del sistema resistente a fuerzas sísmicas de nuestra región de Huánuco. La presente edificación se encontró ubicada en la urbanización los álamos del distrito de amarilis, constituida de 10 niveles incluyendo un sótano, de la cual se seleccionó los muros más esforzados.

Figura 10

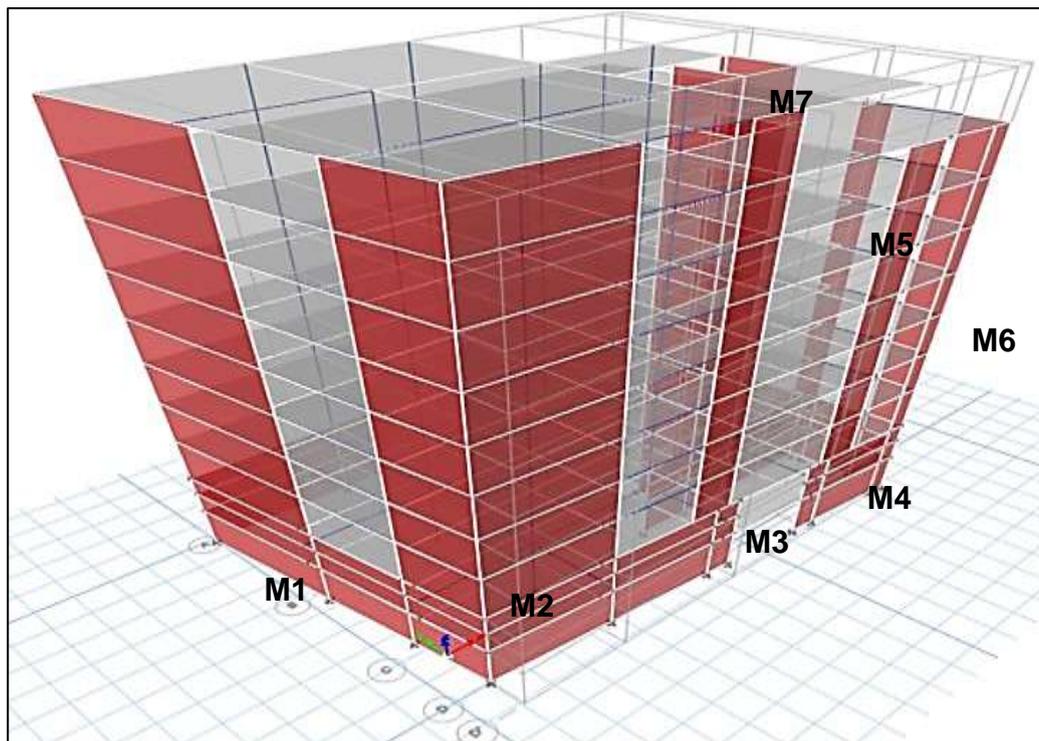
Vista en planta de la población



Nota. La figura 10 muestra la disposición en planta de los muros estructurales que serán usados como población y muestra respectivamente, adaptado del ETABS V.19.0 2020.

Figura 11

Vista en elevación y 3D de la población



Nota. La figura 11 muestra la disposición en elevación de los muros estructurales que serán usados como población y muestra respectivamente, adaptado de ETABS V.19.0 (2020).

3.2.2. MUESTRA

La muestra estuvo en función de los muros estructurales desde el primer nivel de la edificación mostrada en la figura 10, tomándose 7 especímenes en total, como se señala en la siguiente tabla:

Tabla 5

Resumen de la muestra, para ensayos cíclicos y ensayos monotónicos

Espécimen	Ubicación	Sección
PL-01	1er. Sótano	Rectangular
PL-02	1er. Sótano	Rectangular
PL-03	1er. Sótano	Rectangular
PL-04	1er. Sótano	Rectangular
PL-05	1er. Sótano	Rectangular
PL-06	1er. Sótano	Rectangular
PL-07	1er. Sótano	L

Nota. La tabla 5 enseña el resumen de la muestra, para ensayos cíclicos y ensayos monotónicos.

3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Los instrumentos para la recolección de datos en la ejecución de dicho informe final de tesis serán:

Tabla 6

Resumen de los instrumentos de recolección de datos

Instrumento	Definición
Documentos de archivo	Estos muros estructurales ensayados en el laboratorio con similares características al del proyecto de investigación serán construidas en base a sus propios reportes (Paper).
Observación Experimental	Examinar individualmente los muros estructurales con características similares al de la muestra del presente proyecto de tesis.

Nota. La tabla 6 muestra el resumen de los instrumentos de recolección de datos.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Los únicos materiales necesarios, en el presente proyecto de tesis, estuvo delimitada en la presentación de gráficos de barras comparativas y tablas con gran cantidad de datos, estos solo se pueden realizar con el software Excel, claro que con otras herramientas también, pero por la sencillez y fácil utilización y generación de gráficos se elige la previamente mencionada.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Por la existencia de complejidad para calcular la calibración, mediante los múltiples parámetros de los diversos modelos de histéresis y otros cálculos complejos, que tienen la precisión de usar un programa de cálculo estructural de gran nivel como es el ETABS.

El estudio de dichos resultados complejos; se verán procesados mediante la utilización de manera categórica por el programa Excel con la finalidad de contrastar los ensayos obtenidos de la DATA y literatura versus lo obtenido después de la calibración.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOS MUROS ESTRUCTURALES DESDE LA MUESTRA

Para la realización de los objetivos y examinar las diversas hipótesis propuestas en el presente estudio de tesis es necesario realizar el procesamiento de datos mostrados en la tabla 7, inicialmente conocer la vinculación de aspectos de la muestra.

Para la correlación fue necesario realizar la división entre la altura de los muros entre las longitudes de los mismos (h_w/l_w). Como se pone a la vista a continuación.

Tabla 7

Resumen de la muestra, para ensayos cíclicos y ensayos monotónicos

Espécimen	Hw (m)	Hw/Lw	F'c (Kg/cm ²)	Fy (Kg/cm ²)
PL-01	8.60	1.265	210	4200
PL-02	9.10	1.338	210	4200
PL-03	1.90	0.279	210	4200
PL-04	1.85	0.272	210	4200
PL-05	1.88	0.276	210	4200
PL-06	2.40	0.369	210	4200
PL-07	7.70	1.133	210	4200

Nota. La tabla 7 Muestra el resumen de la muestra, para ensayos cíclicos y ensayos monotónicos donde: Hw=Altura del muro estructural, Lw=longitud del muro estructural, Hw/lw=Relación de aspecto, Fc=Resistencia a la compresión del concreto, Fy=Resistencia a la fluencia del acero. PL-01=Placa 01, PL-02=Placa 02, PL-03=Placa 03, PL-04=Placa 04, PL-05=Placa 05, PL-06=Placa 06 y PL-07=Placa 07

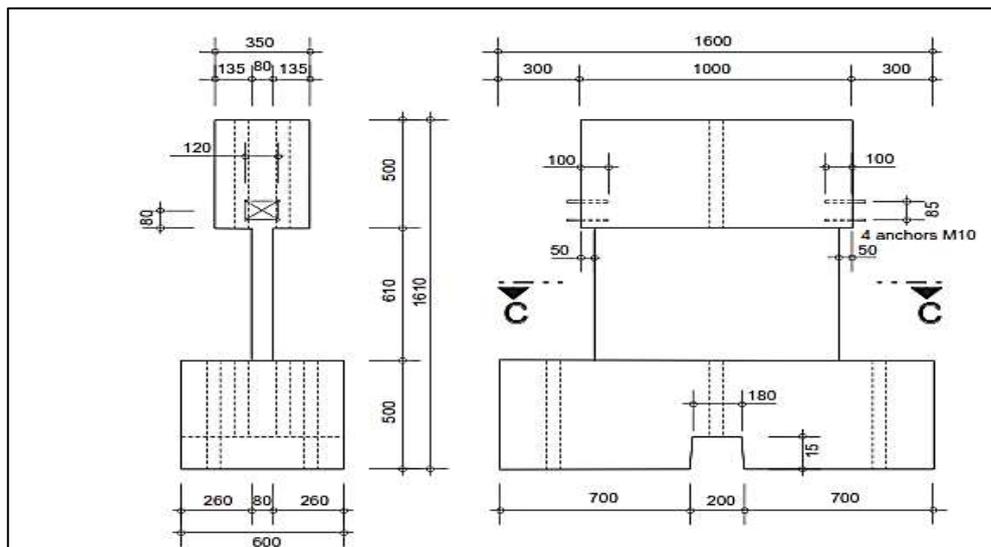
Al analizar las relaciones de aspecto, se desprende que existen dos tipos de muros estructurales, los que poseen h_w/l_w mayor a 1 (muros altos), son muros controlados por flexión, mientras que los poseen h_w/l_w menor a 1, el comportamiento estará controlado por corte (muros bajos).

Entonces, los especímenes denominados PL-01, PL-02 y PL-07 estarán considerados como muros altos y PL-03, PL-04, PL-05 y PL-06 estarán considerados como muros bajos.

Muros altos. Greifenhagen (2005); reporto el ensayo de cuatro muros estructurales con relación de aspecto superior a la unidad, es decir muros altos. Los especímenes que se utilizaron fueron:

Figura 12

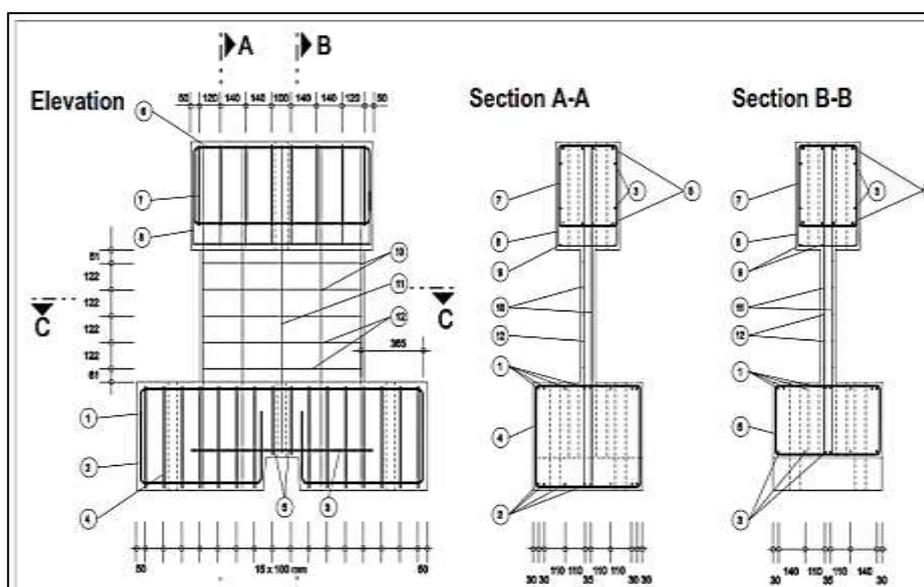
Vista en elevación de los muros estructurales denominados M3 y M4



Nota. Ambos muros estructurales poseen la relación de aspecto mayor a la unidad, serán utilizados para los muros PL-01, PL-02 y PL-07.

Figura 13

Distribución de reforzamientos verticales y horizontales en la base, alma y viga



Nota. Se eligió estos muros estructurales por la similitud de características del acero de reforzamiento.

Estos muros reportados por Greifenhagen (2005), son resumidas en la siguiente tabla, como se evidencia a continuación:

Tabla 8

Resumen de los especímenes de muros altos

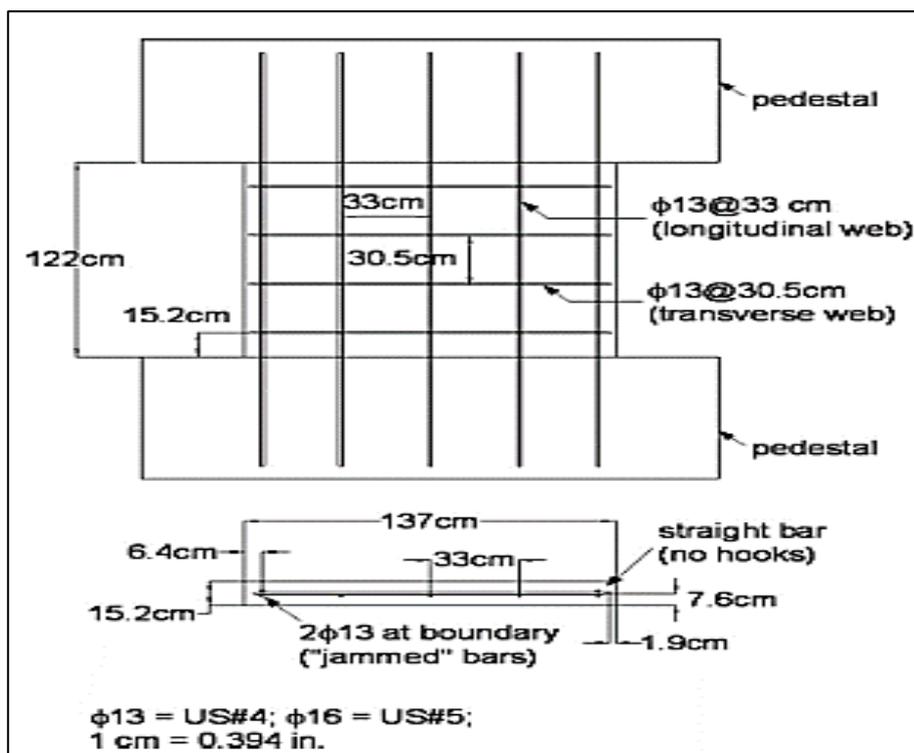
Especímen	Hw (mm)	Hw/Lw	F'c (Kg/cm ²)	Fy (Kg/cm ²)
M3	1610	1.07	210	4500
M4	1610	1.07	210	4500

Nota. La tabla 8 muestra el resumen de los especímenes de muros altos. Hw=Altura del muro estructural, Lw=longitud del muro estructural, Hw/lw=Relación de aspecto, Fc=Resistencia a la compresión del concreto, Fy=Resistencia a la fluencia del acero.

Muros bajos. Wallace et al. (2008); ensayo un muro estructural que guarda relación con los muros bajos de la muestra del presente proyecto, estos ensayos se muestran a continuación:

Figura 14

Vista en elevación del muro estructural denominado 0.05



Nota. Este muro estructural guarda estrecha relación con la muestra (PL-03, PL-04, PL-05 y PL-06), así mismo con las características del concreto y acero de reforzamiento.

Este muro reportado por Wallace et al. (2008), es resumido en la siguiente tabla, como se evidencia a continuación:

Tabla 9

Resumen de los especímenes de muros bajos

Especímen	Hw	Hw/Lw	F'c	Fy
	(m)		(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
0.05	1.22	0.89	310	4200

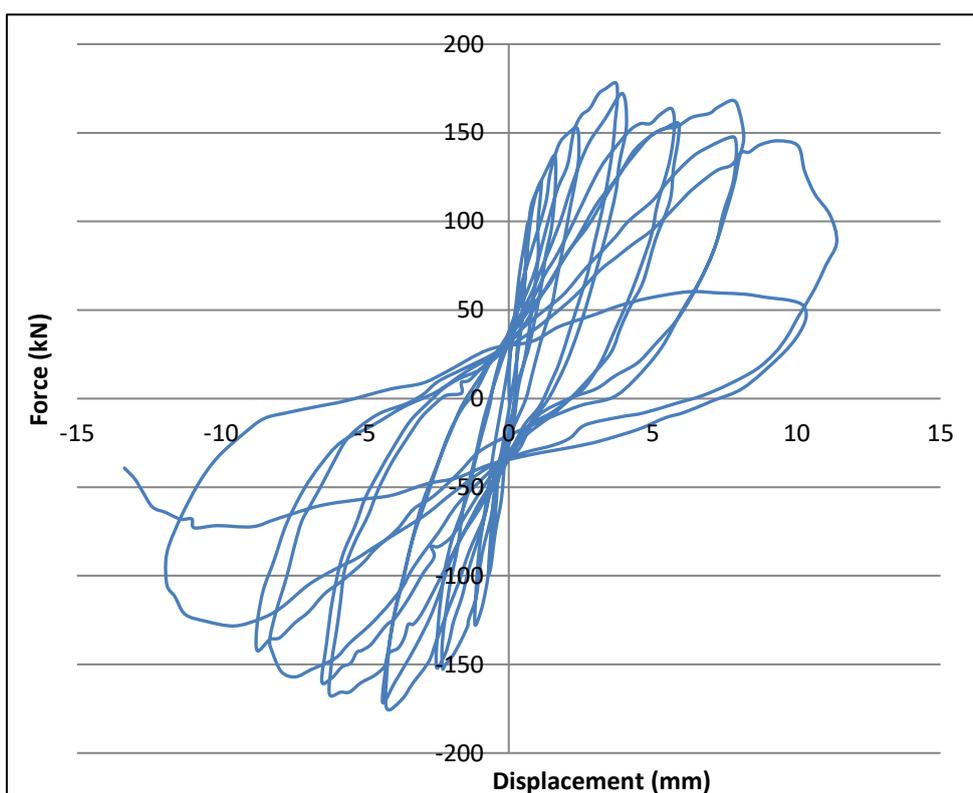
Nota. La tabla 9 muestra el resumen de los especímenes de muros bajos. Hw=Altura del muro estructural, Lw=longitud del muro estructural, Hw/lw=Relación de aspecto, Fc=Resistencia a la compresión del concreto, Fy=Resistencia a la fluencia del acero.

4.1.2. RECOLECCIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL OBTENIDA DE LOS MUROS ESTRUCTURALES DESDE LA BIBLIOGRAFÍA

Muros altos. Greifenhagen (2005); al reportar los muros M3 y M4 concluye la siguiente respuesta histórica:

Figura 15

Respuesta histerética del ensayo M3 bajo carga cíclica

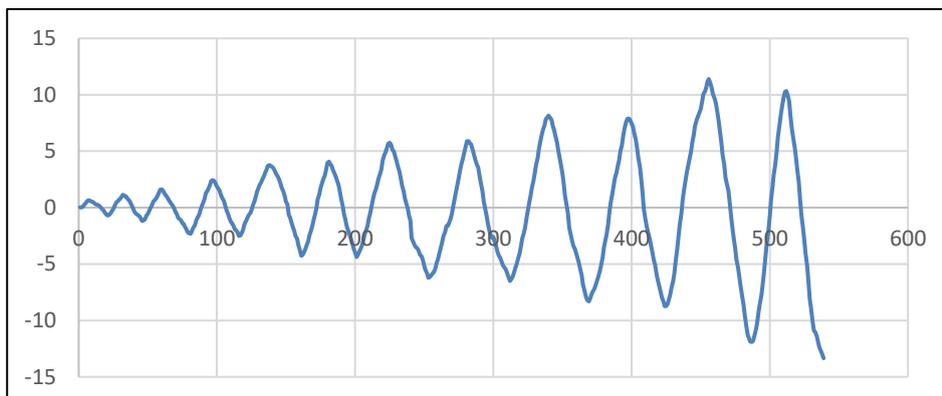


Nota. Se observan lazos histeréticos con buena capacidad de disipar energía, llegando hasta un desplazamiento de aproximadamente 1 cm y 170 KN de esfuerzo.

El autor reporta que este ensayo fue posible realizar bajo el siguiente patrón de desplazamientos con amplitudes grandes en los pasos superiores, en total se realizaron más de 500 pasos de desplazamiento, como se muestra a continuación:

Figura 16

Patrón de desplazamientos del ensayo M3 bajo carga cíclica

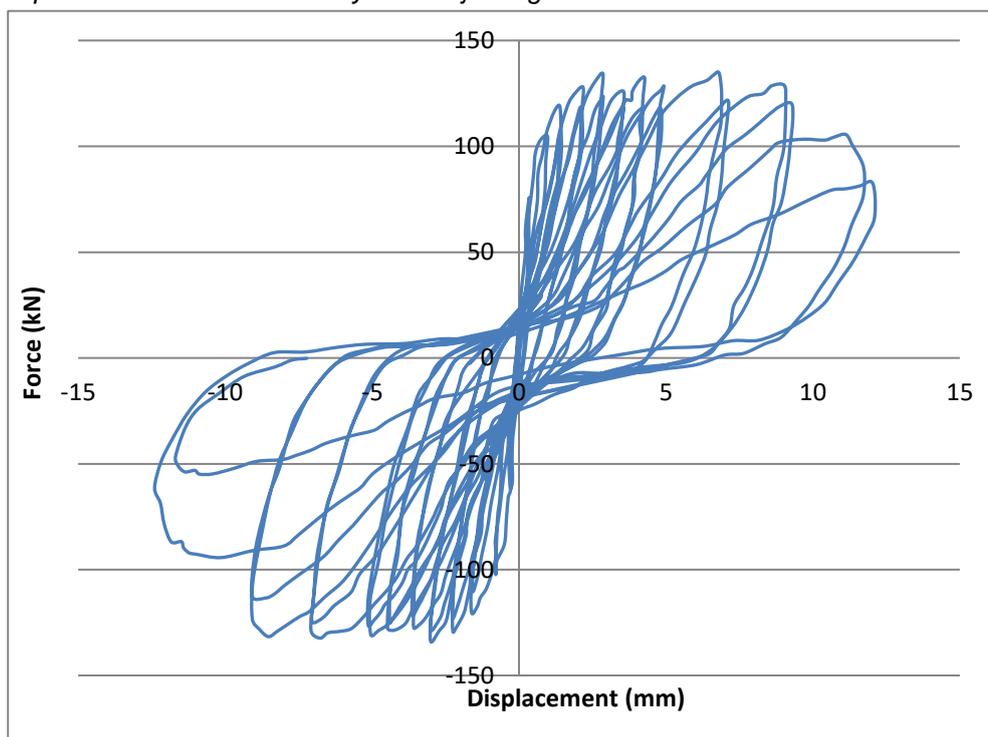


Nota. Este patrón simula a la acción que ejerce el sismo, excitando de manera positiva y negativa.

De igual modo para el ensayo denominado M4, el autor presenta la siguiente respuesta de histéresis:

Figura 17

Respuesta histerética del ensayo M3 bajo carga cíclica



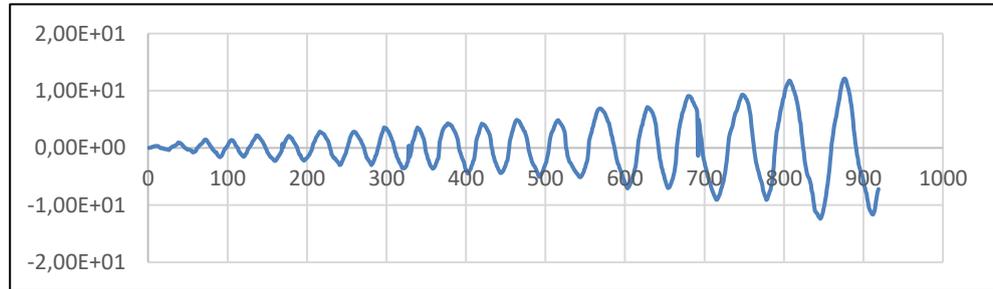
Nota. Se observan lazos histeréticos con regular capacidad de disipar energía, llegando hasta un desplazamiento de aproximadamente 1 cm y 127 kN de esfuerzo.

El autor reporta que este ensayo M4 fue posible realizar bajo el siguiente patrón de desplazamientos con amplitudes grandes en los

pasos superiores, en total se realizaron más de 700 pasos de desplazamiento, como se muestra a continuación:

Figura 18

Patrón de desplazamientos del ensayo M4 bajo carga cíclica

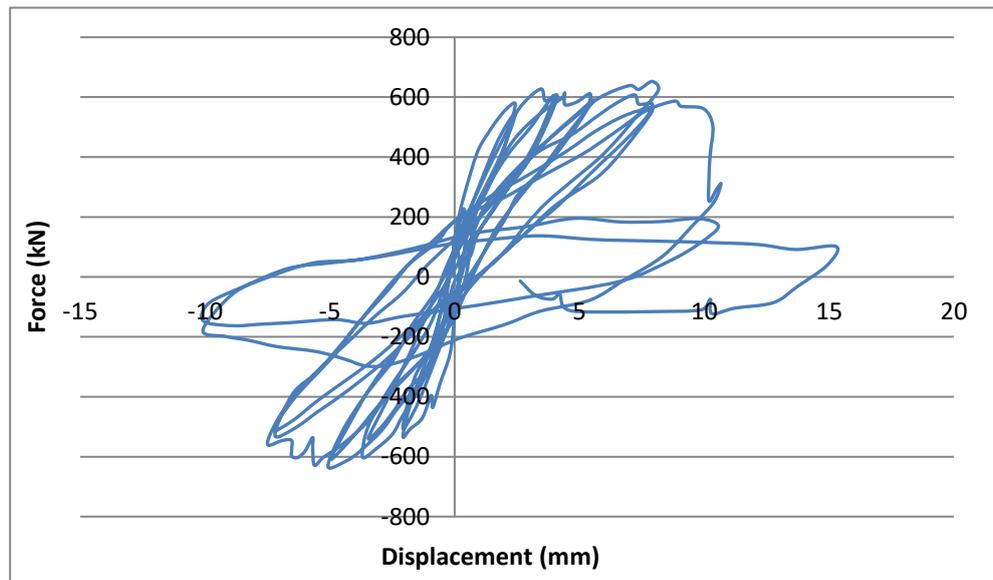


Nota. Este patrón simula a la acción que ejerce el sismo, excitando de manera positiva y negativa, consta de más pasos.

Muros bajos. Wallace et al. (2008); en el ensayo del muro estructural denominado 0.05, obtuvo la siguiente respuesta de histéresis:

Figura 19

Respuesta histérica del ensayo 0.05 bajo carga cíclica

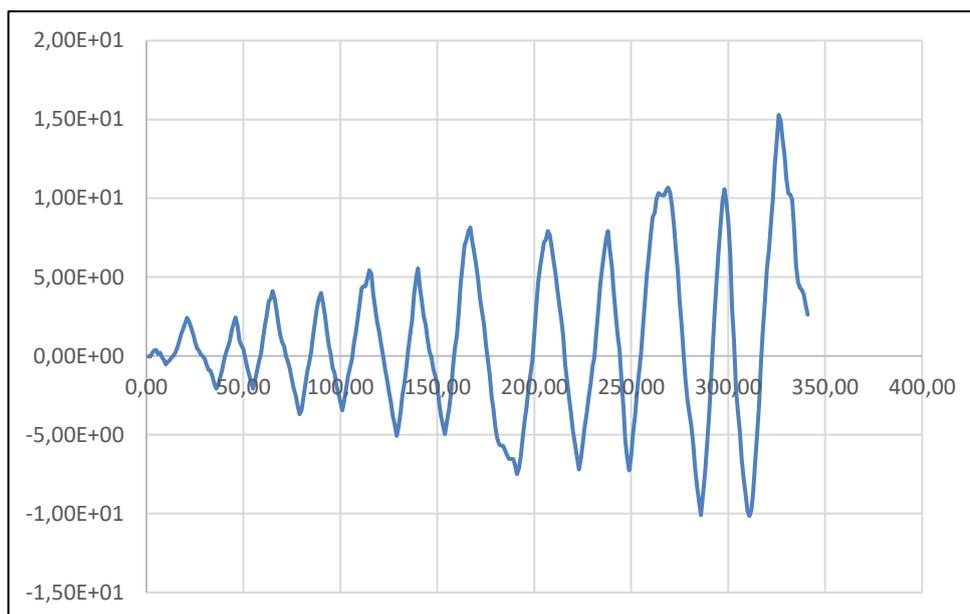


Nota. Se observan lazos histéricos con poca separación entre ellas, al final del ensayo se abren más los lazos debido a la proximidad de la falla, llegando hasta un desplazamiento de aproximadamente 1.5 cm y 600 KN de esfuerzo.

Esta respuesta de histéresis es obtenida a partir de la aplicación del siguiente patrón de desplazamientos:

Figura 20

Patron de desplazamientos del ensayo 0.05 bajo carga cíclica



Nota. Se muestra la simulación del efecto del sismo con amplitudes extensas casi al final del ensayo.

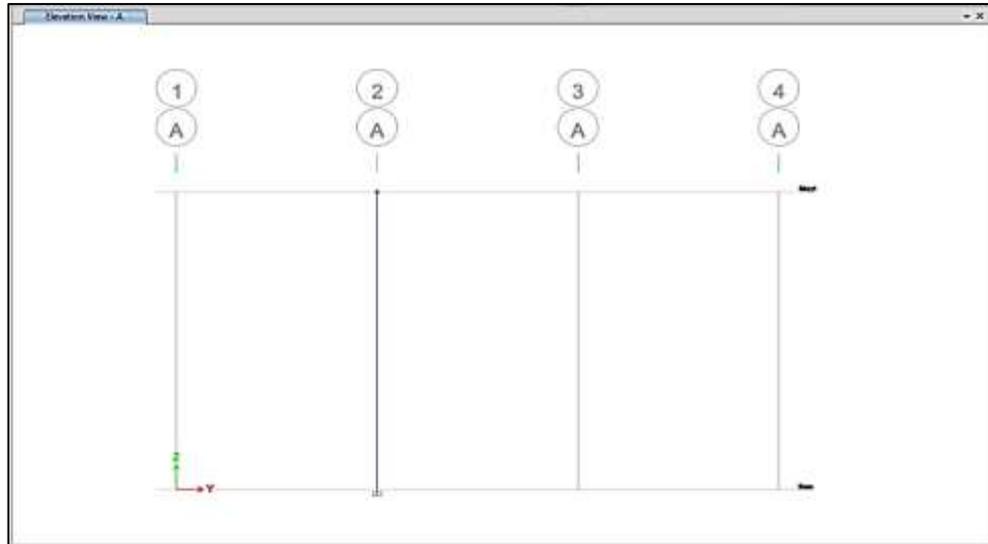
4.1.3. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS EN EL SOFTWARE ETABS DESDE LA DATA DE LA BIBLIOGRAFÍA

Muros altos. Greifenhagen (2005). Para representar los modelos propuestos por este autor fue necesario la realización de los siguientes pasos:

En el software ETABS V.19 fue necesario inicialmente disponer de una grilla, la cual representa al plano coordinado de los ensayos en mención, esta grilla será necesario para dimensionar correctamente los ensayos reportados por Greifenhagen (2005).

Figura 21

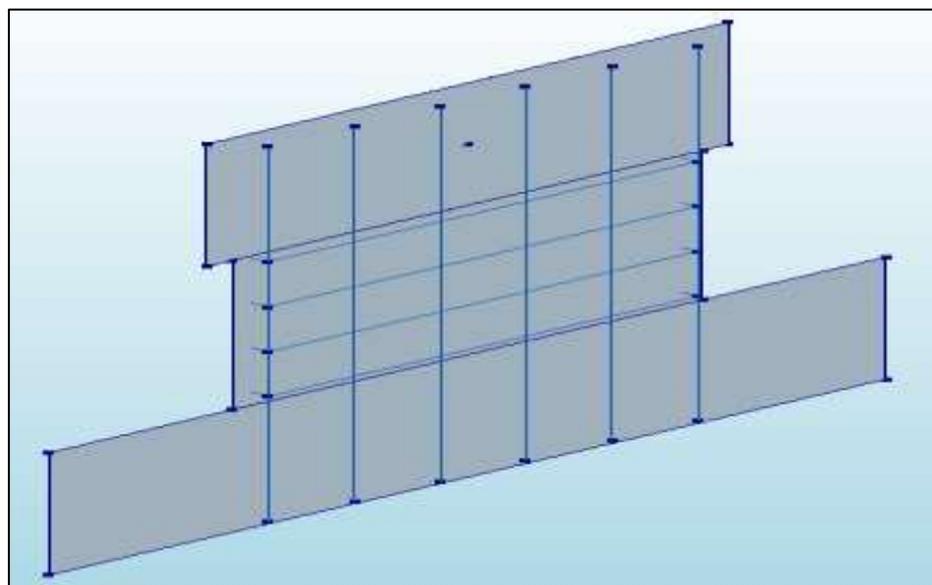
Plano coordenado en el programa ETABS V.19.0, para los muros reportados por Greifenhagen (2005)



Nota. La disposición del plano coordenado o ejes o grillas es necesario para la construcción de los modelos numéricos.

Figura 22

Vista extruidas del muro M3 y M4 en el programa ETABS V.19.0



Nota. Se utilizó distintos patrones de desplazamientos para el mismo muro estructural.

Posteriormente, fue necesario ingresar de manera similar las propiedades de acero de refuerzo y mecánicas del concreto. Para el concreto fue necesario alimentarlo con el módulo de Poisson, módulo de elasticidad y la densidad de la masa. Para el acero de refuerzo fue necesario indicar la resistencia a fluencia y el peso específico:

Figura 23

Ingreso de valores típicos para el concreto, reportado por Greifenhagen (2005) en el programa ETABS V.19

General Data	
Material Name	fc=28.79GPa
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	 Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...
Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	2.354E-08 kN/mm ³
Mass per Unit Volume	0 kN-s ² /mm ⁴
Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	28.79 kN/mm ²
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000055 1/F
Shear Modulus, G	11.9958 kN/mm ²

Nota. Fue necesario insertar de manera feicientes estos valores, con la finalidad de tratar de reproducir la respuesta histerética.

Figura 24

Ingreso de valores típicos para el acero de reforzamiento, reportado por Greifenhagen (2005) en el programa ETABS V.19.0

The image shows a software dialog box for defining material properties. It is divided into four sections: General Data, Material Weight and Mass, Mechanical Property Data, and Design Property Data. The 'General Data' section includes fields for Material Name (A615Gr60), Material Type (Rebar), Directional Symmetry Type (Uniaxial), Material Display Color (blue), and Material Notes (Modify/Show Notes...). The 'Material Weight and Mass' section has radio buttons for 'Specify Weight Density' (selected) and 'Specify Mass Density', with fields for Weight per Unit Volume (7.697E-08 kN/mm³) and Mass per Unit Volume (0 kN-s²/mm⁴). The 'Mechanical Property Data' section includes Modulus of Elasticity, E (177 kN/mm²) and Coefficient of Thermal Expansion, A (0.0000065 1/F). The 'Design Property Data' section has a button for 'Modify/Show Material Property Design Data...'. The dialog box has a light gray background and a white border.

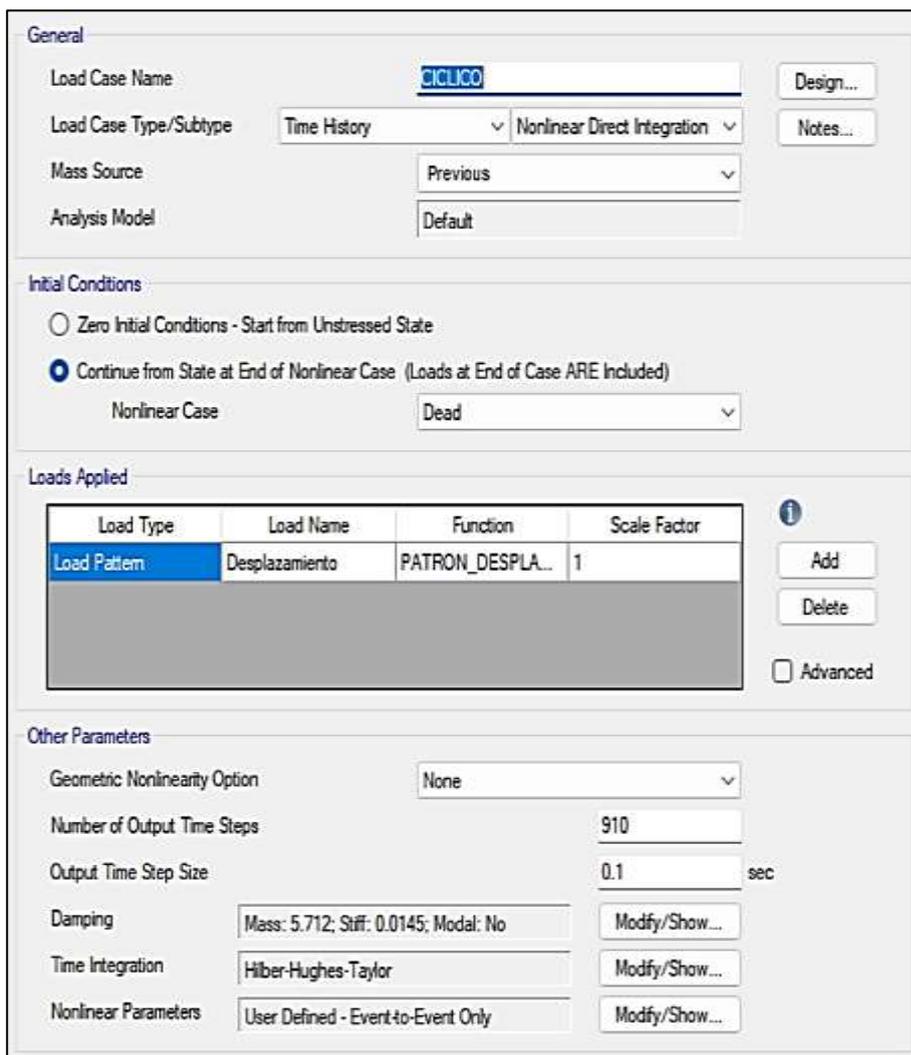
Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	A615Gr60	
	Material Type	Rebar	
	Directional Symmetry Type	Uniaxial	
	Material Display Color	Blue	
	Material Notes	Modify/Show Notes...	
Material Weight and Mass	Specify Weight Density	<input checked="" type="radio"/>	
	Specify Mass Density	<input type="radio"/>	
	Weight per Unit Volume	7.697E-08	kN/mm³
	Mass per Unit Volume	0	kN-s²/mm⁴
Mechanical Property Data	Modulus of Elasticity, E	177	kN/mm²
	Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000065	1/F
Design Property Data		Modify/Show Material Property Design Data...	

Nota. Fue necesario insertar de manera feaciente estos valores, con la finalidad de tratar de reproducir la respuesta hysteretica.

A continuación, fue necesario crear un caso de carga, en el que se le indique al software las restricciones al giro y desplazamiento. Asimismo, se indicó el recorrido que debe seguir los diversos patrones de desplazamientos. Este ensayo fue programado de manera similar a los ensayos no lineales denominados Tiempo – historia por integración directa, este ensayo es utilizado al excitar sísmicamente un edificio por registros de movimiento del terreno, ya que lo que se busca con estos ensayos es la simulación del ensayo cíclico; también fue necesario indicarle al software que realice la integración directa con la finalidad de resolver la ecuación de movimiento en su totalidad asumiendo un factor de amortiguamiento del 5%.

Figura 25

Creación del caso de carga cíclico en el programa ETABS V.19.0, utilizando el mismo patron de desplazamiento reportado por Greifenhagen (2005)



General

Load Case Name: Design...

Load Case Type/Subtype: Time History Nonlinear Direct Integration Notes...

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Dead

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Load Pattern	Desplazamiento	PATRON_DESPLA...	1

Add

Delete

Advanced

Other Parameters

Geometric Nonlinearity Option: None

Number of Output Time Steps: 910

Output Time Step Size: 0.1 sec

Damping: Mass: 5.712; Stiff: 0.0145; Modal: No Modify/Show...

Time Integration: Hiber-Hughes-Taylor Modify/Show...

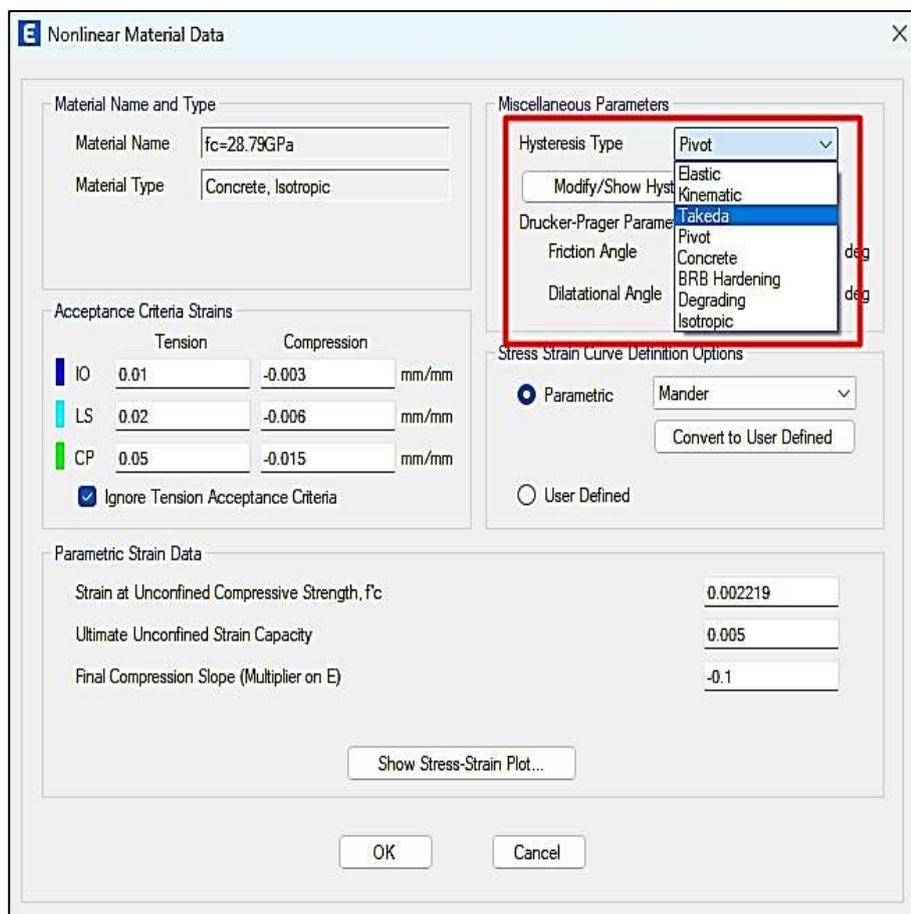
Nonlinear Parameters: User Defined - Event-to-Event Only Modify/Show...

Nota. Nótese la disposición del tipo de carga en base a la función del patron de desplazamientos.

Finalmente, se dispuso la utilización de diversos modelos de histéresis para el material del concreto como son Bilineal, Trilineal, Takeda y Pivot, tal como se muestran a continuación:

Figura 26

Tipos de histerésis para el material concreto en el programa ETABS V.19.0



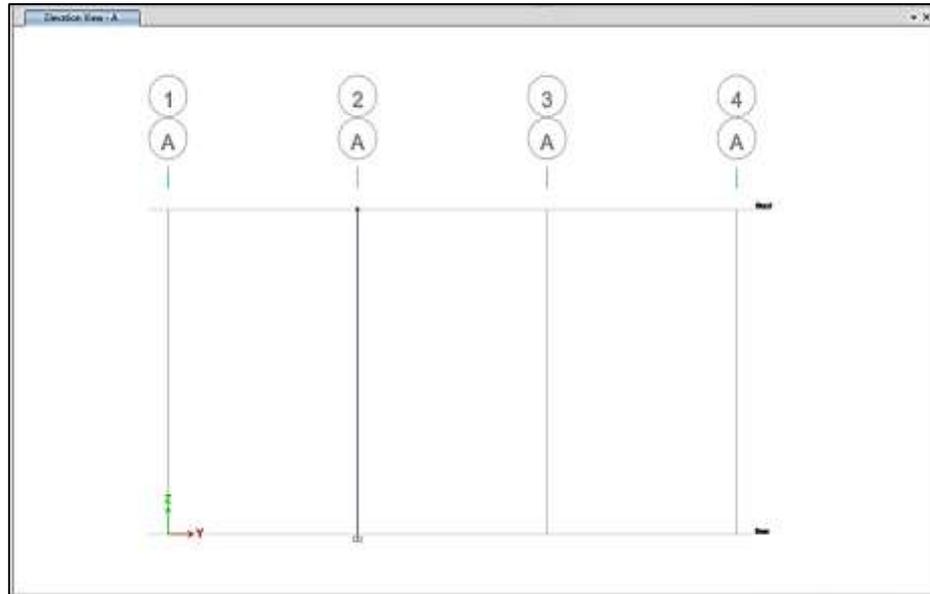
Nota. Nótese la diversidad de modelos de histerésis, los más aceptados para esta investigación fueron el de takeda, pivot y concrete.

Muros bajos. Wallace et al. (2008). De igual modo, para representar los modelos propuestos por este autor fue necesario la realización de los siguientes pasos:

En el software ETABS V.19 fue necesario inicialmente disponer de una grilla, la cual representa al plano coordinado de los ensayos en mención, esta grilla será necesario para dimensionar correctamente los ensayos reportados por Wallace et al. (2008).

Figura 27

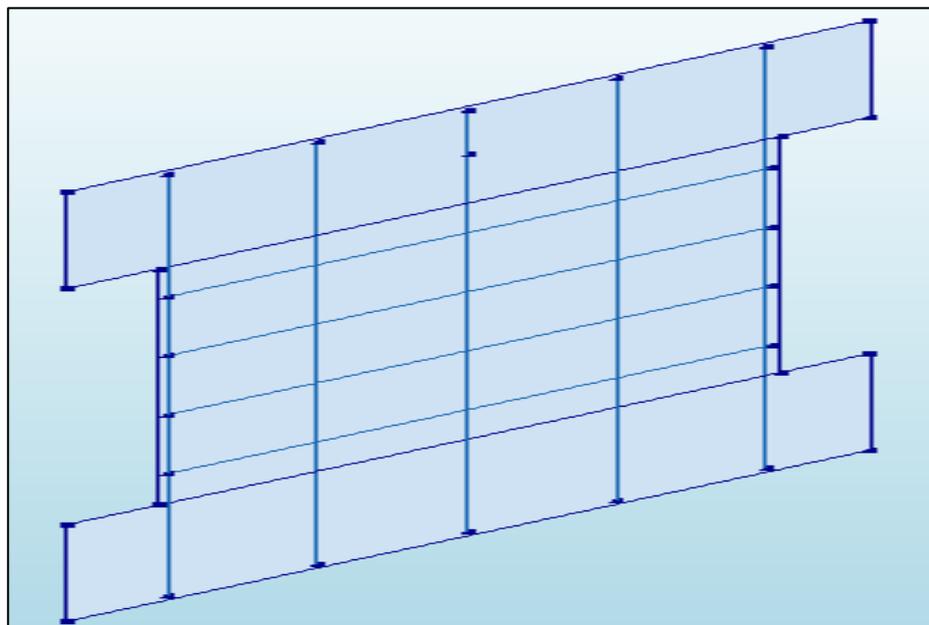
Plano coordenado en el programa ETABS V.19.0, para el muro reportado por Wallace et al. (2008)



Nota. La disposición del plano coordenado o ejes o grillas es necesario para la construcción de los modelos numéricos.

Figura 28

Vista extruidas del muro 0.05 reportado por Wallace et al. (2008), en el programa ETABS V.19.0



Nota. Wallace et al. (2008) utilizó un solo patrón de desplazamientos para el mismo muro estructural.

Posteriormente, fue necesario ingresar de manera similar las propiedades acero de refuerzo y mecánicas del concreto. Para el concreto fue necesario alimentarlo con el módulo de Poisson, módulo de elasticidad y la densidad de la masa. Para el acero de refuerzo fue necesario indicar la resistencia a fluencia y el peso específico.

Figura 29

Ingreso de valores típicos para el concreto, reportado por Wallace et al. (2008) en el programa ETABS V.19.0

General Data	
Material Name	fc=28.79GPa
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	 Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...
Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	2.354E-08 kN/mm ³
Mass per Unit Volume	0 kN-s ² /mm ⁴
Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	28.79 kN/mm ²
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000055 1/F
Shear Modulus, G	11.9958 kN/mm ²

Nota. Fue necesario insertar de manera feaciente estos valores, con la finalidad de tratar de reproducir la respuesta histeretica.

Figura 30

Ingreso de valores típicos para el acero de reforzamiento, reportado por Wallace et al. (2008) en el programa ETABS V.19.0

The image shows a software dialog box for defining material properties. It is divided into four sections: General Data, Material Weight and Mass, Mechanical Property Data, and Design Property Data. The 'General Data' section includes fields for Material Name (A615Gr60), Material Type (Rebar), Directional Symmetry Type (Uniaxial), Material Display Color (a blue square), and Material Notes (with a 'Modify/Show Notes...' button). The 'Material Weight and Mass' section has radio buttons for 'Specify Weight Density' (selected) and 'Specify Mass Density'. It includes input fields for Weight per Unit Volume (7.697E-08 kN/mm³) and Mass per Unit Volume (0 kN-s²/mm⁴). The 'Mechanical Property Data' section has input fields for Modulus of Elasticity, E (177 kN/mm²) and Coefficient of Thermal Expansion, A (0.0000065 1/F). The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button.

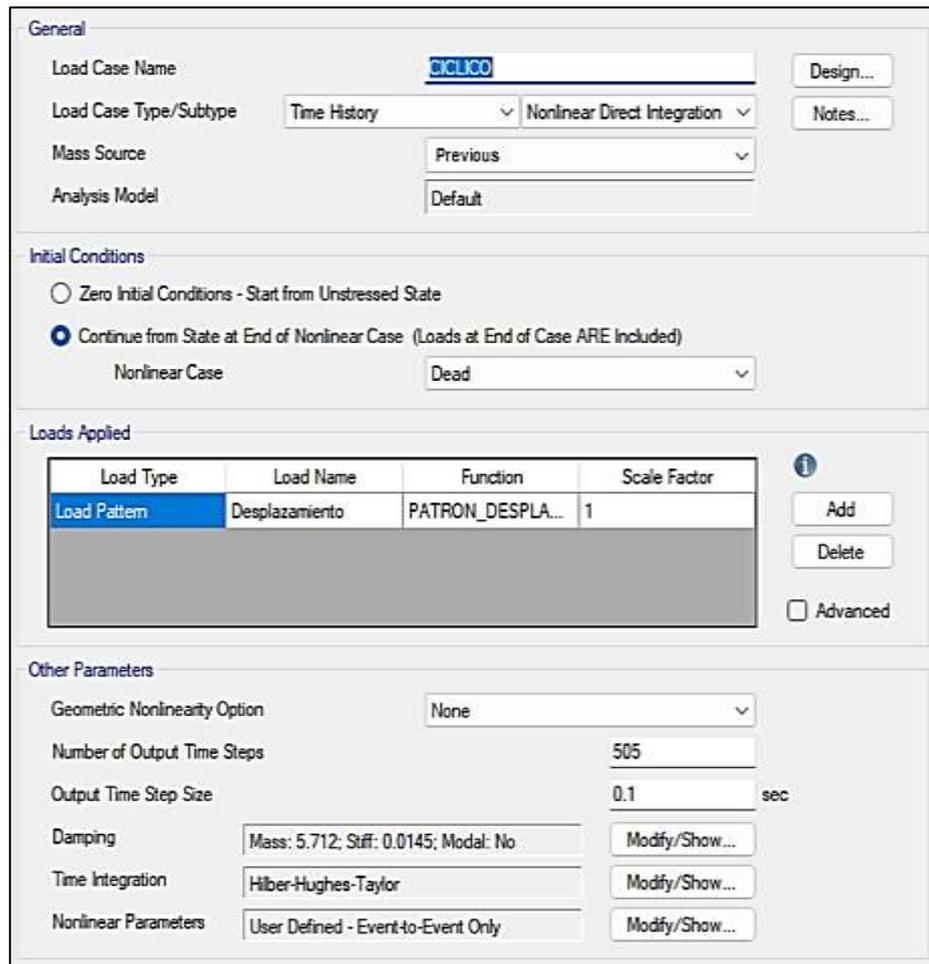
Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	A615Gr60	
	Material Type	Rebar	
	Directional Symmetry Type	Uniaxial	
	Material Display Color	Blue	
	Material Notes		
Material Weight and Mass	Specify Weight Density	<input checked="" type="radio"/>	
	Specify Mass Density	<input type="radio"/>	
	Weight per Unit Volume	7.697E-08	kN/mm ³
	Mass per Unit Volume	0	kN-s ² /mm ⁴
Mechanical Property Data	Modulus of Elasticity, E	177	kN/mm ²
	Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000065	1/F
Design Property Data			

Nota. Fue necesario insertar de manera feaciente estos valores, con la finalidad de tratar de reproducir la respuesta histeretica.

A continuación, fue necesario crear un caso de carga, en el que se le indique al software las restricciones al giro y desplazamiento. Así mismo se indicó el recorrido que debe seguir los diversos patrones de desplazamientos. Este ensayo fue programado de manera similar a los ensayos no lineales denominados Tiempo – historia por integración directa, este ensayo es utilizado al excitar sísmicamente un edificio por registros de movimiento del terreno, ya que lo que se busca con estos ensayos es la simulación del ensayo cíclico; también fue necesario indicarle al software que realice la integración directa con la finalidad de resolver la ecuación de movimiento en su totalidad asumiendo un factor de amortiguamiento del 5%.

Figura 31

Creacion del caso de carga ciclico en el programa ETABS V.19.0, utilizando el mismo patron de desplazamiento reportado por Greifenhagen (2005)



General

Load Case Name: **CICLICO** [Design...]

Load Case Type/Subtype: Time History / Nonlinear Direct Integration [Notes...]

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Dead

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Load Pattern	Desplazamiento	PATRON_DESPLA...	1

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Geometric Nonlinearity Option: None

Number of Output Time Steps: 505

Output Time Step Size: 0.1 sec

Damping: Mass: 5.712; Stiff: 0.0145; Modal: No [Modify/Show...]

Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor [Modify/Show...]

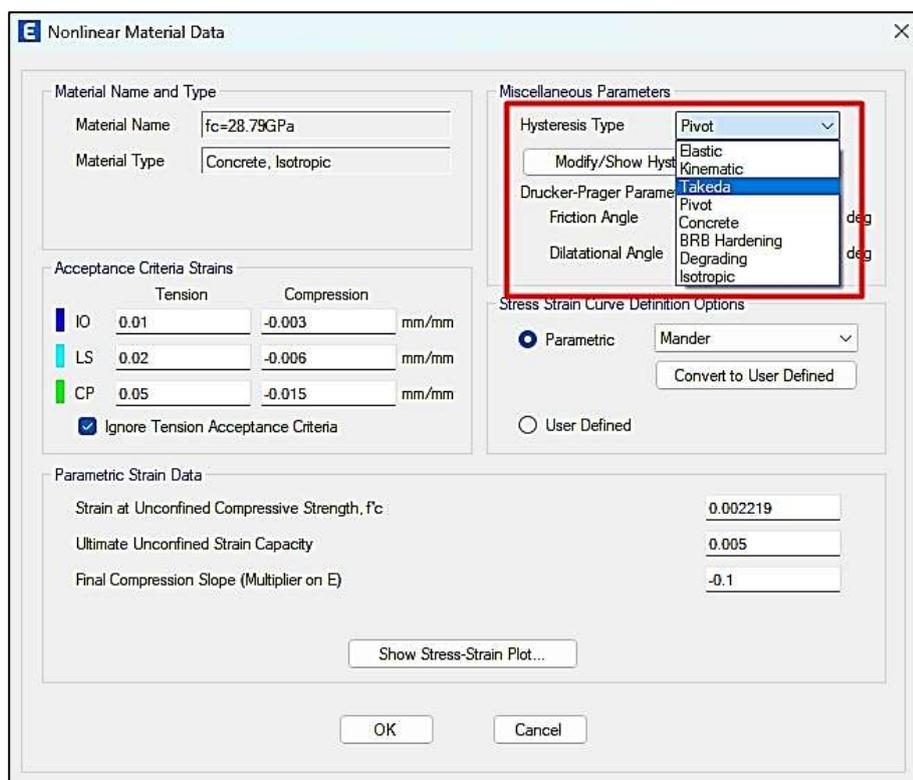
Nonlinear Parameters: User Defined - Event-to-Event Only [Modify/Show...]

Nota. Nótese la disposicion del tipo de carga en base a la funcion del patron de desplazamientos.

Finalmente, de igual modo; se dispuso la utilización de diversos modelos de histéresis para el material del concreto como son Bilineal, Trilineal, Takeda y Pivot, tal como se muestran a continuación:

Figura 32

Tipos de histeresis para el material concreto en el programa ETABS V.19.0



Nota. Notese la diversidad de modelos de histeresis, los más aceptados para esta investigación fueron el de takeda, pivot y concrete.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Validación De La Hipótesis General

Hipótesis general 01:

Ha1= El modelo de histéresis de takeda empleando el Software ETABS, analiza las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema estructural resistente a fuerzas sísmicas de Muros Estructurales–Huánuco – 2023.

Ho1= El modelo de histéresis de takeda empleando el Software ETABS, no analiza las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema estructural resistente a fuerzas sísmicas de Muros Estructurales–Huánuco – 2023.

Las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema estructural resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales empleando los modelos de histéresis del software ETABS representan la **respuesta** histerética que se obtuvo al finalizar el ensayo cíclico bajo el caso de carga no lineal tiempo historia por integración directa con la excitación que somete el patrón de desplazamientos.

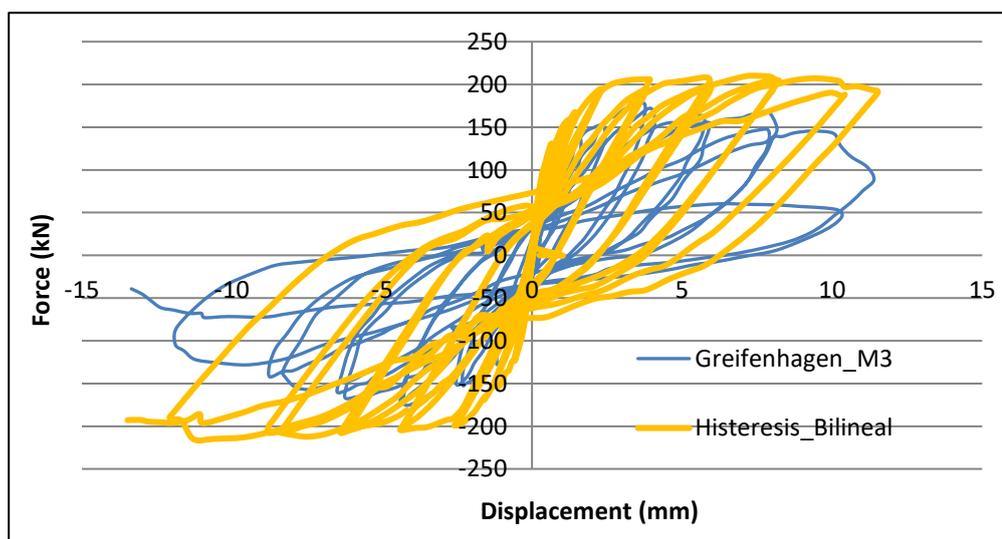
Se válida la hipótesis general Ha1, ya que mediante las figuras 35, 39 y 43 ya que, el modelo de histéresis de takeda empleando el Software ETABS, analiza las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema estructural resistente a fuerzas sísmicas de Muros Estructurales, de manera más aceptable, al replicar la rigidez inicial y la rigidez después de la fluencia.

Espécimen M3, Greifenhagen (2005)

Greifenhagen (2005), Espécimen M3 (Bilineal): Para este muro estructural denominado M3 reportado por Greifenhagen (2005), utilizando el modelo de histéresis Bilineal, se obtiene la siguiente respuesta:

Figura 33

Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis bilineal, en el programa ETABS V.19.0



Nota. Las curvas de color amarillo representan a la respuesta histerética utilizando el modelo bilineal, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real.

Análisis de la calibración de respuesta histerética: Los esfuerzos que se desarrollan al utilizar el mencionado modelo de histéresis (Bilineal), son

mayores de los esperados, aunque sigue el patrón de desplazamiento, todavía no es la calibración correcta ya que tampoco se ve la correcta reproducción de los desplazamientos del ensayo real de laboratorio, demostrado en la siguiente tabla 10:

Tabla 10

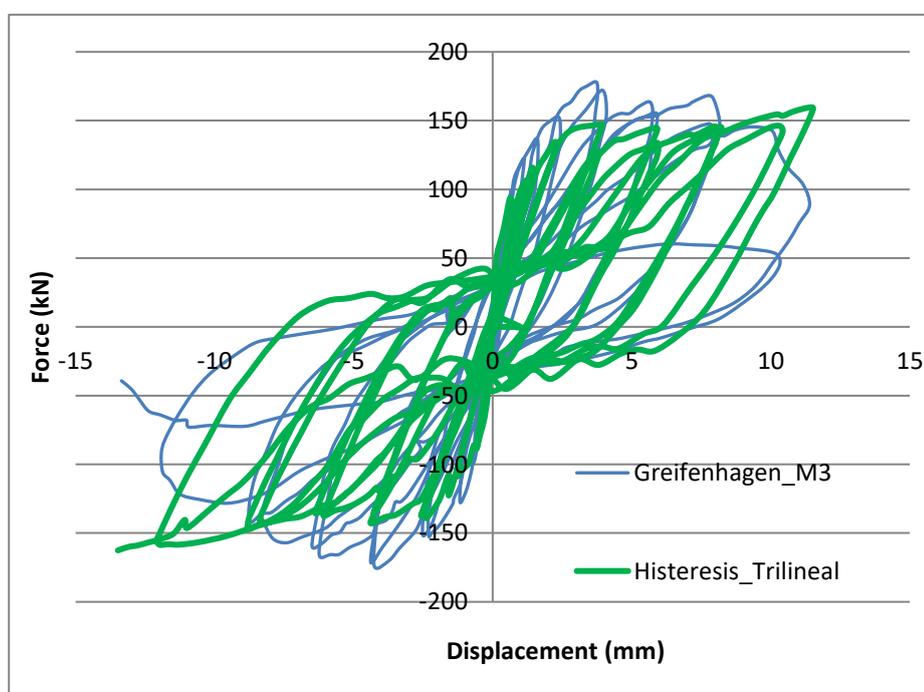
Análisis de la calibración Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis bilineal

	Greifenhagen	Histeresis_Bilineal	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo (Kn)	163.00	209.00	22.01	No aceptable
Desplazamiento (mm)	11.39	11.52	1.12	Aceptable

Greifenhagen (2005), Espécimen M3 (Trilineal): Para este muro estructural denominado M3 reportado por Greifenhagen (2005), utilizando el modelo de histéresis Trilineal, se obtiene la siguiente respuesta:

Figura 34

Respuesta histeretica del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histeresis Trilineal, en el programa ETABS V.19.0



Nota. Las curvas de color verde representan a la respuesta histeretica utilizando el modelo trilineal, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real.

Análisis de la calibración de respuesta histerética: Los esfuerzos que se desarrollan al utilizar el mencionado modelo de histéresis (Trilineal), son menores de los esperados, aunque sigue perfectamente el patrón de desplazamiento, podría ser lo esperado ya que, se nota la correcta reproducción de los desplazamientos del ensayo real de laboratorio, reportado en la tabla 11:

Tabla 11

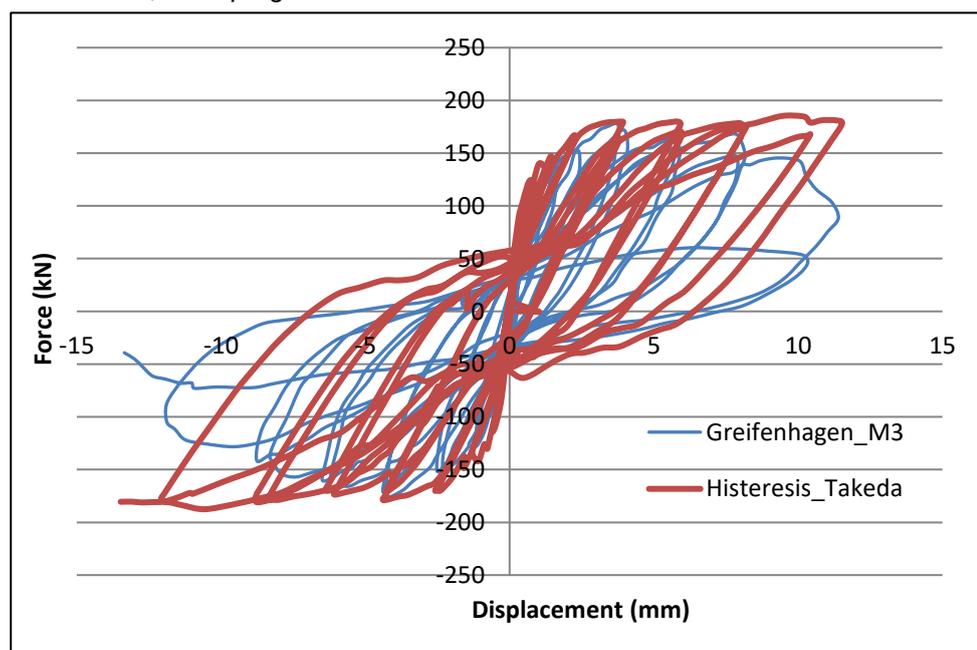
Análisis de la respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Trilineal

	Greifenhagen	Histéresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo (Kn)	172.00	159.00	7.56	Aceptable
Desplazamiento (mm)	11.52	11.39	1.13	Aceptable

Greifenhagen (2005), Especimen M3 (Takeda): Para este muro estructural denominado M3 reportado por Greifenhagen (2005), utilizando el modelo de histéresis Takeda, se obtiene la siguiente respuesta:

Figura 35

Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0



Nota. Las curvas de color rojo representan a la respuesta histerética utilizando el modelo takeda, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real.

Análisis de la calibración de respuesta histerética: Los esfuerzos que se desarrollan al utilizar el mencionado modelo de histéresis (Takeda), son aceptables dentro de la región elástica y en los primeros ciclos de histéresis, también sigue perfectamente el patrón de desplazamiento, también es notorio la reproducción casi exacta de la deformación última, mostrados en la siguiente tabla 12:

Tabla 12

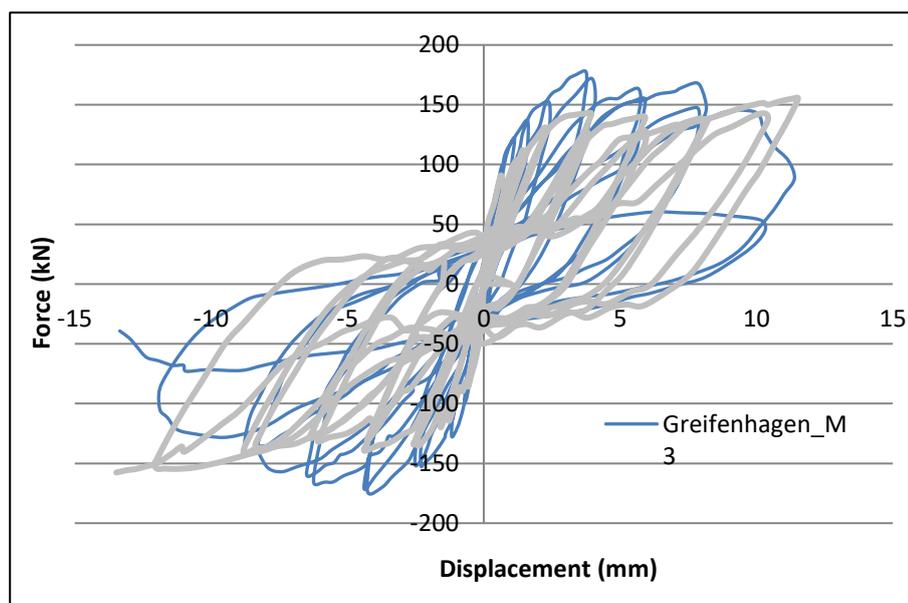
Análisis de la Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda

	Greifenhagen	Histéresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo (Kn)	172.00	178	3.37	Aceptable
Desplazamiento (mm)	11.52	11.52	0.00	Aceptable

Greifenhagen (2005), Espécimen M3 (Pivot): Para este muro estructural denominado M3 reportado por Greifenhagen (2005), utilizando el modelo de histéresis Pivot, se obtiene la siguiente respuesta.

Figura 36

Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Pivot, en el programa ETABS V.19.0



Nota. Las curvas de color plomo representan a la respuesta histerética utilizando el modelo Pivot, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real.

Análisis de la calibración de respuesta histerética: Los esfuerzos que se desarrollan al utilizar el mencionado modelo de histéresis (Takeda), son ligeramente menores, la deformación última es aceptable, mostrados en la siguiente tabla 13.

Tabla 13

Respuesta histéretica del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Pivot

	Greifenhagen	Histeresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo (Kn)	178.13	155	12.98	Aceptable
Desplazamiento (mm)	11.39	11.52	1.13	Aceptable

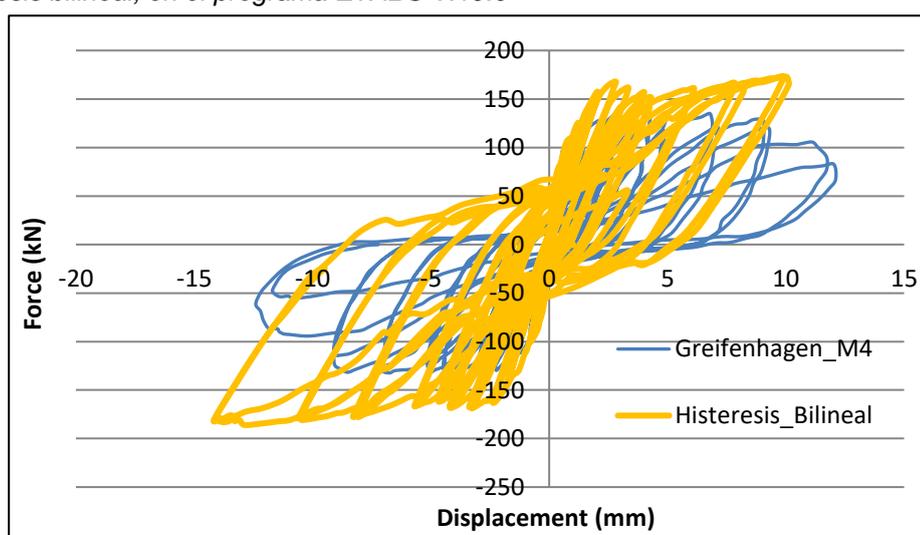
Nota. Observación directa

Especimen M4, Greifenhagen (2005)

Greifenhagen (2005), Espécimen M4 (Bilineal): Para este muro estructural denominado M4 reportado por Greifenhagen (2005), utilizando el modelo de histéresis Bilineal, se obtiene la siguiente respuesta:

Figura 37

Respuesta histeretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histeresis bilineal, en el programa ETABS V.19.0



Nota. Las curvas de color amarillo representan a la respuesta histeretica utilizando el modelo bilineal, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real.

Análisis de la calibración de respuesta histerética: Los esfuerzos que se desarrollan al utilizar el mencionado modelo de histéresis (Bilineal), son mayores de los esperados, aunque sigue el patrón de desplazamiento, todavía no es lo esperado ya que, tampoco se ve la correcta reproducción de los desplazamientos del ensayo real de laboratorio, tal como se reporta en la tabla 14.

Tabla 14

Respuesta histéretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis bilineal

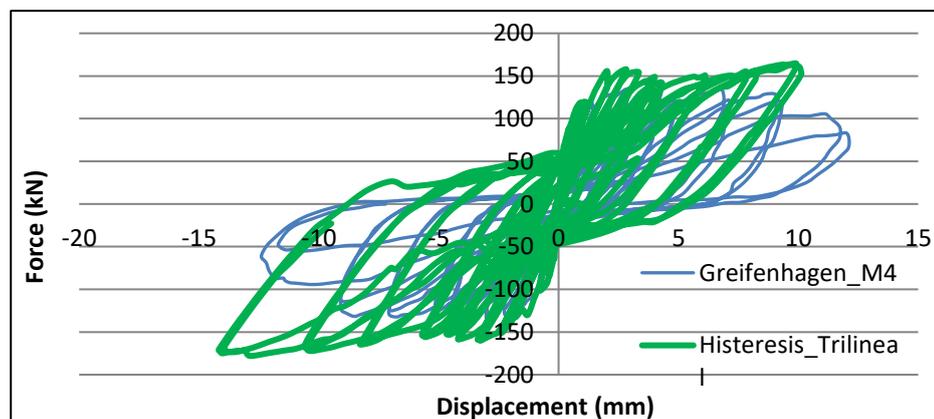
	Greifenhagen	Histéresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo (Kn)	121.00	164	26.22	No aceptable
Desplazamiento (mm)	12.10	10.11	16.44	No aceptable

Nota. Observación directa

Greifenhagen (2005), Espécimen M4 (Trilineal): Para este muro estructural denominado M4 reportado por Greifenhagen (2005), utilizando el modelo de histéresis Trilineal, se obtiene la siguiente respuesta:

Figura 38

Respuesta histéretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Trilineal, en el programa ETABS V.19.0



Nota. Las curvas de color verde representan a la respuesta histeretica utilizando el modelo trilineal, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real.

Análisis de la calibración de respuesta histerética: Los esfuerzos obtenidos justo después de la zona elástica son mayores, tampoco se obtuvo la deformación última necesaria para catalogarla como adecuada en función de los desplazamientos del ensayo real de laboratorio.

Tabla 15

Respuesta histéretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Trilineal

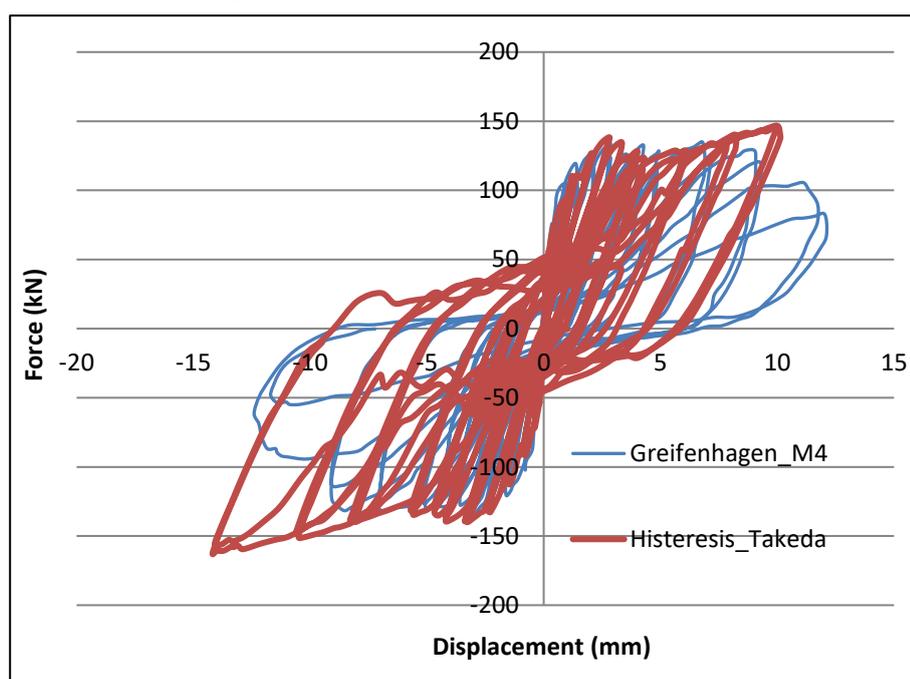
	Greifenhagen	Histeresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo (Kn)	121.00	161	24.85	No aceptable
Desplazamiento (mm)	12.10	10.11	16.44	No aceptable

Nota. Observación directa

Greifenhagen (2005), Espécimen M4 (Takeda): Para este muro estructural denominado M4 reportado por Greifenhagen (2005), utilizando el modelo de histéresis Takeda, se obtiene la siguiente respuesta:

Figura 39

Respuesta histeretica del especimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histeresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0



Nota. Las curvas de color rojo representan a la respuesta histéretica utilizando el modelo takeda, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real.

Análisis de la calibración de respuesta histéretica: Los esfuerzos que se desarrollan al utilizar el mencionado modelo de histéresis (Takeda), son aceptables dentro de la región elástica, hasta el final de los ciclos de histéresis, la deformación última no está siendo replicada en la zona de

tracción, sin embargo, en la zona de compresión es la adecuada, indicándose que es un muy buen acercamiento a la respuesta correcta.

Tabla 16

Respuesta histéretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Tilineal

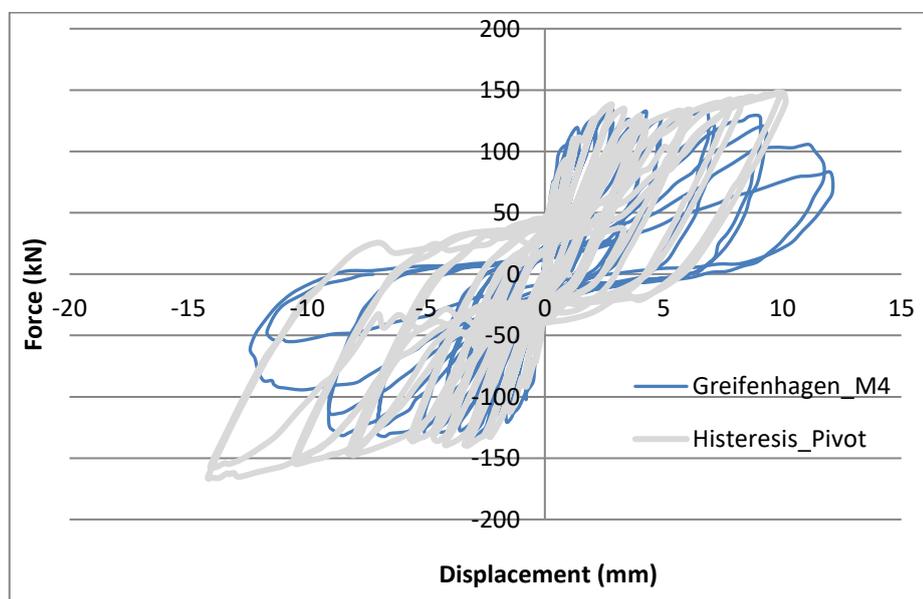
	Greifenhagen	Histéresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo (Kn)	121.00	147	17.68	Aceptable
Desplazamiento (mm)	12.10	10.11	16.44	No aceptable

Nota. Observación directa

Greifenhagen (2005), Espécimen M4 (Pivot): Para este muro estructural denominado M3 reportado por Greifenhagen (2005), utilizando el modelo de histéresis Pivot, se obtiene la siguiente respuesta:

Figura 40

Respuesta histéretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Pivot, en el programa ETABS V.19.0



Nota. Las curvas de color plomo representan a la respuesta histéretica utilizando el modelo Pivot, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real.

Análisis de la calibración de respuesta histéretica: Los esfuerzos y deformaciones en compresión son los adecuados, en la zona de tracción los esfuerzos son adecuados, sin embargo; no el desplazamiento, sin embargo; se logra calibrar la disipación de energía, siendo pilar importante.

Tabla 17

Respuesta histéretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Pivot

	Greifenhagen	Histéresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo (Kn)	121.00	139	12.95	Aceptable
Desplazamiento (mm)	12.10	10.11	16.44	No aceptable

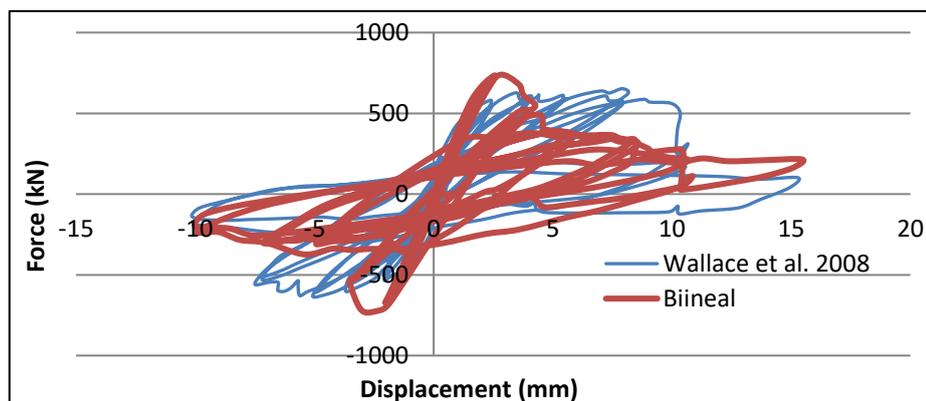
Nota. Observación directa

ESPECIMEN 0.05, WALLACE ET AL. (2008)

Wallace et al. (2008), Espécimen 0.05 (Bilineal): Para este muro estructural denominado 0.05 reportado por Wallace (2008), utilizando el modelo de histéresis Bilineal, se obtiene la siguiente respuesta:

Figura 41

Respuesta histéretica del espécimen 0.05 (Wallace (2008), usando el modelo de histéresis bilineal, en el programa ETABS V.19.0



Nota. Las curvas de color rojo representan a la respuesta histéretica utilizando el modelo bilineal, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real.

Análisis de la calibración de respuesta histéretica: A nivel de la rigidez inicial y esfuerzo en la zona elástica, el software ETABS fue capaz de reproducirlo, el problema recae en la zona de tracción ya que, los esfuerzos en esta zona no son reproducidos de manera aceptable, sin embargo; lo que le interesa a un diseñador estructural son los desplazamientos, en este caso se obtiene desplazamientos aceptables en las zonas de tracción y compresión, finalmente la disipación de energía entre los lazos son los adecuados de acuerdo al ensayo real de laboratorio, mostrados en la tabla 18:

Tabla 18

Respuesta histérica del espécimen 0.05 (Wallace (2008)), usando el modelo de histéresis bilineal

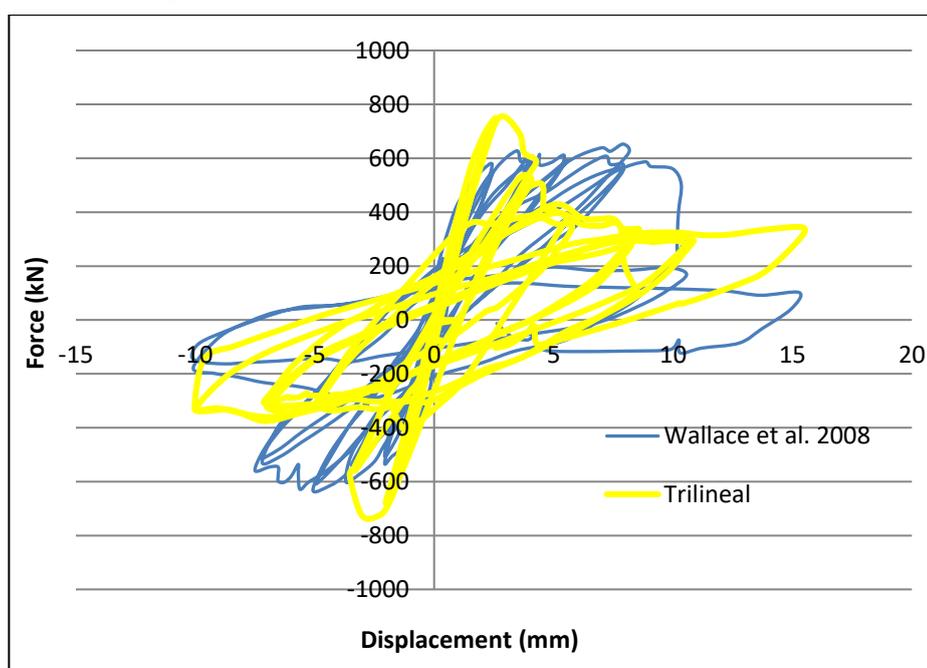
	Wallace	Histéresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo (Kn)	622.00	737.17	15.63	No aceptable
Desplazamiento (mm)	15.3	15.3	0.00	Aceptable

Nota. Observación directa

Wallace et al. (2008), Espécimen 0.05 (Trilineal): Para este muro estructural denominado 0.05 reportado por Wallace (2008), utilizando el modelo de histéresis Trilineal, se obtuvo la siguiente respuesta:

Figura 42

Respuesta histérica del espécimen 0.05 (Wallace, 2008), usando el modelo de histéresis Trilineal, en el programa ETABS V.19.0



Nota. Las curvas de color amarillo representan a la respuesta histérica utilizando el modelo trilineal, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real.

Análisis de la calibración de respuesta histérica: De manera similar a la calibración utilizando el modelo de histéresis bilineal, los esfuerzos después de la zona elástica son aceptables, la deformación al final del ensayo de igual manera, sin embargo, algunas zonas de los esfuerzos en tracción y compresión, como se muestra en la tabla 19:

Tabla 19

Respuesta histéretica del espécimen 0.05 (Wallace, 2008), usando el modelo de histéresis Trilineal

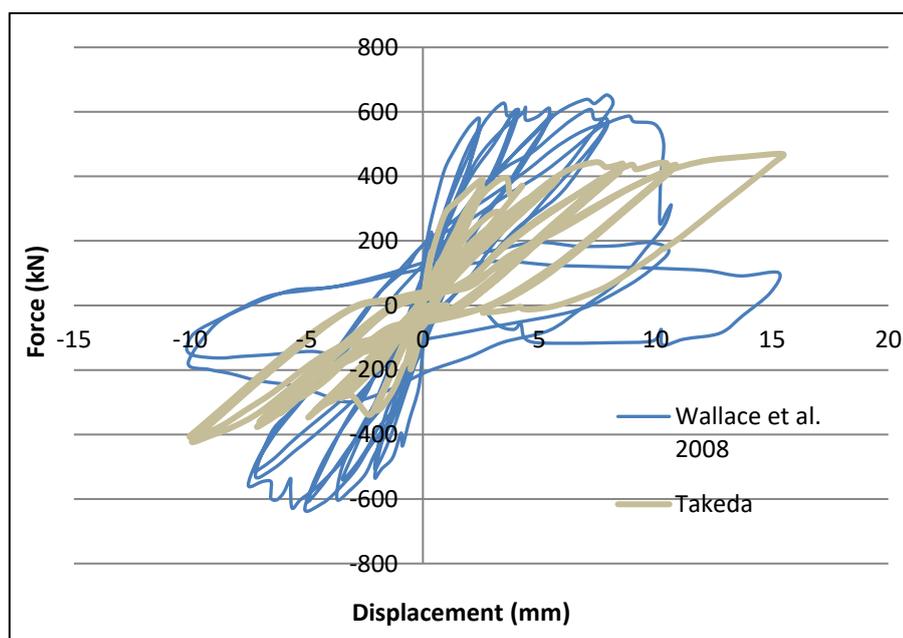
	Wallace	Histéresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo (Kn)	622.00	754.13	17.52	No aceptable
Desplazamiento (mm)	15.3	15.46	1.03	Aceptable

Nota. Observación directa.

Wallace et al. (2008), Espécimen 0.05 (Takeda): Para este muro estructural denominado 0.05 reportado por Wallace (2008), utilizando el modelo de histéresis Takeda, se obtuvo la siguiente respuesta:

Figura 43

Respuesta histeretica del espécimen 0.05 (Wallace, 2005), usando el modelo de histeresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0



Nota. Las curvas de color plomo representan a la respuesta histéretica utilizando el modelo takeda, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real.

Análisis de la calibración de respuesta histerética: Los esfuerzos elásticos y deformaciones elásticas no fueron reproducidas, solamente fue capaz de reproducir la resistencia última al final del ensayo, con este tipo de histéresis no se obtuvo una calibración adecuada. El resumen se evidencia en la tabla 20:

Tabla 20

Respuesta histérica del espécimen 0.05 (Wallace, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda

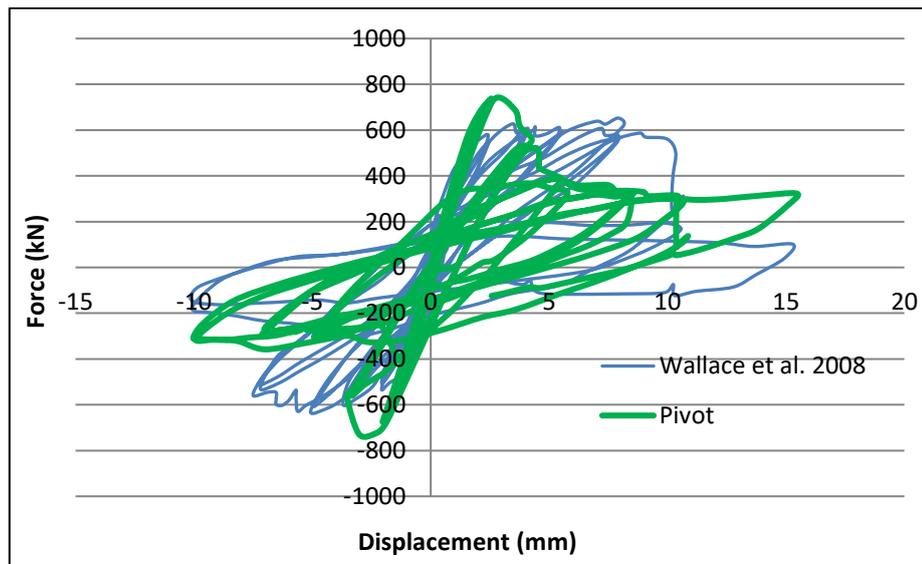
	Wallace	Histéresis	Diferencia (%)	Aptabilidad
Esfuerzo (Kn)	622.00	469.307	24.55	No aceptable
Desplazamiento (mm)	15.3	15.47	1.03	Aceptable

Nota. Observación directa

Wallace et al. (2008), Especimen 0.05 (Pivot): Para este muro estructural denominado 0.05 reportado por Wallace (2008), utilizando el modelo de histéresis Pivot, se obtuvo la siguiente respuesta:

Figura 44

Respuesta histérica del espécimen 0.05 (Wallace, 2008), usando el modelo de histéresis Pivot, en el programa ETABS V.19.0



Nota. Las curvas de color verde representan a la respuesta histérica utilizando el modelo Pivot, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real.

Análisis de la calibración de respuesta histérica: La calibración experimental utilizando este método es la adecuada, ya que la rigidez inicial fue reproducida de manera fidedigna, los esfuerzos en tracción y compresión se reproducen de manera aceptable, las deformaciones en las zonas de tracción y compresión también son las adecuadas, finalmente la disipación de energía a través de los ciclos de histéresis también se ve acertada de manera aceptable, el resumen se muestra en la tabla 21:

Tabla 21

Respuesta histérica del espécimen 0.05 (Wallace, 2008), usando el modelo de histéresis Pivot

	Wallace	Histéresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo (Kn)	622.00	724.00	16.34	Aceptable
Desplazamiento (mm)	15.3	15.47	1.03	Aceptable

Nota. Observación directa

VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Hipótesis específica 01:

Ho1= El modelo de histéresis de takeda empleando el Software ETABS no reproduce la rigidez elástica de las respuestas histéricas obtenidas en ensayos de laboratorio para Muros Estructurales – Huánuco -2023.

Ha1= El modelo de histéresis de takeda empleando el Software ETABS reproduce la rigidez elástica de las respuestas histéricas obtenidas en ensayos de laboratorio para Muros Estructurales – Huánuco -2023.

Las calibraciones utilizando los diversos modelos de histéresis más acertados mostrados en la sección 1.2.1; para los muros altos y bajos reportados por Greifenhagen (2005) y Wallace et al. (2008) se valida la hipótesis específica Ha1, tal como muestra la figura 45.

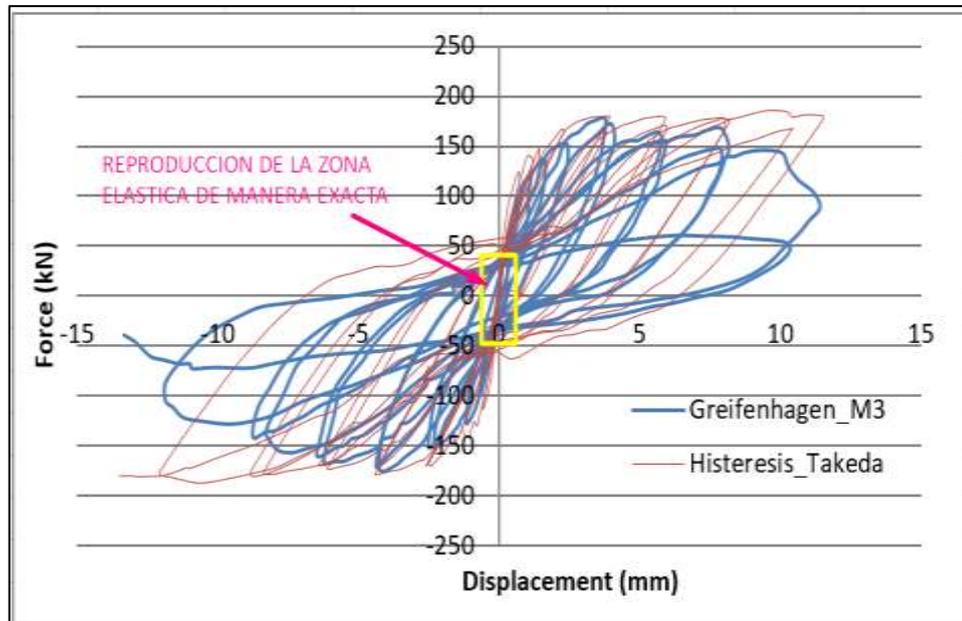
Especimen M3, Greifenhagen (2005)

Greifenhagen (2005), Espécimen M3 (Takeda): La calibración de este muro estructural dentro de los especímenes altos generó el modelo con mayor aceptación al modelo de histéresis de takeda.

La rigidez elástica representa a la zona en donde el comportamiento es netamente lineal, es decir aún no se presentan deformaciones grandes y no existe el agrietamiento, es la rigidez ideal:

Figura 45

Respuesta histéretica del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0, donde se muestra la reproducción de la rigidez elástica de manera exacta



Nota. Las curvas de color naranja representan a la respuesta histéretica utilizando el modelo takeda, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real, así mismo el cuadro en amarillo muestra la reproducción parcial de la rigidez elástica.

Interpretación: Fue necesario suavizar la curva histéretica obtenida utilizando el modelo de takeda en el espécimen M3, ya que la rigidez elástica, representa una porción ínfima en comparación con todo el ensayo de laboratorio.

Esta zona elástica empieza en el origen de las coordenadas en donde se presentan esfuerzos pequeños negativos y positivos, de igual modo las deformaciones son mínimas, lo que se traduce que la respuesta lineal de estructuras acaba muy rápido bajo acciones sísmicas. El resumen cuantitativo se muestra en la tabla 22.

Tabla 22

Respuesta histéretica del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda

	Greifenhagen	Histéresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo elástico (Kn)	55.00	53.29	3.10	Aceptable
Desplazamiento elástico (mm)	1.08	1.02	5.56	Aceptable

Nota. Observación directa

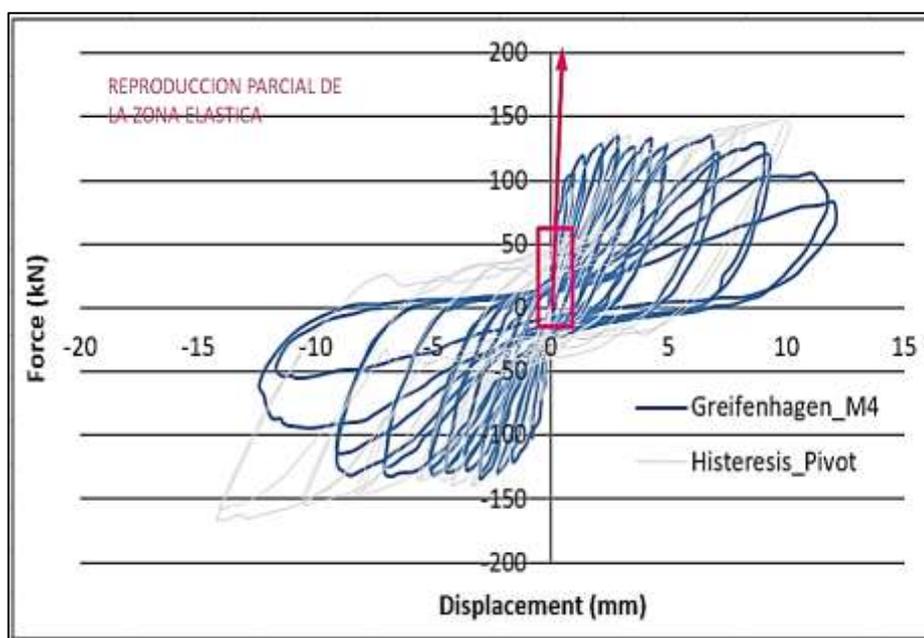
Espécimen M4, Greifenhagen (2005)

Greifenhagen (2005), Espécimen M4 (Takeda): La calibración de este muro estructural dentro de los especímenes altos generó el modelo con mayor aceptación al modelo de histéresis de Pivot.

Es necesario mencionar que la rigidez elástica representa a la zona en donde el comportamiento es netamente lineal, es decir aún no se presentan deformaciones grandes y no existe el agrietamiento, es la rigidez ideal, la siguiente imagen muestra la superposición del ensayo real y el ensayo utilizando el software ETABS con el modelo de histéresis de Pívo:

Figura 46

Respuesta histeretica del especimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histeresis Pivote, en el programa ETABS V.19.0, donde se muestra la reproduccion de la rigidez elastica de manera exacta



Nota. Las curvas de color plomo representan a la respuesta histerética utilizando el modelo Pivot, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real, así mismo el cuadro y flecha en magenta muestran la reproducción parcial de la rigidez elástica.

Interpretación: Al igual que en el ensayo del muro estructural fue necesario suavizar la curva histerética obtenida utilizando el modelo de Takeda en el espécimen M4, ya que la rigidez elástica; representa una porción ínfima en comparación con todo el ensayo de laboratorio.

La flecha de color magenta representa la forma prolongada de la rigidez elástica, de igual modo para este espécimen la zona elástica empieza en el origen de las coordenadas en donde se presentan esfuerzos pequeños negativos y positivos, de igual modo las deformaciones son mínimas, lo que se traduce que la respuesta lineal de estructuras acaba muy rápido bajo acciones sísmicas. Estos parámetros esta reportado en la tabla 23:

Tabla 23

Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda

	Greifenhagen	Histeresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo Elastico (Kn)	32.00	29.96	6.38	Aceptable
Desplazamiento elástico (mm)	0.96	0.94	2.08	Aceptable

Nota. Observación directa

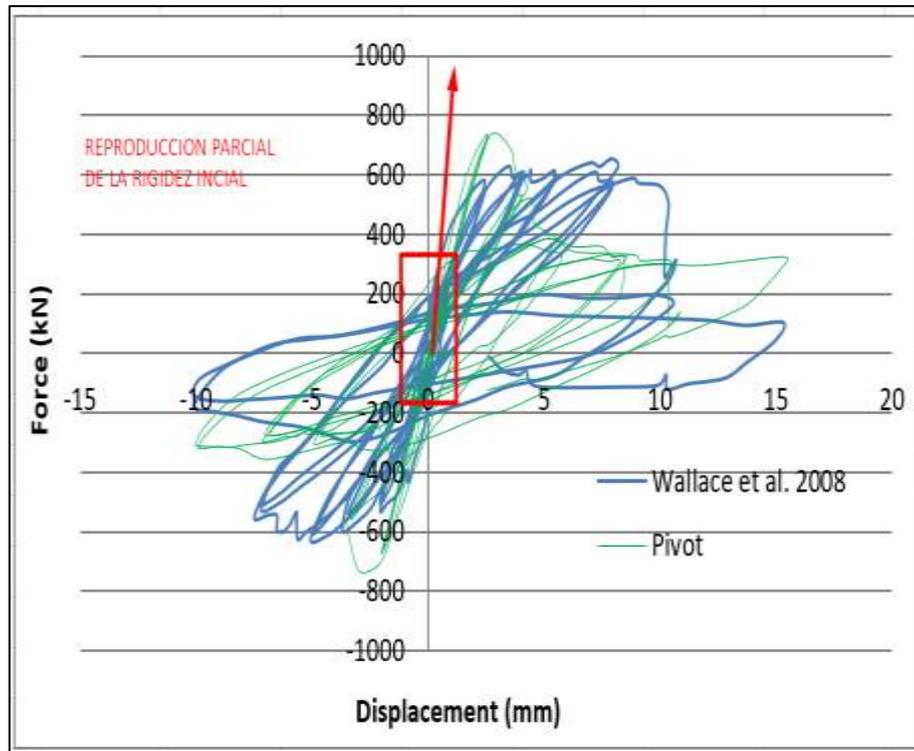
Espécimen 0.05, Wallace (2008)

Wallace (2008), Espécimen 0.05 (Pivot): Utilizando el mencionado modelo de histéresis se encuentra mejores resultados en la calibración del muro denominado 0.05 reportado por Wallace (2008).

La rigidez elástica de este muro estructural está representada por la zona donde el comportamiento es netamente lineal, es decir aún no se presentan deformaciones grandes y no existe el agrietamiento, es la rigidez ideal:

Figura 47

Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histeresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0, donde se muestra la reproducción de la rigidez elástica de manera exacta



Nota. Las curvas de color verde representan a la respuesta histerética utilizando el modelo takeda, mientras que las curvas de color azul representa el ensayo real, asimismo, el cuadro en rojo muestra la reproducción parcial de la rigidez elástica.

Interpretación: Nuevamente, fue necesario suavizar la curva histerética obtenida utilizando el modelo de pivot en el espécimen 0.05, ya que la rigidez elástica, se sitúa en la parte inicial del ensayo numérico y el ensayo real. Al visualizar la superposición de curvas se nota la reproducción parcial de esta rigidez elástica, propuesta como hipótesis específica del presente proyecto de tesis, por lo que se da por demostrada, resumidas en la tabla 24:

Tabla 24

Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda

	Wallace	Histeresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo Elastico (Kn)	136	129	5.15	Aceptable
Desplazamiento elástico (mm)	0.12	0.11	8.33	Aceptable

Hipótesis específica 02:

Ho2. El modelo de histéresis de takeda empleando el Software ETABS no representa la disipación de energía de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales – Huánuco - 2023.

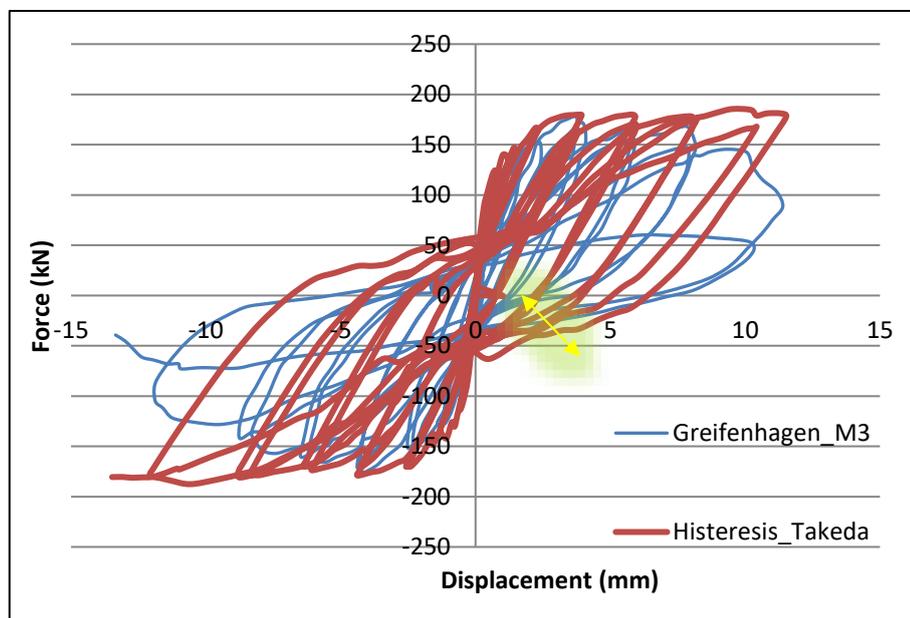
Ha2. El modelo de histéresis de takeda empleando el Software ETABS representa la disipación de energía de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales – Huánuco - 2023

La disipación de energía fue evaluada verificando la apertura de los lazos de histéresis entre el ensayo real y el ensayo numérico. El modelo de histéresis de takeda reproduce este parámetro tal como se muestra en las figuras a continuación; por lo que se válida la hipótesis específica Ha2:

ESPÉCIMEN M3, GREIFENHAGEN (2005)

Figura 48

Respuesta histerética del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histeresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0 versus el ensayo numérico



Nota. Las flecha amarilla representa la máxima apertura de lazos de histeresis que representan a la disipación de energía.

Análisis: la apertura de lazos entre los ciclos azules y los ciclos rojos son similares, ya que al trazar la flecha amarilla muestra que la disipación de energía estaría siendo el adecuado. Al analizar la disipación de energía en tracción y compresión se observa la similitud, por lo que se da por validada la hipótesis específica, reportada en la tabla 25:

Tabla 25

Respuesta histéretica del espécimen M3 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda

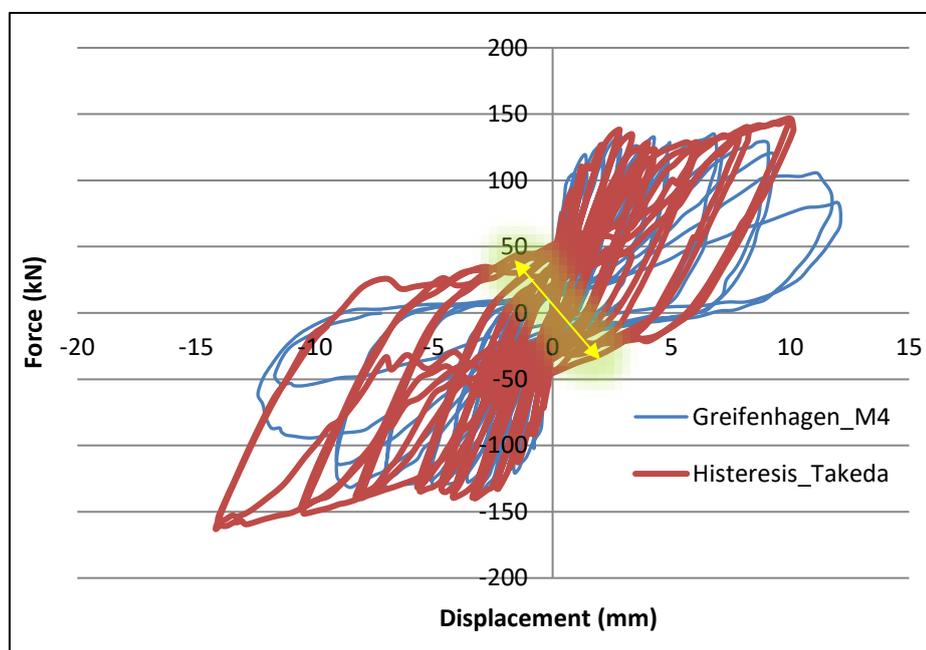
	Wallace	Histéresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo Elástico (Kn)	164	178	7.86	Aceptable
Desplazamiento elástico (mm)	11.52	11.52	0.00	Aceptable

Nota. Observación directa

ESPECIMEN M4, GREIFENHAGEN (2005)

Figura 49

Respuesta histéretica del espécimen M4 (Greifenhagen, 2005), usando el modelo de histéresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0 versus el ensayo numérico



Nota. Las flechas amarilla representa la máxima apertura de lazos de histéresis que representan a la disipación de energía.

Análisis de la calibración de respuesta histéretica: La disipación de energía a través de los ciclos de histéresis es mostrada conjuntamente y limitada por la flecha amarilla, se obtuvo más apertura en el ensayo numérico (curvas de color rojo) sin embargo, la disipación de energía aún es más buena ya que, se entiende que el sistema es capaz de soportar más deformaciones sin llegar al colapso.

Tabla 26

Respuesta histéretica del espécimen M4

	Wallace	Histéresis	Diferencia (%)	Aceptabilidad
Esfuerzo elástico (Kn)	164	178	7.86	Aceptable
Desplazamiento elástico (mm)	11.52	11.52	0.00	Aceptable

Nota. Observación directa

Figura 51

Respuestas Histéreticas de las muestras 3 y 4 comparadas para cada variable con Wallace

Muestras	Hw	Hw/Lw	fc	fy	Wallace		Histerisis Bilineal		Diferencia		Aceptabilidad		Wallace		Histerisis trilineal		Diferencia		Aceptabilidad		Wallace		Takeda		Diferencia		Aceptabilidad		Wallace		Pivot		Diferencia		Aceptabilidad			
					Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.	Esf.	Des.
					m		Kg/cm2	Kg/cm2	Kn	mm	Kn	mm	%	%			Kn	mm	Kn	mm	%	%			Kn	mm	Kn	mm	%	%			Kn	mm	Kn	mm	%	%
Altos	M1 - 1	8.6	1.265	210	4200																																	
	M2 - 2	9.1	1.338	210	4200																																	
	M7 - 7	7.7	1.133	210	4200																																	
Bajos	M3 - 03	1.9	0.279	210	4200																																	
	M4 - 04	1.85	0.272	210	4200																																	
	M5 - 05	1.88	0.276	210	4200	622	15.3	737	0	15.6	0	No Acep.	Acceptable	622	15.3	754	15.5	17.5	1.03	No Acep.	Acceptable	622	15.3	469.31	15.5	24.6	1.03	No Acep.	Acceptable	622	15.3	724	15.5	16.3	1.03	Acceptable	Acceptable	
	M6 - 06	2.4	0.369	210	4200																																	

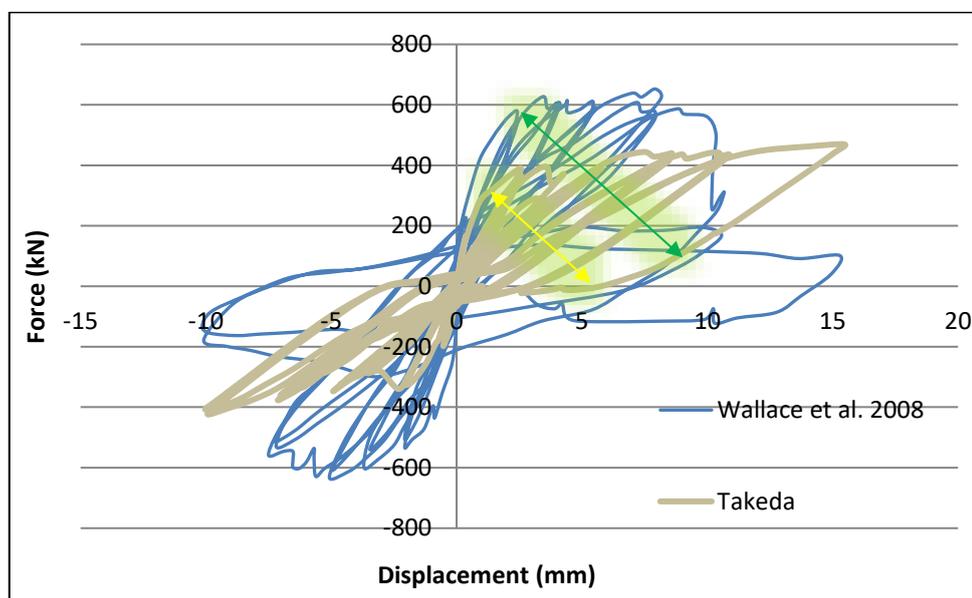
Nota. la figura muestra el consolidado de las respuestas Histéreticas de las muestras 5 comparadas para cada variable Wallace, Donde: Hw: Altura del muro estructural, Hw/Lw: relación de aspecto, fc: resistencia a la compresión, fy: Resistencia a la influencia del acero, Esf.: esfuerzo, m: metros, mm: Milímetro, Des: Desplazamiento, Acep.: Aceptable, No aceptable.

La figura 51 muestra los valores comparativos de las respuestas Histéreticas de M5, de Wallace con la histéresis bilineal, trilineal, takeda, y Pivot, los resultados de los valores muestran para Wallace; 622 Kn y 737 kn para la histéresis bilineal teniendo una diferencia de 15.6 para el esfuerzo, además muestra los valores del deslizamiento; 15.3 mm y 0.0 mm, para Wallace y la histéresis bilineal respectivamente.

ESPECIMEN 0.05, WALLACE ET AL. (2008)

Figura 52

Respuesta histéretica del espécimen 0.05 (Wallace, 2008), usando el modelo de histéresis Takeda, en el programa ETABS V.19.0 versus el ensayo real de laboratorio



Nota. Las curvas de color crema muestran la pobre disipación de energía del modelo numérico.

Análisis: Si bien la disipación de energía en la zona central es inaceptable, la disipación de energía en tracción es aceptable. Tal como muestra la flecha amarilla y verde.

Hipótesis específica 03:

Ho3. El modelo de histéresis de takeda mediante software ETABS no calibra la respuesta histéretica del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales – Huánuco - 2023.

Ha3. El modelo de histéresis de takeda mediante software ETABS calibra la respuesta histéretica del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales – Huánuco - 2023

La calibración realizada en la presente tesis evaluaba diversos parámetros como la rigidez inicial y sobre todo la disipación de energía; sin

embargo, para esta hipótesis específica 03 se espera una respuesta global de la calibración.

Para los muros bajos (M3 y M4), reportados por Wallace et al. (2008), el modelo de histéresis de takeda encuentra mejores resultados, tal como lo muestran las figuras 35 y 39. Caso contrario para los muros altos reportados por Greifenhagen (2008), en donde el modelo de histéresis de takeda no puede reproducir de manera aceptable la respuesta de histéresis, por lo que se válida la hipótesis específica 03 (Ho3), como se muestra en la figura 43.

RESULTADOS DEL CONSOLIDADO DEL PROCESAMIENTO DE DATOS.

Tabla 7.	ESPÉCIMEN	Hw (M)	Hw/Lw	Fc (Kg/Cm2)	Fy (Kg/Cm2)
Resumen de la muestra para ensayos cíclicos y ensayos monotónicos.	PL-01	8.60	1.265	210	4200
	PL-02	9.10	1.338	210	4200
	PL-03	1.90	0.279	210	4200
	PL-04	1.85	0.272	210	4200
	PL-05	1.88	0.276	210	4200
	PL-06	2.40	0.369	210	4200
	PL-07	7.70	1.133	210	4200

Tabla 8.	ESPÉCIMEN	Hw (mm)	Hw/Lw	Fc (Kg/Cm2)	Fy (Kg/Cm2)
Resumen de los especímenes de muros altos.	M 3	1610	1,07	210	4500
	M 4	1610	1.07	210	4500

Tabla 9.	ESPÉCIMEN	Hw (mm)	Hw/Lw	Fc (Kg/Cm2)	Fy (Kg/Cm2)
Resumen de los especímenes de muros bajos.	0.05	1.22	0.8	310	4200

Tabla 10.	Greinfenhagen	Histéresis Bilineal	Diferencia %	Aceptabilidad	
Análisis de calibración de respuestas histeréticas de espécimen M3. modelo Bilineal.	Esfuerzo	163.00	209.00	22.01	No aceptable
	Desplazamiento (mm)	11.39	11.52	1.12	Aceptable

Tabla 11.	Greinfenhagen	Histéresis	Diferencia %	Aceptabilidad	
Análisis real de respuestas hísticas del espécimen M3, modelo Trilineal.	Esfuerzo (Kn)	172.00	159.00	7.56	Aceptable
	Desplazamiento (mm).	11.52	11.39	1.13	Aceptable

Tabla 12.	Greinfenhagen	Histéresis	Diferencia %	Aceptabilidad	
Análisis de respuesta histórica M3 usando el modelo de Takeda.	Esfuerzo (Kn)	172.00	178.00	3.37	Aceptable
	Desplazamiento (mm).	11.52	11.52	0.00	Aceptable

Tabla 13.	Greinfenhagen	Histéresis	Diferencia %	Aceptabilidad	
Respuesta histerética del espécimen M3, modelo Pívo.	Esfuerzo (Kn)	178.13	155.00	12.98	Aceptable
	Desplazamiento (mm).	11.39	11.52	1.13	Aceptable

Tabla 14.	Greinfenhagen	Histéresis	Diferencia %	Aceptabilidad	
Respuesta histerética	Esfuerzo (Kn)	121.00	164.00	26.22	No aceptable
	Desplazamiento				

del espécimen M4. Modelo Bilineal.	to (mm),	12.10	10.11	16.44	No aceptable
Tabla 15. Respuestas histeréticas de espécimen M4, usando el modelo Trilineal		Greinfenhagen	Histéresis	Diferencia %	Aceptabilidad
	Esfuerzo (Kn)	121.00	161.00	24.85	No aceptable
	Desplazamiento (mm).	12.10	10.11	16.44	No aceptable
Tabla 16. Respuesta histerética de espécimen M4, con modelo Trilineal.		Greinfenhagen	Histéresis	Diferencia %	Aceptabilidad
	Esfuerzo (Kn).	121.00	147.00	17.68	Aceptable
	Desplazamiento (mm).	12.10	10.11	16.44	No aceptable
Tabla 17. Respuesta histerética del espécimen M4, usando modelo Pívor		Greinfenhagen	Histéresis	Diferencia %	Aceptabilidad
	Esfuerzo (Kn).	121.00	139.00	12.95	Aceptable
	Desplazamiento (mm).	12.10	10.11	16.44	No aceptable
Tabla 18. Respuesta histerética del espécimen 0.05, modelo Bilineal		Wallace	Histéresis	Diferencia %	Aceptabilidad
	Esfuerzo (Kn).	622.00	737.17	15.63	No aceptable
	Desplazamiento (mm).	15.3	15.3	0.00	Aceptable
Tabla 19. Respuesta histerética del espécimen 0.05, modelo Trilineal.		Wallace	Histéresis	Diferencia %	Aceptabilidad
	Esfuerzo (Kn).	622.00	754.13	17.52	No aceptable
	Desplazamiento (mm).	15.3	15.46	1.03	Aceptable
Tabla 20. Respuesta histerética del espécimen 0.05, modelo Takeda		Wallace	Histéresis	Diferencia %	Aceptabilidad
	Esfuerzo (Kn).	622.00	469.307	24.55	No aceptable
	Desplazamiento (mm).	15.3	15.47	1.03	Aceptable
Tabla 21. Respuesta histerética del espécimen 0.05, modelo Pívor.		Wallace	Histéresis	Diferencia %	Aceptabilidad
	Esfuerzo (Kn).	622.00	724.00	16.34	Aceptable
	Desplazamiento (mm).	15.3	15.47	1.03	Aceptable
Tabla 22. Respuesta histerética del espécimen		Greinfenhagen	Histéresis	Diferencia %	Aceptabilidad
	Esfuerzo elástico (Kn)	55.00	53.29	3.10	Aceptable
	Desplazamiento	1.08	1.02	5.56	Aceptable

M3, modelo Takeda	to elástico (mm).				
Tabla 23.		Greinfenhage	Histéresi	Diferencia	Aceptabilida
Respuesta histerética del espécimen M3, modelo Takeda.		n	s	%	d
	Esfuerzo elástico (Kn).	32.00	29.96	6.38	Acceptable
	Desplazamiento elástico (mm).	0.96	0.94	2.08	Acceptable
Tabla 24.		Wallace	Histéresi	Diferencia	Aceptabilida
Respuesta histerética del espécimen M3, modelo Takeda.			s	%	d
	Esfuerzo elástico (Kn).	136.00	129.00	5.15	Acceptable
	Desplazamiento elástico (mm).	0.12	0.11	8.33	Acceptable
Tabla 25.		Takeda	Histéresi	Diferencia	Aceptabilida
Respuesta histerética del espécimen M3, modelo Takeda			s	%	d
	Esfuerzo elástico (Kn).	164.00	178.00	7.86	Acceptable
	Desplazamiento elástico (mm).	11.52	11.52	0.00	Acceptable
Tabla 26.		Wallace	Histéresi	Diferencia	Aceptabilida
Respuesta histerética del espécimen M4.			s	%	d
	Esfuerzo elástico (Kn).	164.00	178.00	7.86	Acceptable

INTERPRETACIÓN

Para los muros estructurales altos (reportados por Greinfenhagen et al.) el análisis de las calibraciones bajo los modelos de histéresis bilineal, trilineal, takeda y pivot ofrecen aproximaciones aceptables en el parámetro del desplazamiento ya que, solamente difieren en un 1.13% mientras que la no aceptabilidad difiere en un 16.44%, que no representa mayor variación numérica, Los esfuerzos, bajo los modelos de histéresis previamente mencionados, representan valores aceptables ya que se encuentran del orden del 12.98% por encima de los valores reportados en los ensayos de laboratorio.

Para los muros estructurales bajos (reportados por Wallace et al.) el análisis de las calibraciones bajo los modelos de histéresis bilineal, trilineal, takeda y pivot ofrecen aproximaciones aceptables en el parámetro del desplazamiento ya que, solamente difieren en un 1.03% mientras que la no

aceptabilidad difiere en un 0.00%, que no representa mayor variación numérica, los esfuerzos, bajo los modelos de histéresis previamente mencionados, representan valores aceptables ya que se encuentran del orden del 17.52% por debajo de los valores reportados en los ensayos de laboratorio.

Finalmente, verificando el objetivo general propuesto en la presente tesis, se puede concluir que los modelos de histéresis reportados en el software ETABS son capaces de realizar la calibración de manera aceptable tanto en esfuerzos como deformaciones.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado; los resultados de la presente tesis son comparados con las investigaciones reportadas por:

5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Con el problema general: *¿Cómo se analizan las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda – Huánuco – 2023?*

Partiendo de lo señalado se tiene en nuestro marco teórico, a (fojas 22) Doménico (2021) señala que, se necesitan nuevas metodologías de proyecto basadas en las prestaciones, en lugar de la resistencia, para poder preparar de una manera más eficaz a las estructuras frente a los sismos, asimismo a (fojas 25), Nielsen (2016), señala que este modelo es muy similar al modelo cinemático, pero utiliza un bucle histerético degradante basado en el modelo de Takeda. Este modelo simple no requiere parámetros adicionales y es más apropiado para hormigón armado que para metales. Se disipa menos energía que en el modelo cinemático.

En la misma línea de idea, a (fojas 33) Palomino (2021) refiere que para aplicar las cargas verticales se utilizaron dos actuadores de 700 KN controlados por fuerza, los cuales estaban conectados a la viga superior de concreto, uno en el extremo sur y otro en el extremo norte del espécimen, separados entre sí 2.20 m. Los tres actuadores se conectaron al mismo sistema de control, lo cual permitió conservar en todo instante a partir del primer ciclo de carga lateral la relación de carga axial del 5% y una relación M/VL_w de 2.0.

Continuando, debemos precisar que, en las figuras 35, 39 y 43 nos dieron como resultados que, el modelo de histéresis de takeda empleando el

Software ETABS, analiza las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema estructural resistente a fuerzas sísmicas de Muros Estructurales, de manera más aceptable, al replicar la rigidez inicial y la rigidez después de la fluencia, asimismo en la figura 41 a (*fojas 77*) se tuvo como resultado que, los esfuerzos que se desarrollan al utilizar el mencionado modelo de histéresis (Bilineal), son mayores de los esperados, aunque sigue el patrón de desplazamiento, todavía no es la calibración correcta ya que, tampoco se ve la correcta reproducción de los desplazamientos del ensayo real de laboratorio.

Asimismo, tenemos a la figura 42 a (*fojas 79*) que señala que, los esfuerzos que se desarrollan al utilizar el mencionado modelo de histéresis (Trilineal), son menores de los esperados, aunque sigue perfectamente el patrón de desplazamiento, podría ser lo esperado ya que, se nota la correcta reproducción de los desplazamientos del ensayo real de laboratorio, también tenemos a la figura 43 a (*fojas 80*) donde los resultados mencionaron que, los esfuerzos que se desarrollan la utilizar el mencionado modelo de histéresis (Takeda), son aceptables dentro de la región elástica y en los primeros ciclos de histéresis, también sigue perfectamente el patrón de desplazamiento, también es notorio la reproducción casi exacta de la deformación última.

Por otro lado, en la figura 45 a (*fojas 83*) los resultados señalaron que, los esfuerzos que se desarrollan al utilizar el mencionado modelo de histéresis (Takeda), son ligeramente menores, la deformación última es aceptable, asimismo la figura 46 a (*fojas 85*) se señaló que, los esfuerzos que se desarrollan la utilizar el mencionado modelo de histéresis (Pivote), son mayores de los esperados, aunque sigue el patrón de desplazamiento, todavía no es lo esperado ya que, tampoco se ve la correcta reproducción de los desplazamientos del ensayo real de laboratorio, también tenemos a la figura 47 a (*fojas 87*) que se señaló que, los esfuerzos obtenidos justo después de la zona elástica son mayores, tampoco se obtuvo la deformación última necesaria para catalogarla como adecuada en función de los desplazamientos del ensayo real de laboratorio.

Finalmente, tenemos a las figuras 48, 49, 51, 52 que señalaron en sus resultados que, los esfuerzos que se desarrollan al utilizar el mencionado modelo de histéresis (Takeda), son aceptables dentro de la región elástica, hasta el final de los ciclos de histéresis, la deformación última no está siendo replicada en la zona de tracción, sin embargo, en la zona de compresión es la adecuada, indicándose que es un muy buen acercamiento a la respuesta correcta.

En consecuencia, en consideración a lo expresado debemos señalar que, el modelo de histéresis de takeda empleando el Software ETABS, analiza las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema estructural resistente a fuerzas sísmicas de Muros Estructurales– Huánuco – 2023.

Con la sub formulación específica 1: *¿Cuánto es la reproducción la rigidez elástica de las respuestas histéreticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda, mediante el Software ETABS Huánuco -2023?*

Partiendo de lo señalado se tiene en nuestro marco teórico, a (fojas 24) a Angles (2018) señala que, el módulo de elasticidad experimental se pudo predecir con las fórmulas de la referencia 1, asimismo, la rigidez lateral elástica fue del orden de 32% más que la rigidez lateral del muro MA, asimismo a (fojas 27), Rodríguez (2019), nos menciona que el comportamiento es no lineal, pero es elástico. Esto significa que el material siempre se carga y descarga a lo largo de la curva principal y no se disipa energía. Esta misma curva principal se usa en las figuras para todos los modelos posteriores, excepto que el modelo concreto usa solo la parte positiva de la curva, y la parte negativa se define por separado.

Continuando, debemos precisar que, en las figuras 45 a (fojas 83), señalaron los resultados que, fue necesario suavizar la curva histerética obtenida utilizando el modelo de takeda en el espécimen M3, ya que la rigidez elástica, representa una porción ínfima en comparación con todo el ensayo de laboratorio. Esta zona elástica empieza en el origen de las coordenadas en donde se presentan esfuerzos pequeños negativos y positivos, de igual modo

las deformaciones son mínimas, lo que se traduce que la respuesta lineal de estructuras acaba muy rápido bajo acciones sísmicas, asimismo en la figura 49 a (fojas 90) refirieron los resultados que, al igual que en el ensayo del muro estructural fue necesario suavizar la curva histéretica obtenida utilizando el modelo de takeda en el espécimen M4, ya que la rigidez elástica; representa una porción ínfima en comparación con todo el ensayo de laboratorio. La flecha de color magenta representa la forma prolongada de la rigidez elástica, de igual modo para este espécimen la zona elástica empieza en el origen de las coordenadas en donde se presentan esfuerzos pequeños negativos y positivos, de igual modo las deformaciones son mínimas, lo que se traduce que la respuesta lineal de estructuras acaba muy rápido bajo acciones sísmicas.

Asimismo, tenemos a la figura 52 a (fojas 94) que señala que, fue necesario suavizar la curva histéretica obtenida utilizando el modelo de Takeda en el espécimen 0.05, ya que la rigidez elástica, se sitúa en la parte inicial del ensayo numérico y el ensayo real. Al visualizar la superposición de curvas se nota la reproducción parcial de esta rigidez elástica, propuesta como hipótesis específica del presente proyecto de tesis

En consecuencia, en consideración a lo expresado debemos señalar que, el modelo de histéresis de takeda empleando el Software ETABS reproduce la rigidez elástica de las respuestas histéreticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales- Huánuco -2023.

Con la sub formulación específica 2: *¿Cuánto es la disipación de energía de las respuestas histéreticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda, mediante el Software ETABS Huánuco -2023?*

Partiendo de lo señalado se tiene en nuestro marco teórico, a (fojas 23) Palomino (2021) señala que, la calibración numérica con dos especímenes de muros de albañilería ya realizada se llega observar que la curva de capacidad trilineal numérica se acomoda a las curvas de capacidad trilineal del ensayo de laboratorio para luego aplicar mediante tipo Link en ETABS, asimismo a

(fojas 32), Vélez (2017), señala que, para representar las prácticas locales de construcción, los especímenes deben ser construidos y posteriormente ser trasladados al Laboratorio de Mecánica Estructural, donde se le realice un ensayo cuasi - estático cíclico controlado por desplazamiento.

En la misma línea de idea, debemos precisar que, en la figura 48 a (fojas 89) dio como resultados que, la apertura de lazos entre los ciclos azules y los ciclos rojos son similares, ya que al trazar la flecha amarilla muestra que la disipación de energía estaría siendo el adecuado. Al analizar la disipación de energía en tracción y compresión se observa la similitud, por lo que se da por validada la hipótesis específica, asimismo en la figura 58 a (fojas 96) se tuvo como resultado que, la disipación de energía a través de los ciclos de histéresis es mostrada conjuntamente y limitada por la flecha amarilla, se obtuvo más apertura en el ensayo numérico (curvas de color rojo) sin embargo, la disipación de energía aún es más buena ya que, se entiende que el sistema es capaz de soportar más deformaciones sin llegar al colapso.

Asimismo, tenemos a la figura 52 a (fojas 94) que señala que, si bien la disipación de energía en la zona central es inaceptable, la disipación de energía en tracción es aceptable. Tal como muestra la flecha amarilla y verde.

En consecuencia, en consideración a lo expresado debemos señalar que, el modelo de histéresis de takeda empleando el Software ETABS representa la disipación de energía de las respuestas histéreticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales – Huánuco - 2023.

Con la sub formulación específica 3: *¿Será posible aplicar el modelo de histéresis de takeda para simular el comportamiento histerético de muros estructurales mediante el software ETABS – Huánuco - 2023?*

Partiendo de lo señalado se tiene en nuestro marco teórico, a (fojas 26) Chaiña (2016) señala que, varios modelos de histéresis están disponibles en SAP2000, ETABS y CSI Bridge. Los modelos disponibles pueden variar de un producto a otro y pueden incluir cualquiera o todos los modelos, asimismo, señala que, en las siguientes descripciones de deformación cíclica, carga se refiere al aumento de la magnitud de la deformación en una dirección positiva

o negativa determinada, y descarga se refiere a la reducción subsiguiente de la deformación hasta que el nivel de fuerza llega a cero, también a (fojas 32), Delgado (2011) señala que, llama así a un conjunto de elementos resistentes que colaboran entre sí para soportar fuerzas o cargas manteniendo en todo momento su equilibrio, es decir todas las fuerzas que actúan sobre la estructura se compensan mutuamente.

En la misma línea de idea, a (fojas 32) Rodas (2014) refiere que, una estructura es un conjunto de elementos que se interconectan para cumplir funciones tales como: salvar vanos (puentes), contener sólidos o líquidos (silos, piscinas), soportar empuje de tierras (muros de contención), etc. Las cualidades de una buena estructura deben ser: seguridad, economía, racionalidad y por qué no decirlo belleza.

La calibración realizada en la presente tesis evaluaba diversos parámetros como la rigidez inicial y sobre todo la disipación de energía; sin embargo, para esta hipótesis específica 03 se espera una respuesta global de la calibración.

Para los muros bajos (M3 y M4), reportados por Wallace et al. (2008), el modelo de histéresis de takeda encuentra mejores resultados, tal como lo muestran las figuras 35 y 39. Caso contrario para los muros altos reportados por Greifenhagen (2008), en donde el modelo de histéresis de takeda no puede reproducir de manera aceptable la respuesta de histéresis, por lo que se valida la hipótesis específica 03 (Ho3), como se muestra en la figura 43.

En consecuencia, en consideración a lo expresado debemos señalar que, el modelo de histéresis de takeda mediante software ETABS calibra la respuesta histerética del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales – Huánuco - 2023

El modelo de histéresis del tipo bilineal es capaz de establecer valores de esfuerzos que representan valores superiores al ensayo de laboratorio, este aspecto no es malo, sin embargo; en el análisis basado en desempeño lo que se busca es la evaluación de la reproducción de los desplazamientos,

tal como reproduce la histéresis del tipo trilineal, Finalmente la histéresis de Takeda también reproduce parcialmente los esfuerzos.

Las diferencias encontradas entre los ensayos de laboratorio y los resultados obtenidos (a través de la calibración), son mínimas, inicialmente porque es difícil reproducir a la naturaleza, segundo porque las diferencias numéricas obtenidas son mínimas pero, aceptables (tal como reportan las figuras 35, 39 y 43), cabe recordar que no existe alguna metodología que indique si la calibración es aceptable, más recae en la superposición de curvas la evaluación crítica.

Limitaciones de estos hallazgos

A pesar de los resultados prometedores, este estudio presenta ciertas limitaciones. Una de las principales limitaciones es que las simulaciones y análisis se basan en modelos computacionales que, aunque sofisticados, no siempre pueden capturar todas las complejidades de los comportamientos estructurales reales bajo cargas sísmicas. Además, el modelo de histéresis de Takeda en ETABS puede no representar con precisión todas las variaciones y propiedades específicas de los materiales utilizados en las construcciones reales. Finalmente, el estudio se enfocó en un tipo específico de muros estructurales, lo que podría limitar la generalización de los resultados a otros tipos de estructuras o materiales.

CONCLUSIONES

Primera conclusión

Se ha logrado identificar que, el modelo de histéresis de Takeda empleando el Software ETABS, analiza las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema estructural resistente a fuerzas sísmicas de Muros Estructurales. (Fuente. Doménico a fojas 22, Nielsen a fojas 25, Palomino a fojas 33, figura 23, 26, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42 y 43).

Para muros estructurales con la misma relación de aspecto, los valores calibrados mediante el modelo de histéresis de Takeda representan aquellos valores que deben ser utilizados dentro del análisis estructural real (lo cual representa la limitación del modelo de histéresis de Takeda), como, por ejemplo, el módulo de Young, coeficiente de Poisson, deformación inicial y deformación última.

Ejemplos concretos de como este modelo puede aplicarse a situaciones reales

- 1. Diseño de Edificios Resilientes a Sismos:** El modelo de histéresis de Takeda puede aplicarse en el diseño de edificios en zonas sísmicas, asegurando que las estructuras cuenten con muros resistentes capaces de disipar energía durante un sismo. Por ejemplo, al diseñar un nuevo hospital en una región propensa a terremotos, los ingenieros pueden usar nuestro diseño en el ETABS con el modelo de Takeda para simular diferentes escenarios sísmicos y ajustar los muros estructurales para mejorar su capacidad de absorción de energía y minimizar daños estructurales, garantizando así la seguridad de los ocupantes y la continuidad operativa del hospital durante y después de un evento sísmico.
- 2. Evaluación de Estructuras Existentes:** En el ámbito de la rehabilitación de estructuras, el modelo de Takeda puede ser utilizado para evaluar la respuesta sísmica de edificios existentes y determinar si cumplen con los estándares modernos de seguridad sísmica. Por ejemplo, un edificio histórico en una ciudad con alta actividad sísmica puede ser analizado utilizando ETABS para evaluar sus muros estructurales. Los resultados de la simulación pueden identificar puntos débiles y guiar las intervenciones necesarias, como el refuerzo de

muros o la incorporación de nuevos elementos estructurales, para mejorar su desempeño ante futuros sismos.

- 3. Investigación y Desarrollo de Nuevos Materiales:** Este modelo también es útil en la investigación y desarrollo de nuevos materiales y técnicas de construcción. Investigadores pueden utilizar el modelo de Takeda para simular cómo diferentes materiales de construcción, como nuevos tipos de concreto o materiales compuestos, responden a cargas sísmicas. Por ejemplo, antes de implementar un nuevo material en la construcción de un rascacielos, se pueden realizar pruebas de laboratorio y simulaciones con ETABS para asegurarse de que el material proporciona una respuesta histerética adecuada, contribuyendo a la seguridad y durabilidad de la estructura en condiciones sísmicas.

Segunda conclusión

Se ha logrado determinar que, el modelo de histéresis de takeda empleando el Software ETABS reproduce la rigidez elástica de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales. (Fuente. Angles a fojas 24, Rodríguez a fojas 27, Figura 45, figura 46 y figura 47).

La rigidez elástica representa el comportamiento inicial de la estructura, supongamos un edificio de muros estructurales sometidas a la acción del sismo, luego de retirada esta excitación dinámica este edificio seguramente tendrá grietas y no sería capaz de retomar su posición original, allí radica la importancia de calibrar correctamente este parámetro denominado rigidez elástica.

Tercera conclusión

Se ha logrado identificar que, el modelo de histéresis de takeda empleando el Software ETABS representa la disipación de energía de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros

estructurales. (Fuente. Palomino a fojas 23, Vélez a fojas 32, 48, 49 y figura 52).

Reproducir la disipación de energía es lo más complicado dentro de las calibraciones, en un caso real la disipación de energía representa la energía total que es capaz de sobrellevar un sistema, supóngase un evento sísmico de larga duración, si el edificio en mención es capaz de terminar de pie entonces se habrá concluido que fue capaz de disipar correctamente la energía sísmica debido a sus componentes dúctiles.

Áreas a mejorar para futuras Investigaciones

A partir de los hallazgos de este estudio, se pueden desarrollar futuras investigaciones para expandir el conocimiento sobre el comportamiento sísmico de diversas estructuras. Una posible dirección es la validación experimental de los resultados obtenidos mediante pruebas en laboratorio con diferentes tipos de muros y materiales. Además, se podrían explorar las aplicaciones del modelo de histéresis de Takeda en otros tipos de estructuras, como puentes o edificaciones de gran altura, para evaluar su efectividad en diferentes contextos. También sería valioso investigar cómo la integración de nuevas tecnologías y materiales de construcción puede mejorar aún más la precisión de los modelos de simulación y, en última instancia, la seguridad y resistencia sísmica de las estructuras.

Cuarta conclusión

Se ha logrado determinar que, el modelo de histéresis de Takeda mediante software ETABS calibra la respuesta histerética del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales. (Fuente. Chaiña a fojas 26, Delgado a fojas 32, Rodas a fojas 32, M3 y M4, figura 23, 26 y 30).

La calibración no es otra cosa que la superposición de curvas para evaluar su similitud; para ello existen muchos modelos, entre nuevos y antiguos, estos modelos previamente mencionados no siempre funcionan adecuadamente, pero tampoco es posible reproducir la naturaleza de manera exacta. Por ejemplo, en el caso de los muros estructurales, el modelo de

histéresis de Takeda reproduce parcialmente los esfuerzos y deformaciones del modelo real.

Precisión y Fiabilidad de estas calibraciones en diferentes escenarios sísmicos

La precisión y fiabilidad de las calibraciones realizadas en este trabajo de investigación, empleando el modelo de histéresis de Takeda con el software ETABS, demuestran un alto potencial para ser aplicadas en contextos reales de escenarios sísmicos. Los resultados obtenidos en las simulaciones han mostrado una correlación consistente con los datos experimentales de laboratorio, lo que sugiere que el modelo es capaz de predecir de manera precisa el comportamiento histerético de muros estructurales bajo cargas sísmicas reales. Esta capacidad de reproducir la respuesta estructural en condiciones controladas y simuladas válida su utilidad práctica en el diseño y evaluación de edificios y otras estructuras en regiones propensas a terremotos, ofreciendo una herramienta confiable para ingenieros civiles en la planificación y ejecución de construcciones más seguras y resilientes.

Ejemplo

Un ejemplo de cómo se puede aplicar la precisión y fiabilidad de las calibraciones realizadas en este estudio es en la rehabilitación sísmica de un edificio de oficinas en una ciudad con alta actividad sísmica. Supongamos que el estudio ha demostrado que el modelo de histéresis de Takeda predice con precisión la respuesta de muros estructurales con un margen de error de solo $\pm 5\%$ en comparación con datos experimentales de laboratorio. Utilizando estas calibraciones, los ingenieros pueden simular cómo el edificio respondería a diferentes intensidades sísmicas, como un terremoto de magnitud 6.0 (sismo moderado) y uno de magnitud 7.5 (sismo fuerte).

Para un sismo moderado, el modelo puede mostrar que los muros estructurales resisten eficazmente las fuerzas sin experimentar daños significativos, con desplazamientos de hasta 2 cm, lo cual está dentro de los límites aceptables de deformación. Para un sismo fuerte, el modelo puede

prever un desplazamiento de hasta 10 cm, pero con el refuerzo adecuado y ajustes en el diseño, los muros pueden absorber y disipar la energía sísmica sin comprometer la estabilidad del edificio, minimizando el riesgo de colapso o daños graves. La capacidad del modelo para ofrecer predicciones precisas permite a los ingenieros realizar intervenciones específicas para mejorar la resistencia del edificio y asegurar que este pueda soportar eficazmente distintos niveles de intensidad sísmica.

RECOMENDACIONES

Sobre la calibración de otros sistemas estructurales contemplados en la E.030

Nuestro país no solamente dispone del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales sino otros, como, por ejemplo: pórticos, madera, albañilería, dual y estructuras de acero. La recomendación estaría basada en tratar de calibrar ensayos reales de laboratorio de estos antes mencionados con la finalidad de realizar un adecuado comportamiento estructural y a las finales un correcto diseño estructural.

Sobre la calibración considerando condiciones de borde y niveles de carga

La calibración de cualquier sistema estructural va a ser posible si se conocen de manera certera las propiedades de los materiales, condiciones de borde y nivel de carga. Se recomienda a futuros tesisistas trabajar en este apartado sin variar significativamente estos valores ya que nunca será posible la realización de una calibración aceptable tal como menciona nuestra normativa sismorresistente E.030.

Sobre propuesta tentativa de la creación de un laboratorio capaz de realizar ensayos a escala

Un esfuerzo conjunto entre las entidades públicas y privadas del país podrían generar la creación de un laboratorio estructural especializado, en el cual el objetivo sea continuar con los ensayos de laboratorio de diferentes sistemas estructurales y sus diversas configuraciones, también sería importante para conocer el comportamiento de nuestros propios materiales constitutivos (Acero y concreto) de nuestra región.

Sobre la utilización de los valores calibrados en la presente investigación (tesis)

Cualquier diseñador que contemple en cualquier dirección de análisis de su modelo matemático muros estructurales con valores cercanos a la relación

de aspecto reportados en la presente tesis, puede utilizar los valores utilizados en la presente investigación, estos valores al ya estar calibrados, entonces fueron sometidos al escrutinio de la propia normativa da E.030 y el desempeño estructural será el correcto.

Calibración de otros sistemas estructurales como albañilería metodología y enfoque

Aunque las recomendaciones del estudio están orientadas principalmente a sistemas estructurales de muros, es posible aplicar el modelo de histéresis de Takeda a sistemas de albañilería para mejorar su desempeño sísmico. Se sugiere utilizar el modelo para evaluar la respuesta sísmica de muros de albañilería realizando simulaciones con ETABS, similar a cómo se ha hecho para los muros estructurales en este estudio. Específicamente, se podría ajustar el modelo de histéresis de Takeda para reflejar las características particulares de los materiales de albañilería, como la resistencia y ductilidad de los ladrillos y el mortero, y validar estos ajustes mediante ensayos experimentales.

Una aplicación concreta sería en la rehabilitación de edificios antiguos construidos con albañilería en zonas sísmicas. Al emplear el modelo ajustado, los ingenieros pueden simular la respuesta de estos muros de albañilería a diferentes magnitudes sísmicas y determinar las intervenciones necesarias, como la adición de refuerzos o el uso de técnicas de refuerzo específicas, para mejorar su capacidad de absorción de energía y reducir el riesgo de colapso durante un sismo. Esta integración permitirá que los sistemas de albañilería se diseñen y refuercen de manera más efectiva, aumentando su resiliencia y seguridad en escenarios sísmicos reales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranzamendi, L. (2008). *Epistemología y la investigación cualitativa y cuantitativa en la ingeniería*. (1. ed.) Lima: Editorial ADRUS.
- Angles, P. (2018). *Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla*.
- Carlton, N. (2016). *Los diez tipos de pivotes de modelo de negocios en Lean*.
- Coral, M. (2017). *Ensayos cíclicos en muros de albañilería confinada construidos con ladrillos king kong de fabricación industrial*. Pontificia Universidad Católica del Perú. p.120.
- Carrasco, S. (2013). *Metodología de la investigación científica. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. (5. Ed.) Lima: Editorial San Marcos.
- CSI Analysis Reference Manual (2017). *For SAP2000, ETABS, SAFE and CSI Bridge*. COMPUTERS & STRUCTURES, INC.
- Creswell & Poth, (2022) Una investigación de enfoque explicativo.
Recuperado de:
<https://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14257/5253/Jauni%20Albino%2c%20Luz%20Regina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chaiña, R. (2016). *Análisis y diseño sísmico de una edificación de seis niveles de concreto armado en la Ciudad de Juliaca*. (Tesis de Pregrado), Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.
- Chopra, A. (2014). *Dinámica de estructuras – cuarta edición – versión traducida en la ciudad de México DF*.
- Delgado, C. (2011). *Diseño de estructuras aperticadas de concreto armado*. Lima, Perú: EDICIVIL S.R.L.tda.
- Doménico M. (2021). *Empirical calibration of hysteretic parameters for modelling the seismic response of reinforced concrete columns with plain bars*. Department of Structures for Engineering and Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy. p.05
- Gálvez A. (2008). *“El análisis no lineal dinámico y su aplicación en la simulación de respuestas estructurales”*

- Greifenhagen, C. (2005). *Static-Cyclic tests on reinforced concrete shear walls with low reinforcement ratios*. ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE.
- Huapaya, R. (2017). *Evaluación de los indicadores de comportamiento sísmico de edificios con sistema aporticado a través del método estático no lineal*. (Tesis de Pregrado), Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Hernandes, R, Fernandez C. (2014). *Baptista M. Metodología de la Investigación – Sexta Edición*. p.130.
- Huang, H (2020). *Desarrollo y Utilización de una Base de Datos de Rellenos Experimentos de marco para modelado numérico*.
- Muñoz, J (2020). *Estudio de la Influencia del Agrietamiento en la respuesta sísmica de estructuras de Concreto Armado*. Informe Técnico SENCICO - Tercer Informe.
- Villareal G. (2020) *Nacional de Rectores*. Lima. Recuperado de <https://goo.gl/uoD6Wa>
- Nielsen et al. (2016). *Respuesta del hormigón armado a terremotos simulados*.
https://www.obayashi.co.jp/technology/shoho/005/1971_005_04.pdf
- Otani, S. (2008). *Modelos de histéresis*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/slideshow/modelos-de-histeresis-drotani-traduccin-personal/52462505>
- Palomino, J. (2021). *Calibración de muros de albañilería confinada mediante un modelo tipo link en ETABS y desempeño de un módulo educativo – Cañete*. Universidad Cesar Vallejo. p.96
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2018). *Norma E.030 Diseño Sismorresistente*.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2009). *Norma E.060 Diseño en Concreto Armado*.
- Rodas et al. (2014). *Interacción suelo-estructura en edificios altos*. Asamblea
- Rodas et al. (2014) *investigadores ASCE de los Estados Unidos y desarrollaron la siguiente investigación denominada, Modelo histerético para conexiones columna-base expuestas*.

Rodríguez, A. (2019). *Modelo de histéresis elástica, nos menciona que el comportamiento es no lineal, pero es elástico*

Sampieri Hernández y Baptista Lucio (2014). *Metodología de La Investigación*. México D.F.: Mc Graw Hill.

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*.

Vélez, A. (2017). *Ensayos cuasi-estáticos cíclicos de muros delgados de concreto reforzado en edificios colombianos*.

Wallace, J et al. (2008). *Investigation of the axial load capacity for lightly reinforced wall piers. JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING ASCE*.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Lopez Arce, D. (2024). *Análisis de calibraciones de respuestas histéreticas del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales empleando el modelo de histéresis de Takeda – Huánuco – 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: “ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROSESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTÉRESIS DE TAKEDA – HUÁNUCO – 2023”.
Tesista: BACH. LOPEZ ARCE, DEIVIS JEREMIAS **Asesor: Dr. CARLOS ESTEBAN HUAMAN CUESPAN**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
Problema General ¿Cómo se analizan las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda – Huánuco – 2023?	Objetivo General Analizar las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema estructural resistente a fuerzas sísmicas de Muros Estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda mediante el software ETABS – Huánuco – 2023.	Hipótesis general El modelo de histéresis de Takeda empleando el Software ETABS, analiza las calibraciones de respuestas histeréticas del sistema estructural resistente a fuerzas sísmicas de Muros Estructurales– Huánuco – 2023.	Variable Independiente Software ETABS Modelo de TAKEDA		-Estructuración -predimensionamiento -Análisis Estático y Dinámico -Degradación de rigidez de descarga -Degradación de rigidez de recarga -Rigidez Elástica	Enfoque: cuantitativo Nivel: Descriptivo Diseño: No experimental. Población: 10 niveles Muestra: 7 especímenes Técnicas: Documentos de archivos
Problemas específicos Pe1. ¿Cuánto es la reproducción la rigidez elástica de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda, mediante el Software ETABS Huánuco -2023? Pe2. ¿Cuánto es la disipación de energía	Objetivos específicos Oe1. Reproducir la rigidez elástica de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda, mediante el Software ETABS Huánuco -2023. Oe2. Representar la disipación de energía de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales empleando el modelo de histéresis de	Hipótesis específicas He1. El modelo de histéresis de Takeda empleando el Software ETABS no reproduce la rigidez elástica de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para Muros Estructurales – Huánuco -2023. He2. El modelo de histéresis de Takeda empleando el Software ETABS representa la disipación de energía de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales – Huánuco - 2023. He3. El modelo de histéresis de Takeda mediante software ETABS calibra la respuesta histerética del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales – Huánuco – 2023	Variable dependiente:	-Adimensional -Adimensional -Adimensional -Adimensional	-Disipación de energía	

de las respuestas histeréticas obtenidas en ensayos de laboratorio para muros estructurales empleando el modelo de histéresis de takeda, mediante el Software ETABS Huánuco -2023?

Pe3. ¿Será posible aplicar el modelo de histéresis de takeda para simular el comportamiento histerético de muros estructurales mediante el software ETABS – Huánuco - 2023?

takeda, mediante el Software ETABS Huánuco -2023.

Oe3. Aplicar el modelo de histéresis de takeda mediante software ETABS para calibrar la respuesta histerética del sistema resistente a fuerzas sísmicas de muros estructurales – Huánuco - 2023.

Análisis de Calibraciones de respuestas Histeréticas

ANEXO 2 INSTRUMENTOS

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

(ANEXO N° 2)

MUESTRA		A. Elaborar un resumen de la muestra para ensayos cíclicos y monótonos	B. Vista en elevación de los muros estructurales denominados M3 y M4	C. Evaluar la distribución de reforzamientos verticales y horizontales en la base	D. Elaborar un resumen de los especímenes de muros altos	E. Vista en elevación del muro estructural denominado s 0.05	F. Resumen de los especímenes de muros bajos	G. Respuesta histerética del ensayo M3 bajo carga cíclica	H. Patrón de desplazamientos del ensayo M3 bajo carga cíclica	I. Patrón de desplazamientos del ensayo M4 bajo carga cíclica	J. Plano coordenado en el programa ETABS V.19.0,	K. Vista extruidas del muro M3 y M4 en el programa ETABS V.19.0	L. Ingreso de valores típicos para el concreto	LI. Observación directa en complicidad con la revisión documental sirvieron para hallar el fc fy y datos en planta
Altos	M1 - 1													
	M2 - 2													
	M7 - 7													
Bajos	M3 - 3													
	M4 - 4													
	M5 - 5													
	M6 - 6													

ANEXO 3

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS POR JUECES O EXPERTOS

Huánuco, 08 de setiembre del 2024

OFICIO CIRC. N° 003- LADJ-2024.

Sra. / Sr.: ING. Mg. Héctor Aldo Bardales Salazar

CARGO QUE OCUPA: Magister en Ingeniería Civil con especialidad de estructuras – Experto en Estructuras.

ASUNTO. Solicito validación de instrumentos documentales de investigación

Presente. -

De mi mayor consideración:

Mediante el presente, le saludo cordialmente y a su vez tengo a bien hacer de su conocimiento que, por motivo de rigor metodológico en los trabajos de investigación, se requiere de la Validación de Instrumentos de recolección de datos.

Motivo por el cual le solicito tenga a bien participar como Experto para la validación cualitativa de contenido y así comprobar hasta donde los ítems de dichos instrumentos son representativos del dominio o universo de contenido de la propiedad que deseamos medir. Siendo que el proyecto de investigación tiene como título: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA – HUÁNUCO – 2023".

Esperando que lo solicitado sea aceptado por su persona, me despido de usted reiterándole las muestras de mi agradecimiento y estima personal.

Atentamente,

Adjunto:

- Matriz de consistencia.
- Hoja de instrucciones.
- Cuadro de validación de los instrumentos.



Bach. Lopez Arce Deivis Jeremias
DNI: 73349696



Héctor Aldo Bardales Salazar
MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL
Reg. CIP N° 101402

Mg. Héctor Aldo Bardales Salazar
Experto validador



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE DERECHO Y CC.PP.

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTO POR EXPERTO

Título de la Investigación: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SÍSMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA – HUÁNUCO – 2023"

I. Datos informativos del experto validador.

Apellidos y nombres : Mg. Héctor Aldo Bardales Salazar
Cargo o Institución donde labora : Magister en Ingeniería Civil con especialidad de estructuras - Experto en Estructuras.
Nombre del Instrumento : Observación directa
Teléfono del experto validador : 962608 555 / (01) 2318701
Autora del Instrumento: : Bach. Lopez Arce, Deivis Jeremías

II. Aspectos de validación del instrumento:

Indicadores	Criterios	Valoración	
		SÍ	NO
Claridad	Los indicadores están formulados con un lenguaje apropiado y claro.	X	
Objetividad	Los indicadores que se están midiendo están expresados en conductas observables.	X	
Contextualización	El problema que se está investigando es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.	X	
Organización	Los ítems guardan un criterio de organización lógica.	X	
Cobertura	Abarca todos los aspectos en cantidad y calidad.	X	
Intencionalidad	El instrumento es adecuado para valorar aspectos de las estrategias.	X	
Consistencia	Sus dimensiones e indicadores están basados en aspectos teórico científicos.	X	
Coherencia	Existe coherencia entre los indicadores y las dimensiones de sus variables.	X	
Metodología	La estrategia que se está utilizando responde al propósito de la investigación.	X	
Oportunidad	El instrumento será aplicado en el momento oportuno y adecuado.	X	

III. Opinión del experto respecto al instrumento presentado

El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

IV. Recomendaciones

Se recomienda aplicar prósajamente el instrumento para reducir el tiempo de recopilación de datos y proporcionar resultados confiables.

V. Resultado:

APROBADO
OBSERVACIÓN
DESAPROBADO

09 de setiembre del 2024



Héctor Aldo Bordaes Salazar
MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL
Reg. CIP N° 101402

Firma y sello del experto

VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS POR JUECES O EXPERTOS

Huánuco, 04 de setiembre del 2024

OFICIO CIRC. N° 002- LADJ-2024.

Sra. / Sr.: ING. Mg. GODOFREDO ALEX SEGUNDO ILLATOPA

CARGO QUE OCUPA: Magister en Ingeniería Civil con especialidad de
Diseño y Construcción de Obras Viales.

ASUNTO. Solicito validación de instrumentos documentales de investigación

Presente. -

De mi mayor consideración:

Mediante el presente, le saludo cordialmente y a su vez tengo a bien hacer de su conocimiento que, por motivo de rigor metodológico en los trabajos de investigación, se requiere de la Validación de Instrumentos de recolección de datos.

Motivo por el cual le solicito tenga a bien participar como Experto para la validación cualitativa de contenido y así comprobar hasta donde los ítems de dichos instrumentos son representativos del dominio o universo de contenido de la propiedad que deseamos medir. Siendo que el proyecto de investigación tiene como título: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA – HUÁNUCO – 2023".

Esperando que lo solicitado sea aceptado por su persona, me despido de usted reiterándole las muestras de mi agradecimiento y estima personal.

Atentamente,

Adjunto:

- Matriz de consistencia.
- Hoja de instrucciones.
- Cuadro de validación de los instrumentos.



Bach. López Arce Deivis Jeremías
DNI: 73349696



Ing. Mg. Godofredo Alex Segundo Illatopa
Experto validador



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE DERECHO Y CC.PP.

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTO POR EXPERTO

Título de la Investigación: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA – HUÁNUCO – 2023"

I. Datos informativos del experto validador.

Apellidos y nombres : ING. Mg. Godofredo Alex Segundo Illatopa
Cargo o Institución donde labora : Supervisor de obra- Consorcio Salud Pachas .
Nombre del Instrumento : Observación directa
Teléfono del experto validador : 932138 477
Autora del Instrumento: : Bach. Lopez Arce, Deivis Jeremías

II. Aspectos de validación del instrumento:

Indicadores	Criterios	Valoración	
		SI	NO
Claridad	Los indicadores están formulados con un lenguaje apropiado y claro.	X	
Objetividad	Los indicadores que se están midiendo están expresados en conductas observables.	X	
Contextualización	El problema que se está investigando es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.	X	
Organización	Los ítems guardan un criterio de organización lógica.	X	
Cobertura	Abarca todos los aspectos en cantidad y calidad.	X	
Intencionalidad	El instrumento es adecuado para valorar aspectos de las estrategias.	X	
Consistencia	Sus dimensiones e indicadores están basados en aspectos teórico científicos.	X	
Coherencia	Existe coherencia entre los indicadores y las dimensiones de sus variables.	X	
Metodología	La estrategia que se está utilizando responde al propósito de la investigación.	X	
Oportunidad	El instrumento será aplicado en el momento oportuno y adecuado.	X	

III. Opinión del experto respecto al instrumento presentado

El instrumento tiene relación con sus dimensiones y indicadores

IV. Recomendaciones

Se recomienda centrarse en investigaciones similares para dar mejores resultados

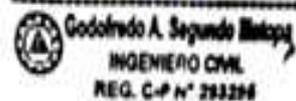
V. Resultado:

APROBADO (X)

OBSERVACIÓN ()

DESAPROBADO ()

06 de setiembre del 2024



Firma y sello del experto

VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS POR JUECES O EXPERTOS

Huánuco, 08 de setiembre del 2024

OFICIO CIRC. N° 004- LADJ-2024.

Sra. / Sr.: ING. DIDBER CÁMARA HILARIO

CARGO QUE OCUPA: Ingeniero Civil - Especialidad de Estructuras.

ASUNTO. Solicito validación de instrumentos documentales de investigación

Presente. -

De mi mayor consideración:

Mediante el presente, le saludo cordialmente y a su vez tengo a bien hacer de su conocimiento que, por motivo de rigor metodológico en los trabajos de investigación, se requiere de la Validación de Instrumentos de recolección de datos.

Motivo por el cual le solicito tenga a bien participar como Experto para la validación cualitativa de contenido y así comprobar hasta donde los items de dichos instrumentos son representativos del dominio o universo de contenido de la propiedad que deseamos medir. Siendo que el proyecto de investigación tiene como título: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SÍSMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA – HUÁNUCO – 2023".

Esperando que lo solicitado sea aceptado por su persona, me despido de usted reiterándole las muestras de mi agradecimiento y estima personal.

Atentamente,

Adjunto:

- Matriz de consistencia.
- Hoja de instrucciones.
- Cuadro de validación de los instrumentos.



Bach. Lopez Arce Devis Jeremias
DNI: 73349696



Ing. Didber Cámara Hilario
DNI: 70084050
Experto validador



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE DERECHO Y CC.PP.

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTO POR EXPERTO

Título de la Investigación: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA – HUÁNUCO – 2023"

I. Datos informativos del experto validador.

Apellidos y nombres : Ing. Cámara Hilario Didber
Cargo o Institución donde labora : Especialista de Estructuras - empresa constructora DECH ingeniería estructural
Nombre del Instrumento : Observación directa
Teléfono del experto validador : 925 253 108
Autora del Instrumento: : Bach. Lopez Arce, Deivis Jeremías

II. Aspectos de validación del instrumento:

Indicadores	Criterios	Valoración	
		SÍ	NO
Claridad	Los indicadores están formulados con un lenguaje apropiado y claro.	X	
Objetividad	Los indicadores que se están midiendo están expresados en conductas observables.	X	
Contextualización	El problema que se está investigando es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.	X	
Organización	Los ítems guardan un criterio de organización lógica.	X	
Cobertura	Abarca todos los aspectos en cantidad y calidad.	X	
Intencionalidad	El instrumento es adecuado para valorar aspectos de las estrategias.	X	
Consistencia	Sus dimensiones e indicadores están basados en aspectos teórico científicos.	X	
Coherencia	Existe coherencia entre los indicadores y las dimensiones de sus variables.	X	
Metodología	La estrategia que se está utilizando responde al propósito de la investigación.	X	
Oportunidad	El instrumento será aplicado en el momento oportuno y adecuado.	X	

III. Opinión del experto respecto al instrumento presentado

El instrumento está elaborado respetando la categoría de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad

IV. Recomendaciones

Es ingeniería ya que el problema es relevante para la investigación de Ingeniería Civil - Estructurista

V. Resultado:

APROBADO

OBSERVACIÓN

DESAPROBADO

10 de setiembre del 2024


 **Didier Eusebio Camara Hilario**
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 306895
Firma y sello del experto

VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS POR JUECES O EXPERTOS

Huánuco, 28 de agosto del 2024

OFICIO CIRC. N° 001- LADJ-2024.

Sra. / Sr.: Mg. Eduardo Percy Matta Solis

CARGO QUE OCUPA: Director de la Escuela de Posgrado y Director de Investigación de la Universidad Maria Auxiliadora - Ubicada en San Juan de Lurigancho

ASUNTO. Solicito validación de instrumentos documentales de investigación

Presente. -

De mi mayor consideración:

Mediante el presente, le saludo cordialmente y a su vez tengo a bien hacer de su conocimiento que, por motivo de rigor metodológico en los trabajos de investigación, se requiere de la Validación de Instrumentos de recolección de datos.

Motivo por el cual le solicito tenga a bien participar como Experto para la validación cualitativa de contenido y así comprobar hasta donde los ítems de dichos instrumentos son representativos del dominio o universo de contenido de la propiedad que deseamos medir. Siendo que el proyecto de investigación tiene como título: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA - HUÁNUCO - 2023".

Esperando que lo solicitado sea aceptado por su persona, me despido de usted reiterándole las muestras de mi agradecimiento y estima personal.
Atentamente,

Adjunto:

- Matriz de consistencia.
- Hoja de instrucciones.
- Cuadro de validación de los instrumentos.



Bach. Lopez Arce Deivis Jeremias
DNI: 73349696



Mg. Eduardo Percy Matta Solis
DNI: 42248126
Experto validador



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE DERECHO Y CC.PP.

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTO POR EXPERTO

Título de la Investigación: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA – HUÁNUCO – 2023"

I. Datos informativos del experto validador.

Apellidos y nombres : Matta Solis Eduardo Percy
Cargo o Institución donde labora : Director de la Escuela de Posgrado y Director de Investigación de la Universidad María Auxiliadora - Ubicada en San Juan de Lurigancho
Nombre del Instrumento : Observación directa
Teléfono del experto validador : 922868844
Autora del Instrumento: : Bach. Lopez Arce, Deivis Jeremías

II. Aspectos de validación del instrumento:

Indicadores	Criterios	Valoración	
		SI	NO
Claridad	Los indicadores están formulados con un lenguaje apropiado y claro.	X	
Objetividad	Los indicadores que se están midiendo están expresados en conductas observables.	X	
Contextualización	El problema que se está investigando es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.	X	
Organización	Los ítems guardan un criterio de organización lógica.	X	
Cobertura	Abarca todos los aspectos en cantidad y calidad.	X	
Intencionalidad	El instrumento es adecuado para valorar aspectos de las estrategias.	X	
Consistencia	Sus dimensiones e indicadores están basados en aspectos teórico científicos.	X	
Coherencia	Existe coherencia entre los indicadores y las dimensiones de sus variables.	X	
Metodología	La estrategia que se está utilizando responde al propósito de la investigación.	X	
Oportunidad	El instrumento será aplicado en el momento oportuno y adecuado.	X	

III. Opinión del experto respecto al instrumento presentado

Se encuentra bien elaborado

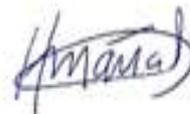
IV. Recomendaciones

Ninguna

V. Resultado:

APROBADO (X)
OBSERVACIÓN ()
DESAPROBADO ()

02 de setiembre del 2024

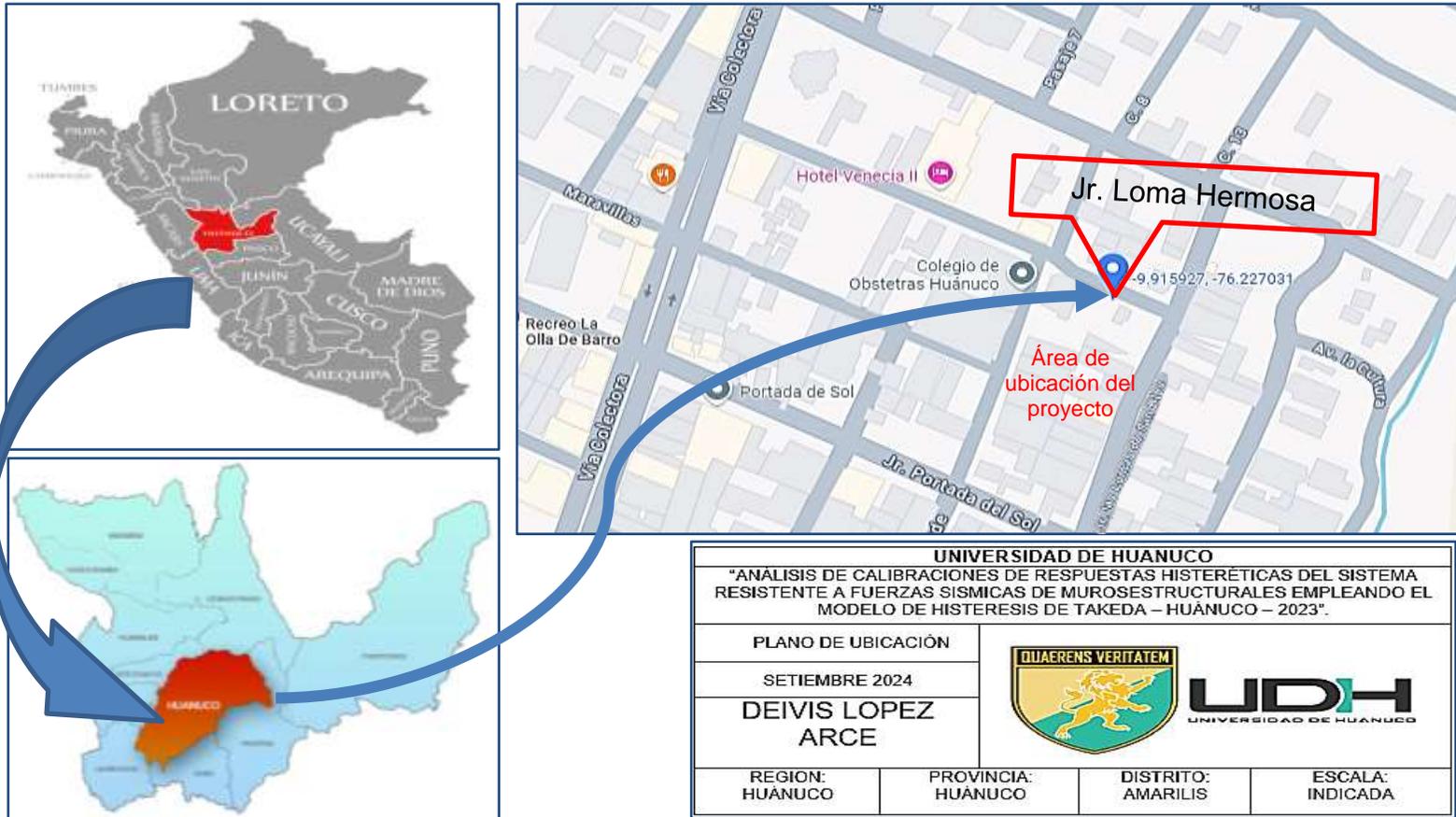


Mg. Eduardo Percy Matta Solis
DNI: 42248126
Experto validador

Firma del experto

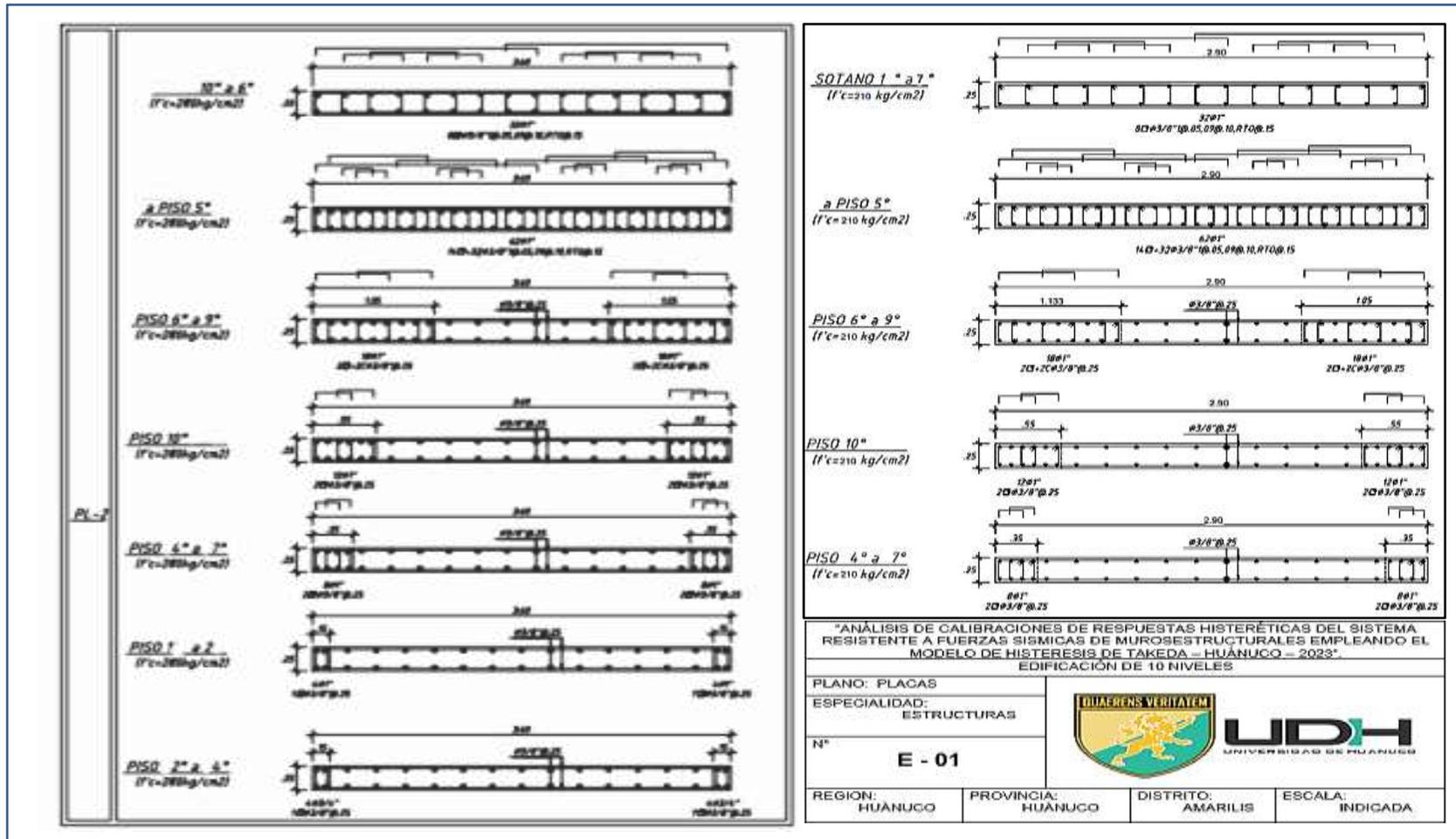
ANEXO 4

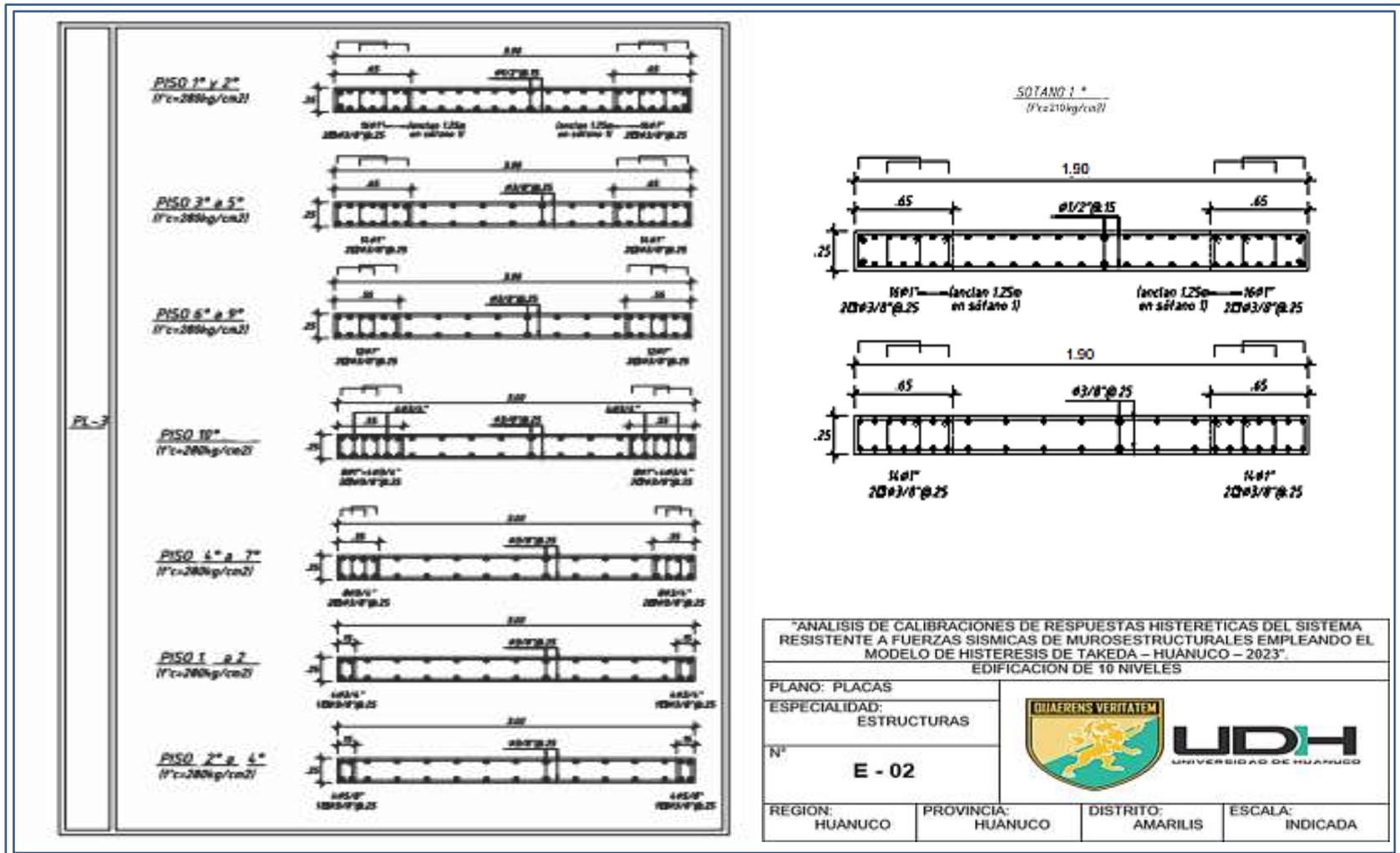
PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

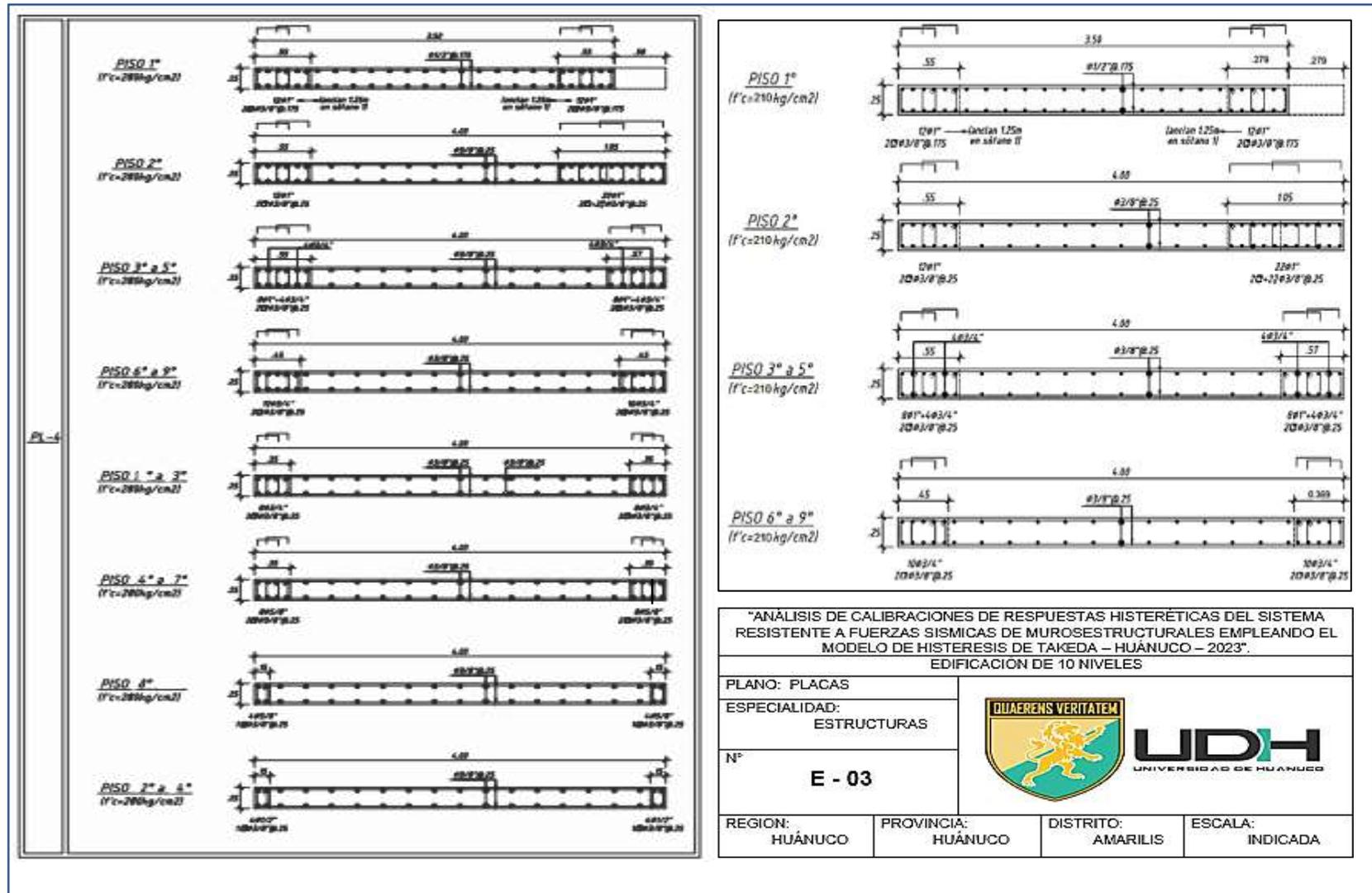


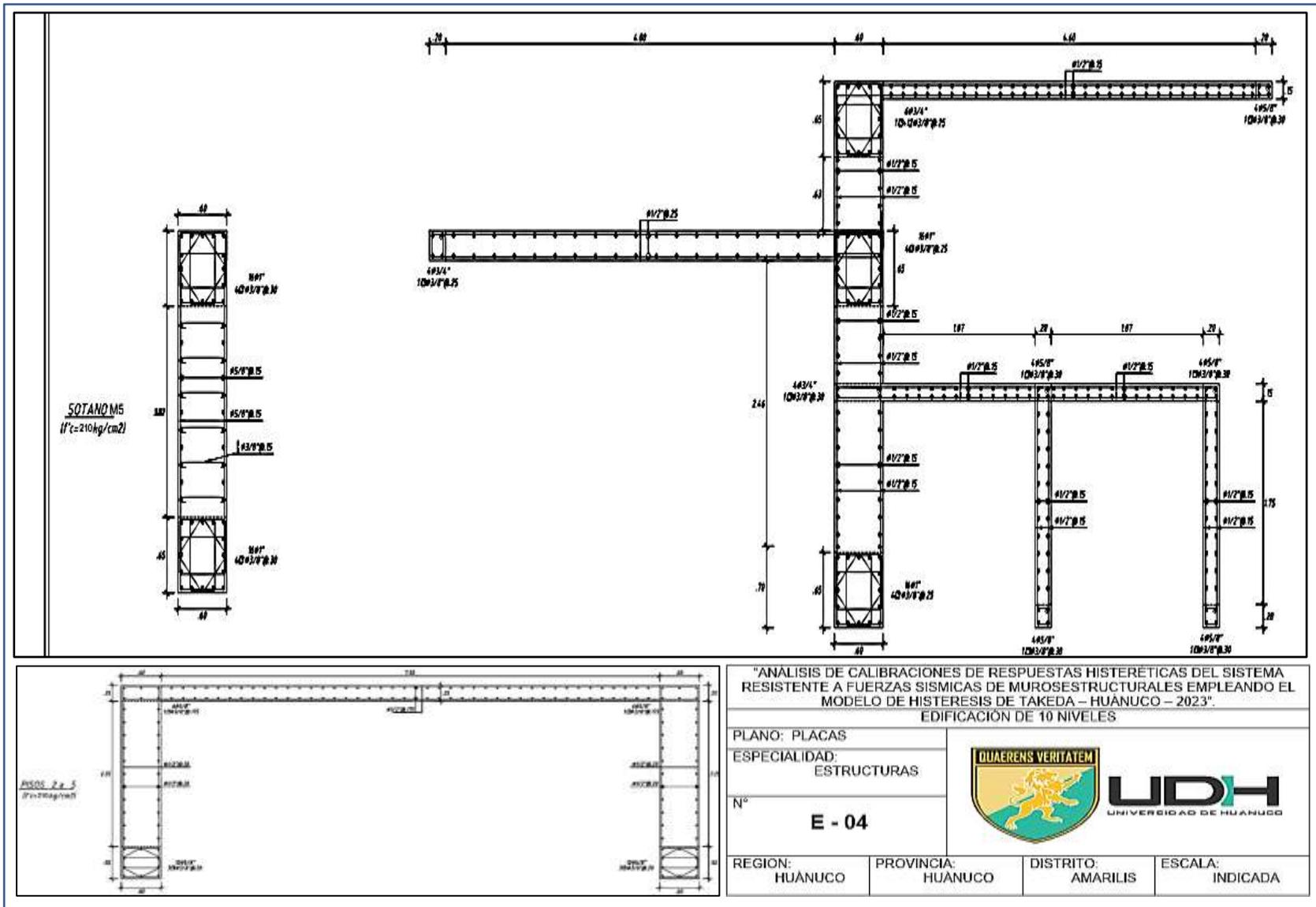
ANEXO 5

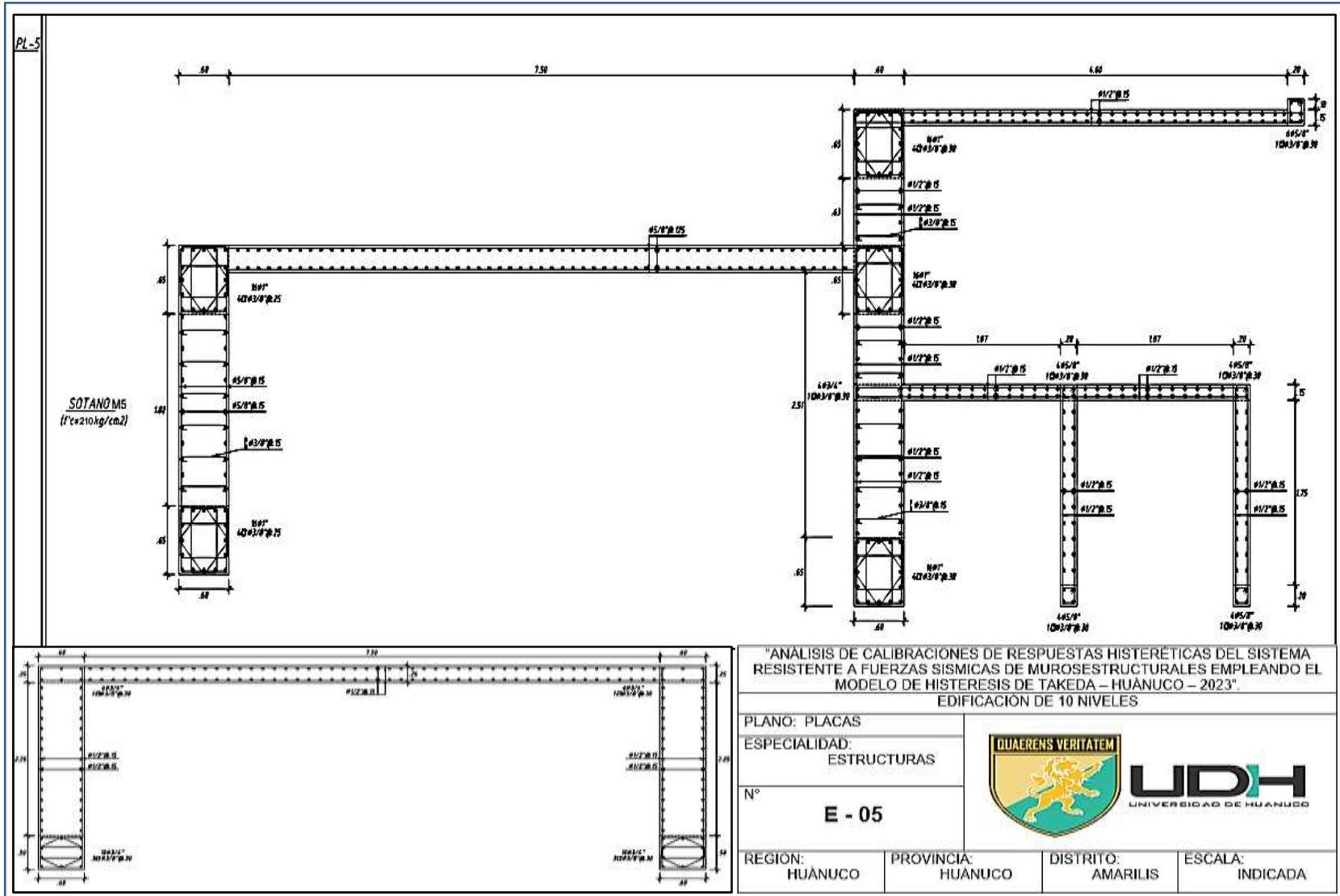
PLANO DE PLACAS DE LA ESTRUCTURA DEL PROYECTO

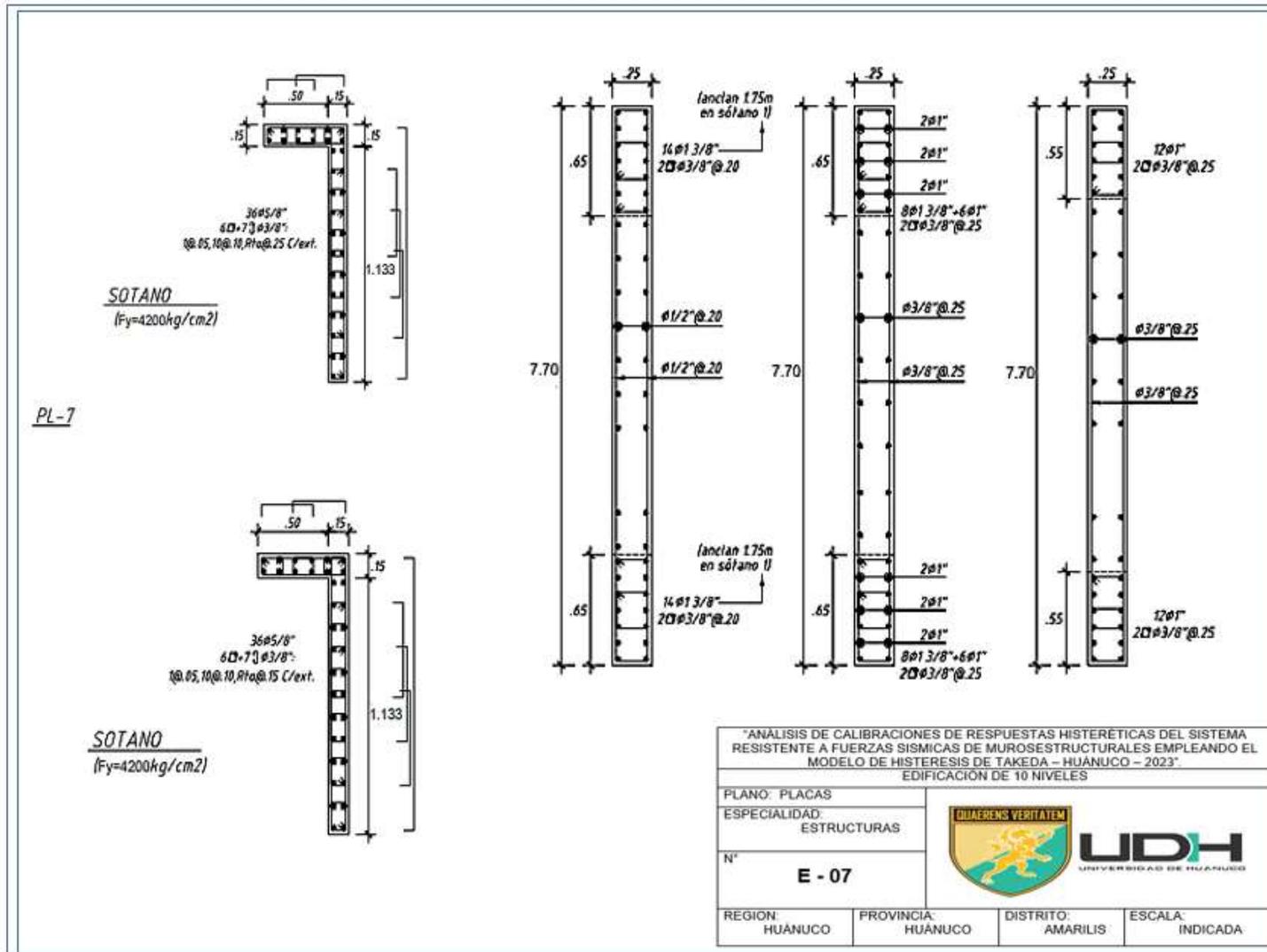






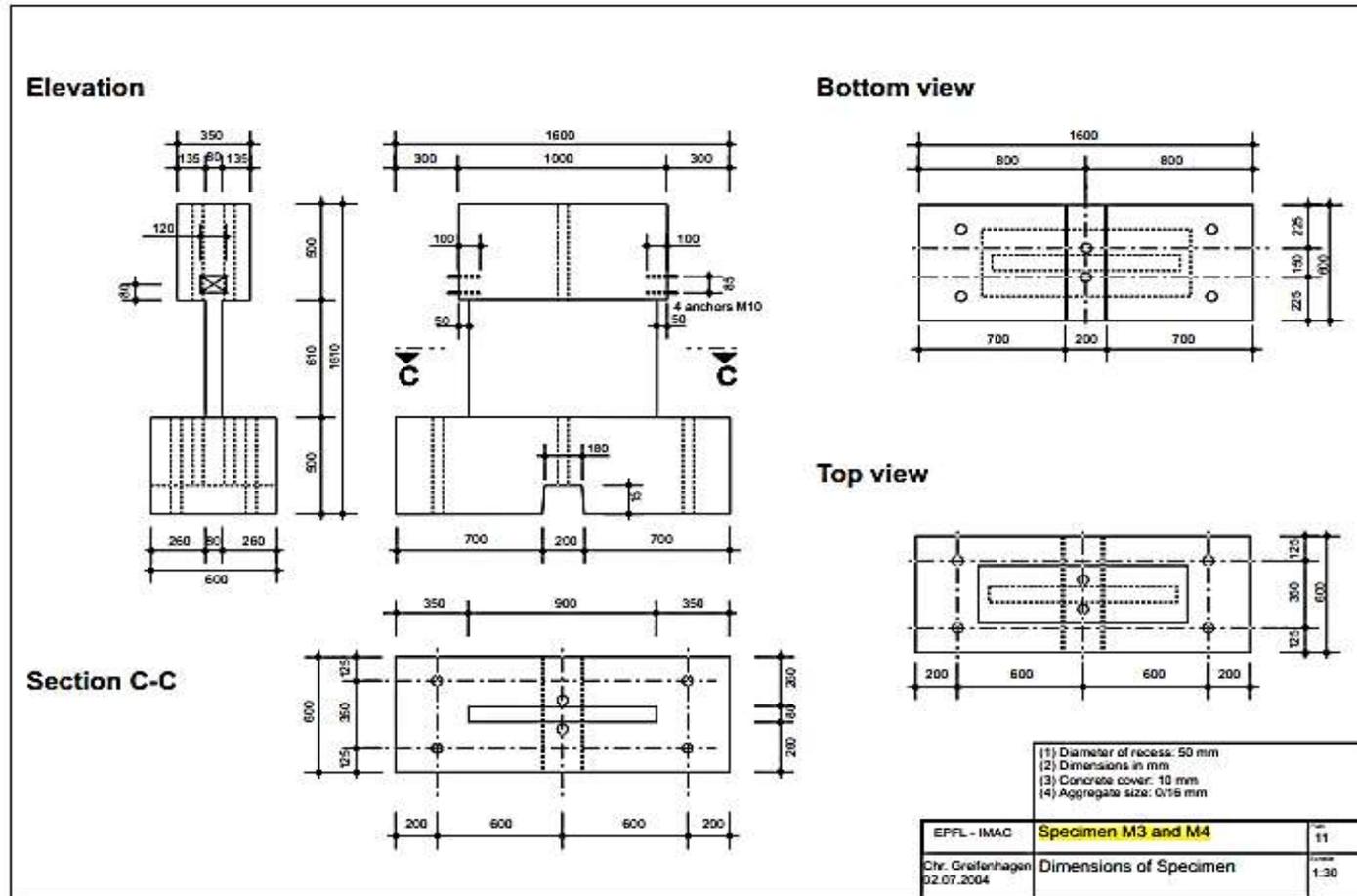


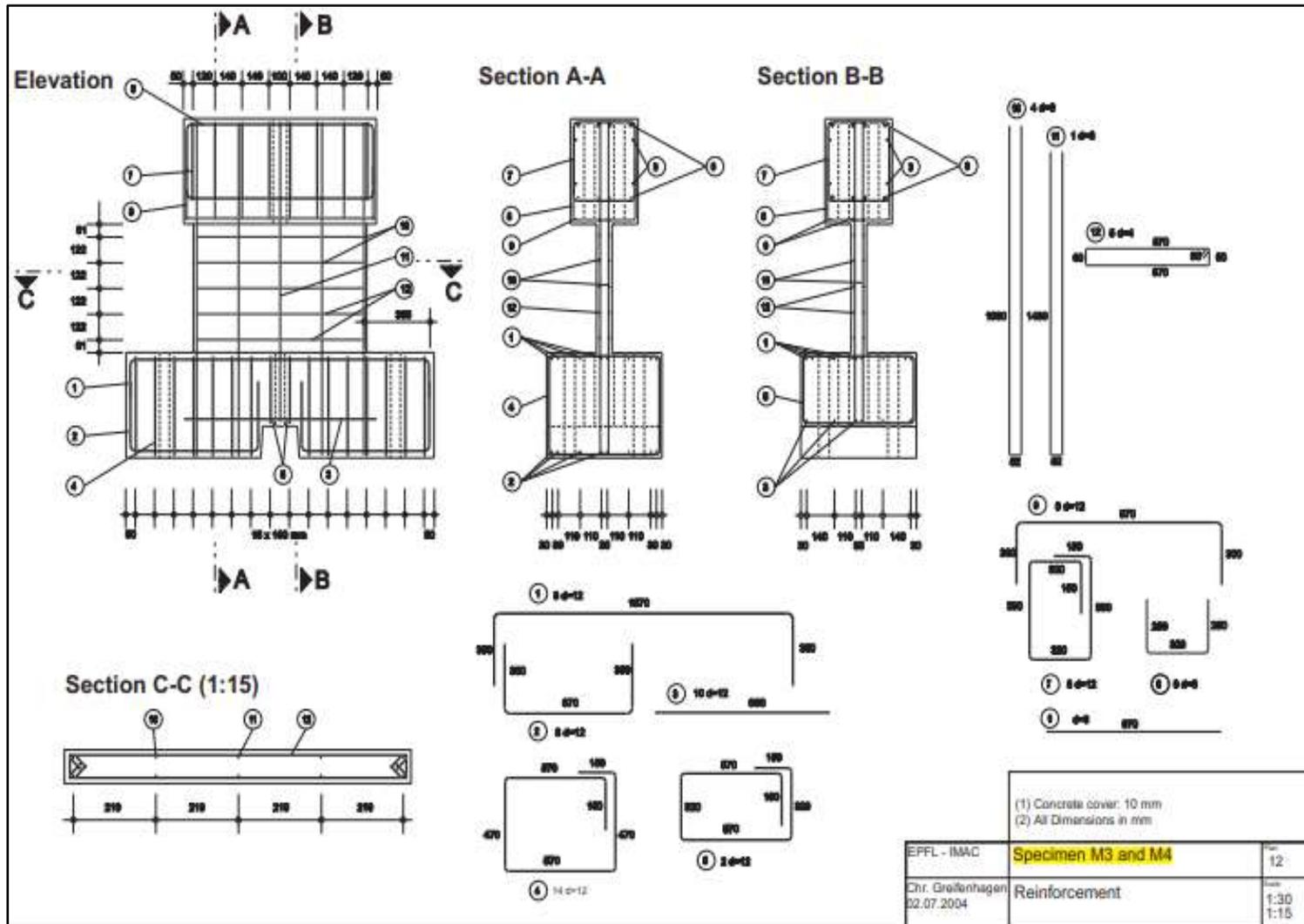




ANEXO 6 ESPÉCIMEN MURO ESTRUCTURAL ALTO Y BAJO

Greifenhagen (2005) – Muros Altos ($H_w/l_w > 1.00$)





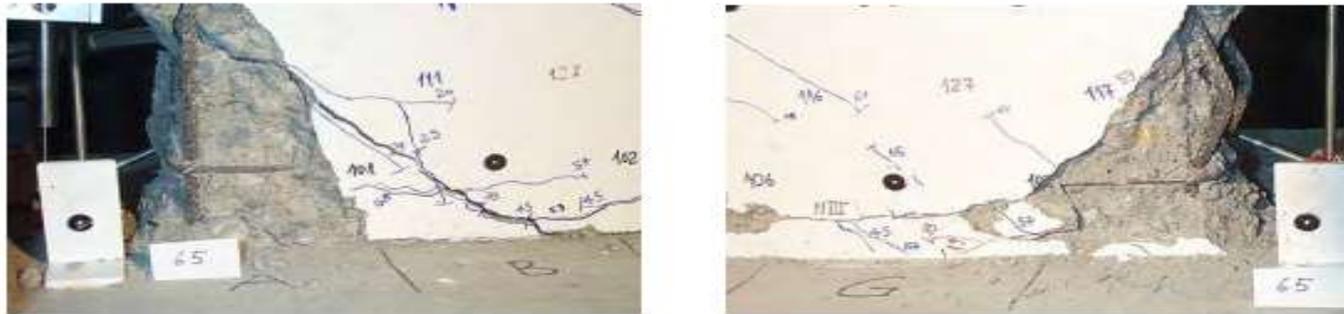


Fig. 4.31: Details M3, LS65 (-140kN) (left: zones A-B , right: zones G-H).



Fig. 4.32: Details M3 (left: zone A LS67 (145kN), right: zone H LS69 (-145kN)).



Fig. 4.33: Specimen M3 after test - Details zones A-B (left) and zone H (right).

Wallace (2005) – Muros Bajos ($H_w/l_w < 1.00$)

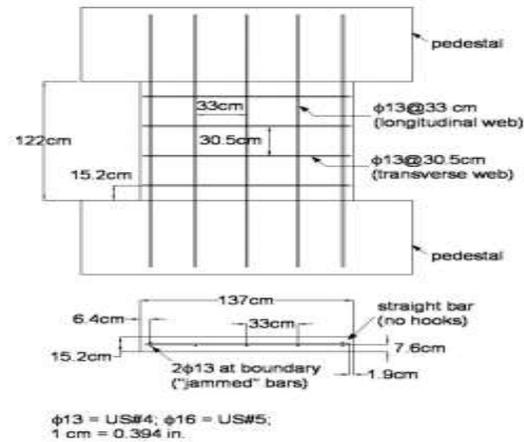


Fig. 10. Wall pier test specimen

Test Results from Lightly Reinforced Piers

As noted, there are insufficient data to validate the proposed model; however, preliminary data are available from tests on approximately three-quarter scale specimens constructed to be representative of a typical vertical wall segment (i.e., pier) of an older building. A brief summary of important test features relevant to this study are presented. More detailed information is available in a report by Massone (2006).

The specimens were 1.22 m tall, 1.37 m long, and 152.4 mm thick (54 in. \times 48 in. \times 6 in.). Boundary vertical reinforcement consisted of 2–12.7 mm diameter bars (US #4) and web reinforcement consisted of four #4 horizontal and five #4 vertical bars (Fig. 10) with a yield stress of 424 MPa (61.5 ksi). No hooks were provided on the horizontal bars to match as-constructed field conditions. As will be discussed in the following, lack of anchor-

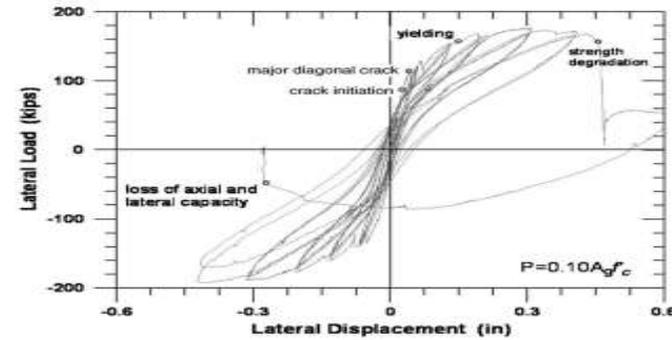
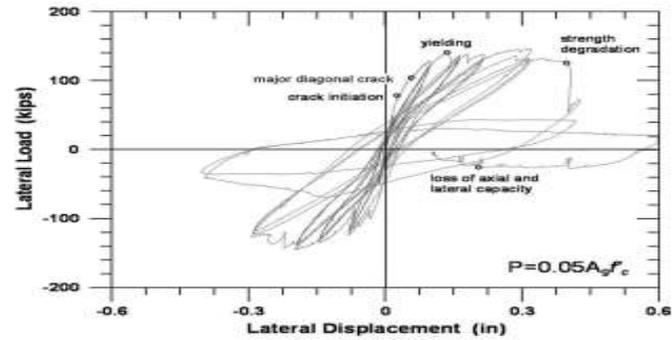


Fig. 12. Lateral load versus lateral displacement relations: (a) $P = 0.05A_gf'_c$; (b) $P = 0.10A_gf'_c$

age for the transverse bars had a significant influence on the specimen response at axial failure. Average concrete strength at testing date was about 31 MPa (4.5 ksi). The specimens were subjected to slowly varying cyclic lateral loading using the test setup depicted in Fig. 11. The vertical actuators were used to enforce a boundary condition of zero rotation at the top of the

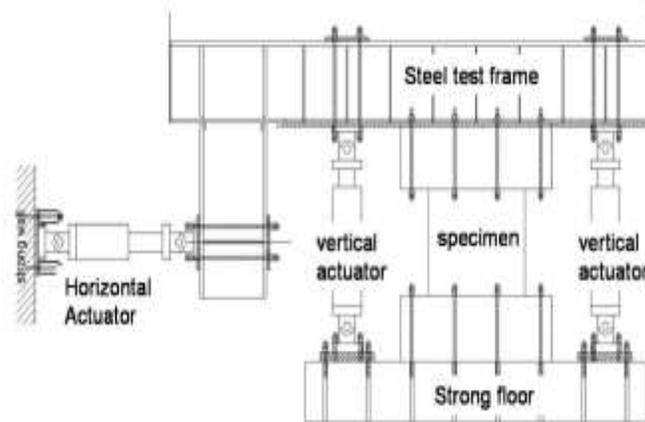


Fig. 11. Wall pier test setup

specimen as well as to control the level of axial load in the pier tests to the specified value of either 0.05 or $0.10A_g f'_c$. The horizontal actuator was used to produce a linear moment gradient over the height of the test specimen with zero moment at mid-height. A total of four identical specimens were tested, two at each level of axial load.

Cyclic loading was applied to the test specimens by controlling the load or displacement applied by the horizontal actuator. The first two levels of loading were applied using load control to approximately one-half of the predicted cracking load and equal to the cracking load. The load controlled levels were followed by displacement controlled applied loading to displacement levels equal to 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, and 6.0 times the predicted yield displacement of 0.004 times the specimen height. The loading routine consisted of three cycles for drift levels up to 0.075%, and two cycles for larger drift levels until loss of axial load was noted.

Results for two tests are shown in Fig. 12. Instruments used to measure deformations due to flexure and shear over the specimen height indicated that nonlinear response was dominated by shear

ANEXO 7

FOTOS QUE ACREDITAN LA INVESTIGACIÓN



FACHADA FRONTAL DE EDIFICACION DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN.



FACHADA VERTIVAL DE EDIFICACION.





MURO ESTRUCTURAL N°02



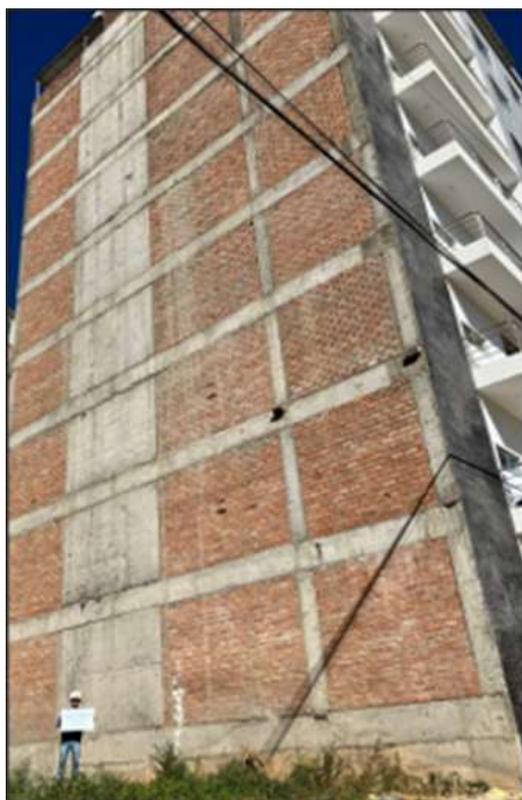
MURO ESTRUCTURAL N°07



MURO ESTRUCTURAL N°03



MURO ESTRUCTURAL N°04



MURO ESTRUCTURAL N°05



MURO ESTRUCTURAL N°06



PROCESAMIENTO DE DATOS.



PROCESAMIENTO DE DATOS, INICIALMENTE CONOCER LA RELACIÓN DE ASPECTO DE LA MUESTRA.

RESOLUCIÓN DE DESIGNACIÓN DE DOCENTE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 2346-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 22 de noviembre de 2022

Visto, el Oficio N° 1505-2022-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 378396-0000008399, del Bach. Deivis Jeremias LOPEZ ARCE; 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 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 378396-0000008399, presentado por el (la) Bach. Deivis Jeremias LOPEZ ARCE, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Carlos Esteban Huaman Cuespan, 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. Deivis Jeremias LOPEZ ARCE, al Mg. Carlos Esteban Huaman Cuespan, 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



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
[Firma]
Mg. Errol Jheremí Mancera Luján
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
[Firma]
Mg. Carlos Esteban Huaman Cuespan
DECANO

Distribución

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mail y Reg. Acad. - Informado - Archivado
B.I. 18.9.2022.046

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1634-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 21 de julio de 2023

Visto, el Oficio N° 1139-2023-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: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MURDOS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. Deivís Jeremías LOPEZ ARCE.

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° 2346-2022-D-FI-UDH, de fecha 22 de noviembre de 2022, perteneciente al Bach. Deivís Jeremías LOPEZ ARCE se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. Carlos Esteban Huaman Cuespan, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1139-2023-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MURDOS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. Deivís Jeremías LOPEZ ARCE, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Hamilton Denniss Abal García (Secretario) e Ing. Juan Alex Alvarado Romero (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: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MURDOS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. Deivís Jeremías LOPEZ ARCE 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



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Zilber Manuel Restrepo Lozano
SECRETARÍA DE ASESORIA



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Bertha Campoy Ríos
DECANO

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Normas - Ego. Graduando - Intitulado - Archivo.
BIC/S/ME/166.

RESOLUCIÓN DE DESIGNACIÓN DE JURADOS REVISORES PARA EL INFORME FINAL DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2606-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 03 de noviembre de 2023

Visto, el Df. N° 1764-2023-C-PAIC-FI-UDH y el Exp. N° 437916-0000008172 presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil, quien informa que el (la) Bach. Delvis Jeremías LOPEZ ARCE, solicita Revisión del informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA - HUÁNUCO - 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: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. Delvis Jeremías LOPEZ ARCE, del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, conformado por los siguientes docentes:

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| ➤ Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas | PRESIDENTE |
| ➤ Mg. Reynaldo Favio Suarez Landauro | SECRETARIO |
| ➤ Ing. Juan Alex Alvarado Romero | 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.



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Delvis Jeremías López Arce
SECRETARÍA DE INGENIERÍA



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

RESOLUCIÓN DE APROBACION DEL INFORME FINAL DE TRABAJO DE INVESTIGACION DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2287-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 18 de octubre de 2024

Visto, el Oficio N° 1541-2024-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: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. Deivis Jeremías LOPEZ ARCE.

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° 1634-2023-D-FI-UDH, de fecha 21 de julio de 2023, se aprobó el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución, del Bach. Deivis Jeremías LOPEZ ARCE, y;

Que, según Oficio N° 1541-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. Deivis Jeremías LOPEZ ARCE, integrado por los siguientes docentes: Dr. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Reynaldo Favio Suarez Landauero (Secretario) e Ing. Juan Alex Alvarado Romero (Vocal), quienes declaran APTD 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: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. Deivis Jeremías LOPEZ ARCE, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

Ing. (Mg.) Reynaldo Favio Suarez Landauero
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Mg. Bartolomé Campos Ruiz
DECANO

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Esp. Graduado - Intermedia - Archivo.
BCR/QM, etc.

RESOLUCIÓN DE APROBACION DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACION DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2595-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 21 de noviembre de 2024

Visto, el Expediente N° 516151-0000009374, presentado por el (la) Bach. **Delvís Jeremías LOPEZ ARCE**, en la que solicita se fije la fecha y hora para la Sustentación de Tesis, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil;

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, y con opinión favorable del Jurado Evaluador, y;

Que, para la Sustentación de Tesis, es necesario nombrar un Jurado Evaluador, fijar hora, lugar y fecha, para dicho Acto Académico y que estará integrada por tres miembros docentes de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según el Oficio N° 1764-2024-C-PAIC-FI-UDH, presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil, en el que indica que la fecha y hora de sustentación será el día miércoles 27 de noviembre de 2024 a las 15:00 horas, para la Sustentación de Tesis del Bach. **Delvís Jeremías LOPEZ ARCE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, 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, el Jurado Evaluador en la modalidad de Sustentación de Tesis intitulada: "ANÁLISIS DE CALIBRACIONES DE RESPUESTAS HISTERÉTICAS DEL SISTEMA RESISTENTE A FUERZAS SISMICAS DE MUROS ESTRUCTURALES EMPLEANDO EL MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA - HUÁNUCO - 2023", para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, del Bach. **Delvís Jeremías LOPEZ ARCE**, el mismo que está integrado por los siguientes docentes:

Dr. Johnny Prudencio Jacha Rojas	PRESIDENTE
Mg. Reynaldo Favio Suarez Landauro	SECRETARIO
Mg. Elbio Fernando Felipe Matias	VOCAL

Artículo Segundo. - DESIGNAR, como docente accesorio al Mg. Alberto Carlos Jara Trujillo, quien asumirá funciones ante cualquier contratempo que se suscitara con los Jurados Titulares.

Artículo Tercero. - El Acto de Evaluación se realizará el día miércoles 27 de noviembre de 2024 a las 15:00 horas, en el Auditorio de la Universidad, Aula 403-P2 Ciudad Universitaria de la Esperanza.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
Mg. Elbio Fernando Felipe Matias
SECRETARIO JURADO EVALUADOR



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
Mg. Bertha Campos Cruz
DECANA

Elaborado por: L.F.M.C. - Jara Trujillo (ACC) - Matias y Suarez Landauro - docente accesorio - Exp. Evaluador - VOT - DE Sede de Ingeniería - Informado - Archivado. 14/03/2024/2024