

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“Evaluación del coeficiente de reducción sísmica (R) mediante
el análisis estático no lineal en edificaciones mixtas de
albañilería confinada y pórticos de concreto armado, Huánuco
2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Ramos Orbezo, Yeltsin Augusto

ASESOR: Aguilar Alcántara, Leonel Marlo

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
<http://www.udh.edu.pe>

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(a) Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72852698

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43415813

Grado/Título: Maestro en ingeniería civil con mención
en dirección de empresas de la construcción

Código ORCID: 0000-0002-0877-5922

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001- 8392-1769
2	Trujillo Ariza, Yelen Liseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002- 5650-3745
3	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002- 0579-5135

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:45 horas del día **viernes 05 de diciembre de 2025**, 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:

❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	PRESIDENTE
❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	SECRETARIO
❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2682-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: **EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUÁNUCO 2024**, presentado por el (la) Bachiller. Bach Yeltsin Augusto RAMOS ORBEZO, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de Buena (Art. 47).

Siendo las 16:30 horas del día **05 del mes de diciembre** del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



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



MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
SECRETARIO (A)



MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA
DNI: 22416570
ORCID: 0000-0002-0579-5135
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: YELTSIN AUGUSTO RAMOS ORBEZO, de la investigación titulada "EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUÁNUCO 2024", con asesor(a) LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0240-2025-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 24 % 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, 18 de diciembre de 2025



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



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

5. Yeltsin Augusto RAMOS ORBEZO (1).docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

5%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

Submitted to Universidad de Huanuco

Trabajo del estudiante

1%

5

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Yo, Yeltsin Augusto Ramos Orbezo, dedico este trabajo, ante todo, a Dios, por la vida y la perseverancia que me impulsaron a alcanzar este logro. A mis padres, por guiarme con sabiduría y respaldarme sin condiciones. Y, de manera especial, a mis hermanos, por su paciencia y apoyo durante esta travesía académica.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la salud y protección a mí y a mis seres queridos. A mis padres, por formarme con valores, acompañarme en cada etapa y enseñarme que el amor familiar supera cualquier adversidad. Les dedico estas palabras, reconociendo su papel como pilares de mi vida.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
CAPITULO I	18
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	19
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	19
1.3. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.4.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	21
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA.....	21
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	21
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	22
CAPITULO II	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	23
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	25
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	27
2.2. BASES TEÓRICAS	28
2.2.1. COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R)	28

2.2.2. DESARROLLO DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA O FACTOR R.....	28
2.2.3. SISTEMAS ESTRUCTURALES MIXTOS.....	39
2.2.4. CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS SÍSMICO DE ESTRUCTURAS.....	45
2.2.5. ANÁLISIS NO LINEAL DE ESTRUCTURAS	49
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	67
2.4. HIPÓTESIS	69
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	69
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA	69
2.5. VARIABLES	70
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	70
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	70
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	71
CAPITULO III.....	72
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	72
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN (REFERENCIAL)	72
3.1.1. ENFOQUE	72
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	72
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	73
3.2.1. POBLACIÓN.....	73
3.2.2. MUESTRA	73
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	74
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	74
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	74
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ...	74
CAPITULO IV.....	75
RESULTADOS.....	75
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	75
4.1.1. ARQUITECTURA TÍPICA	75
4.1.2. CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DEL SUELO (ZONIFICACIÓN SÍSMICA)	78

4.1.3. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	79
4.1.4. ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	85
4.1.5. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL (PUSHOVER)	101
4.1.6. FACTOR DE REDUCCIÓN DE FUERZA SÍSMICAS (R).....	134
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS...	146
4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	146
4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL	146
4.2.3. HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 01.....	148
4.2.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 01	148
4.2.5. HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 02.....	149
4.2.6. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 02	149
4.2.7. HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 03.....	150
4.2.8. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 03	150
4.2.9. HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 04.....	151
4.2.10. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 04	151
CAPITULO V.....	153
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	153
CONCLUSIONES	155
RECOMENDACIONES.....	157
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	158
ANEXOS	162

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valore numéricos de factores de reducción sísmica por redundancia	34
Tabla 2	Valores de K según el tipo de estructura (K) – 1970	35
Tabla 3	Factor de Reducción por ductilidad (Rd) – 1977	35
Tabla 4	Valores numéricos del factor de reducción por ductilidad (Rd) – 1997	36
Tabla 5	Valores del factor de reducción sísmica (R) – 2003	37
Tabla 6	Clases de unidades de albañilería para fines estructurales	40
Tabla 7	Restricciones de uso de las unidades de albañilería.....	41
Tabla 8	Proporciones volumétricas según el tipo de mortero.....	41
Tabla 9	Valores de irregularidad en altura.....	48
Tabla 10	Valores de irregularidad en planta	48
Tabla 11	Límites máximos para distorsiones angulares o deriva de entrepiso	49
Tabla 14	Distorsiones angulares o derivas para sistemas de albañilería con ladrillo Industrial	59
Tabla 15	Coeficientes de la formulación propuesta.....	66
Tabla 16	Derivas características en función del tipo de ladrillo	67
Tabla 17	Operacionalización de variables.....	71
Tabla 18	Resumen de ensayos para la obtención de parámetros sísmicos	79
Tabla 19	Densidad de muros albañilería confinada, Vivienda N° 01	80
Tabla 20	Densidad de muros albañilería confinada, Vivienda N° 02.....	82
Tabla 21	Parámetros sísmicos para la demanda - Espectros	86
Tabla 22	Periodos y factores de participación modal, Vivienda N° 01	89
Tabla 23	Periodos y factores de participación modal, Vivienda N° 02	90
Tabla 24	Parámetros Sísmicos	93
Tabla 25	El peso sísmico de la edificación.....	94
Tabla 26	Contante basal para las dos direcciones de análisis, Vivienda N° 01	94
Tabla 27	Contante basal para las dos direcciones de análisis, Vivienda N° 02	94
Tabla 28	Verificación del cortante dinámico Vivienda N° 01	95

Tabla 29 Verificación del cortante dinámico Vivienda N° 02	95
Tabla 30 Desplazamientos máximos laterales a causa del sismo en las dos direcciones de análisis, para ambas viviendas.	96
Tabla 31 Máximas distorsiones o derivas a causa del sismo en las dos direcciones de análisis, para ambas viviendas.	98
Tabla 32 Características geométricas en planta típica de los muros de albañilería y elementos de confinamiento - Vivienda N° 01	104
Tabla 33 Características geométricas en planta típica de los muros de albañilería y elementos de confinamiento - Vivienda N° 02	104
Tabla 34 Resumen de cálculo del desplazamiento de la curva tetralineal de muro de albañilería MY-01-1N	110
Tabla 35 Valores de la curva de tetralinel de muro albañilería MY-01-1N, en función de fuerza-desplazamiento.	111
Tabla 36 Elementos verticales resistentes de concreto armado, Vivienda N° 01	114
Tabla 37 Elementos verticales resistentes de concreto armado, Vivienda N° 02	115
Tabla 38 Cortantes de diseño Vs, en cada dirección de análisis en las dos viviendas.....	136
Tabla 39 Resumen de valores del factor o componente de ductilidad Rd, vivienda N° 01.....	138
Tabla 40 Resumen de valores del factor o componente de ductilidad Rd, vivienda N° 02.....	139
Tabla 41 Resumen de valores del factor o componente de Sobrerresistencia Rs, vivienda N° 01	141
Tabla 42 Resumen de valores del factor o componente de Sobrerresistencia Rs, vivienda N° 02	142
Tabla 43 Resumen de los valores del coeficiente de reducción sísmica R, Vivienda N° 01	144
Tabla 44 Resumen de los valores del coeficiente de reducción sísmica R, Vivienda N° 02	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelos de Espectro Elástico e Inelástico.....	29
Figura 2 Concepto del términos de ductilidad	31
Figura 3 Curva pushover o de Capacidad de una estructura.....	33
Figura 4 Obtención de factor modificación de resistencia.....	38
Figura 5 Elementos que componen la Albañilería Confinada	39
Figura 6 Clasificación de los procedimiento de análisis sísmico de estructuras	46
Figura 7 Diagrama esquemático del análisis de un sistema SDOF equivalente derivado de una curva Pushover.....	49
Figura 8 Diagrama de momento curvatura de una sección de concreto armado	52
Figura 9 Formulación de rotulas plásticas en vigas	52
Figura 10 Diagrama de momento-rotacional.....	53
Figura 11 Diagrama de momento-curvatura.....	54
Figura 12 Parámetros de aceptación del comportamiento no lineal en vigas de concreto armado	55
Figura 13 Parámetros de aceptación del comportamiento no lineal en columnas de concreto armado.....	56
Figura 14 Grafica que representa el comportamiento de 3 tipos de muros de albañilería	57
Figura 15 Niveles de degradación en muros contruidos con ladrillo Industrial	58
Figura 16 Zonas de delimitación inelástica de muros con ladrillo Industrial.	59
Figura 17 Ejemplo de rango de los estados de daño.....	60
Figura 18 Grafica Tetra-lineal de la curva de capacidad de un sistema de albañilería	61
Figura 19 Relación entre los índices o ratios de esfuerzo y esbeltes	62
Figura 20 Relación entre ratio de esfuerzo de corte y parámetros de refuerzo en el punto de Agrietamiento	63
Figura 21 Relación entre ratio de esfuerzo de corte y parámetros de refuerzo en el punto de Fluencia.....	64

Figura 22 Relación entre ratio de esfuerzo de corte y parámetros de refuerzo en el punto Máximo.....	64
Figura 23 Relación entre ratio de esfuerzo de corte y parámetros de refuerzo en el punto Último	65
Figura 24 Vista de viviendas estudiadas con sistema estructural mixto N° 02, 01.....	75
Figura 25 Vista de vivienda N 01 estudiadas con sistema estructural mixto con tres ejes a porticados	76
Figura 26 Vista de vivienda N° 02 estudiadas con sistema estructural mixto con tres ejes a porticados	77
Figura 27 Distribución de muros portantes de albañilería confinada, Vivienda N° 01	80
Figura 28 Características geométricas en planta de los muros de albañilería, Vivienda N° 02	82
Figura 29 Ejes estructurales de pórticos de concreto en la dirección estructural mixta -Vivienda N° 01 y 02.....	83
Figura 30 Vista planta - tridimensional del modelamiento -Vivienda N° 01 ..	84
Figura 31 Vista planta - tridimensional del modelamiento -Vivienda N° 02 ..	85
Figura 32 Espectro de Diseño para el sistema de pórticos de concreto armado X-X.....	87
Figura 33 Espectro de Diseño para el sistema de estructural mixto Y-Y	87
Figura 34 Modos fundamentales de Vibración de la Vivienda N° 01	89
Figura 35 Modos fundamentales de Vibración de la Vivienda N° 02	90
Figura 36 Máxima fuerzas cortante a causa del sismo en la dirección X, Y - Vivienda N° 01	91
Figura 37 Máxima fuerzas cortante a causa del sismo en la dirección X, Y - Vivienda N° 02	92
Figura 38 Máximos desplazamientos a causa del sismo en la dirección X, Y - Vivienda N° 01	96
Figura 39 Máximos desplazamientos a causa del sismo en la dirección X, Y - Vivienda N° 02	97
Figura 40 Máximas distorsiones de entrepiso en la dirección X, Y -Vivienda N° 01	99

Figura 41 Máximas distorsiones de entrepiso a causa del sismo en dirección X, Y -Vivienda N° 02	99
Figura 42 Vista en planta de los elementos verticales resistentes del sistema estructural mixto, Vivienda N° 01	102
Figura 43 Vista en planta de los elementos verticales resistentes del sistema estructural mixto, Vivienda N°02	102
Figura 44 Muro de albañilería confinada.....	105
Figura 45 Curva de tetralineal del MY-01 primer nivel – Vivienda N° 01	111
Figura 46 Curva de capacidad o tetralineal de muro de albañilería MY-01 primer nivel – Vivienda N° 01	111
Figura 47 Elemento LINK tipo MultiLinear Elastic con la asignación de parámetro en consideración de los grados de libertad	112
Figura 48 Asignación de la curva tetralineal del comportamiento no lineal de la albañilería confinada	112
Figura 49 Asignación de los elementos LINKs, Vivienda N° 01	113
Figura 50 Asignación de los elementos LINKs, Vivienda N° 02	114
Figura 51 Vista de asignación de rotula plástica, Table ASCE 41-13, Table 10-8 (Concrete Columns).....	116
Figura 52 Vista de definición de rotula plástica, Table ASCE 41-13, Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure), Item I.....	117
Figura 53 Asignación de las rotulas plásticas (Hinges) en los pórticos de concreto armado, Vivienda N° 01.	117
Figura 54 Asignación de las rotulas plásticas (Hinges) en los pórticos de concreto armado, Vivienda N° 02	117
Figura 55 Patrón de cargas laterales para el análisis Pushover, en las dos direcciones de análisis, Vivienda N° 01	118
Figura 56 Patrón de cargas laterales para el análisis Pushover, en las dos direcciones de análisis, Vivienda N° 02	119
Figura 57 Curva de capacidad, dirección Y-Y, S. Mixto, vivienda N° 01.....	120
Figura 58 Curva de capacidad, dirección Y-Y, S. Mixto, vivienda N° 02.....	120
Figura 59 Curva de capacidad, dirección X-X, S. Pórticos, vivienda N° 01	121
Figura 60 Curva de capacidad, dirección X-X, S. Pórticos, vivienda N° 02	121
Figura 61 Muros de albañilería del eje A-A y los elementos Links asociados.	122

Figura 62 Muros de albañilería del eje D-D y los elementos Links asociados.	123
Figura 63 Muros de albañilería más esforzado del eje A (elementos Links) del primer y segundo nivel.	123
Figura 64 Muros de albañilería más esforzado del eje A (elementos Links) del tercer y cuarto nivel.	124
Figura 65 Muros de albañilería más esforzado del eje A (elementos Links) del quinto nivel.	125
Figura 66 Muros de albañilería del eje A-A y los elementos Link asociados, Vivienda N° 02	126
Figura 67 Muros de albañilería del eje C-C y los elementos Link asociados, Vivienda N° 02	126
Figura 68 Muros de albañilería más esforzado del eje A (elementos Links) del primer y segundo nivel, vivienda N° 02.	127
Figura 69 Muros de albañilería más esforzado del eje A (elementos Links) del tercer y cuarto nivel, Vivienda N° 02	128
Figura 70 Vista deformada de la estructura, y la formación de rotulas plásticas, Vivienda N° 01.	129
Figura 71 Respuesta de la columna, frente la carga Pushover en el primer Nivel.	130
Figura 72 Respuesta de la columna, frente la carga Pushover en el segundo nivel	130
Figura 73 Respuesta de la viga, frente la carga Pushover en el primer nivel	131
Figura 74 Respuesta de la viga, frente la carga Pushover en el segundo nivel	131
Figura 75 Vista deformada de la estructura, y la formación de rotulas plásticas, Vivienda N° 02.	132
Figura 76 Curva de comportamiento de la columna, frente la carga Pushover en el primer Nivel, vivienda N° 02	132
Figura 77 Curva de comportamiento de la columna, frente la carga Pushover en el segundo nivel, vivienda N° 02	133
Figura 78 Curva de comportamiento de la viga, frente la carga Pushover en el primer nivel, Vivienda N° 02	133

Figura 79 Curva de comportamiento de la viga, frente la carga Pushover en el segundo nivel, Vivienda N° 02	134
Figura 80 Metodología para la obtención del coeficiente de reducción sísmica “R”, SEAOC-BLUE BOOK	135
Figura 81 Factor de ductilidad R_d , Y-Y, S.Mixto, vivienda N° 01	137
Figura 82 Factor de ductilidad R_d , X-X, S. Pórticos, Vivienda N° 01	137
Figura 83 Factor de ductilidad R_d , Y-Y, S.Mixto, vivienda N° 02.....	138
Figura 84 Factor de ductilidad R_d , X-X, S. Pórticos, Vivienda N° 02	138
Figura 85 Factor de sobrerresistencia R_o , Y-Y, S.Mixto, vivienda N° 01	140
Figura 86 Factor de sobrerresistencia R_o , X-X, S. Pórticos, vivienda N° 01	140
Figura 87 Factor de sobrerresistencia R_o , Y-Y, S.Mixto, vivienda N° 02....	141
Figura 88 Factor de sobrerresistencia R_o , X-X, S.Porticos, vivienda N° 02	142
Figura 89 Coeficiente de reducción de fuerza sísmica “R”, S. Mixto, Vivienda N° 01	143
Figura 90 Coeficiente de reducción de fuerza sísmica “R”, S. Pórticos, Vivienda N° 01	143
Figura 91 Coeficiente de reducción de fuerza sísmica “R”, S. Mixto, Vivienda N° 02.....	144
Figura 92 Coeficiente de reducción de fuerza sísmica “R”, S. Pórticos, Vivienda N° 02	145
Figura 93 Coeficiente de reducción sísmica R , R_d y R_o y valor normativo en albañilería confinada, para ambas viviendas	147
Figura 94 Coeficiente de reducción sísmica R , R_d y R_o y valor normativo en pórticos de concreto armado, para ambas viviendas.....	148
Figura 95 Comparativa del Factor de ductilidad en S. Mixto y pórticos de concreto armado.....	150
Figura 96 Comparativa del Factor de sobrerresistencia R_o , en S. Mixto y pórticos de concreto armado.....	151
Figura 97 Comparativas de “R” por normativa – “R” calculado.....	152

RESUMEN

El coeficiente de reducción sísmica (R) es un parámetro esencial en el diseño estructural de edificaciones ubicadas en zonas sísmicas como la ciudad de Huánuco. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el valor del coeficiente R en edificaciones mixtas conformadas por muros de albañilería confinada y pórticos de concreto armado, mediante análisis estático no lineal (pushover), empleando el software CSI SAP2000 y la metodología propuesta por la SEAOC.

El estudio se desarrolló en dos edificaciones reales, una de cinco niveles y otra de cuatro niveles, con configuración estructural mixta en la dirección longitudinal y sistema aporticado en la dirección transversal. Los resultados obtenidos muestran valores de R entre 3.77 y 3.97 en la dirección mixta, superiores al valor normativo $R = 3$, así como valores de 8.68 y 8.05 en la dirección de pórticos, mayores al valor $R = 8$ establecido para concreto armado.

El modelamiento estructural consideró curvas de capacidad tetralineales para los muros de albañilería, rótulas plásticas definidas conforme a la ASCE 41-13 y espectros de diseño ajustados a suelo tipo S2 y a un sismo con período de retorno de 475 años, según la Norma Técnica E.030. En conclusión, los resultados indican que el valor normativo $R = 3$ es conservador para edificaciones mixtas con características estructurales similares.

Palabras clave: Coeficiente de reducción sísmica (R), análisis estático no lineal, edificaciones mixtas, albañilería confinada, edificaciones.

ABSTRACT

The seismic response modification factor (R) is an essential parameter in the structural design of buildings located in seismic zones such as the city of Huánuco. This research aimed to evaluate the value of the R factor in mixed buildings composed of confined masonry walls and reinforced concrete frames, using nonlinear static (pushover) analysis, performed with the CSI SAP2000 software and following the methodology proposed by the SEAOC.

The study was carried out on two real buildings, one with five stories and another with four stories, featuring a mixed structural configuration in the longitudinal direction and a moment-resisting frame system in the transverse direction. The results show R values ranging from 3.77 to 3.97 in the mixed direction, exceeding the normative value of $R = 3$, as well as values of 8.68 and 8.05 in the frame direction, higher than the normative value of $R = 8$ established for reinforced concrete.

The structural modeling considered tetralinear capacity curves for confined masonry walls, plastic hinges defined according to ASCE 41-13, and design response spectra adjusted for S2 soil conditions and a seismic event with a return period of 475 years, in accordance with the Peruvian seismic code E.030. In conclusion, the results indicate that the normative value $R = 3$ is conservative for mixed buildings with similar structural characteristics.

Keywords: seismic response modification factor (R), nonlinear static analysis, mixed buildings, confined masonry, buildings.

INTRODUCCIÓN

En el contexto urbano del Perú, los sistemas estructurales mixtos que combinan muros de albañilería confinada con pórticos de concreto armado se han consolidado como una alternativa constructiva frecuente, debido a su equilibrio entre eficiencia económica y desempeño sísmico aceptable. No obstante, la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) establece valores del coeficiente de reducción sísmica (R) únicamente para sistemas estructurales puros $R = 3$ para albañilería confinada y $R = 8$ para pórticos de concreto armado, sin contemplar explícitamente configuraciones estructurales mixtas. Esta omisión normativa genera incertidumbre en el diseño estructural, obligando a los profesionales a adoptar criterios conservadores que pueden conducir a diseños sobredimensionados y a un uso ineficiente de los materiales.

Esta problemática resulta especialmente relevante en ciudades como Huánuco, clasificada como zona sísmica 2 según la Norma E.030, donde el uso de edificaciones mixtas es recurrente. Investigaciones recientes, como la realizada por Yarlequé (2023), señalan que la aplicación generalizada del valor $R = 3$ en estructuras mixtas puede subestimar la contribución resistente y disipativa de los pórticos de concreto armado, afectando la eficiencia estructural y económica. En este contexto, el problema de investigación se centra en determinar si el valor normativo del coeficiente R representa adecuadamente el comportamiento sísmico real de las edificaciones mixtas construidas en la ciudad de Huánuco.

La presente investigación se justifica desde el punto de vista técnico, ya que busca aportar evidencia analítica que permita evaluar de manera objetiva el coeficiente de reducción sísmica en sistemas estructurales mixtos, contribuyendo a un diseño más racional y seguro. Asimismo, presenta relevancia práctica y académica al generar información que puede servir como referencia para futuras investigaciones y para eventuales revisiones de la normativa sismorresistente nacional.

El objetivo general del estudio es evaluar el valor del coeficiente de reducción sísmica R en edificaciones mixtas conformadas por muros de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco.

Para ello, se analizan los factores de ductilidad y sobrerresistencia obtenidos a partir del comportamiento no lineal de las estructuras y se comparan los valores calculados con los establecidos por la normativa vigente.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación adopta un enfoque cuantitativo y aplicativo, empleando el análisis estático no lineal (pushover) como herramienta principal de evaluación estructural. El estudio se desarrolla en dos edificaciones representativas, una de cinco niveles y otra de cuatro, modeladas en el software CSI SAP2000. Los muros de albañilería confinada se representan mediante curvas de capacidad tetralineales, de acuerdo con la metodología propuesta por Díaz, Zavala, Flores y Cárdenas (2019), mientras que los pórticos de concreto armado incorporan rótulas plásticas definidas conforme a la ASCE 41-13. Asimismo, se emplean espectros de diseño ajustados a un suelo tipo S2 y a un sismo con período de retorno de 475 años, según la Norma Técnica E.030.

La investigación se sustenta en fuentes normativas y técnicas reconocidas, como la Norma E.030, la ASCE 41-13 y los lineamientos de la SEAOC, además de antecedentes científicos relacionados con el comportamiento sísmico de edificaciones mixtas. No obstante, el estudio presenta como limitación el análisis de un número reducido de edificaciones y el empleo de un único método de evaluación no lineal, lo que restringe la generalización absoluta de los resultados.

Finalmente, de manera preliminar, se concluye que, si bien el valor normativo $R = 3$ proporciona un margen de seguridad adecuado para el diseño de edificaciones mixtas, los resultados obtenidos sugieren que estas estructuras podrían presentar una capacidad sísmica superior a la asumida tradicionalmente, lo que abre la posibilidad de evaluar rangos de R ligeramente mayores para configuraciones estructurales similares, bajo criterios técnicos debidamente fundamentados.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El diseño sísmico eficiente y seguro de estructuras representa un desafío constante en regiones con alta actividad telúrica. A nivel internacional, existe consenso en que mantener un comportamiento completamente elástico frente a sismos severos resulta económicamente inviable, debido a la baja probabilidad de que dichos eventos ocurran durante la vida útil de una edificación (FEMA P-1050; ASCE/SEI 7-22; Eurocódigo 8). Por ello, las principales normativas adoptan un enfoque basado en la capacidad inelástica controlada, permitiendo que las estructuras disipen energía mediante deformaciones plásticas, evitando el colapso, aunque aceptando ciertos daños reparables. El parámetro que permite implementar este enfoque es el coeficiente de reducción sísmica (R), el cual refleja la capacidad de disipación de energía del sistema estructural. No obstante, la determinación precisa de R en sistemas complejos o mixtos, aquellos que combinan distintos subsistemas estructurales continúa siendo un tema de debate técnico y evolución normativa a nivel mundial.

En el contexto peruano, la Norma Técnica de Edificación E.030 “Diseño Sismorresistente” (2018) recoge este principio e incorpora valores de R diferenciados según el sistema estructural predominante y su nivel de regularidad. Así, asigna $R = 3$ para sistemas de albañilería confinada y $R = 8$ para pórticos de concreto armado dúctil en edificaciones regulares. Sin embargo, un vacío importante de la normativa vigente es la ausencia de valores específicos y procedimientos para estructuras mixtas, como aquellas que integran muros de albañilería con pórticos de concreto. Esta omisión genera incertidumbre técnica entre los profesionales del diseño estructural, obligándolos a adoptar criterios conservadores, que pueden sobredimensionar las estructuras y elevar costos innecesarios o, por el contrario, poco conservadores, comprometiendo la seguridad sísmica.

La ciudad de Huánuco, ubicada en una zona de amenaza sísmica intermedia-alta según el Instituto Geofísico del Perú y la propia E.030,

presenta una realidad constructiva dominada por edificaciones de mediana altura que emplean configuraciones mixtas como solución técnica y económica ante las condiciones del terreno, la multifuncionalidad del uso (residencial/comercial) y las limitaciones presupuestarias. En este contexto, la falta de un valor de R específicamente definido para estas tipologías estructurales impacta negativamente en la precisión del diseño sismorresistente local, exponiendo al riesgo tanto a las edificaciones como a sus ocupantes.

En consecuencia, existe una necesidad puntual en el diseño estructural local: determinar con mayor precisión el coeficiente de reducción sísmica (R) en edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado, dado su uso frecuente en Huánuco, zona con riesgo sísmico relevante. La falta de lineamientos específicos en la normativa vigente genera incertidumbre técnica, afectando la eficiencia y seguridad del diseño. Por ello, esta investigación evalúa el valor de R en edificaciones reales mediante análisis estático no lineal, con el fin de aportar evidencia técnica que oriente mejores decisiones de diseño y sustente futuras revisiones normativas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Qué coeficiente de reducción de sísmica (R) presentaran las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado mediante el uso del análisis estático no lineal en la ciudad de Huánuco, 2024?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuál será el comportamiento frente a cargas sísmicas en edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024?

¿Qué ductilidad (R_d) presentaran las edificaciones mixtas de albañilerías confinada y pórticos de concreto armado mediante el análisis estático no lineal en la ciudad de Huánuco, 2024?

¿Qué sobrerresistencia (R_o) presentaran las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado mediante el análisis estático no lineal en la ciudad de Huánuco, 2024?

¿En qué medida los valores de R obtenidos mediante análisis estático no lineal en edificaciones mixtas de Huánuco se encuentran dentro del rango normativo de sistemas puros según la E.030, y qué implicancias tiene esto en la interpretación de su comportamiento estructural?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el coeficiente de reducción de sismica (R) mediante el análisis estático no lineal, en edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024.

1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar de manera integral el comportamiento frente a cargas sísmico de edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024.

Determinar la ductilidad (R_d) que presentan las edificaciones mixtas de albañilerías confinada y pórticos de concreto armado mediante el uso del análisis estático no lineal en la ciudad de Huánuco, 2024.

Obtener la sobrerresistencia (R_o) que presentan las edificaciones mixtas de albañilerías confinada y pórticos de concreto armado mediante el uso del análisis estático no lineal en la ciudad de Huánuco, 2024.

Validar los valores de R obtenidos mediante análisis estático no lineal en las edificaciones de estudio, mediante contrastación con los rangos característicos de sistemas estructurales puros establecidos en la normativa E.030 Diseño Sismorresistente.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Esta investigación se justifica a nivel social porque brindara a las mejoras en la propuesta en de diseño sismorresistente de edificaciones multifamiliares, mediante un óptimo diseño de elementos estructurales ante fuerzas sísmicas.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA

Este estudio se justifica a nivel práctica al enfocarse en cuantificar el coeficiente sísmico R aplicable a sistemas estructurales mixtos. La motivación surge de las limitaciones identificadas en la norma E.030 Diseño Sismorresistente, la cual no especifica parámetros clave para definir R en contextos particulares, delegando esta elección al criterio subjetivo de los profesionales durante el diseño de edificaciones. Por ello, la investigación busca generar datos estandarizados del coeficiente R y profundizar en el análisis del desempeño estructural bajo cargas sísmicas.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Esta investigación empleó un enfoque metodológico integral, combinando técnicas analíticas y estrategias validadas, con el fin de respaldar investigaciones futuras en el área, lo que permitió obtener resultados altamente positivos y aplicables en el ámbito de la ingeniería estructural.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se centrará en la simulación computacional de sistemas estructurales previamente diseñados, sometiéndolos a una evaluación de respuesta no lineal bajo cargas laterales mediante herramientas como CSI SAP2000 y programas complementarios. El objetivo principal es determinar los parámetros fundamentales para estimar el Coeficiente de Reducción Sísmica (R) en construcciones que combinan albañilería con otros sistemas estructurales. Sin embargo, es relevante mencionar que este trabajo

enfrenta limitaciones metodológicas y prácticas, comunes en estudios de este tipo.

Limitaciones identificadas:

- Ausencia de estudios previos en la región: Hasta la fecha, no existen investigaciones locales publicadas que aborden específicamente el cálculo de R en edificaciones mixtas, lo que limita la comparación de resultados.
- Acceso restringido a datos técnicos: En la ciudad de Huánuco, la mayoría de las edificaciones carecen de expedientes técnicos completos, y las empresas constructoras o proyectistas suelen restringir el acceso a sus documentos, dificultando la recopilación de información fiable. A pesar de estos obstáculos, los proyectos seleccionados para el análisis fueron aquellos con datos disponibles y verificables.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio es viable debido a la disponibilidad de recursos económicos, insumos técnicos y personal capacitado, garantizando su ejecución eficiente y en los tiempos planificados. La ausencia de limitaciones significativas en estas áreas asegurará que el proyecto se concrete cumpliendo los cronogramas establecidos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Según Duchi y Guayanlema (2021) en su tesis titulado “*Deducción del factor de reducción sísmica (R) para diferentes tipos de edificaciones*”. Tesis pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo.

El objetivo principal de esta investigación fue determinar el coeficiente de reducción sísmica (R) mediante tres metodologías analíticas distintas, identificando cómo este factor varía según el método empleado y los parámetros considerados. Los resultados obtenidos demuestran una variación significativa en el valor de R: en estructuras de concreto el promedio calculado supera en 6.63% lo establecido en la norma NEC-2015, mientras que en estructuras metálicas se observa un valor 3.13% inferior al normativo. Cabe resaltar que estas conclusiones son aplicables exclusivamente a sistemas de pórticos especiales resistentes a momento, tanto en hormigón como en acero.

El estudio establece una correlación fundamental: la ductilidad estructural determina directamente la magnitud del factor R. Valores elevados de R indican una mayor capacidad de las estructuras para disipar energía sísmica mediante deformaciones plásticas. Por el contrario, una ductilidad reducida limita la capacidad de deformación inelástica, generando coeficientes de reducción sísmica sustancialmente menores.

Según Pandit y Chaulagain, (2020) en su artículo titulado “*Evaluación del factor de reducción de la respuesta de los edificios de hormigón armado existentes con relleno de mampostería en Pokhara*”, realizado para la revista Himalayan Journal of Applied Science and Engineering cuyos resultados fueron los siguientes.

El objetivo central de esta investigación fue evaluar el factor de reducción de respuesta (R) en estructuras de hormigón armado con mampostería de relleno en Pokhara, considerando la influencia de cargas gravitacionales, pero ignorando efectos P- Δ e interacción suelo-estructura en el análisis numérico. Los resultados revelan variaciones significativas en parámetros críticos: período fundamental, cortante basal, ductilidad, sobrerresistencia y factor R, atribuidas a la presencia de muros de relleno. Esto demuestra que incluir estos paneles en el modelado altera sustancialmente el comportamiento sísmico del pórtico. El factor R exhibe una relación directa con sobrerresistencia y ductilidad, disminuyendo o aumentando según las variaciones de estos factores.

Entre los hallazgos clave se destaca:

- Los muros de relleno reducen el período fundamental de la estructura en un 40-60% frente a un pórtico desnudo.
- El cortante basal se incrementa entre 1,2 y 2,2 veces respecto al sistema sin mampostería.
- La ductilidad de desplazamiento disminuye en un 35-45% debido al relleno.
- Para edificios residenciales en contextos similares, se recomienda un valor R entre 3,5 y 4.

Según Bhandari y Darsan, (2019) en su artículo titulado “*Evaluación del factor de reducción de respuesta para edificios de mampostería confinada*”, realizado en Kantipur Engineering college cuyos resultados fueron los siguientes:

El objetivo central de esta investigación fue evaluar la influencia del índice de densidad de muros en el factor de reducción de respuesta (R) para estructuras de mampostería confinada. Los análisis demostraron que una reducción en este índice genera una disminución significativa del factor de sobrerresistencia, mientras que la reducción en el factor de ductilidad es menos acentuada. Este comportamiento diferencial se atribuye a la presencia de elementos de confinamiento en las aberturas, los cuales mitigan parcialmente la pérdida de ductilidad.

Cabe destacar que la disminución de la densidad de muros conduce sistemáticamente a una reducción del factor R , siendo el descenso en la sobrerresistencia el principal contribuyente a esta tendencia.

Respecto a la altura de las estructuras, se identificó un efecto dual: al incrementar el número de plantas, la sobrerresistencia exhibe una tendencia decreciente, mientras que la ductilidad presenta un aumento progresivo. Sin embargo, el balance global de estos parámetros resulta en una disminución neta del factor de reducción de respuesta para edificios de mayor altura. Un hallazgo crítico subraya que los valores de R calculados en este estudio superan consistentemente los especificados en los códigos de diseño vigentes. Esta discrepancia se reduce únicamente cuando la densidad de muros es sustancialmente inferior a los rangos empleados en la práctica constructiva habitual, situación que no refleja la realidad típica de los proyectos.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Según Suarez y Campos (2023) en su tesis titulado *“Determinación del coeficiente de reducción (R) utilizando el análisis estático no lineal en una estructura mixta de pórticos y de albañilería confinada”* realizado en la Universidad de Piura, cuyos resultados fueron los siguientes: Esta investigación buscó calcular R en sistemas mixtos (pórticos + albañilería) usando modelos calibrados de plasticidad concentrada y puntal-tirante. Reportó valores excepcionales: $R=14.175$ para albañilería (vs. $R=3$ normativo) y $R=11$ para pórticos (vs. $R=8$), atribuidos a secciones sobredimensionadas, refuerzos extraordinarios y rigidez adicional de muros. Los autores validaron sus modelos con errores $\leq 15\%$ frente a ensayos de laboratorio, observando comportamiento dúctil en pórticos y frágil en albañilería.

No obstante, advierten que estos resultados reflejan condiciones ideales no representativas de proyectos típicos peruanos. La sobrerresistencia constante ($R_s=2$) coincidió con comentarios de la E.030, pero se identificaron limitaciones clave: el análisis pushover

ignora modos superiores y aplica cargas estáticas, subestimando la dinámica sísmica real. El estudio enfatiza que, pese a superar la norma, sus valores requieren precaución en aplicaciones prácticas.

Según Yarlequé (2023) en su tesis titulado *“Estudio de la influencia y relación entre la densidad de muros, en estructuras de albañilería confinada, y el coeficiente de reducción sísmica”* realizado en la Universidad Nacional de Piura, cuyos resultados fueron los siguientes: El objetivo central de esta investigación fue analizar cómo la densidad de muros (ϕr) influye en el coeficiente R de estructuras de albañilería confinada en Piura. Mediante análisis estático no lineal, se identificó que al aumentar ϕr de 100% a 200%, R disminuye linealmente de 4.0 a 3.0, evidenciando una relación inversa entre densidad y capacidad sísmica. Esta reducción se atribuye a la disminución simultánea de ductilidad (R_d) y sobrerresistencia ($R_s \approx 1.37$ constante), donde configuraciones con alta densidad mostraron deterioro acelerado post-pico en curvas de capacidad.

Un hallazgo crítico fue que valores de $R > 3$ son viables cuando $\phi r \approx 100\%$, superando el estándar normativo peruano. Esto permite diseños económicos sin comprometer seguridad, pues la deriva máxima (0.005) se alcanzó antes del punto máximo de capacidad, revelando reserva de ductilidad. El estudio concluye que *la norma E.030 subestima el potencial de sistemas con densidad óptima*, destacando que muros con aparejo de cabeza mejoran la ductilidad frente a aparejo de sogá.

Según Ancoco (2021), en su tesis titulada *“Evaluación del factor de modificación de respuesta sísmica mediante el análisis no lineal de estructuras aporricadas de concreto armado”*, desarrollada en la Universidad Privada de Tacna, el estudio se centró en determinar cuantitativamente el factor de modificación de respuesta sísmica (R) mediante el análisis estático no lineal (pushover) aplicado a modelos de pórticos de concreto armado. El autor evaluó los tres componentes fundamentales del factor R: ductilidad (R_μ), sobrerresistencia (R_Ω) y

redundancia (R_R), considerando diferentes perfiles de suelo establecidos en la Norma Técnica E.030.

Los resultados evidenciaron que la incidencia promedio de dichos componentes fue de 49% para R_μ , 22% para R_Ω y 29% para R_R , proponiendo además una expresión general para estimar el valor global de R en función de estas variables. El autor concluyó que los valores normativos de R podrían no representar adecuadamente la respuesta inelástica real de los pórticos de concreto armado, recomendando una revisión normativa sustentada en análisis no lineales más representativos del comportamiento estructural.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Según Narro (2019) en su tesis titulado *“Evaluación del desempeño sismorresistente aplicando el método de análisis estático no lineal pushover en una edificación de 4 niveles en la ciudad de Huánuco 2019”* realizado en la Universidad de Huánuco, cuyos resultados fueron los siguientes: En un estudio previo realizado en Huánuco sobre una edificación de 4 niveles, el análisis estático no lineal (Pushover) reveló comportamientos sísmicos diferenciados por dirección: en Y (muros dominantes) se registró mayor resistencia (400 t) y rigidez, pero menor ductilidad (ductilidad = 12.8) y deformación máxima (6.4 cm); mientras en X (menos muros) hubo menor resistencia (250 t) pero mayor ductilidad (4.75) y desplazamiento (9.5 cm). Los muros del primer nivel mostraron daños severos bajo sismo de 475 años de retorno, mientras los superiores permanecieron estables. La investigación validó el uso combinado de modelos puntal-tirante y plasticidad concentrada para simular muros de albañilería, obteniendo curvas de capacidad precisas que cumplen con la Norma E.030 (derivadas ≤ 0.005). Concluyó que esta metodología permite evaluar el desempeño sísmico global incluyendo la respuesta no lineal de la albañilería en la ciudad de Huánuco.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R)

Según el documento ATC 3-06 (1978), el coeficiente R (factor de reducción de respuesta sísmica) se conceptualiza como un factor empírico que atenúa las fuerzas sísmicas, integrando la capacidad de disipación de energía (amortiguación) y la ductilidad propia del sistema estructural. Este enfoque asume que la estructura experimenta desplazamientos significativos que superan su fase elástica inicial, aproximándose al límite de su capacidad resistente máxima, tal como se detalla en estudios clásicos de ingeniería sísmica.

De acuerdo con el ATC 19 (1995), el factor de modificación de respuesta (R) se estableció bajo el principio de que sistemas estructurales detallados adecuadamente pueden absorber deformaciones inelásticas significativas sin fallar, al tiempo que generan una resistencia lateral que excede la prevista en el diseño inicial, según lo documentado en análisis estructurales avanzados.

2.2.2. DESARROLLO DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA O FACTOR R

La inclusión del factor R (modificación de respuesta) en el ATC 3-06 (documentado en el ATC 19, 1995) marcó un hito en la normativa sísmica estadounidense, introduciendo innovaciones clave frente a regulaciones anteriores. Entre estas destacan:

- (a) Categorización de edificios según su función y riesgo,
- (b) Implementación de mapas de zonificación sísmica,
- (c) Métodos avanzados para análisis dinámicos elásticos,
- (d) Sustitución de los factores K por parámetros R,
- (e) Criterios de control de deformaciones máximas,
- (f) Evaluación de efectos sísmicos en direcciones ortogonales,
- (g) Diseño estructural basado en resistencia última, no en esfuerzos permisibles,
- (h) Lineamientos para interacción suelo-estructura, e

(i) Requisitos sísmicos para componentes no estructurales (instalaciones eléctricas, mecánicas y arquitectónicas).

El estándar ATC 3-06 definió que los valores del coeficiente de modificación de respuesta sísmica (R) deben incorporar reducciones en las fuerzas sísmicas considerando evaluaciones de comportamiento inelástico, riesgo sísmico y criterios económicos, con el objetivo de establecer factores para minorar los valores sísmicos esperados representados en espectros elásticos y adaptar los diseños a niveles menores mediante la integración de la teoría dinámica estructural contemporánea en los procesos de análisis.

Figura 1

Modelos de Espectro Elástico e Inelástico

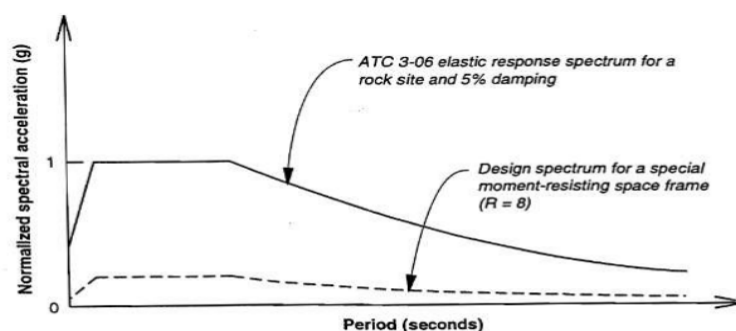


Figure 2.1: Use of R factors to reduce elastic spectral demands to the design force level. Each point on the elastic response spectrum for a rock site (top curve) is divided by R to produce the design spectrum (bottom curve) for a given structure type, in this case a special moment-resisting space frame, where $R = 8$.

Fuente: (ATC 19, 1995)

De acuerdo con el ATC 19 (1995), el parámetro R se integró en la ecuación de cortante basal como un factor de reducción de fuerzas sísmicas, reemplazando el enfoque anterior. Esta decisión reflejó que los valores de R guardaban una relación inversa con los factores K empleados en normativas previas, según lo documentado en estudios comparativos de códigos sísmicos.

Para edificaciones en las que no se determinó previamente el periodo natural de oscilación, se definió la fórmula de corte basal de la siguiente manera

$$V = \frac{2.5A_a}{R} W \dots\dots (2.3)$$

Donde A_a representa la aceleración máxima efectiva de diseño (expresada como fracción de la aceleración gravitacional). Para edificaciones con periodo fundamental calculado, la ecuación de cortante basal propuesta por el estándar ATC 3-06 fue la siguiente:

$$V = \frac{1.2A_v S}{RT^{2/3}} W \dots\dots (2.4)$$

Donde:

A_v : Velocidad máxima (vinculada a la aceleración sísmica)

S : Parámetro que caracteriza el perfil geotécnico del suelo

T : Periodo natural de vibración de la edificación.

El ATC 19 (1995) señala que los parámetros R asignados a cada sistema estructural se definieron según el criterio experto del comité técnico, buscando garantizar un desempeño óptimo ante sismos mediante mayor capacidad de deformación inelástica (ductilidad) o resistencia residual, según lo establecido en normativas internacionales.

2.2.2.1.FACTORES DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA R

De acuerdo con el informe ATC 19 (1995), durante la década de 1980, estudios experimentales llevados a cabo en la Universidad de California, Berkeley, sirvieron de base para definir el factor R (modificación de respuesta). Estos trabajos analizaron estructuras de acero con arriostramiento: uno de tipo concéntrico (Uang y Bertero, 1986) y otro excéntrico (Whittaker et al., 1987). A partir de los resultados obtenidos en ambos estudios, los investigadores de dicha institución plantearon un modelo para el factor R , desglosando sus componentes fundamentales.

$$R = R_\mu \cdot R_\Omega \cdot R_\xi$$

Donde:

R_μ : Factor o componente de ductilidad.

R_Ω : Factor o componente de sobrerresistencia.

R_ξ : Factor o componente de amortiguamiento.

Aunque este enfoque inicial fue ampliamente analizado en investigaciones posteriores, iniciativas como el proyecto ATC 34, junto con diversos estudios, introdujeron una reformulación (ATC 19, 1995) expresada mediante la siguiente ecuación:

$$R = R_\mu \cdot R_\Omega \cdot R_R$$

Donde:

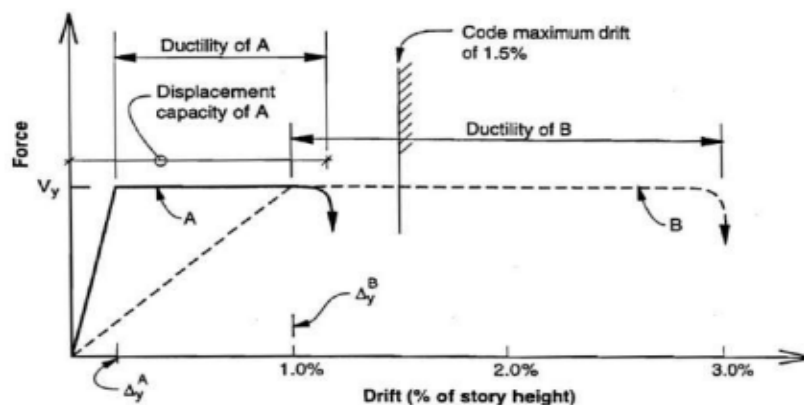
R_R : Factor o componente de Redundancia.

✓ Factor de Ductilidad (R_μ)

El ATC 19 (1995) aclara la interacción entre tres variables fundamentales para evaluar la ductilidad: capacidad de desplazamiento, ductilidad y índice de ductilidad (μ). Aunque suelen malinterpretarse, estos parámetros no están directamente correlacionados. Por ejemplo, una estructura podría presentar una elevada capacidad de desplazamiento combinada con ductilidad reducida y un índice μ bajo, mientras que otra, con capacidad de desplazamiento limitada y ductilidad baja, podría exhibir un μ elevado, según lo observado en análisis comparativos de diseño sísmico.

Figura 2

Concepto del términos de ductilidad



Fuente: (ATC 19, 1995)

Newmark y Hall (1982) establecieron una correlación matemática para estimar el parámetro R_μ (asociado a la ductilidad) a partir del índice de ductilidad μ . En estructuras con períodos cortos ($T < 0.03$ s), equivalentes a frecuencias superiores a 33 Hz, la relación propuesta se basa en la dependencia inversa de la raíz cuadrada de μ , según lo documentado en estudios de dinámica estructural.

$$R_\mu = 1.0$$

En el rango de frecuencias de 2 a 8 Hz (equivalentes a períodos de oscilación entre 0.12 y 0.50 segundos):

$$R_\mu = \sqrt{2\mu - 1}$$

En el caso de frecuencias inferiores a 1 Hz (equivalentes a períodos de vibración superiores a 1.00 segundos):

$$R_\mu = \mu$$

✓ **Factor de Sobrerresistencia R_s**

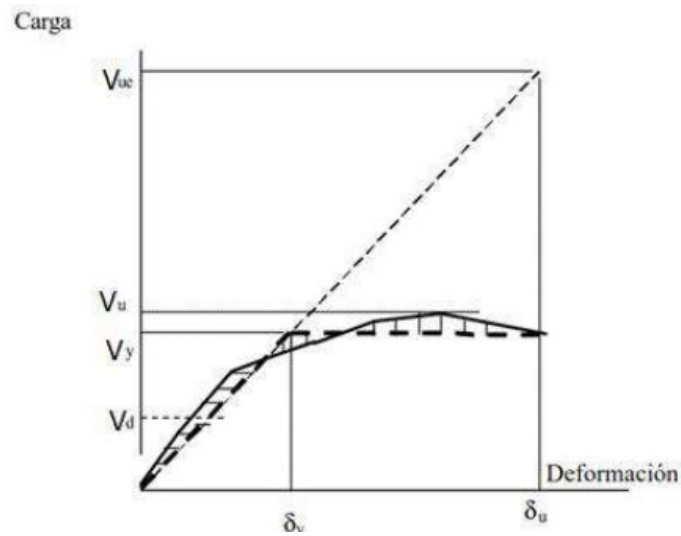
Según ATC-19 (1995) el procedimiento para el cálculo factor de Sobrerresistencia requiere que el analista seleccione respuestas limitantes que incluyan la deriva máxima entre pisos y la rotación máxima de las bisagras plásticas. Los pasos del procedimiento son los siguientes:

- a) A través de un análisis pushover (estático no lineal), determine la correspondencia entre el desplazamiento en la azotea y la fuerza cortante en la base de la estructura.
- b) En el desplazamiento del techo correspondiente al estado límite de respuesta, calcule la fuerza cortante en la base (V_o) en el edificio. La resistencia de reserva del edificio es igual a la diferencia entre el cortante de diseño en la base (V_d) y (V_o)
- c) Calcule el factor de resistencia usando la siguiente expresión:

$$R_s = \frac{V_o}{V_d}$$

Figura 3

Curva pushover o de Capacidad de una estructura



Nota: El presente análisis se fundamenta en la metodología innovadora propuesta por Daza (2003) para calcular el coeficiente de ajuste de respuesta.

✓ **Factor de Redundancia R_R**

De acuerdo con Aguiar (2007), la capacidad de una estructura para desempeñarse en el rango no lineal se cuantifica a través del parámetro R_R (Redundancia Estructural), el cual posibilita la redistribución de las solicitaciones desde componentes sobrecargados hacia elementos con menor demanda mediante el cálculo del cociente entre la fuerza cortante máxima en la base (V_u) y la registrada al formarse la primera articulación plástica (V_1), relación que evalúa la capacidad del sistema hiperestático para redistribuir cargas tras el inicio de la plastificación.

$$R_R = \frac{V_u}{V_1}$$

Como se ha indicado, el factor de redundancia será siempre mayor a 1, ya que en estructuras sin redundancia (donde al formarse la primera rótula plástica, colapsan instantáneamente), se cumple $V_u = V_1$ (Aguiar, 2007).

De acuerdo con el ATC 19 (1995), la magnitud del factor de redundancia estructural (R_R) se fundamenta en la cantidad de ejes de columnas por dirección. Pese a ello, dicha propuesta no cuenta con sustento técnico adecuado y debe excluirse de la reglamentación sísmica.

Tabla 1

Valore numéricos de factores de reducción sísmica por redundancia

Numero de ejes de columna	R_R
2	0.71
3	0.86
4	1.00

Fuente: (ATC 19, 1995)

2.2.2.2.EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL FACTOR DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) EN LAS NORMAS NACIONALES

AÑO 1970 R.N.C Capítulo IV “Seguridad contra el efecto destructivo de los sismo”: fue la primera norma técnica que brindo lineamiento para el cálculo de la fuerzas sísmicas dada las experiencia de los sismos de 1966 y 1970 (Piqué del Pozo, s.f.). Mediante la siguiente expresión:

$$H = UKCP$$

Siendo:

H: Fuerza lateral generada por efectos sísmicos.

U: Factor que integra la categoría de ocupación y la zonificación sísmica.

K: Configuración estructural del edificio.

C: Factor de combinación de cargas permanentes y variables (dependiente del periodo estructural).

P: Carga gravitacional total de la edificación en estudio

Tabla 2*Valores de K según el tipo de estructura (K) – 1970*

Tipo de Estructura	K
Estructura tipo cajón con muros	1.33
Estructura mixta con muros y pórticos	1.00
Estructura con pórticos dúctiles para resistir el 25% del cortante en la base	0.80
Estructuras solamente con pórticos dúctiles	0.67

Fuente: Basado en la investigación de Blanco (s.f.) acerca de la Evolución de las Normas Sísmicas en el Perú.

AÑO 1977 R.N.C “Norma básica de diseño sismorresistente”:

Producto de los eventos sísmicos de Chimbote-Huaraz (1970) y Lima (1974) según Piqué del Pozo (s.f.), el R.N.C estableció el cálculo de la cortante basal total a través de la fórmula:

$$H = \frac{ZUSCP}{R_d}$$

Donde los parámetros representan:

H: Cortante basal sísmica total

Z: Coeficiente asociado a la zonificación sísmica

U: Factor según el tipo de ocupación de la edificación

S: Coeficiente de suelo

C: Factor sísmico dependiente del periodo de vibración

P: Peso total de la construcción analizada

Se introduce el factor de ductilidad por sistema estructural.

Tabla 3*Factor de Reducción por ductilidad (Rd) – 1977*

Sistema Estructural	R_d
Pórticos de acero	6
Pórticos de concreto, especialmente dúctiles	5
Pórticos	4
Muros de Concreto	3
Albañilería confinada	2.5
Albañilería sin confinar	1.5

Fuente: Basado en la investigación de Blanco (s.f.) acerca de la Evolución de las Normas Sísmicas en el Perú.

AÑO 1997 R.N.C E.030 “Diseño sismorresistente”: Tras el sismo de Nazca en 1996, que causó graves daños en instituciones educativas, se detectó que las deformaciones laterales superaban los valores previstos por la norma de 1977, lo que motivó la actualización de la normativa sísmica (Blanco, s.f.). La cortante basal se determinaría mediante:

$$V = \frac{ZUSC}{R} P$$

La magnitud de los factores de reducción asociados a la ductilidad está directamente vinculada al tipo de sistema estructural empleado, según lo establecido en normativas internacionales

Tabla 4

Valores numéricos del factor de reducción por ductilidad (R_d) – 1997

Sistema Estructural	R_d
Pórticos de concreto, acero y sistemas duales	10
Muros de Concreto	7.5
Albañilería confinada o armada	6
Construcciones de Madera	7

Fuente: Basado en la investigación de Blanco (s.f.) acerca de la Evolución de las Normas Sísmicas en el Perú.

AÑO 2003 R.N.C E.030 ‘Diseño Sismorresistente’: Tras el sismo de 2001 en el sur del Perú, la normativa sísmica se actualizó incrementando las fuerzas de diseño en 1.25 veces, lo que generó espectros ajustados a cargas últimas y requirió recalibrar los factores de reducción R (Blanco, s.f.). La cortante basal se calcula mediante:

$$V = \frac{ZUSC}{R} P$$

Valores actualizados del factor de reducción sísmica (R):

Tabla 5*Valores del factor de reducción sísmica (R) – 2003*

Sistema Estructural	R
Pórticos de acero resistentes a momento	9.5
Pórticos de acero con arriostres excéntricos	6.5
Pórticos de acero con arriostres en cruz	6
Pórticos de concreto armado	8
Dual	7
Muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería confinada	3
Madera	7

Fuente: Basado en la investigación de Blanco (s.f.) acerca de la Evolución de las Normas Sísmicas en el Perú.

AÑO 2016 R.N.E E.030 Diseño sismorresistente: En esta modificación normativa, se agregó una nueva zona sísmica y se actualizó el mapa de zonificación. Asimismo, se redefinieron las tipologías constructivas y sus factores de uso, se modificó el factor de amplificación sísmica, y se recalibraron parcialmente los coeficientes de reducción de cargas sísmicas. Pese a ello, los coeficientes $R = 3$ (para albañilería) y $R = 8$ (pórticos de hormigón armado) se mantienen sin cambios hasta la actualidad.

AÑO 2018 R.N.E E.030 “Diseño sismorresistente” : En la última actualización de la norma mencionada, los coeficientes y factores de reducción sísmica se mantuvieron sin cambios respecto a la versión previa.

2.2.2.3.METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) O FACTOR DE MODIFICACIÓN DE RESPUESTA

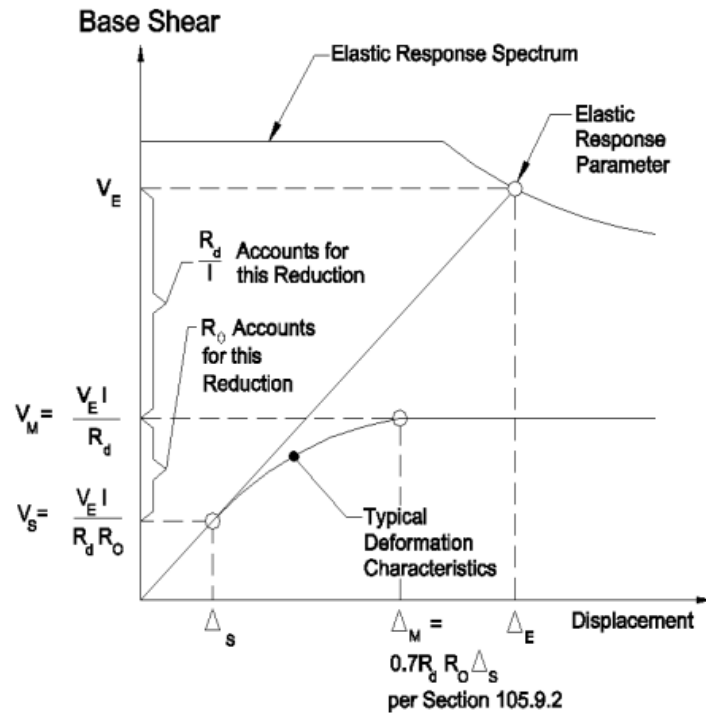
2.2.2.3.1. SEAOC RECOMMENDED LATERAL FORCES REQUIREMENTS AND COMMENTARY

Siguiendo los lineamientos del ATC-19, la SEAOC (Asociación de Ingenieros Estructurales de California)

propuso en su informe técnico que el coeficiente de modificación de respuesta (R) se define como el producto de la ductilidad (R_d) y la sobrerresistencia (R_0): $R = R_d \cdot R_0$.

Figura 4

Obtención de factor modificación de resistencia



Fuente: (SEAOC Blue Book, 1999)

Para el cálculo de los factores de ductilidad R_d se realiza con la siguiente expresión:

$$R_d = \frac{V_E}{V_M}$$

Para el cálculo de los factores de sobrerresistencia R_0 se realiza con la siguiente expresión:

$$R_0 = \frac{V_M}{V_S}$$

Durante la etapa de diseño, se define V_S , se diseña la estructura, se calcula V_M y se determina R_0 . El requisito de validación exige que V_E/R_0 sea $\leq$ al valor establecido en tablas para R_d (Díaz Figueroa, 2021). Este proceso

define el coeficiente de reducción sísmica (R) con la expresión:

$$R = R_d \times R_o$$

2.2.3. SISTEMAS ESTRUCTURALES MIXTOS

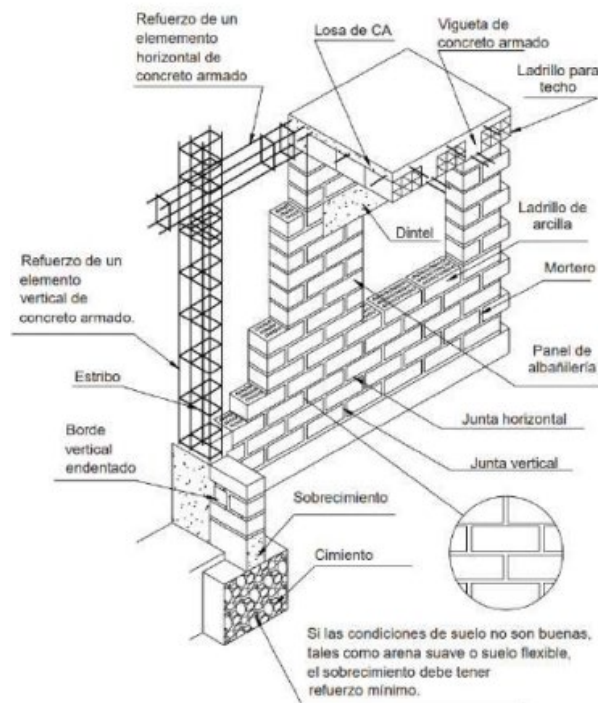
2.2.3.1. ALBAÑILERÍA CONFINADA

La Norma E.070 Albañilería, define la Albañilería Confinada como muros perimetralmente reforzados todo su perímetro mediante columnas y vigas de concreto armado, colocadas una vez ejecutada la mampostería. En el primer nivel, la cimentación actúa como elemento de confinamiento horizontal.

De acuerdo con San Bartolomé (2008), para garantizar una adecuada adherencia entre la albañilería y el concreto, los elementos de confinamiento deben colocarse una vez terminados los muros de albañilería.

Figura 5

Elementos que componen la Albañilería Confinada



Fuente: Información fue tomada de la Guía para la Construcción con Albañilería, documento publicado por la Universidad Nacional de Ingeniería en el año 2005.

2.2.3.1.1. COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA

Unidad de Albañilería

Las unidades sólidas de albañilería se diferencian de las huecas al poseer estas un porcentaje de vacíos menor al 30% en planos horizontales paralelos a la cara de asiento. Las tubulares presentan huecos orientados en la misma dirección que dicha superficie, mientras que las alveolares se emplean en muros armados, conforme a lo establecido en la Norma E.070 Albañilería.

Las unidades de albañilería destinadas a aplicaciones estructurales se clasifican mediante pruebas de desviación dimensional y deformación, así como por su resistencia a la compresión, la cual se determina según los parámetros establecidos en la Tabla 1 de la Norma E.070 "Albañilería" del SENCICO (2006).

Tabla 6

Clases de unidades de albañilería para fines estructurales

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (Máxima en porcentaje)			ALABEO (Máxima en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre el área bruta
	Ha sta 100 mm	Hasta 150 mm	Mas de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Fuente: SENCICO - Norma E.070 Albañilería, 2006.

Las unidades de albañilería, categorizadas según su método de fabricación o características físicas, presentan limitaciones en su aplicación práctica. Dichas restricciones se detallan en la Tabla 2 de la Norma E.070 de Albañilería (SENCICO, 2006)

Tabla 7

Restricciones de uso de las unidades de albañilería

LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificios
Solido Artesanal	No	Si, hasta dos pisos	Si
Solido Industrial	Si	Si	Si
	Si	Si	Si
Alveolar	Celdas totalmente rellenas de grout	Celdas parcialmente rellenas de grout	Celdas parcialmente rellenas de grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta 2 pisos

Fuente: SENCICO - Norma E.070 Albañilería, 2006.

Mortero

El mortero es un material compuesto de aglomerantes y agregado fino que al mezclarse con agua forma una pasta adherente y manejable, evitando la segregación (SENCICO - Norma E.070 “Albañilería”, 2006). La Norma E.070, en su Tabla 4, detalla las proporciones volumétricas requeridas para cada tipo de mortero, ya sea destinado a muros portantes o no portantes, garantizando así su desempeño estructural.

Tabla 8

Proporciones volumétricas según el tipo de mortero

TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 A 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 A 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: SENCICO - Norma E.070 Albañilería, 2006.

Acero de Refuerzo

De acuerdo con lo establecido en la Norma E.070 de Albañilería (2006), las especificaciones del acero de refuerzo deben regirse estrictamente por lo dispuesto en la norma técnica peruana NTP 341.031, aplicable a las barras de acero corrugado. En cuanto a las barras lisas, su empleo está expresamente autorizado y limitado a dos aplicaciones: la fabricación de estribos y su uso como refuerzo horizontal en forma de malla electrosoldada, quedando prohibidas cualquier otra configuraciones o usos alternativos.

Concreto

La Norma E.060 de Concreto Armado (2009) establece los criterios de calidad para el concreto utilizado en elementos de confinamiento, como vigas y columnas. Dichos criterios exigen que el material alcance una resistencia a la compresión no menor a 175 kg/cm², a la vez que debe cumplir con procesos controlados de dosificación, compactación y curado.

2.2.3.1.2. DENSIDAD DE MUROS

De acuerdo con lo establecido en la Norma E.070 de Albañilería del SENCICO (2006), el cálculo de la densidad mínima de muros para una dirección de análisis particular

debe satisfacer la expresión matemática que se indica posteriormente.

$$\frac{\text{Area de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Area de la Planta Tipica}} = \frac{\Sigma L \cdot t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

$$\text{Densidad de muros} = \frac{\Sigma L \cdot t}{A_p}$$

$$\text{Densidad minima de muros} = \frac{ZUSN}{56}$$

Donde:

Z, U y S : Factores de zona sísmica, categoría funcional y tipo de suelo, respectivamente, definidos por la norma E.030 Diseño Sismorresistente.

N : número de pisos de la edificación

L : Longitud del muro

t : Espesor efectivo del muro

De acuerdo con la Norma E.070 “Albañilería” (SENCICO, 2006), los muros portantes deben cumplir con estas especificaciones:

- Sección transversal simétrica en lo posible.
- Continuidad vertical total, desde la cimentación hasta todos los niveles.
- Longitud mínima de 1.20 m para contribuir a la resistencia lateral.
- Uniformidad en las longitudes por dirección.
- Confinamiento perimetral con elementos de concreto armado: columnas (vertical) y soleras/diafragmas rígidos (horizontal).
- Separación máxima entre ejes de elementos verticales: 2 veces la distancia entre horizontales, sin exceder 5 m.
- Integración total entre elementos perimetrales y la albañilería.

2.2.3.2. PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO

La Norma E.030 “Diseño Sismorresistente” (SENCICO, 2018) establece que, dentro de sus 12 sistemas sismorresistentes para concreto armado, los pórticos rígidos deben cumplir que sus columnas resistan mínimo el 80% de la fuerza cortante basal para ser clasificados como tales. Este sistema es el más empleado en el sector por su adaptabilidad a diseños arquitectónicos complejos, lo que ha impulsado investigaciones exhaustivas sobre su respuesta ante cargas sísmicas.

Para garantizar un desempeño óptimo de los pórticos rígidos, es crítico diseñar conexiones (juntas viga-columna) con detalles que aseguren rigidez y capacidad de transmisión de momentos, tal como lo exige la normativa para evitar fallas prematuras.

2.2.3.2.1. COMPONENTES DEL PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO

Los sistemas de pórticos están conformados por dos componentes principales: vigas y columnas. Este modelo emplea una red de pórticos alineados en una o ambas direcciones de los ejes principales del edificio. Si bien su implementación tradicional puede elevar los costos, en nuestro enfoque se integran pórticos con muros de albañilería, minimizando el impacto en la concepción arquitectónica inicial y optimizando recursos. Respecto a los materiales utilizados en los pórticos, destacan los siguientes:

Concreto

El concreto estructural tiene como propiedad fundamental su resistencia a la compresión (f'_c), la cual se determina mediante la dosificación de la mezcla y las solicitaciones estructurales, debiendo alcanzar en vigas y

columnas de pórticos un mínimo de 17 MPa (175 kg/cm²) conforme a los estándares de calidad establecidos en la Norma E.060 de Concreto Armado (SENCICO, 2009).

Acero de refuerzo

De acuerdo con las solicitaciones de esfuerzos a la que se ve sometido durante su vida útil los elementos del pórticos (vigas y columnas) que tienen como material predominante el concreto que tiene una limitada resistencia a la tracción, para superar esta deficiencia cuando se combina con el acero de refuerzo, en forma conjunta puede soportar esfuerzos de tracción. Las barras de acero empleadas en construcción suelen tener sección transversal circular y una textura corrugada, diseñada para favorecer la adherencia mecánica con el concreto, según los estándares de la industria. Este diseño es común en la mayoría de los casos.

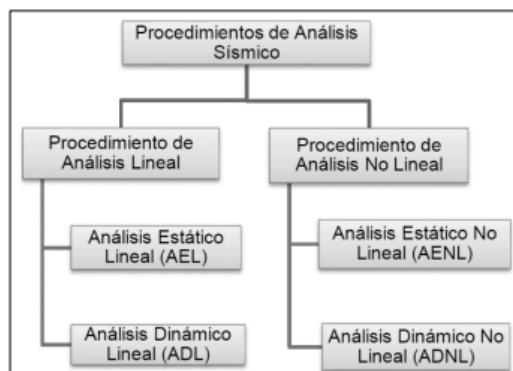
2.2.4. CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS SÍSMICO DE ESTRUCTURAS

2.2.4.1. ANÁLISIS SÍSMICO DE ESTRUCTURAS

El análisis sísmico estructural, regido por la Norma E.030 "Diseño Sismorresistente", es esencial para garantizar el comportamiento adecuado de las edificaciones ante movimientos telúricos, utilizando para ello métodos lineales (elásticos) y no lineales (con daño progresivo) que pueden aplicarse de forma estática o dinámica según los requisitos del proyecto y la complejidad estructural.

Figura 6

Clasificación de los procedimientos de análisis sísmico de estructuras



Fuente: ASCE 41-13

Tanto las normativas internacionales de diseño sísmico como la Norma E.030 peruana priorizan los métodos de análisis elástico-lineal por su practicidad y eficiencia computacional, estableciendo en su artículo 27 que la evaluación sísmica debe basarse en este comportamiento mediante dos procedimientos principales: el análisis estático (fuerzas estáticas equivalentes) y el análisis dinámico modal espectral.

Análisis sísmico dinámico modal espectral

Con sustento en el Artículo 29 de la Norma E.030, el Análisis Dinámico Modal Espectral aproxima el comportamiento sísmico estructural mediante la superposición de modos naturales de vibración con espectros elásticos lineales, método aplicable universalmente previa verificación de los requisitos técnicos establecidos.

a) Estimación del Peso

Según lo establecido en la Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”, el peso total de la edificación se determina sumando la carga permanente (muerta) a un porcentaje específico de la sobrecarga de uso (viva), siguiendo estos criterios de ponderación:

- Categorías A y B (edificaciones esenciales y de alta importancia): Se incluye el 50% de la sobrecarga de uso.
- Categoría C (edificaciones comunes): Se aplica el 25% de la sobrecarga de uso.
- Cubiertas y áreas techadas: Se toma en cuenta el 25% de la sobrecarga de uso, independientemente de la clasificación de la edificación.

b) Análisis modal

El análisis modal se realiza sin incluir las cargas aplicadas, y se fundamenta en la rigidez y configuración estructural. De acuerdo con el artículo 29.1 de la Norma E.030, deben considerarse los modos de vibración en cada dirección hasta acumular al menos el 90% de la masa total del sistema.

c) Aceleración espectral

El artículo 29.2 de la Norma E.030, referido a la Aceleración espectral, establece la definición del espectro inelástico de pseudoaceleración mediante la siguiente expresión:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Los parámetros fueron definidos en la sección de la historia del coeficiente de reducción sísmica (R) en el desarrollo de la normas de E.030 “Diseño sismorresistente”

Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R)

De acuerdo con el artículo 23 de la Norma E.030, titulado Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, el factor básico de reducción sísmica (R_0) se determina a través de la siguiente expresión:

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

Donde:

I_a Irregularidad en altura

I_p Irregularidad en planta

Tabla 9*Valores de irregularidad en altura*

Irregularidad	I_a
De rigidez	0.75
De extrema de rigidez	0.50
De masa o peso	0.90
De geometría vertical	0.90
De sistemas resistentes	0.80
De discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	0.60

Fuente: SENCICO - Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018.

Tabla 10*Valores de irregularidad en planta*

Irregularidad	I_p
Torsional	0.75
Torsional extrema	0.60
Esquinas entrantes	0.90
Discontinuidad del diafragma	0.85
Sistema no paralelos	0.90

Fuente: SENCICO - Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018.

d) Fuerzas cortantes mínimas

El artículo 29.2 de la Norma E.030 establece que el cortante basal dinámico en cada dirección debe ser al menos el 80% del valor estático para estructuras regulares y 90% para irregulares, requiriéndose incrementar este valor cuando no se cumplan dichos límites, sin que este ajuste modifique la verificación de desplazamientos laterales.

e) Desplazamientos laterales y derivas admisibles

El Artículo 31 de la Norma E.030 establece que los desplazamientos laterales se determinan aplicando un factor de 0.75R al análisis elástico lineal para estructuras regulares y 0.85R para irregulares, cumpliendo siempre que las derivas

no superen el límite de 0.005 de distorsión angular establecido en su Tabla N°11.

Tabla 11

Límites máximos para distorsiones angulares o deriva de entrepiso

Material Predominante	(Δ_i/h_{ei})
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010

Fuente: SENCICO - Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”, 2018.

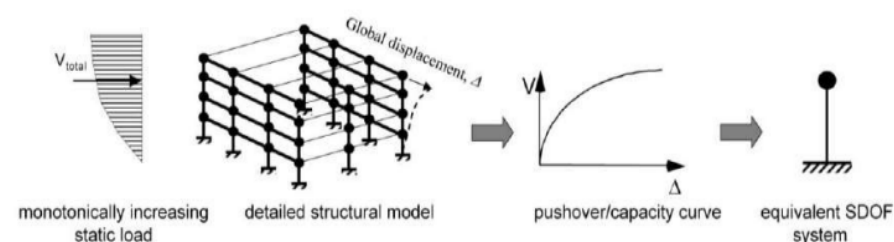
2.2.5. ANÁLISIS NO LINEAL DE ESTRUCTURAS

2.2.5.1. CONCEPTO DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL

El método de Análisis Estático No Lineal simplificado tiene como base fundamental la construcción de una curva de capacidad (Pushover), la cual representa la relación entre los desplazamientos laterales de la estructura y la fuerza aplicada en su base. Conforme a lo establecido en el ATC 40 (1996), esta metodología se sirve de una serie de análisis elásticos realizados de manera secuencial y superpuesta, con el objetivo de obtener un diagrama aproximado que describa el comportamiento global fuerza-desplazamiento.

Figura 7

Diagrama esquemático del análisis de un sistema SDOF equivalente derivado de una curva Pushover.



Fuente: FEMA 440 (2005)

2.2.5.2.ASPECTOS CLAVE PARA EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL

El estándar ASCE 41-13 (2013) especifica los criterios fundamentales para llevar a cabo un Análisis Estático No Lineal (AENL). Esta técnica aplica al modelo matemático de la estructura -que incorpora relaciones no lineales de fuerza-deformación en sus elementos- un patrón de cargas laterales incremental, análogo a las acciones sísmicas, hasta que se alcanza un desplazamiento objetivo previamente establecido.

Consideraciones generales:

- Establecer un gráfico de cortante basal vs. desplazamiento lateral en el nodo de control, cubriendo desde 0% hasta 150% del desplazamiento objetivo.
- Incluir cargas gravitacionales en el modelo, combinadas con fuerzas sísmicas.
- Representar la relación fuerza-deformación de cada componente para identificar zonas inelásticas.
- Modelar explícitamente el comportamiento no lineal de todos los elementos usando curvas envolventes que incluyan degradación y resistencia residual.

Nodo de control de desplazamiento:

- Ubicarse en el centro de masa del techo del último nivel.

Distribución del Patrón de Cargas Laterales:

- Aplicar la carga según patrón vertical proporcional a la deformada del modo principal en la dirección analizada.

Curva Fuerza-Desplazamiento

En el análisis estructural se idealiza la curva fuerza-desplazamiento para determinar la rigidez lateral efectiva (K_e) y resistencia de fluencia (V_f). La curva se inicia en el origen con pendiente K_e , calculada como rigidez secante correspondiente al 60% de V_f . La capacidad de fluencia no debe superar la cortante máxima real, mientras que el tramo post-fluencia presenta pendiente αK_e definida por el punto ($V_d, \Delta d$) y su intersección

con el primer segmento, buscando equivalencia de áreas con la curva original.

2.2.5.3.METODOLOGÍAS PARA EL MODELAMIENTO NO LINEAL DE ESTRUCTURAS

2.2.5.3.1. PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO

Los pórticos de concreto armado son sistemas estructurales formados por vigas y columnas conectadas rígidamente que trabajan en conjunto para resistir cargas gravitacionales y laterales mediante mecanismos de flexión y flexocompresión.

Diagrama momento-curvatura

El diagrama momento-curvatura permite evaluar la capacidad máxima a flexión (M_u), la curvatura última (ϕ_u), así como los valores de momento y curvatura de fluencia, los cuales pueden contrastarse con las exigencias del diseño estructural. Una ventaja clave de este análisis es la determinación de la ductilidad de curvatura (ϕ_μ) de la sección estudiada, parámetro esencial para evaluar su comportamiento ante cargas extrema.

Puntos clave del diagrama:

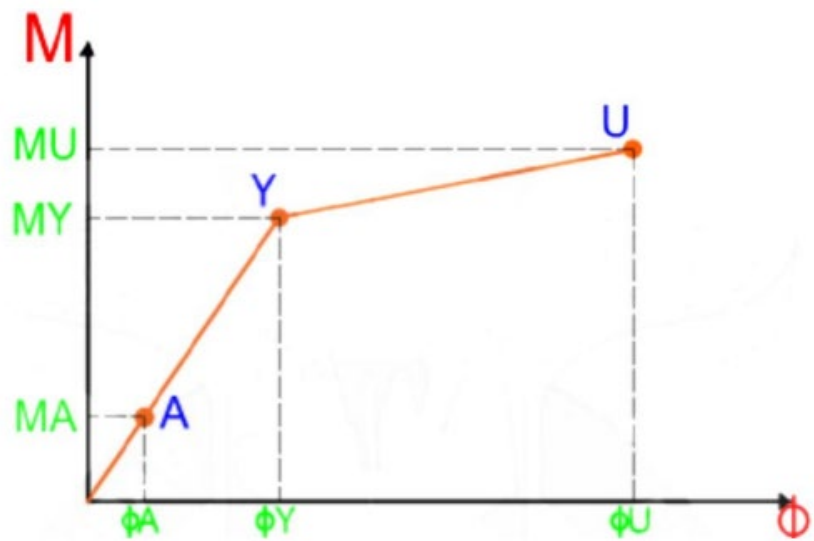
En la curva momento-curvatura de elementos de concreto armado, se identifican tres puntos críticos denominados A, Y, U, que representan:

- Punto A (Inicio de la fisuración): Corresponde al instante en que el concreto alcanza su resistencia máxima a tracción, generando las primeras fisuras en el elemento.
- . Punto Y (Fluencia del acero): Se define cuando el acero en tracción alcanza su límite de fluencia, marcando el final del comportamiento elástico lineal de la sección. La recta que une este punto con el origen representa la fase elástica del elemento.

- Punto U (Máximo) : Ocurre cuando el concreto llega a su deformación útil máxima en compresión o el acero alcanza su deformación de falla. Este punto no implica el colapso inmediato de la sección, sino la pérdida de capacidad portante progresiva (Aguiar, 2003).

Figura 8

Diagrama de momento curvatura de una sección de concreto armado



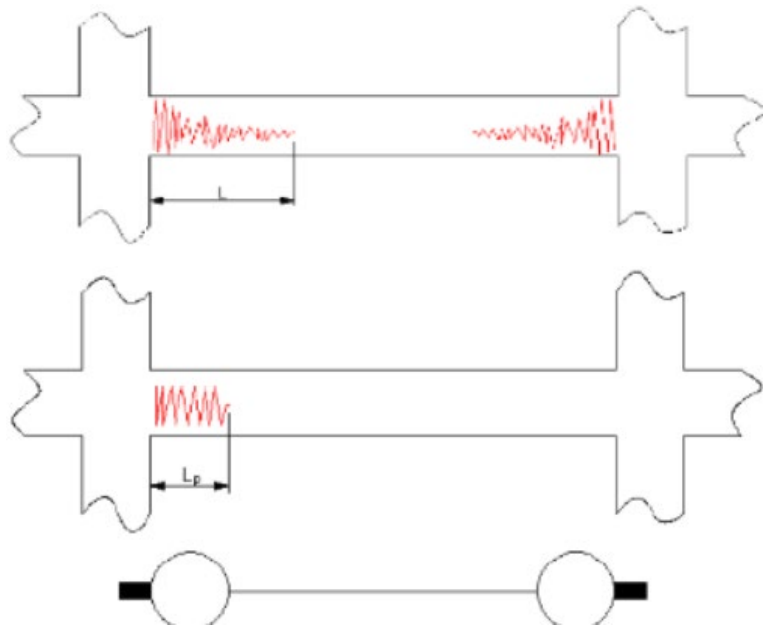
Fuente: (Aguiar, 2003)

Diagrama momento-rotación

A partir de la información del diagrama momento-curvatura, se construye la curva momento-rotación, definiendo esta última como el resultado de multiplicar la curvatura por la longitud efectiva de la rótula plástica (L_p), tal como especifican metodologías ampliamente validadas, entre ellas el ATC-40 (1996).

Figura 9

Formulación de rotulas plásticas en vigas

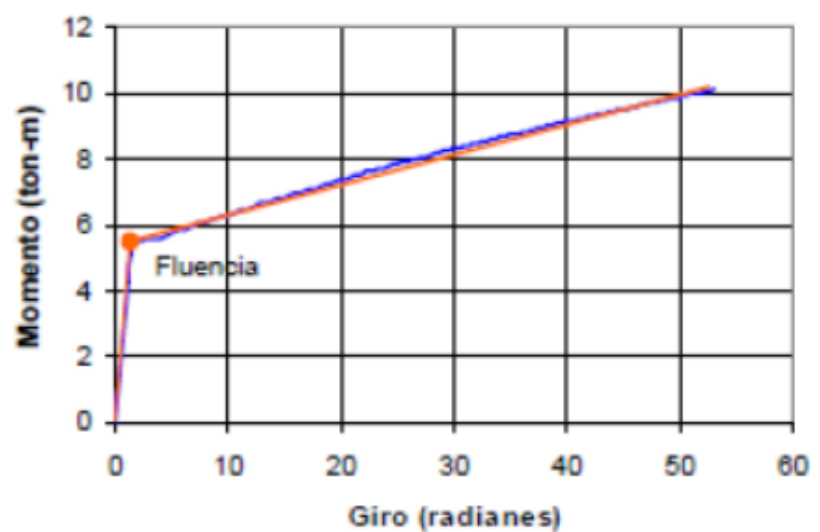


Fuente: (Otazzi, 2003)

Para convertir la relación momento-curvatura en una curva momento-rotación, es necesario multiplicar los valores de curvatura por la longitud efectiva de la rótula plástica (L_p). Este procedimiento permite obtener el diagrama momento-rotación a partir de los datos originales, como se muestra en la figura correspondiente.

Figura 10

Diagrama de momento-rotacional



Fuente: (Otazzi, 2003)

Rotulas plásticas

En la Figura 11, la curva 1 representa una simplificación del comportamiento de un elemento de concreto armado, suponiendo que este alcanza el punto A, donde la resistencia a tracción del acero coincide con su límite elástico, momento en que el elemento estructural pierde capacidad portante. Este fenómeno implica dos consideraciones:

- Momento límite (M_A) : Se adopta como valor de referencia, aunque representa una aproximación cercana al comportamiento real.
- Curvatura máxima (ϕ_A) : Se interpreta como el umbral teórico máximo, aunque esta hipótesis no garantiza precisión absoluta.

La no linealidad del comportamiento estructural se atribuye a fenómenos como el agrietamiento, la retracción y la fluencia del hormigón, los cuales introducen complejidad en el análisis.

Figura 11

Diagrama de momento-curvatura



Fuente: (Aguilar, 2003)

La curva 2 de la Figura 11 ilustra el comportamiento típico de una sección de concreto armado sometida a flexión bajo carga monotónica creciente. La relación lineal entre momento y curvatura solo se mantiene en una región inicial, donde las deformaciones están restringidas. El punto B marca el agrietamiento del concreto, tras el cual la curva mantiene cierta linealidad, pero con menor pendiente, atribuible a la reducción de la inercia (I) por fisuración. Al alcanzar el punto C, el acero llega a su límite elástico, generando un cambio drástico en la curva, que pasa por el momento máximo hasta el punto E, que representa el colapso. Aunque la diferencia en momentos máximos entre las curvas 1 y 2 es mínima, las deformaciones muestran mayor divergencia, con valores de curvatura ϕ_c frecuentemente superiores a ϕ_A (Aguilar, 2003).

Modelamiento no lineal a nivel de elemento según el ASCE 41-13

La modelación no lineal de los pórticos se realizará siguiendo el estándar ASCE 41-13 sobre evaluación sísmica y reforzamiento de edificaciones existentes, el cual especifica los parámetros para simular el comportamiento estructural y los criterios de aceptación para análisis no lineales.

A. MODELADO DE VIGAS

Según las directrices del diseño por capacidad, los elementos estructurales de concreto armado deben cumplir con la relación columna fuerte/viga débil para garantizar un comportamiento sísmico adecuado y evitar fallas frágiles durante eventos sísmicos.

Figura 12

Parámetros de aceptación del comportamiento no lineal en vigas de concreto armado

Conditions	Modeling Parameters ^a			Acceptance Criteria ^a		
	Plastic Rotation Angle (radians)		Residual Strength Ratio	Plastic Rotation Angle (radians)		
				Performance Level		
	a	b	c	IO	LS	CP
Condition i. Beams controlled by flexure ^b						
$\frac{V_{max}}{f_{ctd}}$	Transverse reinforcement ^c	$\frac{V_{max}}{f_{ctd}}$				
≤0.0	C	≤3 (0.25)	0.025	0.05	0.025	0.05
≤0.0	C	≥6 (0.5)	0.02	0.04	0.02	0.04
≥0.5	C	≤3 (0.25)	0.02	0.03	0.02	0.03
≥0.5	C	≥6 (0.5)	0.015	0.02	0.015	0.02
≤0.0	NC	≤3 (0.25)	0.02	0.03	0.02	0.03
≤0.0	NC	≥6 (0.5)	0.01	0.015	0.01	0.015
≥0.5	NC	≤3 (0.25)	0.01	0.015	0.01	0.015
≥0.5	NC	≥6 (0.5)	0.005	0.01	0.005	0.01
Condition ii. Beams controlled by shear ^b						
Stirrup spacing ≤ d/2		0.0030	0.02	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing > d/2		0.0030	0.01	0.0015	0.005	0.01
Condition iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span ^b						
Stirrup spacing ≤ d/2		0.0030	0.02	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing > d/2		0.0030	0.01	0.0015	0.005	0.01
Condition iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint ^b						
		0.015	0.03	0.01	0.02	0.03

Fuente: ASCE 41-13

B. MODELADO DE COLUMNAS

Las columnas, sometidas a esfuerzos combinados de compresión axial y flexión, requieren la selección de una rótula plástica del tipo P-M2-M3. Este modelo considera la interacción entre momentos flectores y cargas axiales, permitiendo simular la formación de rótulas plásticas que definen mecanismos de falla dúctil.

Figura 13

Parámetros de aceptación del comportamiento no lineal en columnas de concreto armado

Modeling Parameters	Acceptance Criteria		
	Plastic Rotation Angle (radians)		
	Performance Level		
Plastic Rotation Angles, a and b (radians)			
Residual Strength Ratio, c	IO	LS	CP
Columns not controlled by inadequate development or splicing along the clear height ^a			
$a = \left(0.042 - 0.043 \frac{N_{UD}}{A_g f_{cE}} + 0.63 p_t - 0.023 \frac{V_{yE}}{V_{col(OE)}} \right) \geq 0.0$	0.15 a ≤ 0.005	0.5 b ^b	0.7 b ^b
For $\frac{N_{UD}}{A_g f_{cE}} \leq 0.5$ $b = \frac{0.5}{5 + \frac{N_{UD}}{0.8 A_g f_{cE}}} \frac{1}{p_t f_{yIE}} - 0.01 \geq a^a$			
$c = 0.24 - 0.4 \frac{N_{UD}}{A_g f_{cE}} \geq 0.0$			
Columns controlled by inadequate development or splicing along the clear height ^c			
$a = \left(\frac{1}{8} \frac{p_t f_{yIE}}{f_{cE}} \right) \geq 0.0$	0.0	0.5 b	0.7 b
$b = \left(0.012 - 0.085 \frac{N_{UD}}{A_g f_{cE}} + 12 p_t \right) \geq a$			
$c = 0.15 + 36 p_t \leq 0.4$			

Fuente: ASCE 41-13

2.2.5.3.2. ALBAÑILERÍA CONFINADA

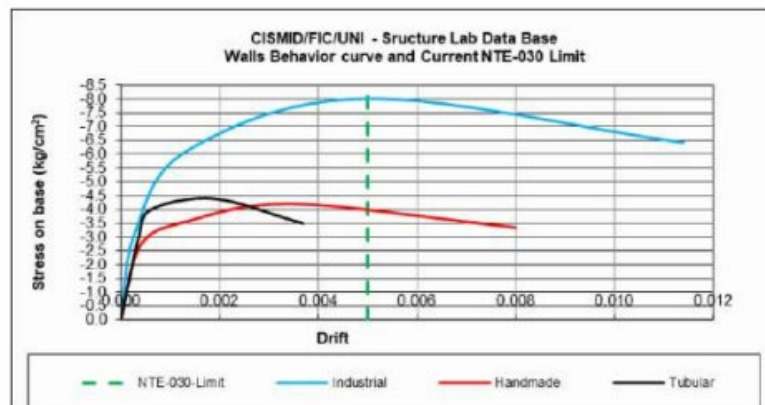
El comportamiento no lineal en sistemas de mampostería se fundamenta en dos investigaciones:

Damage Limit States for Confined Masonry Walls Based on Experimental Test (Zavala, Diaz, Flores, & Cardenas, 2019), Development of Analytical Models for Confined Masonry Walls Based on Experimental Results in Lima City (Diaz, Zavala, Flores, & Cardenas, 2019)

En este artículo inicial, se analizaron datos experimentales de muros de albañilería fabricados con ladrillos industriales, artesanales y tubulares, derivando tres modelos gráficos que caracterizan la respuesta estructural de estos sistemas ante cargas verticales y laterales.

Figura 14

Grafica que representa el comportamiento de 3 tipos de muros de albañilería



Fuente: Díaz, Z., Zavala, C., Flores, M., & Cárdenas, J. (2019). Desarrollo de Modelos Analíticos para Muros de Albañilería Confinada Basados en Resultados Experimentales en la Ciudad de Lima.

La Figura 14 ilustra el límite de distorsión angular o deriva establecido para sistemas de albañilería confinada en la Norma E.030 "Diseño Sismorresistente" (SENCICO, 2018), el cual actúa como umbral crítico para diferenciar

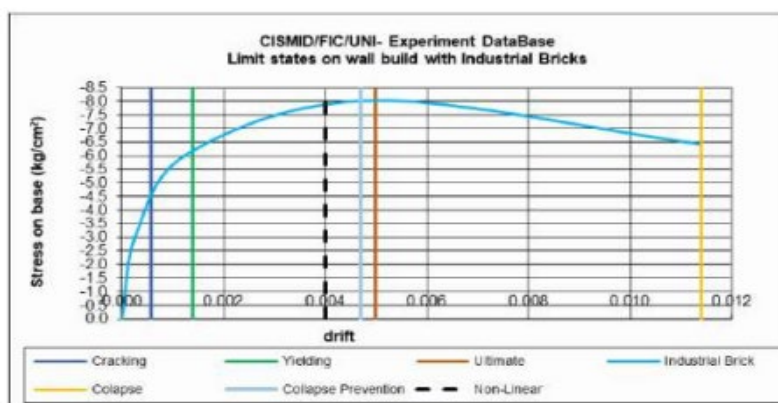
entre estructuras reparables y aquellas en riesgo de colapso o prevención de colapso. Según estudios experimentales, solo los muros fabricados con unidades industriales macizas cumplen con este parámetro normativo (0.005 radianes o 1/200), mientras que sistemas constructivos con otros tipos de ladrillos (artesanales, huecos o tubulares) requieren evaluaciones específicas para determinar sus propios umbrales de seguridad.

Para delimitar los intervalos de comportamiento en el rango no lineal (entre fluencia y colapso), se definen los siguientes estados límite:

- Colapso (C): Abarca desde el pico de resistencia hasta el colapso total.
- Prevención de Colapso (CP): Abarca desde el límite de falla inminente hasta alcanzar la máxima capacidad resistente.
- Seguridad de Vida (LS): Cubre el rango entre el daño no lineal avanzado y el límite anterior al colapso.
- Ocupación Inmediata (IO): Corresponde al rango desde la fluencia inicial hasta el inicio del daño no lineal moderado.
- Operatividad (O): Aplica cuando la estructura permanece en régimen elástico, sin alcanzar la fluencia

Figura 15

Niveles de degradación en muros construidos con ladrillo Industrial



Fuente: Díaz, Z., Zavala, C., Flores, M., & Cárdenas, J. (2019). Desarrollo de Modelos Analíticos para Muros de Albañilería Confinada Basados en Resultados Experimentales en la Ciudad de Lima.

Tabla 12

Distorsiones angulares o derivas para sistemas de albañilería con ladrillo Industrial

Cracking	yielding	Nonlinear	NTE-0.30
0.0006	0.0014	0.004	0.0050
1/1754	1/714	1/250	1/200
NTE.0.30	Collapse P	Ultimate	Collapse
0.005	0.0047	0.0114	0.0200
1/200	1/212	1/88	1/50

Fuente: Damage Limit States for Confined Masonry Walls Based on Experimental Test (Zavala, Diaz, Flores, & Cardenas, 2019).

Figura 16

Zonas de delimitación inelástica de muros con ladrillo Industrial

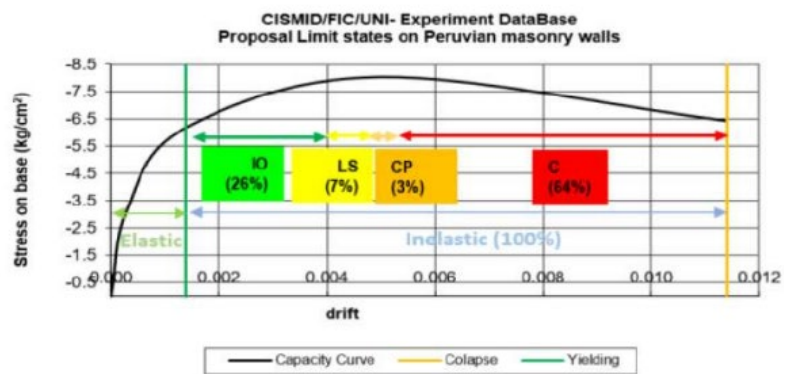
Limit State	Range %
C	64.0%
CP	3.0%
LS	7.0%
IO	26.0%
O	—

Fuente: Díaz, Z., Zavala, C., Flores, M., & Cárdenas, J. (2019). Desarrollo de Modelos Analíticos para Muros de Albañilería Confinada Basados en Resultados Experimentales en la Ciudad de Lima.

La Figura 14 presenta la relación esfuerzo-deformación de muros fabricados con ladrillos industriales, donde se incluyen las derivas asociados a los estados de daño en la Tabla 14. Por otro lado, los intervalos de los estados límite en el rango no lineal (C, CP, LS, IO) pueden observarse en la Figura 15.

Figura 17

Ejemplo de rango de los estados de daño



Fuente: Díaz, Z., Zavala, C., Flores, M., & Cárdenas, J. (2019). Desarrollo de Modelos Analíticos para Muros de Albañilería Confinada Basados en Resultados Experimentales en la Ciudad de Lima.

La Figura 17 ejemplifica la aplicación de intervalos de daño en una curva de capacidad estructural, segmentando la zona no lineal en subrangos asociados a cada estado límite (C, CP, LS, IO). Esta metodología se emplea en análisis Pushover para simular la respuesta progresiva de la estructura bajo carga lateral, permitiendo evaluar su desempeño sísmico según criterios de seguridad y reparabilidad.

Este segundo artículo propone modelos predictivos para curvas de capacidad y ciclos de histéresis en muros

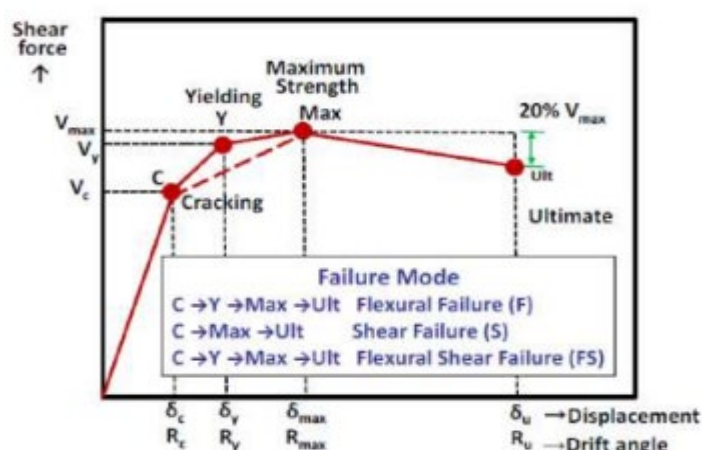
de albañilería confinada con ladrillos industriales, artesanales y tubulares. Un modelo tetralineal, ajustado mediante datos experimentales, permite generalizar el comportamiento estructural considerando parámetros clave como:

- Esfuerzo promedio de corte
- Porcentaje de armadura en direcciones transversal y longitudinal
- Coeficiente de esbeltez
- Fuerza axial aplicada

La curva de capacidad se caracteriza por cuatro etapas fundamentales: inicio de la fisuración, deformación plástica, resistencia pico y colapso, de acuerdo con metodologías validadas en el ámbito de la dinámica no lineal (con base en los estándares FEMA 356 y ASCE/SEI 41).

Figura 18

Grafica Tetra-lineal de la curva de capacidad de un sistema de albañilería



Fuente: Díaz, Z., Zavala, C., Flores, M., & Cárdenas, J. (2019). Desarrollo de Modelos Analíticos para Muros de Albañilería Confinada Basados en Resultados Experimentales en la Ciudad de Lima.

La formulación sugerida permite incorporar el comportamiento no lineal de la albañilería confinada en modelos matemáticos, considerando ratios de esfuerzo cortante en puntos críticos: agrietamiento (τ_{cr}/F_m), fluencia (τ_y/F_m), máximo (τ_m/F_m) y último (τ_u/F_m). Los datos experimentales se agruparon según estos parámetros, con un rango de esbeltez (λ) entre 0.6 y 1.3. Aunque no se identificó una tendencia clara con λ , se destaca que la aplicabilidad de la formulación está limitada al intervalo estudiado.

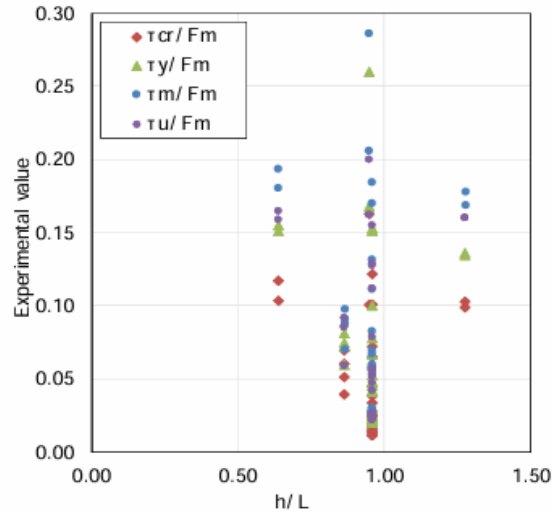
De este modo, el modelo propuesto permite integrar la respuesta no lineal de sistemas de mampostería confinada en simulaciones matemáticas. Los datos experimentales se normalizaron mediante parámetros adimensionales, definidos como:

- Relación (τ_{cr}/F_m), esfuerzo cortante en agrietamiento,
- Relación (τ_y/F_m), esfuerzo cortante en fluencia,
- Relación (τ_m/F_m), esfuerzo cortante máximo), y
- Relación (τ_u/F_m), esfuerzo cortante último.

El intervalo de esbeltez evaluado experimentalmente se encuentra entre 0.6 y 1.3 no mostró una correlación significativa con los estados de daño. Sin embargo, la formulación desarrollada debe restringirse a este rango para garantizar validez.

Figura 19

Relación entre los índices o ratios de esfuerzo y esbeltes

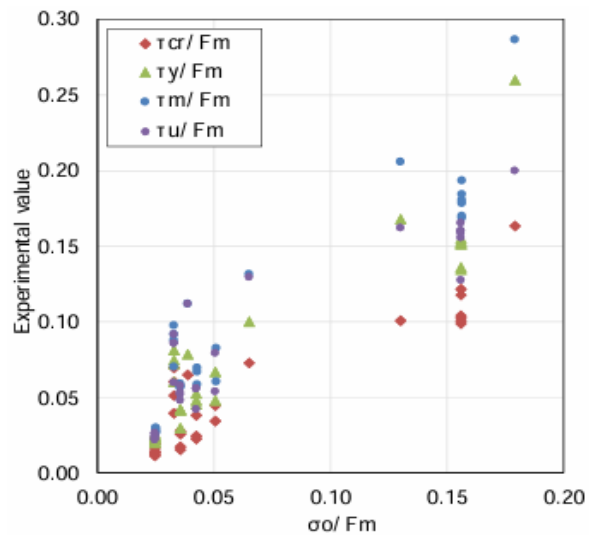


Fuente: Díaz, Z., Zavala, C., Flores, M., & Cárdenas, J. (2019). Desarrollo de Modelos Analíticos para Muros de Albañilería Confinada Basados en Resultados Experimentales en la Ciudad de Lima.

La Figura 19 presenta la correlación entre los valores experimentales de la relación de cortante y la relación de esfuerzo axial. Se observa un comportamiento definido en esta correlación, considerando que, como es conocido, un aumento de la carga axial en muros con adecuado confinamiento genera un incremento tanto en la resistencia como en la ductilidad.

Figura 20

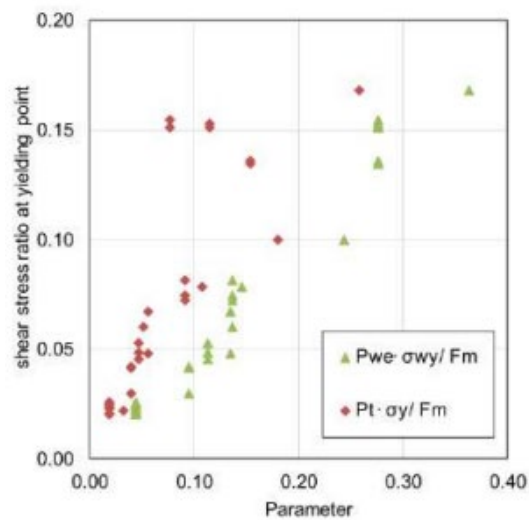
Relación entre ratio de esfuerzo de corte y parámetros de refuerzo en el punto de Agrietamiento



Fuente: Díaz, Z., Zavala, C., Flores, M., & Cárdenas, J. (2019). Desarrollo de Modelos Analíticos para Muros de Albañilería Confinada Basados en Resultados Experimentales en la Ciudad de Lima.

Figura 21

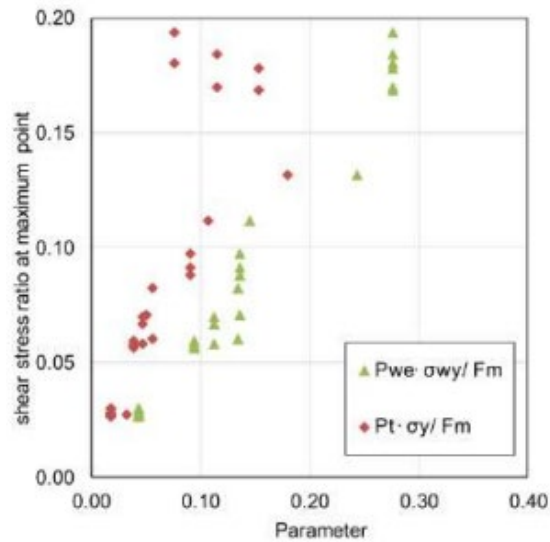
Relación entre ratio de esfuerzo de corte y parámetros de refuerzo en el punto de Fluencia



Fuente: Díaz, Z., Zavala, C., Flores, M., & Cárdenas, J. (2019). Desarrollo de Modelos Analíticos para Muros de Albañilería Confinada Basados en Resultados Experimentales en la Ciudad de Lima.

Figura 22

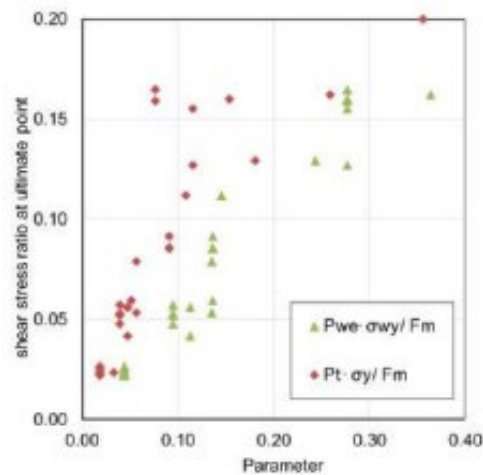
Relación entre ratio de esfuerzo de corte y parámetros de refuerzo en el punto Máximo



Fuente: Díaz, Z., Zavala, C., Flores, M., & Cárdenas, J. (2019). Desarrollo de Modelos Analíticos para Muros de Albañilería Confinada Basados en Resultados Experimentales en la Ciudad de Lima.

Figura 23

Relación entre ratio de esfuerzo de corte y parámetros de refuerzo en el punto Último



Fuente: Díaz, Z., Zavala, C., Flores, M., & Cárdenas, J. (2019). Desarrollo de Modelos Analíticos para Muros de Albañilería Confinada Basados en Resultados Experimentales en la Ciudad de Lima.

Las Figuras 20 a 23 muestran la correlación entre los ratios de cortante en los estados límite (agrietamiento, fluencia, máximo y último) y los parámetros de refuerzo,

específicamente los ratios normalizados de acero longitudinal ($P_t \cdot \sigma_y / F_m$) y transversal ($P_{we} \cdot \sigma_{wy} / F_m$). Se observó una tendencia definida entre estas variables, la cual se optimizó mediante la linealización del ratio de acero longitudinal aplicando un exponente de 0.7. La formulación desarrollada en esta investigación incorporó simultáneamente los ratios de acero longitudinal, transversal y de esfuerzo axial para mejorar la precisión en la predicción del comportamiento estructural.

$$\frac{\tau}{F_m} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{P_t \sigma_y}{F_m} \right)^{0.7} + \beta_2 \left(\frac{p_{we} \sigma_{wy}}{F_m} \right) + \beta_3 \left(\frac{\sigma_0}{F_m} \right)$$

Donde:

h : Altura del muro.

L : Longitud del muro

i : Longitud efectiva del muro ($\approx 0.9L$)

P_t : Longitud del muro ($a_t / t \cdot l$)

P_{we} : Ratio de refuerzo lateral ($a_w / t \cdot sep \leq 0.012$)

a_t : Área de la sección del refuerzo a tensión de la columna.

a_w : Área de la sección del refuerzo a horizontal de la columna.

a_y : Esfuerzo de fluencia de las varillas transversales de la columna.

σ_{wy} : Esfuerzo de fluencia de las varillas transversales de la columna.

σ_0 : Esfuerzo axial.

F_m : Capacidad resistente a compresión axial de una pila de albañilería.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficiente de la formulación propuesta.

Tabla 13

Coeficientes de la formulación propuesta

Coeficiente	Agrietamiento	Fluencia	Máximo	Último
β_0	0.000	0.000	0.000	0.000

β_1	0.000	0.000	0.054	0.221
β_2	0.249	0.426	0.432	0.077
β_3	0.221	0.175	0.290	0.503

Fuente: Díaz, Z., Zavala, C., Flores, M., & Cárdenas, J. (2019). Desarrollo de Modelos Analíticos para Muros de Albañilería Confinada Basados en Resultados Experimentales en la Ciudad de Lima.

Como complemento a la formulación establecida, se incorporaron los valores característicos de deriva correspondientes a cada estado límite (agrietamiento, fluencia, resistencia máxima y capacidad última), tomando en consideración la tipología del ladrillo empleado en la construcción (industrial, artesanal o tubular).

Tabla 14

Derivas características en función del tipo de ladrillo

Tipo de Ladrillo	Agrietamiento	Fluencia	Máximo	Último
Industrial	0.006	0.017	0.076	0.117
Artesanal	0.004	0.013	0.035	0.080
Tubular	0.004	0.006	0.019	0.037

Fuente: Díaz, Z., Zavala, C., Flores, M., & Cárdenas, J. (2019). Desarrollo de Modelos Analíticos para Muros de Albañilería Confinada Basados en Resultados Experimentales en la Ciudad de Lima.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Coefficiente de reducción sísmica (R): El coeficiente de reducción sísmica (R) es un parámetros introducido por el ATC-40 que se utiliza para reducir la fuerza dinámica y permitir que la estructura incurse en el comportamiento inelástico sin llegar a colapsar y con valores de (R) propios para cada sistema estructural.

Comportamiento elástico lineal: Un material exhibe comportamiento elástico cuando recupera su geometría original tras retirar las cargas aplicadas. Si, adicionalmente, la relación tensión-deformación sigue una proporcionalidad directa, se define como comportamiento elástico lineal, correspondiente al rango donde ambas variables mantienen una dependencia matemática lineal.

Comportamiento no lineal: Este fenómeno ocurre cuando el material supera su rango elástico, ingresando a la fase plástica. En esta etapa, incrementos mínimos de carga generan deformaciones desproporcionadas, hasta alcanzar la resistencia última del material y culminar en su fractura.

Curva de capacidad: El gráfico ilustra la relación entre el desplazamiento lateral de la estructura y la fuerza aplicada en su base, según el estándar ATC-40 del Applied Technology Council (1996).

Deriva: Es la relación entre el desplazamiento lateral relativo entre dos pisos consecutivos y la altura del nivel en el que ocurre, empleada para evaluar la rigidez y estabilidad de una estructura frente a cargas laterales (como sismos).

Ductilidad R_d : Representa la reducción en la respuesta sísmica debido a la acción inelástica de la estructura.

Espectro: El espectro de respuesta sísmica es una representación gráfica o matemática que cuantifica la máxima respuesta estructural (desplazamientos, velocidades o aceleraciones) ante un movimiento telúrico específico, en función del periodo natural de vibración y amortiguamiento de un sistema

Espectro elástico: Representa la aceleración espectral máxima (S_a) en función del periodo estructural (T), determinada por los parámetros de zona sísmica, uso, tipo de suelo y periodo fundamental de la estructura según la Norma E.030.

Espectro inelástico: Se refiere a los valores máximos de la fuerza restitutiva en la respuesta estructural, los cuales se derivan del espectro

elástico al dividirlo por el factor de reducción de respuesta sísmica. La representación gráfica característica relaciona la aceleración espectral (S_a) con el periodo (T).

Periodo fundamental: Corresponde al tiempo requerido por la estructura para completar un ciclo completo de vibración libre, desplazando la masa significativa del sistema desde su punto de máximo desplazamiento hasta retornar a la posición de equilibrio.

Edificaciones mixtas: Las edificaciones mixtas o híbridas son estructuras que presentan en su configuración estructural la combinación de dos sistemas estructuras, que son de muros de albañilería y pórticos de concreto armado.

Sobrerresistencia R_o : Representa resistencia adicional no considerada en el diseño, depende en parte del material y en parte del sistema estructural.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El coeficiente de reducción sísmica (R) en edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, se determina mediante análisis estático no lineal, donde la sobrerresistencia (R_o) y ductilidad (R_d) definen su comportamiento estructural, generando valores que superan los parámetros de sistemas puros establecidos en la Norma E.030, con coherencia técnica validada.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA

- Las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, presentan un comportamiento estructural integral frente a cargas sísmicas, garantizando un adecuado desempeño frente a eventos sísmicos.
- El factor ductilidad (R_d) de las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, se determina de manera efectiva mediante el

análisis estático no lineal, mostrando valores que reflejen su capacidad de deformación plástica antes de la falla.

- El factor de sobrerresistencia (R_o) de las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, se cuantifica mediante el análisis estático no lineal, evidenciando la capacidad de estas estructuras para soportar cargas superiores a las consideradas en el diseño.
- Los valores de (R) obtenidos mediante análisis estático no lineal en sistemas mixtos en Huánuco, 2024, se ubicarán dentro de los límites establecidos por los componentes estructurales puros según la Norma E.030, evidenciando coherencia con el comportamiento mixto esperado.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Coeficiente de reducción sísmica (R).

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 15

Operacionalización de variables

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE (X): Edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado	Las edificaciones mixtas o híbridas en ámbito nacional están enmarcadas en la combinación de dos sistemas estructurales que para investigaciones consta de pórticos de concreto armado y muros de albañilería confinada.	Las edificaciones mixtas de la investigación tienen la características de poseer muros y pórticos en un eje de análisis y pórticos en el eje transversal.	Muros de albañilería confinada Pórticos de concreto armado	Densidad de muros Numero de pórticos de ejes estructurales
VARIABLE DEPENDIENTE (Y): Coeficiente de Reducción Sísmicas (R)	El coeficiente de reducción sísmica (R) es un parámetros introducido por el ATC-40 que se utiliza para reducir la fuerza dinámica y permitir que la estructura incursione en el comportamiento inelástico sin llegar a colapsar y con valores de (R) propios para cada sistema estructural.	Para obtener los parámetros necesarios se realizará un análisis estático no lineal push-over a las edificaciones en estudio, obtener la curva de capacidad.	Factor por ductilidad (R_d) Factor de Sobrerresistencia (R_0)	Cortante elástica V_E Cortante máximo V_M Cortante máximo V_M Cortante de diseño V_S

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN (REFERENCIAL)

La investigación de tipo aplicada se basa en los hallazgos y aportes teóricos de la investigación básica y tiene como objetivo generar nuevos conocimientos que puedan ser aplicados en la práctica y que beneficien a la sociedad (Carrasco, 2015).

Este estudio busca generar evidencia técnica de aplicación práctica en ingeniería estructural mediante la cuantificación del factor de reducción sísmica (R) en sistemas mixtos de albañilería confinada y pórticos de concreto, con el objetivo de optimizar los diseños y garantizar la selección adecuada del coeficiente según criterios de seguridad y eficiencia constructiva.

3.1.1. ENFOQUE

La investigación adoptó un enfoque metodológico de carácter cuantitativo, ya que su objetivo central fue el cálculo del coeficiente de reducción sísmica (R). Este cálculo se realizó aplicando el método de análisis estático no lineal a estructuras existentes en la ciudad de Huánuco que presentan sistemas mixtos de albañilería confinada y pórticos de concreto armado.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Este estudio se enmarcó en un enfoque descriptivo para analizar el coeficiente de reducción sísmica (R) en sistemas estructurales mixtos compuestos por muros de albañilería confinada y pórticos de concreto armado. El análisis estático no lineal (pushover) constituyó la metodología principal empleada en la investigación.

3.1.3. DISEÑO

La investigación se ajustó a un diseño no experimental de corte transversal, dado que las variables analizadas no fueron objeto de manipulación por parte del investigador. Esta metodología, que según

(Sampieri, 2014) posee un carácter descriptivo, permitió recopilar datos en un momento temporal específico con la finalidad de caracterizar las variables de estudio y analizar su interrelación dentro de un contexto determinado.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Según, Lohr (2019) define la población de estudio como el conjunto global de unidades de análisis (personas, objetos, eventos u otros) que comparten características esenciales y son relevantes para la investigación, destacando que su magnitud y composición pueden ser considerablemente diversas.

La población del estudio estuvo conformada por todas las edificaciones que utilizaron un sistema estructural mixto de albañilería confinada y pórticos de concreto armado. El criterio de selección incluyó aquellas destinadas exclusivamente a uso residencial, con una altura de tres niveles o más, y que estuvieron ubicadas en los distritos de Amarilis y Pilco Marca, en la provincia de Huánuco.

3.2.2. MUESTRA

Según Lohr (2019) señala que la muestra constituye una porción seleccionada de la población cuyas características permiten inferir comportamientos del conjunto total con validez metodológica.

La muestra del estudio quedó constituida por dos edificios residenciales de 4 y 5 pisos, ubicados en los distritos de Amarilis y Pilco Marca (Huánuco), contruidos con sistema estructural mixto (muros de albañilería confinada y pórticos de concreto armado). Su selección respondió a un muestreo no probabilístico intencional, priorizando el acceso a expedientes técnicos completos como criterio determinante.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica empleada para obtención de datos en esta investigación fue la observación, y como instrumento se utilizaron registros en fichas.

- Recolección de datos (según los instrumentos de procesamiento de datos - fichas de campo)
- Recolección de datos (según los de estudios de Zonificación sísmica-geotécnica).
- Generación de información mediante software de cómputo.
- En este estudio, se emplearon fichas de campo para determinar el comportamiento no lineal de muros de albañilería.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para la presentación de datos previo al modelamiento no lineal, se determinaron las curvas tetralineales (curvas de capacidad) de los muros de albañilería mediante fichas de campo, utilizando el software CSI ETABS, ya que este insumo es requisito para el análisis. Posteriormente, se realizó el modelamiento no lineal de la vivienda, obteniéndose las gráficas de espectro de capacidad y demanda con el software SAP2000 para calcular el coeficiente de reducción sísmica.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para el procesamiento e interpretación de los datos recopilados en el estudio relacionado con la valoración del coeficiente de reducción sísmica (R), se emplearon técnicas y criterios de comparación basados en análisis convencionales, como los siguientes:

- Gráficas de la curva de capacidad aplicadas a estructuras que cuentan con un sistema estructural mixto, conformado por pórticos de concreto armado y muros de albañilería.
- Representación de curva y espectro de demanda y capacidad.
- Espectro elástico e inelástico

Para la interpretación con representaciones graficas mencionadas se utilizó el software Excel como herramienta final.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. ARQUITECTURA TÍPICA

Las edificaciones que han sido estudiadas son de cuatro y cinco niveles respectivamente, concebida con un sistema estructural mixto en la longitud mayor del predio debido a los linderos laterales, mientras que en la dirección corta presenta un sistema estructural de pórticos de concreto armado. En cuanto al aspecto arquitectónico podemos decir que la vivienda N° 01 fue destinado para servir como un edificio de vivienda multifamiliares, mientras que la vivienda N° 02 el primer nivel está destinado para fines de laboratorio de suelos y lo niveles superiores de uso de vivienda multifamiliar.

Alguna características similares de las edificaciones estudiadas son el aprovechamiento para la colocación de muros de albañilería en el perímetro lateral debido a los linderos. Cabe destacar que este diseño es propio de estas estructuras, condicionado parcialmente por su ubicación geográfica, generando una rigidez estructural significativamente mayor en un eje principal frente a la dirección transversal.

Figura 24

Vista de viviendas estudiadas con sistema estructural mixto N° 02, 01.

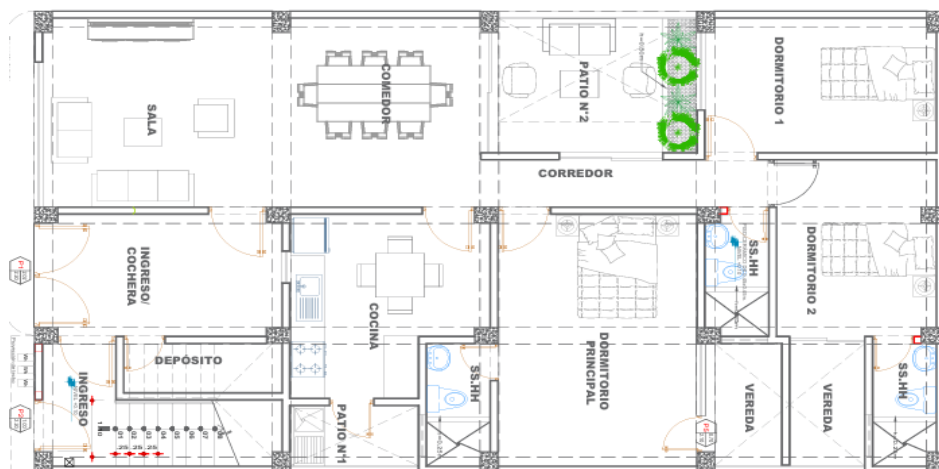




Como nota adicional se comenta que la vivienda N° 02 está en proceso de construcción, hasta la fecha de presentación del trabajo, la vivienda cuenta con un primer nivel construido con proyección de cuatro niveles, la selección fue debido la obtención del expediente de la edificación y la facilidad de realización de los estudios (Ensayo SPT). A continuación, se presentan las plantas arquitectónicas típicas de la viviendas estudiadas, cabe mencionar que los planos a mayor detalle se presentan en los anexos.

Figura 25

Vista de vivienda N 01 estudiadas con sistema estructural mixto con tres ejes a porticados



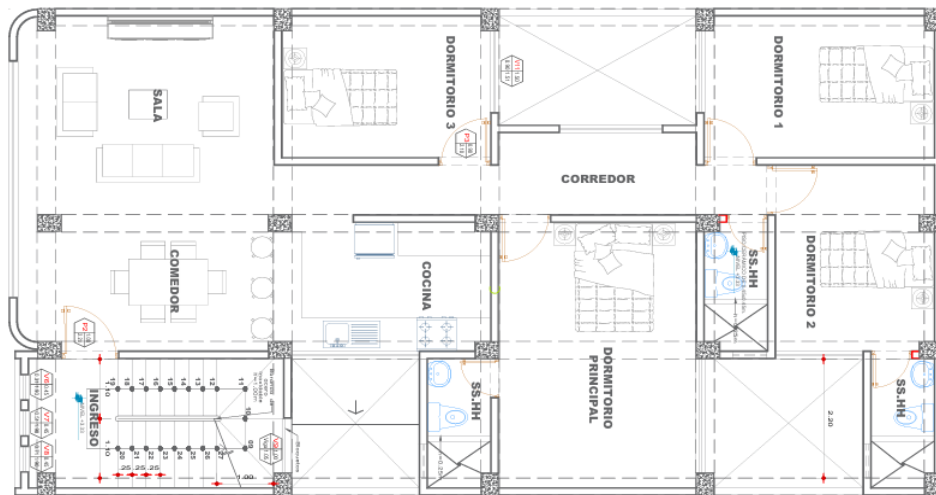
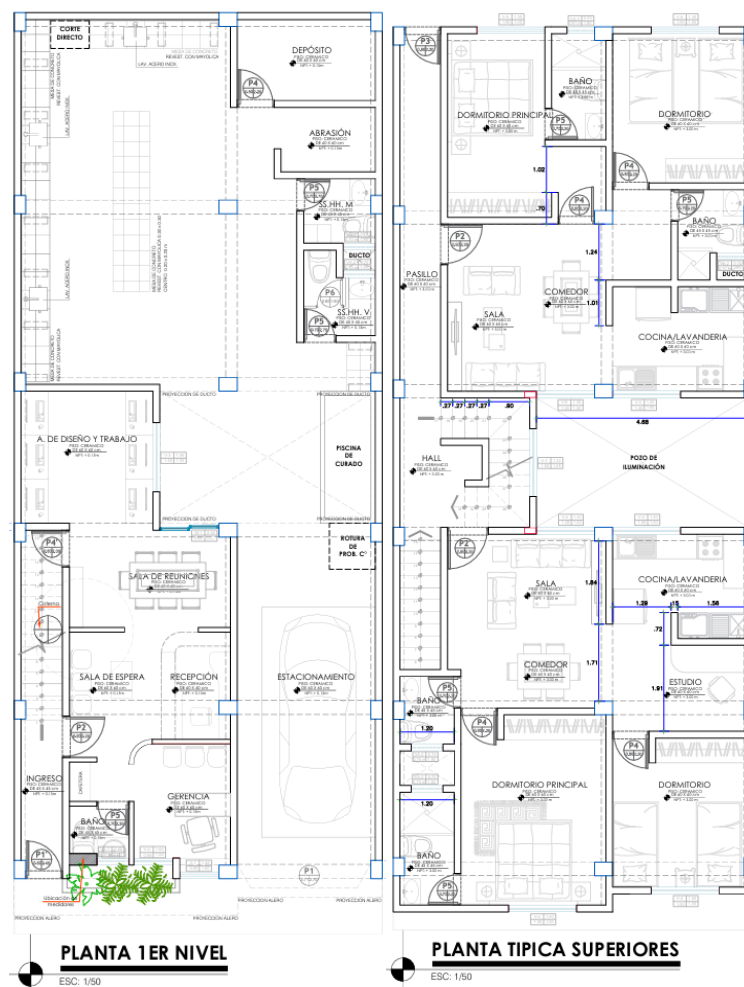


Figura 26

Vista de vivienda N° 02 estudiadas con sistema estructural mixto con tres ejes a porticados



4.1.2. CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DEL SUELO (ZONIFICACIÓN SÍSMICA)

4.1.2.1.OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA

El estudio de zonificación sísmica tiene como objetivo clasificar los suelos en categorías S0, S1, S2 y S3 según la Norma E030 de Diseño Sismorresistente, para evaluar su comportamiento ante sismos.

La importancia de este estudio radica en garantizar la seguridad estructural, minimizar daños durante terremotos y apoyar la planificación urbana. La clasificación permite identificar suelos que amplifican las ondas sísmicas, ayudando a implementar medidas de mitigación y diseñar edificaciones adecuadas para resistir movimientos sísmicos, protegiendo vidas y bienes materiales.

4.1.2.2.UBICACIÓN DE LAS VIVIENDAS

▪ VIVIENDA N° 01

- Lugar: Jr. Micaela Bastidas N°816.
- Distrito: Amarilis.
- Provincia: Huánuco.
- Departamento: Huánuco.

▪ VIVIENDA N° 02

- Lugar: Sector Quilla Rumi Cayhayna.
- Distrito: Pilco marca.
- Provincia: Huánuco.
- Departamento: Huánuco.

4.1.2.3.TRABAJO DE CAMPO Y RESULTADOS

Para evaluar el subsuelo se empleó el SPT. El procedimiento fue registrar el número de golpes necesarios para hincar el muestreador una distancia prefijada; ese registro es el N. Se hicieron mediciones en distintas estaciones y a varias

profundidades. Con ello se obtuvo el perfil estratigráfico y se infirieron resistencia y densidad, parámetros que luego se usan en el cálculo sísmico y en la definición de cimentaciones. Los datos se presentan en tablas y gráficos según profundidad y localización.

Dado que el entorno urbano dificultó la ejecución del SPT en todos los puntos, se aplicó únicamente en la Vivienda N° 02. Para la Vivienda N° 01 se tomaron como referencia los parámetros del informe geotécnico existente.

Tabla 16

Resumen de ensayos para la obtención de parámetros sísmicos

Descripción	Tipo de Ensayo	Parámetros Sísmico del Suelo
Vivienda N° 01	Calicata	Zona sísmica: 2 Tipo de perfil del suelo:
		S2 Suelos Intermedios
		Factor del suelo (S): S = 1.20
		Periodo T _P (s): T _P (s) = 0.6
		Periodo T _L (s): T _L (s) = 2.0
Vivienda N° 02	SPT	Zona sísmica: 2 Tipo de perfil del suelo:
		S2 Suelos Intermedios
		Factor del suelo (S): S = 1.20
		Periodo T _P (s): T _P (s) = 0.6
		Periodo T _L (s): T _L (s) = 2.0

4.1.3. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

4.1.3.1. MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

En el marco del estudio desarrollado, se ha efectuado una evaluación de la densidad mínima de muros estructurales, con el objetivo de determinar si estos cumplen o no con los parámetros exigidos por la normativa E0.70 de Albañilería. Dicha norma establece los criterios necesarios para validar el uso de muros de albañilería confinada como sistema estructural.

$$\frac{\text{Area de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Area de la Planta Tipica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

En el contexto analítico, los coeficientes Z, U y S representan los factores correspondientes a la zona sísmica, la categoría de importancia de la edificación y las condiciones del suelo, respectivamente, establecidos en la norma técnica NTE E.030 de Diseño Sismorresistente.

Z : 0.25 Factor de zona sísmica
 U : 1.00 Categoría o importancia de la edificación
 S : 1.20 Factor de suelo
 N : 05 Número de pisos
 Ap: 155.25 m² Área de la planta típica

$$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = \frac{0.25 * 1.00 * 1.20 * 5}{56} = 0.02679$$

Tabla 17

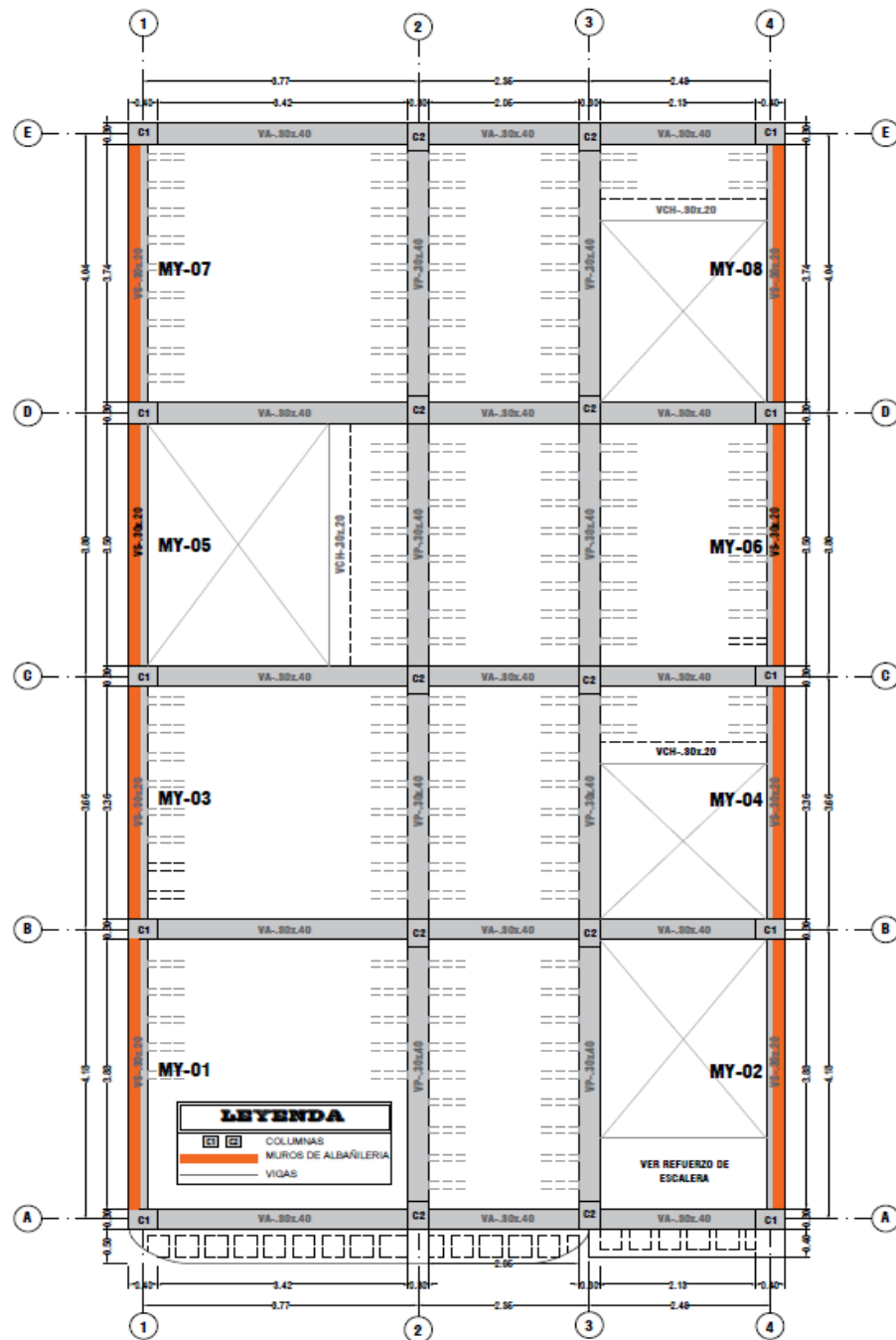
Densidad de muros albañilería confinada, Vivienda N° 01

PLANTA TÍPICA - 1° A 5° NIVEL			
Desc/ Nomenclatura	Long. (m)	Espesor (m)	L*t (m²)
MY-01	3.38	0.13	0.4394
MY-02	3.38	0.13	0.4394
MY-03	3.36	0.13	0.4368
MY-04	3.36	0.13	0.4368
MY-05	3.50	0.13	0.4550
MY-06	3.50	0.13	0.4550
MY-07	3.74	0.13	0.4862
MY-08	3.74	0.13	0.4862
ZUSN/56 =	0.02679	ΣLt/Ap =	0.0234

Nota: En la tabla se aprecia la verificación de densidad mínima de muros establecidos por la norma E.070 Albañilería.

Figura 27

Distribución de muros portantes de albañilería confinada, Vivienda N° 01



VIVIENDA N° 01: MUROS PORTANTES

Nota: En la figura se aprecia las distribución de los muros portantes de albañilería confinada para la vivienda N° 01

Se concluye que del análisis de densidad mínima de muros reforzados la Vivienda N° 01 no cumplen con este requisito normativo al encontrarse con 87.3% de la densidad de muros requerida.

Para la vivienda N° 02 tenemos lo siguiente:

Z : 0.25 Factor de zona sísmica
 U : 1.00 Categoría o importancia de la edificación
 S : 1.20 Factor de suelo
 N : 04 Número de pisos
 Ap: 141.79 m² Área de la planta típica

$$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = \frac{0.25 * 1.00 * 1.20 * 4}{56} = 0.02143$$

Tabla 18

Densidad de muros albañilería confinada, Vivienda N° 02

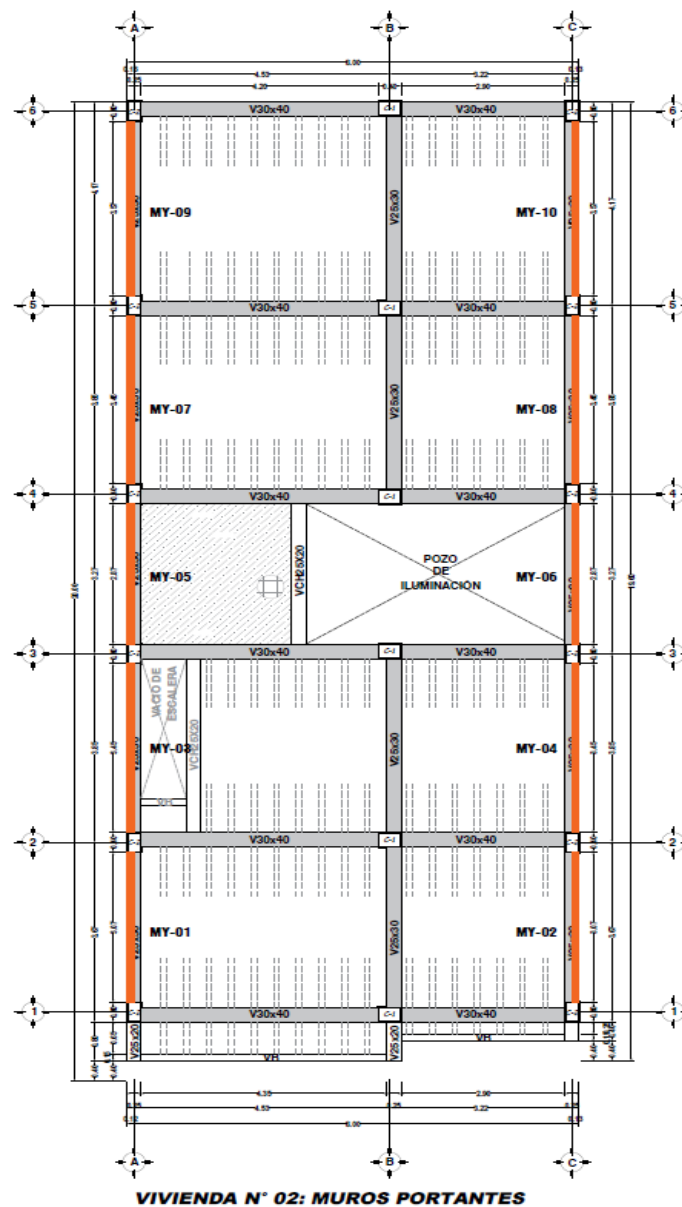
PLANTA TÍPICA - 1° A 4° NIVEL			
Descripción/ Nomenclatura	Long. (m)	Espesor (m)	L*t (m2)
MY-01	3.07	0.13	0.3991
MY-02	3.07	0.13	0.3991
MY-03	3.45	0.13	0.4485
MY-04	3.45	0.13	0.4485
MY-05	2.87	0.13	0.3731
MY-06	2.87	0.13	0.3731
MY-07	3.45	0.13	0.4485
MY-08	3.45	0.13	0.4485
MY-09	3.57	0.13	0.4641
MY-10	3.57	0.13	0.4641
ZUSN/56 =	0.02143	ΣLt/Ap =	0.03011

Nota: En la tabla se aprecia la verificación de densidad mínima de muros establecidos por la norma E.070 Albañilería.

Se procede a realizar un segundo análisis de densidad mínima de muros reforzados de la Vivienda N° 02 concluyéndose que cumplen con este requisito normativo de la densidad de muros requerida.

Figura 28

Características geométricas en planta de los muros de albañilería, Vivienda N° 02



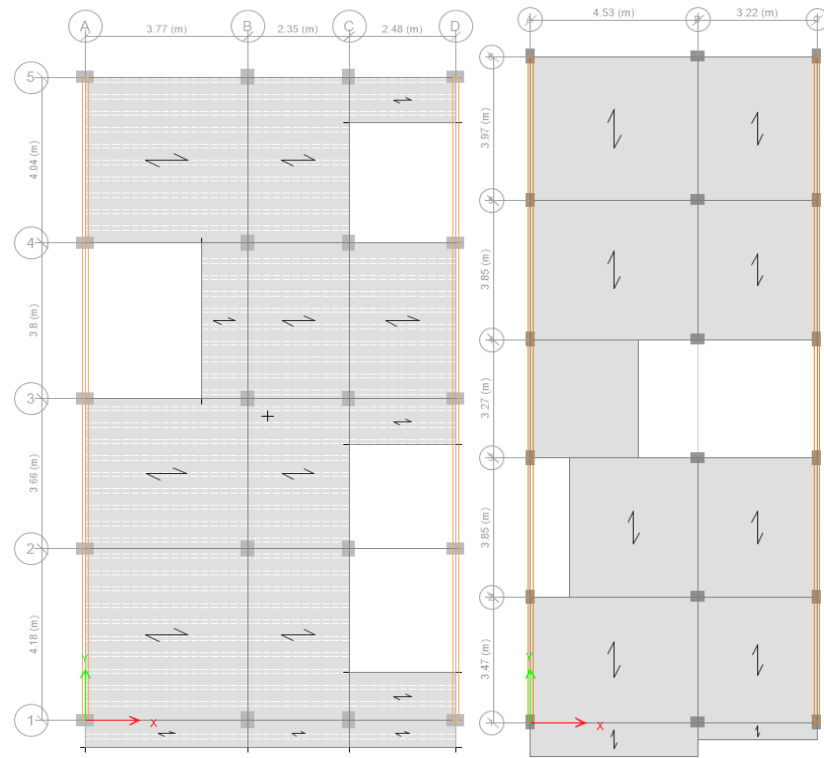
Nota: En la figura se aprecia las distribución de los muros portantes de albañilería confinada para la vivienda N° 02

4.1.3.2. PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO

Como parte del análisis estructural de las viviendas, se identificaron los pórticos de concreto armado y se contabilizaron sus ejes en la dirección estudiada. Se prestó especial atención a aquellos ejes que se encuentran en contacto directo con los muros de albañilería.

Figura 29

*Ejes estructurales de pórticos de concreto en la dirección estructural mixta -
Vivienda N° 01 y 02*



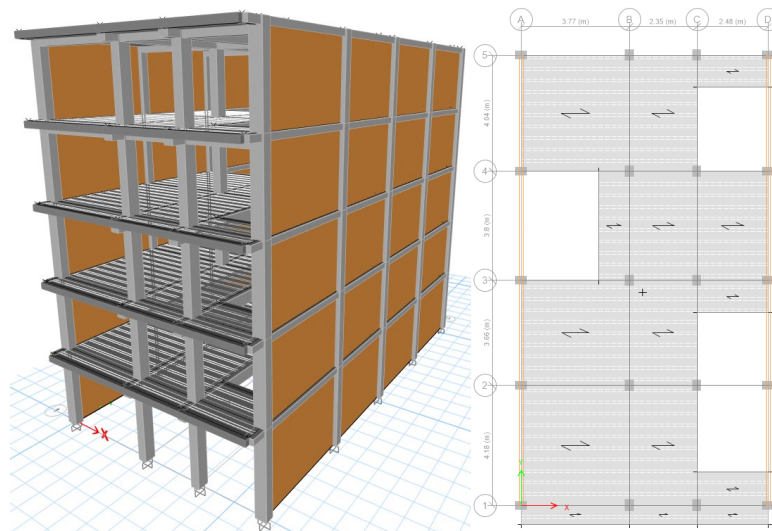
Nota: En la figura se aprecia las plantas típicas del modelado lineal realizado en el software CSI ETABS.

4.1.3.3.MODELO MATEMÁTICOS EN EL SOFTWARE CSI ETABS

El modelamiento estructural fue realizado con el software CSI ETABS V.20, en cuanto a los materiales, secciones de elementos estructurales y cargas actuantes entre otras.

Figura 30

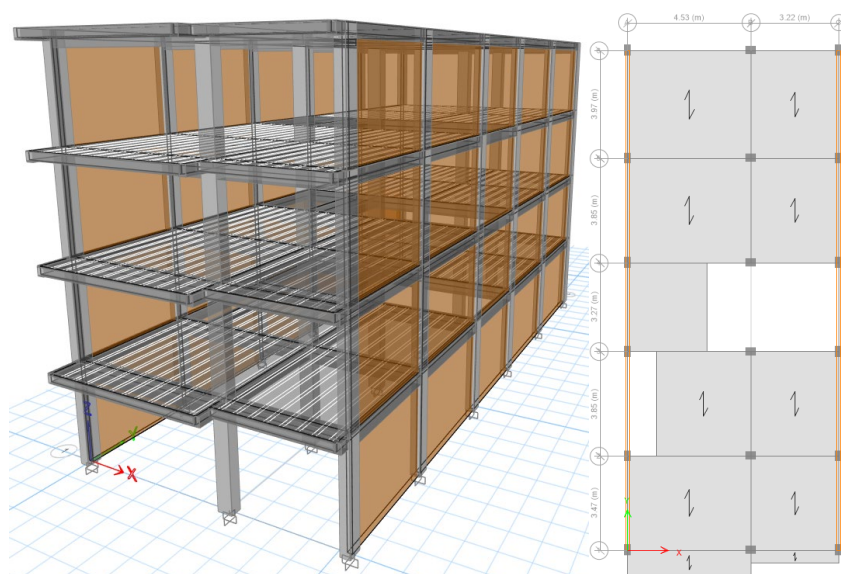
Vista planta - tridimensional del modelamiento -Vivienda N° 01



Nota: En la figura se aprecia las planta típica y elevación 3D del modelado lineal realizado en el software CSI ETABS, de la vivienda N° 01.

Figura 31

Vista planta - tridimensional del modelamiento -Vivienda N° 02



Nota: En la figura se aprecia las planta típica y elevación 3D del modelado lineal realizado en el software CSI ETABS, de la vivienda N° 02.

4.1.4. ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

El análisis de la condición del sistema estructural nos permitirá verificar el cumplimiento de condiciones mínima normativas.

4.1.4.1.DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA SÍSMICA

En ingeniería sísmica, el término demanda sísmica se refiere a la intensidad del movimiento telúrico anticipado para una localidad específica. Para caracterizar esta demanda, los ingenieros estructurales emplean principalmente dos herramientas: los espectros de aceleración y los registros de sismos reales. La presente investigación adopta el uso de espectros de diseño, los cuales fueron establecidos en cumplimiento de la normativa peruana de diseño sismorresistente. Dicha norma estipula que la magnitud de la demanda sísmica está influenciada por cuatro variables clave: el factor de zona, el factor de uso e importancia de la estructura, las características del terreno (factor de suelo) y el coeficiente de amplificación sísmica.

Tabla 19

Parámetros sísmicos para la demanda - Espectros

Z =	0.25	Factor de zona	S ₂ =	1.20	Factor de suelo
U =	1.00	Factor de uso e importancia (C)	T _P =	0.60	Periodo corto
			T _L =	2.50	Periodo largo
C _x =	2.50	Factor de amplificación sísmica	C _y =	2.50	Factor de amplificación sísmica
		Coeficiente de Reducción en el Sentido X-X			Coeficiente de Reducción en el Sentido Y-Y
R _{xx} =	8.00		R _{yy} =	3.00	

Nota: En la tabla se aprecia los parámetros sísmicos establecidos en la norma E.030 Diseño Sismorresistente, para la obtención del espectro.

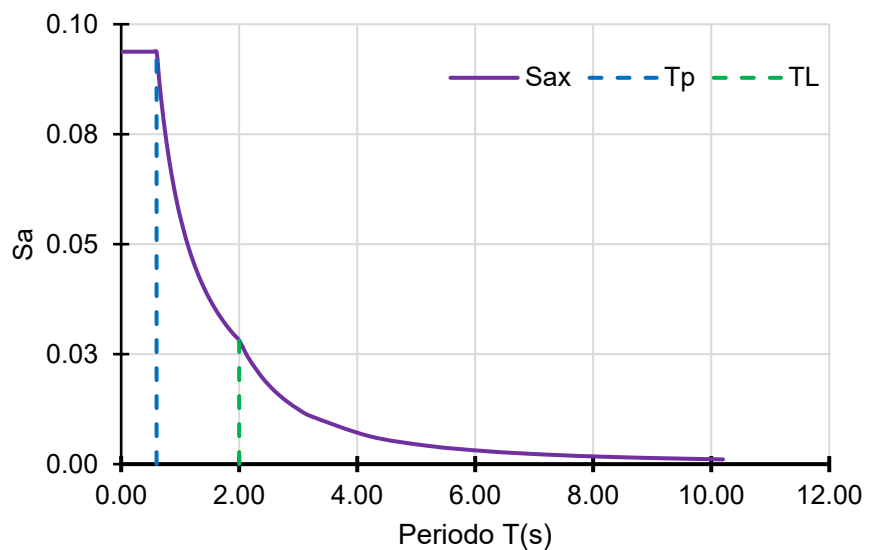
La determinación del factor de zona, parámetro que está en función de la localización geográfica del proyecto, arrojó un valor de 0.25. Este valor se adoptó debido a que la edificación analizada se encuentra situada en el distrito de Amarilis, perteneciente a la provincia y departamento de Huánuco. Todos

los parámetros sísmicos aplicados en el análisis se encuentran consolidados en la tabla presentada con anterioridad

A continuación, se exponen los gráficos espectrales de aceleración y desplazamiento obtenidos para el sitio de estudio. Cabe señalar que todos los valores representados en dichos espectros utilizan el Sistema Internacional de Unidades (SI), por lo que la aceleración se expresa en metros por segundo al cuadrado (m/s^2) y el desplazamiento en metros (m).

Figura 32

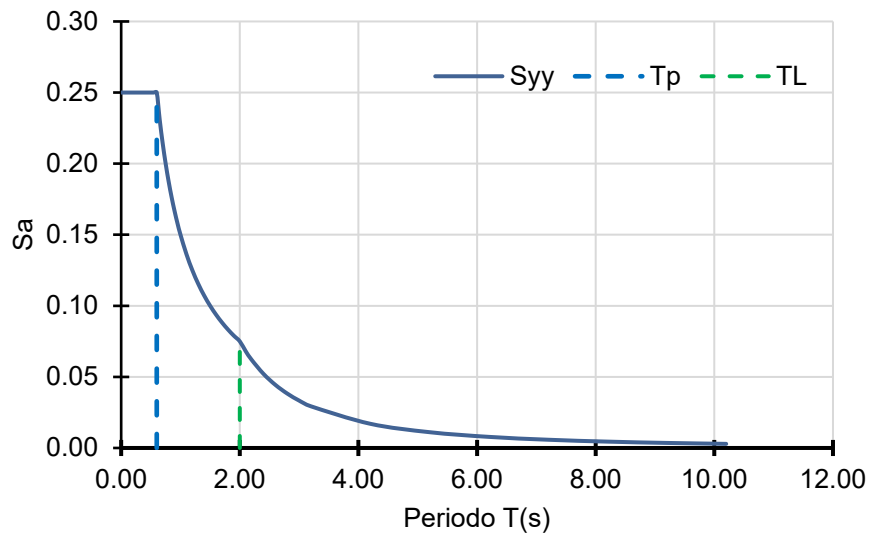
Espectro de Diseño para el sistema de pórticos de concreto armado X-X



Nota: En la figura se aprecia el espectro de demanda obtenido con los parámetros sísmicos establecidos en la norma E.030 Diseño Sismorresistente.

Figura 33

Espectro de Diseño para el sistema de estructural mixto Y-Y



Nota: Se muestra el espectro de demanda derivado de los parámetros sísmicos especificados por la norma E.030 Diseño Sismorresistente.

4.1.4.2. CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DE LAS ESTRUCTURAS

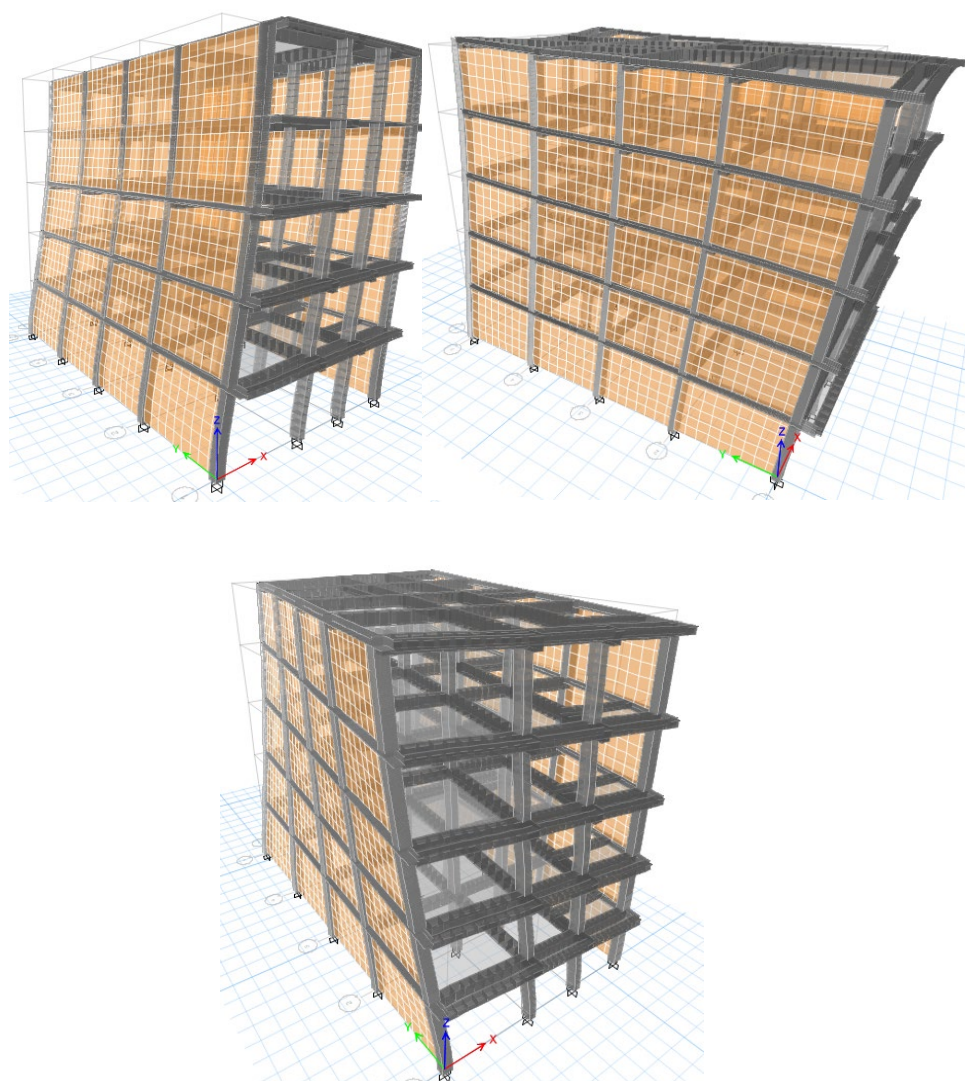
Las propiedades dinámicas de una estructura, como sus formas modales y periodos naturales de vibración son claves en el estudio de la ingeniería sísmica. Estas definen la interacción de los edificios con fuerzas externas, como los sismos: las formas modales revelan patrones de deformación bajo vibración, detallando la distribución de esfuerzos en elementos estructurales, mientras los periodos naturales reflejan la rigidez global y su sensibilidad a frecuencias sísmicas.

Un análisis de estas propiedades permite predecir el comportamiento estructural ante sismos y diseñar soluciones como disipadores de energía. Además, evita resonancias peligrosas y garantiza el cumplimiento de normas de seguridad, aspecto crítico en zonas de alta actividad sísmica, como Perú, donde la optimización de diseños ante movimientos telúricos es prioritaria.

A continuación, se presenta los modos de vibración fundamentales de las edificaciones de estudio.

Figura 34

Modos fundamentales de Vibración de la Vivienda N° 01



Nota: En la gráfica se muestra las tres formas modales (modos de vibración) predominantes de la estructura

Tabla 20

Periodos y factores de participación modal, Vivienda N° 01

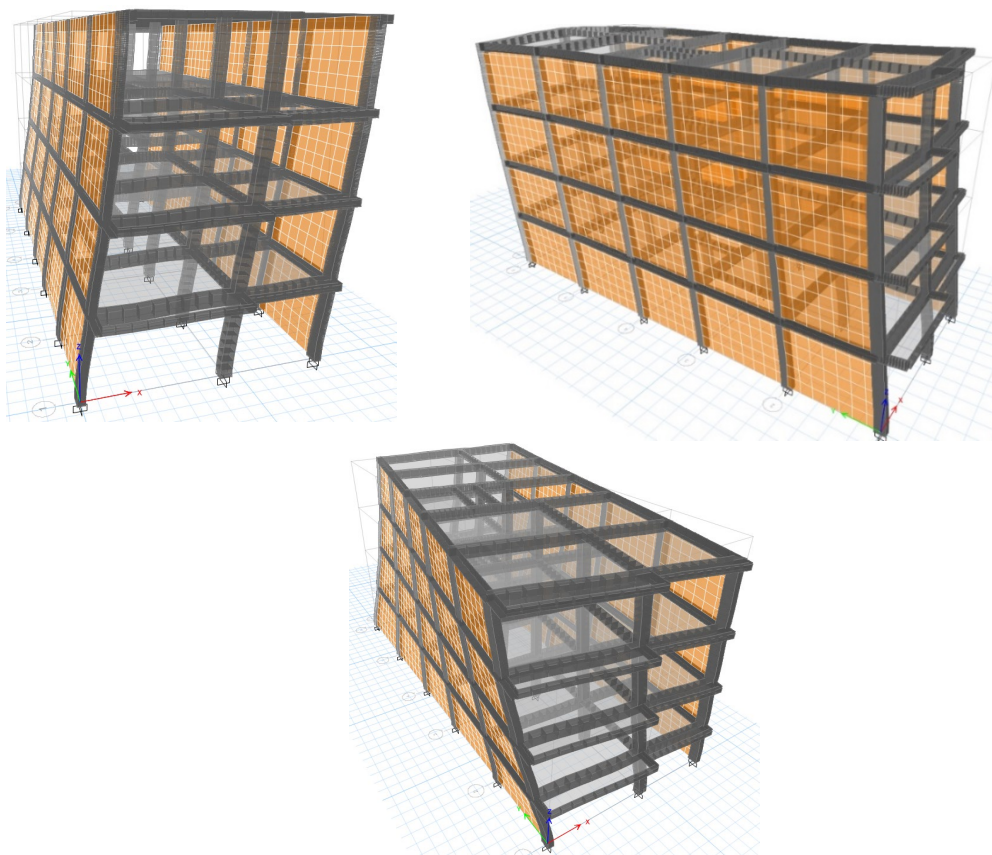
Modos de vibración	Paso/ Step	Periodo (Seg.)	UX	UY	SumUX	SumUY
MODAL	1	0.578	86.95%	0.00%	86.95%	0.00%
MODAL	2	0.224	0.01%	0.16%	86.96%	0.16%
MODAL	3	0.19	9.35%	0.00%	96.31%	0.16%
MODAL	4	0.174	0.00%	85.49%	96.31%	85.65%
MODAL	5	0.111	2.63%	0.00%	98.93%	85.65%
MODAL	6	0.079	0.87%	0.00%	99.80%	85.65%
MODAL	7	0.075	0.00%	0.03%	99.80%	85.68%

MODAL	8	0.064	0.19%	0.00%	100.00%	85.68%
MODAL	9	0.058	0.00%	11.16%	100.00%	96.84%
MODAL	10	0.046	0.00%	0.00%	100.00%	96.84%
MODAL	11	0.035	0.00%	0.02%	100.00%	96.86%
MODAL	12	0.035	0.00%	2.36%	100.00%	99.21%

Nota: En la tabla se aprecia los periodos y factores de masas participativas.

Figura 35

Modos fundamentales de Vibración de la Vivienda N° 02



Nota: En la gráfica se muestra las tres formas modales (modos de vibración) predominantes de la estructura

Tabla 21

Periodos y factores de participación modal, Vivienda N° 02

Modos de vibración	Paso/ Step	Periodo (Seg.)	UX	UY	SumUX	SumUY
MODAL	1	0.562	86.21%	0.00%	86.21%	0.00%
MODAL	2	0.207	0.00%	0.09%	86.21%	0.09%
MODAL	3	0.182	10.03%	0.00%	96.24%	0.09%
MODAL	4	0.129	0.00%	87.38%	96.24%	87.47%

MODAL	5	0.107	3.03%	0.00%	99.28%	87.47%
MODAL	6	0.079	0.72%	0.00%	100.00%	87.47%
MODAL	7	0.071	0.00%	0.01%	100.00%	87.49%
MODAL	8	0.044	0.00%	0.17%	100.00%	87.66%
MODAL	9	0.044	0.00%	10.00%	100.00%	97.65%
MODAL	10	0.036	0.00%	0.00%	100.00%	97.65%
MODAL	11	0.033	0.00%	0.00%	100.00%	97.65%
MODAL	12	0.028	0.00%	2.00%	100.00%	99.65%

Nota: En la tabla se aprecia los periodos y factores de masas participativas.

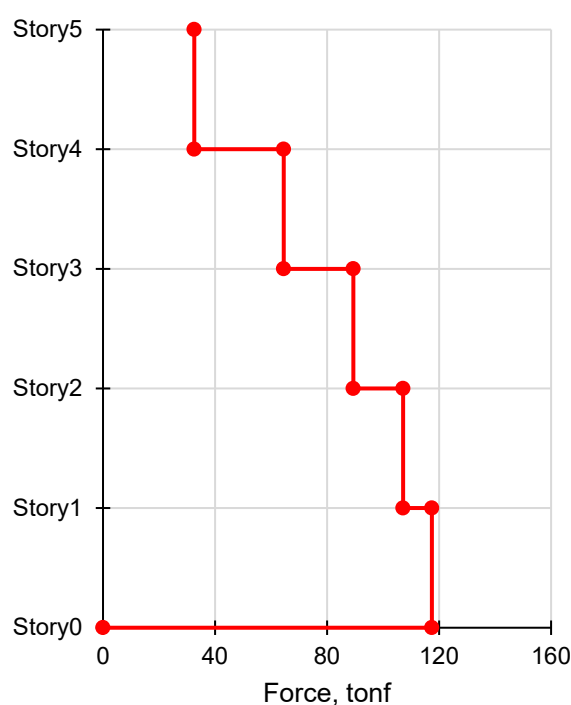
4.1.4.3. RESPUESTA DINÁMICA DE LAS ESTRUCTURAS

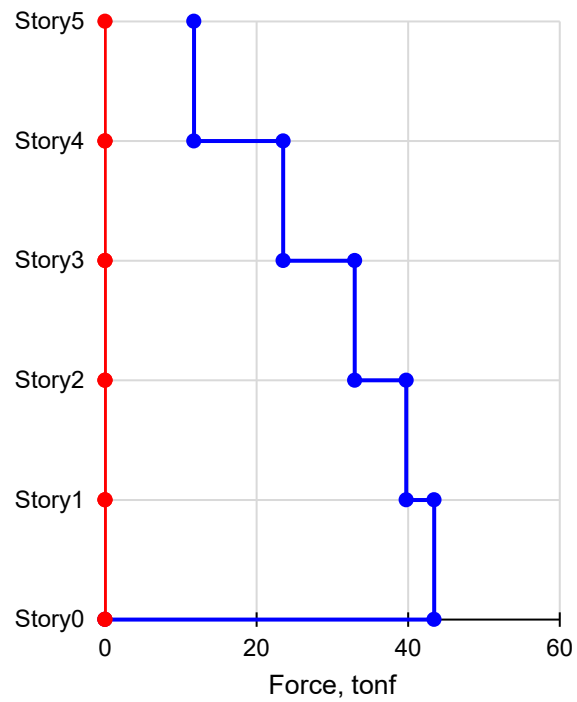
4.1.4.3.1. MÁXIMO CORTANTE DE ENTREPISO

Las fuerzas cortantes dinámicas calculadas en el análisis sísmico ofrecen una medida del grado de afectación que la estructura experimentaría durante un evento sísmico.

Figura 36

Máxima fuerzas cortante a causa del sismo en la dirección X, Y - Vivienda N° 01

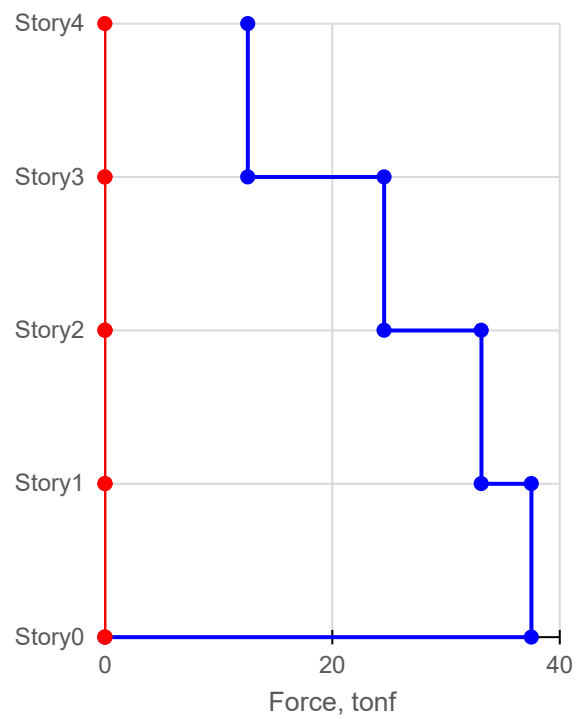


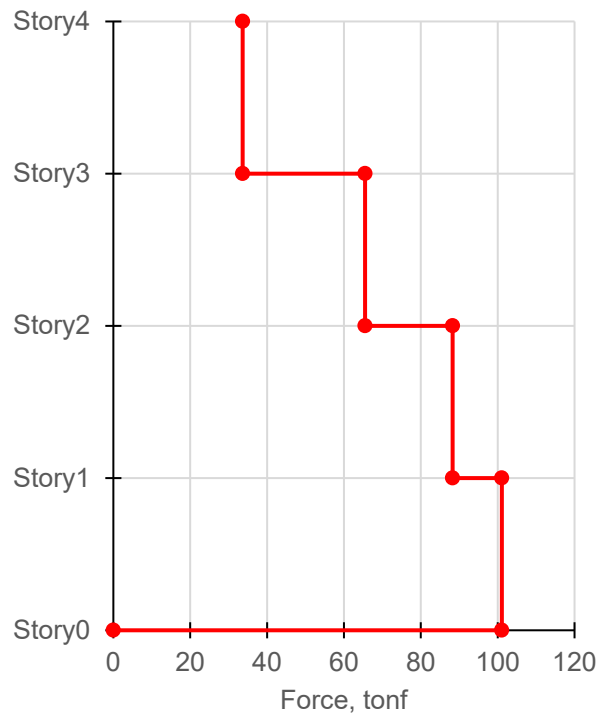


Fuente: CSI ETABS

Figura 37

*Máxima fuerzas cortante a causa del sismo en la dirección X, Y -
Vivienda N° 02*





Fuente: CSI ETABS

4.1.4.3.2. EVALUACIÓN DEL CORTANTE ESTÁTICO

El fundamento de este método consiste en representar la acción sísmica a través de un sistema de fuerzas estáticas equivalentes, aplicadas directamente en el centro de masa de la estructura.

Tabla 22

Parámetros Sísmicos

Z = 0.25	Factor de zona	S2 = 1.20	Factor de suelo
U = 1.00	Factor de uso e importancia (C)	T _P = 0.60	Periodo corto
	Factor de	T _L = 2.50	Periodo largo
C _x = 2.50	amplificación sísmica	C _y = 2.50	Factor de amplificación sísmica
	Coeficiente de		Coeficiente de
R _{xx} = 8.00	Reducción en el Sentido X-X	R _{yy} = 3.00	Reducción en el Sentido Y-Y
T _x = 0.578	Periodo de la estructura en X-X	T _y = 0.174	Periodo de la estructura en Y-Y

El peso sísmico de la edificación:

Tabla 23

El peso sísmico de la edificación

Piso (m)	Vivienda N° 01		Vivienda N° 02	
	Altura (m)	Peso por Piso (ton)	Altura (m)	Peso por Piso (ton)
5to Nivel	13.80	94.37		
4to Nivel	11.10	112.05	10.90	100.05
3er Nivel	8.40	112.05	8.20	119.53
2do Nivel	5.70	112.05	5.60	119.53
1er Nivel	3.00	114.01	2.80	120.59
Total	0.00	544.53		459.70

La cortante estática basal fue calculada mediante la siguiente expresión:

$$V = \left(\frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \right) P \dots \dots \text{Fuerza Cortante en la Base del Edificio}$$

$$Q_x, Q_y = \left(\frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \right) \dots \dots \text{Coeficiente de la Cortante en la Base del Edificio}$$

Tabla 24

Contante basal para las dos direcciones de análisis, Vivienda N° 01

Vivienda N° 01					
Dirección X-X			Dirección Y-Y		
P _{TX} (Ton)	Q _x	V _x (Ton)	P _{TY} (Ton)	Q _y	V _y (Ton)
544.53	0.0938	51.05	544.53	0.25	136.13

Tabla 25

Contante basal para las dos direcciones de análisis, Vivienda N° 02

Vivienda N° 02					
Dirección X-X			Dirección Y-Y		
P _{TX} (Ton)	Q _x	V _x (Ton)	P _{TX} (Ton)	Q _y	V _y (Ton)
459.70	0.0938	42.13	459.70	0.250	112.34

4.1.4.3.3. VERIFICACIÓN DEL CORTANTE DINÁMICO

Los factores de amplificación se calcularon asegurando el cumplimiento de un requisito esencial de la normativa peruana: que la fuerza cortante dinámica resultante no fuera inferior al 80% de la fuerza cortante estática.

Tabla 26

Verificación del cortante dinámico Vivienda N° 01

Descripción	$V_{\text{Estático}}$ (tn)	$0.80V_{\text{Estático}}$ (tn)	$V_{\text{Dinámico}}$ (tn)	F.E	$V_{\text{Dinámico}} > 0.8V_{\text{Estático}}$
Sismo X-X	51.05	40.84	43.43	0.95	OK
Sismo Y-Y	136.13	108.90	117.44	0.98	OK

Nota: Verificación de la constante mínima establecido por la norma E.030.

Tabla 27

Verificación del cortante dinámico Vivienda N° 02

Descripción	$V_{\text{Estático}}$ (tn)	$0.80V_{\text{Estático}}$ (tn)	$V_{\text{Dinámico}}$ (tn)	F.E	$V_{\text{Dinámico}} > 0.8V_{\text{Estático}}$
Sismo X-X	42.13	33.70	38.45	0.92	OK
Sismo Y-Y	112.34	89.87	95.72	0.98	OK

Nota: Verificación de la constante mínima establecido por la norma E.030.

4.1.4.3.4. DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES

Los resultados del análisis son presentados a continuación. La evaluación de los desplazamientos laterales máximos de la estructura consideró la acción sísmica en sus dos direcciones principales. A continuación, se detallan los valores resultantes de dicho análisis.

Tabla 28

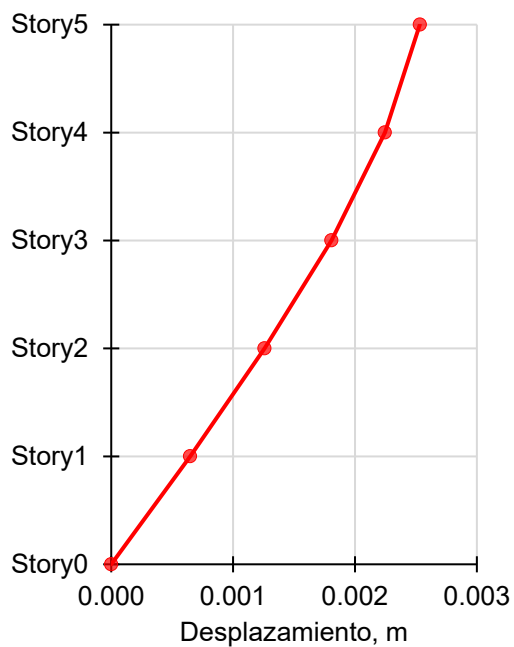
Desplazamientos máximos laterales a causa del sismo en las dos direcciones de análisis, para ambas viviendas

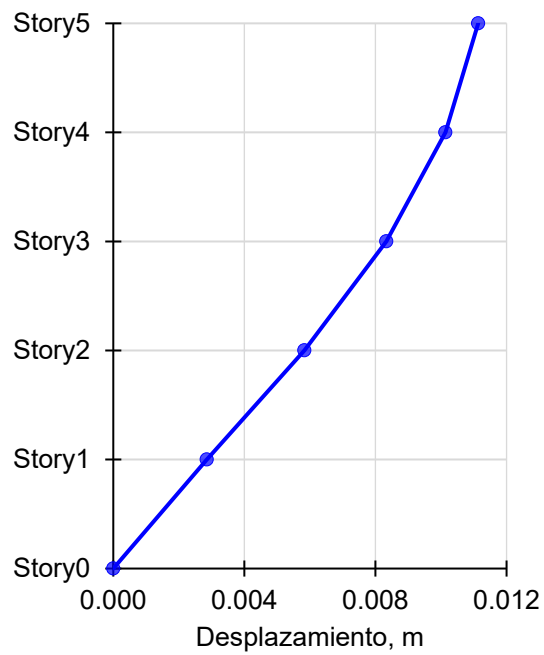
Story	Elev. m	Vivienda N° 01		Elev. m	Vivienda N° 02	
		X-Dir	Y-Dir		X-Dir	Y-Dir
		m	m		m	m
Story5	13.8	0.0104	0.002503			
Story4	11.1	0.0095	0.002242	10.90	0.009483	0.001367
Story3	8.4	0.0078	0.001806	8.20	0.008191	0.001167
Story2	5.7	0.0055	0.001258	5.50	0.005821	0.000841
Story1	3.0	0.0028	0.000647	2.8	0.002704	0.000432
Base	0.0	0	0	0	0	0

Nota: La table muestra los desplazamientos máximas de cada entrepiso, data extraída del software CSI ETABS, para las dos viviendas.

Figura 38

Máximos desplazamientos a causa del sismo en la dirección X, Y - Vivienda N° 01

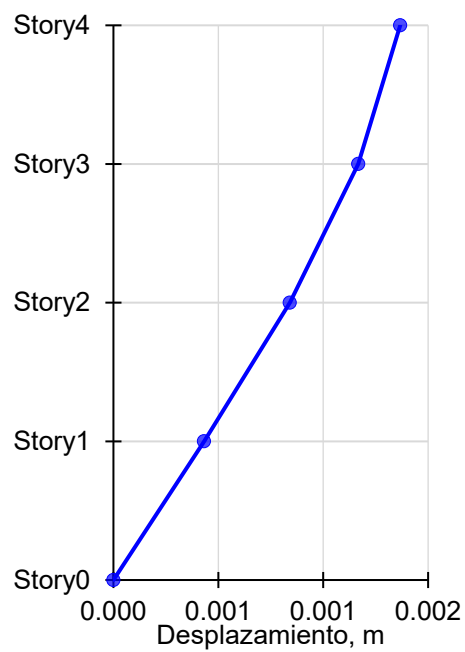


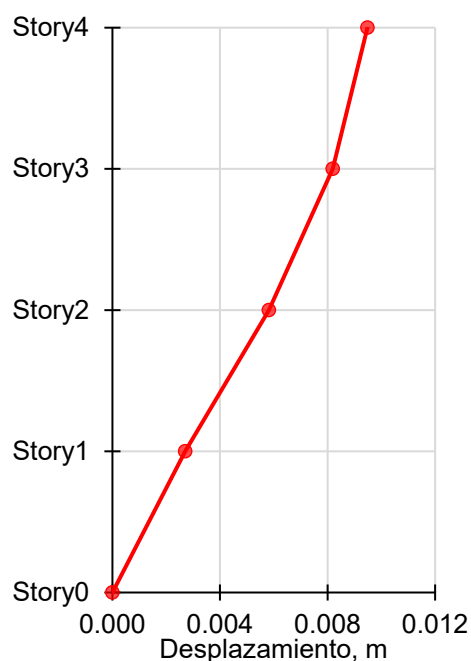


Nota: Se presenta los desplazamientos máximos, con data extraída del CSI ETABS para la vivienda N° 01

Figura 39

Máximos desplazamientos a causa del sismo en la dirección X, Y - Vivienda N° 02





Nota: Se presenta los desplazamientos máximos, con data extraída del CSI ETABS para la vivienda N° 02

4.1.4.3.5. DISTORSIONES DE ENTREPISO

Las distorsiones máximas entre pisos representan uno de los criterios clave en la evaluación sísmica de estructuras. Al respecto, la normativa sismorresistente establece que el valor límite admisible para estas distorsiones, en las dos direcciones principales, no debe exceder de 5 por mil (0.005).

Tabla 29

Máximas distorsiones o derivas a causa del sismo en las dos direcciones de análisis, para ambas viviendas.

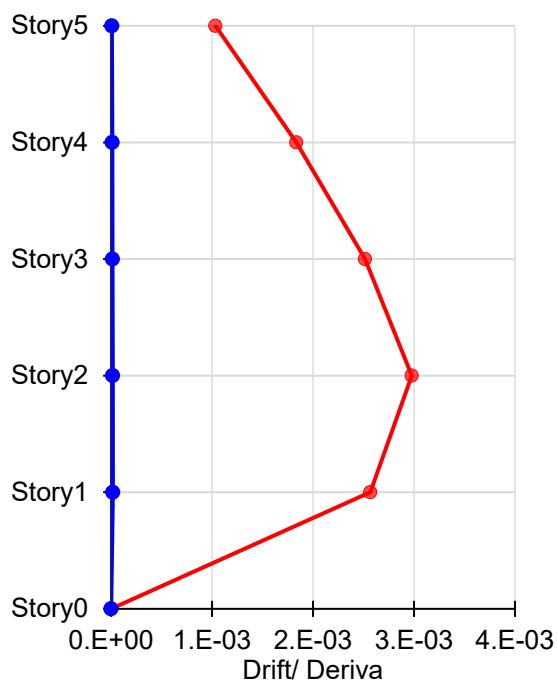
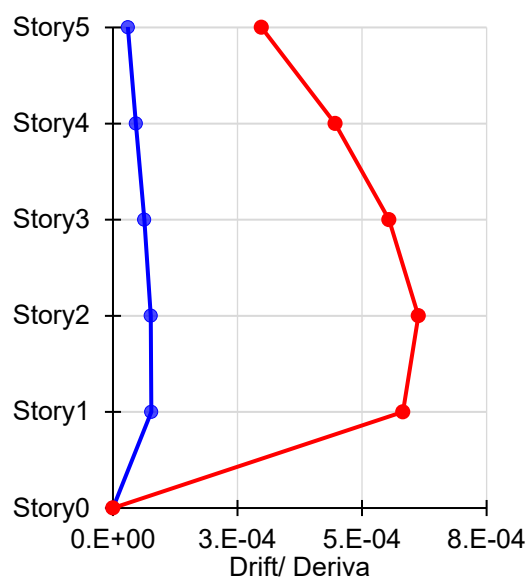
Story	Elev. (m)	Vivienda N° 01		Elev. (m)	Vivienda N° 02	
		X-Dir	Y-Dir		X-Dir	Y-Dir
Story5	13.80	0.00095	0.000296			
Story4	11.10	0.00169	0.000445	10.90	0.002952	0.000172
Story3	8.40	0.00233	0.000553	8.20	0.005327	0.000275
Story2	5.70	0.00278	0.000612	5.50	0.006944	0.000342
Story1	3.00	0.00249	0.000583	2.80	0.005794	0.000347

Base	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
------	------	------	------	------	------	------

Nota: La tabla muestra las derivas máximas de cada entrepiso, data extraída del software CSI ETABS, para las dos viviendas.

Figura 40

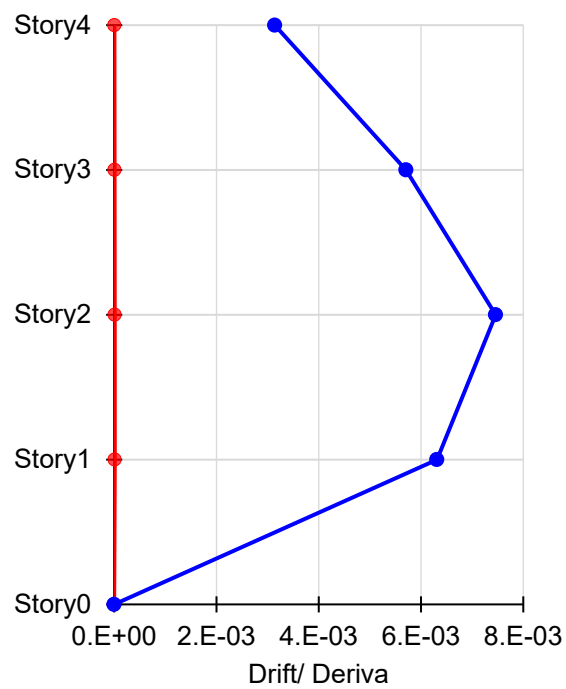
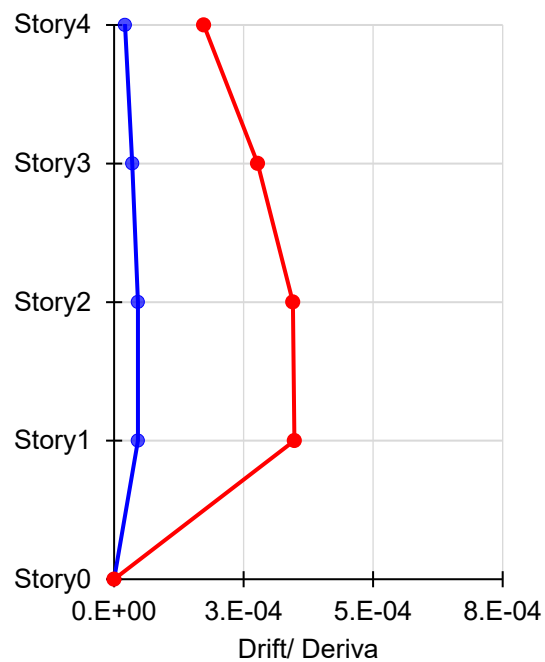
Máximas distorsiones de entrepiso en la dirección X, Y -Vivienda N° 01



Nota: Se presenta las derivas máximas, con data extraída del CSI ETABS para la vivienda N° 01

Figura 41

Máximas distorsiones de entrepiso a causa del sismo en dirección X,
Y -Vivienda N° 02



Nota: Se presenta las derivas máximas, con data extraída del CSI ETABS para la vivienda N° 02

4.1.4.4.EVALUACIÓN DE LAS IRREGULARIDADES

Las viviendas analizadas no presentan irregularidad en planta y elevación.

4.1.5. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL (PUSHOVER)

El presente capítulo detalla la metodología secuencial aplicada para analizar el desempeño sísmico de la estructura de albañilería confinada en estudio. El procedimiento comenzó con la caracterización del sistema encargado de resistir las cargas laterales, para lo cual fue necesario individualizar los elementos verticales determinantes en la respuesta estructural. De este modo, se distinguieron dos componentes principales: los muros confinados de albañilería y las columnas de concreto armado. Cabe resaltar que, pese a esta distinción analítica, ambos componentes funcionan de manera integral, conformando un solo sistema estructural.

La fase inicial del modelado consistió en definir las propiedades geométricas fundamentales de los elementos estructurales, específicamente sus longitudes, espesores y alturas. Esta selección se basa en el principio reconocido de que la geometría es un determinante primario de las propiedades mecánicas de un elemento. Para capturar la respuesta no lineal de la albañilería, fue necesario implementar modelos constitutivos que integraran tanto estos atributos geométricos como sus propiedades mecánicas. La estrategia de modelado adoptada utilizó como base las relaciones momento-curvatura de cada elemento. El análisis de la capacidad sísmica de la estructura se realizó mediante el método de push-over, obteniendo su curva de capacidad global. El modelo numérico final combinó dos enfoques: se utilizaron modelos de plasticidad concentrada para representar el comportamiento de vigas y columnas, mientras que la respuesta de los muros de albañilería se simuló mediante el modelo de puntal tirante.

4.1.5.1. ELEMENTOS VERTICALES RESISTENTES

El desempeño sísmico de todo sistema estructural depende en esencia del sistema resistente a carga lateral; por tanto, para evaluar el comportamiento no lineal se ha requerido de la correcta

identificación de estos. A continuación, la Figura 63 muestra los elementos verticales y su relación entre estos.

Figura 42

Vista en planta de los elementos verticales resistentes del sistema estructural mixto, Vivienda N° 01

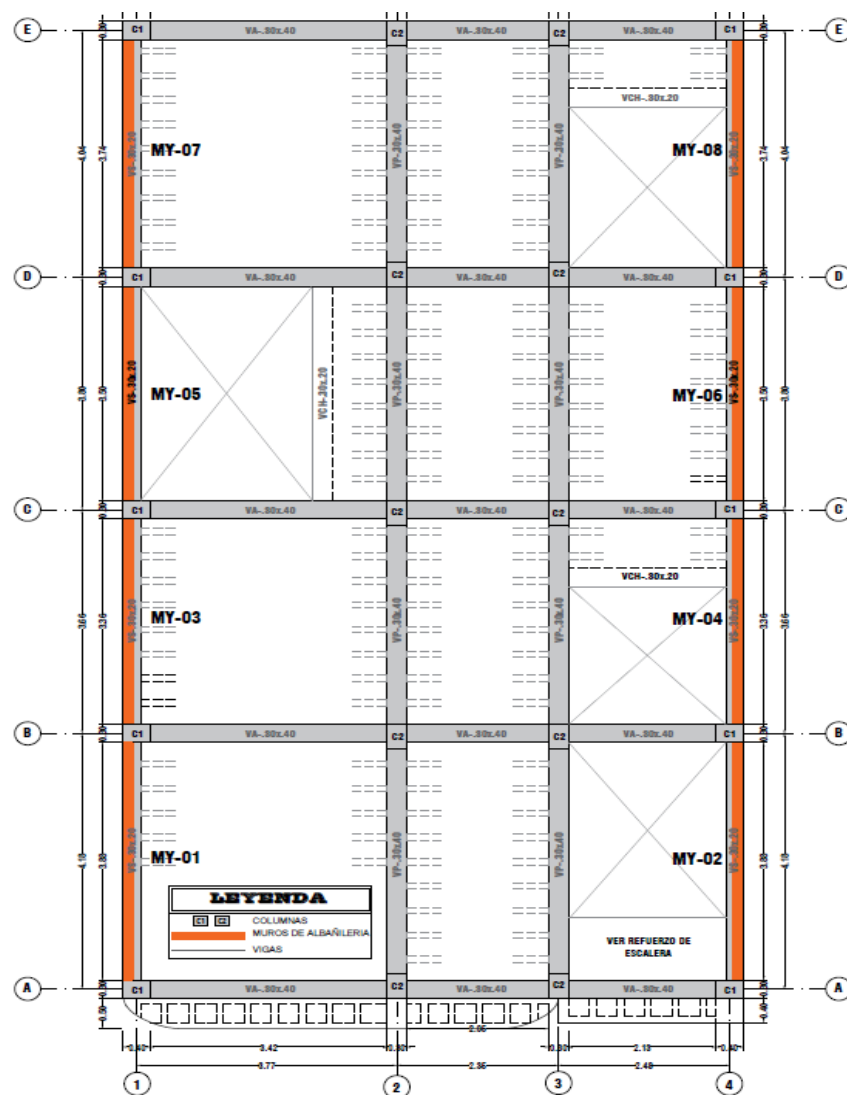
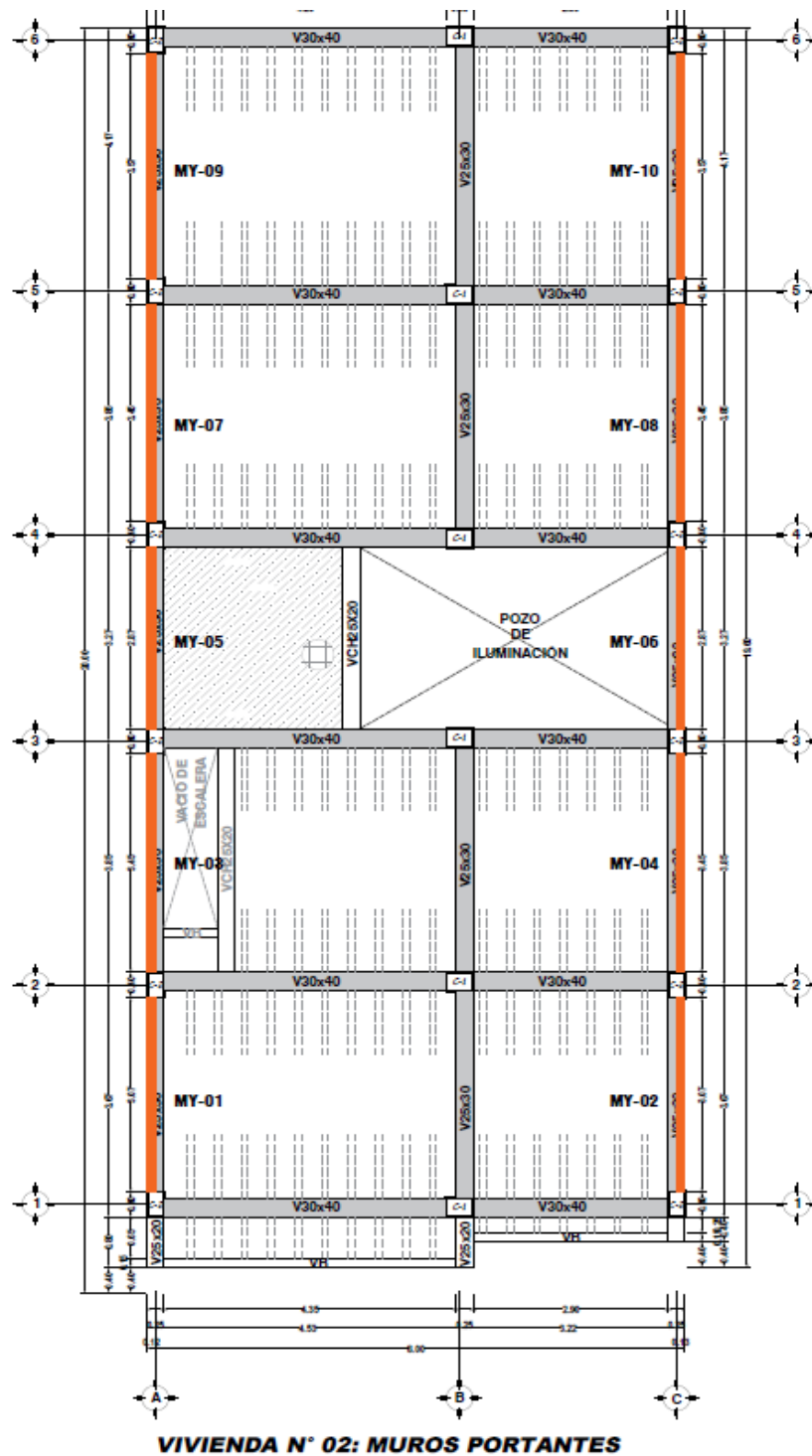


Figura 43

Vista en planta de los elementos verticales resistentes del sistema estructural mixto, Vivienda N°02



Las propiedades geométricas de los muros de albañilería - longitud, altura y espesor- constituyen atributos fundamentales de estos elementos estructurales. La metodología desarrollada en la siguiente sección incorpora el análisis de las columnas de confinamiento y su configuración de refuerzo, ya que el comportamiento estructural varía según sus características

geométricas y de armado. Derivado de este planteamiento, se presenta a continuación un compendio de las propiedades dimensionales de los muros de albañilería.

Tabla 30

Características geométricas en planta típica de los muros de albañilería y elementos de confinamiento - Vivienda N° 01

VIVIENDA N° 01 Planta Típica - 1° a 5° nivel					
Descrip.	Long. (m)	Espesor (m)	Columna - Confinamiento	Long. Total	Long. Efectiva
MY-01	3.88	0.13	C-01 (0.30x0.40)	4.48	4.03
MY-02	3.88	0.13	C-01 (0.30x0.40)	4.48	4.03
MY-03	3.36	0.13	C-01 (0.30x0.40)	3.96	3.56
MY-04	3.36	0.13	C-01 (0.30x0.40)	3.96	3.56
MY-05	3.50	0.13	C-01 (0.30x0.40)	4.10	3.69
MY-06	3.50	0.13	C-01 (0.30x0.40)	4.10	3.69
MY-07	3.74	0.13	C-01 (0.30x0.40)	4.34	3.91
MY-08	3.74	0.13	C-01 (0.30x0.40)	4.34	3.91

Nota: La table muestra la longitud de los muros de albañilería y las columnas.

Tabla 31

Características geométricas en planta típica de los muros de albañilería y elementos de confinamiento - Vivienda N° 02

VIVIENDA N° 02 Planta Típica - 1° a 4° nivel					
Descrip.	Long. (m)	Espesor (m)	Columna/ Confinamiento	Long. Total	Long. Efectiva
MY-01	3.07	0.13	C-02 (0.25x0.40)	3.87	3.48
MY-02	3.07	0.13	C-02 (0.25x0.40)	3.87	3.48
MY-03	3.45	0.13	C-02 (0.25x0.40)	4.25	3.83
MY-04	3.45	0.13	C-02 (0.25x0.40)	4.25	3.83
MY-05	2.87	0.13	C-02 (0.25x0.40)	3.67	3.30
MY-06	2.87	0.13	C-02 (0.25x0.40)	3.67	3.30
MY-07	3.45	0.13	C-02 (0.25x0.40)	4.25	3.83
MY-08	3.45	0.13	C-02 (0.25x0.40)	4.25	3.83
MY-09	3.57	0.13	C-02 (0.25x0.40)	4.37	3.93
MY-10	3.57	0.13	C-02 (0.25x0.40)	4.37	3.93

Nota: La table muestra la longitud de los muros de albañilería y las columnas.

4.1.5.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES E IDEALIZACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS NO LINEALES

4.1.5.2.1. MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

▪ CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA

Dado el enfoque de la investigación las características de las unidades de las unidades de la albañilería en la región Huánuco, no se cuenta con investigaciones del tipo experimental para la data de la resistencia característica f'_m en pilas se optó en usar los valores que se especifican en la norma E.070 albañilería Confinada.

Figura 44

Muro de albañilería confinada



De acuerdo con la evaluación estructural realizada, se determinó que la albañilería empleada en la construcción utilizó unidades industriales, por lo que la recopilación de datos de estos parámetros se basó en esta caracterización.

Para el desarrollo de esta investigación, se adoptó el valor de resistencia en pilas de $f'_m = 65 \text{ kg/cm}^2$ establecido en la normativa vigente. Este parámetro se empleó como base para la determinación de las

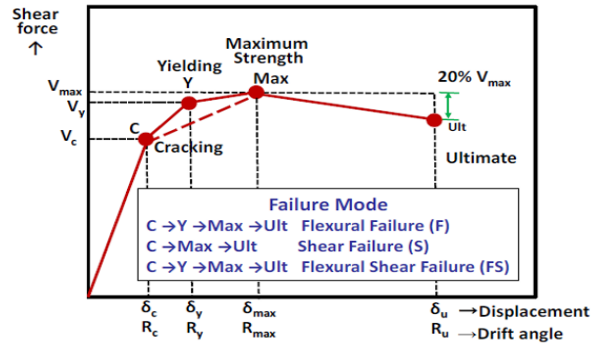
propiedades no lineales de los muros de albañilería confinada.

▪ **IDEALIZACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO CON LOS PARÁMETROS NO LINEALES DE LOS MATERIALES**

Una vez recopilada la información geométrica y de materiales, se procedió a seleccionar el modelo matemático equivalente apropiado para predecir la respuesta sísmica de los muros de albañilería bajo condiciones de comportamiento inelástico.

Si bien la literatura especializada presenta diversos modelos alternativos, esta investigación adoptó el modelo analítico para muros de albañilería propuesto por Díaz et al. (2019), mediante la generación de curvas de capacidad tetralineales.

El modelo analítico de curvas tetralineales de capacidad se calibró mediante resultados experimentales para desarrollar una formulación generalizada. Esta incorpora parámetros sensibles como esfuerzos cortantes promedio, ratios de acero longitudinal y transversal, relación de esbeltez y carga axial, utilizados para definir la curva de capacidad. El modelo tetra-lineal se estructura en cuatro puntos característicos: agrietamiento, fluencia, resistencia máxima y estado último, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 25.



La formulación desarrollada en esta investigación incorpora los ratios de acero longitudinal, acero transversal y esfuerzo axial como parámetros fundamentales del modelo.

$$\frac{\tau}{F_m} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{P_t \sigma_y}{F_m} \right)^{0.7} + \beta_2 \left(\frac{p_{we} \sigma_{wy}}{F_m} \right) + \beta_3 \left(\frac{\sigma_0}{F_m} \right)$$

Donde:

h : Altura del muro.

L : Longitud del muro

l : Altura del muro ($\approx 0.9L$)

P_t : Longitud del muro ($a_t/t.l$)

P_{we} : Ratio de refuerzo lateral ($a_w/t.sep \leq 0.012$)

a_t : Área de la sección del refuerzo a tensión de la columna.

a_w : Área de la sección del refuerzo a horizontal de la columna.

σ_y : Esfuerzo de fluencia de las varillas transversales de la columna.

σ_{wy} : Esfuerzo de fluencia de las varillas transversales de la columna.

σ_0 : Esfuerzo axial.

F_m : Resistencia axial de una pila de albañilería.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficiente de la formulación propuesta.

Coeficientes de la formulación propuesta

Coeficiente	Agrietamiento	Fluencia	Máximo	Último
β_0	0.000	0.000	0.000	0.000

β_1	0.000	0.000	0.054	0.221
β_2	0.249	0.426	0.432	0.077
β_3	0.221	0.175	0.290	0.503

Fuente: Development of Analytical Models for Confined Masonry Walls Based on Experimental Results in Lima City (Diaz, Zavala, Flores, & Cardenas, 2019)

Se incluyen las derivas de cada estado límite (agrietamiento, fluencia, máximo, último) clasificadas por tipo de unidad de albañilería (industrial, artesanal, tubular).

Tipo de Ladrillo	Agrietamiento	Fluencia	Máximo	Último
Industrial	0.006	0.017	0.076	0.117

A continuación, se hace el desarrollo de la obtención de curva tetralineal para el muro **MY-01** del primer nivel de la vivienda N° 01.

$$f'_m = 65.00 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \dots \text{Resistencia a la compresion del muro}$$

$$\sigma_y, \sigma_{wy} = 4200.00 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$L = 3.88 \text{ m}$$

$$t = 13 \text{ cm}$$

$$h_m = 3.00 \text{ m}$$

$$d = 30 \text{ cm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$L_T = 4.48 \text{ m}$$

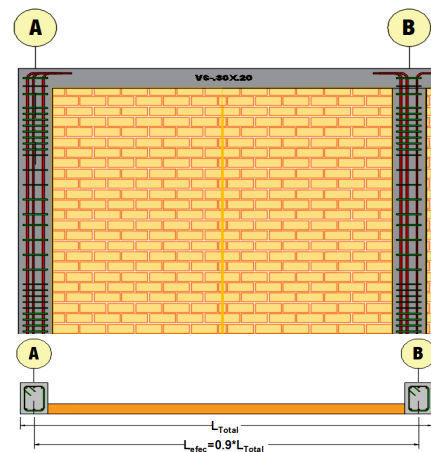
$$L_{efec} = 4.032 \text{ m}$$

$$a_t = 12.00 \text{ cm}^2$$

$$a_w = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$Ramas = 2$$

$$S_{esp} = 10 \text{ cm}$$



Parámetros para la obtención de curva de capacidad

$$P_t = \frac{a_t}{t \cdot l_{efc}} = \frac{12.00 \text{ cm}^2}{(13 \text{ cm}) \cdot (448 \text{ cm})}$$

$$= 0.00229 \dots \dots \dots \text{Cuantia Long. del muro}$$

$$P_{we} = \frac{a_w}{t \cdot S_{esp}} = \frac{2 \times 0.71 \text{ cm}^2}{(40 \text{ cm}) \cdot (10 \text{ cm})}$$

$$= 0.00355 \dots \dots \dots \text{Cuantia Trans del muro}$$

$$\sigma_o = 2.87 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \dots \dots \dots \text{Esfuerzo Axial Actuante del muro}$$

Se calcula los cuatro puntos de la curva de capacidad

$$\frac{\tau}{F_m} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{P_t \sigma_y}{F_m} \right)^{0.7} + \beta_2 \left(\frac{P_{we} \sigma_{wy}}{F_m} \right) + \beta_3 \left(\frac{\sigma_o}{F_m} \right) \quad \text{adimensional}$$

$$\tau = F_m \times \left(\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{P_t \sigma_y}{F_m} \right)^{0.7} + \beta_2 \left(\frac{P_{we} \sigma_{wy}}{F_m} \right) + \beta_3 \left(\frac{\sigma_o}{F_m} \right) \right) \quad \text{en unidades de Esfuerzo}$$

Punto de Agrietamiento

$$\tau_{Crak.} = 65 \left(0 + 0 \left(\frac{0.00229 \times 4200}{65} \right)^{0.7} + 0.249 \times \left(\frac{0.00355 \times 4200}{65} \right) + 0.221 \times \left(\frac{3.50}{65} \right) \right)$$

$$\tau_{Crak.} = 232454.025 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Para la obtencion de la fuerza se aplica la siguiente

formula $F_{crak} = l_{efc} * t * \tau_{Crak.} = (403.20 \text{ cm} * 13 \text{ cm} * 4.347 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}) * 10^{-3} = 22.785 \text{ tonf}$

a. Punto de Fluencia

$$\tau_{yeld.} = 65 \left(0 + 0 \left(\frac{0.002289 \times 4200}{65} \right)^{0.7} + 0.249 \times \left(\frac{0.00355 \times 4200}{65} \right) + 0.221 \times \left(\frac{3.50}{65} \right) \right)$$

$$\tau_{Yeld.} = 6.854 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\begin{aligned}
F_{yeld} &= l_{efc} * t * \tau_{yeld}. \\
&= \left(403.20 \text{ cm} * 13 \text{ cm} * 6.854 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) * 10^{-3} \\
&= 35.925 \text{ tonf}
\end{aligned}$$

b. Punto Máximo

$$\begin{aligned}
\tau_{Max.} &= 65 \left(0 + 0 \left(\frac{0.002289x4200}{65} \right)^{0.7} \right. \\
&\quad \left. + 0.249x \left(\frac{0.00355x4200}{65} \right) + 0.221x \left(\frac{3.50}{65} \right) \right)
\end{aligned}$$

$$\tau_{Max.} = 232454.025 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\begin{aligned}
F_{crak} &= l_{efc} * t * \tau_{Crak}. \\
&= \left(403.20 \text{ cm} * 13 \text{ cm} * 4.347 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) * 10^{-3} \\
&= 22.785 \text{ tonf}
\end{aligned}$$

c. Punto de Ultimo

$$\begin{aligned}
\tau_{Ulti.} &= 65 \left(0 + 0 \left(\frac{0.002289x4200}{65} \right)^{0.7} \right. \\
&\quad \left. + 0.249x \left(\frac{0.00355x4200}{65} \right) + 0.221x \left(\frac{3.50}{65} \right) \right)
\end{aligned}$$

$$\tau_{Ult.} = 232454.025 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\begin{aligned}
F_{crak} &= l_{efc} * t * \tau_{Crak}. \\
&= \left(403.20 \text{ cm} * 13 \text{ cm} * 4.347 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) * 10^{-3} \\
&= 22.785 \text{ tonf}
\end{aligned}$$

Se calcula los desplazamientos en función de las derivas, $desp = \Delta_{max} x h_m$, de acuerdo al tipo de ladrillo.

$$desp = \Delta_{max} x h_m,$$

Tabla 32

Resumen de cálculo del desplazamiento de la curva tetralineal de muro de albañilería MY-01-1N

Tipo de Ladrillo	Agrietamiento	Fluencia	Máximo	Último
------------------	---------------	----------	--------	--------

Industrial	0.006	0.017	0.076	0.117
h_m (altura en m)	300	300	300	300
despl (cm)	0.180	0.570	2.280	3.511

A continuación, se presenta la siguiente tabla de resumen de los calculo realizados.

Tabla 33

Valores de la curva de tetralinel de muro albañilería MY-01-1N, en función de fuerza-desplazamiento.

Estado Limite	T (kgf/cm2)	Drift	Vm (tonf)	Desplazamiento (cm)
Origen	0.000	0.0000	0.000	0.000
Cracking	4.347	0.0006	22.785	0.180
Yielding	6.854	0.0019	35.925	0.570
Maximum	8.195	0.0076	42.953	2.280
Ultimate	6.556	0.0117	34.362	3.510

Figura 45

Curva de tetralineal del MY-01 primer nivel – Vivienda N° 01

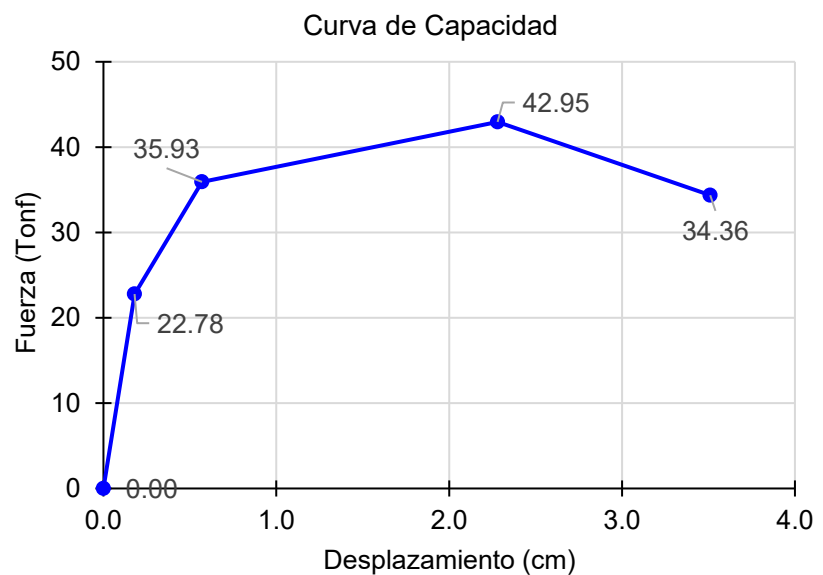
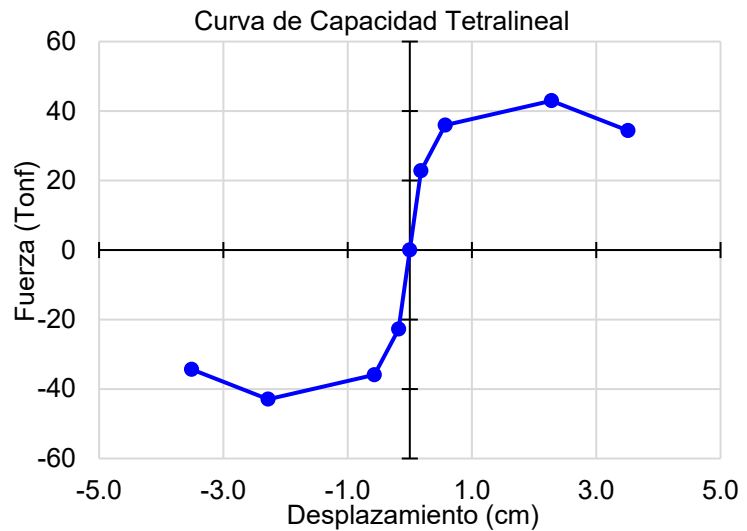


Figura 46

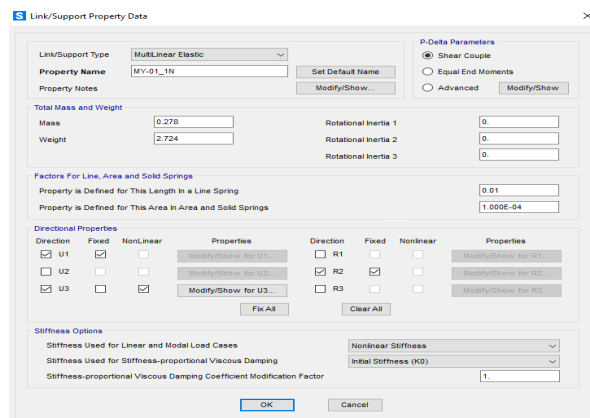
Curva de capacidad o tetralineal de muro de albañilería MY-01 primer nivel – Vivienda N° 01



A continuación, se muestra la idealización del muro de albañilería mediante los elementos Link del tipo MultiLinear Elastic que proporciona el software CSI SAP2000 V.23.3.1, con la asignación de los parámetros no lineales cálculos (curva tetralineal) calculado en la sección anterior.

Figura 47

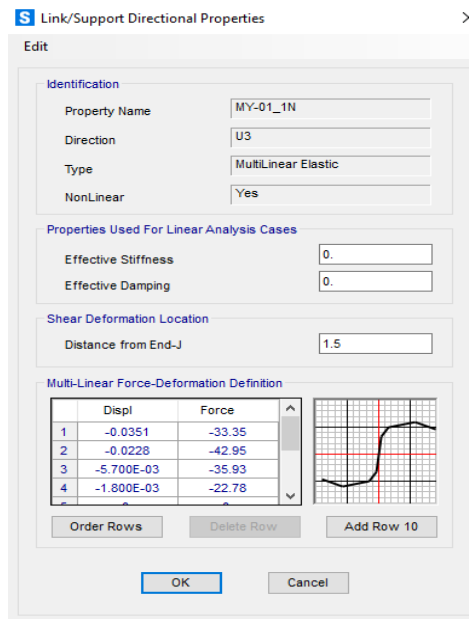
Elemento LINK tipo MultiLinear Elastic con la asignación de parámetro en consideración de los grados de libertad



Fuente: CSI SAP2000.

Figura 48

Asignación de la curva tetralineal del comportamiento no lineal de la albañilería confinada

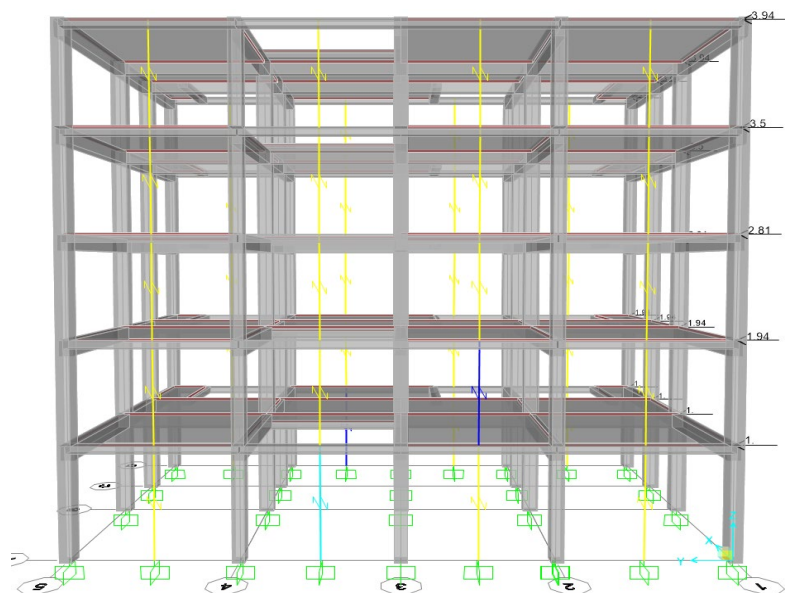


Fuente: CSI SAP2000

Luego de la definición total de muros albañilería mediante elementos links considerando los niveles, se procede al dibujo tal como representa en las siguientes figuras para cada una de las edificaciones en estudio.

Figura 49

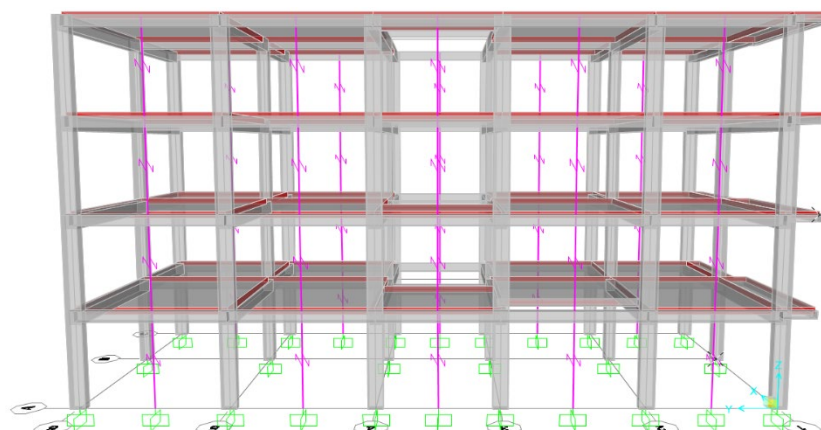
Asignación de los elementos LINKs, Vivienda N° 01



Nota: La figura presenta la forma asigna de los elementos LINKs del tipo MultiLinear Elastic, en CSI SAP2000

Figura 50

Asignación de los elementos LINKs, Vivienda N° 02



Nota: La figura presenta la forma asigna de los elementos LINKs del tipo MultiLinear Elastic, en CSI SAP2000

4.1.5.2.2. PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO

▪ CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO

Las características y propiedades de los pórticos que incluyen las secciones transversales de las vigas y columnas fueron definidas de acuerdo a la estructura existente en la obtención de la información documentaria que se tuvo acceso presentado el siguiente resumen:

Tabla 34

Elementos verticales resistentes de concreto armado, Vivienda N° 01

Vivienda N° 01, Elementos Estructurales de Concreto Armado		
COLUMN	C-2	C-1
A		

Todos los Pisos		
bxt	0.30 x 0.40	0.30 x 0.40
ACERO	10 $\varnothing$ 5/8"	6 $\varnothing$ 5/8"
ESTRIBO	$\varnothing$ 3/8", 1@0.05, 6@0.10, Rto.@0.20m a/s	$\varnothing$ 3/8", 1@0.05, 6@0.10, Rto.@0.20m a/s

Tabla 35

Elementos verticales resistentes de concreto armado, Vivienda N° 02

Vivienda N° 02, Elementos Estructurales de Concreto Armado		
Armado		
COLUMN	C-1	C-2
A		
Todos los Pisos		
bxt	0.30 x 0.40	0.25 x 0.40
ACERO	8 $\varnothing$ 5/8"	8 $\varnothing$ 1/2"
ESTRIBO	$\varnothing$ 3/8", 1@0.05, 6@0.10, Rto.@0.20m a/s	$\varnothing$ 3/8", 1@0.05, 6@0.10, Rto.@0.20m a/s

En cuantos a los demás elementos estructurales que compone las edificaciones en el anexo 06, se presenta los planos con detalles de ubicación y distribución de refuerzo.

▪ IDEALIZACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO CON LOS PARÁMETROS NO LINEALES DE LA SECCIÓN

La caracterización del comportamiento inelástico en pórticos de concreto armado debe incorporar necesariamente la cuantía de acero de refuerzo presente en la sección, junto con las propiedades mecánicas de los materiales componentes.

a. DEFINICIÓN DE ROTULAS PLÁSTICAS CONCENTRADAS EN LOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO

Se ha considerado la no linealidad de la deformación por flexión en vigas y flexo compresión de la columnas mediante la obtención del diagrama Momento – Rotación del elemento según los estándares ASCE 41-13 considerando rotulas plásticas en los extremos de los elementos, mediante la aplicación de la herramienta computacional CSI SAP2000 Frame Hinge.

Figura 51

Vista de asignación de rotula plástica, Table ASCE 41-13, Table 10-8 (Concrete Columns)

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E	-0.2	-0.05
D	-0.2	-0.02525
C	-1.1	-0.025
B	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.1	0.025
D	0.2	0.02525
E	0.2	0.05

☒ Symmetric

Additional Backbone Curve Points

☐ BC - Between Points B and C

☐ CD - Between Points C and D

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☒ Immediate Occupancy

☐ Life Safety

☐ Collapse Prevention

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length:

☒ Relative Length

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Hysteresis Type and Parameters

Hysteresis: **Isotropic**

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

Fuente: CSI SAP2000

Figura 52

Vista de definición de rotula plástica, Table ASCE 41-13, Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure), Item I.

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E	-0.2	-0.05
D	-0.2	-0.02525
C	-1.1	-0.025
B	-1	0
A	0	0
F	1	0
G	1.1	0.025
H	0.2	0.02525
I	0.2	0.05

☒ Symmetric

Additional Backbone Curve Points

☐ BC - Between Points B and C

☐ CD - Between Points C and D

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☒ Relative Length

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Hysteresis Type and Parameters

Hysteresis

Isotropic

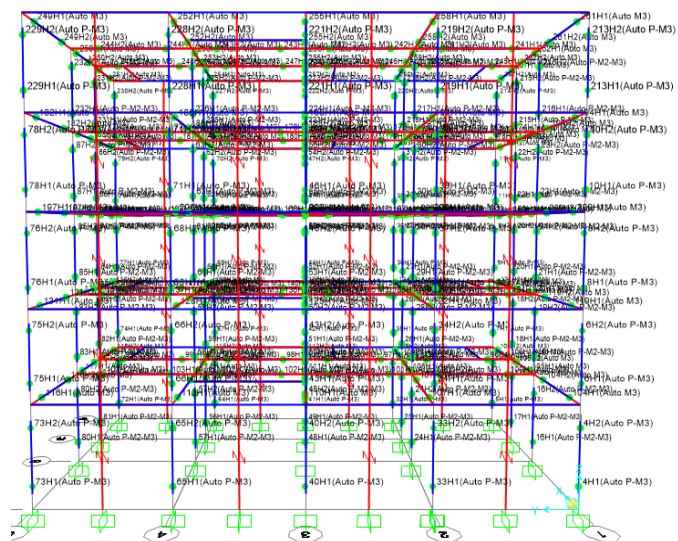
No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

Fuente: CSI SAP2000

Figura 53

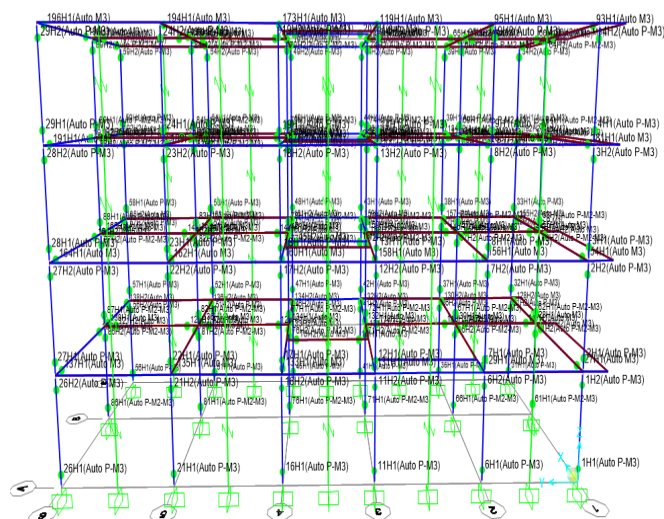
Asignación de las rotulas plásticas (Hinges) en los pórticos de concreto armado, Vivienda N° 01.



Fuente: CSI SAP2000

Figura 54

Asignación de las rotulas plásticas (Hinges) en los pórticos de concreto armado, Vivienda N° 02



Fuente: CSI SAP2000

4.1.5.3.APLICACIÓN DE LA CARGA PUSH-OVER

Del análisis modal se obtuvieron los modos de vibración de cada estructura. Considerando que la dirección de estudio corresponde al eje Y, se examinó la configuración deformada del modo fundamental con mayor participación de masa modal en dicha dirección.

Tras identificar la configuración modal con mayor participación de masa en la dirección Y, se estableció el patrón de fuerzas laterales para el análisis Pushover, normalizando las deformaciones con respecto al desplazamiento del último nivel.

Figura 55

Patrón de cargas laterales para el análisis Pushover, en las dos direcciones de análisis, Vivienda N° 01

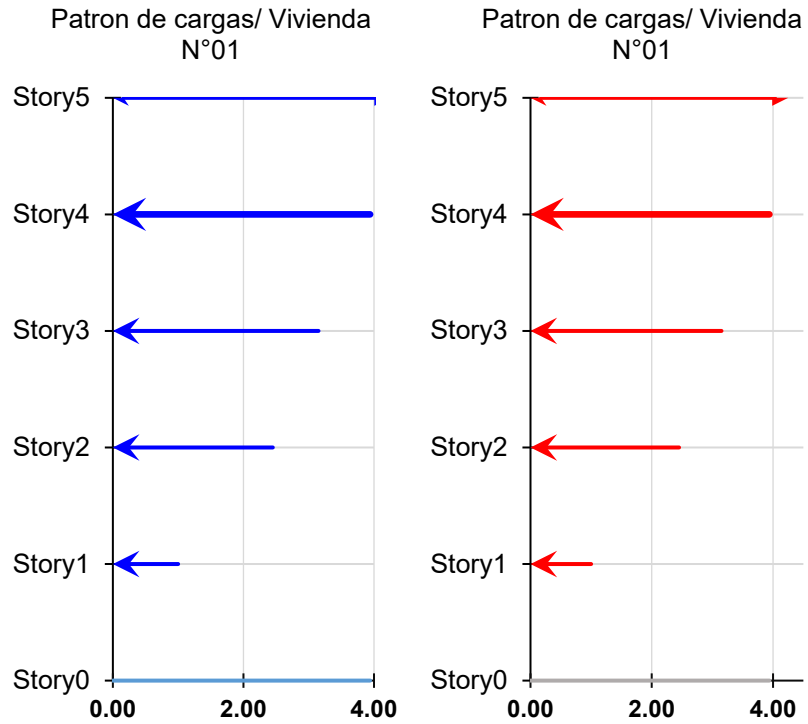
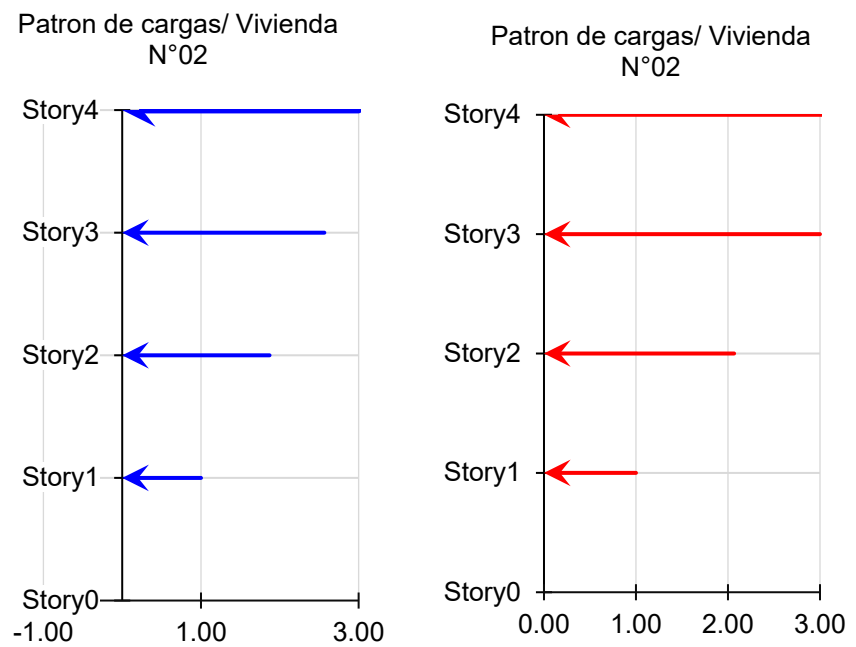


Figura 56

Patrón de cargas laterales para el análisis Pushover, en las dos direcciones de análisis, Vivienda N° 02



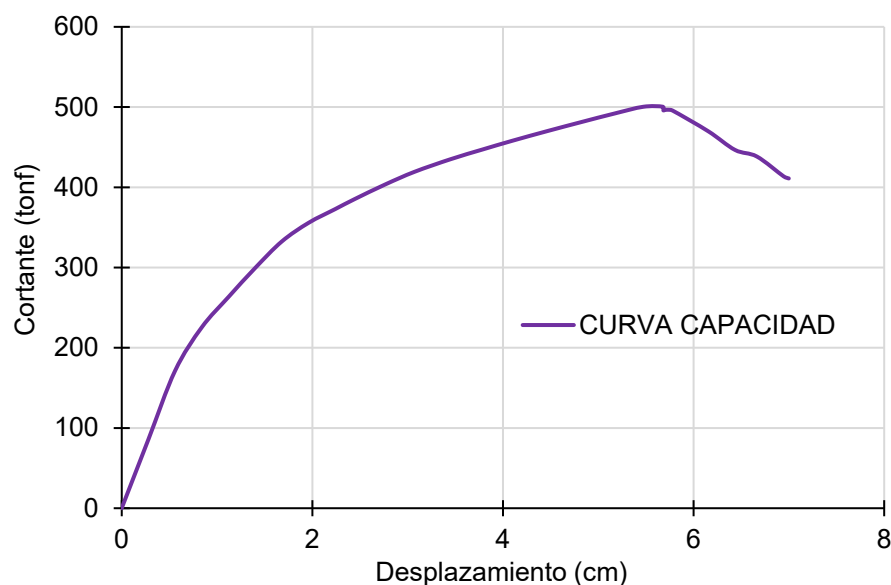
4.1.5.4.RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL

El análisis Pushover aplicado a las dos estructuras permitió obtener sus respectivas curvas de capacidad. El desplazamiento objetivo se definió como la deformación del nodo de control que genera una deriza equivalente al límite establecido en la Norma E.030 para albañilería confinada (0.005), tal como se muestra en las gráficas siguientes.

Como nota adicional se hace necesario que los gráficos que presenta el software se presentaran en los anexos 05, adopción esta método de presentación de resultados está relacionado con un mejor distribución de los gráficos y una mejor visibilidad de la datos que representan.

Figura 57

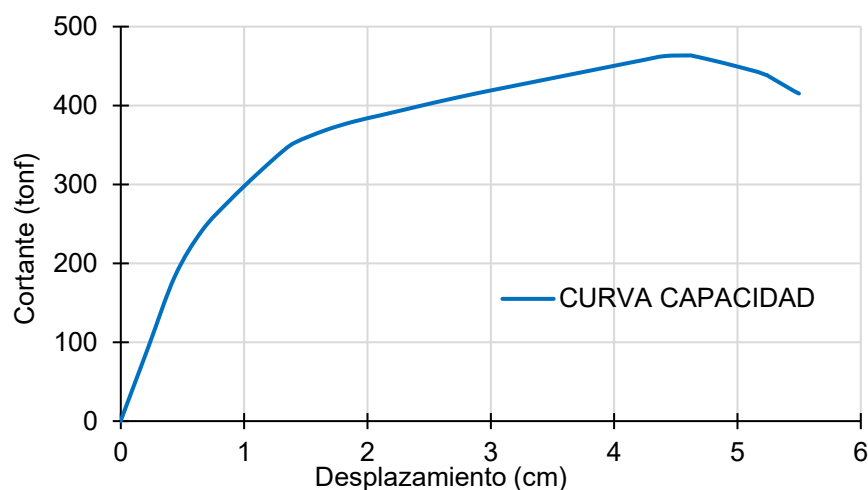
Curva de capacidad, dirección Y-Y, S. Mixto, vivienda N° 01



Nota: La figura nos muestra la curva de capacidad en la dirección Y-Y, obtenidos del modelado no lineal con el software CSI SAP2000.

Figura 58

Curva de capacidad, dirección Y-Y, S. Mixto, vivienda N° 02

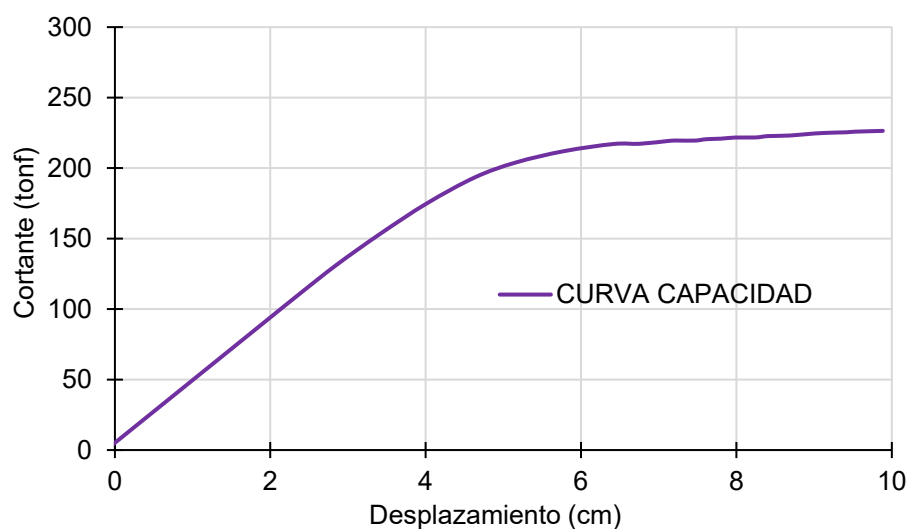


Nota: La figura nos muestra la curva de capacidad en la dirección Y-Y, obtenidos del modelado no lineal con el software CSI SAP2000.

Se presenta la curva de capacidad en la dirección del sistema estructural de pórticos de concreto armado, con un desplazamiento objetivo; para una deriva máxima de 0.007 según normativa.

Figura 59

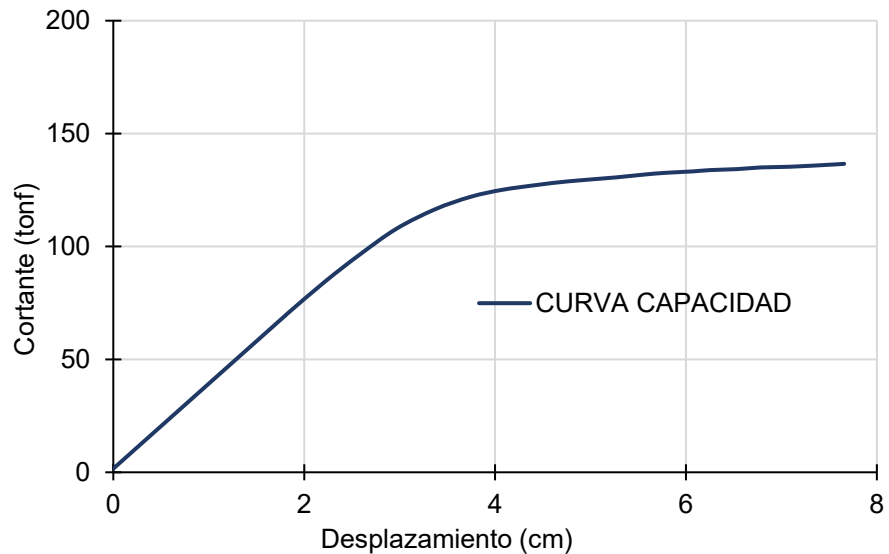
Curva de capacidad, dirección X-X, S. Pórticos, vivienda N° 01



Nota: La figura nos muestra la curva de capacidad en la dirección X-X, obtenidos del modelado no lineal con el software CSI SAP2000.

Figura 60

Curva de capacidad, dirección X-X, S. Pórticos, vivienda N° 02



Nota: La figura nos muestra la curva de capacidad en la dirección X-X, obtenidos del modelado no lineal con el software CSI SAP2000.

4.1.5.5.COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

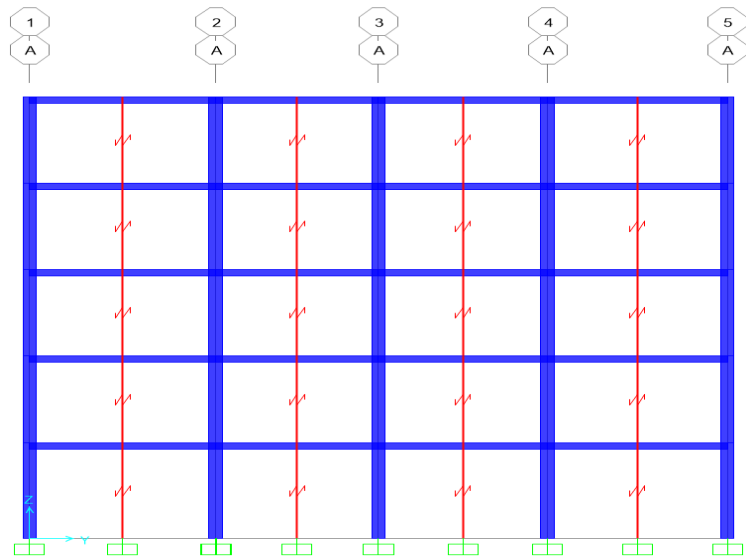
Posterior a la aplicación de carga Push-over se procedió a evaluar el comportamiento de los elementos estructurales en el punto del desplazamiento objetivo mediante la deriva máxima establecida por la norma E.030 Diseño sismorresistente, de acuerdo a los sistemas estructurales.

4.1.5.5.1. COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA

Se analiza el comportamiento sísmico de los muros de albañilería confinada que conforman el sistema estructural mixto. En cada caso estudiado, primero se identifica su ubicación respecto a los ejes estructurales y luego se muestran su respuesta ante fuerzas sísmicas mediante gráficos que reflejan su respuesta estructural (fuerza/deriva).

Figura 61

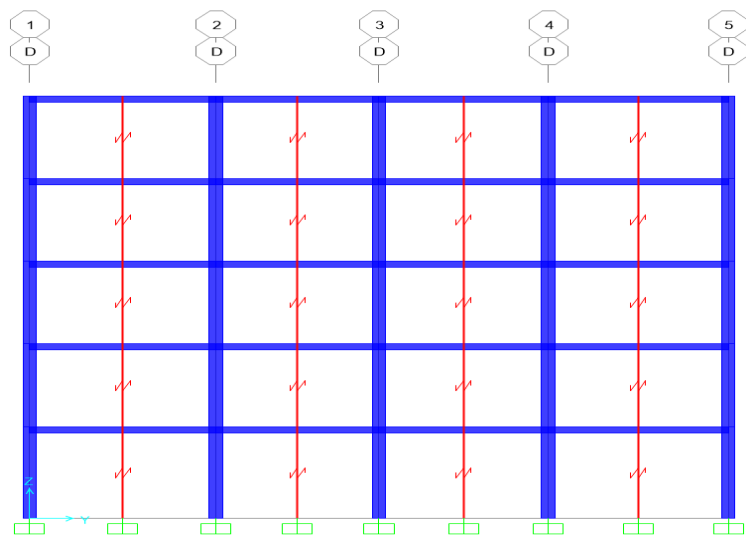
Muros de albañilería del eje A-A y los elementos Links asociados



Fuente: CSI SAP2000

Figura 62

Muros de albañilería del eje D-D y los elementos LINKs, asociados



Fuente: CSI SAP2000

A continuación, se presentan los muros de albañilería más esforzados de cada nivel, mediante el grafico de fuerza-deriva, con implementación en el grafico de los intervalos de grados de seguridad que se encuentre los muros, realizado por el CISMID.

Figura 63

Muros de albañilería más esforzado del eje A (elementos Links) del primer y segundo nivel

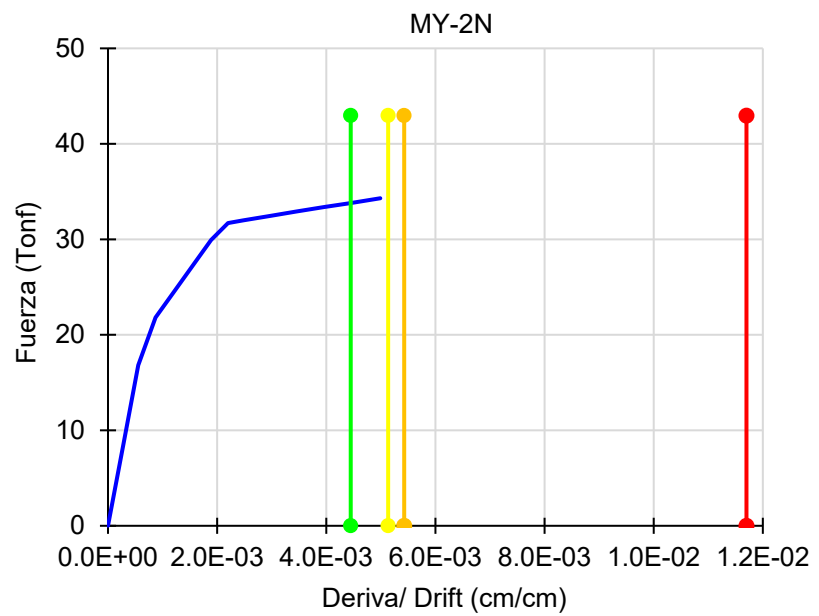
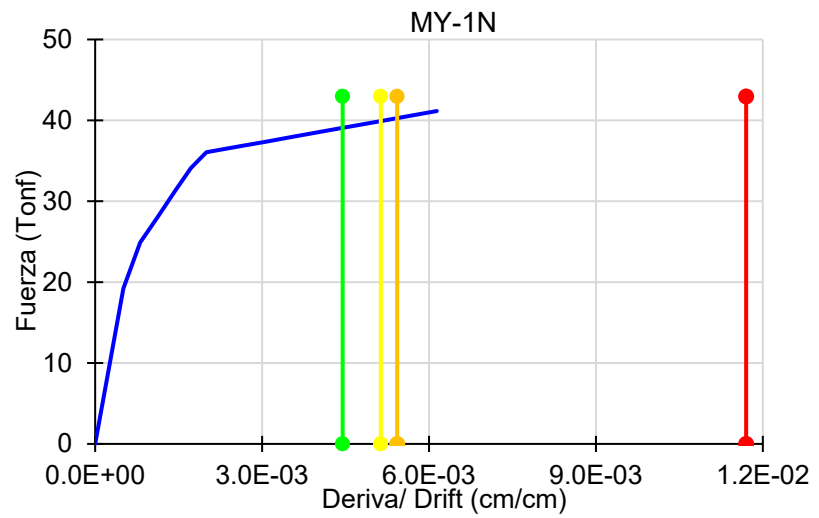


Figura 64

Muros de albañilería más esforzado del eje A (elementos Links) del tercer y cuarto nivel

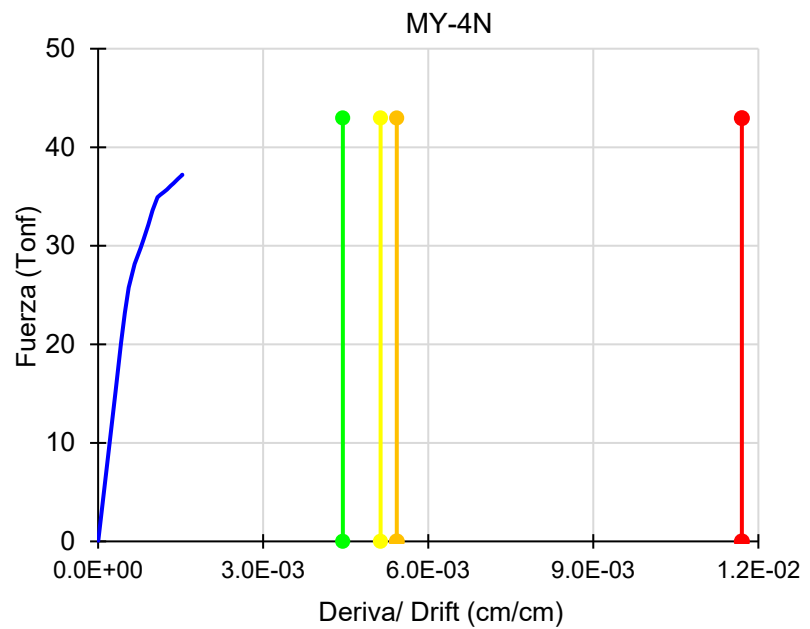
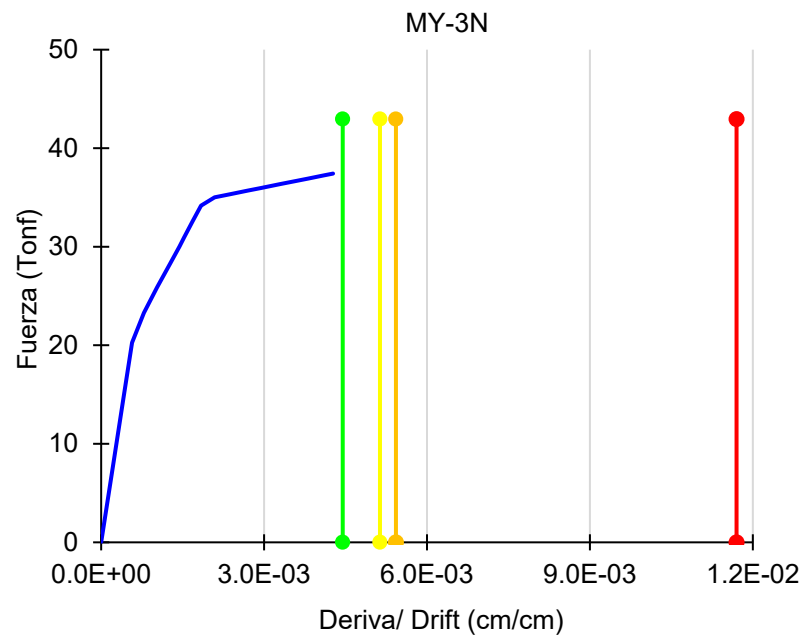
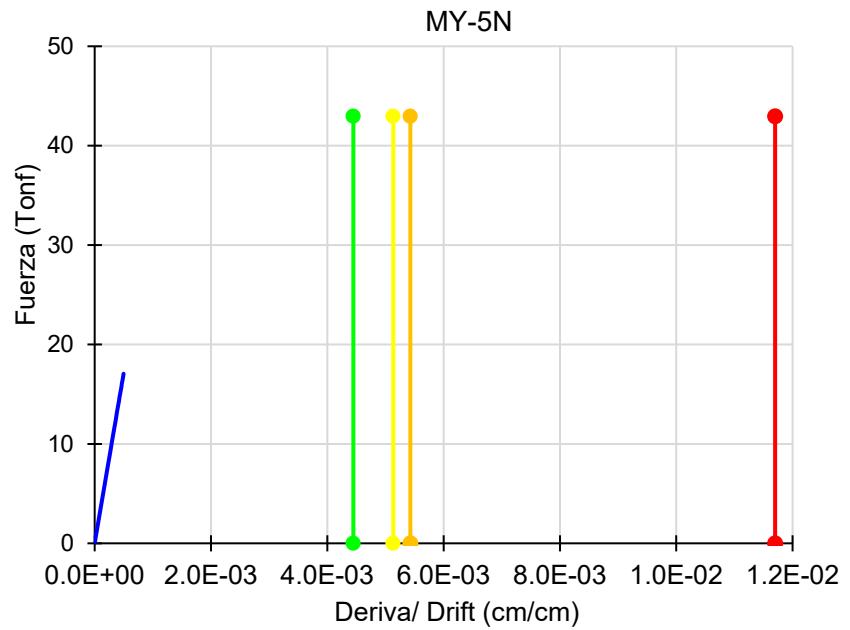


Figura 65

Muros de albañilería más esforzado del eje A (elementos Links) del quinto nivel

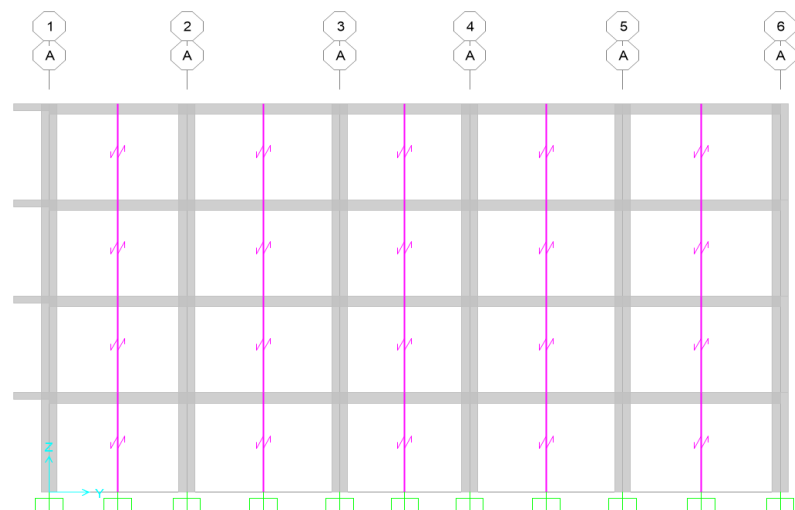


Nota: En la gráfica se muestra las derivas máximas de cada entrepiso en función al muro de albañilería más esforzada.

A continuación, se continua con la presentación de resultados para la vivienda N° 02, para cada eje de muros de albañilería confinada.

Figura 66

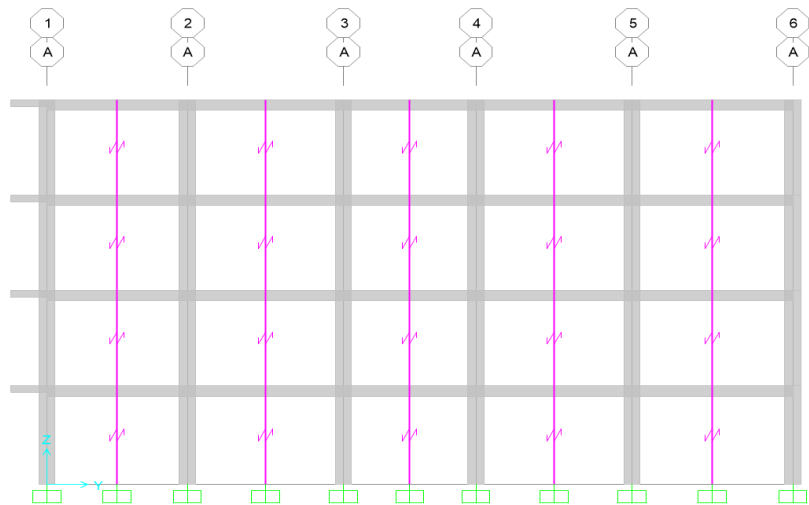
Muros de albañilería del eje A-A y los elementos Link asociados, Vivienda N° 02



Fuente: CSI SAP2000

Figura 67

*Muros de albañilería del eje C-C y los elementos Link asociados,
Vivienda N° 02*

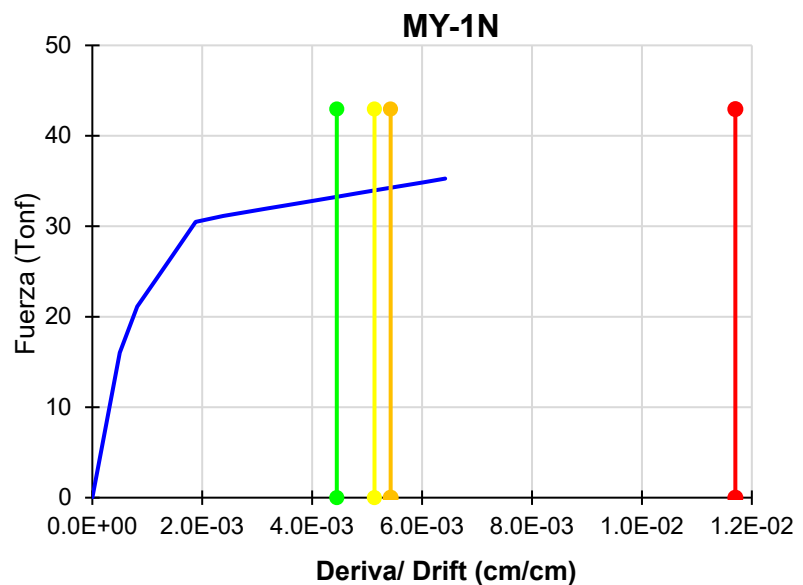


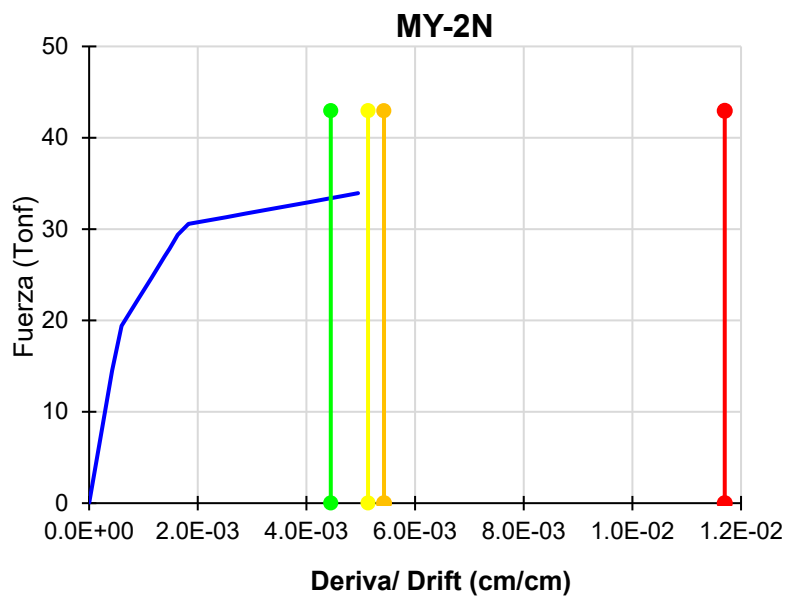
Fuente: SAP2000

Siguiendo la secuencia de presentación de resultados, a continuación, se muestran los muros de albañilería más esforzados de cada nivel, mediante el gráfico de fuerza-deriva, con implementación en el gráfico de los intervalos de grados de seguridad que se encuentre los muros, realizado por el CISMID.

Figura 68

Muros de albañilería más esforzado del eje A (elementos Links) del primer y segundo nivel, vivienda N° 02

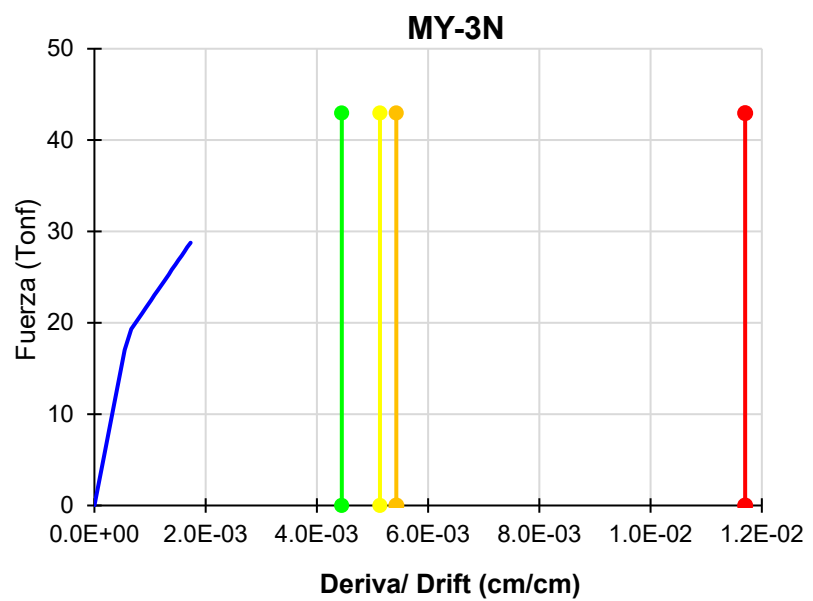


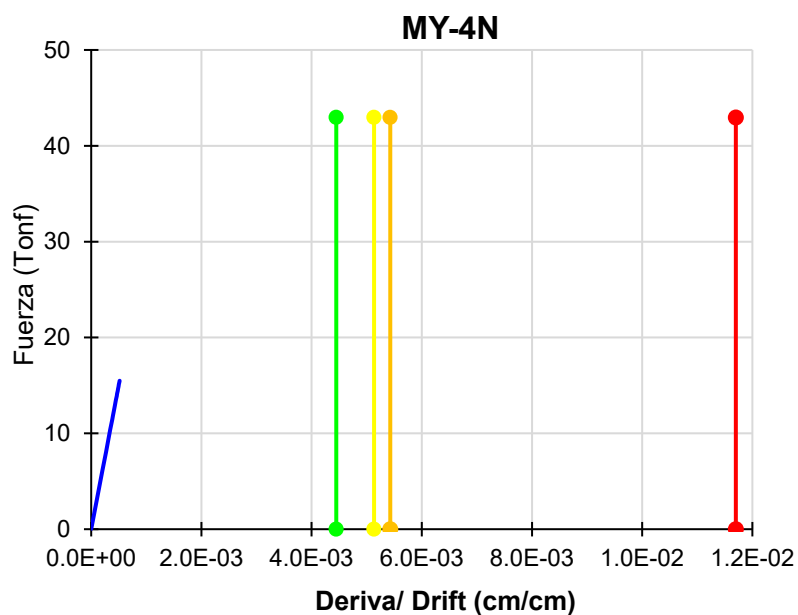


Nota: En la gráfica se muestra las derivas máximas de cada entrepiso en función al muro de albañilería más esforzada.

Figura 69

Muros de albañilería más esforzado del eje A (elementos Links) del tercer y cuarto nivel, Vivienda N° 02





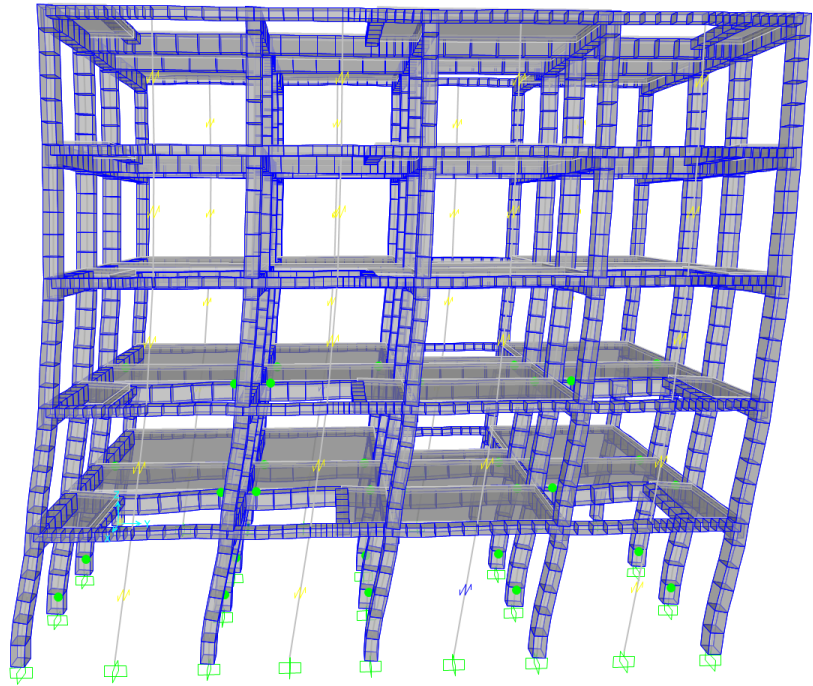
Nota: En la gráfica se muestra las derivas máximas de cada entrepiso en función al muro de albañilería más esforzada.

4.1.5.5.2. COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO

De manera similar a lo observado en la sección precedente, durante la acción sísmica no solo los muros manifestaron un comportamiento en el rango inelástico, sino que también ciertas columnas y vigas desarrollaron deformaciones significativas. A continuación, se exponen los resultados del análisis estructural correspondiente a estos elementos.

Figura 70

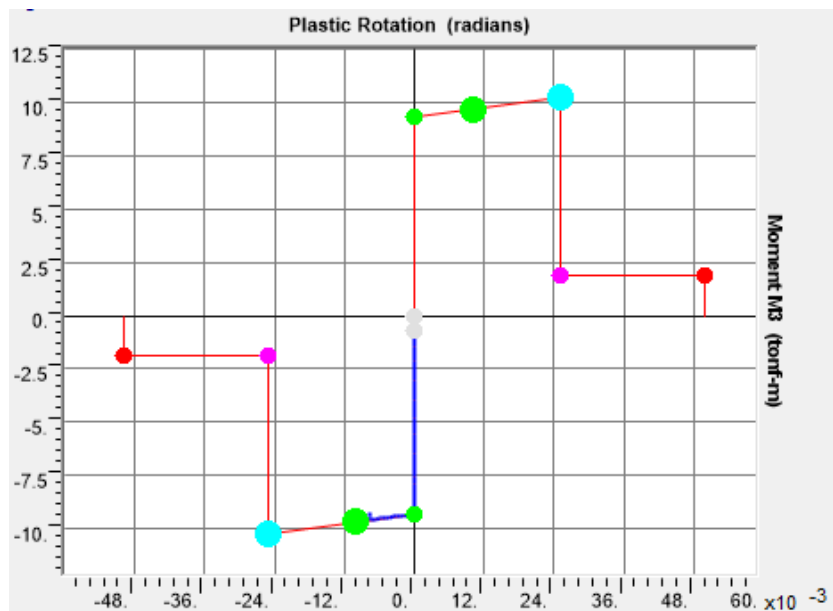
Vista deformada de la estructura, y la formación de rotulas plásticas, Vivienda N° 01



Fuente: CSI SAP2000

Figura 71

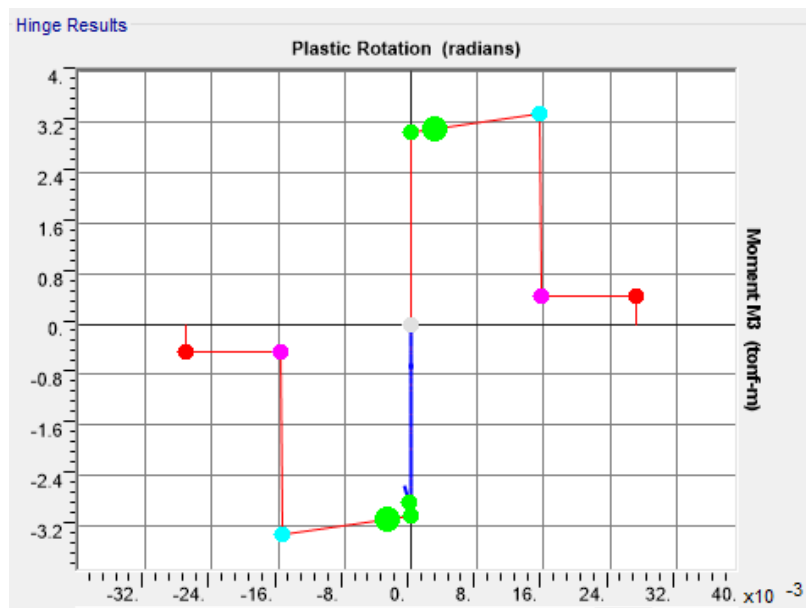
Respuesta de la columna, frente la carga Pushover en el primer Nivel



Fuente: CSI SAP2000 – Plastic Rotation

Figura 72

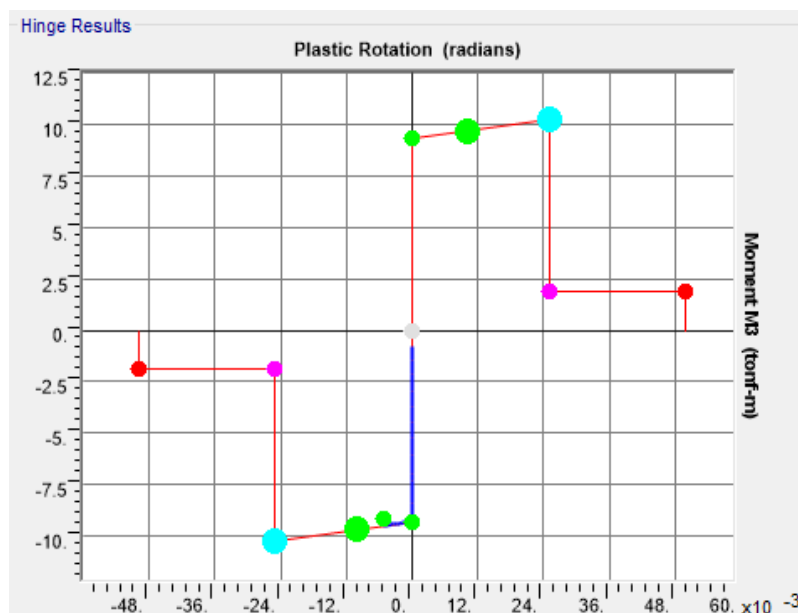
Respuesta de la columna, frente la carga Pushover en el segundo nivel



Fuente: SAP2000 – Plastic Rotation

Figura 73

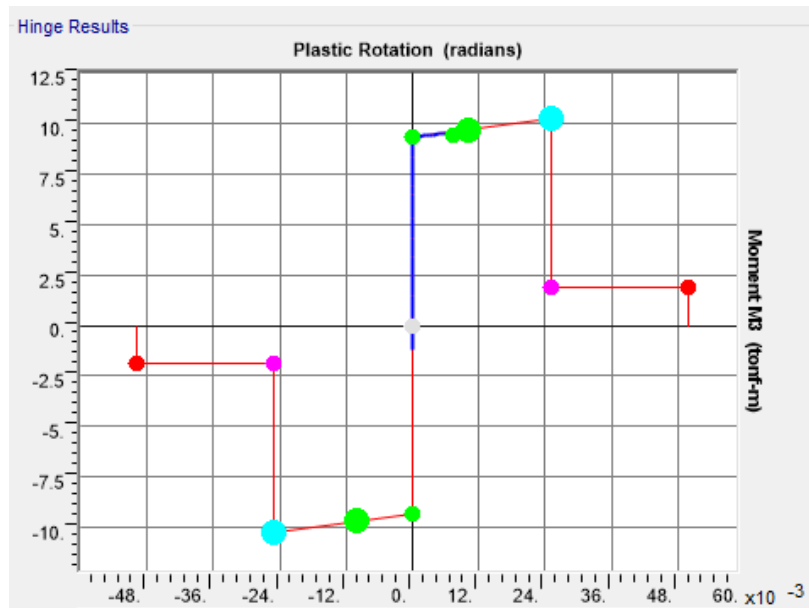
Respuesta de la viga, frente la carga Pushover en el primer nivel



Fuente: CSI SAP2000 – Plastic Rotation

Figura 74

Respuesta de la viga, frente la carga Pushover en el segundo nivel

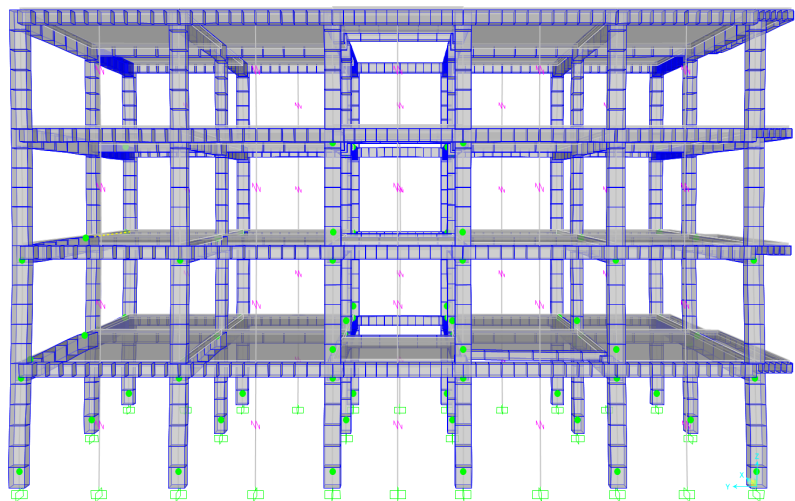


Fuente: CSI SAP2000 – Plastic Rotation

Continuando con la presentación de los resultados del desempeño de los elementos estructurales de concreto armado de la vivienda N° 02

Figura 75

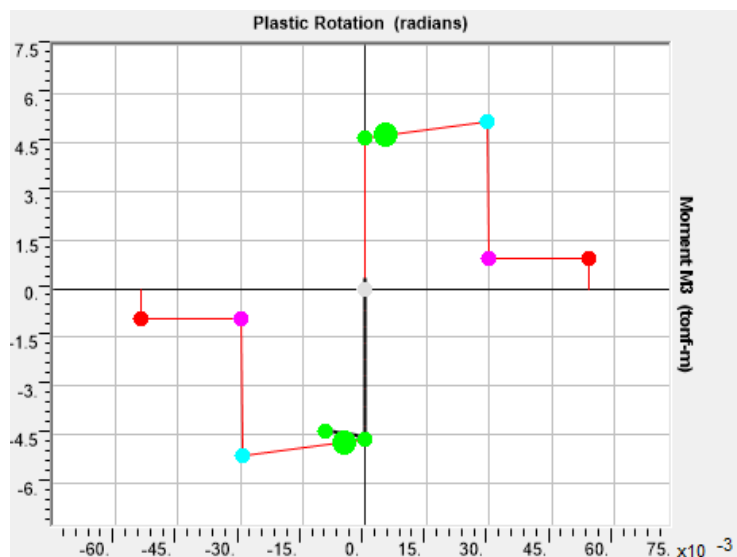
Vista deformada de la estructura, y la formación de rotulas plásticas, Vivienda N° 02



Fuente: CSI SAP2000

Figura 76

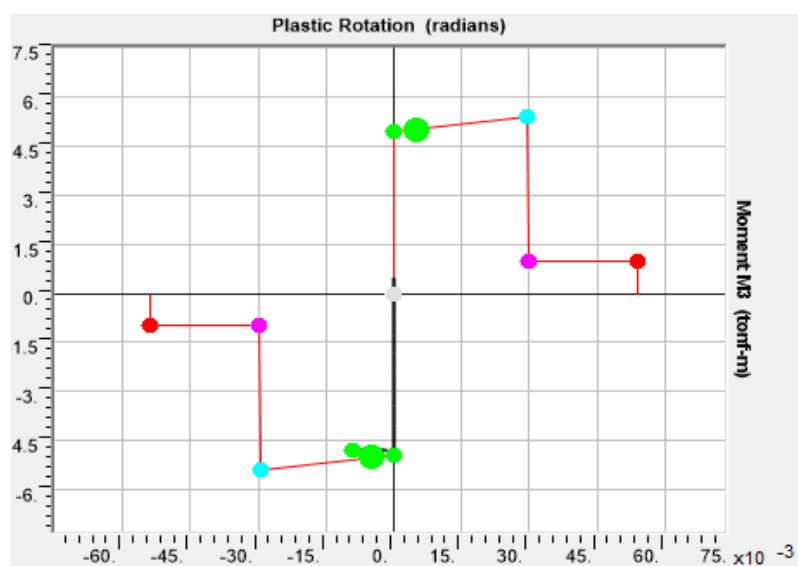
Curva de comportamiento de la columna, frente la carga Pushover en el primer Nivel, vivienda N° 02



Fuente: CSI SAP2000

Figura 77

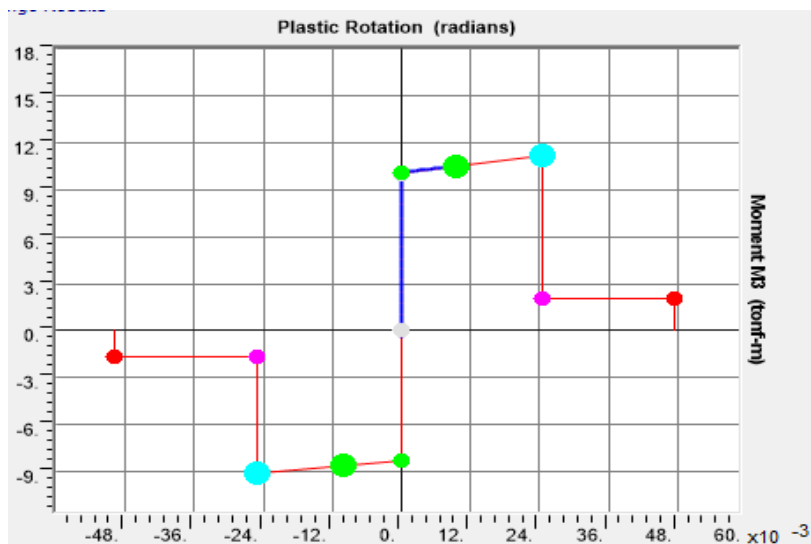
Curva de comportamiento de la columna, frente la carga Pushover en el segundo nivel, vivienda N° 02



Fuente: CSI SAP2000

Figura 78

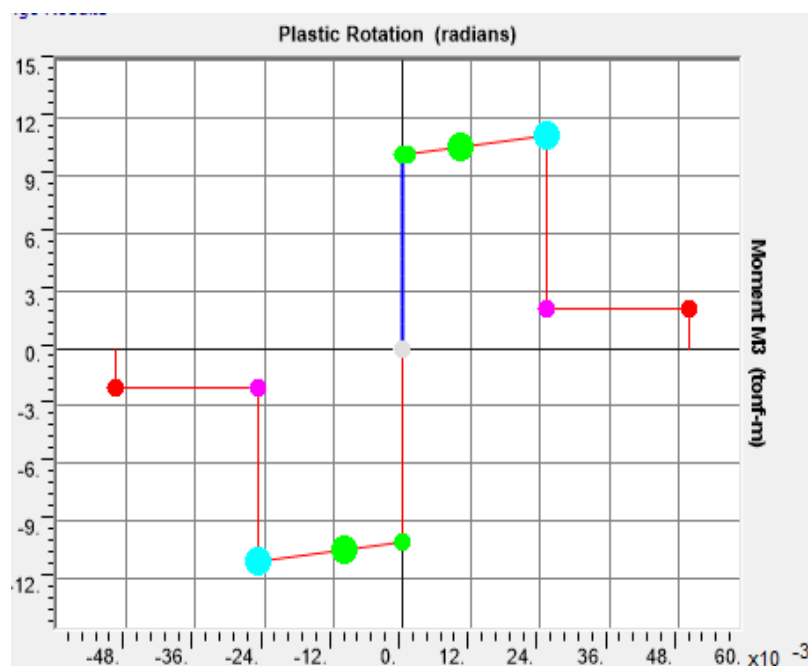
Curva de comportamiento de la viga, frente la carga Pushover en el primer nivel, Vivienda N° 02



Fuente: CSI SAP2000

Figura 79

Curva de comportamiento de la viga, frente la carga Pushover en el segundo nivel, Vivienda N° 02



Fuente: CSI SAP2000

4.1.6. FACTOR DE REDUCCIÓN DE FUERZA SÍSMICAS (R)

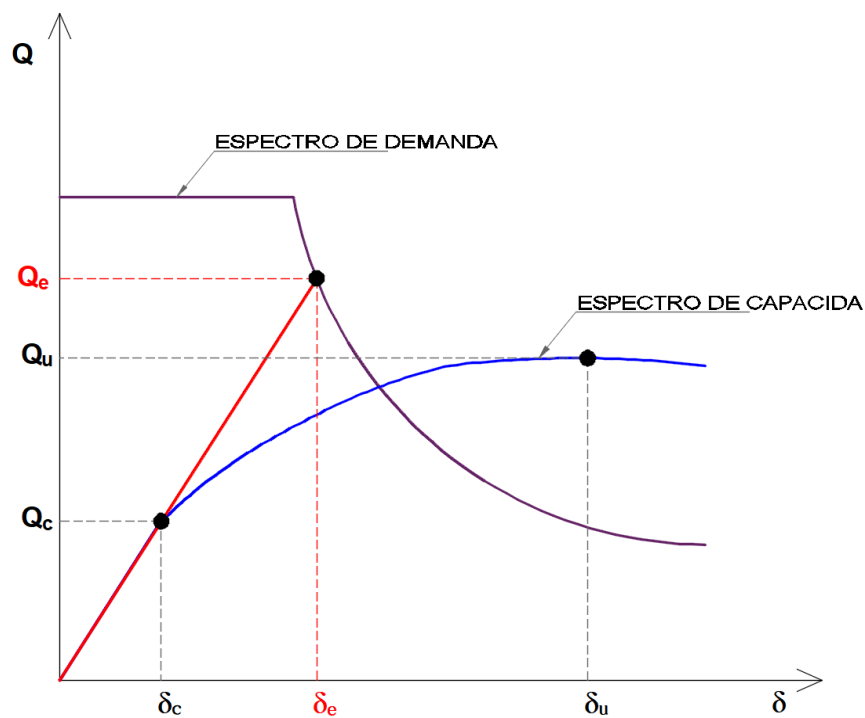
Para la obtención de del factor de reducción de fuerza sísmica se empleó la metodología expuesta por la investigación de (Días, 2021) y de acuerdo a los lineamiento de la Asociación de Ingenieros

Estructurales de California (SEAOC), que manifiesta que el factor de reducción de fuerza sísmica puede ser expresado como el producto del valor numérico que representa la ductilidad (R_d) y el valor numérico que representa la sobrerresistencia (R_o) ($R=R_d \times R_o$), mediante la gráfica del Espectro y Demanda de capacidad que deriva de la curva de capacidad de la estructura.

En la curva de capacidad de la edificación se establece dos puntos notables, por lo general el agrietamiento y resistencia máxima, siendo este último correspondiente al desplazamiento máximo como requisito normativo en función de la derivas máxima de acuerdo con el sistema estructural como se indica en la figura 25.

Figura 80

Metodología para la obtención del coeficiente de reducción sísmica “R”, SEAOC-BLUE BOOK



Nota: La figura muestra los valores de cortantes utilizados para obtener los valores de los coeficientes de R_d y R_o .

Los valores de cortante Q_c , Q_u y Q_e , derivados de la curva de capacidad, se emplean para determinar los coeficientes correspondientes a la cortante de diseño (V_s), cortante máxima (V_m) y

cortante elástica (V_e), respectivamente, según se ilustra en la Figura 80.

En cuanto al valor de la cortante de diseño (V_s) dado que la investigación se realizó a edificaciones diseñadas, el V_s se tomará como la cortante basal de diseño cuyo valor se obtuvo en el análisis sísmico lineal, estos resultados se vuelven mostrar en siguiente tabla:

Tabla 36

Cortantes de diseño V_s , en cada dirección de análisis en las dos viviendas

Descripción	Sistema Estructural	Cortante basal (Tonf)	S_a (g)	S_d (cm)
Vivienda N° 01	Mixto	136.13	0.198006	0.0035366
	Pórticos	51.05	0.0074895	0.0089024
Vivienda N° 02	Mixto	112.34	0.18890	0.19610
	Pórticos	42.13	0.0068242	0.0081428

4.1.6.1. FACTOR DE DUCTILIDAD R_d

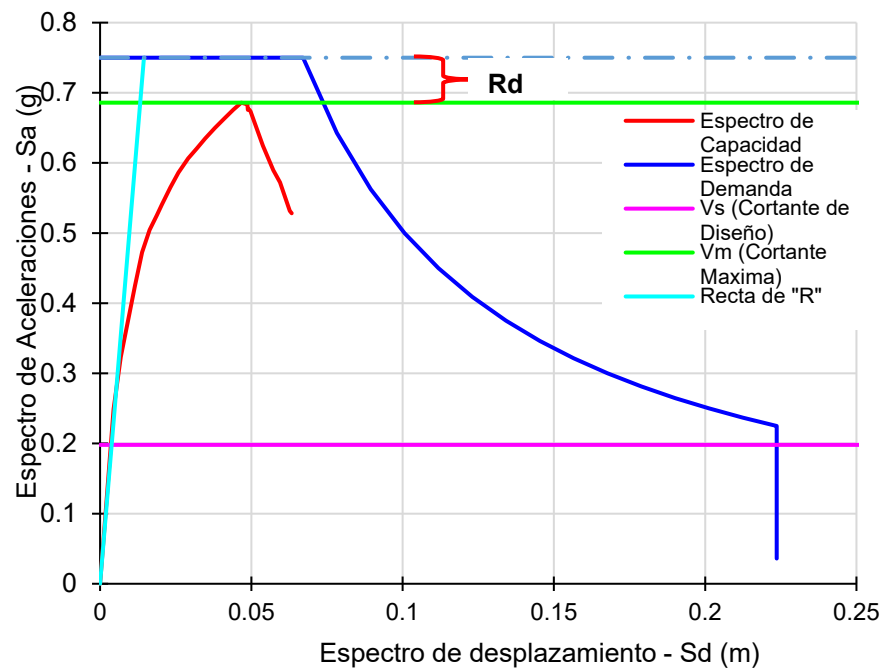
Como parte de la implementación del procedimiento metodológico establecido por la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) en su documento "Recommended Lateral Force Requirements and Commentary", se determinó inicialmente el factor de ductilidad para ambas edificaciones.

Las curvas de capacidad de cada estructura se representan mediante los parámetros de aceleración espectral (S_a) y desplazamiento espectral (S_d), conjunto que constituye el denominado espectro de capacidad.

El espectro de capacidad y el espectro elástico de diseño, considerando una amenaza sísmica correspondiente a un período de retorno promedio de 475 años según lo establecido en la N.T.E. E.030-2018, se emplean para determinar los coeficientes que representan la cortante de diseño (V_s) y la cortante máxima (V_m).

Figura 81

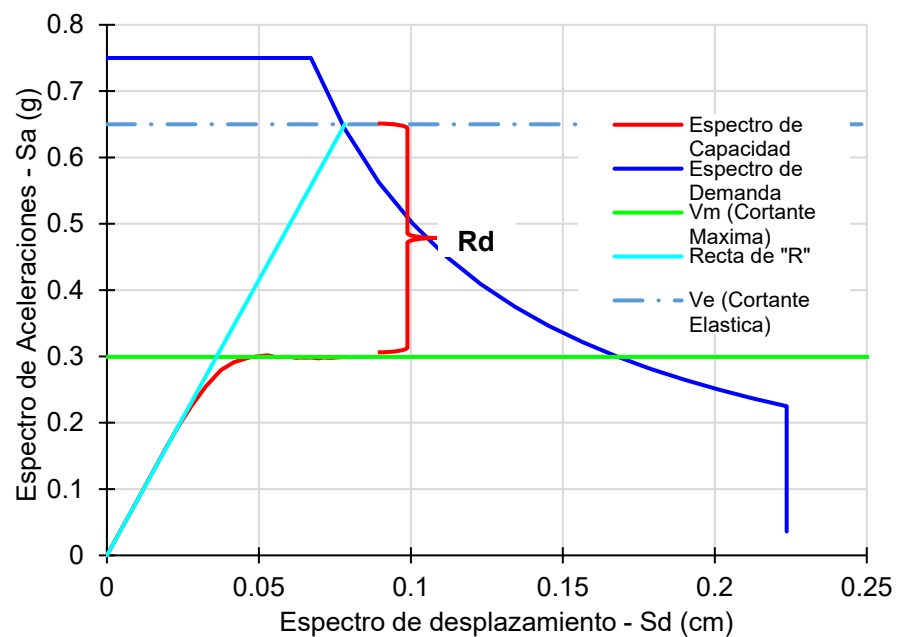
Factor de ductilidad R_d , Y-Y, S.Mixto, vivienda N° 01



Nota: Se presenta en la gráfica la obtención de la componente o factor de ductilidad R_d , para la dirección de análisis mixto.

Figura 82

Factor de ductilidad R_d , X-X, S. Pórticos, Vivienda N° 01



Nota: Se presenta en la gráfica la obtención de la componente o factor de ductilidad R_d , para la dirección de análisis de pórticos de concreto armado.

En las siguiente tabla se muestra en resumen los valores y el cálculo del factor de ductilidad para las dos direcciones de análisis, sistema estructural mixto y sistema estructural de pórticos de concreto armado.

Tabla 37

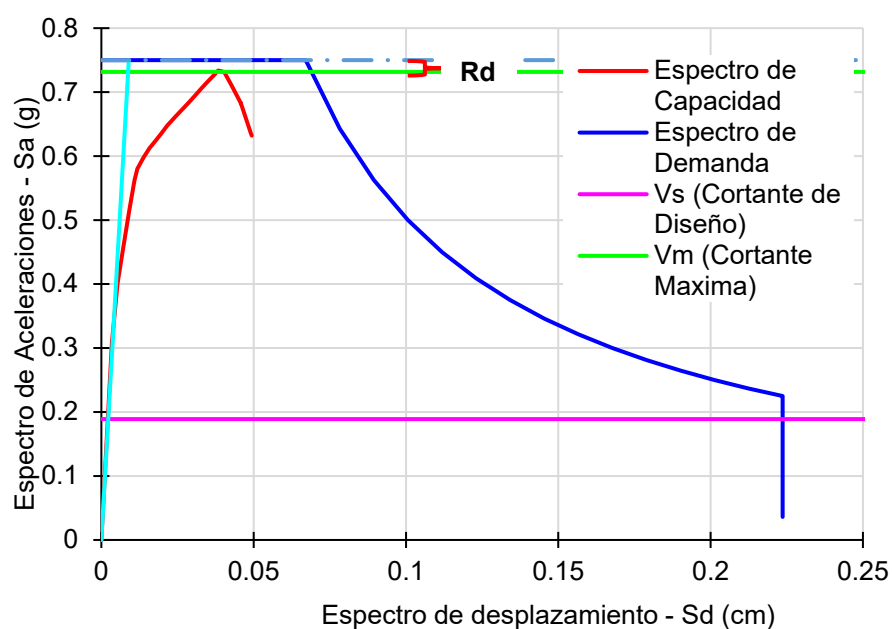
Resumen de valores del factor o componente de ductilidad R_d , vivienda N° 01

ÍTEM	MODELO	DIRECCIÓN DE ANÁLISIS	V_m	V_e	R_d
1	Edificación N° 01	Sentido "Y", Sistema mixto	0.6859	0.750	1.093
2	Edificación N° 01	Sentido "X", Pórticos	0.2992	0.650	2.172

Se procede a repetir el procedimiento anterior, para obtener el valor del factor de ductilidad R_d , para la vivienda N° 02.

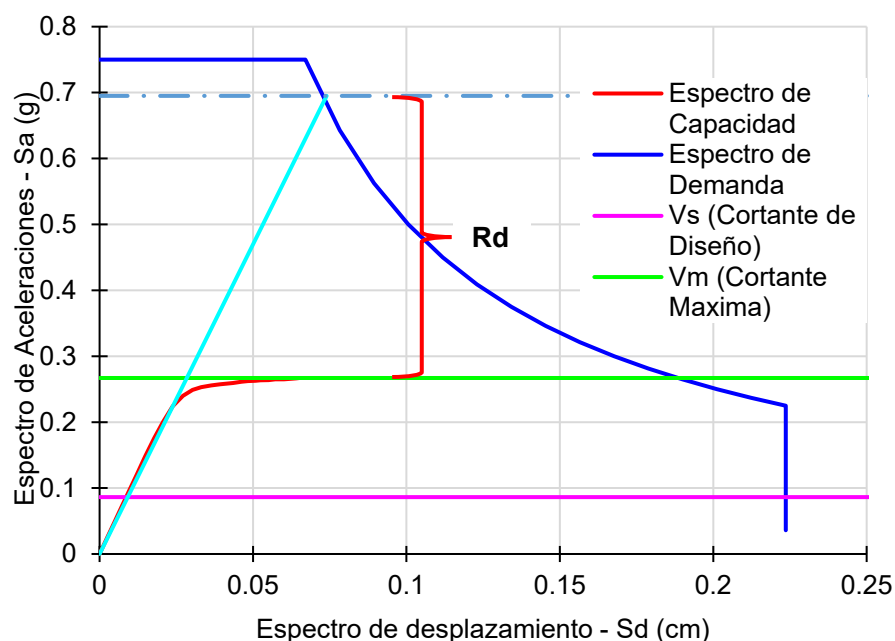
Figura 83

Factor de ductilidad R_d , Y-Y, S.Mixto, vivienda N° 02



Nota: Se presenta en la gráfica la obtención de la componente o factor de ductilidad R_d , para la dirección de análisis mixto.

Figura 84



Nota: Se presenta en la gráfica la obtención de la componente o factor de ductilidad R_d , para la dirección de análisis de pórticos de concreto armado.

Tabla 38

Resumen de valores del factor o componente de ductilidad R_d , vivienda N° 02

ÍTEM	MODELO	DIRECCIÓN DE ANÁLISIS	Vm	Ve	R_d
1	Edificación N° 02	Sentido "Y", Sistema mixto	0.73161	0.750	1.025
2	Edificación N° 02	Sentido "X", Pórticos	0.26701	0.695	2.603

4.1.6.2. FACTOR DE SOBRERRESISTENCIA R_o

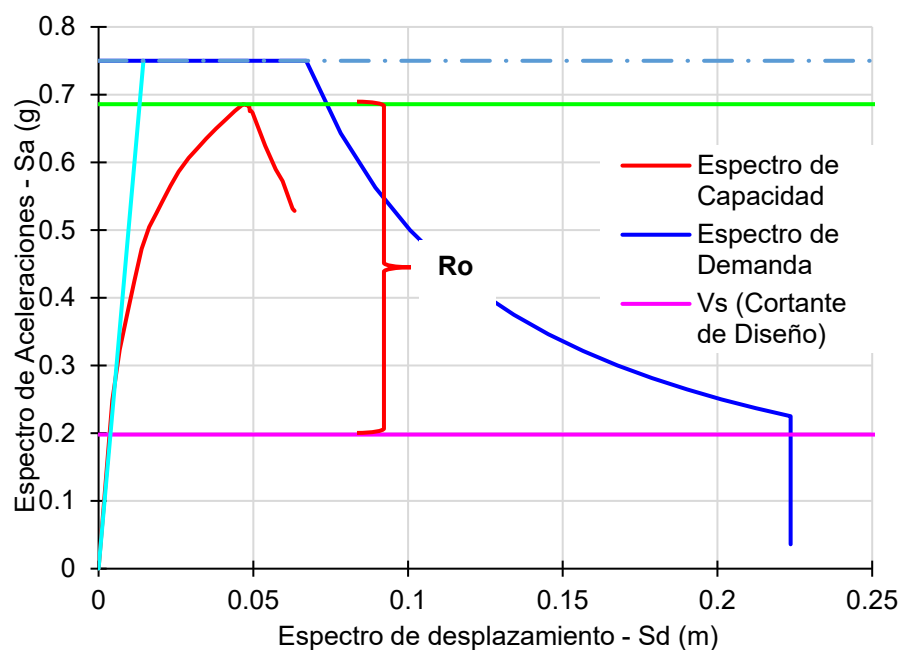
Como aplicación de la metodología de acuerdo con la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) en el documento "Recommended Lateral Force Requirements and Commentary", se halló en segundo lugar el factor de sobrerresistencia para las dos viviendas.

Conforme a lo descrito previamente, los espectros de capacidad y elástico de diseño para un peligro sísmico con

período de retorno de 475 años -establecido en la normativa peruana- se emplearon para calcular los coeficientes de cortante máxima (V_m) y cortante elástica (V_e), según se ilustra en el gráfico siguiente.

Figura 85

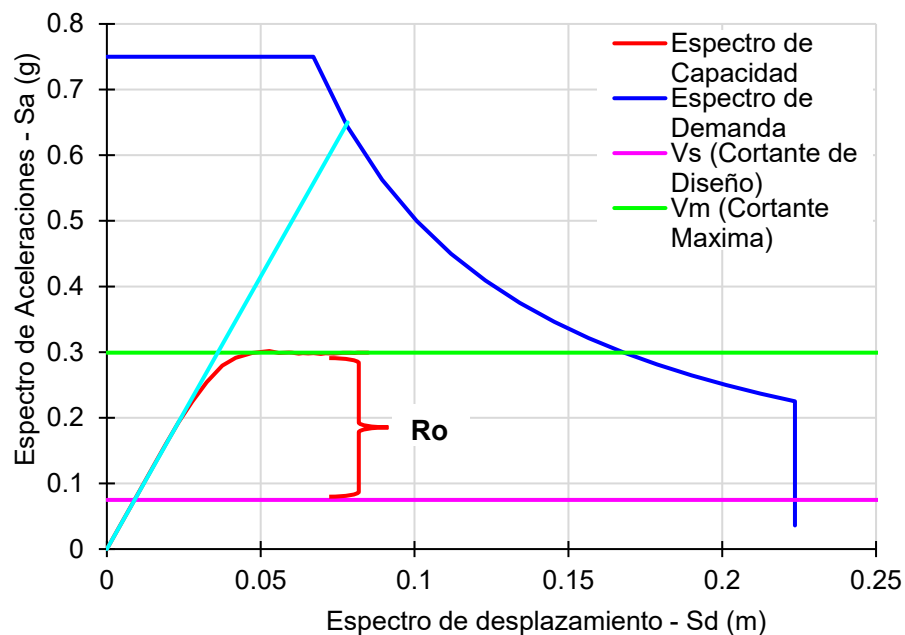
Factor de sobrerresistencia R_o , Y-Y, S.Mixto, vivienda N° 01



Nota: Se presenta en la gráfica la obtención de la componente o factor de sobrerresistencia R_o , para la dirección de análisis del sistema mixto.

Figura 86

Factor de sobrerresistencia R_o , X-X, S. Pórticos, vivienda N° 01



Nota: Se presenta en la gráfica la obtención de la componente o factor de sobrerresistencia R_o , para la dirección de análisis de pórticos de concreto armado.

Tabla 39

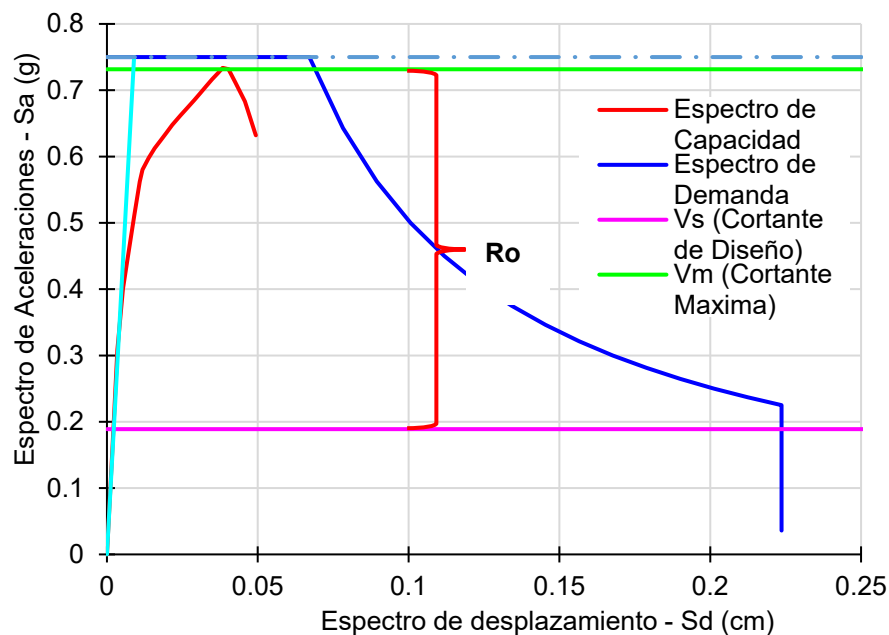
Resumen de valores del factor o componente de Sobrerresistencia R_s , vivienda N° 01

ÍTEM	MODELO	DIRECCIÓN DE ANÁLISIS	Vs	Vm	R_o
1	Edificación N° 01	Sentido "Y", Sistema mixto	0.19801	0.6859	3.464
2	Edificación N° 01	Sentido "X", Pórticos	0.07489	0.2992	3.995

Se procede a repetir el procedimiento anterior, aplicando a la vivienda N° 02, como se muestra a continuación.

Figura 87

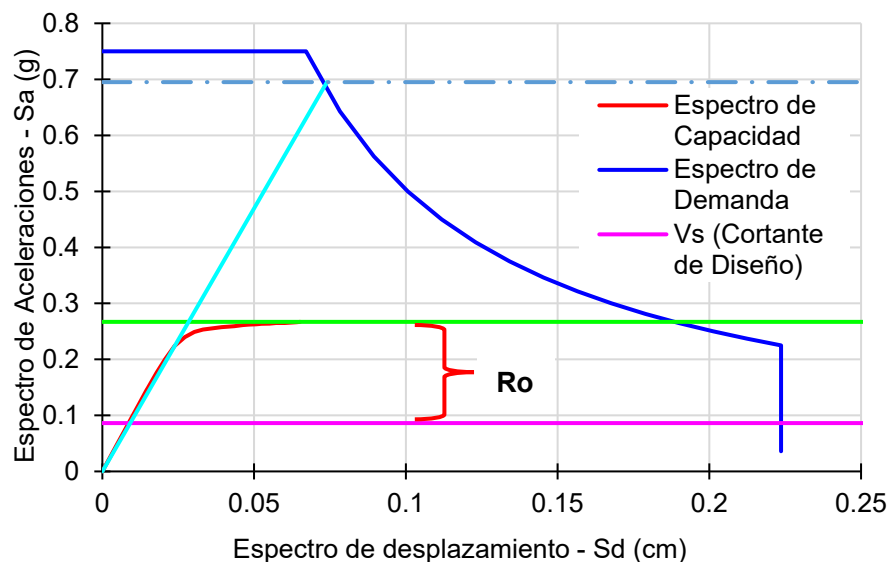
Factor de sobrerresistencia R_o , Y-Y, S.Mixto, vivienda N° 02



Nota: Se presenta en la gráfica la obtención de la componente o factor de sobrerresistencia R_o , para la dirección de análisis del sistema mixto.

Figura 88

Factor de sobrerresistencia R_o , X-X, S.Porticos, vivienda N° 02



Nota: Se presenta en la gráfica la obtención de la componente o factor de sobrerresistencia R_o , para la dirección de análisis de pórticos de concreto armado.

Tabla 40

Resumen de valores del factor o componente de Sobrerresistencia R_s , vivienda N° 02

ÍTEM	MODELO	DIRECCIÓN DE ANÁLISIS	Vs	Vm	Ro
1	Edificación N° 02	Sentido "Y", Sistema mixto	0.1889	0.73161	3.873
2	Edificación N° 02	Sentido "X", Pórticos	0.08628	0.26701	3.095

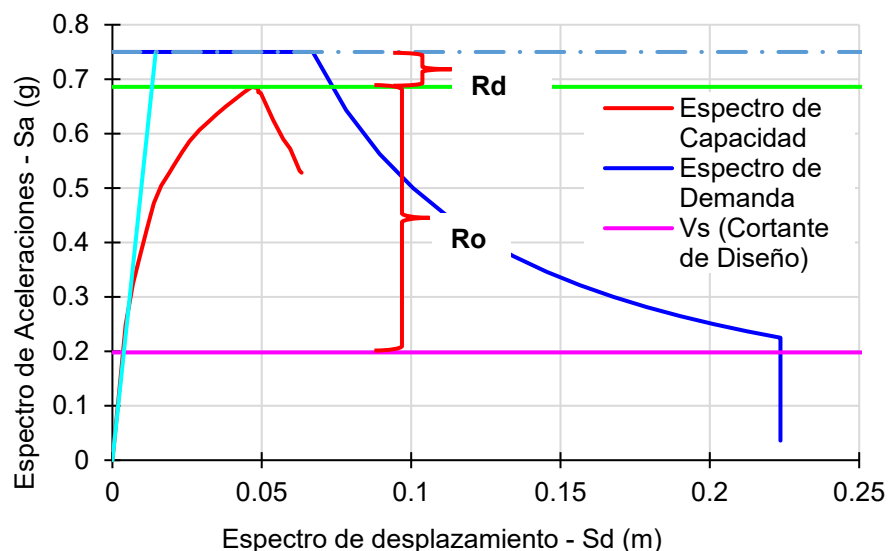
4.1.6.3.OBTENCIÓN DEL FACTOR DE REDUCCIÓN DE FUERZA SÍSMICA R

Finalmente, una vez que se obtuvo los factores de ductilidad R_o y Sobrerresistencia R_d , se procede a determinar el coeficiente de reducción de fuerza refuerza sísmica.

Los siguientes gráficos muestran el procedimiento conjuntos de los pasos anterior necesarios para la obtención del valor de (R), así también una tabla de resumen.

Figura 89

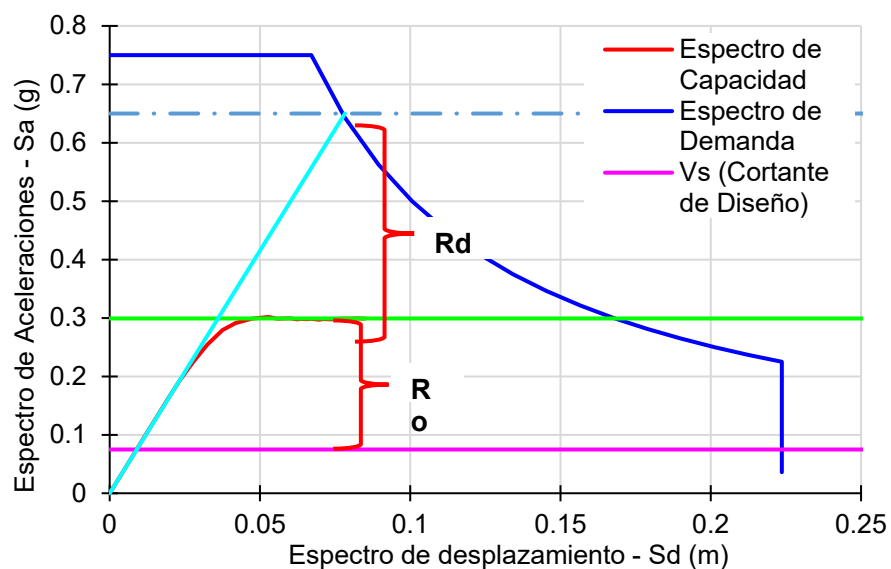
Coeficiente de reducción de fuerza sísmica "R", S. Mixto, Vivienda N° 01



Nota: En el gráfico se presenta la obtención del coeficiente R, mediante el producto $R = R_d \times R_o$, en la dirección de análisis del sistema mixto.

Figura 90

Coeficiente de reducción de fuerza sísmica "R", S. Pórticos, Vivienda N° 01



Nota: En el gráfico se presenta la obtención del coeficiente R , mediante el producto $R = R_d \times R_o$, en la dirección de análisis del sistema de pórticos de concreto.

Tabla 41

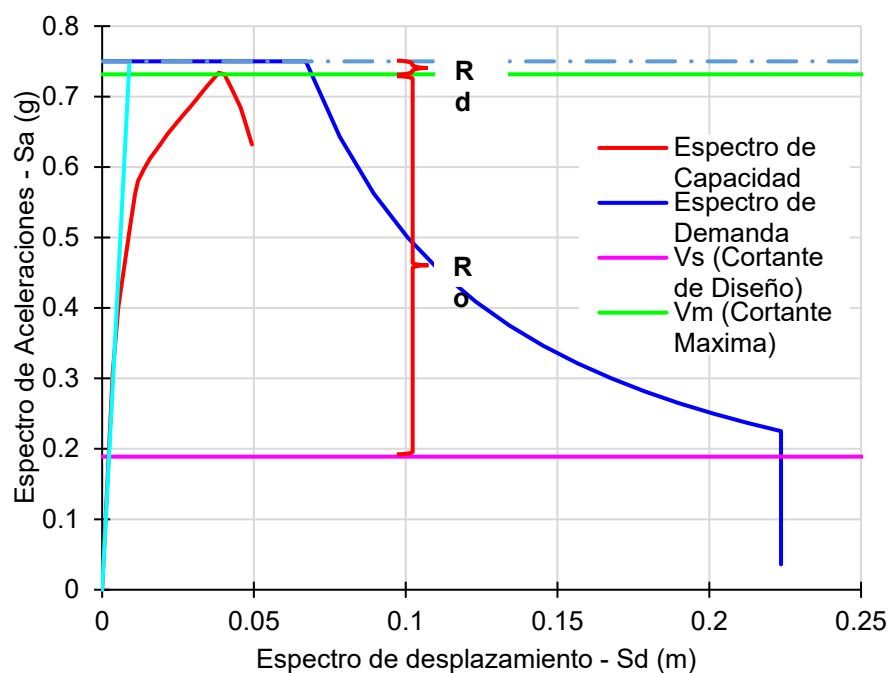
Resumen de los valores del coeficiente de reducción sísmica R , Vivienda N° 01

ÍTEM	MODELO	DIRECCIÓN DE ANÁLISIS	R_d	R_o	R
1	Edificación N° 01	Sentido "Y", Sistema mixto	1.093	3.464	3.77
2	Edificación N° 01	Sentido "X", Pórticos	2.172	3.995	8.68

Se procede a realizar el mismo procedimiento anterior, para obtener el coeficiente de reducción sísmica " R ", de la vivienda N° 02.

Figura 91

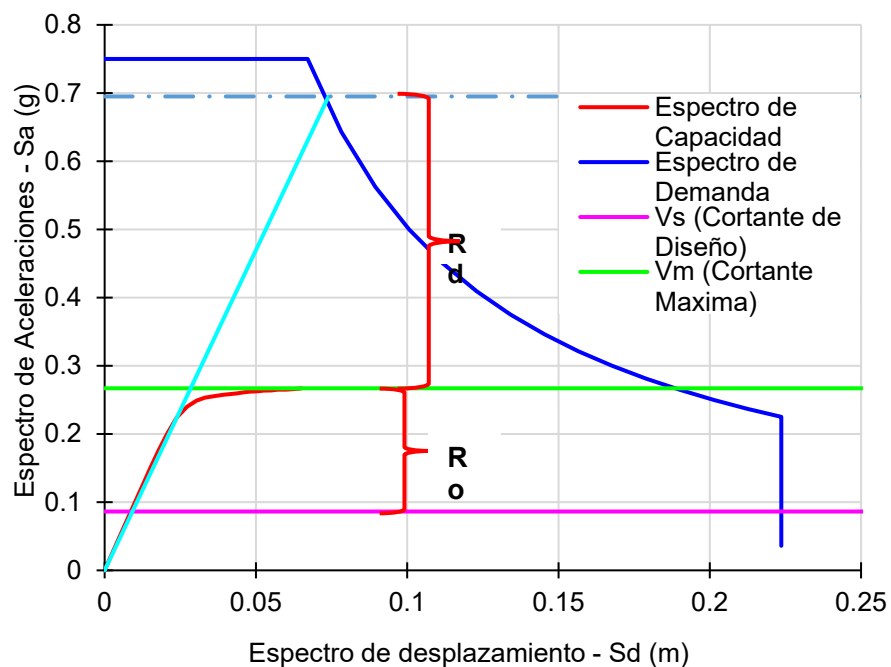
Coeficiente de reducción de fuerza sísmica " R ", S. Mixto, Vivienda N° 02



Nota: En el grafico se presenta la obtención del coeficiente R , mediante el producto $R = R_d \times R_o$, en la dirección de análisis del sistema mixto.

Figura 92

Coeficiente de reducción de fuerza sísmica “R”, S. Pórticos, Vivienda N° 02



Nota: En el grafico se presenta la obtención del coeficiente R , mediante el producto $R = R_d \times R_o$, en la dirección de análisis del sistema de pórticos de concreto.

Tabla 42

Resumen de los valores del coeficiente de reducción sísmica R, Vivienda N° 02

ÍTEM	MODELO	DIRECCIÓN DE ANÁLISIS		Rd	Ro	R
1	Edificación	Sentido	“Y”,	1.025	3.873	3.97
	N° 02	Sistema mixto				
2	Edificación	Sentido	“X”,	2.603	3.095	8.05
	N° 02	Pórticos				

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

El coeficiente de reducción sísmica (R) en edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, se determina mediante análisis estático no lineal, donde la sobrerresistencia (Ro) y ductilidad (Rd) definen su comportamiento estructural, generando valores que superan los parámetros de sistemas puros establecidos en la Norma E.030, con coherencia técnica validada.

4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL

El mencionado coeficiente (R) ha sido determinado en función a dos componentes: el componente de ductilidad y la componente de sobre resistencia.

Se obtuvieron valores del coeficiente de reducción sísmica (R) de 3.77 y 3.97 en la dirección principal de análisis del sistema estructural mixto, correspondientes a las viviendas N.º 01 y N.º 02, respectivamente. Estos resultados evidencian una contribución significativa de la componente de ductilidad (Rd) y una participación aún más predominante de la componente de sobrerresistencia (Ro), atribuible principalmente a la presencia de elementos de albañilería, material que se caracteriza por su alta resistencia, pero limitada ductilidad.

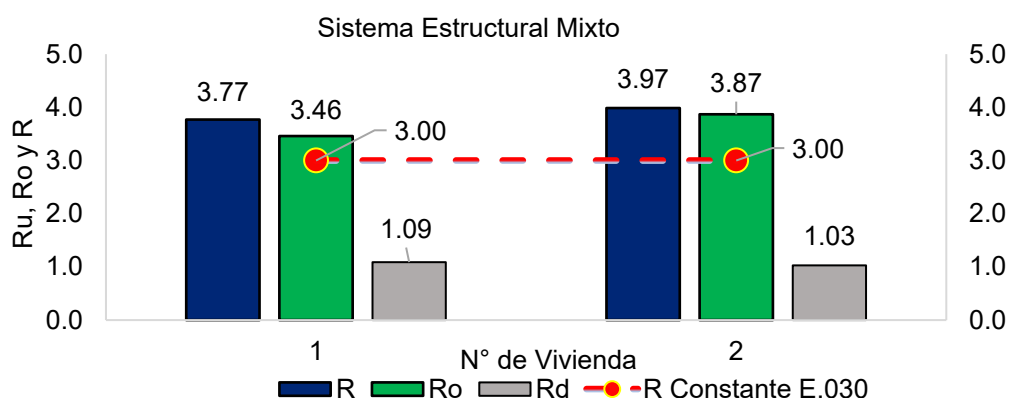
En contraste, en la dirección transversal correspondiente al sistema estructural de pórticos de concreto armado, se determinaron valores de $R = 8.68$ y $R = 8.05$ para las viviendas N.º 01 y N.º 02, respectivamente, observándose un comportamiento inverso respecto a la contribución de las componentes involucradas (R_o y R_d).

Cabe destacar que el sistema estructural mixto analizado representa una combinación de dos sistemas: albañilería confinada, con un valor normativo de $R = 3$, y pórticos de concreto armado, con un valor normativo de $R = 8$, según la Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente. Debido a la preponderancia del material más frágil, la albañilería, los diseños estructurales suelen adoptar un valor conservador de $R = 3$. Sin embargo, conforme a la metodología aplicada en esta investigación, se obtuvieron valores de $R = 3.77$ y $R = 3.97$, los cuales se encuentran dentro del rango teórico establecido ($R = [3-8]$) y son técnicamente válidos según la normativa vigente.

Lo anterior evidencia que el valor tradicionalmente adoptado en el diseño estructural ($R = 3$) constituye una referencia conservadora, aunque los valores obtenidos en este estudio ($R \approx 3.8$) muestran que el sistema mixto puede presentar una capacidad ligeramente superior. En consecuencia, si bien $R = 3$ continúa siendo una opción segura, esta investigación aporta criterios técnicos que respaldan la posibilidad de evaluar rangos algo mayores en edificaciones comparables, con base en un análisis no lineal más representativo de su comportamiento real.

Figura 93

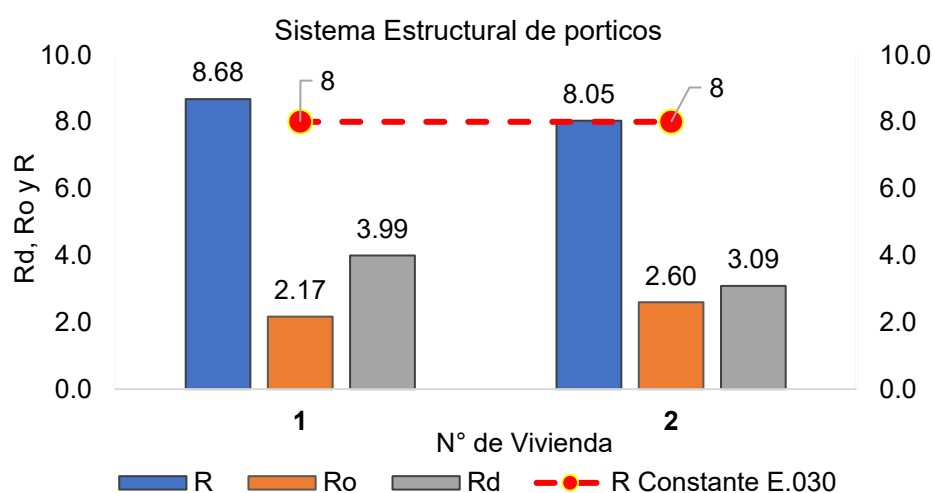
Coeficiente de reducción sísmica R , R_d y R_o y valor normativo en albañilería confinada, para ambas viviendas



Nota: Se presenta en el grafico de barras la comparativa entre el R normado y el R calculado para orientado para un sistema de albañilería confinada.

Figura 94

Coefficiente de reducción sísmica R, Rd y Ro y valor normativo en pórticos de concreto armado, para ambas viviendas



Nota: Se presenta en el grafico de barras la comparativa entre el R normado y el R calculado para el sistema de pórtico de concreto armado.

4.2.3. HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 01

Las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, presentan un comportamiento estructural integral frente a cargas sísmicas, garantizando un adecuado desempeño frente a eventos sísmicos.

4.2.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 01

Las edificaciones mixtas conformadas por albañilería confinada y pórticos de concreto armado, ubicadas en la ciudad de Huánuco

durante el año 2024, evidencian un comportamiento estructural integral ante la acción de cargas sísmicas. Este desempeño estructural cumple con los requisitos mínimos establecidos en la Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente, específicamente con lo estipulado en la sección 4.1.4.3.5 relativa a las distorsiones de entrepiso (derivadas).

4.2.5. HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 02

El factor ductilidad (R_d) de las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, se determina de manera efectiva mediante el análisis estático no lineal, mostrando valores que reflejen su capacidad de deformación plástica antes de la falla.

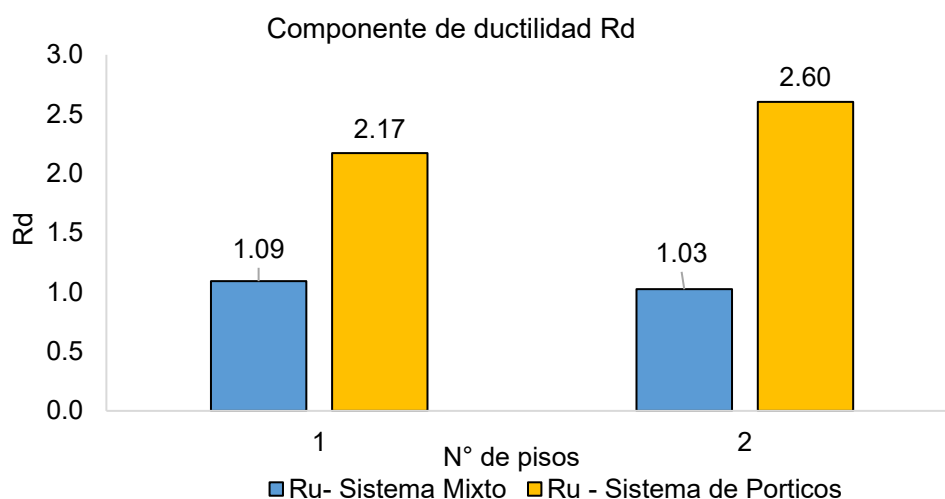
4.2.6. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 02

La componente de ductilidad (R_d) de las edificaciones mixtas conformadas por albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, fue determinada mediante el análisis estático no lineal, reflejando la capacidad del sistema estructural para desarrollar deformaciones plásticas con disipación de energía. Dicha capacidad está influenciada por la preponderancia de la albañilería confinada dentro del sistema mixto, en comparación con la participación de los pórticos de concreto armado. Es importante destacar que la componente R_d aporta de forma significativa al valor global del coeficiente de reducción sísmica (R) en la dirección principal de análisis.

Al comparar este comportamiento con la dirección transversal, dominada estructuralmente por los pórticos de concreto armado, se observa una mayor contribución relativa de la ductilidad (R_d) en esta última, lo cual es coherente con las propiedades inherentes de los pórticos, que presentan una ductilidad superior a la de la albañilería confinada. En consecuencia, la ductilidad se consolida como un factor determinante en la configuración y respuesta sísmica del sistema estructural en función de la dirección del análisis considerado.

Figura 95

Comparativa del Factor de ductilidad en S. Mixto y pórticos de concreto armado.



Nota: Se presenta en el grafico de barras la comparativa del factor de ductilidad para el sistema mixto y el pórtico de concreto armado.

4.2.7. HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 03

El factor de sobrerresistencia (R_o) de las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, se cuantifica mediante el análisis estático no lineal, evidenciando la capacidad de estas estructuras para soportar cargas superiores a las consideradas en el diseño.

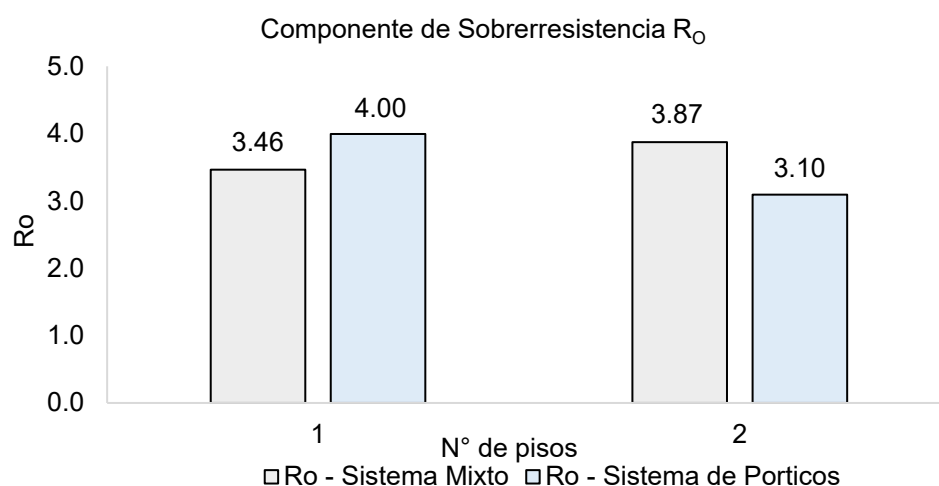
4.2.8. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 03

La componente de sobrerresistencia (R_o) en las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado, ubicadas en la ciudad de Huánuco en el año 2024, fue determinada mediante la aplicación del análisis estático no lineal. Los resultados evidenciaron que la sobrerresistencia adquirida en la dirección principal de análisis del sistema estructural mixto fue superior a la obtenida en la dirección transversal, dominada por los pórticos de concreto armado, para ambas viviendas analizadas. Esta tendencia se atribuye a la mayor rigidez y capacidad resistente de los muros de albañilería confinada, que, si bien presentan limitada ductilidad, ofrecen una alta capacidad para resistir fuerzas antes de alcanzar su estado límite.

Esta mayor sobrerresistencia en la dirección principal justifica en parte los valores de $R = 3.77$ y $R = 3.97$ registrados en dicha dirección, los cuales superan el valor normativo adoptado convencionalmente ($R = 3$) para sistemas dominados por albañilería.

Figura 96

Comparativa del Factor de sobrerresistencia R_o , en S. Mixto y pórticos de concreto armado



Nota: Se presenta en el grafico de barras la comparativa del factor de sobrerresistencia para el sistema mixto y el pórtico de concreto armado.

4.2.9. HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 04

Los valores de (R) obtenidos mediante análisis estático no lineal en sistemas mixtos en Huánuco, 2024, se ubicarán dentro de los límites establecidos por los componentes estructurales puros según la Norma E.030, evidenciando coherencia con el comportamiento mixto esperado.

4.2.10. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 04

Los valores del coeficiente de reducción sísmica (R), obtenidos mediante análisis estático no lineal para edificaciones mixtas en Huánuco, se ubicaron dentro del rango normativo establecido por la E.030, entre $R = 3$ para albañilería confinada y $R = 8$ para pórticos de concreto armado dúctil, reflejando coherencia con el comportamiento esperado de sistemas mixtos o híbridos.

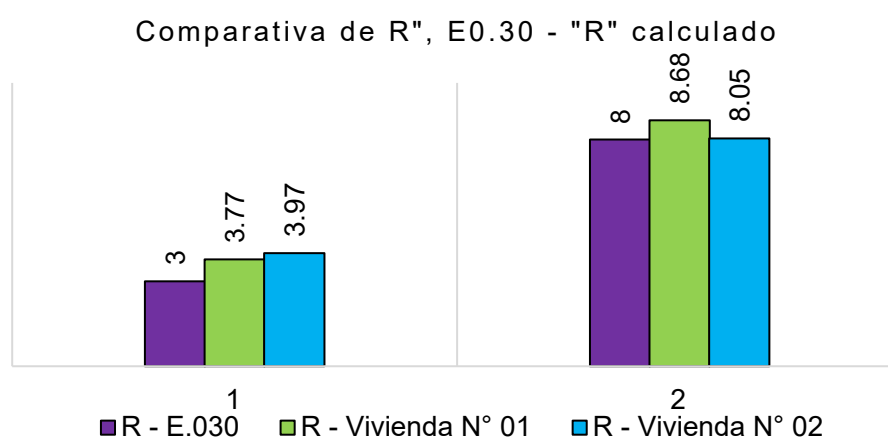
En las direcciones dominadas por muros de albañilería, se determinaron valores de $R = 3.77$ y $R = 3.97$ para las viviendas N.º 01 y 02, respectivamente. Aunque superiores al valor mínimo normativo, estos resultados confirman la influencia predominante del material más frágil en la disipación de energía.

Por su parte, en las direcciones controladas por pórticos de concreto armado, los valores alcanzaron $R = 8.68$ y $R = 8.05$, evidenciando la elevada capacidad de disipación plástica de los elementos dúctiles.

En conjunto, los valores obtenidos (3.77, 3.97, 8.68 y 8.05) validan tanto la metodología del análisis no lineal como el comportamiento estructural mixto, al posicionarse dentro del rango técnico esperado ($3 \leq R \leq 8$). Además, los valores superiores a $R = 3$ en zonas con albañilería reflejan una mayor contribución de sobrerresistencia dentro del sistema, mientras que los cercanos a $R = 8$ evidencian un desempeño estructural óptimo según los criterios de diseño de la normativa vigente

Figura 97

Comparativas de "R" por normativa – "R" calculado.



Nota: Se presenta en el gráfico la comparativa, entre el R de la norma y R calculado

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos evidencian que el coeficiente de reducción sísmica (R) en la dirección Y-Y de los sistemas estructurales mixtos alcanzó valores de $R = 3.77$ y $R = 3.97$, consistentes con estudios recientes realizados en edificaciones peruanas. Yarlequé (2023), por ejemplo, reportó valores de $R \approx 3.5 - 4.0$ en estructuras con densidad de muros moderada (100 - 150%) en Piura, concluyendo que el coeficiente R puede superar el valor normativo ($R = 3$) cuando existe una interacción eficiente entre muros y pórticos. Este comportamiento se atribuye a la alta sobrerresistencia ($R_o = 3.46 - 3.87$) observada en la misma dirección, donde la contribución conjunta de muros de albañilería confinada y pórticos genera una rigidez lateral significativa. Tal desempeño se evidenció en las curvas de capacidad, donde las edificaciones soportaron hasta 500.44 tonf con desplazamientos de 6.90 cm, lo cual refleja un comportamiento estructural robusto.

No obstante, los valores de R obtenidos en este estudio para albañilería son considerablemente inferiores a los $R = 14.17$ reportados por Suárez y Campos (2023). Esta diferencia se explica por la metodología de modelación empleada: mientras el presente estudio se ciñe a las disposiciones de las normas E.030 y E.070, los autores citados utilizaron elementos con refuerzos excepcionales y dimensiones generosas, lo que incrementó la capacidad resistente. Sin embargo, ambos estudios coinciden en que los muros de albañilería presentan baja ductilidad ($R_d = 1.03 - 1.09$), debido a la fragilidad inherente del material, limitando su capacidad de disipar energía, como también señaló Yarlequé (2023).

En la dirección X-X, correspondiente a un sistema de pórticos de concreto armado, los valores de R alcanzaron 8.05 y 8.68, alineándose con los resultados de Ávila (2018) en Lima, quien reportó valores entre $R = 10.55 - 13.23$ en pórticos regulares. Esta tendencia confirma que los sistemas de pórticos exhiben alta ductilidad ($R_d = 3.09 - 4.00$), aunque con menor sobrerresistencia ($R_o = 2.17 - 2.60$) respecto a los sistemas mixtos, lo que también fue verificado en el estudio de Ávila ($R_o = 1.54 - 1.91$). El análisis

pushover mostró que estos pórticos conservaron un comportamiento inelástico estable, con daños limitados a agrietamientos y derivas máximas de 0.007, validando su buen desempeño ante cargas sísmicas severas.

Un hallazgo relevante fue el comportamiento diferencial entre componentes estructurales: en dirección Y-Y, los muros del primer nivel alcanzaron su capacidad máxima (estado dañado) bajo un sismo de 475 años de período de retorno, mientras que los pórticos adyacentes presentaron únicamente agrietamientos leves. Este fenómeno coincide con lo reportado por Suárez y Campos (2023), quienes afirman que la albañilería en sistemas mixtos absorbe daños tempranos, mientras los pórticos proveen reserva de ductilidad. Esta asimetría funcional permite sustentar que el valor conservador normativo $R = 3$ podría ubicarse ligeramente por debajo del comportamiento real de sistemas mixtos comparables, dado que en este estudio se obtuvieron valores entre 3.5 y 4.0. Este comportamiento es coherente con lo señalado por Yarlequé (2023), quien reporta valores cercanos a $R = 4$ en configuraciones con densidades de muros moderadas. La coincidencia en estos rangos no implica una modificación normativa, sino una observación técnica aplicable únicamente a edificaciones con características similares.

En conclusión, los resultados muestran que, si bien la Norma E.030 no define un valor específico de R para sistemas mixtos, en la práctica se adopta $R = 3$ por la predominancia de la albañilería. No obstante, los valores obtenidos en este estudio ($R \approx 3.5 - 4.0$) indican que el comportamiento real de edificaciones similares podría ubicarse ligeramente por encima de dicho valor conservador, sin implicar una modificación normativa. La aplicación del método SEAOC, respaldado por Díaz (2021), demostró ser técnica y metodológicamente eficaz para caracterizar el comportamiento no lineal de estas edificaciones en el marco del diseño sismorresistente.

CONCLUSIONES

- La aplicación del análisis estático no lineal tipo pushover, junto con la metodología de la SEAOC (Recommended Lateral Force Requirements and Commentary), permitió evaluar el coeficiente de reducción sísmica (R) en dos edificaciones de cinco y cuatro niveles en Huánuco. Se obtuvieron valores de $R = 3.77$ y 3.97 en el sistema mixto, y $R = 8.68$ y 8.05 en la dirección con predominancia de pórticos de concreto armado, reflejando la influencia conjunta de la ductilidad (R_d) y la sobrerresistencia (R_o) como factores determinantes para el diseño sismorresistente.
- Los resultados del análisis dinámico lineal corroboran el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en la Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente, verificándose que las derivas de entrepiso se mantienen por debajo de los límites permitidos tanto en la dirección correspondiente al sistema mixto como en la del sistema estructural de pórticos de concreto armado.
- La componente de ductilidad (R_d) evidenció la capacidad de disipación de energía mediante deformación plástica, siendo menos significativa en el sistema mixto por el predominio de la albañilería confinada, pero con mayor incidencia en la dirección X-X, donde los pórticos proporcionan mayor ductilidad.
- La componente de sobrerresistencia (R_o) presentó un aporte predominante en el sistema mixto, debido a la alta capacidad resistente de los muros de albañilería confinada; no obstante, en las direcciones dominadas por pórticos de concreto armado, su participación también resultó significativa, aunque secundaria frente a la ductilidad.
- Respecto a la caracterización no lineal de los muros de albañilería confinada, la metodología basada en curvas tetralineales propuesta por la investigación "*Development of Analytical Models for Confined*

Masonry Walls Based on Experimental Results in Lima City" (Díaz, Zavala, Flores & Cárdenas, 2019), resultó efectiva para modelar el comportamiento de muros de albañilería confinada, capturando adecuadamente la contribución de los elementos de confinamiento en el plano del muro y en la rigidez global de la edificación.

RECOMENDACIONES

- A partir de los valores obtenidos en este estudio ($R \approx 3.5 - 4.0$), se recomienda considerar este rango como referencia técnica para edificaciones mixtas con características estructurales similares, por reflejar de manera más precisa su comportamiento sísmico real frente al valor conservador tradicional $R = 3$ empleado en la práctica.
- A las entidades responsables de la elaboración de normativas técnicas se sugiere explorar lineamientos específicos para sistemas estructurales mixtos, respaldados por ensayos experimentales y estudios numéricos que permitan representar de manera más precisa la interacción muro - pórtico.
- Se sugiere la aplicación del análisis estático no lineal (pushover) junto con la metodología propuesta por la SEAOC en el documento *“Recommended Lateral Force Requirements and Commentary”*, para la evaluación del coeficiente R en edificaciones con configuración estructural híbrida, por su adecuada capacidad de representar el comportamiento sísmico no lineal.
- Se recomienda el uso del modelo propuesto en la investigación *“Development of Analytical Models for Confined Masonry Walls Based on Experimental Results in Lima City”* (Díaz, Zavala, Flores & Cárdenas, 2019) para la simulación no lineal de muros de albañilería confinada, en combinación con elementos LINKs tipo Multilineal Elastic en el software SAP2000, dada su alta versatilidad para representar la interacción estructural en este tipo de sistemas.
- Se alienta a futuros investigadores a optimizar las metodologías de análisis estructural. Si bien el análisis pushover ha demostrado ser eficaz, se sugiere explorar enfoques más avanzados, como el análisis tiempo-historia no lineal, que ofrece mayor precisión en la evaluación del comportamiento ante cargas cíclicas y permite detectar con mayor detalle las fallas estructurales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, R. (2003). "Análisis Sísmico por Desempeño". *Centro de Investigaciones Científicas*.
- Aguiar, R. (2006). Análisis del factor de reducción de las fuerzas sísmicas. *Revista Sul-Americana de Engenharia Estrutural*, 3(1), 101-119.
- Aguiar, R. (2007). *Factor de reducción de las fuerzas sísmicas en edificios de hormigón armado sin muros de corte*. (A. Barbat, Ed.) Barcelona, España.
- American society of civil engineers – ASCE. (2013). *Seismic evaluation and retrofit of existing buildings*. Virginia: ASCE/SEI 41-13.
- Ancco Huanacuni, E. R. (2021). *Evaluación del factor de modificación de respuesta sísmica mediante el análisis no lineal de estructuras aporticadas de concreto armado [Tesis Maestría, Universidad privada de Tacna]*. Repositorio Insitucional Upt. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1977>
- ATC 19. (1995). *Structural response modification factors*. Applied Technology Council, Redwood City, California.
- ATC 3-06. (1978). *Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Building*. Applied technology Council, Washington, D.C.
- ATC 40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. Applied Technology Council. Redwood City, California.
- Avila Ramirez, G. E. (2018). *Evaluación del coeficiente de reducción (R) de una estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martín de Porres, Lima - 2018*. Repositorio Institucional UCV, Lima.
- Bhandari, M., & Darsan, H. (2019). Assessment of response reduction factor for confined masonry buildings [evaluación del factor de reducción de respuesta para edificios de mampostería confinada]. *Kantipur Engineering College*, 1(8), 1-9. Obtenido de http://kec.edu.np/wp-content/uploads/2020/01/Paper_8.pdf
- Blanco Blasco, A. (s.f). *Evolución de las Normas Sísmicas en el Perú [Archivo PDF]*. Obtenido de https://www.abbings.com/descargas/sismos_evolucion_normas.pdf

- Carrasco Díaz, S. (2015). *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. San Marcos.
- Díaz Figueroa, M. (2021). *Revisión de criterios de diseño de edificaciones con muros de ductilidad*. Lima. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2089254/Informe%20de%20la%20revisi%C3%B3n%20de%20criterios%20de%20dise%C3%B1o%20de%20edificaciones%20con%20muros%20de%20ductilidad%20limitada.pdf?v=1629242400>
- Díaz, M., Zavala, C., Flores, E., & Cardenas, L. (12 de Agosto de 2019). Development of Analytical Models for Confined Masonry Walls Based on Experimental Results in Lima City. *TECNIA*, 29(2), 1-7. doi:<https://doi.org/10.21754/tecnica.v29i2.711>
- Duchi Calderón, J. P., & Guayanlema Basantes, S. C. (2021). *Deducción del factor de reducción sísmica (R) para diferentes tipos de edificaciones [Título de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]*. Repositorio UNACH. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7817>
- FEMA 440. (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. Washington, D.C.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: MCGRAW-HILL.
- Instituto nacional de estadística e informática – INEI. (2018). *Perú – Resultados Definitivos*. Lima: Tomo I.
- Lohr, S. (2019). *Muestreo. Diseño y Análisis*. Cengage Learning.
- Miranda, E., & Bertero, V. (s.f.). Evaluation of strength reduction factors for earthquake-resistant design. *Earthquake spectra*, 10(2), 357-379.
- Narro Riva Agüero, D. V. (2019). *Evaluación del desempeño sismorresistente aplicando el método de análisis estático no lineal pushover en una edificación de 4 niveles en la ciudad de Huánuco 2019*. Repositorio Institucional UDH, Huanuco, Peru.
- Newmark, N., & Hall, W. (1982). *Earthquake Spectra and Design*. Berkeley, California: Department of Civil Engineering University of Illinois at Urbana-Champaign.

- Otazzi Pasino, G. F. (2003). *Tesis: "Material de Apoyo para enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto"*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Pandit, T., & Chaulagain, H. (2020). Evaluation of Response Reduction Factor of Existing Masonry Infilled RC-Buildings in Pokhara [Evaluación del factor de reducción de la respuesta de los edificios de hormigón armado existentes con relleno de mampostería en Pokhara]. *Himalayan Journal of Applied Science and Engineering*, 1(1), 41-51. doi:10.3126/hijase.v1i1.33540
- Piqué del pozo, J. (s.f). *Antecedentes de las normas sismorresistentes en el Perú*. Lima, Facultad de ingeniería civil, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- San bartolomé, A. (2008). *Comentarios de la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería [Archivo PDF]*. Obtenido de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/albanileria/>
- SEAOC Blue Book. (1999). *Recommended Lateral Force Requirements and Commentary* (septima ed.). California.
- SEAOC, S. C. (1999). *Recommended Lateral Force Requirements and Commentary* (Seventh Edition ed.). California.
- Servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción – SENCICO - Norma E.060 “Concreto Armado”. (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.060 “Concreto Armado” [Archivo PDF]. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2yIU5Kz/view>
- Servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción – SENCICO - Norma E.070 “Albañilería”. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.070 “Albañilería” [Archivo PDF]. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5bITu7uyv/view>
- Servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción – SENCICO - Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”. (2018). Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.030 “Diseño

Sismorresistente” [Archivo PDF]. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUphg6C559bi-/view>

Suarez Morales, H. H., & Campos Espejo, R. A. (2023). *Determinación del coeficiente de reducción (R) utilizando el análisis estático no lineal en una estructura mixta de pórticos y de albañilería confinada [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/6097>

Torrealva Davila, D. (2012). Evolución de las normas sísmicas peruanas y el diseño sismorresistente [Archivo PDF]. Obtenido de <https://studylib.es/doc/8810529/8.-evoluci%C3%B3n-de-las-normas-s%C3%ADsmicas-peruanas-y-el-dise%C3%B1o-...>

Whittaker, A., & Uang, C.-M. (1987). *Earthquake simulation tests and associated studies of a 0.3 scale model of a six story eccentrically braced steel structure*. University of California, Berkeley, California.

Yarlequé Yovera, C. (2023). *Estudio de la influencia y relación entre la densidad de muros, en estructuras de albañilería confinada, y el coeficiente de reducción sísmica (R)*. Repositorio Institucional UNP. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/4405>

Zavala, C., Diaz, M., Flores, E., & Cardenas, L. (2019). Damage limit states for confined masonry walls based on experimental test. *Tecnia*, 29(2), 135-141. doi:<https://dx.doi.org/10.21754/tecnia.v29i2.715>

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ramos Orbezo, Y. R. (2025). *Evaluación del coeficiente de reducción sísmica (R) mediante el análisis estático no lineal en edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado, Huánuco 2024 [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]*.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “Evaluación del coeficiente de reducción sísmica (R) mediante el análisis estático no lineal en edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado, Huánuco 2024”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema General ¿Qué coeficiente de reducción de sísmica (R) presentaran las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado mediante el uso del análisis estático no lineal en la ciudad de Huánuco, 2024?	Objetivo General Evaluar el coeficiente de reducción de sísmica (R) mediante el análisis estático no lineal, en edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024.	Hipótesis General El coeficiente de reducción sísmica (R) en edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, se determina mediante análisis estático no lineal, donde la sobrerresistencia (R_o) y ductilidad (R_d) definen su comportamiento estructural, generando valores que superan los parámetros de sistemas puros establecidos en la Norma	Variable independiente: Edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado Dimensiones: Muros de albañilería confinada.	Tipo: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Alcance: Descriptivo Diseño: No experimental transversal. Población: La población estará conformada por todas las edificaciones que
Problemas específicos ¿Cuál será el comportamiento frente a	Objetivos específicos Analizar de manera integral el comportamiento frente a			

cargas sísmicas en edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024?	cargas sísmico de edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024.	E.030, con coherencia técnica validada.	Pórticos de concreto armado.	de emplean un sistema estructural mixto de albañilería confinada y pórticos de concreto armado.
¿Qué ductilidad (Rd) presentaran las edificaciones mixtas de albañilerías confinada y pórticos de concreto armado mediante el análisis estático no lineal en la ciudad de Huánuco, 2024?	Determinar la ductilidad (Rd) que presentan las edificaciones mixtas de albañilerías confinada y pórticos de concreto armado mediante el uso del análisis estático no lineal en la ciudad de Huánuco, 2024.	Hipótesis Específica Las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, presentan un comportamiento estructural integral frente a cargas sísmicas, garantizando un adecuado desempeño frente a eventos sísmicos.	Variable dependiente: Coeficiente de reducción sísmica (R).	Muestra: Se empleó un método de muestreo no probabilístico, eligiendo como muestra dos 02 edificaciones con sistema estructural mixto de albañilería confinada y
¿Qué sobrerresistencia (Ro) presentaran las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado mediante el análisis estático no lineal en la ciudad de Huánuco, 2024?	Obtener la sobrerresistencia (Ro) que presentan las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado mediante el uso del análisis estático no lineal en la ciudad de Huánuco, 2024.	El factor ductilidad (Rd) de las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, se determina de manera efectiva mediante el análisis estático no lineal,	Dimensiones: Factor por ductilidad (Rd). Factor por sobrerresistencia (Ro).	

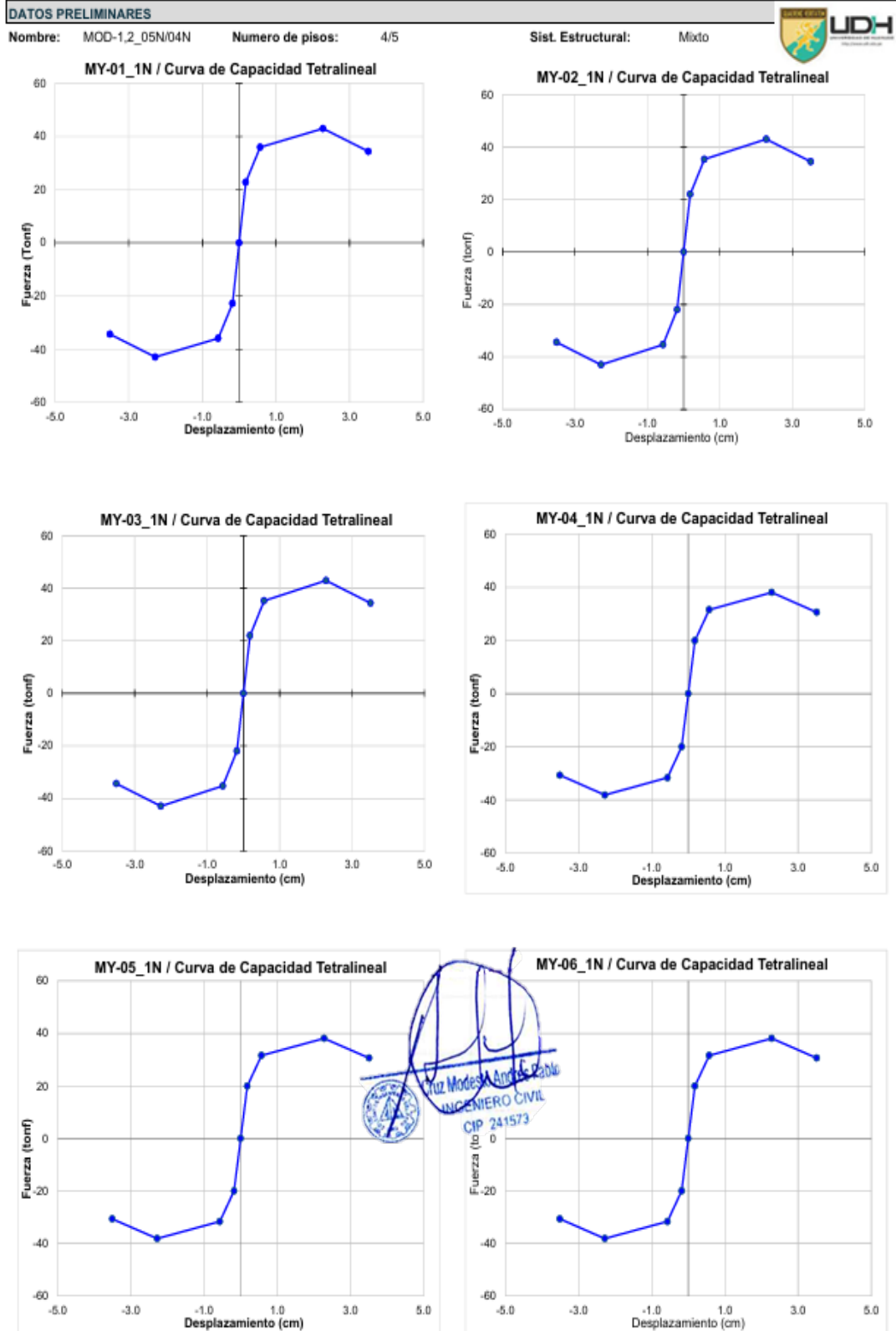
armado mediante el análisis estático no lineal en la ciudad de Huánuco, 2024?	albañilerías confinada y pórticos de concreto armado mediante el uso del análisis estático no lineal en la ciudad de Huánuco, 2024.	mostrando valores que reflejen su capacidad de deformación plástica antes de la falla. El factor de sobrerresistencia (R_o) de las edificaciones mixtas de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en la ciudad de Huánuco, 2024, se cuantifica mediante el análisis estático no lineal, evidenciando la capacidad de estas estructuras para soportar cargas superiores a las consideradas en el diseño. Los valores de (R) obtenidos mediante análisis estático no lineal en sistemas mixtos en Huánuco, 2024, se ubicarán dentro de los límites	pórticos de concreto armado.
¿En qué medida los valores de R obtenidos mediante análisis estático no lineal en edificaciones mixtas de Huánuco se encuentran dentro del rango normativo de sistemas puros según la E.030, y qué implicancias tiene esto en la interpretación de su comportamiento estructural?	Validar los valores de R obtenidos mediante análisis estático no lineal en las edificaciones de estudio, mediante la contrastación con los rangos característicos de sistemas estructurales puros establecidos en la normativa E.030 Diseño Sismorresistente.		Técnica: La observación Instrumento: Ficha de campo

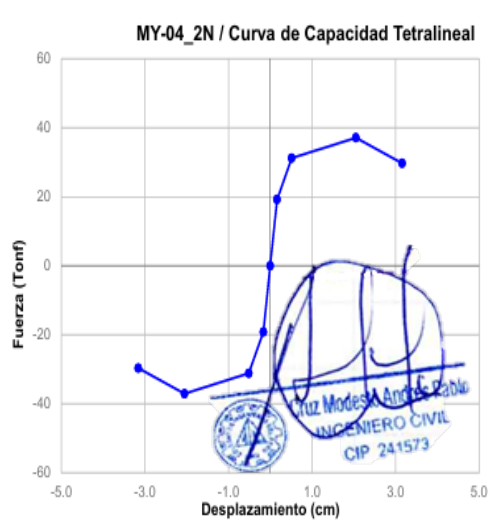
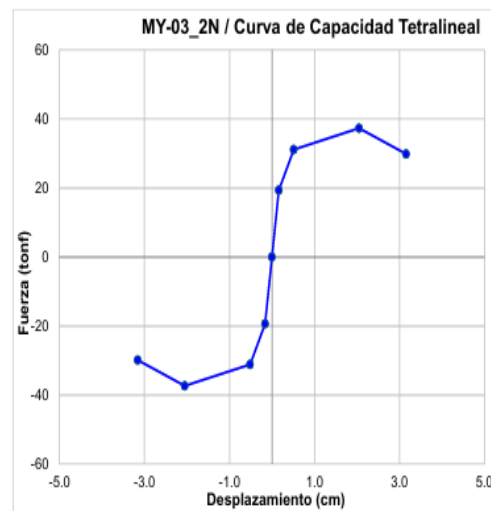
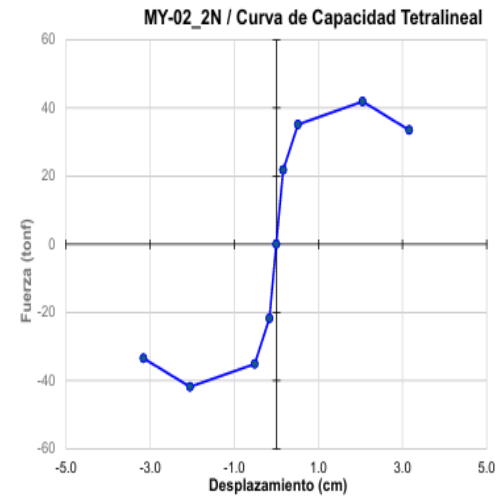
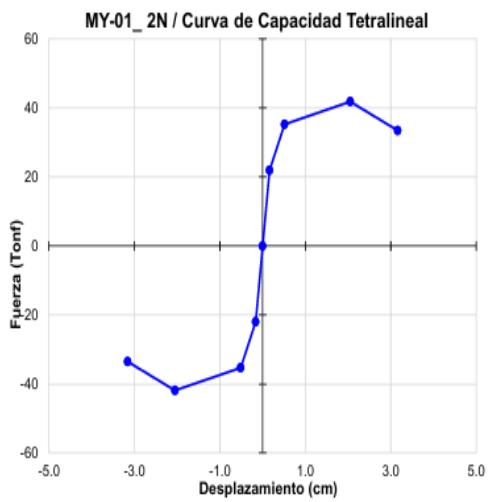
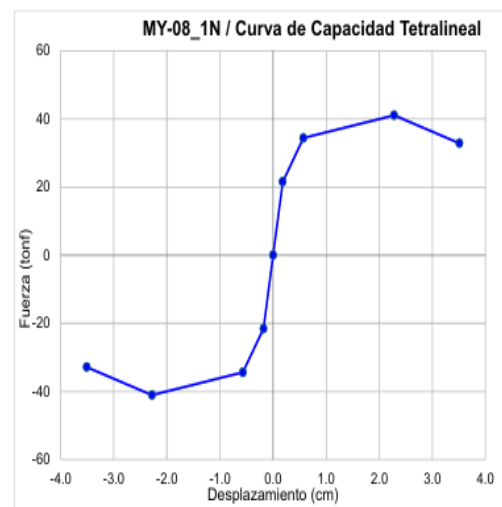
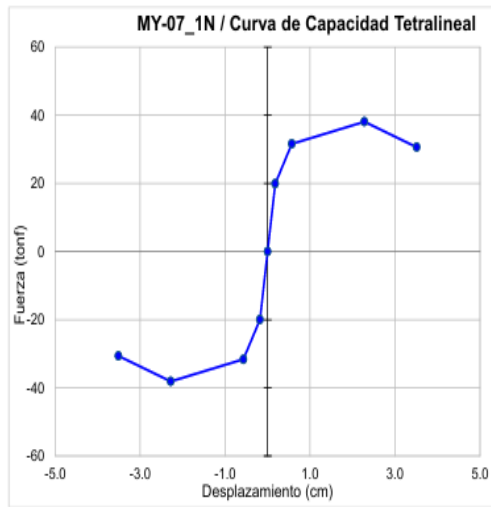
establecidos por los
componentes estructurales
puros según la Norma E.030,
evidenciando coherencia con el
comportamiento mixto
esperado.

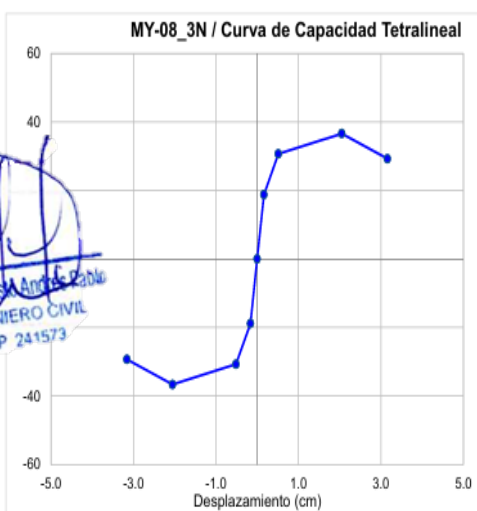
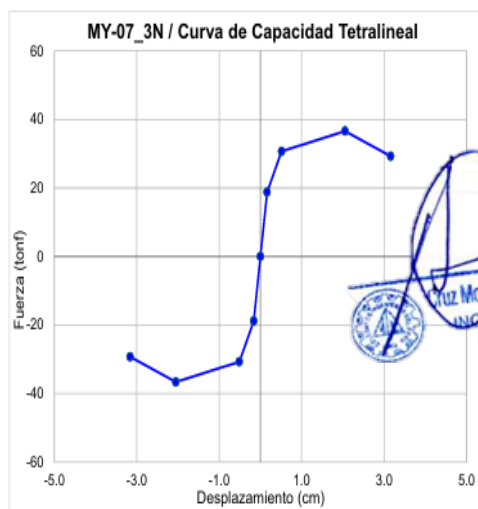
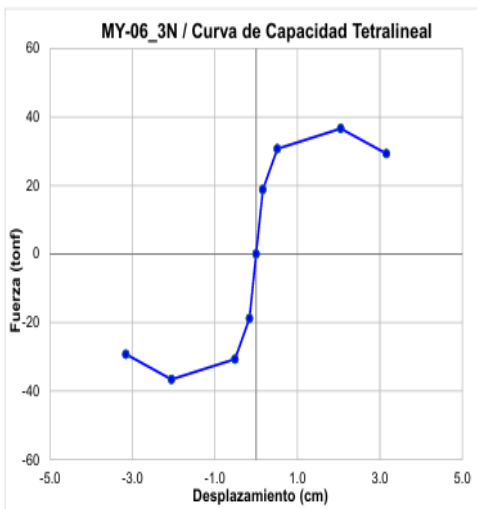
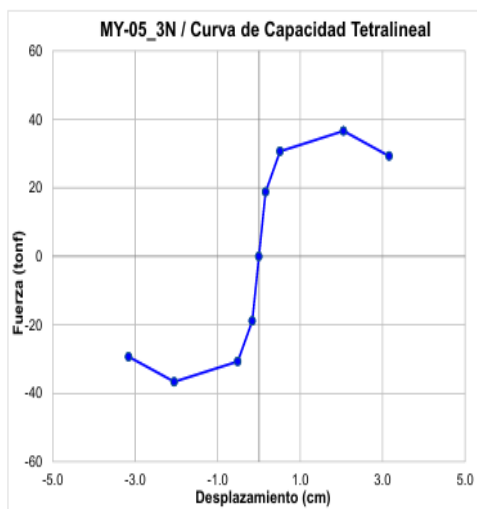
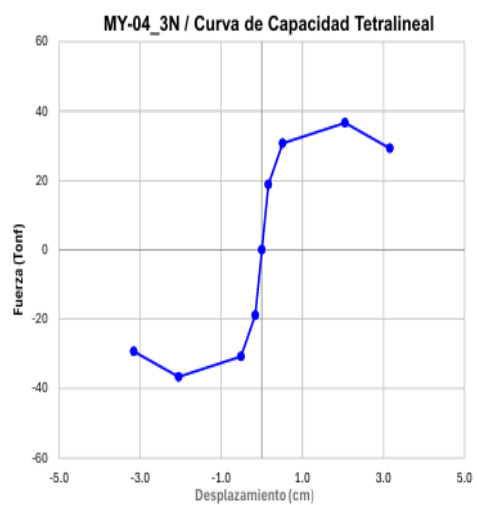
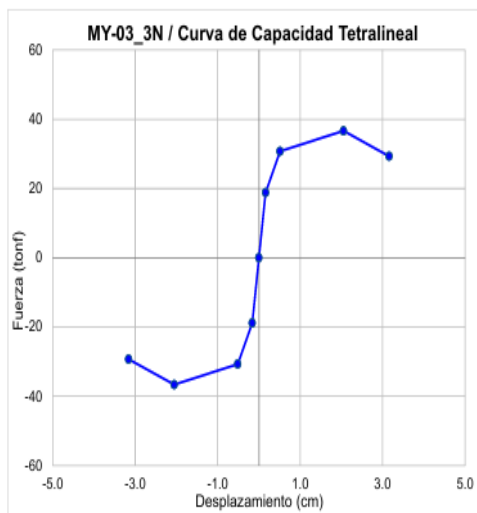
ANEXO 2

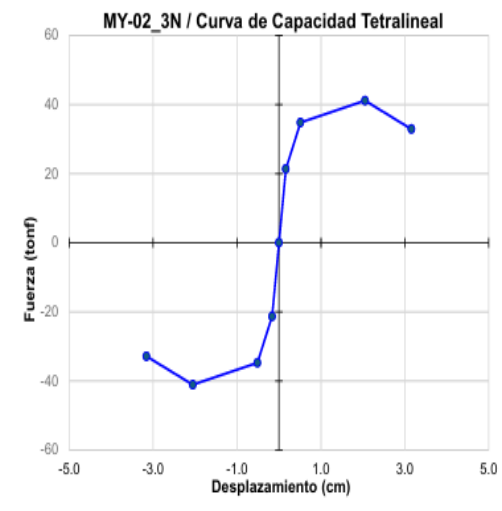
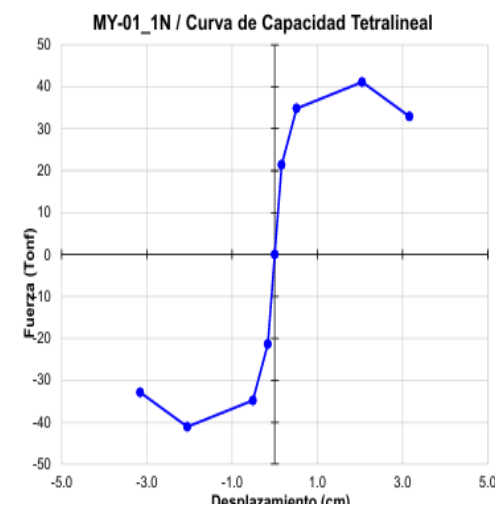
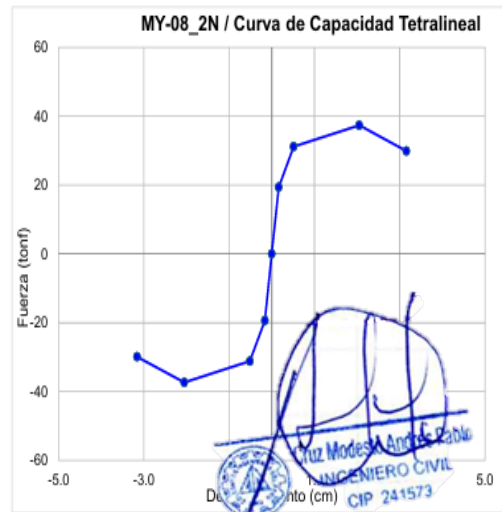
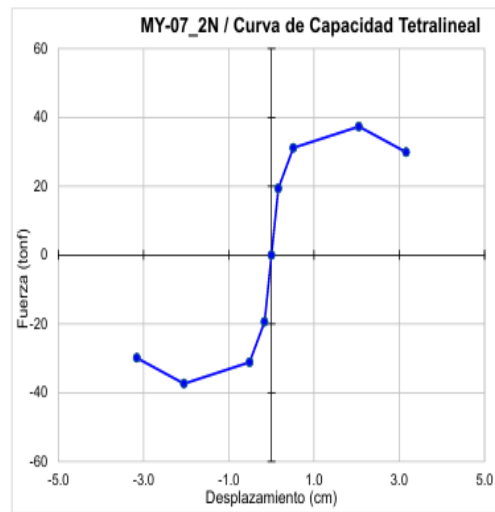
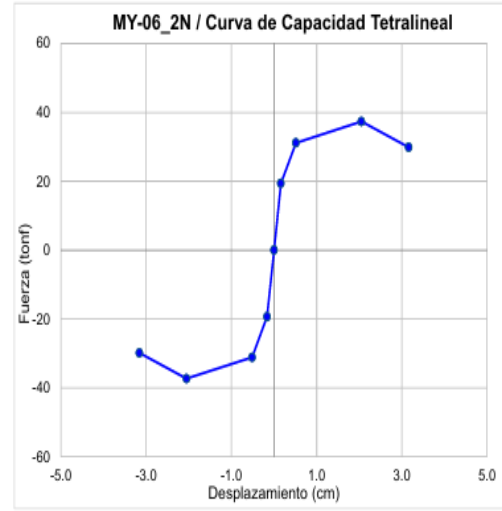
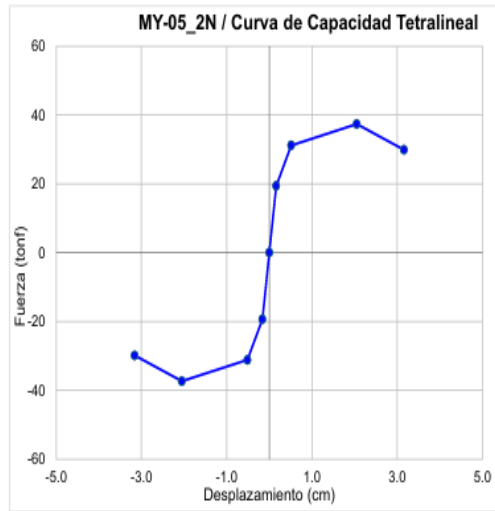
FICHA DE CURVAS DE CAPACIDAD

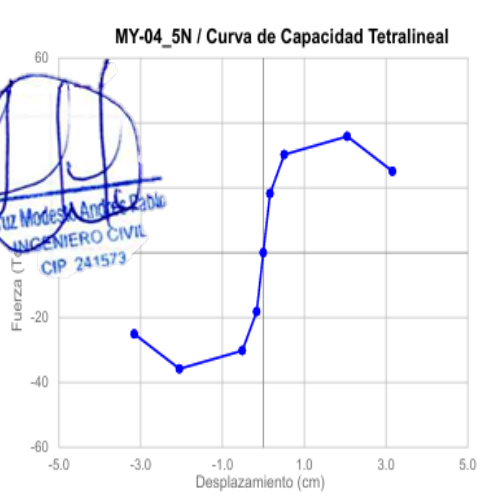
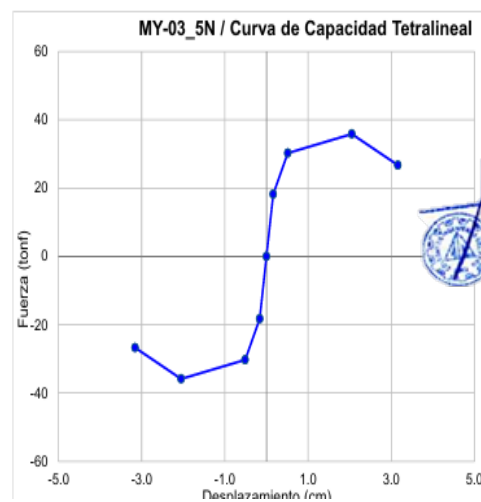
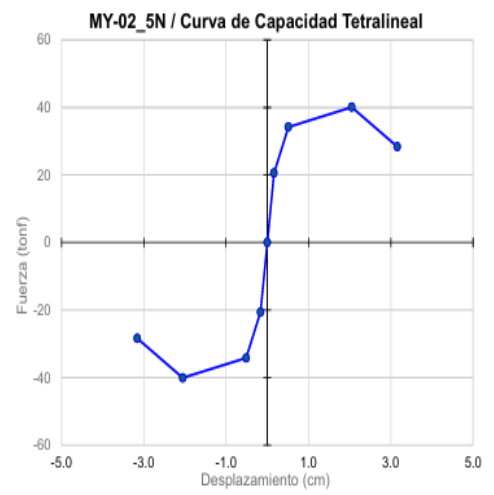
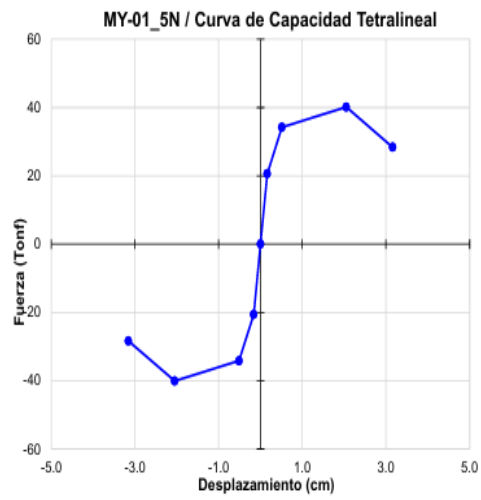
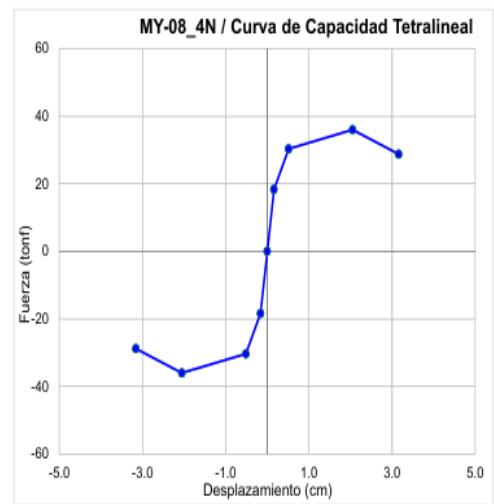
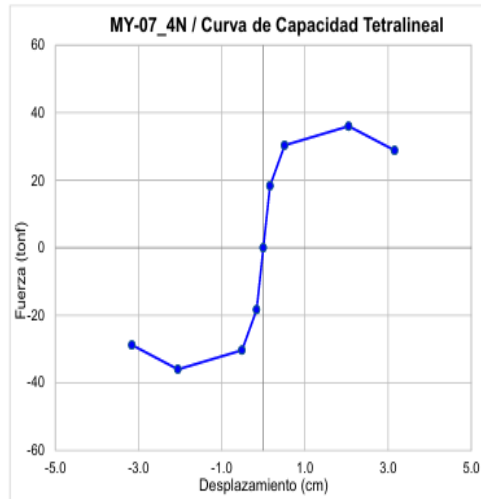
DATA DE MUROS Y CURVAS DE CAPACIDAD

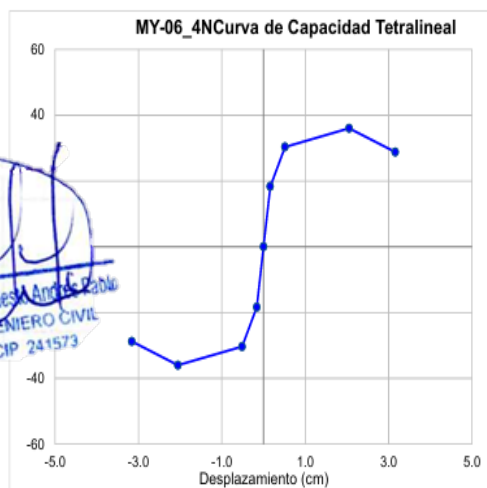
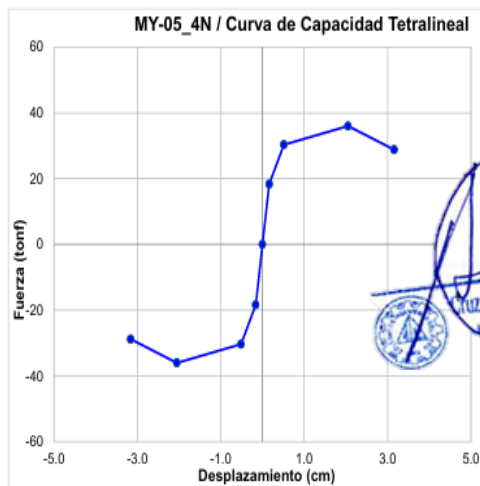
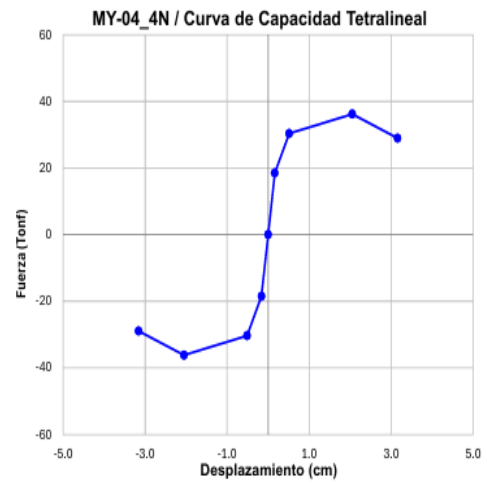
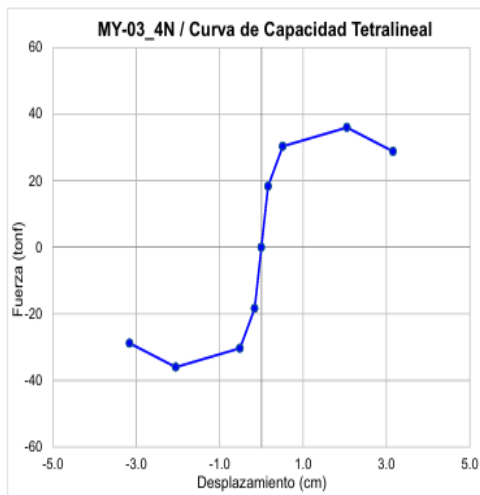
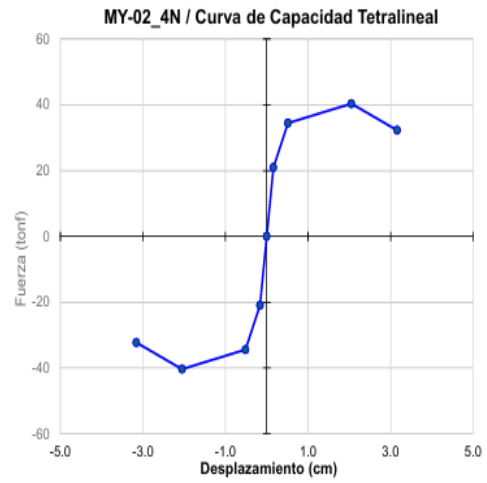
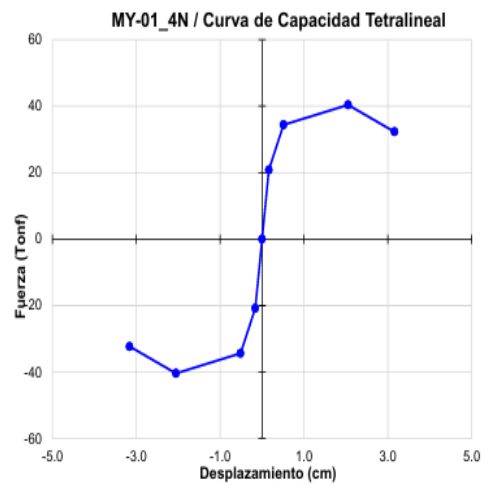




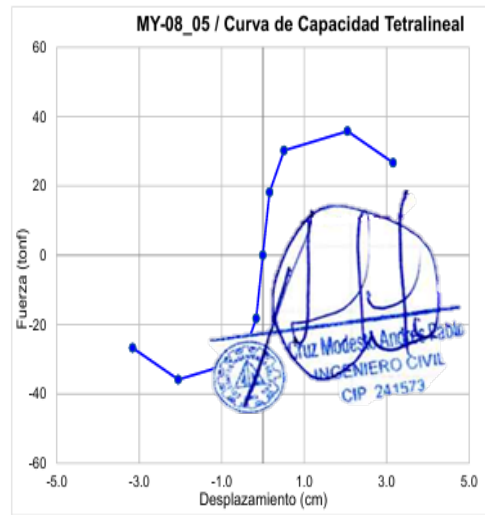
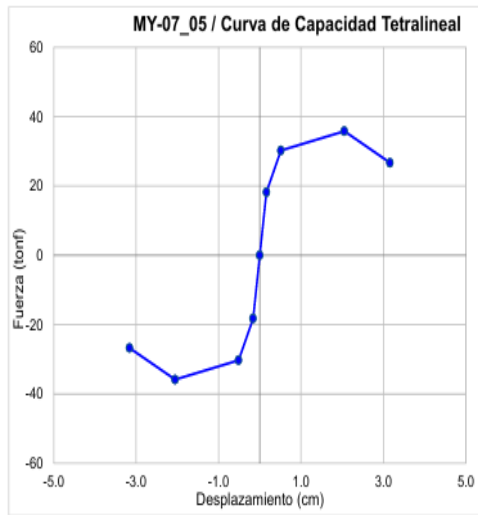
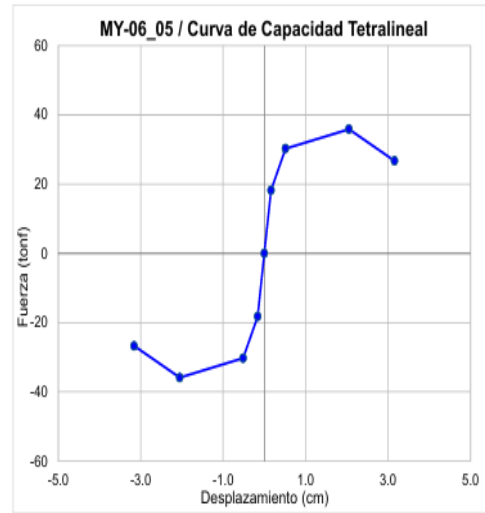
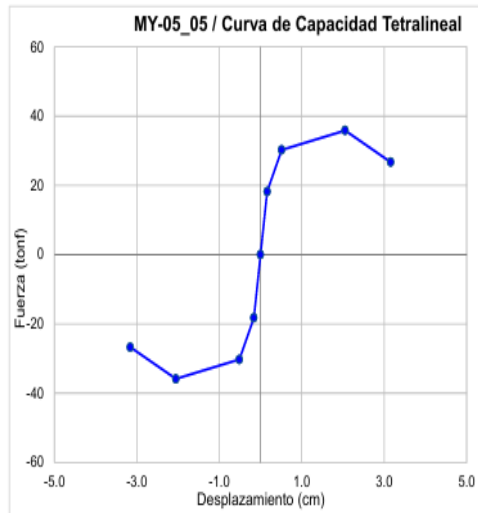






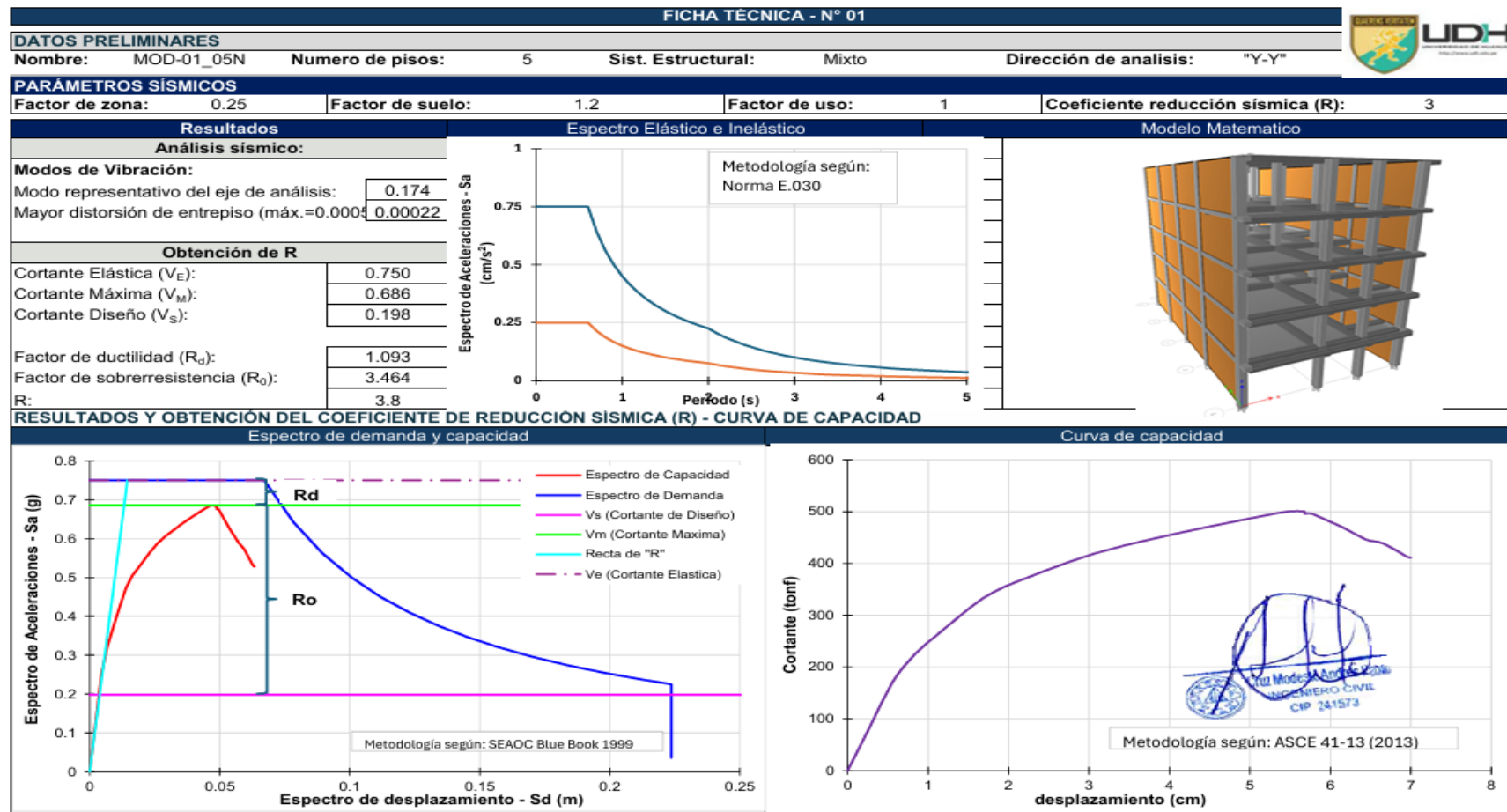


Cruz Modes A. Andrs. Pablos
 INGENIERO CIVIL
 CIP 241573



ANEXO 3

FICHA DE OBTENCION DE COEFICIENTE R



FICHA TÉCNICA - N° 02

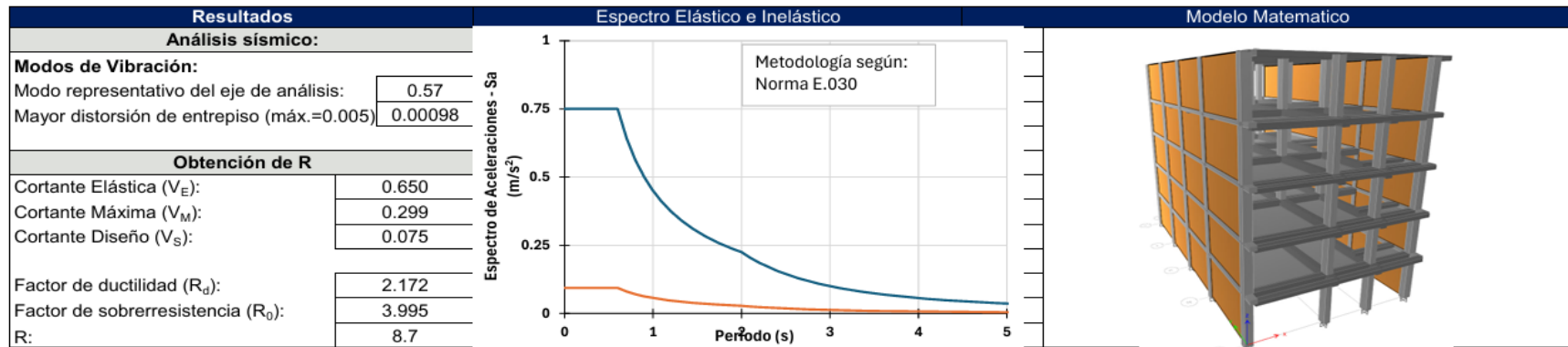


DATOS PRELIMINARES

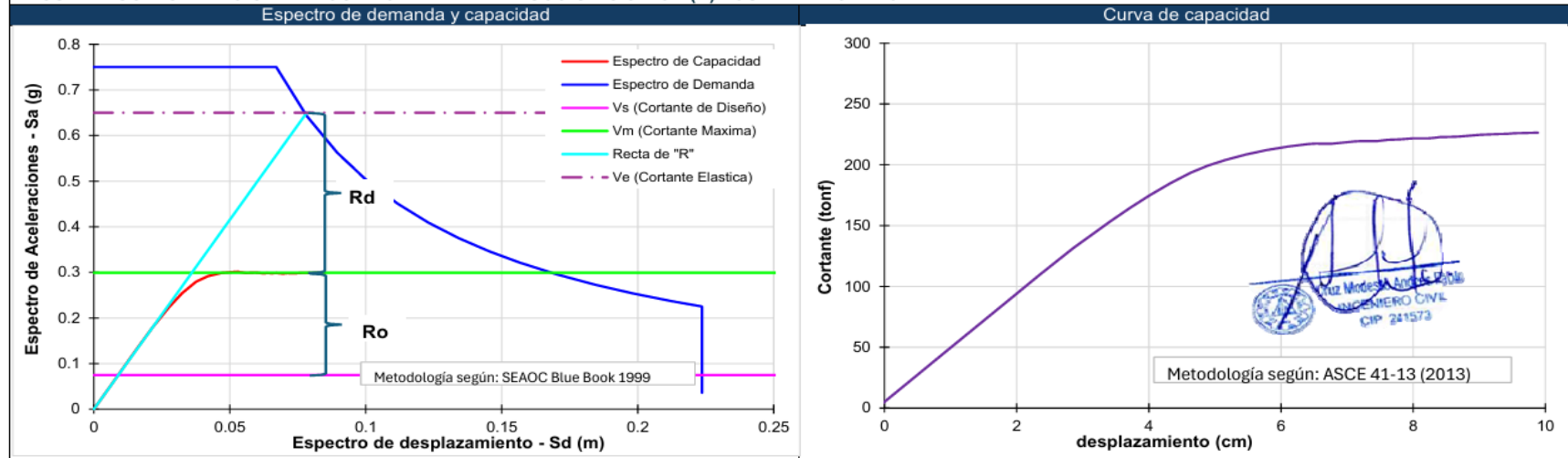
Nombre: MOD-01_05N Numero de pisos: 5 Sist. Estructural: Porticos Dirección de análisis: "X-X"

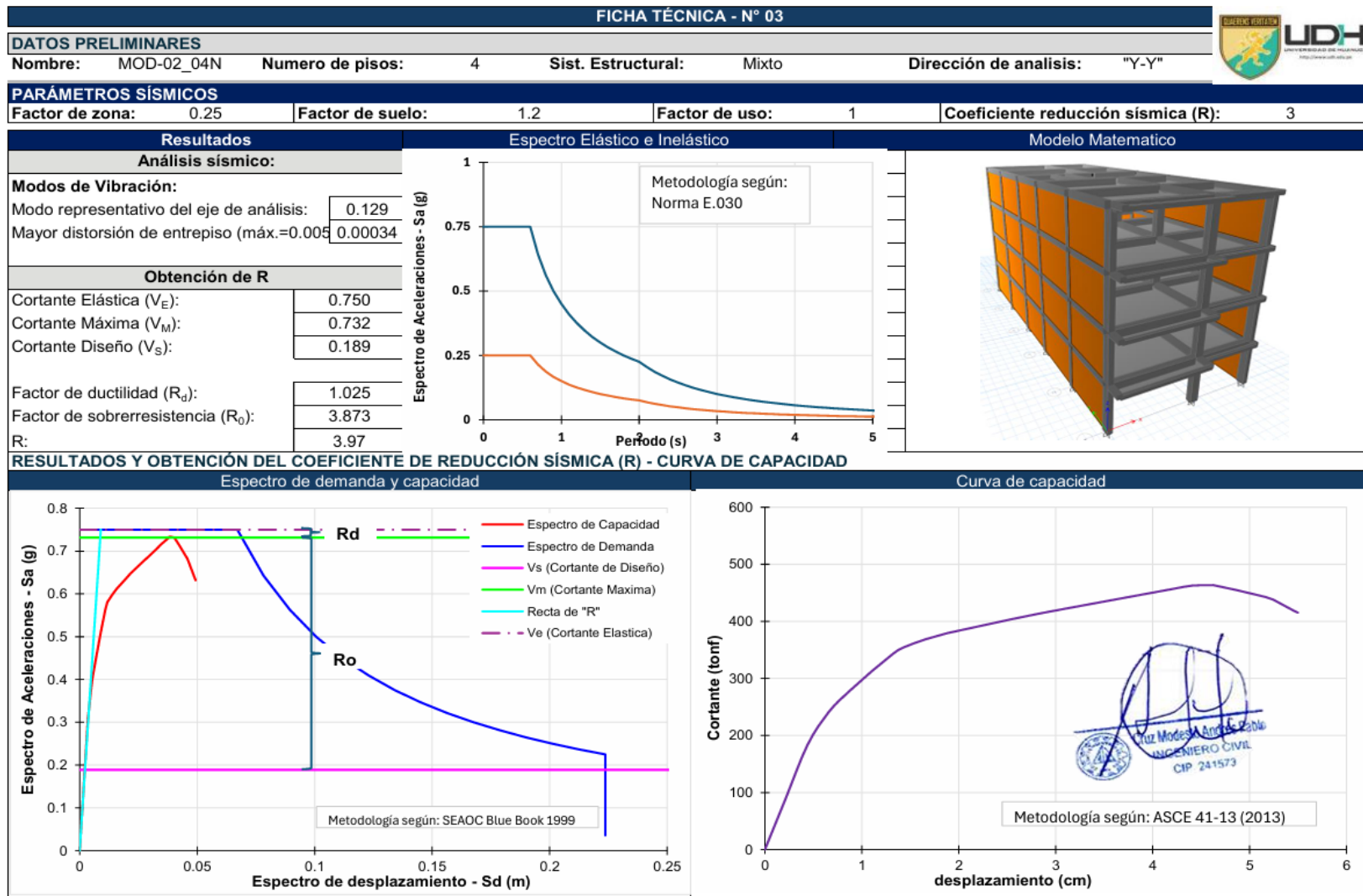
PARÁMETROS SÍSMICOS

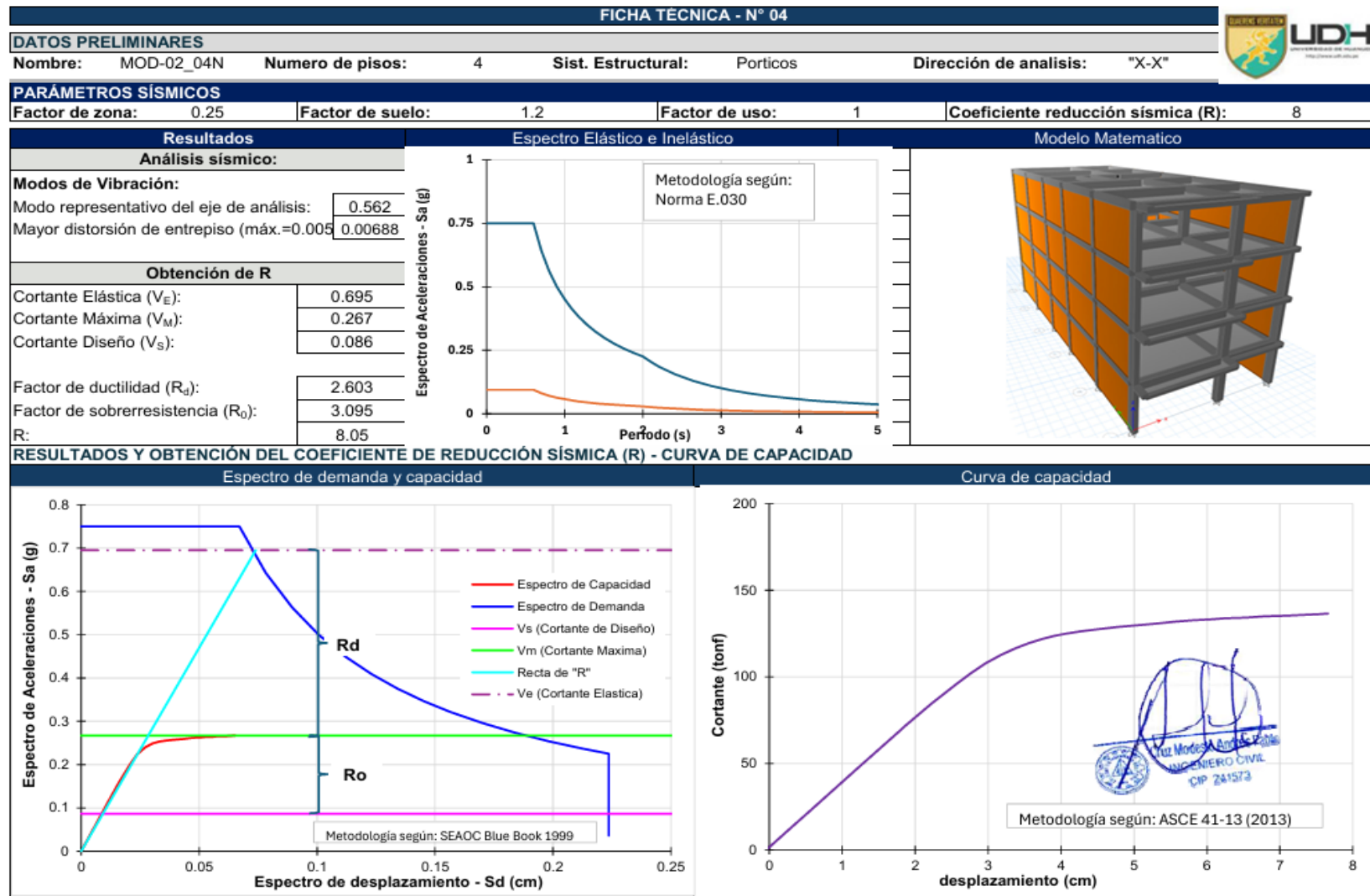
Factor de zona: 0.25 Factor de suelo: 1.2 Factor de uso: 1 Coeficiente reducción sísmica (R): 8



RESULTADOS Y OBTENCIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) - CURVA DE CAPACIDAD

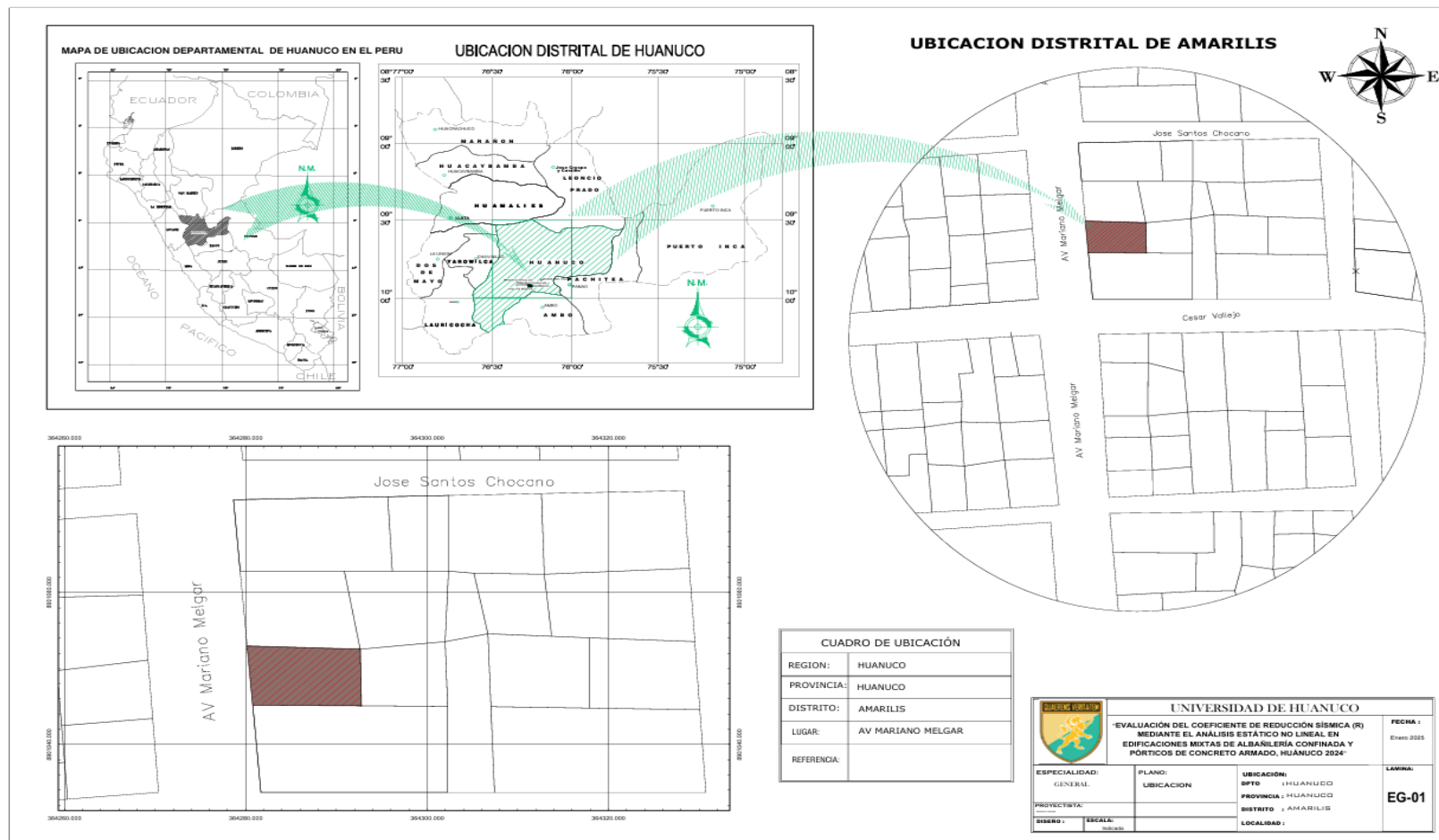


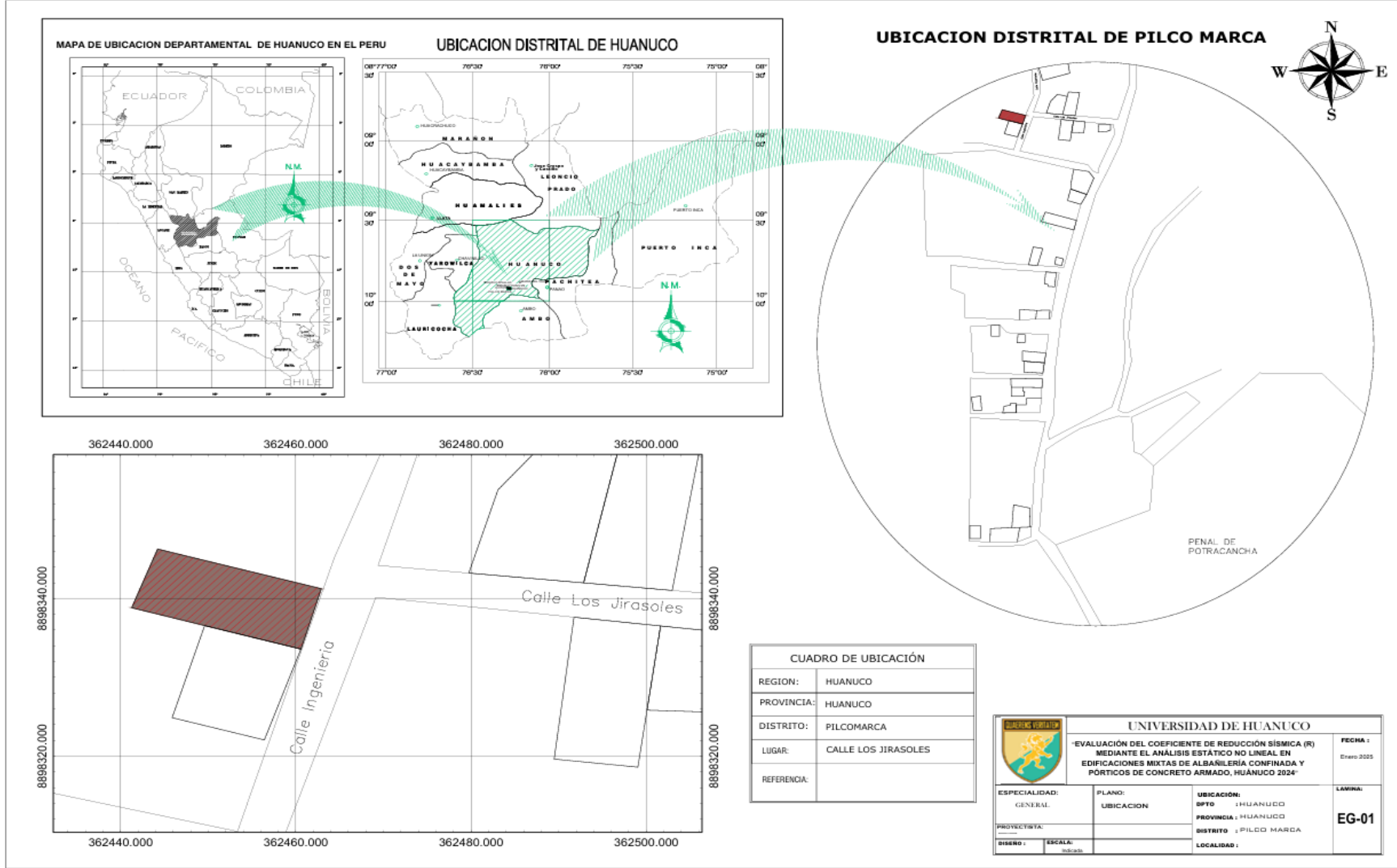




ANEXO 4

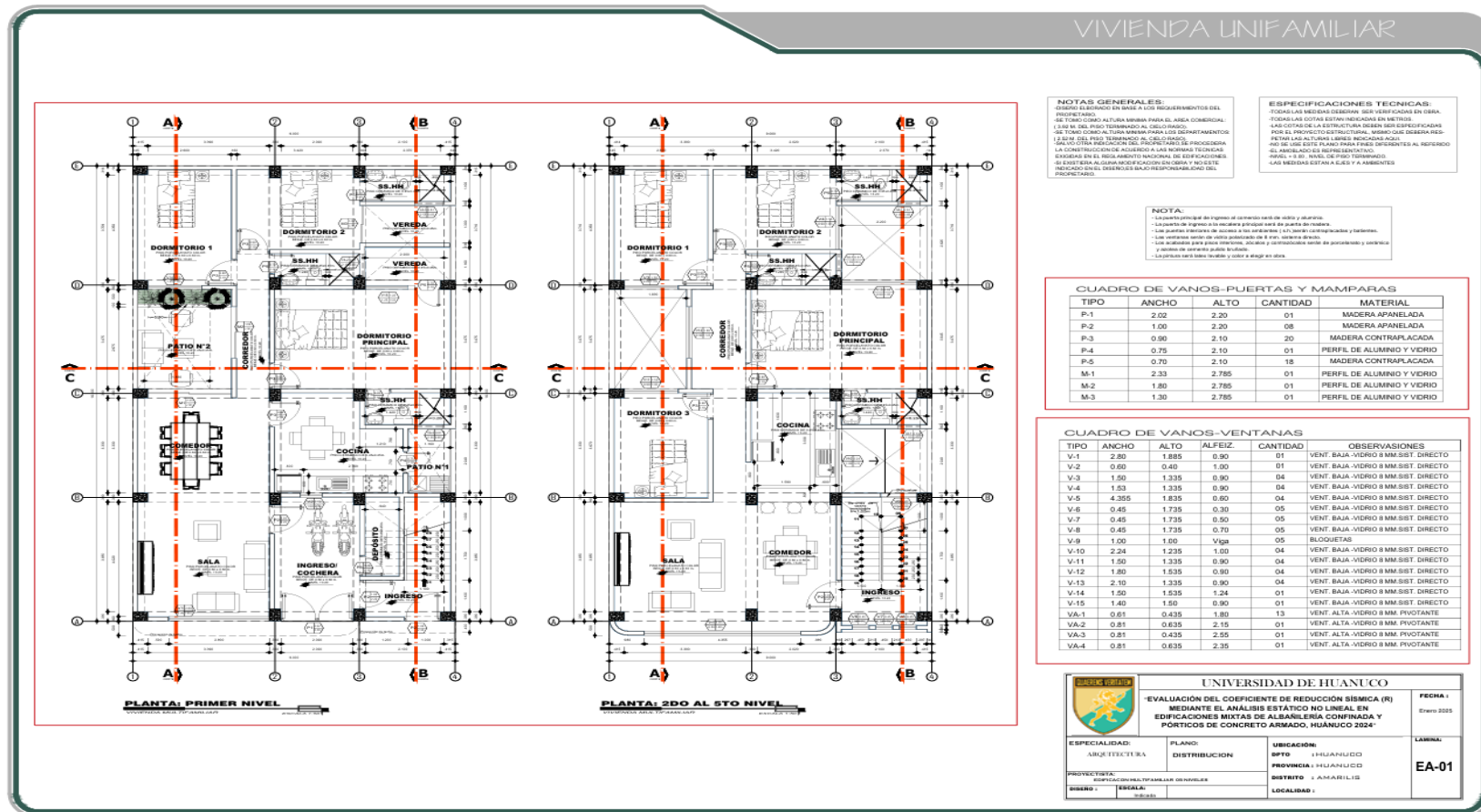
PLANOS DE UBICACION

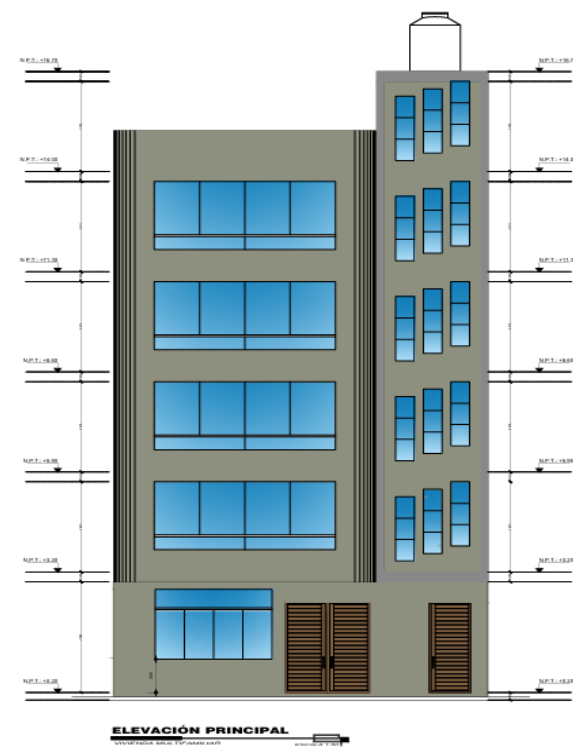
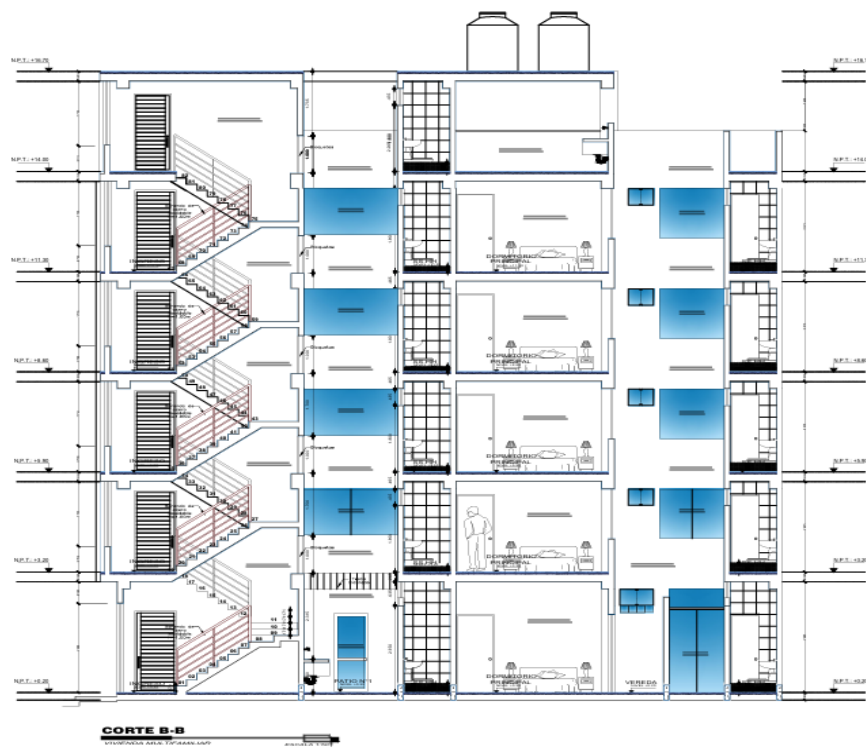




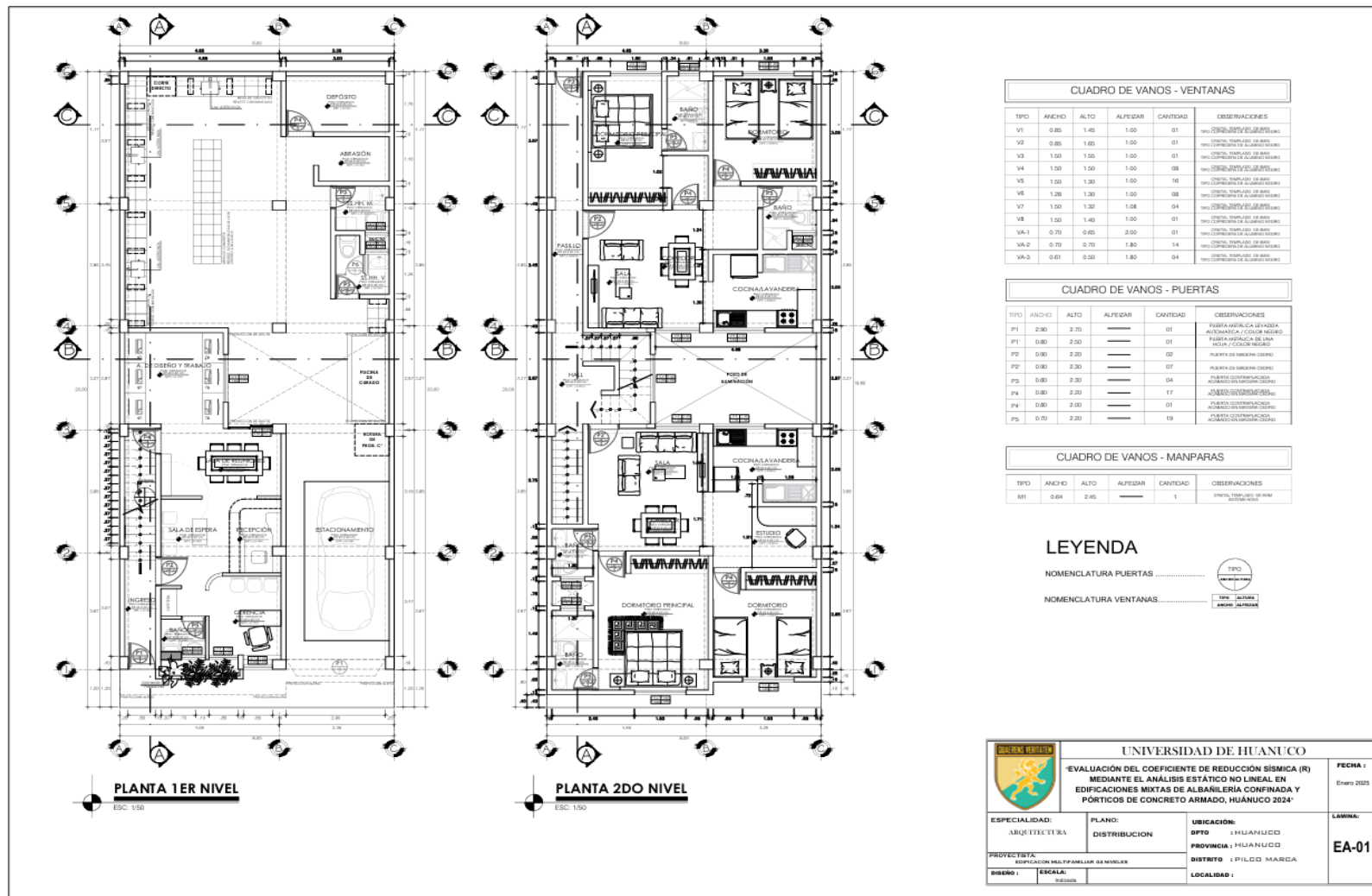
ANEXO 5

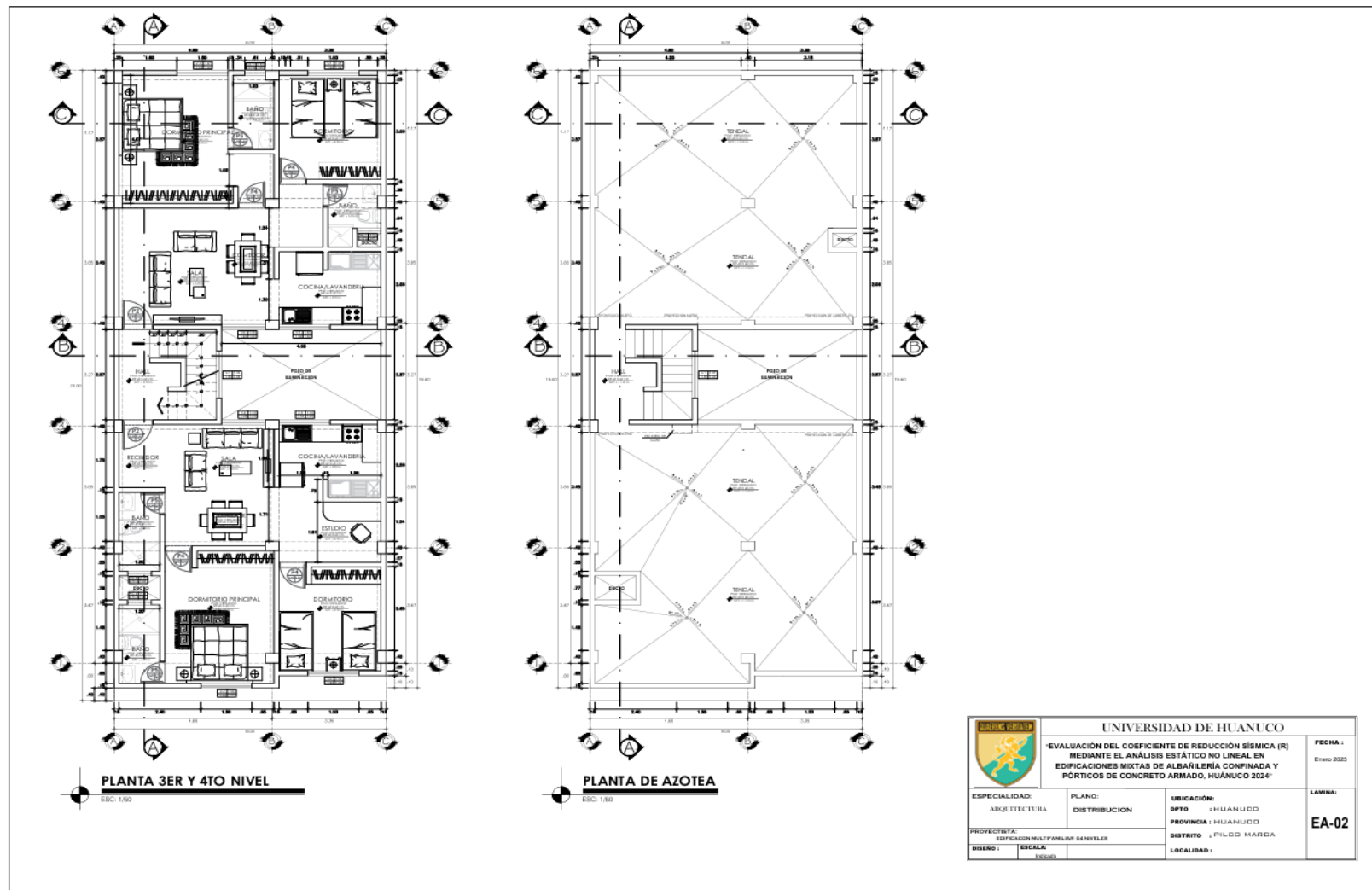
PLANOS DE ARQUITECTURA VIVIENDAS





 UNIVERSIDAD DE HUANCAYO EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBANILERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUANCAYO 2024			
			FECHA : Enero 2025
ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS	PLANO: CORTE Y ELEVACION	UBICACIÓN: DPTO : HUANCAYO PROVINCIA : HUANCAYO DISTRITO : AMARILIS	LABOR: EA-02
PROYECTISTA: INGENIERO MULTIFAMILIAR SENAVELER	ESCALA: 1:1000	LOCALIDAD :	
DISEÑO :			

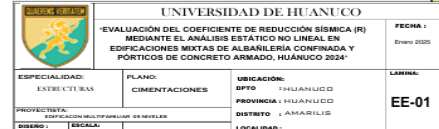




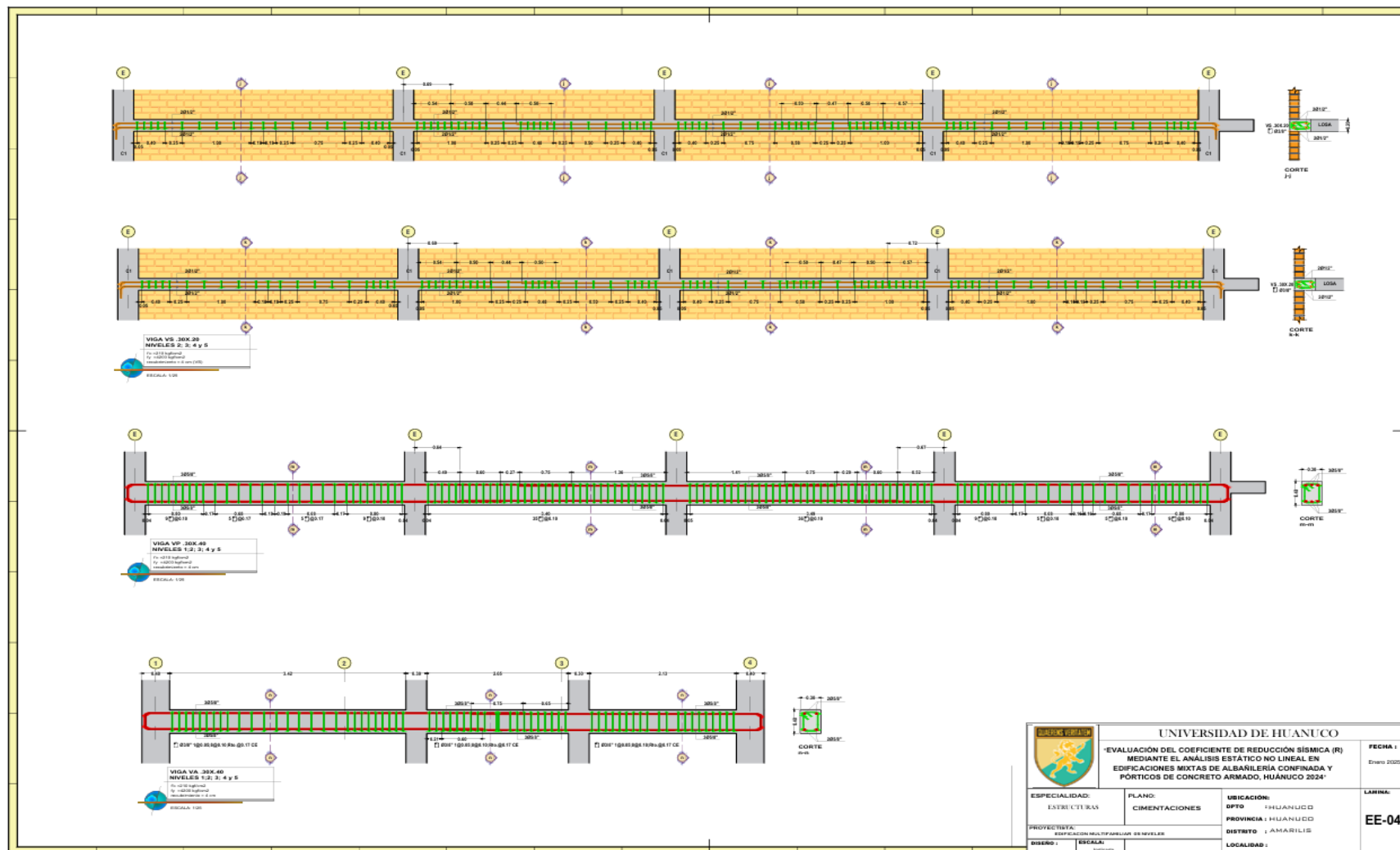


		UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO		FECHA:
		EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUÁNUCO 2024*		Enero 2025
ESPECIALIDAD:	PLANO:	UBICACIÓN:	LAMINA:	EA-02
ARQUITECTURA	CORTE Y ELEVACION	DPTO : HUÁNUCO		
PROYECTISTA:		PROVINCIA : HUÁNUCO		
DISEÑO :	ESCALA:	DISTRITO : PILCO MARCA		
	ENCUADRE	LOCALIDAD :		

PLANOS DE ESTRUCTURAS VIVIENDAS







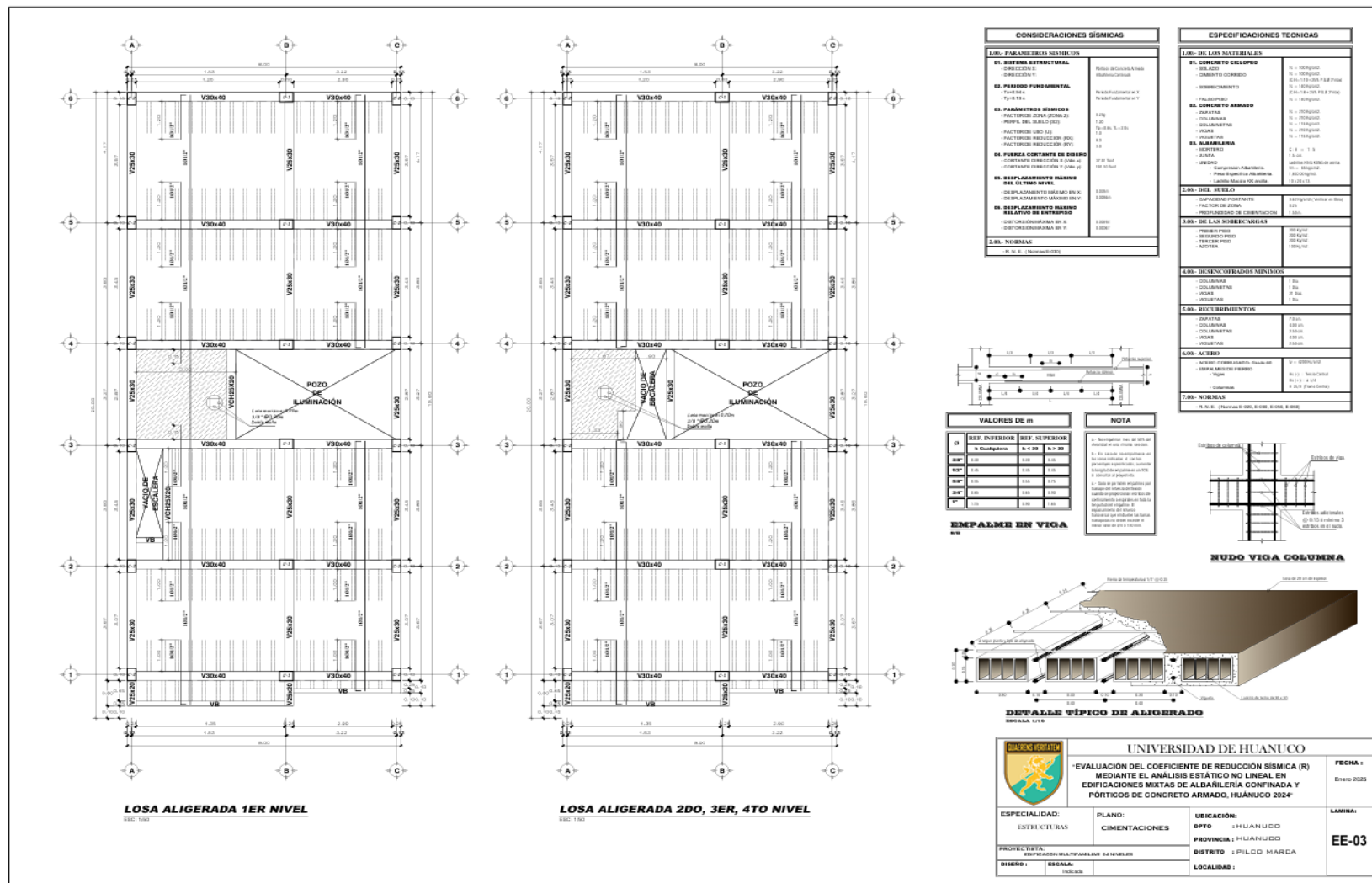


2.00.- NORMAS

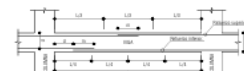
- PG. 76. 8. (Narcissus B-C20, B-C25, B-C32, B-C33)

ESTRIBO	1Ø 3/8" 1@0.05, 6@0.10, Rto. @0.20m/a/a	1Ø 3/8" 1@0.05, 6@0.10, Rto. @0.20m/a/a
---------	--	--

	UNIVERSIDAD DE HUANCAYO 'EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE TABICERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUANCAYO 2024'		FECHA Enero 2025
	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS	PLANO: CIMENTACIONES	UBICACIÓN: DPTO : HUANCAYO PROVINCIA : HUANCAYO DISTRITO : PILCO MARCA
PROYECTISTA: REPRESENTACIÓN MULTIMEDIAL DE INGENIEROS			
DISEÑO :	ESCALA:	LOCALIDAD :	



Technical drawing of a reinforced concrete beam cross-section and longitudinal section. The drawing shows a beam with a total length of 10.00m, divided into segments of 1.00m, 5.00m, 1.00m, 0.50m, and 2.50m. The beam has a width of 0.50m and a height of 0.50m. Reinforcement includes 1 Ø 12 at the top and 2 Ø 5/8 at the bottom. The beam is supported by three columns. The drawing is labeled 'Fig. 10.10' and 'Fig. 10.11'.

[illegible]

SECCIÓN 1



SECCIÓN 2-2



SECCIÓN 3-3



SECCIÓN 4-4



SECCIÓN 5-5



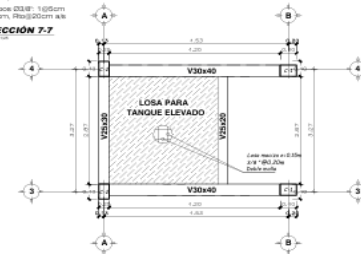
SECCIÓN 6



SECCIÓN



SECCIÓN 8-6



LOSA PARA TANQUE ELEVADO



V25X30



VCH 25X

[illegible]

		UNIVERSIDAD DE HUANCAYO		FECHA: Enero 2025	
		'EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SISMICA (R) MEDIANTE EL ANALISIS ESTRUCTURAL LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUANCAYO 2024'			
ESPECIALIDAD: INGENIERIA CIVIL		PLANO: CIMENTACIONES		UBICACION: DPTO. HUANCAYO PROVINCIA HUANCAYO DISTRITO PILCO MARCA	
PROYECTIVA: EDIFICACION MULTIFAMILIAR DE 04 UNIDADES				EE-04	
SINIERO:	SECCIA: SEGUNDA				

ANEXO 7
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE VIVIENDAS

INFORME TÉCNICO
ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE
CIMENTACIÓN



PROYECTO:

**“CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO
MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS - JR. MARIANO
MELGAR MZ B, LOTE 3. SAN LUIS, AMARILIS,
HUÁNUCO”**

UBICACIÓN

DISTRITO : AMARILIS

PROVINCIA : HUÁNUCO

DEPARTAMENTO : HUÁNUCO



"CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS - JR. MARIANO MELGAR MZ B, LOTE 3. SAN LUIS, AMARILIS, HUÁNUCO"	CÓDIGO: P100-120	INFORME TÉCNICO DE SUELOS 
	REVISIÓN: 01	

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. La edificación comprendida en este estudio está constituida por estructuras del tipo convencional de concreto armado para vivienda multifamiliar de hasta 5 pisos de altura. La obra transmite sus cargas al terreno mediante cimientos corridos y/o zapatas aisladas de concreto armado, los cuales deben ser conectados mediante vigas de cimentación. El área del terreno se verificará según el levantamiento topográfico, y es de 144.00 m² y acuerdo a la estructura y el número de pisos, las estructuras se clasifican desde el punto de vista de la investigación de suelo como tipo III. El pavimento tendrá superficie de rodadura de concreto de cemento Portland con base granular sobre una sub-rasante mejorada por compactación.
2. El perfil del suelo es homogéneo y está formado por un depósito de origen cuaternario, compuesto por granulares gruesos con una capa de Relleno No Controlado Superficial.

En la superficie se encuentra relleno artificial no controlado, así mismo no se encuentra desmonte con desperdicios, detritos dejados por huaycos y escombros, de compacidad media, humedad baja, color anaranjado. **El material relleno artificial no controlado llega hasta profundidades variables entre 1.50 m y 1.80 m.** Dada la naturaleza de este tipo de material relleno su profundidad puede variar respecto a la encontrada en las perforaciones. **Estos materiales inadecuados deben ser removidos, hasta llegar al suelo natural antes de iniciar las obras tal como lo indica la Norma Técnica de Edificaciones E.050, Suelos y Cimentaciones (Capítulo 4, Artículo 25).**

El siguiente estrato está formado por suelo de partículas finas, arcilla limosa gravosa, de compacidad media, humedad baja, color anaranjado. **(CL ML)**. Este estrato se encuentra bajo el relleno y llega hasta profundidades variables hasta más allá de la profundidad investigada 3.70 m.



3. En la zona comprendida en el estudio no se ha detectado la Napa Freática.

EVALUADOR	OBSERVACIONES	SUBSANACIÓN

"CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS - JR. MARIANO MELGAR MZ B, LOTE 3, SAN LUIS, AMARILIS, HUÁNUCO"	CÓDIGO: P100-120	INFORME TÉCNICO DE SUELOS 
	REVISIÓN: 01	

dentro de la profundidad investigada (3.70 m) en la fecha que se realizó la investigación de campo (octubre del 2020).

- El análisis del perfil del suelo encontrado y el tipo de la estructura permite recomendar única alternativa de cimentación:

Alternativa 1: Zapatas continuas o aisladas conectadas con vigas de cimentación de concreto armado sobre arcilla de baja plasticidad.

- Teniendo en cuenta las características de las estructuras y el perfil del suelo encontrado, se recomienda:

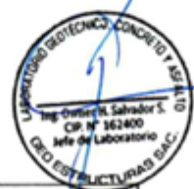
Para la alternativa de cimentación se plantea una profundidad de cimentación genérica de 2.00 m con respecto a la superficie natural del terreno, para proporcionar a la cimentación un confinamiento adecuado. Si al llegar a esa profundidad no se ha penetrado 0.20 m en el suelo apto para la cimentación, se continuará excavando hasta penetrar 0.20 m en ella. En este caso la diferencia de niveles, entre el nivel de cimentación propuesto (2.00 m) y el nivel final de la excavación para penetrar 0.20 m en la grava, será relleno con concreto ciclópeo en proporción 1:10 (cemento: hormigón) con un $f'c$ mínimo de 80 kg/cm² con adición de piedra grande de 3" a 8", representando ésta un máximo de 30% del volumen total de la mezcla.

- Para los valores mínimos de los factores de seguridad designados por la NTE E.050, 3 para cargas estáticas y 2.5 durante la acción de un sismo, las presiones admisibles en el presente caso son:

$$q_a = 0.98 \text{ kg/cm}^2$$

- De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcciones, Normas Técnica de Edificación E.030 - Diseño sismo resistente, el área estudiada tiene las siguientes características:

Factor de zona $Z = 0.25g$
 Perfil del suelo tipo $S2$
 Período predominante $T_p = 0.6 \text{ s}$



EVALUADOR	OBSERVACIONES	SUBSANACIÓN

"CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS - JR. MARIANO MELGAR MZ B, LOTE 3. SAN LUIS, AMARILIS, HUÁNUCO"	CÓDIGO: P100-120	
	REVISIÓN: 01	

Factor de amplificación del suelo $S=1.20$

8. En la zona estudiada no se ha encontrado la napa freática dentro de la zona activa de la cimentación, sin embargo, no se ha detectado la presencia excesiva de sales agresivas al concreto, por lo que de acuerdo a las recomendaciones de American Concrete Institute (ACI 201) no se requiere adicionar protección a la cimentación fuera de la usual.
9. El suelo relleno con desperdicios encontrado debe ser eliminado antes de iniciar las obras conforme a lo indicado en la Norma Técnica de Edificaciones E-050 en el Capítulo 4, artículo 25 "Rellenos" indica que **las cimentaciones superficiales no se deben apoyar sobre estos Rellenos No Controlados, los cuales deben ser reemplazados en su totalidad en todo el terreno, objeto del EMS, por materiales seleccionados debidamente compactados**, como se indica en el numeral 25.4.1 antes de iniciar cualquier tipo de obra en el terreno.
10. Se recomienda que los Rellenos Controlados, que se requieran para nivelar el Terreno, luego de eliminado el Relleno Artificial o los suelos finos, se construyan con materiales granulares (afirmado o por grava arenosa a la que se le deben retirar los bolones mayores a 7.50 cm) y se compacten convenientemente a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado Método C con la finalidad de evitar problemas causados por la deformación del relleno ubicado bajo los pisos.
11. Los Rellenos Controlados pueden ser realizados antes o después de contruidos los sobrecimientos, en el caso de efectuar el Relleno Controlado antes de construir los sobre cimientos se deberá recompactar la zona cercana a la cimentación con la finalidad de confinarlos adecuadamente. Para verificar la compactación se realizarán Controles de Densidad en el Campo (NTP 339.143 o NTP 339.144). Este ensayo se realizará cada 250 m² de superficie en puntos dispuestos en tresbolillo. Para el caso de áreas pequeñas

EVALUADOR	OBSERVACIONES	SUBSANACIÓN



"CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS - JR. MARIANO MELGAR MZ B, LOTE 3. SAN LUIS, AMARILIS, HUÁNUCO"	CÓDIGO: P100-120	INFORME TÉCNICO DE SUELOS 
	REVISIÓN: 01	

efectuará un ensayo para un área menor o igual a 25 m² y dos ensayos para áreas mayores.

Huánuco, octubre del 2020



EVALUADOR	OBSERVACIONES	SUBSANACIÓN

"CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS - JR. MARIANO MELGAR MZ B, LOTE 3. SAN LUIS, AMARILIS, HUÁNUCO"	CÓDIGO: P100-120	INFORME TÉCNICO DE SUELOS 
	REVISIÓN: 01	

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

De acuerdo con la Norma Técnica de Edificaciones E-050 "Suelos y Cimentaciones", la siguiente información deberá transcribirse en los planos de cimentación. Esta información no es limitativa, y deberá cumplirse con todo lo especificado en el presente Estudio de Suelos y en el Reglamento Nacional de Construcciones.

Tipo de cimentación: Zapatas aisladas conectadas mediante vigas de cimentación de concreto armado sobre suelo fino de baja plasticidad

Estrato de apoyo de la cimentación: Arcilla limosa gravosa CL ML

Profundidad de Napa Freática: No **fecha:** octubre del 2020

Parámetros de diseño de la cimentación:

Profundidad de Cimentación: $D_f = 2.00$ m

Presión Admisible. $Q_{adm} = 0.98$ kg/cm²

Factor de Seguridad por Corte (Estático, Dinámico): Mayor a 3 y 2,50

Asentamiento Total Máximo en el Centro de la Cimentación = 14.83 mm

Distorsión angular (α) máximo en los que no se permiten grietas: 1/500

Parámetros de Sísmicos del Suelo (De acuerdo a la Norma E.030)

Zona sísmica: 2 Tipo de perfil del suelo: S2 Suelos Intermedios

Factor del suelo (S): $S = 1.20$

Periodo TP (s): $TP(s) = 0.6$

Periodo TL (s): $TL(s) = 2.0$

Agresividad del suelo a la cimentación: usar cemento tipo I, a/c (máximo) = según diseño, f'c (mínimo) = según diseño.

Problemas Especiales de Cimentación:

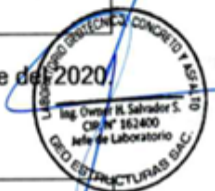
Licuefacción: No

Colapso: No

Expansión: No

Indicaciones adicionales: no debe cimentarse sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte relleno sanitario o relleno artificial y estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad antes de construir la edificación y ser remplazados con materiales adecuados debidamente compactados. proteger adecuadamente los sistemas de conducción de agua a fin de evitar fallas que generen la saturación de suelo.

Huánuco, octubre del 2020



EVALUADOR	OBSERVACIONES	SUBSANACIÓN

PROYECTO : CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS
 UBICACIÓN : Jr Mariano Melgar Mz B, Lote 3... San Luis, Amarillos, Huánuco
 SOLICITA : Carmelo Figueredo Tiburcio y Silas Domingo Espinoza
 CALICATA : C-01
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2020

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D - 423)

Nº DE GOLPES	13	17	22	30
S. Humeda + Tarro	25.28	24.68	25.45	25.35
S. seca + Tarro	22.60	21.94	22.89	22.90
Peso de Tarro	10.99	11.02	11.15	11.05
Peso del Agua	2.68	2.74	2.56	2.45
Peso de Suelo Seco	11.61	10.92	11.74	11.86
HUMEDAD %	23.12	25.09	21.81	20.64

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D - 424)

Nº DE GOLPES	01	02	03	04
S. Humeda + Tarro	11.32	11.65	11.07	11.07
S. seca + Tarro	10.28	10.62	10.12	10.12
Peso de Tarro	4.44	4.69	4.71	4.71
Peso del Agua	1.04	1.03	0.95	0.95
Peso de Suelo Seco	5.85	5.93	5.41	5.41
HUMEDAD %	17.72	17.42	17.62	17.56

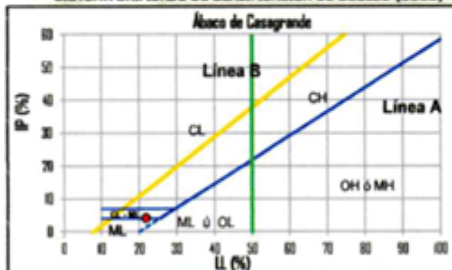


LÍMITE LÍQUIDO (LL) : 21.71

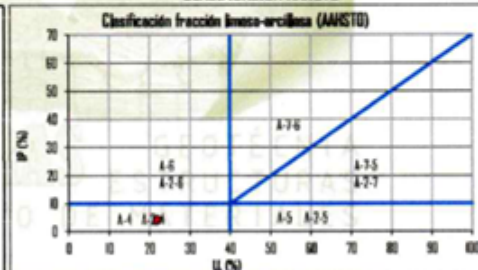
LÍMITE PLÁSTICO (LP) : 17.58

ÍNDICE PLÁSTICO (IP) : 4.13

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)



CLASIFICACIÓN AASHTO



Clasificación de suelos: Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas finas.
 Arcilla limosa gravosa CL-MI.

Clasificación de suelos: AASHTO

A-4 Suelo limoso

Valor del índice de grupo:

0

Dirección: Jr. Los Portales Mz I Lt 1, Urb. Los Portales, Amarillos - Huánuco
 E-mail: ohsalvadors@geoestructuras.com, Celi: 982008201



PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS

SOLICITA: Carmelo Figueredo Tiburcio y Silas Domingo Espinoza

UBICACIÓN: Jr Mariano Melgar Mz B, Lote 3... San Luis, Amarillos, Huánuco

FECHA: DICIEMBRE DEL 2020

CALICATA: C-01

Estado: Remoldeado

clasificación: Arcilla limosa gravosa CL-ML

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03		
Esfuerzo Normal	Kg/cm2	0.56		1.11		2.22		
Etapas		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Altura	mm	19.07	17.06	19.04	16.33	19.05	16.04	
Lado	mm	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	
Humedad	%	36.09	28.66	36.09	26.35	36.09	23.02	
Densidad Seca	g/cm3	1.793	2.004	1.793	2.091	1.793	2.129	
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.02	0.05	0.03	0.02	0.05	0.06	0.03
0.10	0.03	0.05	0.10	0.04	0.04	0.10	0.08	0.04
0.20	0.04	0.07	0.20	0.07	0.06	0.20	0.10	0.05
0.35	0.05	0.09	0.35	0.11	0.10	0.35	0.15	0.07
0.50	0.06	0.10	0.50	0.13	0.12	0.50	0.20	0.09
0.75	0.07	0.13	0.75	0.16	0.14	0.75	0.25	0.11
1.00	0.08	0.15	1.00	0.18	0.16	1.00	0.30	0.13
1.25	0.10	0.17	1.25	0.21	0.19	1.25	0.33	0.15
1.50	0.11	0.20	1.50	0.25	0.22	1.50	0.36	0.16
1.75	0.12	0.22	1.75	0.26	0.24	1.75	0.40	0.18
2.00	0.13	0.24	2.00	0.29	0.27	2.00	0.42	0.19
2.50	0.14	0.25	2.50	0.32	0.29	2.50	0.47	0.21
3.00	0.15	0.28	3.00	0.34	0.31	3.00	0.51	0.23
3.50	0.16	0.29	3.50	0.36	0.32	3.50	0.54	0.24
4.00	0.17	0.30	4.00	0.37	0.33	4.00	0.57	0.26
4.50	0.17	0.31	4.50	0.38	0.35	4.50	0.58	0.26
5.00	0.18	0.32	5.00	0.40	0.36	5.00	0.61	0.27
6.00	0.19	0.35	6.00	0.43	0.39	6.00	0.64	0.29
7.00	0.20	0.37	7.06	0.44	0.40	7.00	0.67	0.30
8.00	0.21	0.38	8.00	0.45	0.41	8.00	0.74	0.33
9.00	0.22	0.39	9.00	0.46	0.42	9.00	0.75	0.34
10.00	0.22	0.40	10.00	0.47	0.42	10.00	0.76	0.34
11.00	0.23	0.42	11.00	0.47	0.43	11.00	0.77	0.35
12.00	0.23	0.42	12.00	0.48	0.43	12.00	0.79	0.36
13.00	0.24	0.43	13.00	0.48	0.43	13.00	0.80	0.36
14.00	0.24	0.43	14.00	0.49	0.44	14.00	0.81	0.36
15.00	0.24	0.43	15.00	0.49	0.44	15.00	0.81	0.37
16.00	0.23	0.42	16.00	0.50	0.45	16.00	0.81	0.37
17.00	0.23	0.42	17.00	0.49	0.44	17.00	0.81	0.37
18.00	0.23	0.42	18.00	0.49	0.44	18.00	0.81	0.36



Dirección: Jr. Los Portales Mz I Lt 1, Urb. Los Portales, Amarillos - Huánuco
E-mail: ohsalvadors@geoestructurasg.com, Cell: 982008201

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS

SOLICITA: Carmelo Figueredo Tiburcio y Silas Domingo Espinoza

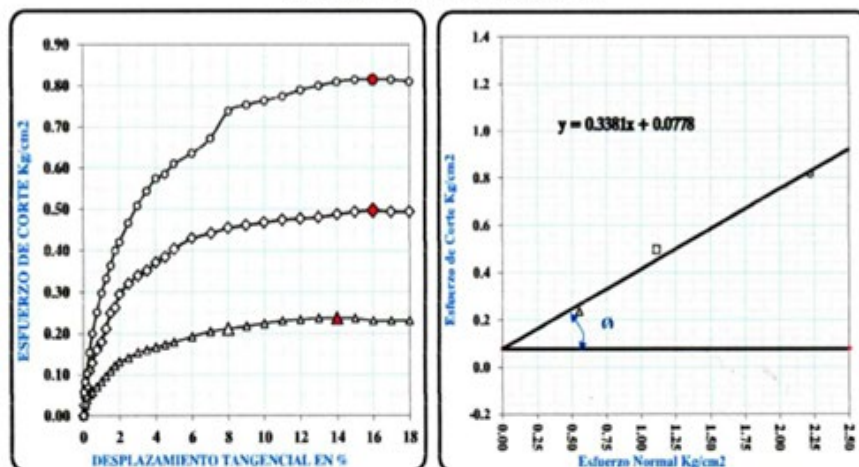
UBICACIÓN: Jr Mariano Melgar Mz B, Lote 3... San Luis, Amarilla, Huánuco

FECHA : DICIEMBRE DEL 2020

Estado Remoldeado

clasificación Arcilla limosa gravosa CL-ML

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



$\phi = 18.7^\circ$
 $c = 0.0778 \text{ Kg/cm}^2$



Dirección: Jr. Los Portales Mz I Lt 1, Urb. Los Portales, Amarilla - Huánuco
E-mail: ohsalvadors@geoestructurasg.com, Cell: 982008201



FOTO N°01: Vista satelital, de la ubicación del lugar del proyecto.



FOTO N° 02: Vista panorámica de la zona del proyecto





FOTO N° 05: Calicata N°01, vista del relleno no controlado, el cual se recomienda retirar.



FOTO N° 04: Calicata N°01, vista del perfil del suelo.



INFORME TÉCNICO
ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE
CIMENTACIÓN



PROYECTO DE TESIS:

**“EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE
REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL
ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN
EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBAÑILERÍA
CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO
ARMADO, HUÁNUCO 2024.”**

UBICACIÓN

DISTRITO : PILLCO MARCA
PROVINCIA : HUÁNUCO
DEPARTAMENTO : HUÁNUCO



"EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUÁNUCO 2024."	CÓDIGO: P110-125	INFORME TÉCNICO DE SUELOS
	REVISIÓN: 01	 GEO ESTRUCTURAS SAC GEOTECNIA, GEOLOGÍA, GEOTECNIA, CONCRETO, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. La evaluación la edificación comprendida en este estudio está constituida por estructuras del tipo convencional de concreto armado de hasta 4 pisos altura. La obra transmite sus cargas al terreno mediante cimientos corridos y/o zapatas aisladas de concreto armado. Eventualmente se puede conectar con vigas de concreto armado. El área del terreno se verificará según el levantamiento topográfico, y es de 160.00 m², acuerdo a la estructura y el número de pisos, las estructuras se clasifican desde el punto de vista de la investigación de suelo como III. El pavimento tendrá superficie de rodadura de concreto de cemento Portland con base granular sobre una sub-rasante mejorada por compactación.
2. El perfil del suelo es homogéneo y está formado por un depósito de origen cuaternario, compuesto por acumulación de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición con una capa de Orgánico.

En la superficie se encuentra una otros suelos con arena y grava, compacidad media, humedad media a seca, color marrón. **El material over no compactado llega hasta profundidades variables entre 0.30 m y 0.60 m.** Dada la naturaleza de este tipo de material relleno su profundidad puede variar respecto a la encontrada en las perforaciones. **Estos materiales inadecuados deben ser removidos, hasta llegar al suelo natural antes de iniciar las obras tal como lo indica la Norma Técnica de Edificaciones E.050, Suelos y Cimentaciones (Capítulo 4, Artículo 25).**

El siguiente estrato está formado de suelos de grano grueso. Arena y grava. Arena limosa con grava de baja plasticidad (SM) con humedad baja, compacidad alta de color marrón claro. Este estrato se encuentra bajo el suelo orgánico y llega hasta profundidades variables hasta más allá de la profundidad investigada 3.00 m.

EVALUADOR	OBSERVACIONES	SUBSANACIÓN



"EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUÁNUCO 2024."	CÓDIGO: P110-125 REVISIÓN: 01	INFORME TÉCNICO DE SUELOS  GEO ESTRUCTURAS SAC GEOTECNIA, SEGURIDAD, GEOFÍSICA, CONCRETO, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES
---	--------------------------------------	---

3. En la zona comprendida en el estudio no se ha detectado la Napa Freática dentro de la profundidad investigada (3.00 m) en la fecha que se realizó la investigación de campo (febrero del 2025).

4. El análisis del perfil del suelo encontrado y el tipo de la estructura permite recomendar única alternativa de cimentación:

Alternativa 1: Zapatas aisladas o continuas eventualmente conectadas con vigas de cimentación de concreto armado sobre arena limosa con grava.

5. Teniendo en cuenta las características de las estructuras y el perfil del suelo encontrado, se recomienda:

Para la alternativa de cimentación se plantea una profundidad de cimentación genérica de 2.00 m con respecto a la superficie natural del terreno, para proporcionar a la cimentación un confinamiento adecuado. Si al llegar a esa profundidad no se ha penetrado 0.20 m en el suelo apto para la cimentación, se continuará excavando hasta penetrar 0.20 m en ella. En este caso la diferencia de niveles, entre el nivel de cimentación propuesto (2.00 m) y el nivel final de la excavación para penetrar 0.20 m en la grava, será rellenado con concreto ciclópeo en proporción 1:10 (cemento: hormigón) con un $f'c$ mínimo de 80 kg/cm² con adición de piedra grande de 3" a 8", representando ésta un máximo de 30% del volumen total de la mezcla.

6. Para los valores mínimos de los factores de seguridad designados por la NTE E.050, 3 para cargas estáticas y 2.5 durante la acción de un sismo, las presiones admisibles en el presente caso son:

$$q_a = 3.71 \text{ kg/cm}^2$$

7. De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcciones, Normas Técnica de Edificación E.030 - Diseño sismo resistente, el área estudiada tiene las siguientes características:

Factor de zona

$$Z = 0,25g$$



EVALUADOR	OBSERVACIONES	SUBSANACIÓN

"EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBANILERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUÁNUCO 2024."	CÓDIGO: P110-125 REVISIÓN: 01	INFORME TÉCNICO DE SUELOS  GEO ESTRUCTURAS SAC GEOTECNIA, GEOLOGÍA, GEOTECNIA, CONCRETO, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
---	--------------------------------------	---

Perfil del suelo tipo **S2**
Período predominante **T_p = 0.60 s**
Factor de amplificación del suelo **S=1.20**

8. En la zona estudiada no se ha encontrado la napa freática dentro de la zona activa de la cimentación, sin embargo, tampoco se ha detectado la presencia de sales agresivas al concreto, por lo que de acuerdo a las recomendaciones de American Concrete Institute (ACI 201) no se requiere adicionar protección a la cimentación fuera de la usual.
9. El suelo relleno con desperdicios encontrado debe ser eliminado antes de iniciar las obras conforme a lo indicado en la Norma Técnica de Edificaciones E-050 en el Capítulo 4, artículo 25 "Rellenos" indica que **las cimentaciones superficiales no se deben apoyar sobre estos Rellenos No Controlados, los cuales deben ser reemplazados en su totalidad en todo el terreno, objeto del EMS, por materiales seleccionados debidamente compactados**, como se indica en el numeral 25.4.1 antes de iniciar cualquier tipo de obra en el terreno.
10. Se recomienda que los Rellenos Controlados, que se requieran para nivelar el Terreno, luego de eliminado el Relleno Artificial o los suelos finos, se construyan con materiales granulares (afirmado o por grava arenosa a la que se le deben retirar los bolones mayores a 7.50 cm) y se compacten convenientemente a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado Método C con la finalidad de evitar problemas causados por la deformación del relleno ubicado bajo los pisos.
11. Los Rellenos Controlados pueden ser realizados antes o después de construir los sobrecimientos, en el caso de efectuar el Relleno Controlado antes de construir los sobre cimientos se deberá recompactar la zona cercana a la cimentación con la finalidad de confinarlos adecuadamente. Para verificar la compactación se realizarán Controles de Densidad en el Campo (NTP



EVALUADOR	OBSERVACIONES	SUBSANACIÓN

"EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUÁNUCO 2024."	CÓDIGO: P110-125 REVISIÓN: 01	INFORME TÉCNICO DE SUELOS  GEO ESTRUCTURAS SAC GEOTECNIA, GEOLOGÍA, GEOPÉDICA, CONCRETO, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
---	--------------------------------------	---

339.143 o NTP 339.144). Este ensayo se realizará cada 250 m² de superficie en puntos dispuestos en trebolillo. Para el caso de áreas pequeñas, se efectuará un ensayo para un área menor o igual a 25 m² y dos ensayos para áreas mayores.

12. La subrasante estará constituida por grava mal gradada limosa, medianamente compacta, ligeramente húmeda, color marrón oscuro **[A-4]** la que se clasifica desde el punto de vista de pavimentos como regular a bueno. Este material deberá ser escarificado hasta una profundidad de 0.20 m por debajo del nivel de la subrasante y compactado hasta lograr el 9.5% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado. El valor del C.B.R. de la grava encontrada es superior a 10, a una densidad equivalente al 95% de la densidad máxima del Proctor Modificado.

Huánuco, febrero del 2025



EVALUADOR	OBSERVACIONES	SUBSANACIÓN

"EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUÁNUCO 2024."	CÓDIGO: P110-125 REVISIÓN: 01	INFORME TÉCNICO DE SUELOS  GEO ESTRUCTURAS SAC INGENIERÍA, GEOTECNIA, GEODINÁMICA, CONCRETO, PUNTEROS Y ENSAYO DE MATERIALES
---	--------------------------------------	--

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

De acuerdo con la Norma Técnica de Edificaciones E-050 "Suelos y Cimentaciones", la siguiente información deberá transcribirse en los planos de cimentación. Esta información no es limitativa, y deberá cumplirse con todo lo especificado en el presente Estudio de Suelos y en el Reglamento Nacional de Construcciones.

Tipo de cimentación: Zapatas aisladas o continuas conectadas con vigas de cimentación de concreto armado sobre arena limosa con grava.	
Estrato de apoyo de la cimentación: SM arena limosa con grava.	
Profundidad de Napa Freática: No	fecha: febrero del 2025
Parámetros de diseño de la cimentación: Profundidad de Cimentación: $D_f = 2.00$ m Presión Admisible: $Q_{adm} = 3.71$ kg/cm ² Factor de Seguridad por Corte (Estático, Dinámico): Mayor a 3 y 2,50 Asentamiento Total Máximo en el Centro de la Cimentación = 3.20 mm Distorsión angular (α) máximo en los que no se permiten grietas: 1/500	
Parámetros de Sísmicos del Suelo (De acuerdo a la Norma E.030) Zona sísmica: 2 Tipo de perfil del suelo: S2 Suelos intermedios Factor del suelo (S): S = 1.20 Periodo TP (s): TP (s) = 0.6 Periodo TL (s): TL (s) = 2.5	
Agresividad del suelo a la cimentación: usar cemento tipo I, a/c (máximo) = según diseño, f'c (mínimo) = según diseño.	
Problemas Especiales de Cimentación: Licuación: No Colapso: No Expansión: No	
Indicaciones adicionales: no debe cimentarse sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte relleno sanitario o relleno artificial y estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad antes de construir la edificación y ser remplazados con materiales adecuados debidamente compactados. proteger adecuadamente los sistemas de conducción de agua a fin de evitar fallas que generen la saturación de suelo.	

Huánuco, febrero del 2025.



EVALUADOR	OBSERVACIONES	SUBSANACIÓN

INFORME: MUESTREO Y RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SPT

TESIS	"EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUÁNUCO 2024"	Informe N°: --- Fecha: Febrero del 2025.
TESISTA	BACH. RAMOS ORBEZO YELTSIN AUGUSTO.	Muestreado por : H. Salvador Ensayado por : N. Salvador
Ubicación de Proyecto	SECTOR QUILLA RUMI, CAYHUAYNA ALTA DEL DISTRITO DE PILLCO MARCA, PROVINCIA DE HUÁNUCO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO.	Fecha de Ensayo :
Material	TERRENO NATURAL	Turno : Diurno
Código de Muestra	: ---	Profundidad Total: 4.50 m
Sondaje / Calicata	: SPT-02	Norte: ---
N° de Muestras	: 2	Este: ---
Progresiva	: ---	Cota: ---

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN VISUAL - MANUAL	N ₁	N ₂	N ₃	N _{campo}	σ' _{vm} kN/m ²	C _u	N corregido	N ₇₅	N ₉₅	Es (MPa)	Compacidad Relativa	
												Condición	Dr (%)
1.50 - 1.95	SM arena limosa	8	8	10	18	31	2	32	12	14	4513.5	Medianamente denso	15.7
3.00 - 3.45	SM arena limosa	10	11	12	23	58	1	30	15	17	5010.4	Medianamente denso	13.0
4.50 - 4.95													
6.00 - 6.45													
7.50 - 7.95													
9.00 - 9.45													
10.50 - 10.95													
12.00 - 12.45													

R: Zona donde se presenta el rebote en el ensayo



- Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen. Marabamba, (cerca al Penal de Potracancho)
 - Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velasco Alvarado)
Pillco Marca - Huánuco.

geo.estructuras2020@gmail.com
 +51 982 008 201

INFORME: MUESTREO Y RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SPT

TESIS	"EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R) MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN EDIFICACIONES MIXTAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, HUÁNUCO 2024"	Informe N°: --- Fecha: Febrero del 2025.
TESISTA	BACH. RAMOS ORBEZO YELTSIN AUGUSTO.	Muestreado por : H. Salvador Ensayado por : N. Salvador
Ubicación de Proyecto	SECTOR QUILLA RUMI, CAYHUAYNA ALTA DEL DISTRITO DE PILLCO MARCA, PROVINCIA DE HUÁNUCO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO.	Fecha de Ensayo :
Material	TERRENO NATURAL	Turno : Diurno
Código de Muestra	: ---	Profundidad Total: 4.50 m
Sondaje / Calicata	: SPT-02	Norte: ---
N° de Muestras	: 2	Este: ---
Progresiva	: ---	Cota: ---

REGISTRO DE SONDAJES

PROF. (m)	SONDIDO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	
				N SPT	σ_v (°) ángulo fricción	c (kg/cm²) cohesión	N_{60}	Nº de golpes 15 cm
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80 3.00 3.20 3.40 3.60 3.80 4.00 4.20 4.40 4.60		SM arena limosa		14	36.43	-		
		SM arena limosa		17	38.57	-		

- Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen. Marabamba, (cerca al Penal de Potracancha)
 - Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velazco Alvarado)
Pillco Marca - Huánuco.

geo.estructuras2020@gmail.com
 +51 982 008 201



FOTO N°01: Distrito de Campo Verde, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.



FOTO N°02: Vista satelital del punto de investigación en Predio Santa Rosa B del Caserio de San José, Distrito de Capo Verde, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.



FOTO N°03: Vista panorámica de la exploración a base de ensayo en campo SPT-01.



FOTO N°04: Se observa la muestra extraída después del ensayo de 1.50 m a 1.95 m. de profundidad SPT-01.

ANEXO 8

PANEL FOTOGRÁFICO



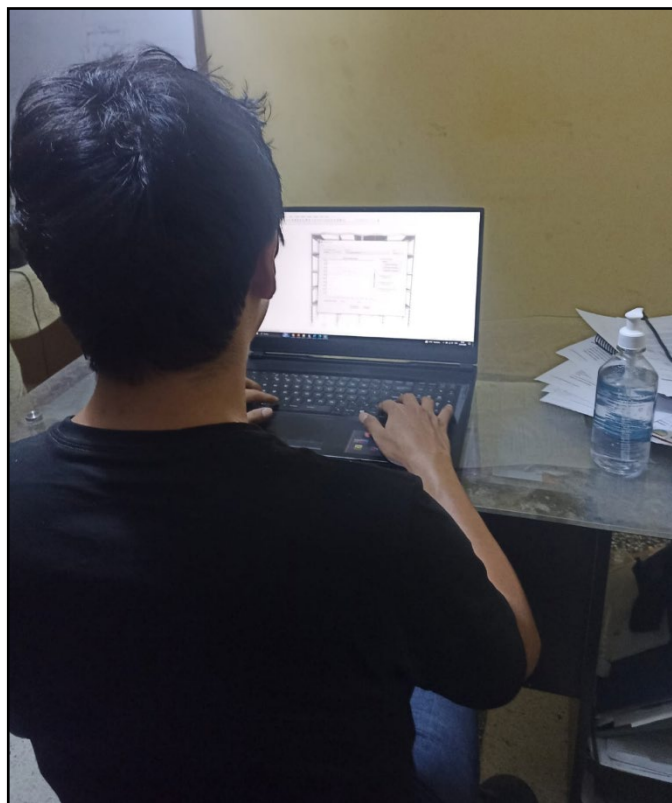
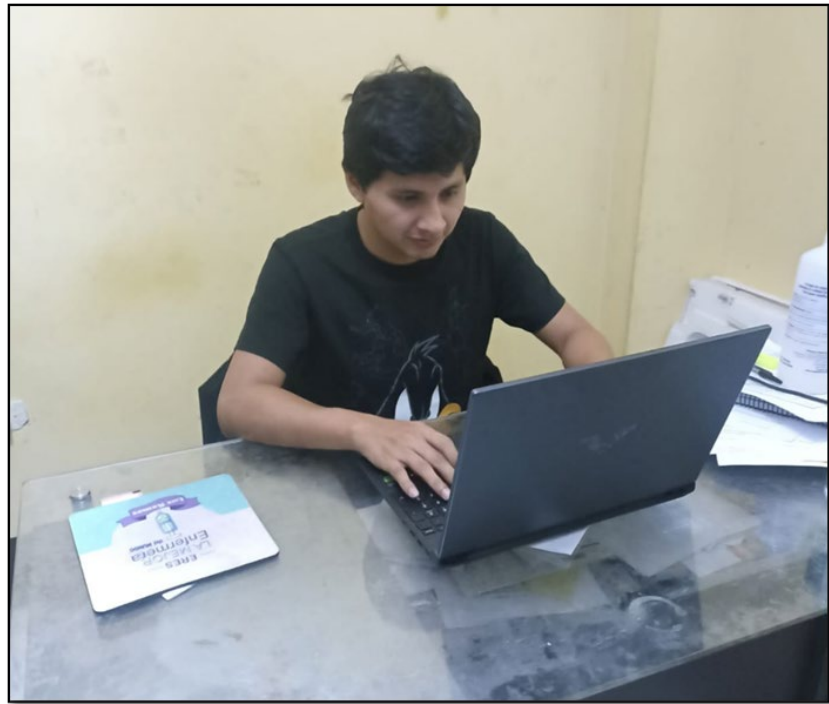
Vivienda N° 01, verificando la estructuración de acuerdo al diseño estructural realizado.



Vivienda N° 02, verificando la estructuración de acuerdo al diseño estructural realizado, en proceso de construcción



Proceso del ensayo SPT, para la obtención de los parámetros sísmicos



Trabajo en gabinete – modelamiento estructural lineal y no lineal