



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Respuesta estructural no lineal en la estimación del
desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos
en Ica-2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Rodriguez Velazco, Omar Alexander (ORCID: 0000-0002-2218-7983)

ASESOR:

Mg. Huaroto Casquillas, Enrique Eduardo (ORCID: 0000-0002-8757-6621)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Este trabajo es para mis padres, abuelos y familiares que siempre me han apoyado en cada etapa de mi vida. Gracias.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, por haberme permitido culminar esta tesis.

Agradezco a mi asesor de tesis por ser un gran orientador.

Doy gracias a la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, por
haber sido mi casa de estudios.

Doy gracias a la Universidad Cesar Vallejo por darme la oportunidad de
alcanzar este logro en mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	vi
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO:.....	3
III. METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo y diseño de investigación	21
3.2. Variables y operacionalización	22
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.....	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
3.5. Procedimientos	26
3.6. Método de análisis de datos	27
3.7. Aspectos éticos.....	42
IV. RESULTADOS.....	42
V. DISCUSIÓN.....	67
VI. CONCLUSIONES.....	70
VII. RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS.....	74
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Valores β para los 4 puntos notables.....	10
Tabla 2.2: Valores de distorsiones representativas ($\times 10^{-3}$).....	11
Tabla 3.1. Matriz de operacionalización de variables.	23
Tabla 3.2. Validez según Oseda (2015).....	25
Tabla 3.3. Validación a juicio de expertos.....	25
Tabla 3.4. Esfuerzos axiales máximos para cada muro de la vivienda N°1.....	29
Tabla 3.5. Esfuerzos axiales máximos en muros de vivienda N°2.....	37
Tabla 4.1. Rangos numéricos para sectorizar la curva de capacidad de cada vivienda.	47
Tabla 4.2. Desplazamiento objetivo a nivel de distorsión para el nivel del sismo severo y resultados para el objetivo N°1.....	52
Tabla 4.3. Distorsión de entrepiso de la vivienda N°1, ante el sismo severo..	53
Tabla 4.4. Distorsión de entrepiso de la vivienda N°2, ante el sismo severo en el sentido X.....	55
Tabla 4.5. Distorsión de entrepiso de la vivienda N°2, ante el sismo severo en el sentido Y.....	55
Tabla 4.6. Desplazamientos para los niveles de sismo moderado y sismo severo.	56
Tabla 4.7. Desempeño sísmico en base a estado de daños locales para la vivienda N°1, para el nivel de sismo severo.....	61
Tabla 4.8. Desempeño sísmico en base a estado de daños locales para la vivienda N°2, para el nivel de sismo severo.....	61
Tabla 4.9. Desempeño sísmico en base a estado de daños locales para la vivienda N°1, para el nivel de sismo moderado.....	64
Tabla 4.10. Desempeño sísmico en base a estado de daños locales para la vivienda N°2, para el nivel de sismo moderado.....	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Número de viviendas afectadas durante el sismo de Pisco.	1
Figura 2. Curva de capacidad y su idealización..	7
Figura 3. Comparación de espectros para la ciudad de Ica.	8
Figura 4. Modelo tetra-lineal peruano propuesta por M. Diaz. et al. (2019).....	9
Figura 5. Comparación entre un muro con abertura y otro sin aberturas.	12
Figura 6. Modelo no lineal equivalente..	13
Figura 7. Características de los elementos del sistema de albañilería ensayado por Coral (2017).....	14
Figura 8. Curva tetra-lineal desarrollada según la ecuación 1.....	14
Figura 9. Modelación matemática del muro ensayado por Coral (2017).	15
Figura 10. Comparación entre el modelo matemático en base a la ecuación 1 y los resultados experimentales de Coral (2017).	15
Figura 11. Sectorización de la curva de capacidad para muros hechos con ladrillo industrial.....	17
Figura 12. Estado de daños locales en muros y puntos límites de cada estado. Fuente: L. Cárdenas et al (2014).....	18
Figura 13. Ilustración de los estados de daños locales en muros de albañilería peruana.	19
Figura 14. Flujograma del análisis lineal	20
Figura 15. Flujograma del análisis no lineal.....	21
Figura 16. Denominación de muros para la vivienda N°1.....	28
Figura 17. Modelación lineal en Etabs V18.0.2 de la vivienda N°1.....	28
Figura 18. Curvas tetra-lineales en el sentido X de la vivienda N°1.	29
Figura 19. Curvas tetra-lineales en el sentido Y de la vivienda N°1.	30
Figura 20. Definición de rótulas para vivienda N°1.....	31
Figura 21. Definición de rótulas de corte para la vivienda N°1	31
Figura 22. Ingreso de valores para rótula concentrada de corte para la vivienda N°1.	32
Figura 23. Creación del caso de carga no lineal estático para el sentido X. ...	33
Figura 24. Curva de capacidad en el sentido X de la vivienda N°1.	34
Figura 25. Curva de capacidad en el sentido Y de la vivienda N°1.	34
Figura 26. Deformación de la vivienda N°1 en el sentido X.....	35

Figura 27. Deformación de la vivienda N°1 en el sentido Y.....	35
Figura 28. Denominación de los muros para los 2 niveles de la vivienda N°2.	36
Figura 29. Modelo matemático de la vivienda N°2.	37
Figura 30. Curvas tetra-lineales para los muros en el sentido X del primer y segundo nivel.	38
Figura 31. Curvas tetra-lineales para los muros del sentido Y del primer nivel	38
Figura 32. Curvas tetra-lineales para los muros en sentido Y del segundo nivel.	39
Figura 33. Curva de capacidad en el sentido X de la vivienda N°2.	40
Figura 34. Curva de capacidad en el sentido Y de la vivienda N°2.	40
Figura 35. Deformación de la vivienda N°2 en el sentido X.....	41
Figura 36. Deformación de la vivienda N°2 en el sentido Y.....	41
Figura 37. Respuesta estructural no lineal de la vivienda N°1, en el sentido X.	43
Figura 38. Respuesta estructural no lineal de la vivienda N°1, en el sentido Y.	43
Figura 39. Respuesta estructural no lineal de la vivienda N°2, en el sentido X.	44
Figura 40. Respuesta estructural no lineal de la vivienda N°2, en el sentido X.	44
Figura 41. Sectorización de la curva de capacidad de la vivienda N°1 en el sentido X.	45
Figura 42. Sectorización de la curva de capacidad de la vivienda N°1 en el sentido Y.	46
Figura 43. Sectorización de la curva de capacidad de la vivienda N°2 en el sentido X.	46
Figura 44. Sectorización de la curva de capacidad de la vivienda N°2 en el sentido Y.	47
Figura 45. Punto de desempeño para la vivienda N°1, en el sentido X para el sismo severo	48
Figura 46. Punto de desempeño para la vivienda N°1, en el sentido Y para el sismo severo.	48

Figura 47. Punto de desempeño para la vivienda N°2, en el sentido X para el sismo severo.	49
Figura 48. Punto de desempeño para la vivienda N°2, en el sentido Y para el sismo severo.	49
Figura 49. Ubicación del punto de desempeño para la vivienda N°1 en el sentido X para el sismo severo.	50
Figura 50. Ubicación del punto de desempeño para la vivienda N°1 en el sentido Y, para el sismo severo.	50
Figura 51. Ubicación del punto de desempeño para la vivienda N°2 en el sentido X, para el sismo severo.	51
Figura 52. Ubicación del punto de desempeño para la vivienda N°2 en el sentido Y, para el sismo severo.	51
Figura 53. Distorsión de entrepiso máxima calculada para el nivel del sismo severo en el sentido X de la vivienda N°1.	52
Figura 54. Distorsión de entrepiso máxima calculada para el nivel del sismo severo en el sentido Y de la vivienda N°1.	53
Figura 55. Distorsión de entrepiso máxima calculada para el nivel del sismo severo en el sentido X de la vivienda N°2.	54
Figura 56. Distorsión de entrepiso máxima calculada para el nivel del sismo severo en el sentido Y de la vivienda N°2.	54
Figura 57. Análisis no lineal estático solo hasta el desplazamiento máximo generado por el sismo severo para la vivienda N°1 en el sentido X.....	57
Figura 58. Fuerzas cortantes en los muros MX1 ante el nivel del sismo severo de la vivienda N°2	58
Figura 59. Análisis gráfico del estado de la rótula de corte del muro MX1 del primer piso para el sismo severo.....	59
Figura 60. Límite normativo graficado y demanda de desplazamiento en la curva tetra-lineal del muro MX1 (vivienda N°2) del primer nivel para el sismo severo.	60
Figura 61. Fuerzas cortantes en los muros MX1 ante el nivel del sismo moderado de la vivienda N°2.	62
Figura 62. Análisis gráfico del estado de la rótula de corte del muro MX1 del primer piso para el sismo moderado.	63

Figura 63. Límite normativo graficado y demanda de desplazamiento en la curva tetra-lineal del muro MX1 (vivienda N°2) del primer nivel para el sismo moderado. 64

RESUMEN

En la presente tesis **titula**: Respuesta estructural no lineal en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021 se tuvo por **objetivo general**: estimar el desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en base a su respuesta estructural no lineal en la ciudad de Ica-2021. La **metodología**, de esta investigación fue del tipo aplicada, con un diseño no experimental-transversal descriptivo. La **muestra** de esta investigación la conformaron 2 viviendas de 1 y 2 niveles con sistema estructural de albañilería confinada. Para esta investigación se utilizaron ecuaciones matemáticas propuestas por investigadores peruanos, en base a ensayos experimentales de muros de albañilería confinada en Perú.

Los **resultados** obtenidos muestran que la vivienda de un solo nivel tuvo un buen desempeño a nivel global como local, para la segunda vivienda de 2 niveles, solo se tuvo un desempeño aceptable para el sentido Y.

Palabras Clave: desempeño sísmico, viviendas, albañilería peruana.

ABSTRACT

In this thesis **titled**: Nonlinear structural response to estimate the seismic performance of ordinary buildings up to 2 stories in Ica-2021, it had for **general objective**: estimate the seismic performance in ordinary buildings up to 2 stories in according to its nonlinear structural response in Ica city, Perú. The **methodology**, in this study was of descriptive type and non-experimental-cross-sectional design was used. The **specimens** in this study was 2 dwellings of 1 and 2 stories respectly, with a confined masonry system. For this study Peruvian formulations was used, these formulations were developed for Peruvians researchers, in according to experimental results of masonry confined walls in Peru.

The **results** obtained show, that the first dwelling of 1 story had a well performance to global and local level and for the second dwelling of two stories, only in the axis Y, the performance was well.

Keywords: Seismic performance, dwellings, peruvian masonry

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se observó que ciertas estructuras de uso común en las cuales no se conocía su desempeño sísmico, no tuvieron un buen comportamiento estructural durante eventos de gran intensidad, como consecuencia se registraron pérdidas de 48 millones de pesos (Instituto Belisario Domínguez, 2018) y daño estructural en 5180 viviendas plurifamiliares de hasta 3 pisos (Villanueva, 2020) durante el sismo de México en 2017.

En Perú, sismos como el de Arequipa en 2001 o el de Loreto en 2019, han evidenciado este mismo problema en nuestras estructuras, dada esta problemática, se tuvieron grandes daños materiales y hasta pérdida de vidas.

El departamento de Ica, a lo largo de su historia también ha tenido el mismo problema y evidencia de ello son los daños estructurales durante los sismos de 1942, 1996 en Nasca y Pisco en 2007 (Bernal, Tavera, Sulla, Arredondo & Oyola, 2018). Por ejemplo, en el sismo de Pisco, el número de edificaciones colapsadas de albañilería confinada fue de 3330 e inhabilitadas fue de 5751 (MVCS, 2009). En la **figura 1**, se puede visualizar el número de viviendas afectadas durante el sismo de Pisco en 2007.



Figura 1. Número de viviendas afectadas durante el sismo de Pisco.

Fuente: Chandes.J et al (2009)

Entre las causas que pueden estar originando este problema se detectó el problema de la construcción sin asesoría técnica, ausencia de supervisión local, uso de materiales inadecuados, deficiente calidad durante el proceso constructivo, informalidad en los diseños, no considerar estudios de peligro sísmico, falta de verificación en el diseño y desempeño estructural final, este último factor se encuentra ligado a las metodologías actuales que usan los códigos de diseño, que solo miden niveles de resistencia y desplazamiento (Toledo,2017), originando un desconocimiento del desempeño de nuestras estructuras.

Con la finalidad de pronosticar una solución, en la que se pueda estimar el desempeño de nuestras estructuras de uso común, en este caso viviendas, en la ciudad de Ica, se propone con el análisis no lineal estático usar los modelos analíticos propuesto por M. Diaz. et al. (2019), y la sectorialización de la curva de capacidad en base a los estudios realizados por C. Zavala. et al. (2019), ya que estas investigaciones representan a la realidad peruana, dichas propuestas están basadas en 30 años de estudios experimentales en muros de albañilería confinada, siendo este sistema estructural el más usado en la ciudad de análisis.

Como **problema general** se planteó: ¿Qué relación existe entre la respuesta estructural no lineal y el desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos Ica-2021? como **problemas específicos** se ha propuesto **primero**: ¿Qué relación existe entre el daño estructural asociado a la distorsión de entrepiso y el desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021? **Segundo**: ¿Qué relación existe entre el daño estructural asociado a límites de daño locales y el desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021? **Tercero**: ¿Qué relación existe entre el número de zonas débiles y el desempeño sísmico de edificaciones de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021?

Como **hipótesis general** se plantea: la respuesta estructural no lineal influye en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021. Como **hipótesis específicas** se plantea **primero**: el daño estructural asociado a la distorsión de entrepiso influye en la estimación del

desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021. **Segundo:** el daño estructural asociado a límites de daño locales influye en la estimación del desempeño sísmico en edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021. **Tercero:** el número de zonas débiles influye en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.

Se **justifica en forma teórica**, ya que se aportarán conocimientos que puedan reducir la vulnerabilidad de nuestras estructuras. Se **justifica en forma práctica** ya que esta investigación podrá usar para reducir el impacto de los eventos sísmicos en base a objetivos de desempeño, siendo útil esta investigación para la sociedad. **Se justifica en forma metodológica**, ya que se emplearán metodologías alternativas de evaluación basadas en la realidad peruana, pudiéndose replicar este estudio para otras ciudades a nivel nacional.

Como **objetivo general:** estimar el desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en base a su respuesta estructural no lineal en la ciudad de Ica-2021. Como objetivos específicos **primero:** determinar la influencia del daño estructural asociado a la distorsión de entrepiso en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021. **Segundo:** determinar la influencia del daño estructural asociado límites de daño locales en la estimación del desempeño sísmico en edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021. **Tercero:** identificar el número de zonas débiles en la estructura para la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.

II. MARCO TEÓRICO:

Peloso, Casarotti, Pavese, Dacarro, & Sinopoli (2017) en su artículo de investigación "In situ pushover test of an existing two storey RC frame designed for gravity loads" publicado por Università degli Studi di Pavia via Ferrata, tuvieron como objetivo estudiar la respuesta no lineal de una construcción existente que solo fue diseñada solo para cargas gravitacionales. Esta investigación fue descriptiva. Una edificación antigua de concreto armado de 2 niveles cerca de la región de Sicilia, fue tomada como muestra. Esta edificación tenía vigas, columnas y muros de mampostería que no estaban aislados de la

estructura principal. Para efectos de la investigación, los autores verificaron la distribución del refuerzo en campo y la resistencia de los materiales existentes, esto fue realizado con la finalidad de comparar los resultados de la respuesta no lineal usando la técnica del análisis pseudo - estático pushover in situ y el resultado de la modelación matemática en 2 softwares de cálculo estructural. Al finalizar los ensayos, los autores concluyeron en su estudio que los muros que no se encontraban aislados presentaban colapso total y la estructura de concreto armado, presentaba el mecanismo de falla de piso débil en la dirección de análisis.

Sreejith, Sivan, Praveen, Gajendran & Nisha (2016) en su artículo científico “Simplified Method For Shear Strenght Prediction of Confined Masonry Walls Subjected to in Plane Loads” tuvieron como objetivo investigar la posibilidad de usar un modelo denominado “strut and tie model” para estimar la resistencia máxima de muros de albañilería confinada, esto en comparación con otro de tipo de formulaciones matemáticas como el de los elementos finitos y otras normativas. La investigación fue de carácter descriptivo. La muestra la constituyeron 105 tipos de muros a los cuales se les varió la cuantía de refuerzo horizontal (acero de confinamiento), y tuvieron diferentes relaciones de esbeltez (H/L), el valor de esbeltez mínimo considerado fue de 0.5 y el máximo fue de 3. La cuantía mínima de refuerzo horizontal fue 0.00 y la máxima de 1.00%. Al final los autores concluyen que el modelo es confiable, siempre y cuando la relación de esbeltez de los muros sea menor o igual a 1, ya que, en este tipo de muro, el tipo de falla que predomina es por corte.

Amouzadeh & Soltani (2017) en su artículo científico “In plane response of unreinforced masonry walls confined by reinforced concrete tie-columns and tie-beams” tuvieron como objetivo estudiar la fuerza de resistencia de un conjunto muros adyacentes entre sí, para este propósito realizaron una calibración y validación de un micro modelo matemático con ensayos de laboratorio de 2 muros (uno confinado y otro no), luego de realizar esta calibraciones ,los autores usaron como muestra 4 modelos matemáticos que representen a este conjunto de muros adyacentes. Finalmente, los autores concluyen en su estudio que la presencia de muros adyacentes entre sí, ayuda en la capacidad de resistencia y

ductilidad global de estos muros, siendo las columnas intermedias de confinamiento elementos claves en esta respuesta. La investigación planteada por los autores fue descriptiva.

Garay & Llaure (2020) en su tesis “Evaluación de la capacidad sísmica de viviendas conformadas por sistemas estructurales de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en el distrito de la Victoria, Lima”, publicado por la Universidad Privada del Norte, las autoras tuvieron como objetivo determinar la capacidad de viviendas, con sistemas estructurales de concreto armado y albañilería, en los ejes X y Y respectivamente. El diseño de la investigación fue descriptivo. La muestra fueron 16 viviendas de 3, 4 y 5 pisos en la ciudad capital de Perú. Ellas utilizaron herramientas de análisis lineal de la norma E.070 y no lineal según lineamientos del ASCE/SEI 41-13. Al finalizar concluyeron que un gran porcentaje de estas edificaciones no cumplen los objetivos de desempeño planteados por el comité Visión 2000 para el sistema estructural de pórticos, sin embargo, el sentido de la albañilería confinada todas las viviendas cumplen con la distorsión admisible reglamentaria (1/200). Al finalizar como parte de su investigación las autoras proponen un reforzamiento para el sentido de los pórticos.

Saldaña (2020) en su tesis “Nivel de desempeño sísmico de las viviendas proyectadas para el año 2017-2018 en la ciudad de Cajamarca”, publicado por la Universidad Nacional de Cajamarca, tuvo como objetivo verificar el comportamiento de viviendas de albañilería siendo representativas de diferentes estructuraciones. La investigación fue del tipo descriptiva. La muestra la comprendieron 5 viviendas en Cajamarca, utilizando la herramienta del análisis estático incremental para 4 niveles de intensidad propuesto. Al final la autora concluye que para niveles de intensidad baja las muestras de estudio cumplen parcialmente los objetivos de desempeño propuesto, sin embargo, para niveles más altos de demanda el cumplimiento de estos objetivos es nulo.

Torre (2019) en su tesis “Análisis no lineal estático de una edificación de albañilería confinada en la ciudad de Huancavelica” tuvo como objetivo estudiar el comportamiento no lineal de una estructura de albañilería confinada. La

muestra fue una vivienda multifamiliar de 4 pisos que cumplía la norma E.070 y E.030. La investigación desarrollada por el autor fue del tipo aplicada, con un nivel descriptivo. Finalmente, el autor concluye que el nivel de desempeño sísmico es de ocupación inmediata ante el nivel de demanda sísmico de la norma E.030.

TEORIAS ASOCIADAS

En función a la variable independiente: “**Respuesta estructural no lineal**”, se tienen los siguientes conceptos:

Respuesta estructural no lineal

Para estimar las demandas en una estructura, los análisis no lineales son usados por lo general, estos análisis principalmente se clasifican en 2 grupos: análisis no lineal de historia de respuestas (NTHA) y análisis no lineal estático (NSP). El primero brinda una evaluación más confiable de la respuesta no lineal de la estructura, sin embargo, el proceso de análisis es complicado y los costos computacionales son elevados, el segundo es un método más simplificado y exacto que actualmente ha logrado gran aceptación entre los investigadores e ingenieros (Zhang, Jiang & Li, 2016). Asimismo, el desempeño de un sistema estructural bajo acción sísmica puede ser evaluado recurriendo a un análisis no lineal estático (Rahul & Naveen, 2017).

Procedimiento del análisis estático no lineal

El análisis estático no lineal (NSP) o también llamado Pushover, es un método basado en la teoría del análisis elástico-plástico estático estructural (Zhang, Liu, Li & Zhao, 2018), en donde se aplican una serie de patrones de cargas laterales, que pueden tener una distribución uniforme, triangular invertida, basada en el primer modo de vibración (Qu & Zhou, 2020), estos patrones tienen por finalidad representar las fuerzas inerciales de un sismo en un modelo matemático que tenga incorporado las relaciones no lineales carga-deformación (ASCE/SEI 41-17, 2017). El resultado de este análisis es una curva que puede ser idealizada, tal como se muestra en la **figura 2**:

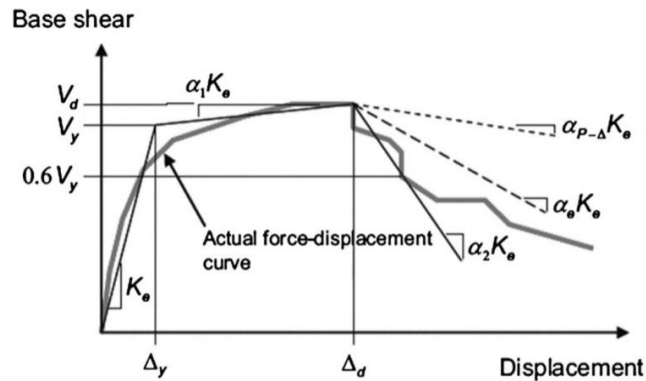


Figura 2. Curva de capacidad y su idealización. Fuente: ASCE/SEI 41-17.

Esta curva depende de la resistencia y capacidad de deformación de la estructura y describe cómo se comporta la estructura después de superar del rango elástico (Ainul, Sohaib & Ashour, 2014).

El primer segmento de la curva representa la rigidez lateral efectiva (K_e) de la estructura, el segundo segmento representa la rigidez positiva post-fluencia ($\alpha_1 K_e$) y el tercer segmento representa la rigidez negativa post-fluencia ($\alpha_2 K_e$) (Wang,2019).

Peligro sísmico específico

El peligro sísmico puede ser definido como una probabilidad de que un gran sismo pueda superar un determinado nivel de intensidad en una determinada zona, esta probabilidad está asociada a un cierto número de años (Sencico,2016).

La norma E.070 del RNE menciona 2 niveles de peligro sísmico a los cuales denomina sismo moderado y sismo severo. En la norma E.030 el sismo severo tiene una aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años ($T_r = 475$ años). Según la norma E.070, los valores del sismo moderado están representados como la mitad del sismo severo. A continuación, se muestra en la **figura 3**, el espectro de peligro uniforme según el estudio realizado por Sencico en 2016, el espectro normativo elástico para el sismo severo y el espectro elástico para el sismo moderado para la ciudad de Ica.

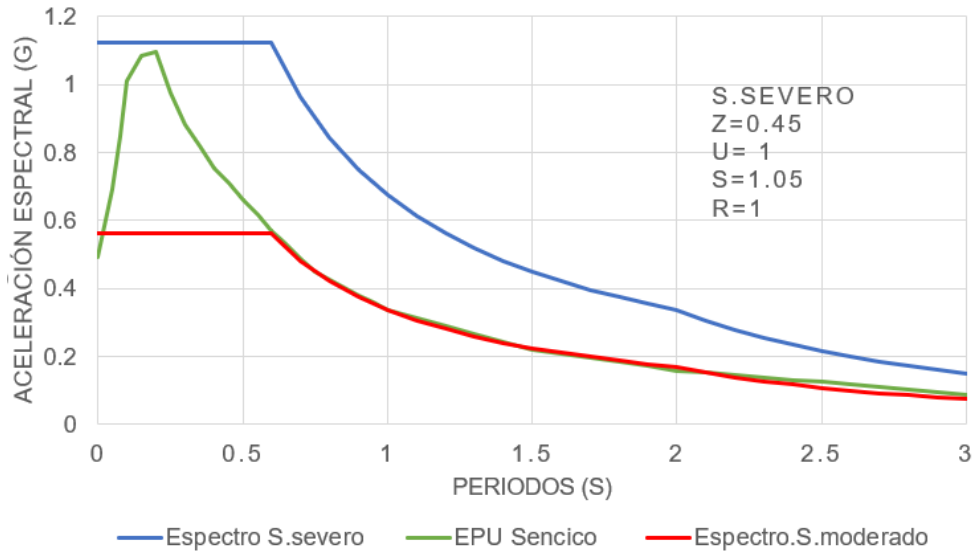


Figura 3. Comparación de espectros para la ciudad de Ica.

El cálculo del espectro de peligro uniforme está en base a las coordenadas -14.1, -76.0 (coordenada del centro de Ica), según la herramienta computacional brindada por Sencico.

El cálculo de la aceleración espectral está en base al ítem 29.2.1 de la norma E.030, el cual se detalla a continuación:

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

Donde:

S_a = Aceleración espectral

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

C = Factor de amplificación sísmica

S = Factor de amplificación de suelo

R = Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (espectro elástico $R=1$)

g = Aceleración de la gravedad

Comportamiento no lineal de muros

En esta investigación se va a estimar el desempeño de edificaciones de albañilería, para ello se debe representar el comportamiento no lineal de los muros. M. Diaz. et al. (2019) propusieron una curva tetra-lineal mediante correlaciones numéricas, basada en resultados experimentales de laboratorio de muros de albañilería peruana, en la **figura 4**, se puede apreciar esta curva tetra-lineal propuesta por los investigadores peruanos:

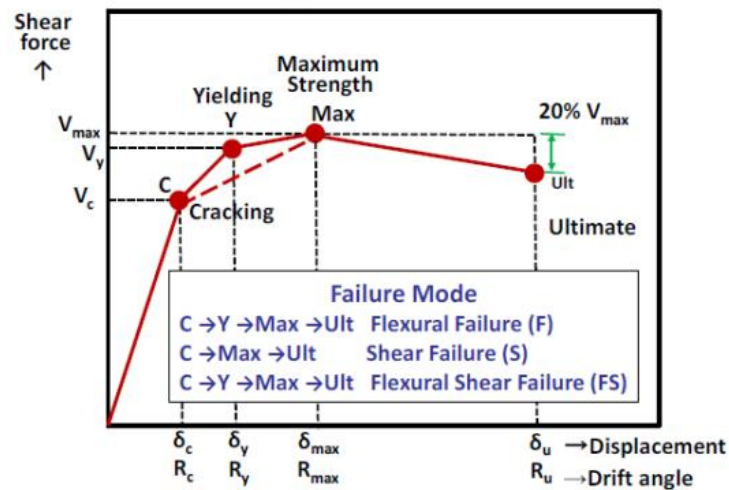


Figura 4. Modelo tetra-lineal peruano propuesta por M. Diaz. et al. (2019).

Cabe mencionar que el comportamiento predominante de los muros observado por los investigadores en laboratorio fue de flexo-corte (FS), ya que las primeras grietas aparecieron en columnas (Cárdenas, 2014)

La formulación de la curva tetra-lineal está en base a una ecuación, ésta es usada para hallar valores de fuerzas cortantes en cada uno de los 4 puntos notables de la curva tetra-lineal; a continuación, se presenta la ecuación mencionada:

$$\frac{\tau}{F_m} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{P_t \cdot \sigma_y}{F_m} \right)^{0.7} + \beta_2 \frac{P_{we} \cdot \sigma_{xy}}{F_m} + \beta_3 \frac{\sigma_0}{F_m} \quad (1)$$

En donde:

τ = Esfuerzo cortante para cada punto notable

F_m = Esfuerzo axial a la compresión en pilas de albañilería

P_t = Ratio de acero longitudinal ($a_t / (t.l)$)

a_t = Área del refuerzo a tensión de la columna de confinamiento

t = Espesor del muro

l = Longitud efectiva del muro (0.9 L)

L = Longitud del muro

σ_y = Esfuerzo de fluencia de las barras longitudinales de la columna

P_{we} = Ratio de acero transversal ($a_w / (t.sep) \leq 0.012$)

a_w = Área del refuerzo lateral de la columna.

σ_{xy} = Esfuerzo de fluencia de las barras transversales de la columna

σ_0 = Esfuerzo axial

Los coeficientes β son según la siguiente tabla para cada punto notable de la curva, a continuación, se presenta en la **tabla 2.1**:

Coefficiente	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

Tabla 2.1: Valores β para los 4 puntos notables. Fuente: M. Diaz. et al. (2019)

Para convertir valores de esfuerzo a cortantes se usará la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{V}{A} \quad (2)$$

En donde:

τ = Esfuerzo cortante para cada punto notable

V = Fuerza cortante para cada punto notable

A = Área transversal del muro (l.t)

l = Longitud efectiva del muro (0.9 L)

L = Longitud total del muro

Con respecto al eje de las abscisas de la **figura 4** (deformaciones representativas), M. Diaz. et al. (2019) propusieron valores para los 4 puntos notables basados en el tipo de unidades de albañilería, a continuación, en la **tabla 2.2** se presentan estos valores:

Tipo de ladrillo	Agrietamiento	Fluencia	Máximo	Último
Industrial	0.6	1.90	7.60	11.70
Solido artesanal	0.40	1.30	3.50	8.00
Tubular	0.40	0.60	1.90	3.70

Tabla 2.2: Valores de distorsiones representativas ($\times 10^{-3}$).

Disminución de resistencia en muros por presencia de vanos

Actualmente se vienen desarrollando en Perú, ensayos experimentales en muros de albañilería confinada con aberturas, con la finalidad de poder obtener factores que reduzcan su capacidad de resistencia, sin embargo, a la fecha no hay una propuesta concreta, es por ello que se ha revisado literatura internacional respecto a factores de reducción para este tipo de muros confinados.

Singhal & Rai (2016), realizan una serie de ensayos experimentales en muros de albañilería confinada con aberturas, y en base a sus resultados, comparan las propuestas de factores de reducción de resistencia (D_r) dada por otros autores, llegando a la conclusión que la fórmula propuesta por Al-Chaar et al (2002), es la que más se asemeja a los resultados experimentales obtenidos en sus ensayos.

Se presenta la fórmula propuesta por Al-Chaar et al (2002), ya que se usará en la presente investigación:

$$D_r = 0.6(Ar)^2 - 1.6(Ar) + 1$$

En donde:

Ar: Relación entre el área de la abertura y el área del muro

D_r : Factor de reducción de resistencia por la presencia de vanos o aberturas en muros.

En la **figura 5**, se puede apreciar la comparación entre una curva tetra-lineal para un muro sin aberturas y otro con aberturas, ambos muros tienen las mismas características en dimensiones y materiales.

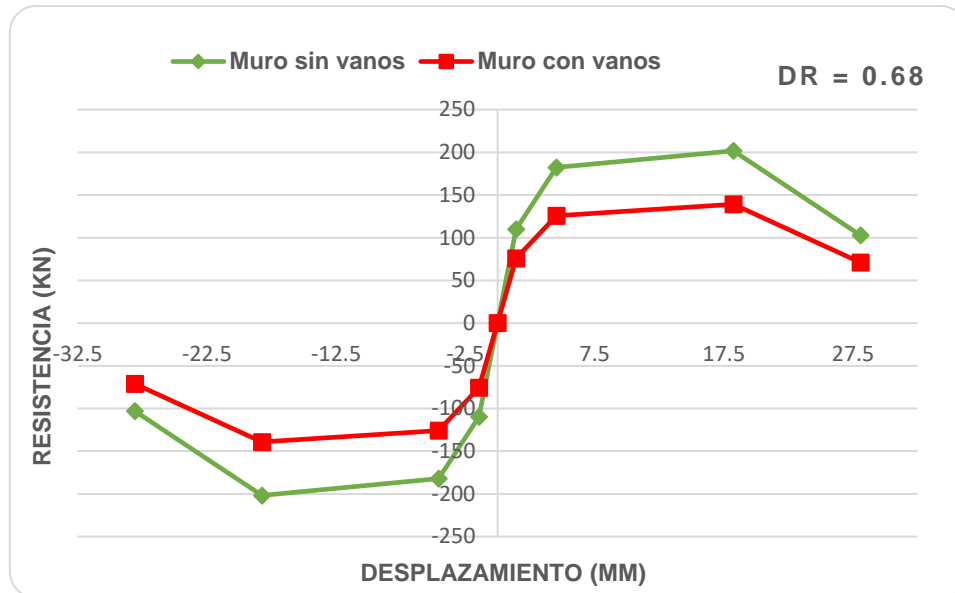


Figura 5. Comparación entre un muro con abertura y otro sin aberturas.

En la **figura 5**, ambos muros fueron calculados usando la ecuación (1), sin embargo, para el muro con aberturas, todos los valores de resistencia fueron afectados por el factor de reducción de resistencia (D_r), en este ejemplo el factor de reducción fue de 0.6897, que fue calculado según la ecuación de Al-Chaar et al (2002).

Representación matemática de los muros de albañilería.

Cada muro puede ser representado por un modelo no lineal equivalente, tal como se muestra en la **figura 6**.

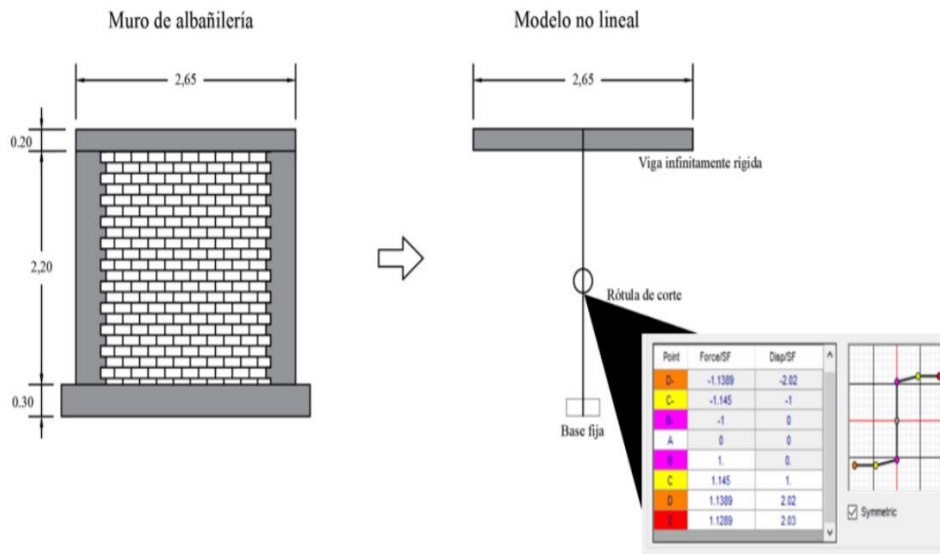


Figura 6. Modelo no lineal equivalente. Fuente: G. Gonzales.et.al (2020).

En la **figura 6**, se puede visualizar que el muro ha sido reemplazado por un elemento tipo línea (frame), con una rótula por corte ubicada en el centro del muro, además la viga de amarre está representada como un elemento infinitamente rígido que no puede tener deformaciones axiales ni de flexión y la base está representada como un apoyo empotrado.

Representación matemática de los elementos de concreto armado (columnas de confinamiento y vigas de amarre)

A pesar de que en la **figura 6**, no se muestra el modelado de columnas de confinamiento, estas fueron modeladas y se les asignó plasticidad del tipo distribuida (fibras) en los extremos, ya que antes de realizar el análisis de las unidades de estudio (muestras), se verificó las ecuaciones propuesta por M. Diaz. et al. (2019) con un ensayo real de laboratorio realizado por Coral (2017) en el laboratorio de estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).

En la **figura 7**, se observa las dimensiones de los elementos del muro ensayado por Coral (2017).

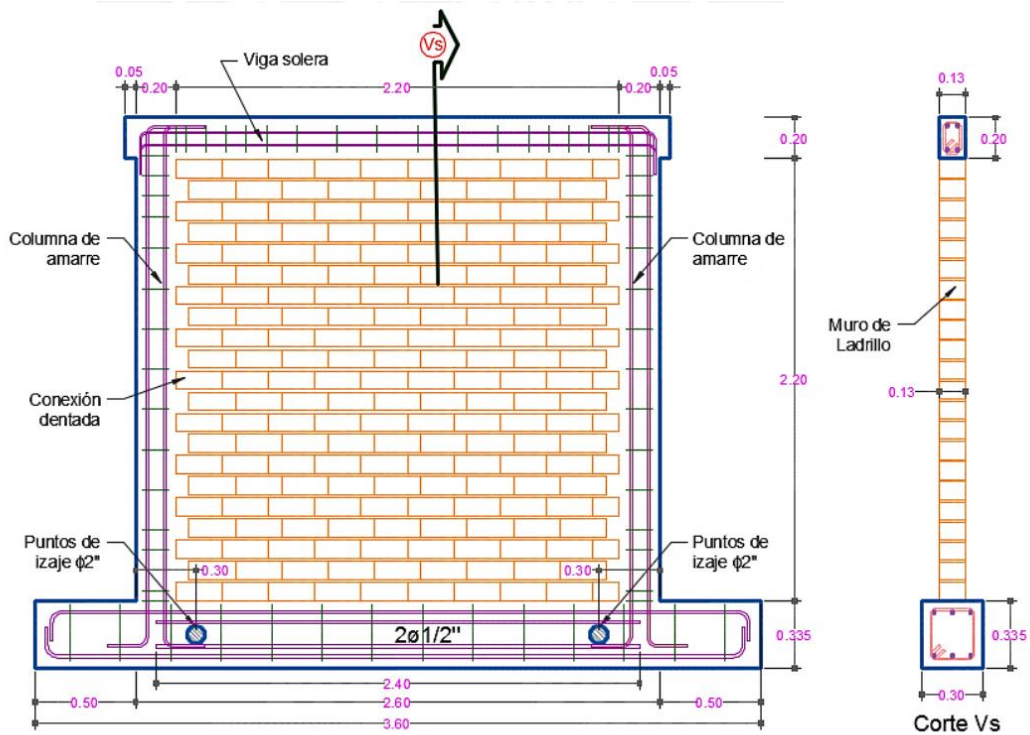


Figura 7. Características de los elementos del sistema de albañilería ensayado por Coral (2017).

No hubo carga axial en el muro ensayado por Coral (2017), además el valor de la resistencia a la compresión de pilas (f'_m) fue de 9.45 Mpa y la resistencia del concreto a compresión (f'_c) fue de 210 kg/cm²

En la **figura 8**, se presenta la curva tetra-lineal generada según la ecuación 1, en base a las características del muro ensayado por Coral (2017):

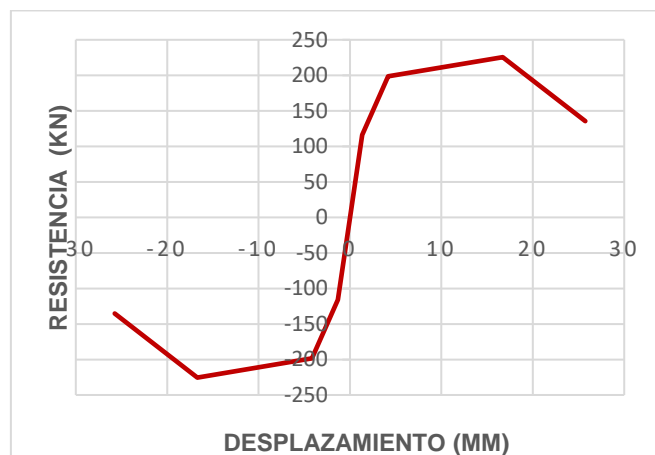


Figura 8. Curva tetra-lineal desarrollada según la ecuación 1.

A continuación, en la **figura 9** se muestra el modelado en el software Etabs v18.0.2, del muro ensayado por Coral (2017).

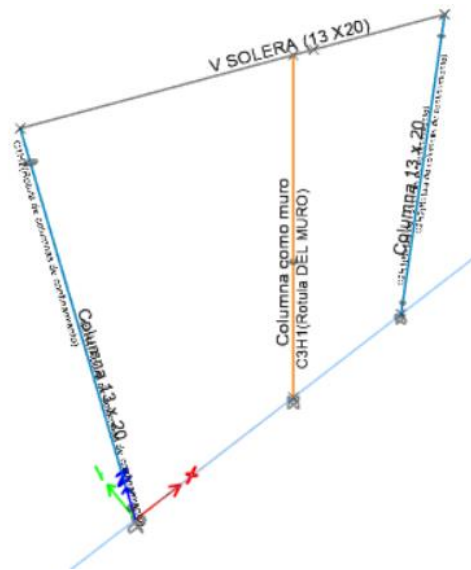


Figura 9. Modelación matemática del muro ensayado por Coral (2017).

Tal como se muestra en la **figura 9**, las columnas de confinamiento, el muro y la viga solera, fueron modelados usando elementos tipo línea (frame). A las columnas de confinamiento se les asignó plasticidad distribuida en los extremos, al muro se le asignó plasticidad concentrada del tipo corte (V) en el centro y a la viga solera se le asignó un brazo rígido con la finalidad de que no presente deformaciones.

En la **figura 10**, se puede comparar los resultados de la modelación matemática en el software de cálculo estructural y los resultados experimentales idealizados en una curva tri-lineal por Coral (2017).

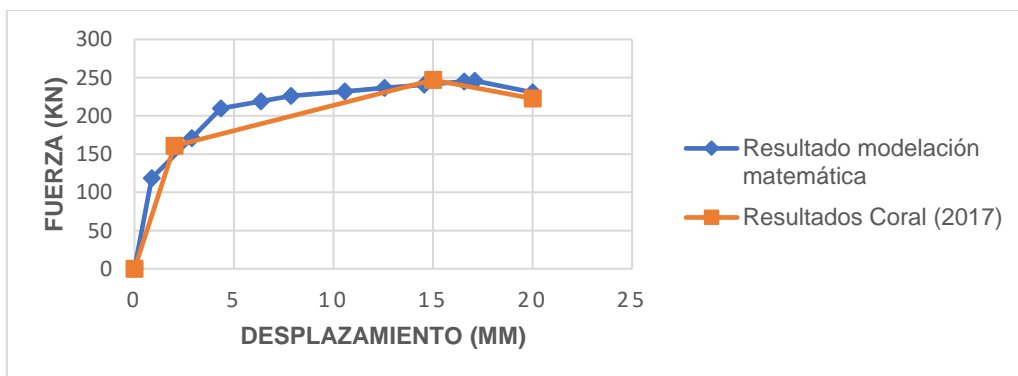


Figura 10. Comparación entre el modelo matemático en base a la ecuación 1 y los resultados experimentales de Coral (2017).

Se puede apreciar en la **figura 10**, que hay una gran similitud entre resultados obtenidos experimentalmente y la modelación matemática.

En relación a la segunda variable dependiente: “**Estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021**”, se tienen los siguientes conceptos:

Desempeño sísmico

Definido como un estado límite de daño, indicado como una condición final tolerable de daños y funcionalidad posterior a un sismo (ATC-40,1996). Toledo (2017), indica que se puede verificar el desempeño por medio de criterios de aceptabilidad global y local.

Estado de daños globales (criterio de aceptabilidad global) para albañilería.

Actualmente no existe un acuerdo general para establecer un parámetro único que represente la respuesta estructural no lineal de una edificación (Janampa & Fernandez,2018), sin embargo, en esta investigación se usarán los rangos de estados límites y parámetros de distorsión de entrepiso (drift) propuestos por Zavala et.al (2019), con el fin de sectorizar la curva de capacidad y encontrar el desempeño de una estructura para los niveles de peligro sísmico de la norma E.070 (sismo severo y sismo moderado), ambos con el mismo nivel de amortiguamiento (5%). A continuación, en **la figura 11** se presenta la sectorización de una curva de capacidad:

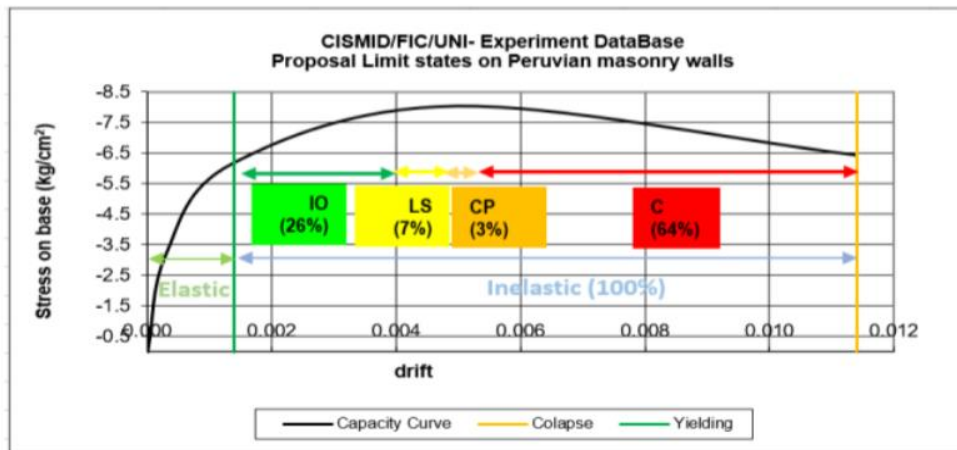


Figura 11. Sectorización de la curva de capacidad para muros hechos con ladrillo industrial. Fuente: C. Zavala. et al. (2019).

Según C. Zavala. et al. (2019) los niveles globales de daños pueden ser interpretados de la siguiente forma:

- Operativo (Elástico): Impacto despreciable en el edificio.
- Ocupación inmediata (IO): El estado del edificio es seguro, sin embargo, requiere labores previas como limpieza.
- Seguridad de vida (LS): El edificio es seguro durante el evento, pero posiblemente no lo sea a posteriormente.
- Prevención del colapso (CP): El edificio está en riesgo de colapsar, se debe evacuar.
- Colapso (C): El edificio ya no tiene la capacidad de resistir cargas.

Estado de daños locales (criterio de aceptabilidad local) en muros de albañilería confinada

Según L.Cárdenas et.al (2014) se puede interpretar 4 estados de daño para la curva tetra lineal de cada muro, los cuales se describen a continuación:

- Estado elástico: Es el primer segmento, ocurre cuando el muro tiene un comportamiento elástico con una rigidez inicial (K_0), este estado acaba cuando aparecen las primeras fisuras horizontales en columnas, este punto límite es denominado punto de agrietamiento (P_c).
- Estado post-elástico: Segundo segmento, ocurre luego de la aparición de las primeras grietas, el muro presenta una rigidez post elástica (K_1), este

estado acaba cuando aparecen las primeras grietas diagonales, el punto límite de este estado es denominado punto de fluencia (P_y).

- Estado de fluencia: Tercer segmento, en este estado una gran deformación aparece, con un leve incremento de resistencia, se puede visualizar una rigidez menor denominada (K_2), el punto límite de este estado es llamado punto de máxima resistencia (P_m), luego de este punto la resistencia y rigidez del muro decaen.
- Estado último: Cuarto segmento, en este estado la rigidez del muro es negativa (K_3), se da un caído drástico de resistencia y rigidez hasta que el muro falla. Según L.Cardenas et.al (2014) el punto último (P_u) debe ser considerado cuando se alcance un caída del 20% de la resistencia máxima del muro.

En la **figura 12**, se muestra la curva tetra lineal, con la representación de los 4 puntos límites de cada estado:

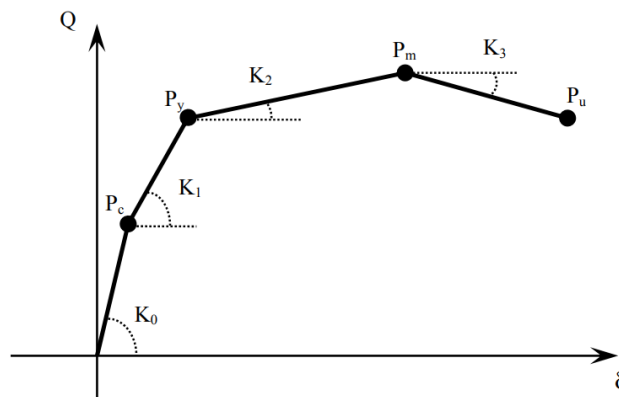


Figura 12. Estado de daños locales en muros y puntos límites de cada estado.

Fuente: L. Cárdenas et al (2014).

En la **figura 13**, se ilustran los 4 estados de daño:

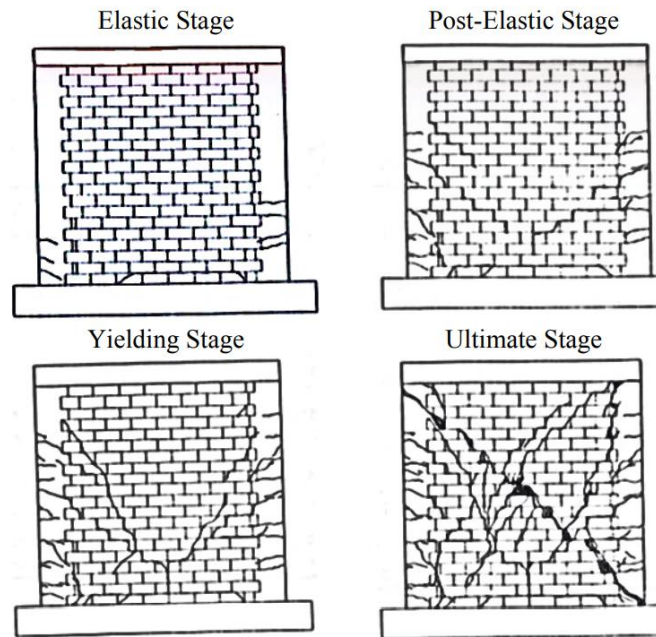


Figura 13. Ilustración de los estados de daños locales en muros de albañilería peruana. Fuente: Cárdenas et.al (2014)

Desplazamiento objetivo

El desplazamiento objetivo (δ_i), también llamado punto de desempeño, se obtiene mediante la ecuación propuesta en 7.4.3.3.2 del estándar ASCE/SEI 41-17 y representa el desplazamiento máximo del nivel superior cuando una estructura está sometida a un cierto nivel de demanda sísmica (Ainual, Sohaib & Samir, 2014).

Objetivos de desempeño

Tal como se mencionó anteriormente, Toledo (2017), indica que se puede verificar el desempeño por medio de criterios de aceptabilidad global y local.

A nivel global, según la filosofía de la norma E.030, la edificación no debería colapsar ni causar daños a las personas ante un sismo de diseño (sismo severo), esto es equivalente a decir que el punto de desempeño, calculado en la curva de capacidad, se debe encontrar dentro del rango de seguridad de vida (LS) en las edificaciones y que también sea menor a 0.005 en distorsión de entrepiso.

A nivel local, la norma E.070 indica que el sismo moderado no debe causar fisuración en ningún muro, esto es equivalente a decir que los muros deben

permanecer elásticos para ese nivel de demanda sísmica; y para el sismo severo indica que la distorsión máxima admisible en los muros es de 0.005 o 1/200 (límite para que el muro sea reparable). Para poder cumplir este objetivo, se debe analizar el desplazamiento demandado en cada muro por el sismo moderado, y ver si este desplazamiento, no exceda el límite elástico.

Edificaciones comunes

La norma de diseño sismorresistente E.030, en el artículo 15, define a este tipo de edificaciones como tipo C, es decir estructuras como viviendas, hoteles, oficinas. El factor de importancia (U) designado por el reglamento nacional de edificaciones es de 1.

Secuencia de análisis

El análisis de cada estructura está dividido en 2 fases: el análisis lineal y el análisis no lineal.

Se presenta a en la **figura 14** la secuencia del análisis lineal:

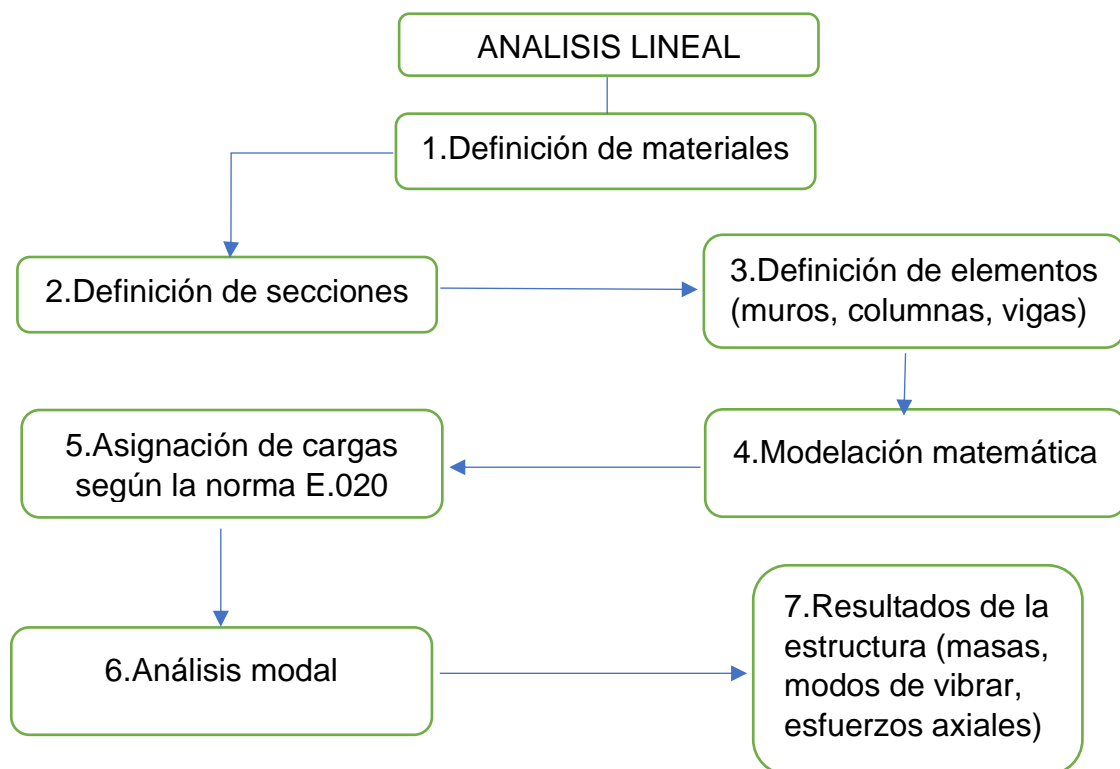


Figura 14. Flujograma del análisis lineal (Fuente: Elaboración propia).

Luego de obtener resultados del análisis lineal, se procede a la modelación no lineal, primero calculando las curvas tetra-lineales para cada muro y luego asignándolas como una rótula del tipo corte (V) y además de la asignación de rótulas de plasticidad distribuida (tipo fibra) en los extremos de las columnas. La secuencia de análisis para el procesamiento no lineal se muestra en la **figura 15**:

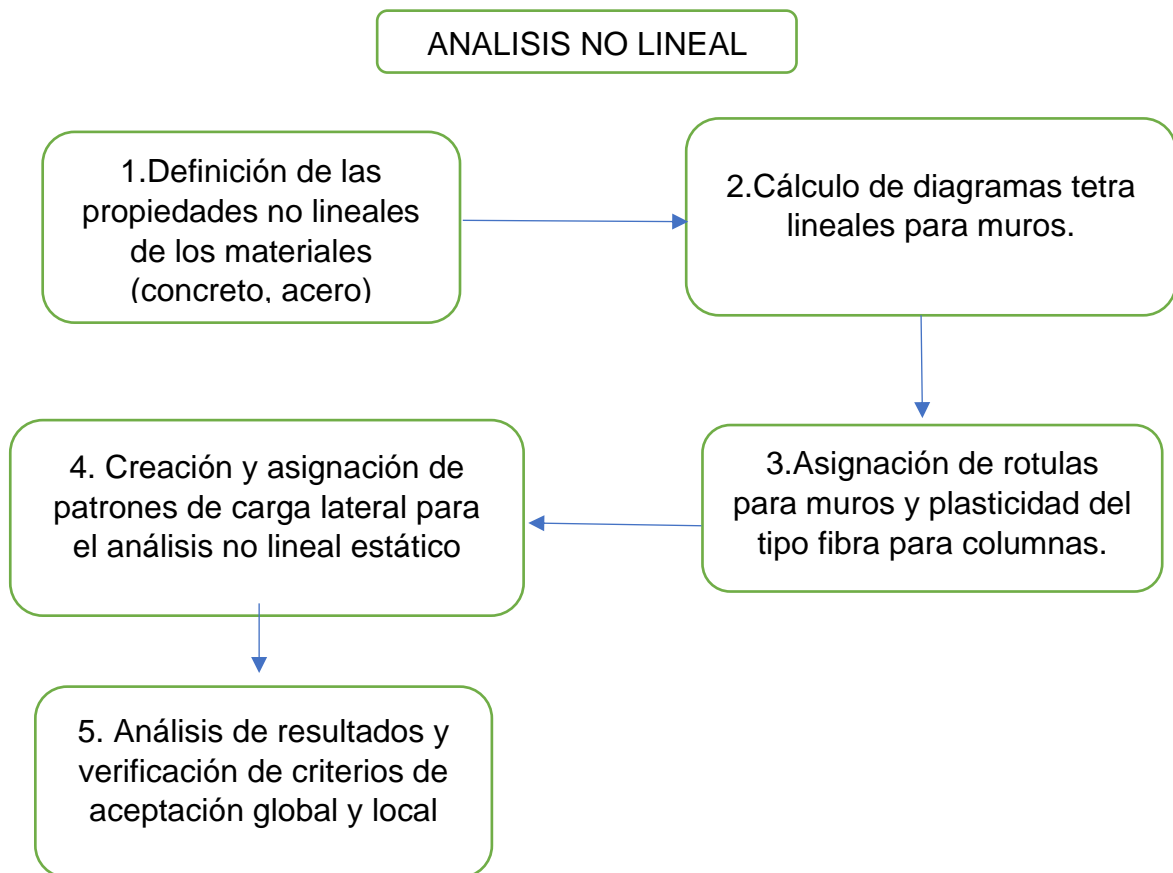


Figura 15. Flujograma del análisis no lineal (Fuente: Elaboración propia).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo aplicada

Esta investigación es del tipo aplicada, ya que se llevarán a la práctica teorías generales con el fin de resolver necesidades para la sociedad (Baena,2017), en este caso estimar el desempeño sísmico.

Diseño de la investigación

- ✓ Diseño no experimental – transversal descriptivo

Es del tipo no experimental ya que no se manipulan variables.

Es del tipo transversal ya que se observará el comportamiento de las variables en un periodo específico de tiempo (febrero – junio 2021).

Es descriptiva porque se busca mediante este estudio una predicción específica, describiendo las características relacionadas al caso de estudio (Herbas & Rocha, 2018),

3.2. Variables y operacionalización

En **tabla 3.1** se esquematiza la matriz de operacionalización de variables:

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Respuesta estructural no lineal	Son las deformaciones que sufre una estructura impuestas por una fuerza que haga exceder el límite del comportamiento elástico lineal (Chopra,2014).	La medición de esta variable se hará en base a deformaciones y fuerzas internas en los elementos de la estructura.	-Desplazamientos - Cortante basal	De razón
Estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021	Definido como un estado límite de daño, indicado como una condición final tolerable de daños y funcionalidad posterior a un sismo (ATC-40,1996). Toledo (2017), indica que se puede verificar el desempeño por medio de criterios de aceptabilidad global y local.	La medición de esta variable se hará en base a criterios de aceptación globales y locales	Daño estructural asociado a la distorsión de entrepiso (criterio de aceptación global), daño estructural asociado a límites de daños locales	De Intervalo

Tabla 3.1. Matriz de operacionalización de variables.

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.

Población

(Arias, Miranda & Villasis, 2016) afirman que una característica decisiva en una población de estudio es la homogeneidad, para el presente caso de estudio queda definido como estructuras de albañilería confinada (ya que es el tipo de sistema más común en esta ciudad). La población de estudio es infinita.

- Criterio de inclusión
Edificios con un máximo de 2 niveles y que tenga un uso común (para este caso viviendas), siendo su sistema estructural de albañilería confinada en ambas direcciones de análisis.
- Criterio de exclusión
Edificios que exceden los 2 niveles y/o que tenga otro tipo de funcionalidad, ya que la selección de este tipo podría llevar a errores en las conclusiones finales de esta investigación.

Muestreo

Dada la fácil accesibilidad y la proximidad de los casos de estudio (Otzen & Manterola, 2017), se usó la técnica del muestreo no probabilístico por conveniencia.

Muestra

Dada que la muestra está representada por un subgrupo de la población (Hernández, Fernández & Baptista, 2014), en esta investigación se ha tomado 2 viviendas de 1 y 2 niveles en diferentes sectores de Ica. La vivienda de un nivel fue denominada vivienda N°1 y la de dos niveles, vivienda N°2.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Dentro de todas las técnicas para la recolección de datos se usarán la observación.

(Arias,2020) afirma que esta técnica estaba basada en comportamientos, objetos, hechos y otros eventos que el investigador haya podido observar de manera cuantitativa o cualitativa, asimismo indica que dicha técnica es válida para ciencias aplicadas como la ingeniería. Adicionalmente el autor hace saber que un criterio que para poder aplicar esta técnica es que la población no sea voluminosa, tal es el caso de la presente investigación.

Instrumentos

(Arias,2020) indica que uno de los instrumentos para llevar a cabo la técnica de observación es la ficha de registro de observación.

Con la finalidad de poder validar el instrumento usado en esta investigación se usará la técnica y el índice de validez recomendado por Oseda (2015), el cual indica proporciona rangos para emitir un juicio respecto a la validez del instrumento.

Se muestra en la **tabla 3.2**, los rangos de validez propuestos por Oseda (2015):

Rango de validez	interpretación
0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.6 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente Validez
1	Validez perfecta

Tabla 3.2. Validez según Oseda (2015)

En la **tabla 3.3**, se mencionan y se resume el nivel de validez a juicio de expertos.

N°	Grado académico	Nombres y apellidos	CIP	Validez
1	Magister	Heredia Benavides, Raúl	150437	0.680
2	Magister	Godoy Pereyra, Arturo	66311	0.695
3	Ingeniero civil	Saldaña Dávalos, Darío	213339	0.710

Tabla 3.3. Validación a juicio de expertos.

La validación a juicio de expertos se puede encontrar en el **anexo 1**, el instrumento de recolección de datos se puede encontrar en el **anexo 2,3**. Dada la opinión de los expertos se puede concluir que el instrumento tiene una interpretación como **muy válida**.

3.5. Procedimientos

Con la finalidad de poder agilizar la recolección de datos, se buscó planos de 2 viviendas de albañilería confinada que ya estuviesen construidas en la ciudad de Ica, luego se visitó y se pidió permiso a los propietarios para poder realizar el llenado de la ficha de observación, entre las preguntas más relevantes se indagó acerca de la procedencia de las unidades de albañilería usadas en sus viviendas, además en campo se pudo constatar que el espesor de las juntas no es reglamentario según la norma E.070.

En base a las unidades de albañilería y al espesor de juntas, se procedió a realizar 3 pilas representativas por cada vivienda, cada pila tenía juntas entre 2 a 3 cm de espesor en promedio, esto con la finalidad de poder representar en el ensayo las condiciones observadas en campo, tal como lo indica la norma E.070. Las pilas de albañilería fueron ensayadas a compresión axial luego de 14 días, y con estos resultados se pudo completar el ítem 8 (**ver anexos 2, 3**) de la ficha de registro de observación para cada vivienda.

Ubicación y sismicidad de los casos de estudio.

Los casos de estudios de encuentran en distritos altamente poblados de la ciudad de Ica, según la norma E.030 la ciudad de Ica se encuentran en una zona altamente sísmica, por ello dicha norma le asigna un valor de zona 4; equivalente a una aceleración de 0.45 en suelo rígido, además estudios realizados por Bernal, Tavera, Sulla, Arredondo & Oyola (2018), indican que en base a la velocidad de propagación de ondas de corte, Ica está clasificado como un suelo intermedio (S2, según la norma E0.30). Dada esta información se pudo completar el ítem 9 (**ver anexos 2, 3**) y caracterizar la sismicidad de los casos de estudio.

Descripción general de los casos de estudio.

Las viviendas visitadas (de 1 y 2 niveles) han sido de albañilería confinada, con uso de viviendas unifamiliares, en promedio habitan 4 integrantes en cada vivienda, durante la inspección, según los propietarios hubo escaso

acompañamiento profesional durante la construcción. La vivienda N°1, pertenece a un módulo de vivienda del programa social peruano Techo Propio.

3.6. Método de análisis de datos

De la información obtenida en campo y con la finalidad de poder lograr los objetivos generales y específicos, en base a resultados, se deben realizar las siguientes actividades previas:

- a. En base a los planos obtenidos de cada vivienda, se modelaron las estructuras en forma lineal, con la finalidad de obtener propiedades básicas de la estructura como peso, esfuerzos axiales máximos en muros y modos de vibración. El cálculo de estos esfuerzos máximos está en base al 100% de la carga muerta más el 100 % de la carga viva (según la norma E.070).
- b. De acuerdo a los esfuerzos axiales de cada muro, a los valores obtenidos en laboratorio de compresión axial en pilas (f'm) y la cantidad de acero en columnas de confinamiento (acero longitudinal y transversal), se procede a construir las curvas tetra-lineales para cada muro de acuerdo a la ecuación 1.
- c. Se crean casos de carga estáticos no lineales para luego poder analizar los resultados, con el fin de poder evaluar y discutir los resultados.

A continuación, se muestra la modelación de cada vivienda:

Vivienda N°1

La vivienda número 1 tiene un área 35.51 m², con uso unifamiliar, esta vivienda es de un solo nivel, con una altura de entrepiso de 2.40 m. En la **figura 16**, se muestra la denominación que se colocó a cada muro de la vivienda N°1 en el Etabs V18.0.2, esto fue con la finalidad de poder obtener los esfuerzos axiales.

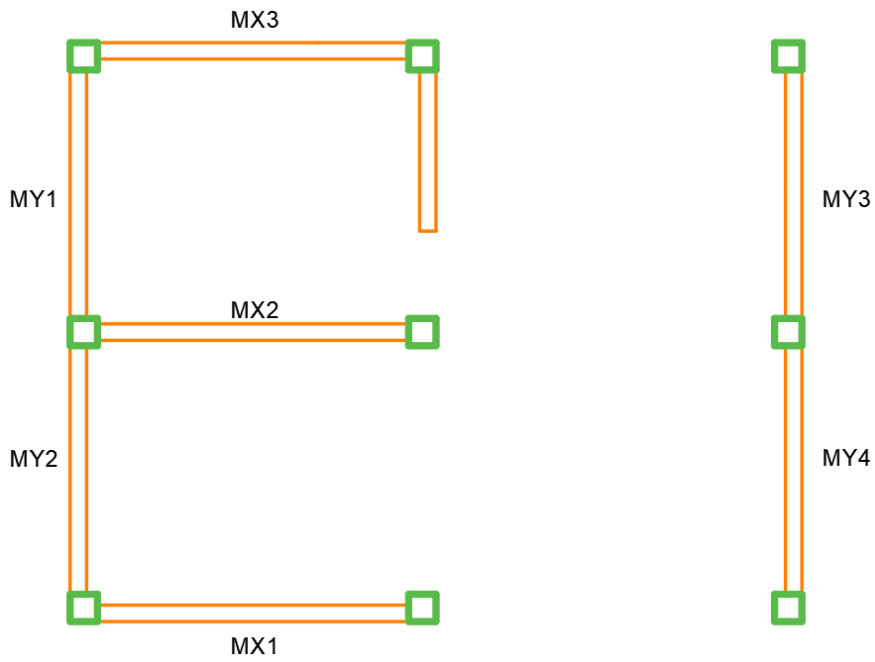


Figura 16. Denominación de muros para la vivienda N°1.

En la **figura 17** se muestra la modelación lineal, al modelo se le asignó una losa unidireccional del tipo membrana, una carga viva solo de 100 kg/m² en el nivel superior y un diafragma rígido.

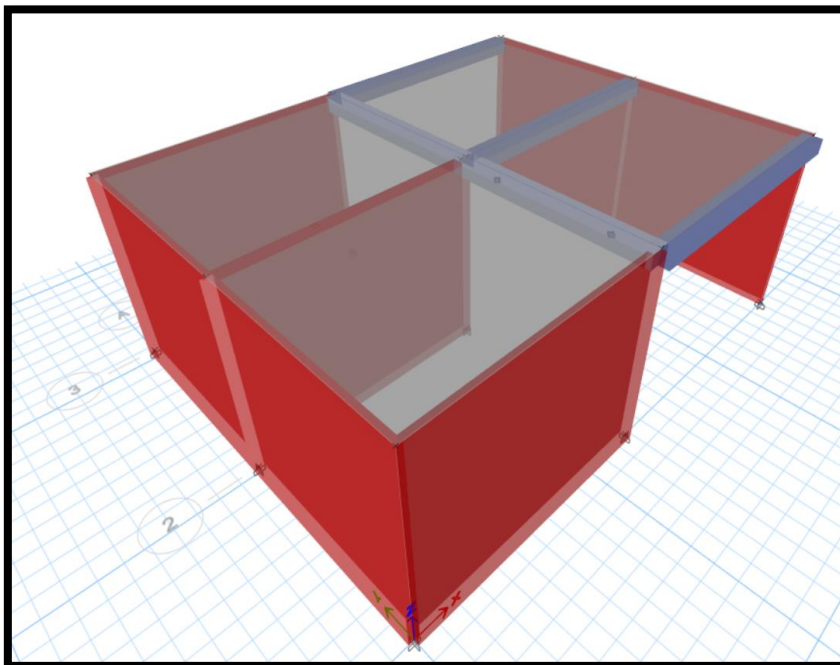


Figura 17. Modelación lineal en Etabs V18.0.2 de la vivienda N°1

En la **tabla 3.4** se puede visualizar los datos de carga axial y el cálculo de esfuerzos axiales (de acuerdo al ítem 19.1.b de la norma E.070) para cada muro de la vivienda N°1.

Muro	P (kgf)	L (cm)	t (cm)	Esfuerzo axial máximo (kgf/cm ²)
MX1	5317.66	335.00	13.00	1.22
MX2	8145.63	335.00	13.00	1.87
MX3	5317.66	335.00	13.00	1.22
MY1	833.77	277.50	13.00	0.23
MY2	833.77	277.50	13.00	0.23
MY3	3184.25	277.50	13.00	0.88
MY4	3184.25	277.50	13.00	0.88

Tabla 3.4. Esfuerzos axiales máximos para cada muro de la vivienda N°1.

Con estos esfuerzos axiales y los datos de la resistencia a la compresión axial de f'm, en este caso 39.56 kg/cm², se puede construir las curvas tetra-lineales que posteriormente servirán para realizar el análisis no lineal de la estructura.

A continuación, en la **figura 18** se presentan las curvas tetra-lineales generadas para los muros de la vivienda en el sentido X, los muros MX1 y MX3, tienen vanos.

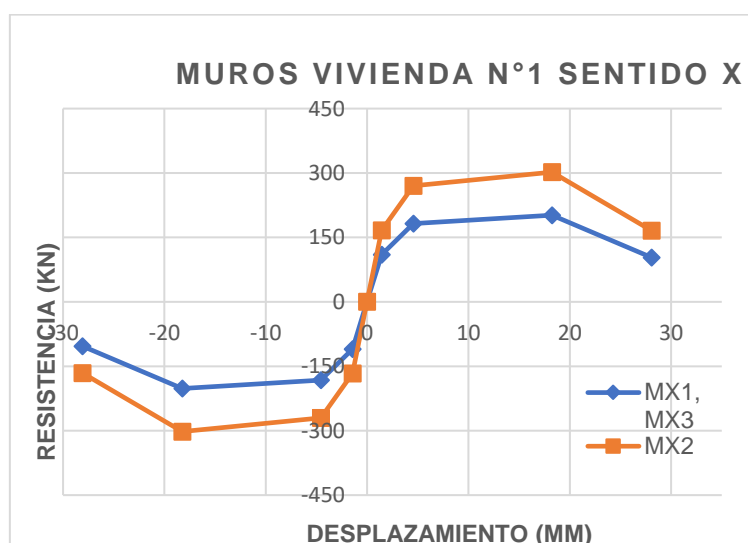


Figura 18. Curvas tetra-lineales en el sentido X de la vivienda N°1.

En la **figura 19**, se presentan las curvas tetra-lineales generadas para el sentido Y, se puede apreciar su superposición ya que estos muros son de propiedades similares

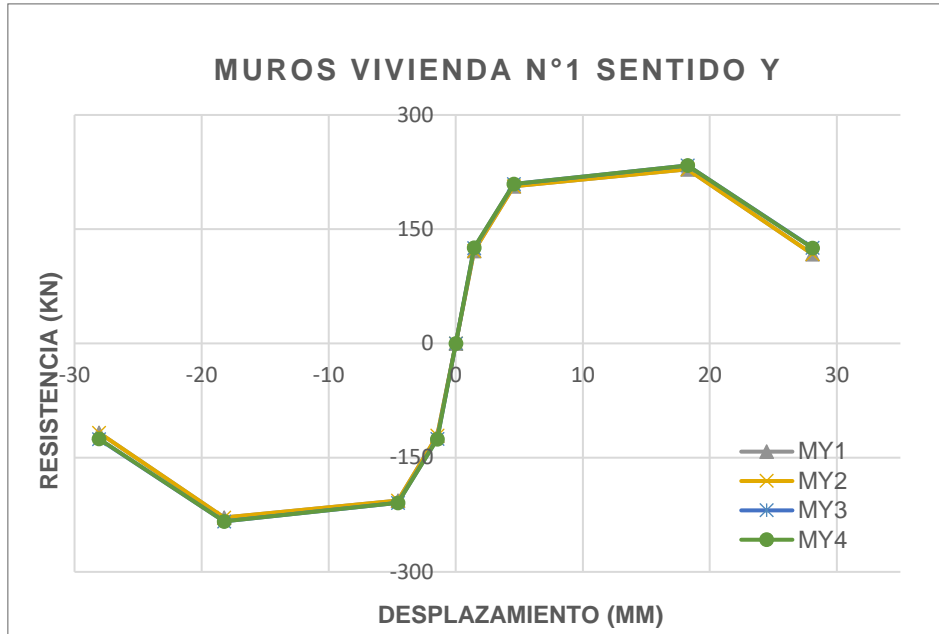


Figura 19. Curvas tetra-lineales en el sentido Y de la vivienda N°1.

Estas curvas se pueden ingresar al software de cálculo estructural, como una rótula del concentrada del tipo corte, ver **figura 20,21 y 22**.

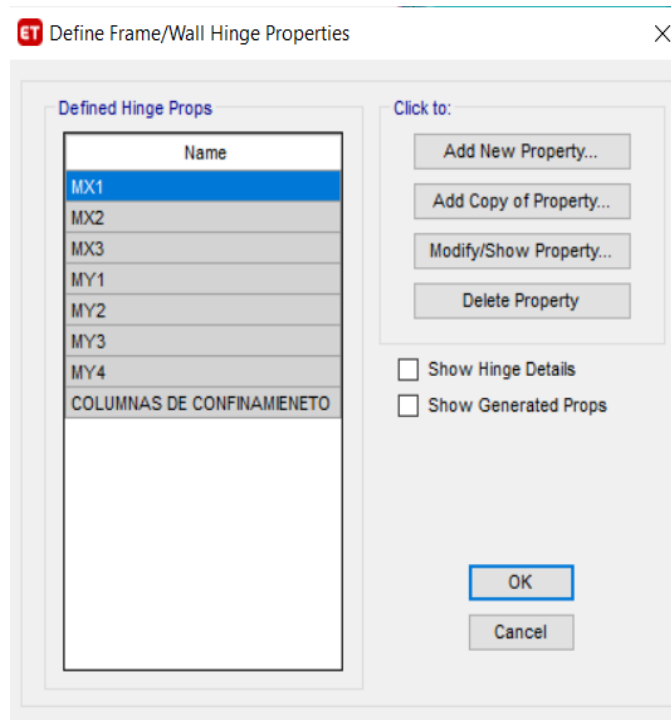


Figura 20. Definición de rótulas para vivienda N°1.

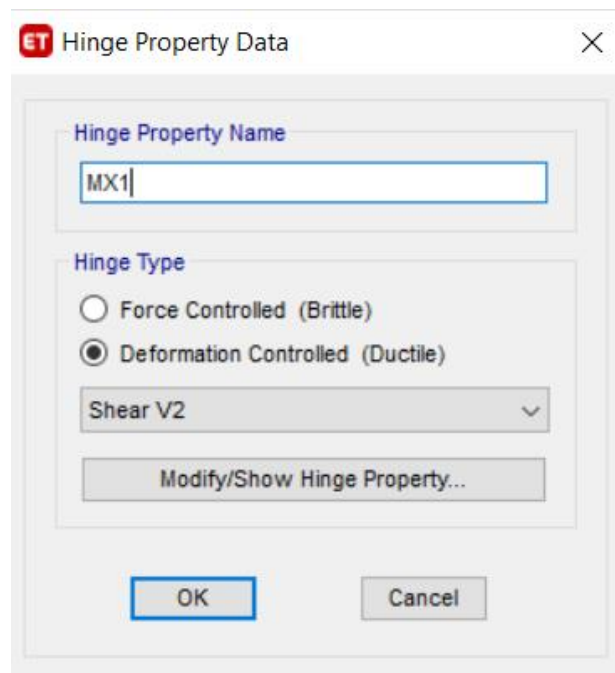


Figura 21. Definición de rótulas de corte para la vivienda N°1

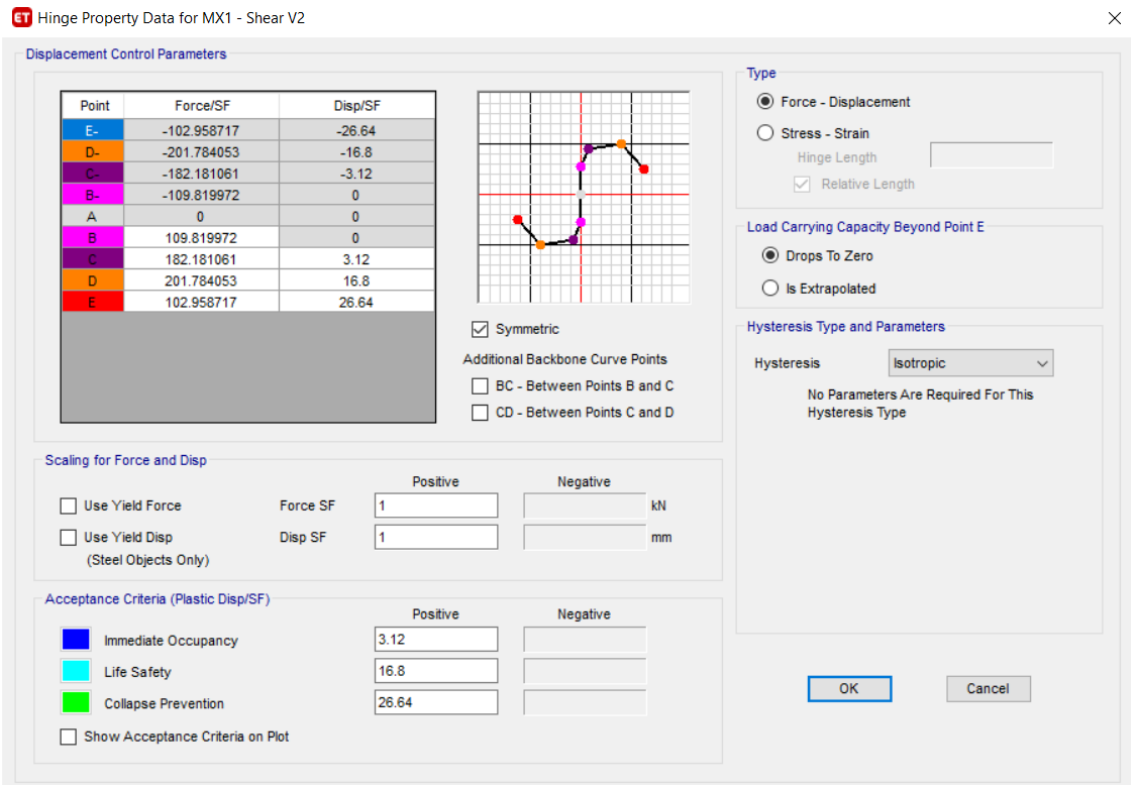


Figura 22. Ingreso de valores para rótula concentrada de corte para la vivienda N°1.

Luego se crean casos de cargas para el análisis no lineal estático para cada dirección. En la **figura 23** se muestra la creación del análisis no lineal estático para el sentido X.

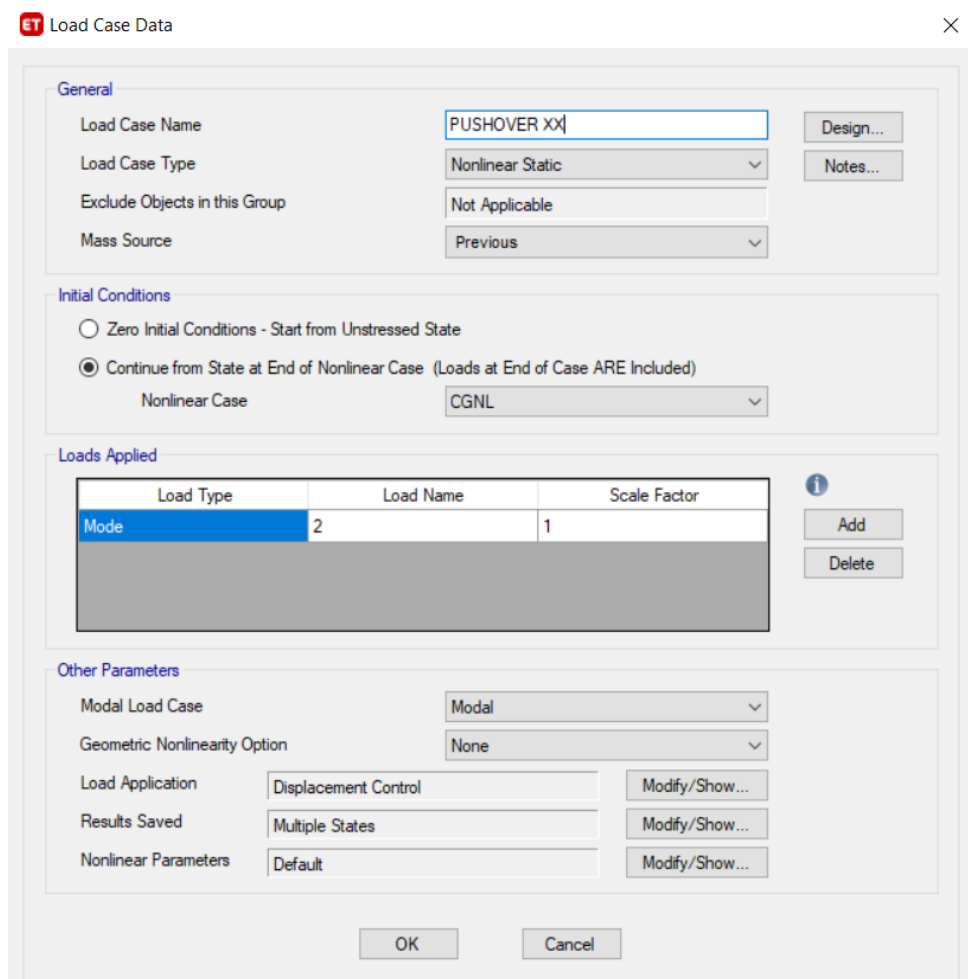


Figura 23. Creación del caso de carga no lineal estático para el sentido X.

En las **figuras 24 y 25**, se muestran las curvas de capacidad generadas por el software para los sentidos X y Y; respectivamente:

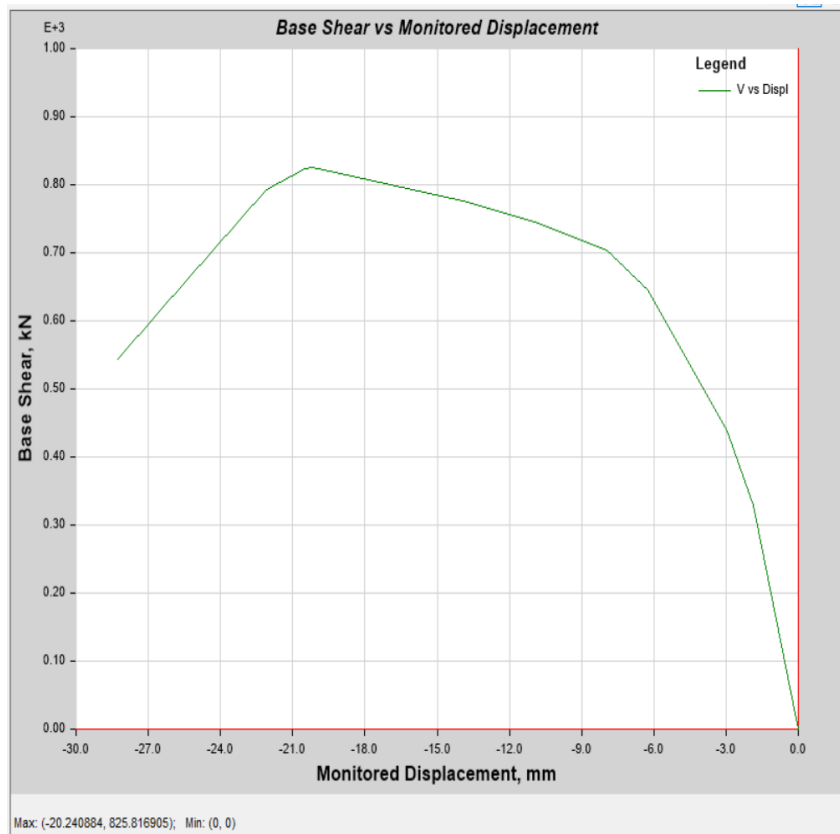


Figura 24. Curva de capacidad en el sentido X de la vivienda N°1.



Figura 25. Curva de capacidad en el sentido Y de la vivienda N°1.

En las **figuras 26 y 27**, se puede apreciar las deformaciones de la vivienda N°1, debido al caso de carga estático no lineal en las direcciones X y Y, respectivamente:

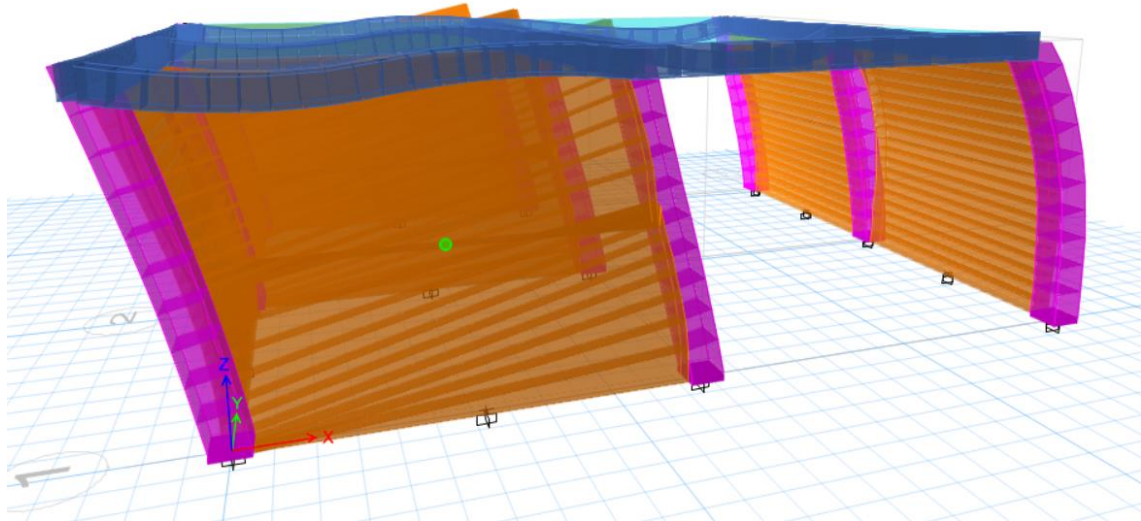


Figura 26. Deformación de la vivienda N°1 en el sentido X.

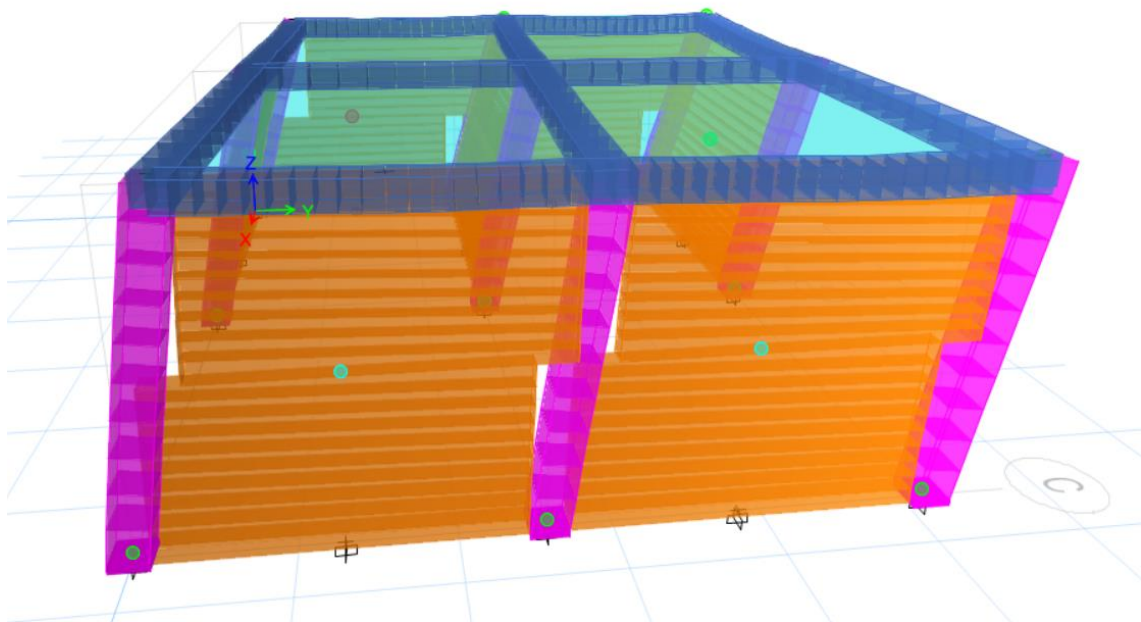


Figura 27. Deformación de la vivienda N°1 en el sentido Y.

Vivienda N°2

La vivienda número tiene un área 45.88 m², con uso unifamiliar, esta vivienda es de 2 niveles, la altura del primer entrepiso es de 2.80 m y la del segundo es de 2.60 m. En la **figura 28**, se muestra la denominación de los muros para los 2 niveles.

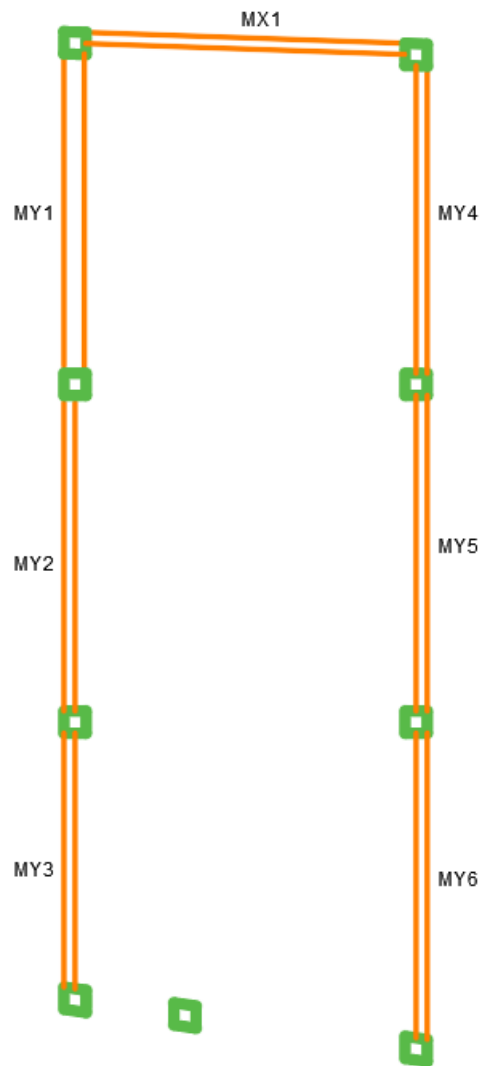


Figura 28. Denominación de los muros para los 2 niveles de la vivienda N°2.

En la **figura 29** se muestra el modelo lineal de la vivienda N°2, de igual forma que la vivienda N°1, se le asignó una losa unidireccional del tipo membrana de espesor 0.20 m, una carga viva de 200 kg/cm² (valor según la norma E.020) en ambos niveles.

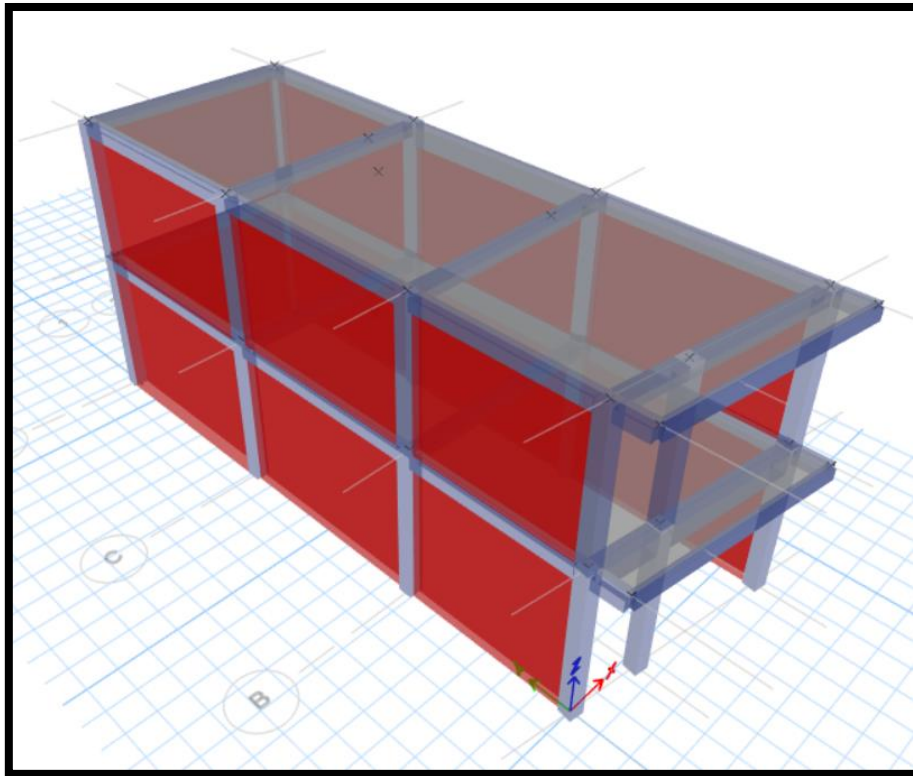


Figura 29. Modelo matemático de la vivienda N°2.

Con esta modelación matemática también se calcularon los esfuerzos axiales para todos los muros. En la **tabla 3.5**, se presentan dichos valores:

PISO	Muro	P (kgf)	L (cm)	t (cm)	Esfuerzo axial (kgf/cm²)
1	MX1	4447.07	359	13	0.95
1	MY1	9058.23	359	23	1.10
1	MY2	5599.57	355	13	1.21
1	MY3	4183.68	288	13	1.12
1	MY4	4924.13	346	13	1.09
1	MY5	5739.17	355	13	1.24
1	MY6	5127.77	343	13	1.15
2	MX1	2426.15	359	13	0.52
2	MY1	4878.26	359	23	0.59
2	MY2	3038.55	355	13	0.66
2	MY3	2358.28	288	13	0.63
2	MY4	2708.16	346	13	0.60
2	MY5	3116.2	355	13	0.68
2	MY6	2867.54	343	13	0.64

Tabla 3.5. Esfuerzos axiales máximos en muros de vivienda N°2.

En las **figuras 30, 31 y 32**, se puede visualizar las curvas tetra-lineales de la vivienda N°2:

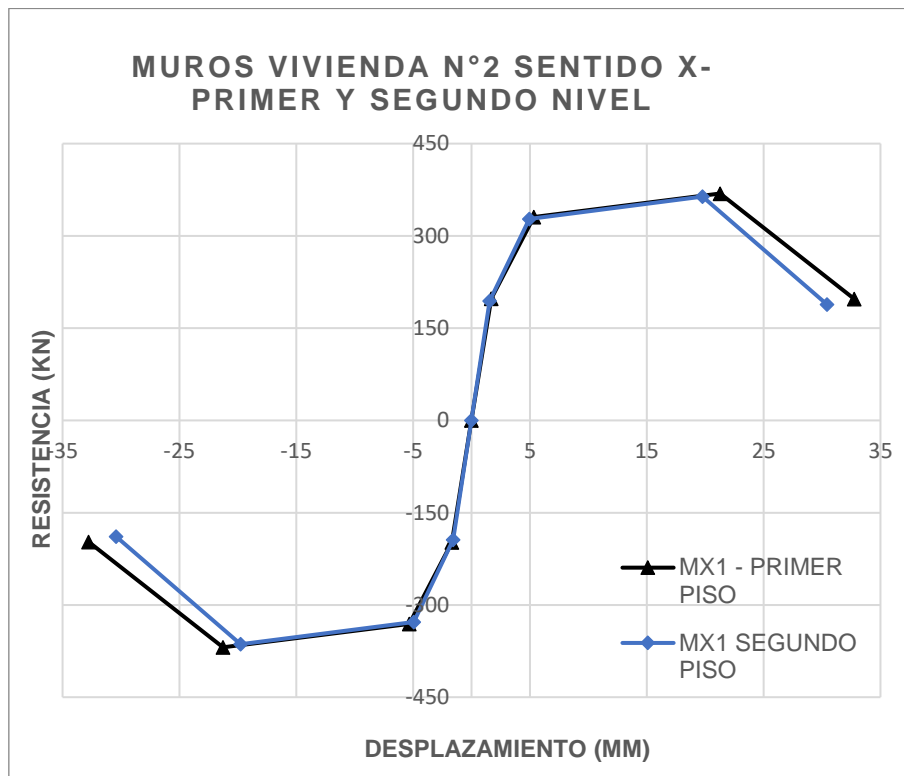


Figura 30. Curvas tetra-lineales para los muros en el sentido X del primer y segundo nivel.

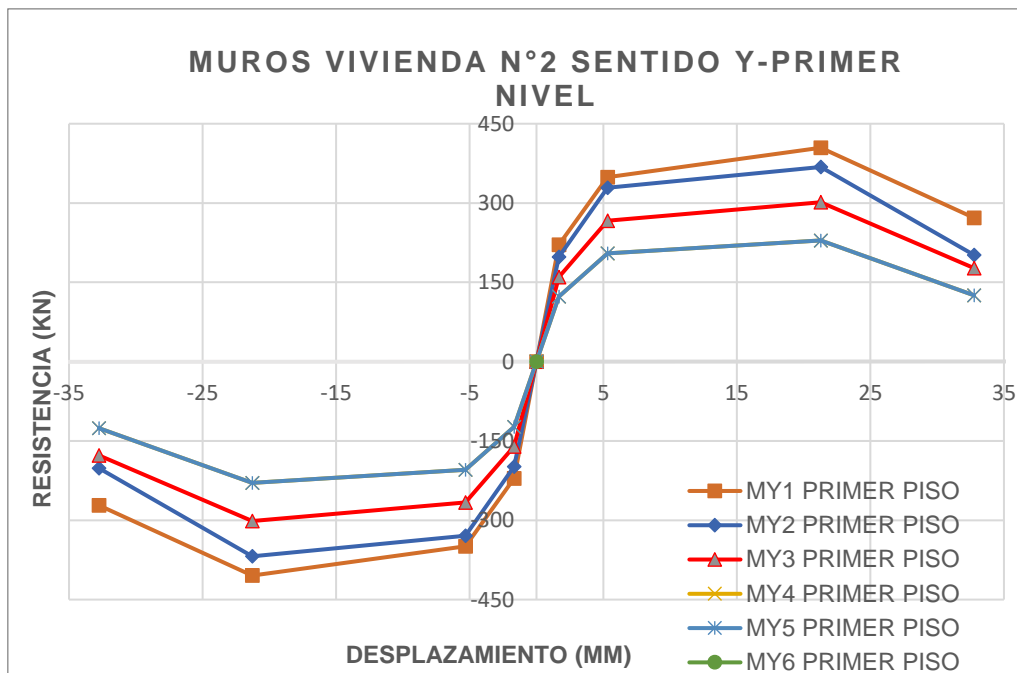


Figura 31. Curvas tetra-lineales para los muros del sentido Y del primer nivel

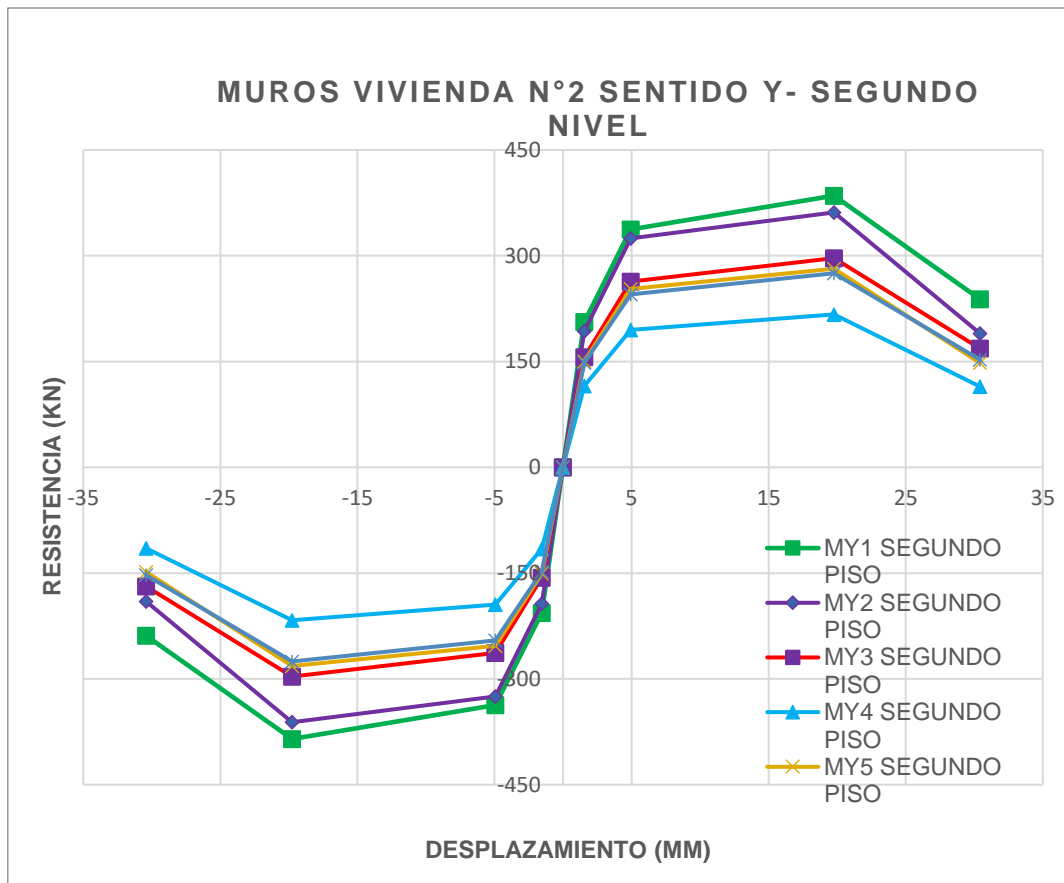


Figura 32.Curvas tetra-lineales para los muros en sentido Y del segundo nivel.

Los valores de todas estas curvas, son ingresados al software dando como resultado las siguientes curvas de capacidad, tal como se muestra en las **figuras 33 y 34:**

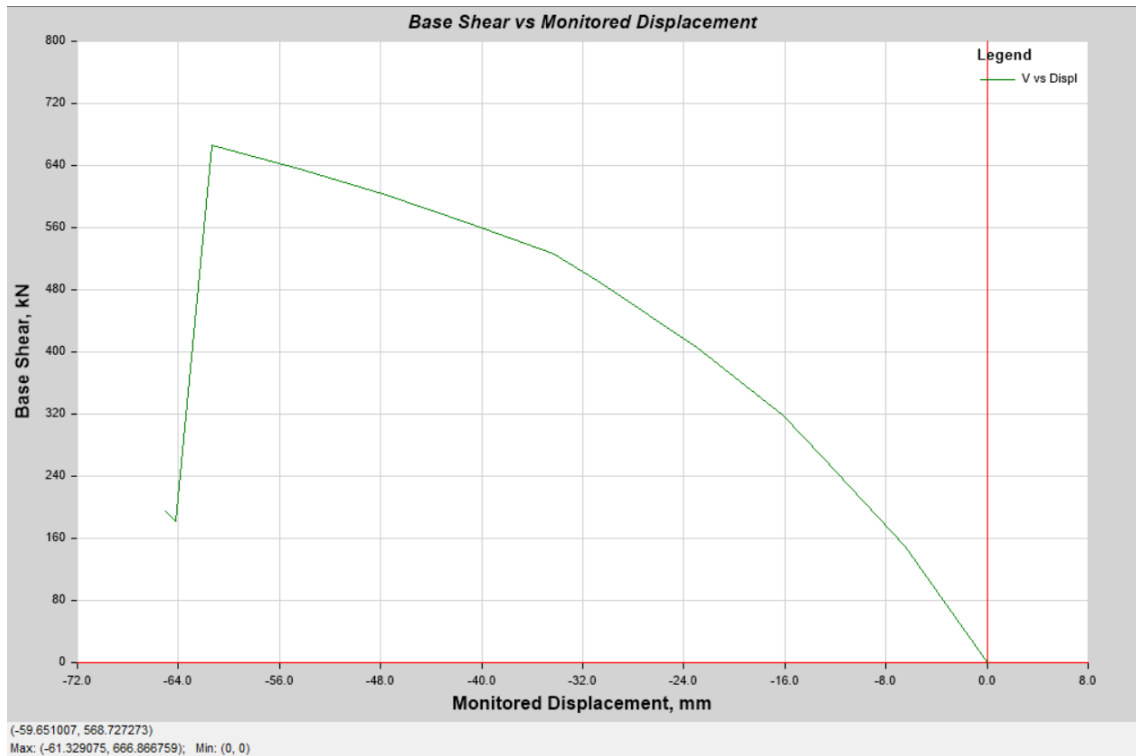


Figura 33. Curva de capacidad en el sentido X de la vivienda N°2.

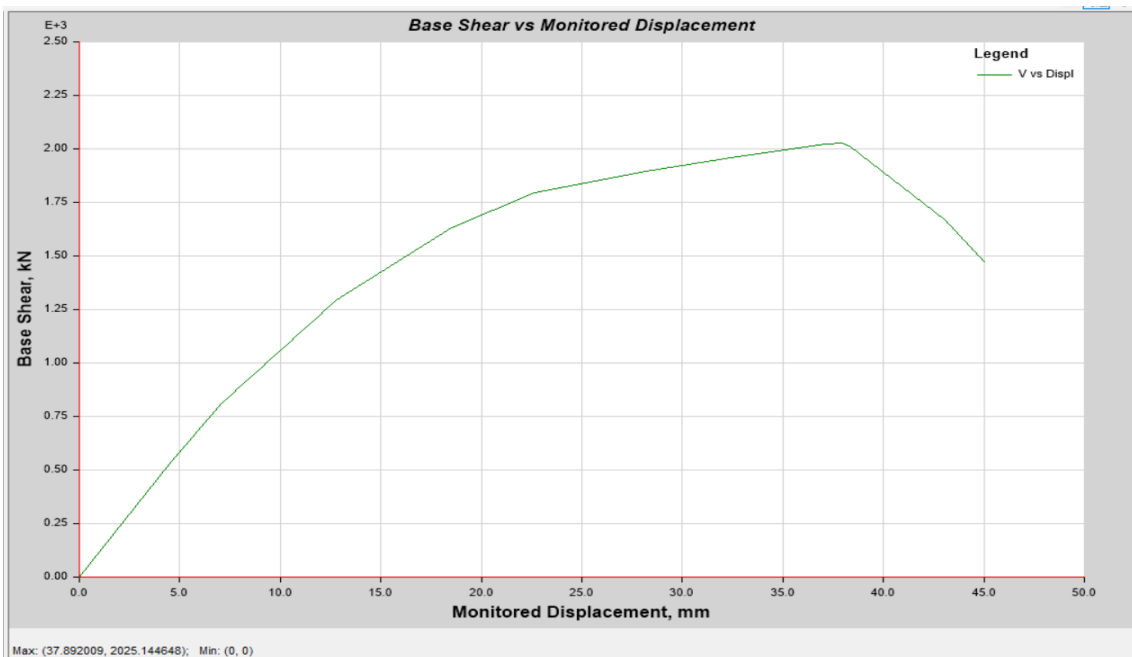


Figura 34. Curva de capacidad en el sentido Y de la vivienda N°2.

En las **figuras 35 y 36**, se puede apreciar la deformación de la vivienda N°2, debido al caso de carga estático no lineal.

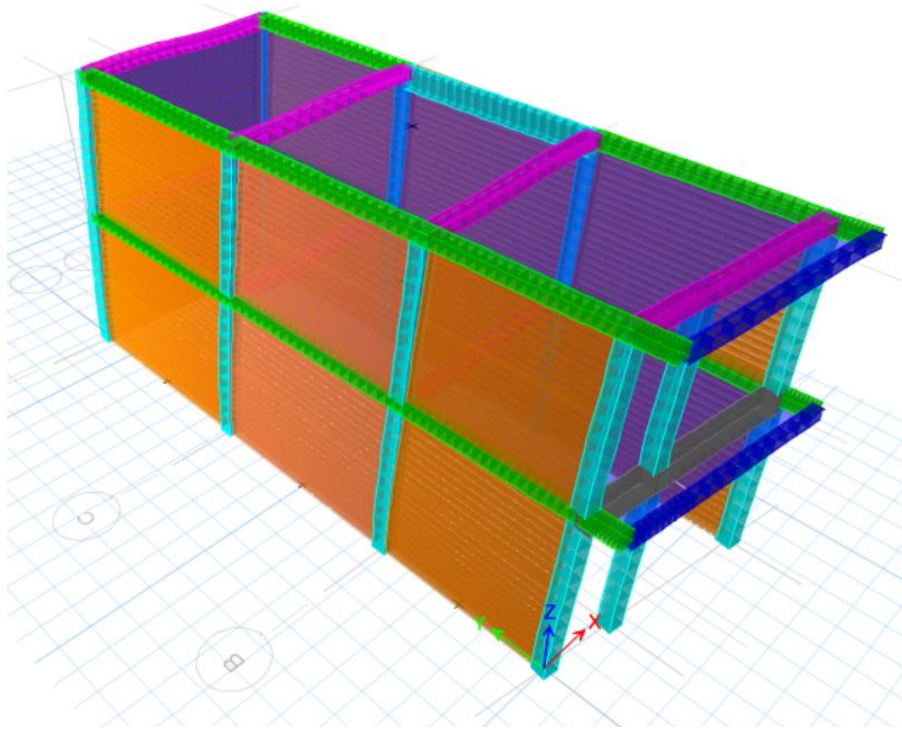


Figura 35. Deformación de la vivienda N°2 en el sentido X.

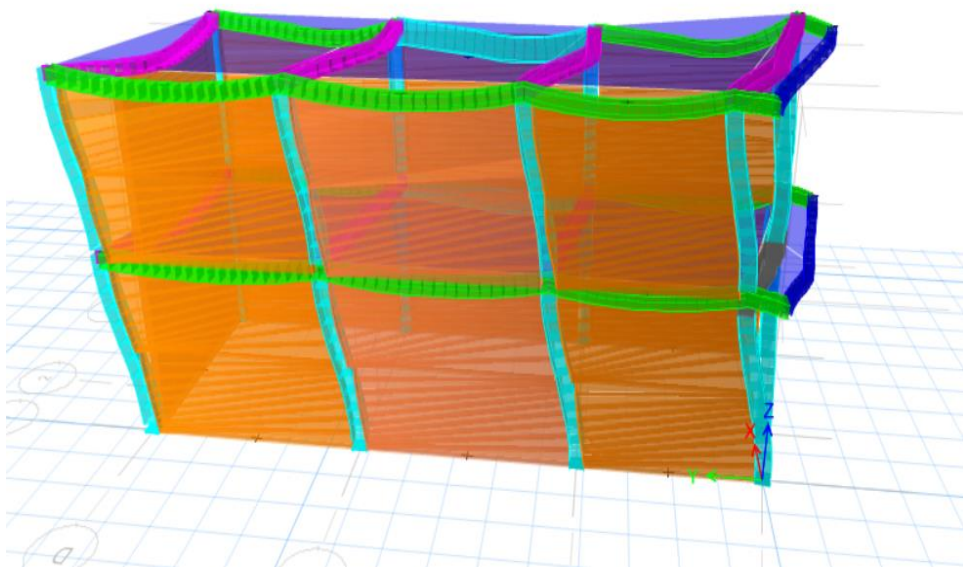


Figura 36. Deformación de la vivienda N°2 en el sentido Y.

3.7. Aspectos éticos

La investigación tiene un carácter netamente académico, respetando la propiedad intelectual de los autores previamente citados, a fin de mantener la integridad ética y veracidad que toda investigación debe tener.

IV. RESULTADOS

Los resultados de esta investigación se presentan en forma gráfica y numérica de acuerdo a los objetivos planteados:

Para el objetivo general: Estimar el desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en base a su respuesta estructural no lineal en la ciudad de Ica-2021.

Con respecto a la estimación del desempeño sísmico, en base a su respuesta estructural no lineal e indicadores (según la matriz de operacionalización de variables de la **tabla 3.1**) se afirma lo siguiente:

- a. Para la vivienda N°1: La respuesta estructural no lineal en el punto máximo de resistencia, fue de 825.82 KN de cortante basal y 20.24 mm de desplazamiento para el sentido X, para el sentido Y fue de 1067.475 KN y 21.70 mm. El desempeño fue aceptable en ambos sentidos (la justificación se encuentra en el análisis e interpretación de resultados del objetivo 1 y 2).

En la **figura 37 y 38**, se pueden apreciar los valores máximos de respuesta estructural no lineal, en base a la cortante basal y su desplazamiento de la vivienda N°1:

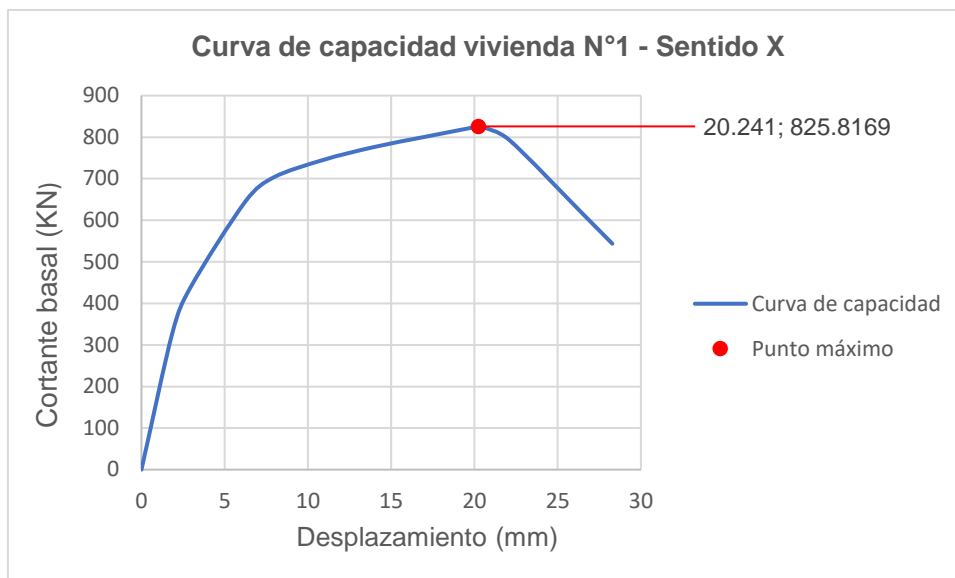


Figura 37. Respuesta estructural no lineal de la vivienda N°1, en el sentido X.

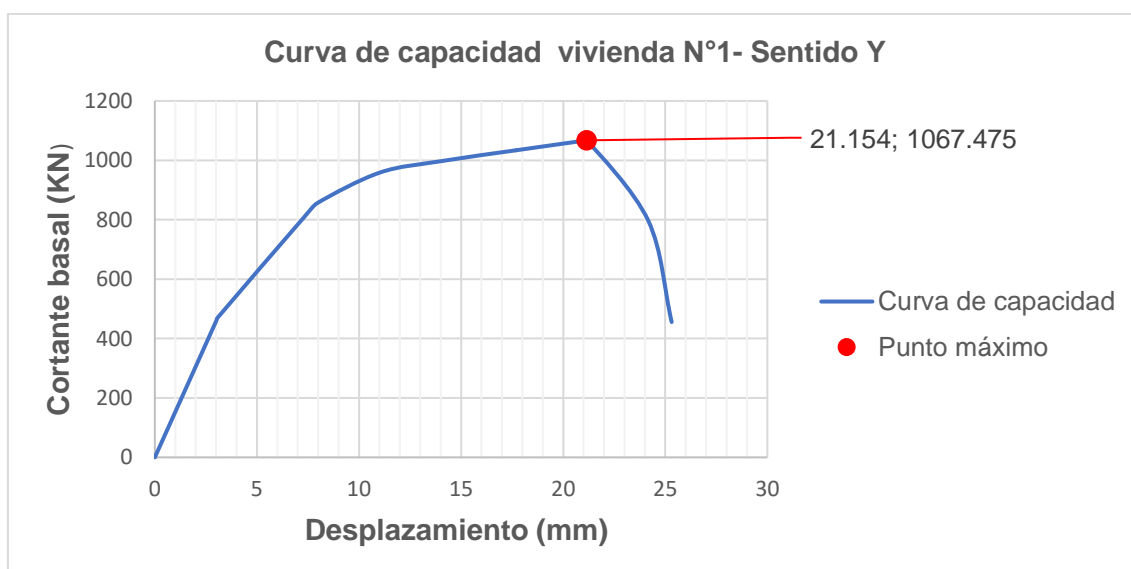


Figura 38. Respuesta estructural no lineal de la vivienda N°1, en el sentido Y.

- b. Para la vivienda N°2: La respuesta estructural no lineal en el punto máximo, fue de 2025.15 KN de cortante basal y 37.89 mm de desplazamiento para el sentido Y, para el sentido X fue de 666.60 KN y 61.30 mm, teniendo un buen desempeño solo en el sentido Y (el análisis de esta afirmación se encuentra en la justificación e interpretación de resultados del objetivo 1 y 2).

En la **figura 39 y 40**, se pueden apreciar los valores máximos de respuesta estructural no lineal, en base a la cortante basal y su desplazamiento de la vivienda N°2:

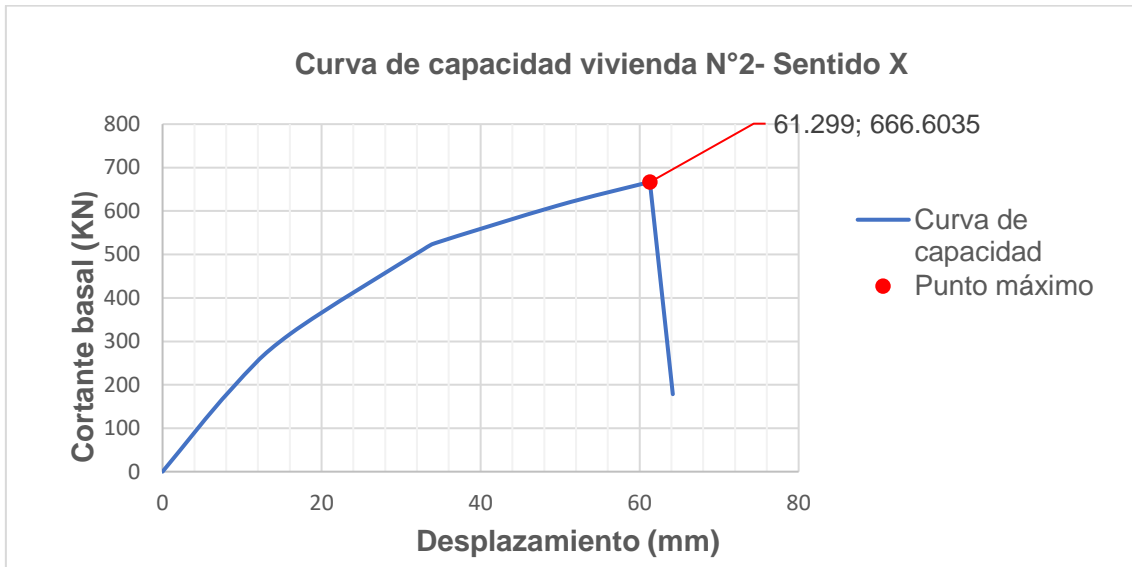


Figura 39. Respuesta estructural no lineal de la vivienda N°2, en el sentido X.

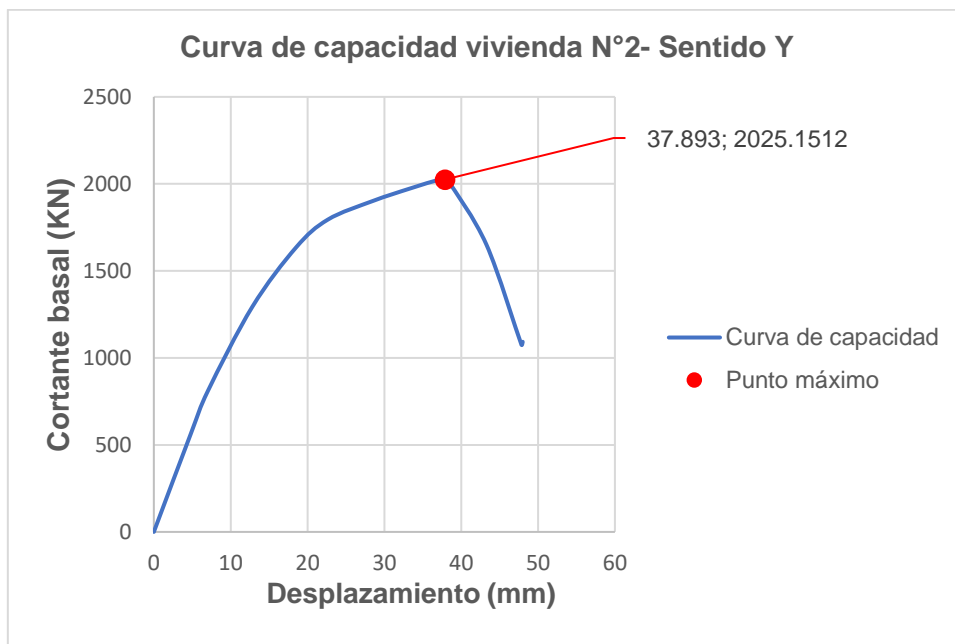


Figura 40. Respuesta estructural no lineal de la vivienda N°2, en el sentido X.

Para el objetivo específico 1: Determinar la influencia del daño estructural asociado a la distorsión de entrepiso en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.

Para cumplir este objetivo, es necesario primero sectorizar las curvas de capacidad según los estudios realizados por C. Zavala. et al. (2019), para hallar las distorsiones se ha dividido los desplazamientos mostrados en las curvas de capacidad de cada vivienda entre la altura total del edificio, tal como se muestra en la **figura 4**.

A continuación, en las **figuras 41, 42, 43 y 44**, se presenta la sectorización para las viviendas.

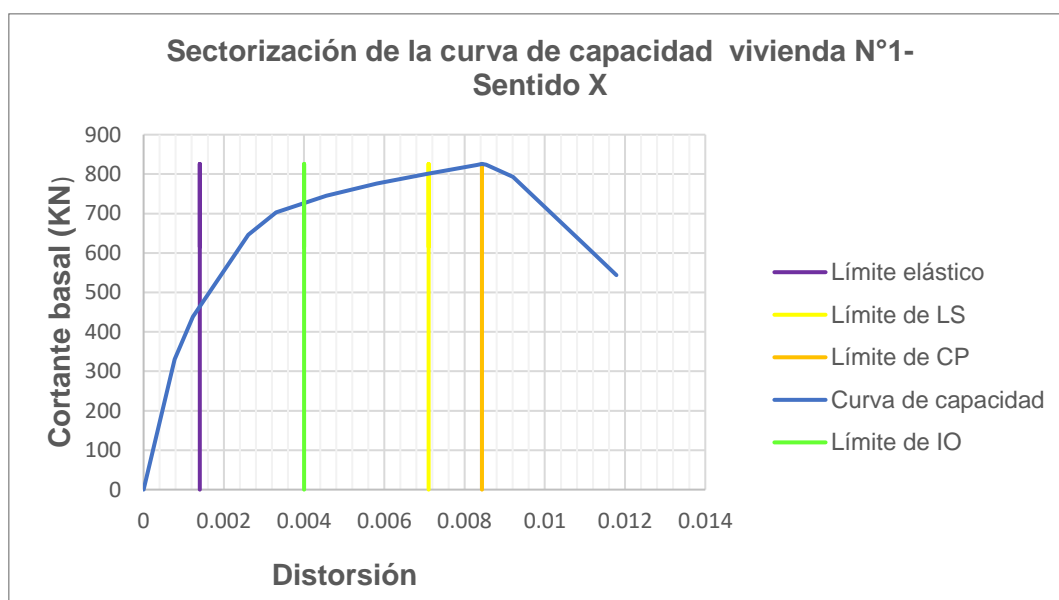


Figura 41. Sectorización de la curva de capacidad de la vivienda N°1 en el sentido X.

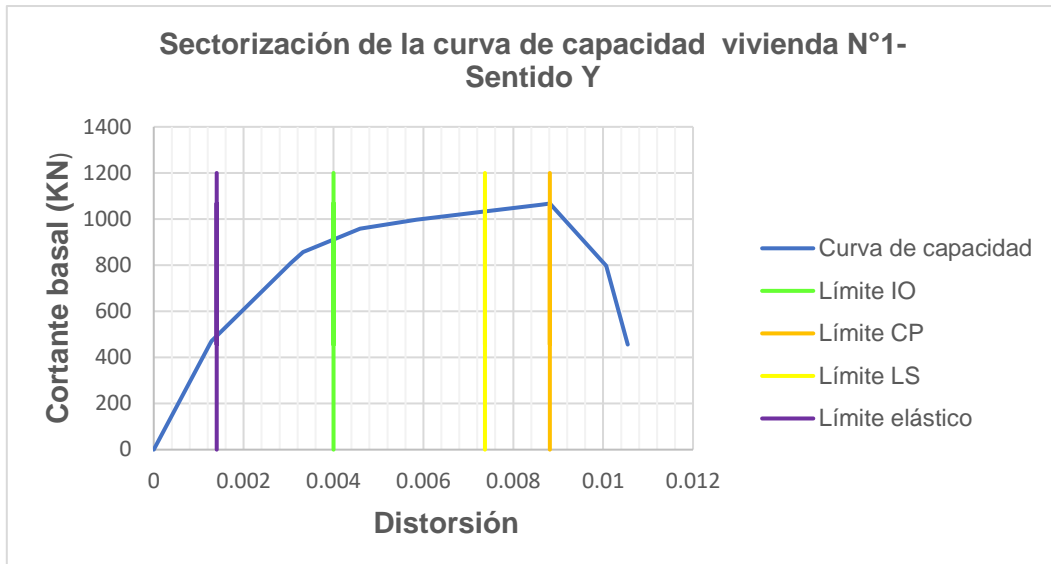


Figura 42. Sectorización de la curva de capacidad de la vivienda N°1 en el sentido Y.

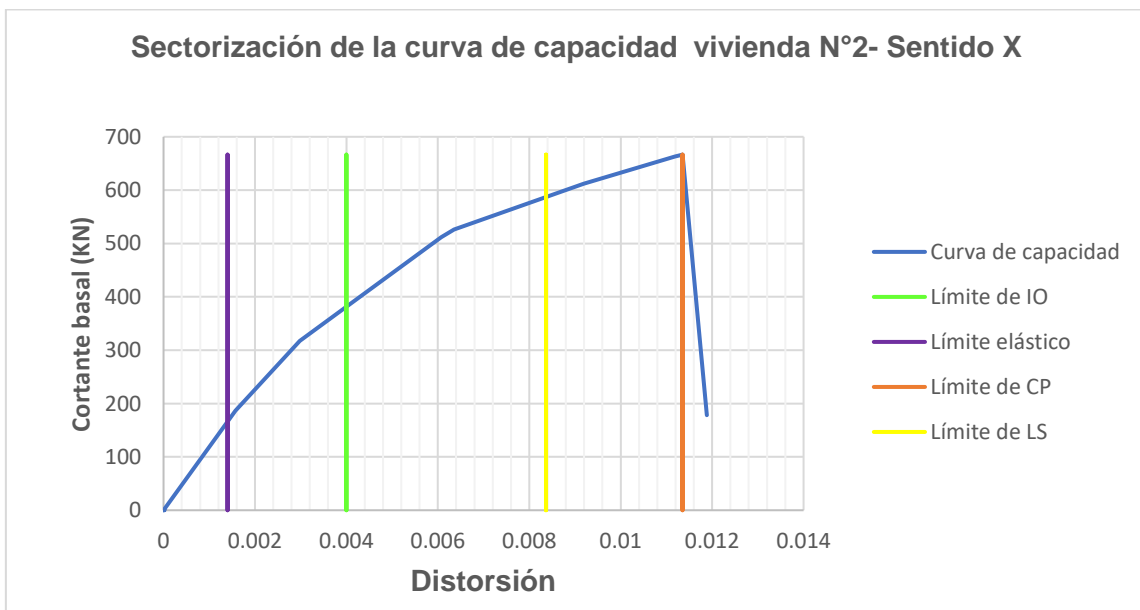


Figura 43. Sectorización de la curva de capacidad de la vivienda N°2 en el sentido X.

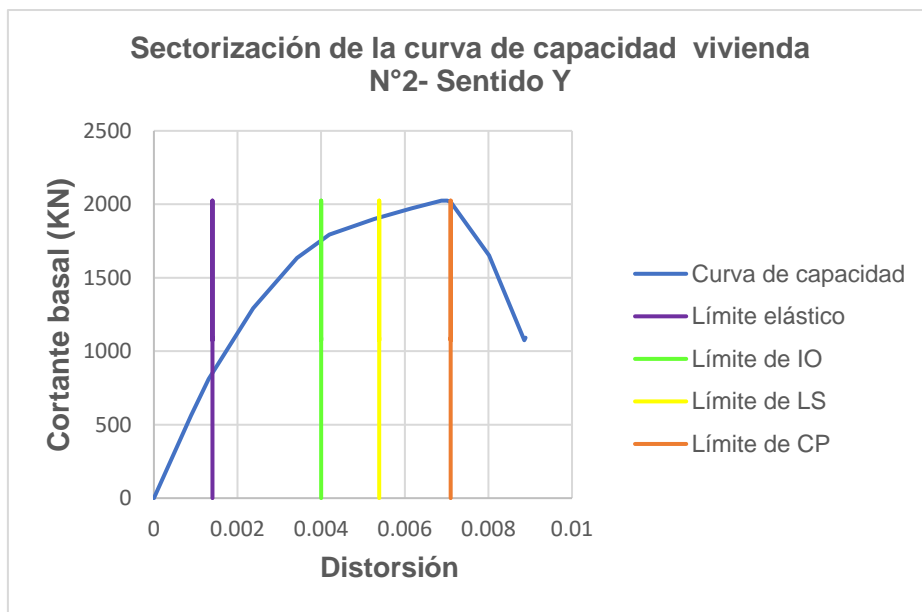


Figura 44. Sectorización de la curva de capacidad de la vivienda N°2 en el sentido Y.

En la **tabla 4.1**, se muestran los valores numéricos de distorsión entre cada rango o intervalo de desempeño global para cada vivienda:

VIVIENDA	Rango de zona elástica	Rango de zona de ocupación inmediata (IO)	Rango de zona de seguridad de vida (LS)	Rango de zona de prevención al colapso (CP)
Vivienda N°1 (sentido X)	0.0000-0.00140	0.00140-0.00400	0.00400-0.00710	0.00710-0.00843
Vivienda N°1 (sentido Y)	0.0000-0.00140	0.00140-0.00400	0.00400-0.00737	0.00737-0.00881
Vivienda N°2 (sentido X)	0.0000-0.00140	0.00140-0.00400	0.00400-0.00837	0.00837-0.01135
Vivienda N°2 (sentido Y)	0.0000-0.00140	0.00140-0.00400	0.00400-0.00533	0.00533-0.00702

Tabla 4.1. Rangos numéricos para sectorizar la curva de capacidad de cada vivienda.

Luego de sectorizar cada curva se debe calcular el desplazamiento objetivo o también llamado punto de desempeño, para este caso con ayuda del software Etabs V18.0.2 y en base a la metodología del ASCE/SEI 41-17, se calculan dichos valores de desplazamiento para el nivel del sismo severo, en las **figuras 45, 46, 47 y 48**, se presentan los valores:

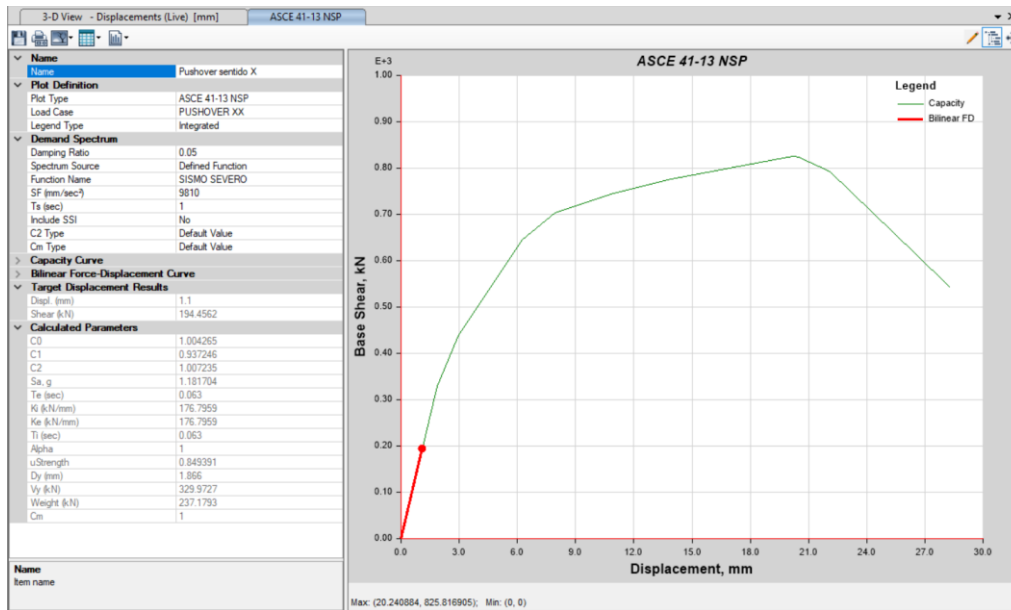


Figura 45. Punto de desempeño para la vivienda N°1, en el sentido X para el sismo severo

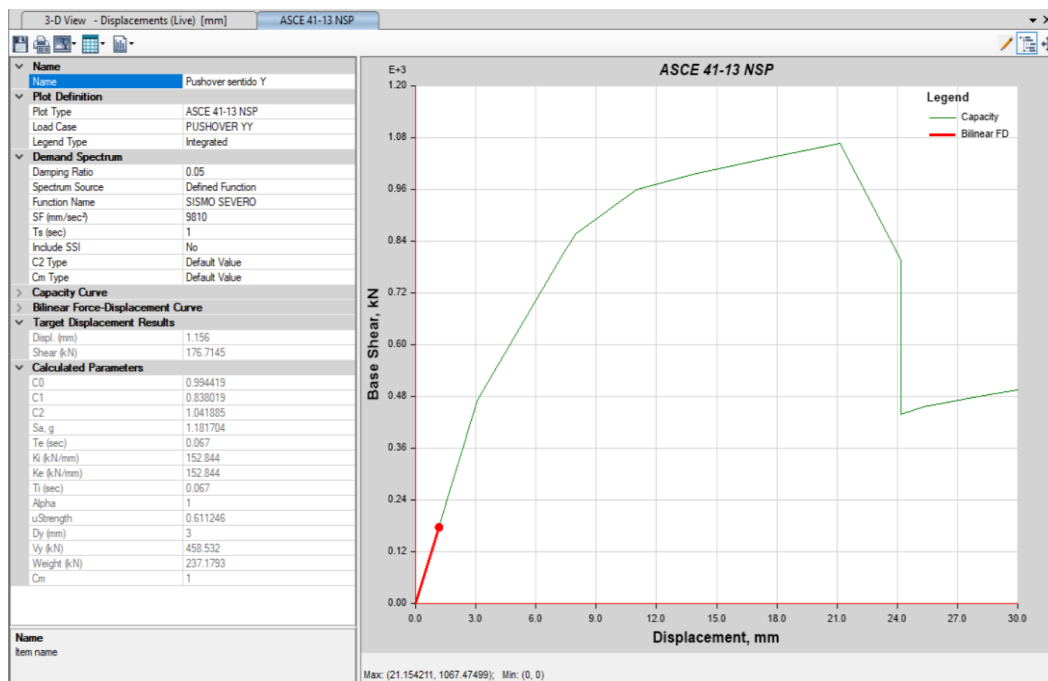


Figura 46. Punto de desempeño para la vivienda N°1, en el sentido Y para el sismo severo.

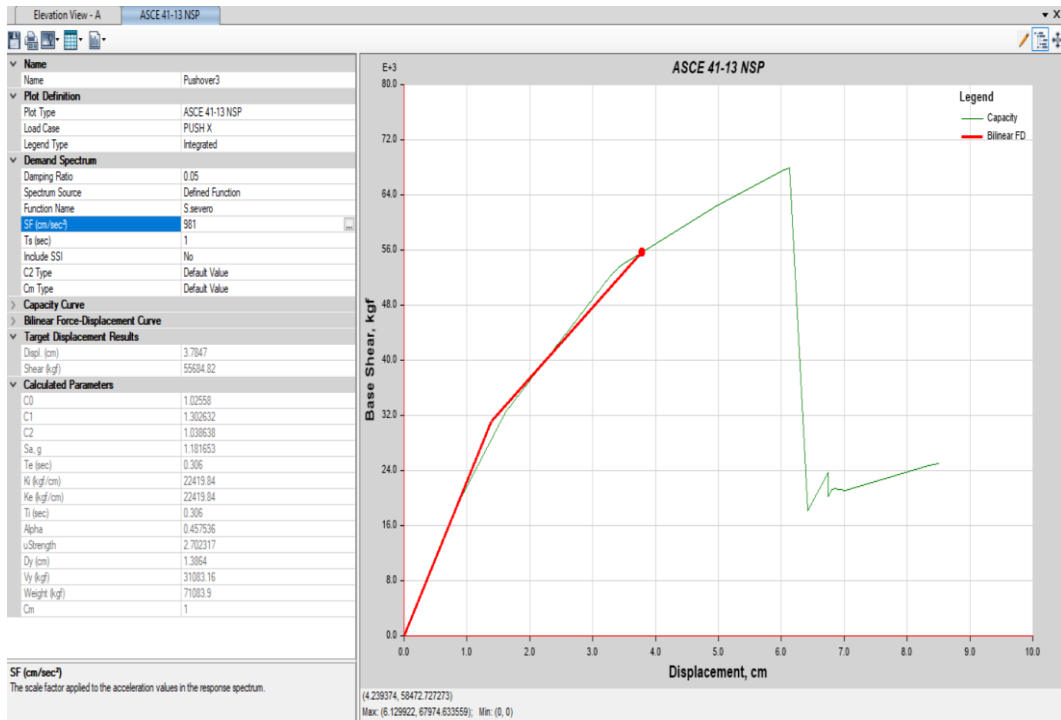


Figura 47. Punto de desempeño para la vivienda N°2, en el sentido X para el sismo severo.

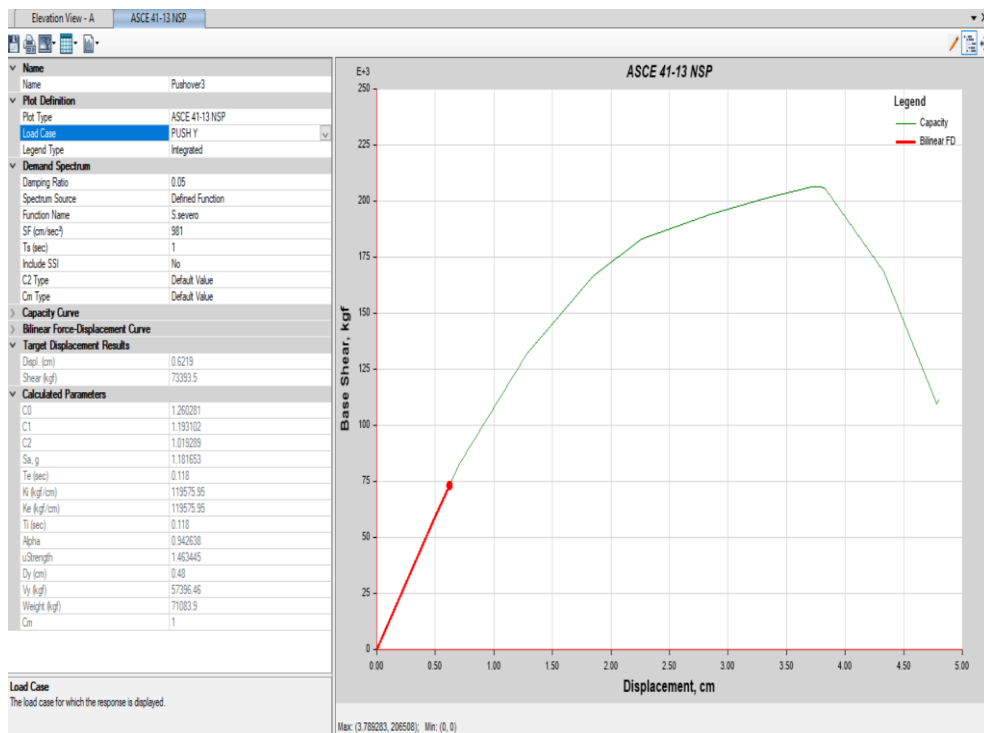


Figura 48. Punto de desempeño para la vivienda N°2, en el sentido Y para el sismo severo.

En la **figura 49,50,51 y 52**, se presenta la ubicación de cada punto de desempeño con respecto a la curva de capacidad sectorizada:

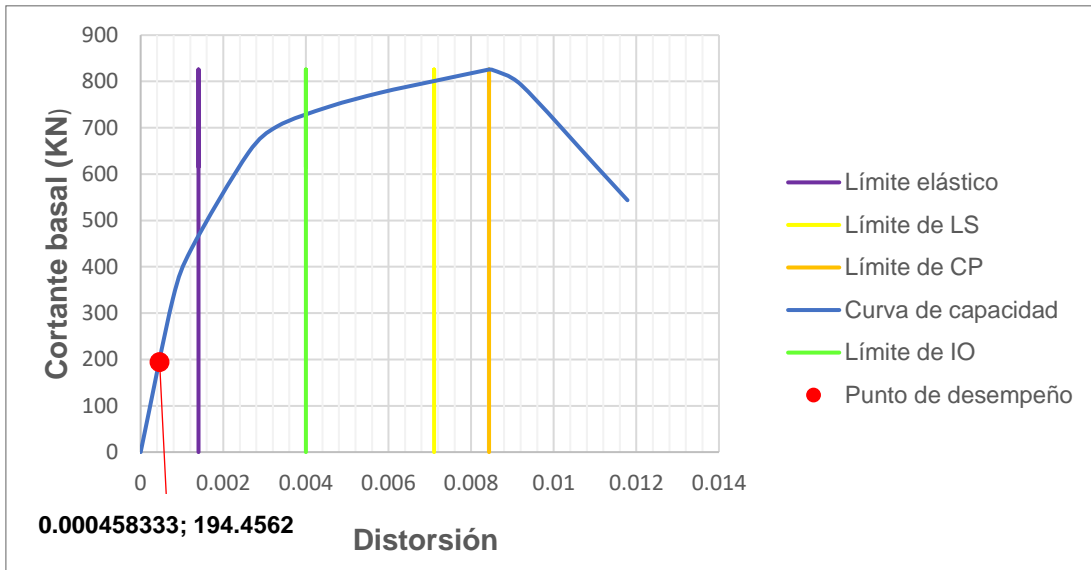


Figura 49. Ubicación del punto de desempeño para la vivienda N°1 en el sentido X para el sismo severo.

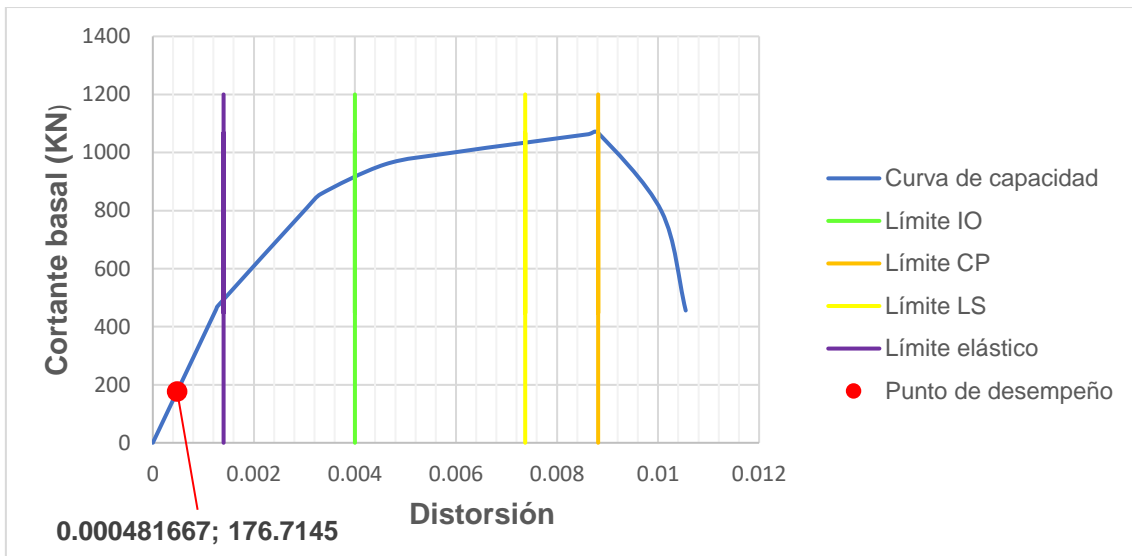


Figura 50. Ubicación del punto de desempeño para la vivienda N°1 en el sentido Y, para el sismo severo.

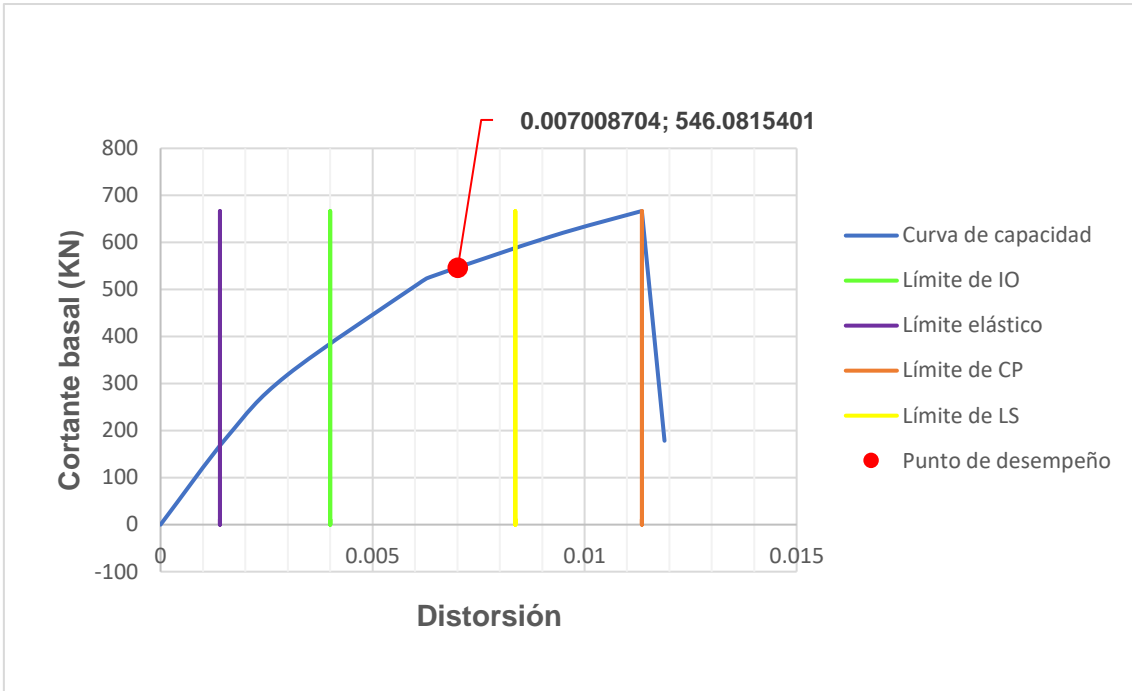


Figura 51. Ubicación del punto de desempeño para la vivienda N°2 en el sentido X, para el sismo severo.

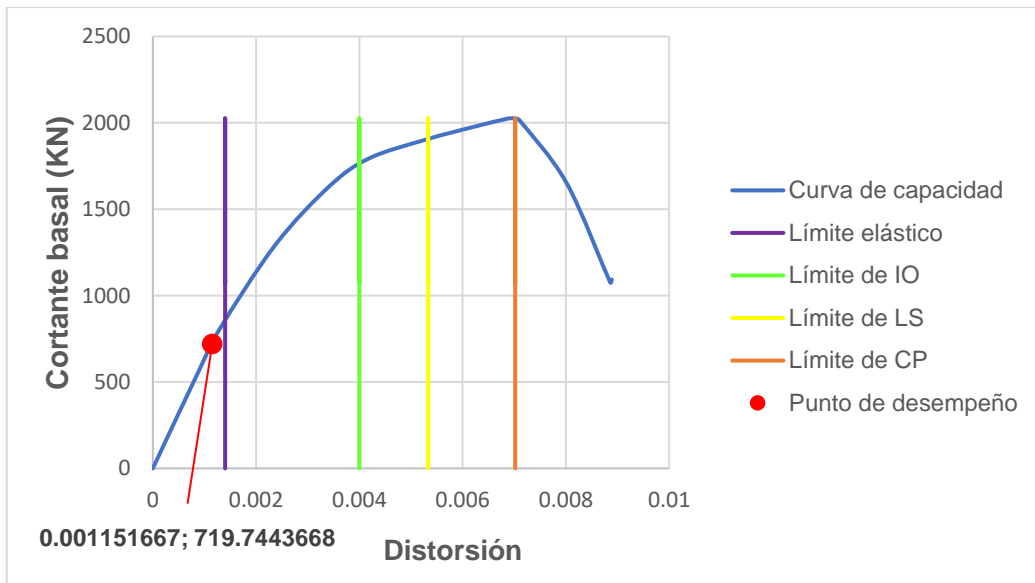


Figura 52. Ubicación del punto de desempeño para la vivienda N°2 en el sentido Y, para el sismo severo.

En la **tabla 4.2**, se presenta el desplazamiento objetivo para cada vivienda, y su ubicación dentro de los rangos o intervalos de desempeño.

	Cortante basal (KN)	Desplazamiento (mm)	Distorsión	Rango de desempeño según sectorización
Vivienda N°1 sentido X	194.46	1.100	0.00046	Elástico
Vivienda N°1 sentido Y	176.71	1.156	0.00048	Elástico
Vivienda N°2 sentido X	546.08	37.847	0.00701	Seguridad de Vida
Vivienda N°2 sentido Y	719.74	6.219	0.00115	Elástico

Tabla 4.2. Desplazamiento objetivo a nivel de distorsión para el nivel del sismo severo y resultados para el objetivo N°1.

Finalmente, antes de juzgar el desempeño de las viviendas, se debe verificar que, para el sismo severo, las distorsiones de entrepiso no excedan el valor normativo para estructuras de albañilería (0.005), para ello en base al desplazamiento de la tabla 4.2, se verificarán dichas distorsiones de entrepiso.

En la **figura 53 y 54**, se puede apreciar la distorsión de entrepiso, analizada hasta el desplazamiento objetivo generada por el sismo severo de la vivienda N°1 (1.10 mm en el sentido X y 1.156 mm en el sentido Y de desplazamiento objetivo – Referenciar con tabla 4.2).

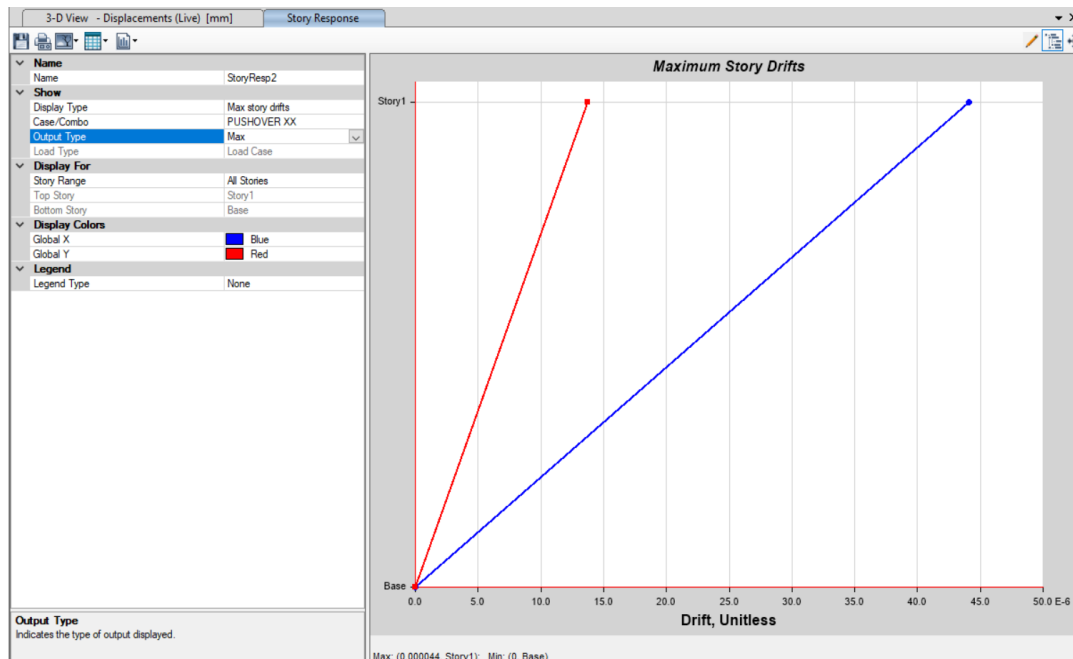


Figura 53. Distorsión de entrepiso máxima calculada para el nivel del sismo severo en el sentido X de la vivienda N°1.

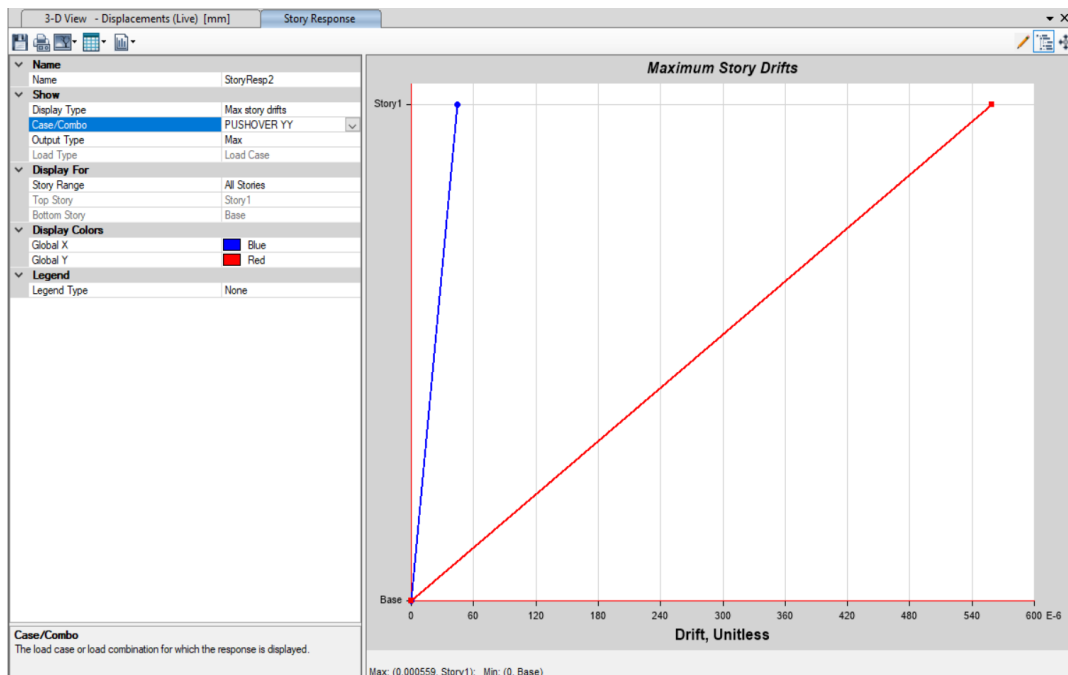


Figura 54. Distorsión de entrepiso máxima calculada para el nivel del sismo severo en el sentido Y de la vivienda N°1.

En la **tabla 4.3**, se presentan los valores numéricos para la vivienda N°1 de distorsión de entrepiso, que fueron presentados en las figuras **53 y 54**:

	Distorsión de entrepiso	¿Menor a 0.005?
Vivienda N°1 sentido X	0.00004	Sí
Vivienda N°1 sentido Y	0.00056	Sí

Tabla 4.3. Distorsión de entrepiso de la vivienda N°1, ante el sismo severo.

En la **figura 55 y 56**, se puede apreciar la distorsión de entrepiso, analizada hasta el desplazamiento objetivo generada por el sismo severo de la vivienda N°2 (37.847 mm en el sentido X y 6.219 mm en el sentido Y- **Referenciar con tabla 4.2**).

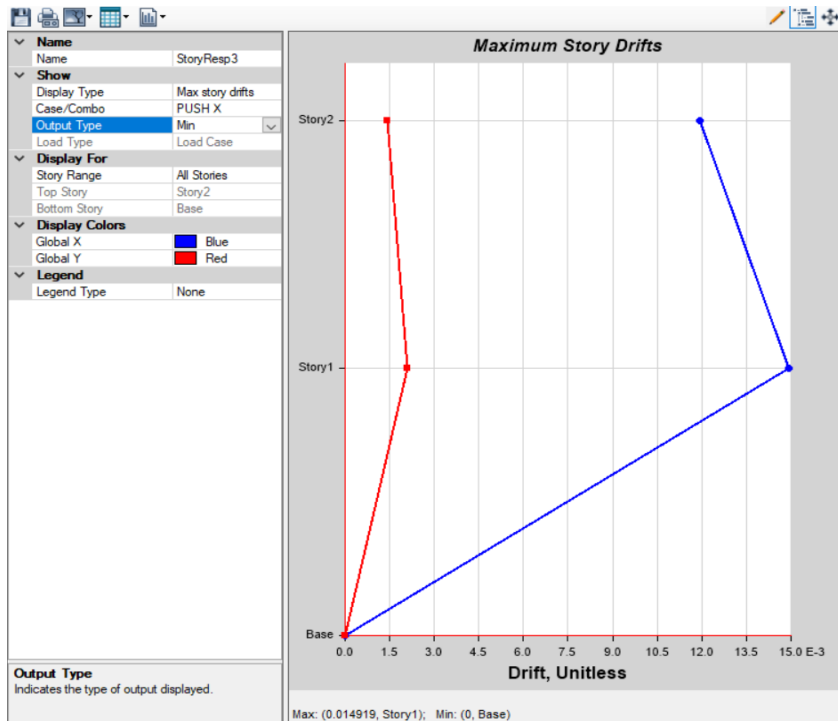


Figura 55. Distorsión de entrepiso máxima calculada para el nivel del sismo severo en el sentido X de la vivienda N°2.

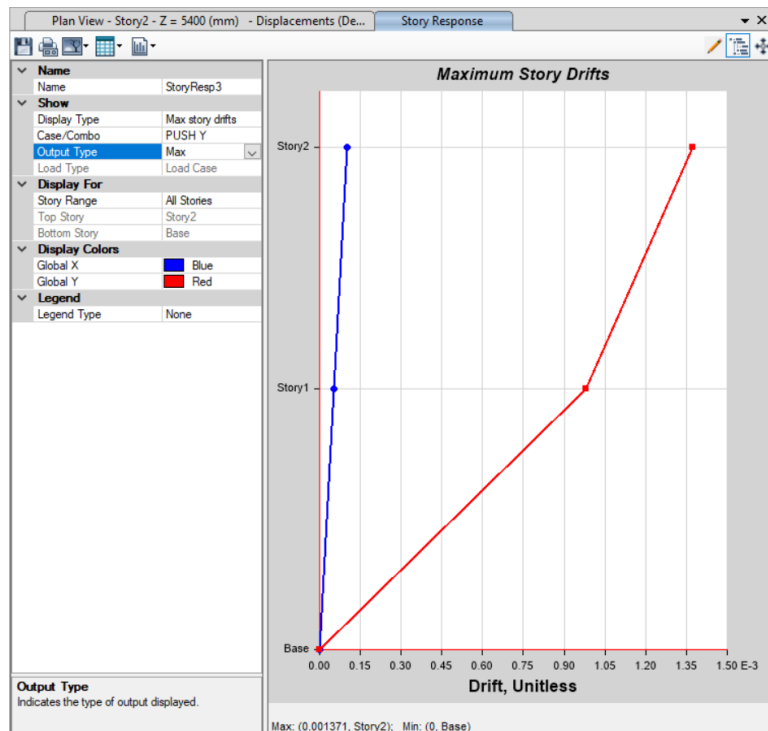


Figura 56. Distorsión de entrepiso máxima calculada para el nivel del sismo severo en el sentido Y de la vivienda N°2.

En la tabla 4.4 y 4.5, se presentan los valores numéricos de distorsión de entrepiso para la vivienda N°2, que fueron presentados en las figuras 55 y 56:

Vivienda N°2-Sentido X	Distorsión de entrepiso	¿Menor a 0.005?
Nivel 2	0.011916	No
Nivel 1	0.014919	No

Tabla 4.4. Distorsión de entrepiso de la vivienda N°2, ante el sismo severo en el sentido X.

Vivienda N°2-Sentido Y	Distorsión de entrepiso	¿Menor a 0.005?
Nivel 2	0.001371	Sí
Nivel 1	0.000981	Sí

Tabla 4.5. Distorsión de entrepiso de la vivienda N°2, ante el sismo severo en el sentido Y.

Interpretación de los resultados obtenidos para el objetivo 1

De acuerdo a los niveles de distorsión de entrepiso y el daño estructural analizado en las viviendas se puede afirmar lo siguiente:

1. Para la vivienda N°1: El daño estructural estimado en base a la distorsión de entrepiso (calculado según el punto de desempeño) es de un nivel elástico en ambos sentidos (Ver **tabla 4.2**), siendo el daño estructural mínimo o despreciable, este resultado es debido a que es una estructura con un área pequeña (35.51 m²), con una alta densidad de muros en ambos sentidos, si se realizase un análisis lineal normativo (estático o dinámico), se tendrían valores muy pequeños de distorsión de entrepiso, similar a los observado en el análisis no lineal , esto es debido a la alta rigidez de los muros de albañilería confinada en ambos sentidos.

2. Para la vivienda N°2: El daño estructural estimado en base a la distorsión de entrepiso, difiere tanto en el sentido X, como Y, para el sentido Y, se puede apreciar que el impacto del daño estructural sería muy bajo, sin embargo, para el sentido X, se puede decir que el edificio es seguro durante el evento, no obstante es probable que después ya no lo sea (nivel de seguridad de vida), asimismo cabe acotar que en la **tabla 4.4**, para la distorsión de entrepiso en el sentido Y, se aprecia que el nivel de distorsión de entrepiso supera al valor reglamentario de la E.030 de 0.005.

Para el objetivo específico 2: Determinar la influencia del daño estructural asociado límites de daño locales en la estimación del desempeño sísmico en edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.

Para poder obtener resultados para el objetivo específico N°2, se debe calcular los puntos de desempeño o desplazamientos objetivos para los niveles de sismo severo y sismo moderado, el cálculo de los desplazamientos es similar a los presentados anteriormente en las **figuras 45,46,47 y 48**. A continuación, se presentan los desplazamientos para ambos niveles de demanda sísmica y en la **tabla 4.6** se presentan los desplazamientos calculados.

	Sismo severo	Sismo moderado
	Desplazamiento (mm)	Desplazamiento (mm)
Vivienda N°1 sentido X	1.10	0.48
Vivienda N°1 sentido Y	1.16	0.54
Vivienda N°2 sentido X	37.85	16.69
Vivienda N°2 sentido Y	6.22	2.05

Tabla 4.6. Desplazamientos para los niveles de sismo moderado y sismo severo.

Con estos desplazamientos se vuelve a correr el análisis estático no lineal solo hasta el punto de desempeño, tal como se ejemplifica en la **figura 57**.

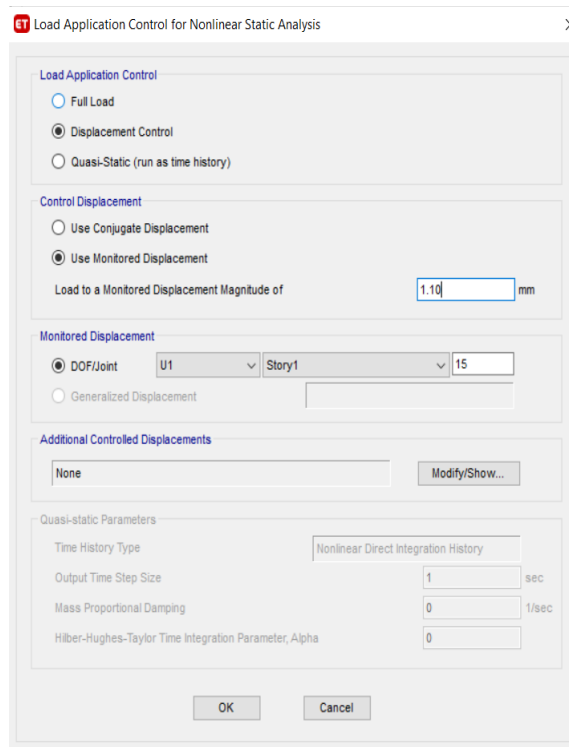


Figura 57. Análisis no lineal estático solo hasta el desplazamiento máximo generado por el sismo severo para la vivienda N°1 en el sentido X.

Al igual que en la **figura 57**, se repite el mismo procedimiento para cada vivienda y para cada nivel de demanda sísmica.

Finalizado el análisis por el software se ve el estado de daño local en cada muro, tal como se muestra en la **figura 58,59 y 60**. Los estados de daños se mostraron previamente en las **figuras 12 y 13**.

Análisis de muros para el sismo severo:

En la **figura 58**, se muestra las fuerzas internas (cortantes) del muro MX1 del primer y segundo piso, para los niveles del sismo severo.

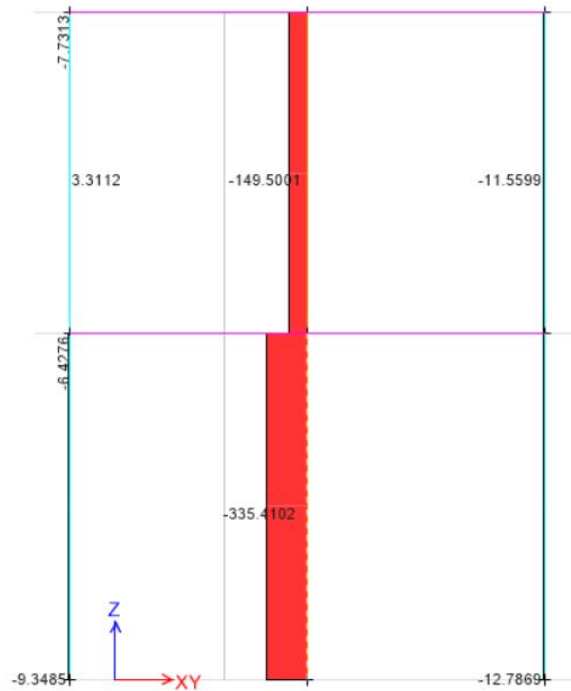


Figura 58. Fuerzas cortantes en los muros MX1 ante el nivel del sismo severo de la vivienda N°2

En la **figura 59**, se muestra el análisis gráfico de la rótula del tipo corte del muro MX1 del primero piso, al igual que en la **figura 58**, se observa un cortante máxima de -335.41 KN:

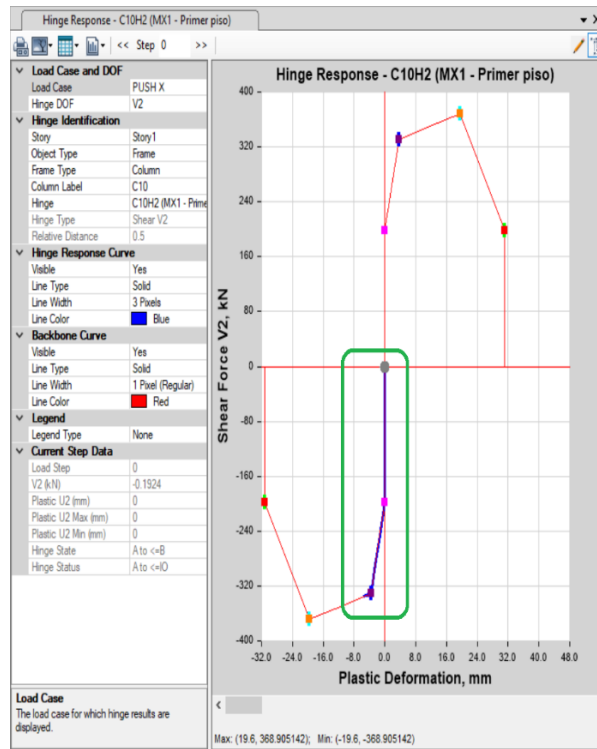


Figura 59. Análisis gráfico del estado de la rótula de corte del muro MX1 del primer piso para el sismo severo.

Para el ejemplo de la **figura 58 y 59**, de acuerdo a los objetivos de desempeño para muros, según la norma E070, el nivel de distorsión angular ante la acción del sismo severo es de 1/200 o 0.005, a continuación, en la **figura 60**, se presenta dicho límite representado en la curva tetra-lineal del muro MX1 y el desplazamiento demandado.

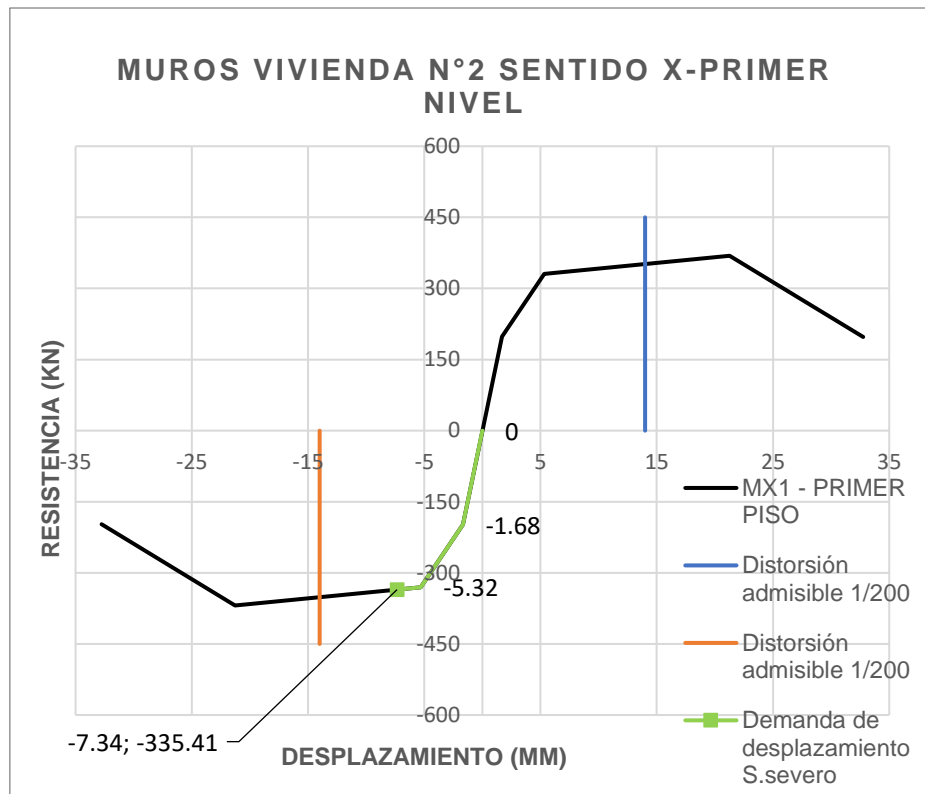


Figura 60. Límite normativo graficado y demanda de desplazamiento en la curva tetra-lineal del muro MX1 (vivienda N°2) del primer nivel para el sismo severo.

Según el desplazamiento demandado (línea verde) y de acuerdo a las investigaciones L.Cardenas et.al (2014), en la **figura 59**, el muro se encuentra en una estado de fluencia (tercer segmento de la curva tetra-lineal) ,además se puede ver en la gráfica que el desplazamiento demandado (-7.34 mm), no excede la distorsión de 1/200, que en este caso es de -14.00 mm

Basado en los ejemplos de las **figuras 57,58 y 59**, se hizo el mismo análisis para todos los muros de las viviendas N°1 y N°2. A continuación en la **tabla 4.7 y 4.8**, se presentan el resultado para todos los muros de ambas viviendas ante el sismo severo:

Sismo severo vivienda N°1		
Muro	Estado de daño local	¿Distorsión menor a 0.005?
MX1	Elástico	Si
MX2	Elástico	Si
MX3	Elástico	Si
MY1	Elástico	Si
MY2	Elástico	Si
MY3	Elástico	Si
MY4	Elástico	Si

Tabla 4.7. Desempeño sísmico en base a estado de daños locales para la vivienda N°1, para el nivel de sismo severo.

Sismo severo vivienda N°2		
Muro	Estado de daño local	¿Distorsión menor a 0.005?
MX1- Primer piso	Fluencia	Si
MX1- Segundo piso	Elástico	Si
MY1-Primer nivel	Elástico	Si
MY1-Segundo nivel	Elástico	Si
MY2 - Primer nivel	Post- elástico	Si
MY2 - Segundo nivel	Elástico	Si
MY3 - Primer nivel	Post- elástico	Si
MY3 - Segundo nivel	Elástico	Si
MY4 - Primer nivel	Post- elástico	Si
MY4 - Segundo nivel	Elástico	Si
MY5 Primer nivel	Post- elástico	Si
MY5 Segundo nivel	Elástico	Si
MY6 Primer nivel	Post- elástico	Si
MY6 Segundo nivel	Elástico	Si

Tabla 4.8. Desempeño sísmico en base a estado de daños locales para la vivienda N°2, para el nivel de sismo severo.

Análisis de muros para el sismo moderado:

De igual manera, se corre el análisis solo hasta el desplazamiento generado por el sismo moderado (referenciar con **tabla 4.6**). En la **figura 61**, se muestra los valores de cortante generado por el sismo moderado, en el muro MX1 del primer y segundo nivel:

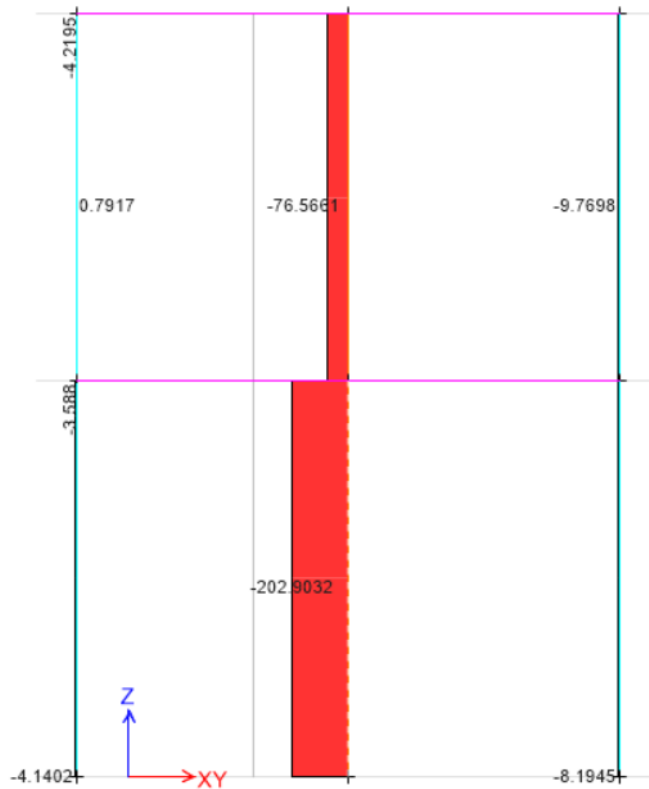


Figura 61. Fuerzas cortantes en los muros MX1 ante el nivel del sismo moderado de la vivienda N°2.

En la **figura 62**, se muestra el análisis gráfico de la rótula del tipo corte del muro MX1 del primero piso, al igual que en la **figura 61**, se observa un cortante máxima de -202.90 KN ante el sismo moderado.

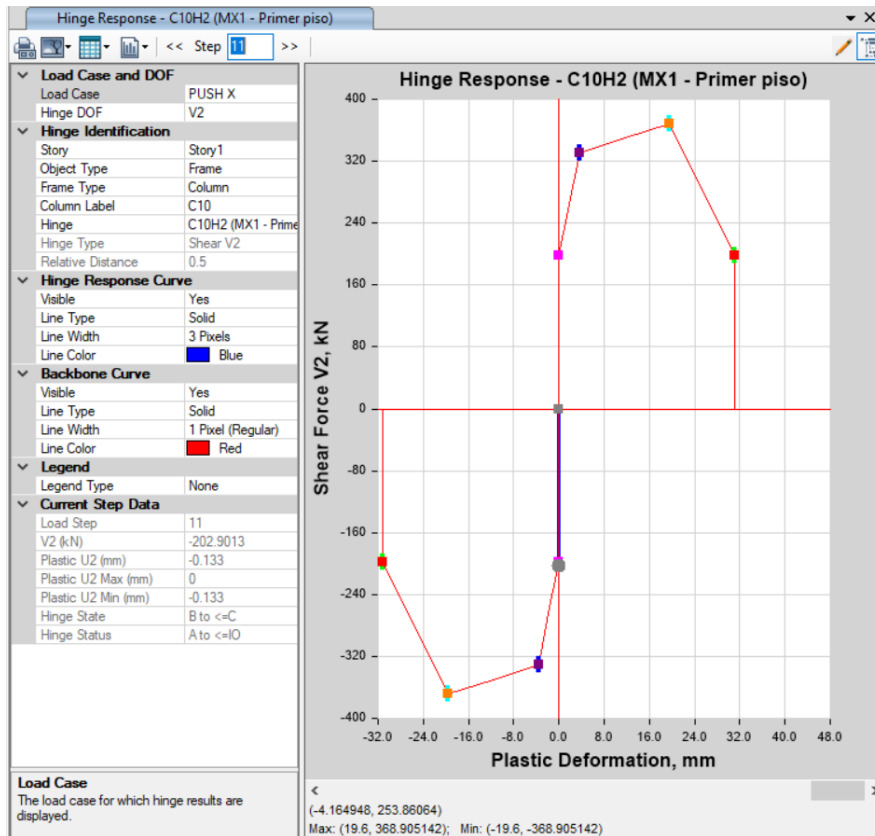


Figura 62. Análisis gráfico del estado de la rótula de corte del muro MX1 del primer piso para el sismo moderado.

Según la norma E.070, ante el nivel de sismo moderado, todos los muros deben permanecer dentro del rango lineal-elástico. A continuación, la **figura 63**, se muestra el análisis del muro en base a su demanda.

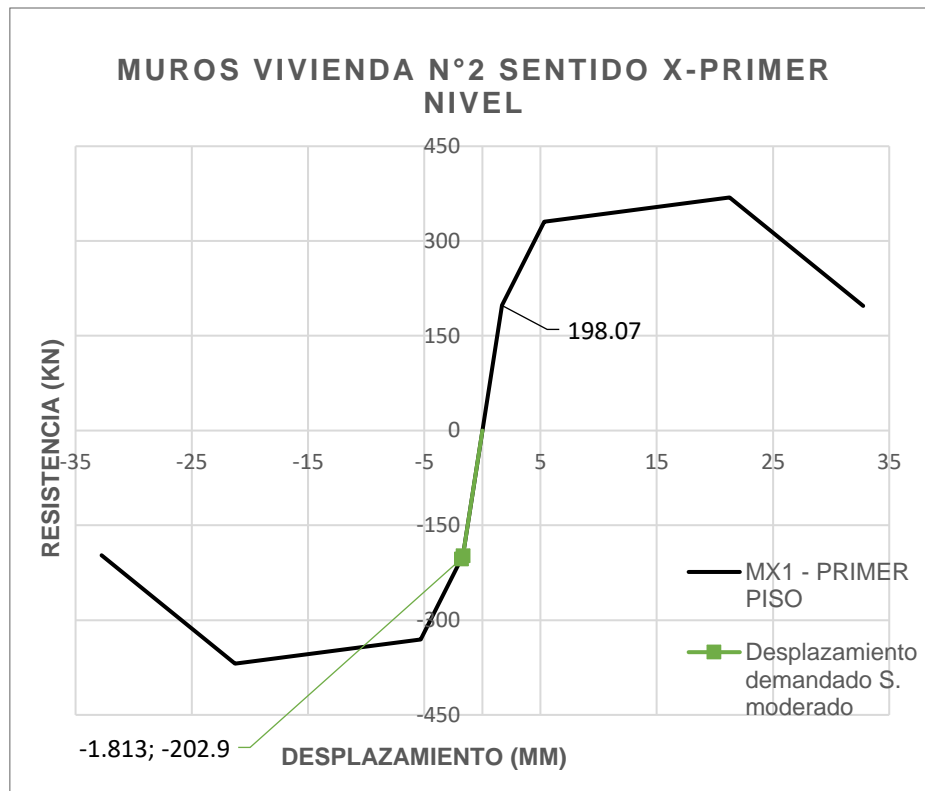


Figura 63. Límite normativo graficado y demanda de desplazamiento en la curva tetra-lineal del muro MX1 (vivienda N°2) del primer nivel para el sismo moderado.

Como se puede observar en la **figura 62**, la fuerza máxima elástica para este muro es de 198.07 KN, y su demanda de desplazamiento ante el sismo moderado es de 202.9 KN, esto quiere decir que el desplazamiento demandado supera el límite elástico. De la misma forma se analizan todos los muros de cada vivienda, presentándose los resultados en las **tablas 4.9 y 4.10**.

Sismo moderado vivienda N°1		
Muro	Estado de daño local	¿Estado lineal-elástico?
MX1	Elástico	Si
MX2	Elástico	Si
MX3	Elástico	Si
MY1	Elástico	Si
MY2	Elástico	Si
MY3	Elástico	Si
MY4	Elástico	Si

Tabla 4.9. Desempeño sísmico en base a estado de daños locales para la vivienda N°1, para el nivel de sismo moderado.

Sismo moderado vivienda N°2		
Muro	Estado de daño local	¿Estado lineal-elástico?
MX1- Primer piso	Post -Elástico	No
MX1- Segundo piso	Elástico	Si
MY1-Primer nivel	Elástico	Si
MY1-Segundo nivel	Elástico	Si
MY2 - Primer nivel	Elástico	Si
MY2 - Segundo nivel	Elástico	Si
MY3 - Primer nivel	Elástico	Si
MY3 - Segundo nivel	Elástico	Si
MY4 - Primer nivel	Elástico	Si
MY4 - Segundo nivel	Elástico	Si
MY5 Primer nivel	Elástico	Si
MY5 Segundo nivel	Elástico	Si
MY6 Primer nivel	Elástico	Si
MY6 Segundo nivel	Elástico	Si

Tabla 4.10. Desempeño sísmico en base a estado de daños locales para la vivienda N°2, para el nivel de sismo moderado.

Interpretación de los resultados obtenidos para el objetivo 2

De acuerdo a los resultados de las **tablas 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10**, se puede inferir lo siguiente:

1. Para la vivienda N°1: El daño estructural estimado, asociado a límites de daños locales para esta vivienda, dan como resultado, un desempeño dentro del rango elástico, tanto para el nivel del sismo severo como el moderado en los muros.
2. Para la vivienda N°2: El daño estructural estimado, asociado a límites de daños locales para esta vivienda, dan como resultado, una distorsión menor a 0.005 en todos los muros para el sismo severo, cumpliendo el objetivo de la norma E.070, sin embargo, para el sismo moderado, solo en la dirección Y se puede afirmar que se cumplió con el objetivo normativo.

Para el objetivo específico 3: identificar el número de zonas débiles en la estructura para la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.

En base a los resultados del objetivo número 2, se puede afirmar que la zona débil encontrada en este análisis es la que corresponde al muro MX1 del primer nivel.

Con respecto a las hipótesis:

- a. Para la primera hipótesis específica:** el daño estructural asociado a la distorsión de entrepiso sí influye en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.

Durante el análisis de los resultados, se pudo observar si hay una influencia ya que a nivel global la estructura tuviese una menor capacidad de resistencia y ductilidad, probablemente, la distorsión de entrepiso obtenida al calcular el punto de desempeño, estuviese ubicado en rangos no admisibles por la norma peruana, esto se debe principalmente a que no haya una adecuada densidad de muros en cierta dirección de análisis.

- b. Para la segunda hipótesis:** el daño estructural asociado a límites de daño locales influye en la estimación del desempeño sísmico en edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.

Se puede afirmar que sí influye, esto se pudo observar, claramente en el eje X de la vivienda N°2, ya que en este eje no se tenía un buen desempeño ante un sismo moderado.

- c. Para la tercera hipótesis específica:** el número de zonas débiles influye en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.

Hay una influencia entre el número de zonas débiles y el desempeño sísmico, especialmente a nivel local.

- d. Para la hipótesis general:** la respuesta estructural no lineal influye en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.

Se pudo observar que sí hay una gran influencia entre los niveles de resistencia y ductilidad generadas en cada curva tetra-lineal de los muros,

además de los valores de cortante basal y desplazamiento de la curva de capacidad, con la respuesta estructural final y su desempeño local y global.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los ensayos realizados en laboratorio de resistencia a la compresión de pilas de albañilería ($f'm$), se pudo observar una baja resistencia, esto está fuertemente influenciado al espesor de las juntas, sin embargo, al momento de realizar las curvas tetra lineales (según la fórmula 1), el valor de $f'm$ tuvo baja relevancia, ya que se observó mayor influencia del acero transversal de las columnas de confinamiento (estribos) en la fórmula propuesta por M. Diaz. et al. (2019). Adicionalmente cabe mencionar que los ensayos en laboratorio por los investigadores peruanos del Cismid, están en base a muros construidos bajo condiciones ideales, especialmente en el tema de juntas entre ladrillos.

En base a la comparación realizada en la **figura 8**, las curvas tetra lineales propuestas por M. Diaz. et al. (2019), han dado una muy buena aproximación con respecto a un ensayo real realizado en otra universidad peruana, sin embargo, esta propuesta peruana no toma en cuenta una posible disminución de ductilidad del muro por carga axial, esta influencia se ve en los resultados de la tesis peruana elaborada por **Pari & Manchego (2017)**. Asimismo, cabe mencionar que, en los 2 casos de estudios analizados, debido a la baja altura de las edificaciones analizadas, los valores de esfuerzos axiales máximos fueron bajos.

Se puede inferir que el buen desempeño de las edificaciones analizadas, se debe a la gran capacidad de ductilidad que tienen los muros hechos a partir de ladrillos industriales, esto es a pesar de que no se tiene un buen espesor de juntas de mortero en campo, esta ductilidad no la poseen muros hechos con ladrillos artesanales y/o tubulares.

En contraste con el antecedente internacional presentado **Sreejith, Sivan, Praveen, Gajendran & Nisha (2016)** y las formulaciones realizadas por los investigadores peruanos, se pudo observar durante el desarrollo de las curvas tetra-lineales la influencia del refuerzo horizontal, en la resistencia máxima de cada muro.

En contraste con el antecedente internacional de **Amouzadeh & Soltani (2017)**, se tuvieron resultados similares, esto se ve especialmente en la vivienda de un solo nivel (vivienda N°1), en donde la presencia de varios muros adyacentes entre sí logró un mayor nivel de resistencia en la curva de capacidad final.

En contraste con el antecedente nacional de **Garay & Llaure (2020)**, se puede afirmar que la principal diferencia entre estas investigaciones, está en el tipo de viviendas analizadas por las autoras, viviendas informales, ellas realizan una evaluación lineal basada únicamente en la norma E.070, afirmando que en el sentido de la albañilería sus estructuras si cumplen la normativa vigente, con respecto a los resultados de esta investigación, se tienen similitudes.

En contraste con el antecedente nacional de **Saldaña (2020)**, el autor de la investigación realiza una modelación no lineal de los muros usando rótulas concentradas del tipo corte, al igual que en esta investigación, sin embargo, el autor utiliza curvas tri-lineales propuesta por autores mexicanos, las estructuras analizadas por el autor fueron de 3,4 y 5 pisos irregulares, teniendo como resultado que ante un sismo severo sus estructuras no tienen un buen desempeño.

En contraste con el antecedente nacional presentado por **Torre (2019)**, el autor realizó una modelación de la albañilería, reemplazándola como un puntal diagonal equivalente, con un determinado ancho, este elemento trabajaba principalmente a compresión, a diferencia de este proyecto de investigación, dicha edificación analizada por **Torre (2019)**, cumplía todos los parámetros de la norma E.030 y E.070, al finalizar el autor tiene por resultados el cumplimiento de los objetivos de desempeño de la norma E.030, quedando en un estado de daño de ocupación inmediata la vivienda analizada, este resultado es similar al encontrado en la vivienda N°1, a pesar de que se realizó con otra metodología. Cabe mencionar que el autor realizó el análisis de una vivienda de 4 niveles, obteniendo valores muchísimo menor en resistencia y desplazamiento en sus curvas de capacidad, a lo esperado para una vivienda que cumple las normativas peruanas vigentes.

Con respecto a la propuesta extranjera de reducción de resistencia (Dr), propuesta por Al-Chaar et al (2002), podría no ser tan real para muros de albañilería peruana. Actualmente en Perú se sigue desarrollando ensayos para sacar un valor nacional de reducción de resistencia, que tome en cuenta el área los vanos y su ubicación. Cabe mencionar que en esta investigación solo se modelaron muros que se encuentren totalmente confinados y que tuviesen continuidad vertical; sin embargo, también en las viviendas analizadas, así como en otras a nivel nacional, hay muros parcialmente confinados, para este tipo de muros se desconoce su nivel de resistencia y ductilidad, por ello éstos podrían generar un cambio del desempeño a nivel local.

Con respecto a la capacidad en cada punto notable de la curva tetralineal para muros de albañilería peruana, podría presentar modificaciones, ya que es sabido que durante el proceso constructivo de las viviendas, muchos de estos muros portantes son picados, con la finalidad de alojar instalaciones eléctricas y sanitarias, esto inevitablemente disminuye la capacidad de resistencia del muro, pudiendo generar un desempeño distinto al calculado, este factor no ha sido tomado en cuenta , ya que a nivel nacional hay pocas investigaciones, respecto a esta disminución de resistencia.

Con respecto al modelo no lineal equivalente usado en esta investigación, particularmente ha dado buenos resultados, sin embargo, caber mencionar que también hay otros modelos para representar a la albañilería como el de plasticidad concentrada del tipo link y modelos más sofisticados como los elementos finitos.

El análisis no lineal estático, da buenos resultados para estructuras pequeñas y de baja complejidad, sin embargo si no se tienen estas características, no es confiable el análisis, pudiendo originar falta de convergencia en los softwares de cálculo estructural, para este tipo de edificaciones es más recomendable el análisis no lineal de historia de respuestas (NTHA) o también llamado análisis dinámico no lineal, sin embargo tal como se mencionó en las teorías asociadas, éstos requieren un gran esfuerzo computacional, y no son muy aplicables, alternativamente existe el análisis modal pushover, que considera el efecto el de los modos superiores de vibración de una estructura, especialmente para

estructuras irregulares o de mayor altura. Qu y Zhou (2020) han desarrollado un nuevo patrón de cargas laterales para estructuras irregulares en planta, el cual podría ser aplicable, para estructuras de albañilería peruana con estas características.

Con respecto a la forma de sectorizar mostrada en la **figura 11**, no ha sido posible su aplicación al 100%, ya que cada edificación presenta una forma diferente en su curva de capacidad, solo se pudo aplicar el límite de distorsión de entrepiso (drift) entre ocupación inmediata (IO) y seguridad de vida (LS), mostrado con 0.004.

Con respecto a la aplicabilidad de la ecuación 1, los investigadores peruanos recomiendan usar esta fórmula siempre y cuando, existe una relación de esbeltez (H/L) dentro del rango de 0.6 y 1.3, ya que el comportamiento predominante de los muros es de corte o flexo-corte.

Con respecto al espectro de peligro sísmico, se puede observar que el espectro normativo para el sismo severo de la **figura 3**, es mayor que el espectro de peligro uniforme calculado según la aplicación web de Sencico, esto da a entender que la norma peruana, tiene valores conservadores para el análisis y el diseño estructural final de las edificaciones en general.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones están de acuerdo al objetivo general y a los objetivos específicos.

Con respecto al objetivo general:

En esta tesis se estimó el desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en base a su respuesta estructural no lineal en la ciudad de Ica-2021 dando como resultado curvas de capacidad para las viviendas analizadas que posteriormente fueron sectorizadas y en base a esa sectorización se concluye que solo una de las edificaciones analizadas (vivienda N°1) tuvo un desempeño aceptable a nivel global y local.

Con respecto al primer objetivo específico:

En esta tesis se determinó la influencia del daño estructural asociado a la distorsión de entrepiso en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021 dando como resultado distorsiones de piso de 0.00046 y 0.00048 para la vivienda N°1 y para la vivienda N°2 distorsiones de 0.00115 para el sentido X y para el sentido Y se excedió el permitido por la norma peruana, con lo cual se concluye que a pesar de encontrarse esta edificación en el rango de seguridad de vida, no es aceptable su desempeño por la norma nacional.

Con respecto al segundo objetivo específico:

En esta tesis se determinó la influencia del daño estructural asociado límites de daño locales en la estimación del desempeño sísmico en edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021 dando como resultados que todos los muros de la vivienda número 1 permanecían elásticos ante los niveles de demanda del sismo severo y moderado, se tiene principalmente este comportamiento dada su alta densidad de muros, en cambio para la vivienda N°2, cada muro ante el nivel del sismo severo permanecían menores a 0.005, pero para el nivel de sismo moderado, 1 muro tenía un nivel de daño post-elástico, incumpliendo el objetivo de la norma E.070.

Con respecto al tercer objetivo específico:

En esta investigación identificó el número de zonas débiles en la estructura para la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021, teniendo como resultado que en la vivienda número N°1, no se detectaron zonas ni ejes débiles, en cambio en la vivienda N°2 se detectó específicamente el muro MX1 del primer nivel era susceptible a tener daño ante el sismo moderado.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los futuros investigadores realizar más investigación de este tipo de viviendas, ya que la población es infinita y no solo es aplicable para la ciudad de Ica, sino también para otras ciudades a nivel nacional.
- Se recomienda a los profesionales y/o investigadores tener mayor investigación experimental de laboratorio de muros que no se encuentren totalmente confinados, ya que este tipo de muros, son muy comunes en viviendas a nivel nacional y a la fecha se desconoce su desempeño y capacidad.
- Se recomienda realizar más investigaciones, respecto a la influencia de la carga axial, ya que en contraste otros investigadores, **Pari & Manchego (2017)**, afirman que la carga axial influye positivamente en resistencia, pero disminuye ductilidad del muro.
- Se recomienda los futuros investigadores realizar análisis no lineales en otros programas de cálculos estructural, con la finalidad de contrastar resultados de esta investigación, ya que la albañilería es un sistema muy complejo de analizar.
- Se recomienda no realizar el análisis pushover en estructuras irregulares o muy complejas, con el análisis pushover clásico, actualmente existen otras alternativas.
- Se recomienda realizar estudios en otras estructuras con muros hechos a base a ladrillos artesanales y/o ladrillos tubulares, con la finalidad de evaluar su desempeño.
- Para los futuros investigadores que deseen hacer investigaciones de viviendas a base de ladrillos artesanales y/o tubulares, se recomienda revisar la investigación realizada por **Lavado L, Taira J & Gallardo J (2014)**, ya que en esa investigación se han encontrado propiedades mecánicas distintas a las mencionadas en la norma E.070, para este tipo de unidades de albañilería.
- Se recomienda realizar más ensayos respecto a influencia de las instalaciones sanitarias y eléctricas, en el nivel de resistencia de los distintos tipos de muros de albañilería confinada (industrial, artesanal y tubular).

- Se recomienda investigar, respecto a la influencia de vanos en cada tipo de muro (industrial, artesanal y tubular), teniendo en cuenta su ubicación y tamaño de estas aberturas.
- Se recomienda a los ingenieros, calculistas, diseñadores estructurales confinar la mayor cantidad de muros posibles de una estructura, ya que el desempeño de los muros no confinados o parcialmente confinados, es incierto.

REFERENCIAS

Instituto Belisario Domínguez (2018). *Sismos 2017: Diagnósticos y propuestas para la reconstrucción*.

<http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/bitstream/handle/123456789/4064/Sismos%202017%20Diagn%C3%B3sticos%20y%20propuestas%20para%20la%20reconstrucci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villanueva, V (2020). *19S: la lucha por una reconstrucción justa, digna y segura- Una respuesta organizada frente a la política pública en materia de reconstrucción urbana post-sísmica en la ciudad de México*, 161-184. DOI: 10.34096/runa.v41i2.8788

Bernal, I., Tavera, H., Sulla, W., Arredondo, L y Oyola, J. (2018) *Geomorphology Characterization of Ica Basin and Its Influence on the Dynamic Response of Soils for Urban Seismic Hazards in Ica, Peru*. Hindawi. <https://doi.org/10.1155/2018/9434251>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009). *Estudio de Reconstrucción con Viviendas Sismorresistentes en la República del Perú*. <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1375/doc1375-contenido.pdf>.

Chandes, J, & Paché, G (2009). To Ponder on the Collective Actions in the context of Humanitarian Logistics: Lessons from the Earthquake in Pisco. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 14(27),47-61. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360733607003>

Toledo, V (2017). *Evaluación del Desempeño de un Edificio con Base Fija Convencional y con Aisladores Sísmicos en la Base*. [Treball Final de Màster, Universitat Politècnica de Catalunya]. Portal de acceso abierto al conocimiento de la UPC. <https://upcommons.upc.edu/browse?value=Toledo%20Espinoza,%20Vlavec&ty pe=author>

Díaz, M., Zavala, C., Flores, E., Cárdenas, L (2019). Development of Analytical Models for Confined Masonry Walls Based on Experimental Results in

Lima.City. *Journal TECNIA*, 29(2), 23-29. DOI:

<https://doi.org/10.21754/tecnica.v29i2.711>

Zavala,C., Diaz, M., Flores, E. & Cárdenas, L (2019). Damage Limit States for Confined Masonry Walls Based On Experimental Test. *Journal TECNIA*,29(2), 135-141. DOI: <https://doi.org/10.21754/tecnica.v29i2.715>

Peloso, S., Casarotti, C., Pavese, A., Dacarro, F. y Sinopoli, G (2017). *In situ pushover test of an existing two storey RC frame designed for gravity loads*. 7th International Conference on Advances in Experimental Structural Engineering. DOI: 10.7414/7aese.T2.1000

Sreejith,P., Sivan, P., Praveen A, Gajendran, C & Nisha,V (2016). *Simplified Method For Shear Strenght Prediction of Confined Masonry Walls Subjected to in Plane Loads*.Procedia Technology.24(2016).155-160. DOI: 10.1016/j.protcy.2016.05.022

Amouzadeh, M & Soltani, M (2017). In plane response of unreinforced masonry walls confined by reinforced concrete tie-columns and tie-beams. *Sage Journals- Advances in Structural Engineering*, 20(11), 1632-1643, DOI: <https://doi.org/10.1177%2F1369433216689569>

Garay. M y Llaure. L (2020). *Evaluación de la capacidad sísmica de viviendas conformadas por sistemas estructurales de albañilería confinada y pórticos de concreto armado en el distrito de la Victoria, Lima*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Civil]. UPNBOX Repositorio Institucional.

Saldaña. R (2020). *Nivel de desempeño sísmico de las viviendas proyectadas para el año 2017-2018 en la ciudad de Cajamarca*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación – Alicia

Torre, J (2019). *Análisis no lineal estático de una edificación de albañilería confinada en la ciudad de Huancavelica-2018*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Nacional de Huancavelica – Repositorio Institucional.

Zhang, J., Jiang, J y Li, G (2016) An improved consecutive modal pushover procedure for estimating seismic demands of multi-storey framed buildings. Wiley. <http://doi.org/10.1002/tal.1336>

Rahul, L. y Naveen A (9-13 de Enero de 2017) *A Study on Pushover Analysis using Capacity Spectrum Method based on Eurocode 8*. 16th World Conference on Earthquake Engineering Santiago Chile

Zhang, M., Liu, R., Li, Y y Zhao, G (2018) Seismic Performance of Corroded Reinforce Concrete Frame Structure Using Pushover Method. *Hindawi Advances in Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2018/7208031>

Qu, C. y Zhou Yu (2020) A new lateral load pattern for pushover analysis of asymmetric-plan structures. *Journal of Vibroengineering*. 22(5), 1113-1125, DOI: <https://doi.org/10.21595/jve.2020.20907>

ASCE/SEI 41-17 (2017). "Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings"

Ainul, R., Sohaib, M & Ashour, S (2014). Seismic Assessment of an RC Building Using Pushover Analysis. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 4(3), 631-635. DOI: 10.48084/etasr.428.

Wang, W (2019). *Evaluación y Adecuación Sísmica del Edificio Laureano Echandi Ccss*. [Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ingeniería Civil para optar al grado y título de Maestría Académica en Ingeniería Civil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica. <http://hdl.handle.net/10669/79831>.

Servicio Nacional de Capacitación para la Construcción (2016). Actualización del Programa de Cómputo Orientado a la determinación del Peligro Sísmico en el País.

Norma técnica de edificación E. 020 "Cargas". Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Gobierno del Perú.

Norma técnica de edificación E. 030 "Diseño Sismorresistente". Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Gobierno del Perú.

Norma técnica de edificación E. 070 “Albañilería”. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Gobierno del Perú.

ATC-40 (1996), “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings”

Janampa, J & Fernandez, V (2018). Efectos de la Irregularidad Vertical de Piso Blando sobre la Respuesta no Lineal de Estructuras Aperticadas. *Revista Sul-Americana de Engenharia Estrutural*. 15(2). 01-18, DOI:

<http://dx.doi.org/10535/rsae.v15i2.7176>.

Cárdenas, L., Reyna, R., Estacio, L. & Zavala, C (2014). Implementation of Database of Masonry Walls Test – Review of Existing Test Data in Peru. *Journal of Disaster Research*. 9(6), 993-1000, DOI:

<http://dx.doi.org/10.21754/tecnia.v29i2.715>

Singhal, V & Rai, D (2016). In-plane and out-of-plane behavior of confined masonry walls for various toothing and openings details and prediction of their strength and stiffness. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*. 45 (15).

DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/eqe.2783>

Al-Chaar, G (2002). Evaluating Strength and Stiffness of Unreinforced Masonry Infill Structures. Us Army Corps of Engineers.

Gonzales, G., Aguilar, A & Huaco, G (2020). *Incremental Dynamics Analysis of a 60-Year-Old Hospital with Handmade Brick Masonry Walls*. 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology “Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development” “Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on a Knowledge-Based Economy”, July 27-31, 2020.

Coral, M (2017). *Ensayos Cíclicos en muros de albañilería confinada contruidos con ladrillo King Kong de fabricación industrial*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Repositorio digital de tesis PUCP.

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/13133>

Baena, G (2017). *Metodología de la investigación*. 3^{er} Edición. Grupo Editorial Patria.

Herbas, B & Rocha, E. (2018) Scientific methodology for conducting marketing research and quantitative social research. *Revista Perspectivas*, (42), 123-160. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-37332018000200006&lng=es&tlng=es.

Chopra, A (2014). *Dynamics of Structures*. 4^{ta} Edición. Pearson Education. University of California at Berkeley

Arias, J., Miranda, M & Villasis, M, (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*.63(2), 201-206. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011>

Otzen, T. & Manterola, C (2017). Sampling Techniques on a Population Study. *Int. J. Morphol.* 35(1), 227-232. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista L, (2014). *Selección de muestra*. En *Metodología de la Investigación*. (6^a ed., pp. 170-191). México: McGraw-Hill.

Arias, J (2020). *Métodos de Investigación Online Herramientas Digitales para recolectar datos*.

Oseña, D., Huaman, E., Shimbucat, F., Zevallos, K., & Barrera, M. (2015). *Teoría y Práctica de la Investigación Científica*. Perú: Soluciones gráficas SAC.

NTP 399.605. Unidades de Albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.

ASTM C 1314 (2003). "Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms"

Pari, S & Manchego, J (2017). Análisis experimental de muros de albañilería confinada en viviendas de baja altura en Lima, Perú. [Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil]. Repositorio digital de tesis PUCP. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8662>

Lavado, L., Taira, J., Gallardo, J (2014). Current State of Masonry Properties Material on Emerging Zones in Lima City. *Journal of Disaster Research*.9(6). 1015-1020. DOI: <https://doi.org/10.20965/jdr.2014.p1015>

ANEXOS

ANEXO 1- VALIDACIÓN A JUICIO DE EXPERTOS

Tesis: Respuesta estructural no lineal en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 3 pisos en Ica, Perú

ANÁLISIS DE VALIDEZ - TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y Nombre del experto: RAUL HEREDIA BENAVIDES

Grado y/o título académico: MAGISTER EN INGENIERIA ESTRUCTURAL

Número CIP: 150 437

Área de desarrollo del profesional: ESTRUCTURAS

Título de la investigación: Respuesta estructural no lineal en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 3 pisos en Ica, Perú.

Autor: Rodriguez Velazco Omar Alexander

Fecha:

Indicador	Criterio	Validar según Oseda (2011)
Claridad	¿Existe lenguaje apropiado?	0,65
Organización	¿Existe organización lógica?	0,70
Consistencia	¿Está basado de acuerdo a la problemática?	0,70
Coherencia	¿Se encuentra relacionado con la matriz de consistencia?	0,70
Metodología	¿Responde al propósito del trabajo?	0,65
Pertinencia	¿Es adecuado para la investigación?	0,70
Promedio		0,68
Interpretación del promedio		MUY VALIDA.

Según Oseda (2011):

0 ————— 0,5 ————— 1	
0,53 a menos	Validez nula
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Válida
0,66 a 0,71	Muy válida
0,72 a 0,99	Excelente validez
1,0	Validez perfecta


Firma

Elaborado por: Rodriguez Velazco Omar Alexander

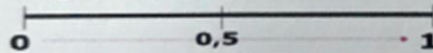
Tesis: Respuesta estructural no lineal en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 3 pisos en Ica, Perú.

ANÁLISIS DE VALIDEZ - TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

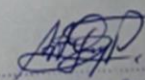
Apellidos y Nombre del experto: Godoy Pereyra Arturo
Grado y/o título académico: Magister
Número CIP: 66311
Área de desarrollo del profesional: Ingeniero de proyectos civiles
Título de la investigación: Respuesta estructural no lineal en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 3 pisos en Ica, Perú.
Autor: Rodriguez Velazco Omar Alexander
Fecha: 05/05/2021

Indicador	Criterio	Validar según Oseda (2011)
Claridad	¿Existe lenguaje apropiado?	0.66
Organización	¿Existe organización lógica?	0.71
Consistencia	¿Está basado de acuerdo a la problemática?	0.66
Coherencia	¿Se encuentra relacionado con la matriz de consistencia?	0.70
Metodología	¿Responde al propósito del trabajo?	0.72
Pertinencia	¿Es adecuado para la investigación?	0.72
Promedio		0.695
Interpretación del promedio		Muy válido

Según Oseda (2011):



0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.0	Validez perfecta


Arturo Fabian Godoy Pereyra
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 66311

Firma

Tesis: Respuesta estructural no lineal en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 3 pisos en Ica, Perú

ANÁLISIS DE VALIDEZ - TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y Nombre del experto: Saldaña Dávalos Darío

Grado y/o título académico: Ingeniero civil

Número CIP: 213339

Área de desarrollo del profesional: Evaluador de proyectos

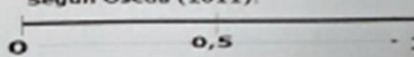
Título de la investigación: Respuesta estructural no lineal en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 3 pisos en Ica, Perú.

Autor: Rodríguez Velazco Omar Alexander

Fecha: 06/05/2021

Indicador	Criterio	Validar según Oseda (2011)
Claridad	¿Existe lenguaje apropiado?	0.70
Organización	¿Existe organización lógica?	0.65
Consistencia	¿Está basado de acuerdo a la problemática?	0.68
Coherencia	¿Se encuentra relacionado con la matriz de consistencia?	0.75
Metodología	¿Responde al propósito del trabajo?	0.80
Pertinencia	¿Es adecuado para la investigación?	0.70
Promedio		0.71
Interpretación del promedio		Muy válida

Según Oseda (2011):



0.52 a menos	Validez nula
0.53 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.0	Validez perfecta


DARÍO SALDAÑA DÁVALOS
INGENIERO CIVIL
CIP 213339
Firma

Elaborado por: Rodríguez Velazco Omar Alexander

ANEXO 2- FICHA DE REGISTRO DE OBSERVACIÓN VIVIENDA N°1

Tesis: Respuesta estructural no lineal en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021

FICHA DE REGISTRO DE OBSERVACIÓN VIVIENDA DE UN PISO

Datos generales de la vivienda

Nombre del propietario: Vega Pinto Silox Marcelo

Ubicación: AA. HH El Huarango de Tierra Prometida Mz H Lote 2

Departamento: Ica Provincia: Ica Distrito: Ica

Área de ubicación:

Urbana ()

Rural ()

Área de la vivienda: 38.52 m²

Año de inicio de construcción: 2019

Año de finalización: 2020

Número de pisos a la fecha de inspección: 1 piso

Datos técnicos - ítems

1. Tipos de unidades de albañilería usadas primer nivel

Unidades de arcilla de 18 huecos.

2. Método de mezcla del concreto:

Manual ()

Premezclado ()

3. ¿Hubo asesoría técnica de un profesional antes del inicio de la construcción?

Si ()

No ()

4. ¿Hubo asesoría técnica de un profesional durante la construcción?

Si ()

No ()

Elaborado por: Rodriguez Velazco Omar Alexander

5. Tipo de losa:

Aligerada (x)

Maciza ()

6. Espesor de losa: 0.20 m

7. Altura de entrepiso: 2.40 m

8. $f'm$ promedio según ensayos de laboratorio: 39.56 kg/cm²

9. Tipo de suelo según la norma E.030: S2

ANEXO FOTOGRÁFICO

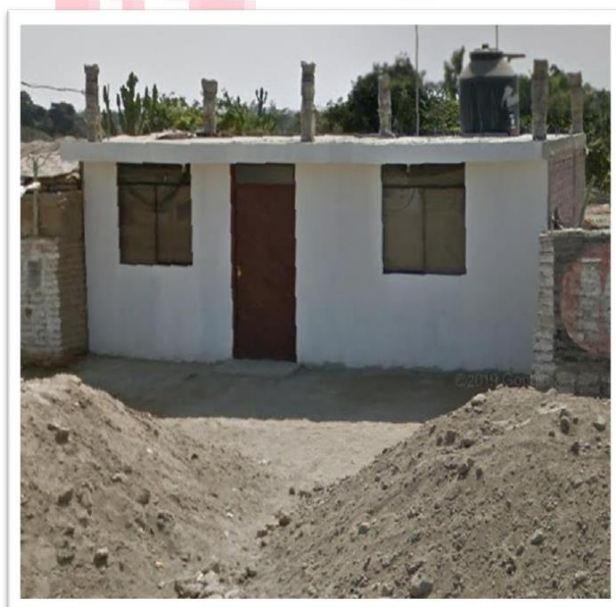


Fig A. Fotografía de la edificación de un piso.

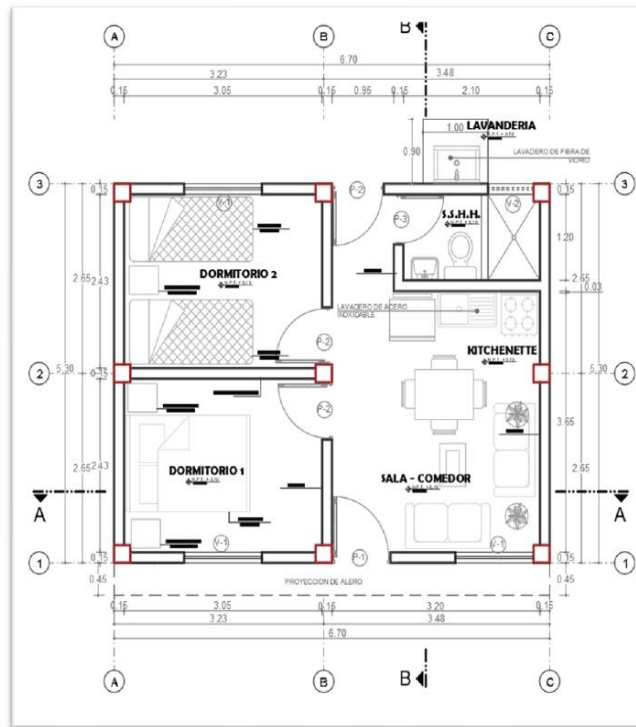


Fig B. Distribución arquitectónica de la edificación.



Fig C. Pilas de albañilería vivienda de un nivel (mismo espesor de juntas y tipo de unidad de albañilería).



Fig D. Ensayo de pilas de albañilería.

ANEXO 3 FICHA D E REGISTRO DE OBSERVACIÓN VIVIENDA N°2

Tesis: Respuesta estructural no lineal en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.

FICHA DE REGISTRO DE OBSERVACIÓN VIVIENDA DE 2 PISOS

Datos generales de la vivienda

Nombre del propietario: Quispe Avalos Luis

Ubicación: Urb Los Jardines de Villa Etapa III, Mz B Lote 16

Departamento: Ica Provincia: Ica Distrito: Ica

Área de ubicación:

Urbana (x)

Rural ()

Área de la vivienda: 45.88 m²

Año de inicio de construcción: 2021

Año de finalización: 2021, se desea construir el tercer piso el siguiente año.

Número de pisos a la fecha de inspección: 2 pisos

Datos técnicos - items

1. Tipos de unidades de albañilería usadas primer nivel

Unidades de arcilla de 18 huecos en todos los niveles

2. Método de mezcla del concreto:

Manual (x)

Premezclado ()

3. ¿Hubo asesoría técnica de un profesional antes del inicio de la construcción?

Si (x)

No ()

4. ¿Hubo asesoría técnica de un profesional durante la construcción?

Si (x)

No ()

5. Tipo de losa:

Aligerada (x)

Maciza ()

6. Espesor de losa: 0.20 m

7. Altura de entrepiso: Primer nivel 2.80 m

Segundo nivel 2.60 m

8. $f'm$ promedio según ensayos de laboratorio: 41.29 kg/cm²

9. Tipo de suelo según la norma E.030: S2

ANEXO FOTOGRÁFICO



Fig A. Fotografía de la edificación de 2 pisos.

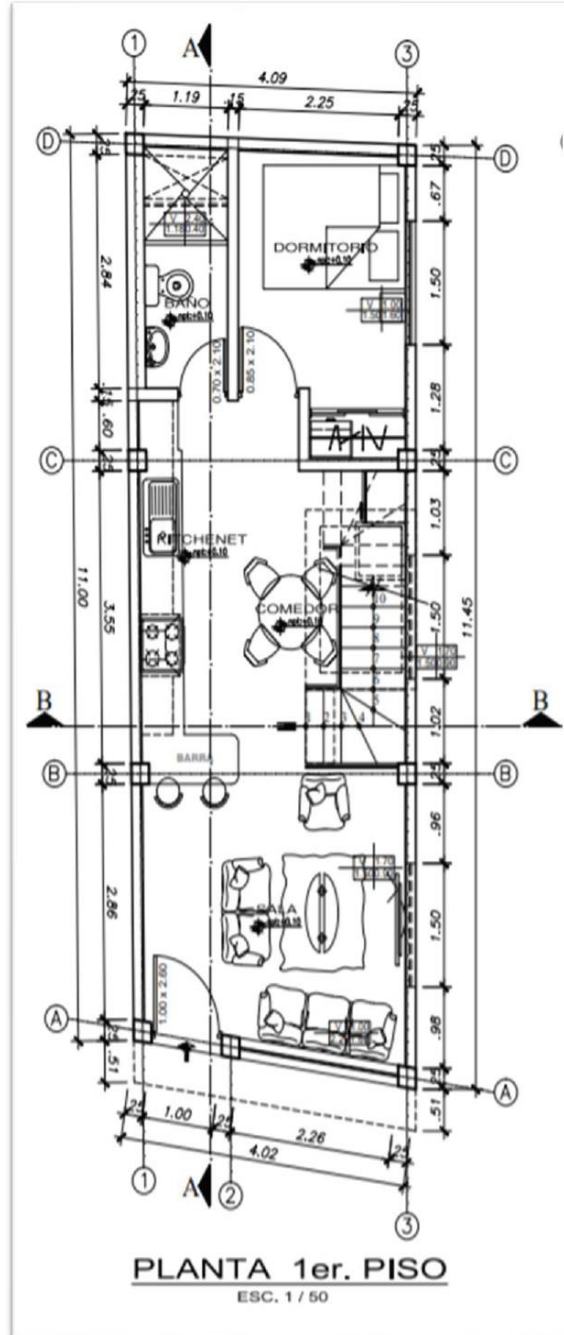


Fig B. Distribución arquitectónica primer nivel.

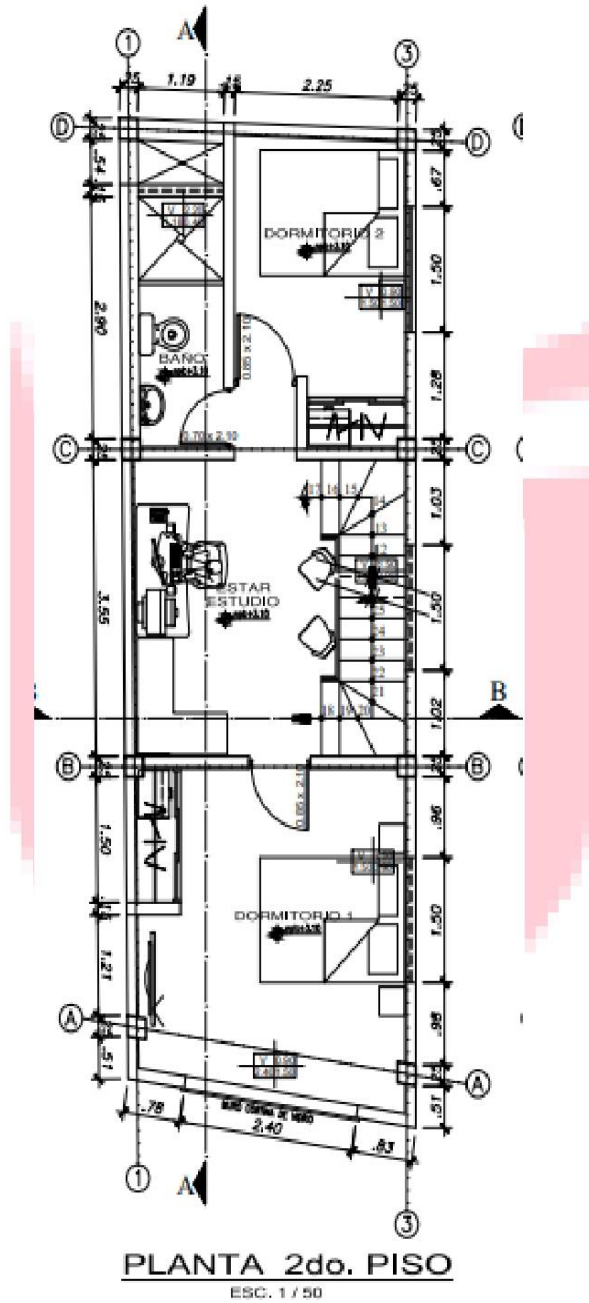


Fig C. Distribución arquitectónica segundo nivel.



Fig D. Pilas de albañilería vivienda de 2 niveles (mismo espesor de juntas y tipo de unidad de albañilería).



Fig E. Ensayo a compresión axial pilas de albañilería vivienda analizada.

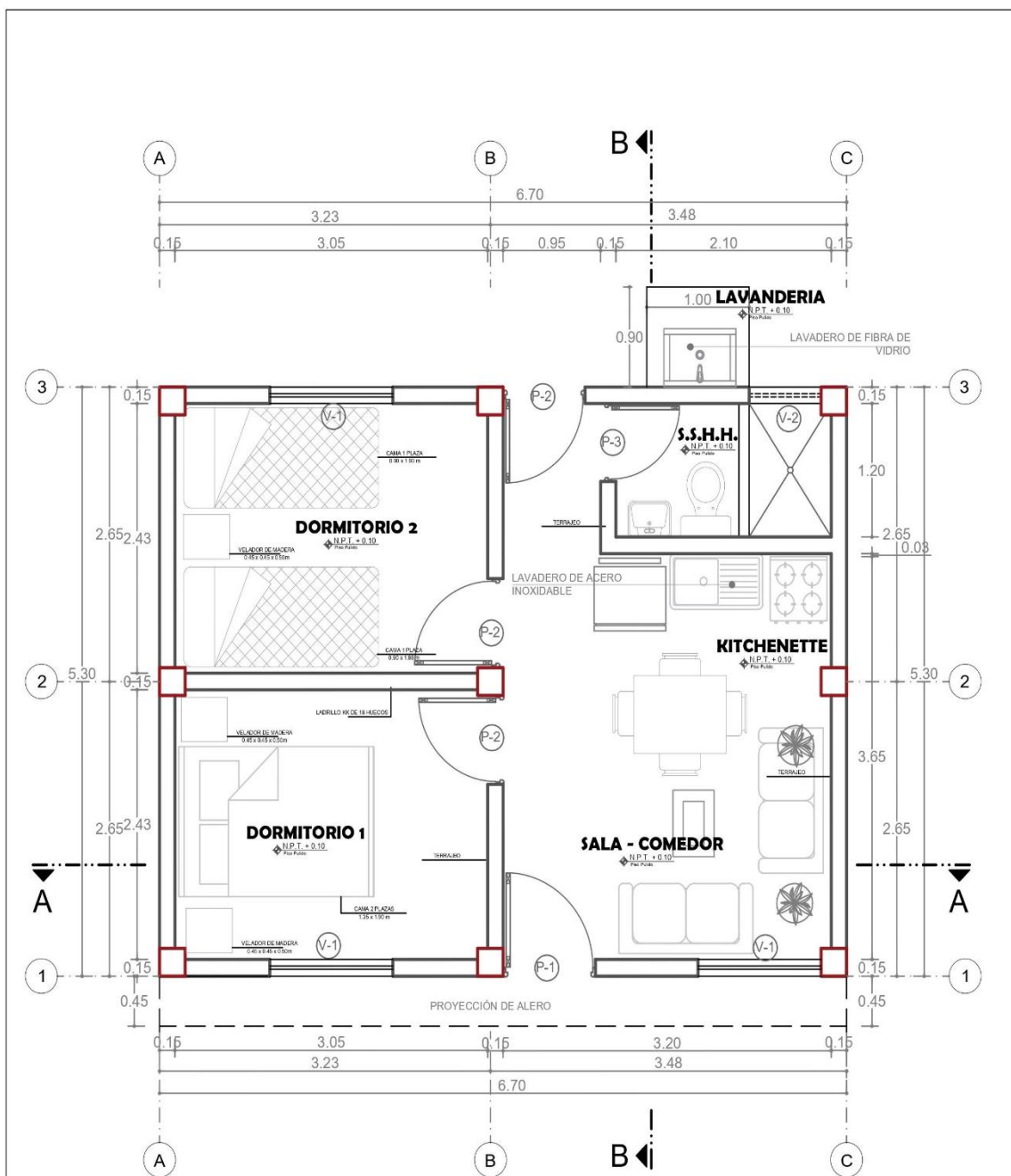
ANEXO 4- MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OBJETIVO GENERAL
¿Qué relación existe entre la respuesta estructural no lineal y el desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos Ica-2021?	La respuesta estructural no lineal influye en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021	Estimar el desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en base a su respuesta estructural no lineal en la ciudad de Ica-2021.
PROBLEMAS ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	OBJETIVO ESPECÍFICO
¿Qué relación existe entre el daño estructural asociado a la distorsión de entrepiso y el desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021?	El daño estructural asociado a la distorsión de entrepiso influye en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.	Determinar la influencia del daño estructural asociado a la distorsión de entrepiso en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.
¿Qué relación existe entre el daño estructural asociado a límites de daño locales y el desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021?	El daño estructural asociado a límites de daño locales influye en la estimación del desempeño sísmico en edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.	Determinar la influencia del daño estructural asociado límites de daño locales en la estimación del desempeño sísmico en edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.
¿Qué relación existe entre el número de zonas débiles y el desempeño sísmico de edificaciones de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021?	El número de zonas débiles influye en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.	Identificar el número de zonas débiles en la estructura para la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021.

ANEXO 5- MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

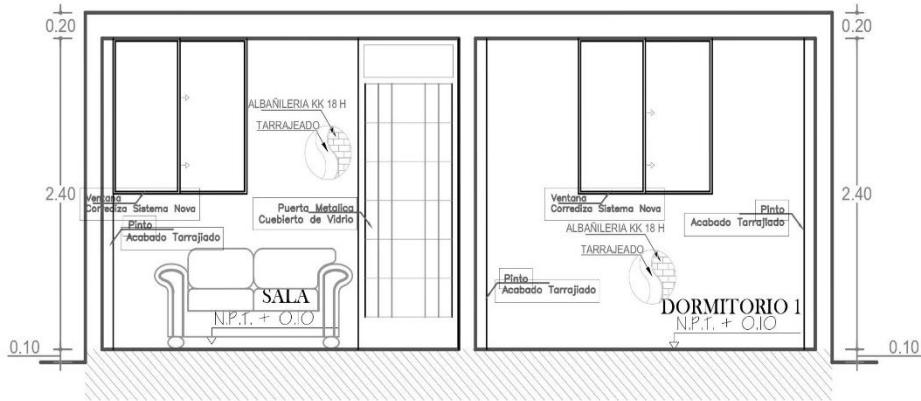
Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Respuesta estructural no lineal	Son las deformaciones que sufre una estructura impuestas por una fuerza que haga exceder el límite del comportamiento elástico lineal (Chopra,2014).	La medición de esta variable se hará en base a deformaciones y fuerzas internas en los elementos de la estructura.	<ul style="list-style-type: none"> - Desplazamientos - Cortante basal 	De razón
Estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021	Definido como un estado límite de daño, indicado como una condición final tolerable de daños y funcionalidad posterior a un sismo (ATC-40,1996). Toledo (2017), indica que se puede verificar el desempeño por medio de criterios de aceptabilidad global y local.	La medición de esta variable se hará en base a criterios de aceptación globales y locales	Daño estructural asociado a la distorsión de entrepiso (criterio de aceptación global), daño estructural asociado a límites de daños locales	De Intervalo

ANEXO 6 – PLANOS VIVIENDA N°1

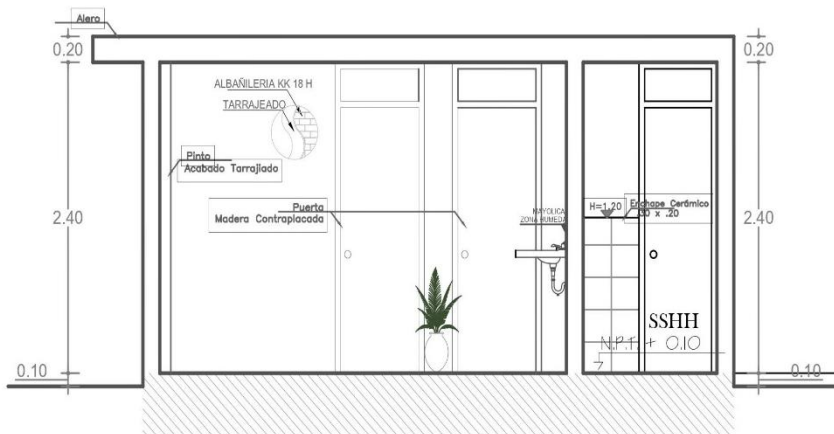


PRIMER NIVEL

CUADRO DE VANOS								CUADRO DE ÁREAS NETAS		UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	PROYECTO: PROGRAMA TECHO PROPIO VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL	LÁMINA:	
PUERTAS				VENTANAS				AMBIENTES	ÁREA				
TIPO	ANCHO	ALTO	CANT.	TIPO	ANCHO	ALTO	ALF.	CANT.		ESCALA:	ESPECIALIDAD	ÁREA TECHADA	
P-1	0.90	2.40	1	V-1	1.20	1.20	1.20	3	DORMITORIO 1	7.49 m ²	1/50	ARQUITECTURA	38.00 m ²
P-2	0.80	2.40	3	V-3	0.70	0.30	2.10	1	DORMITORIO 2	7.49 m ²	FECHA:		
P-3	0.70	2.40	1						BANO	2.61 m ²	Enero		
									KITCHENETTE	11.78 m ²	2020		
									SALA-COMEDOR	6.14 m ²			
									CIRCULACION Y MUROS	3.01 m ²			
									ALERO	3.01 m ²			
									TOTAL AREA NETA	38.52 m ²			
TOTAL			5	TOTAL				4					A-01

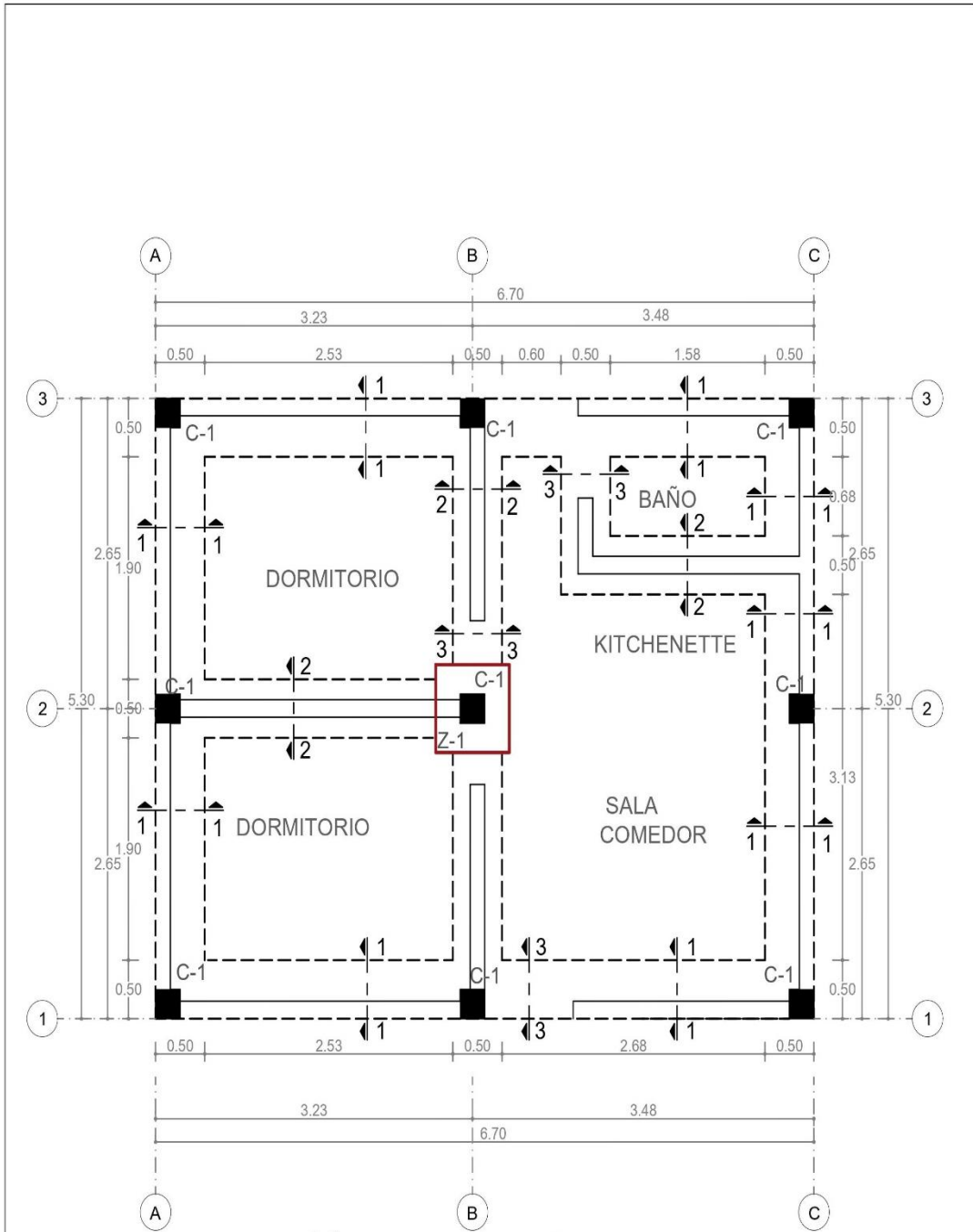


Corte
A - A



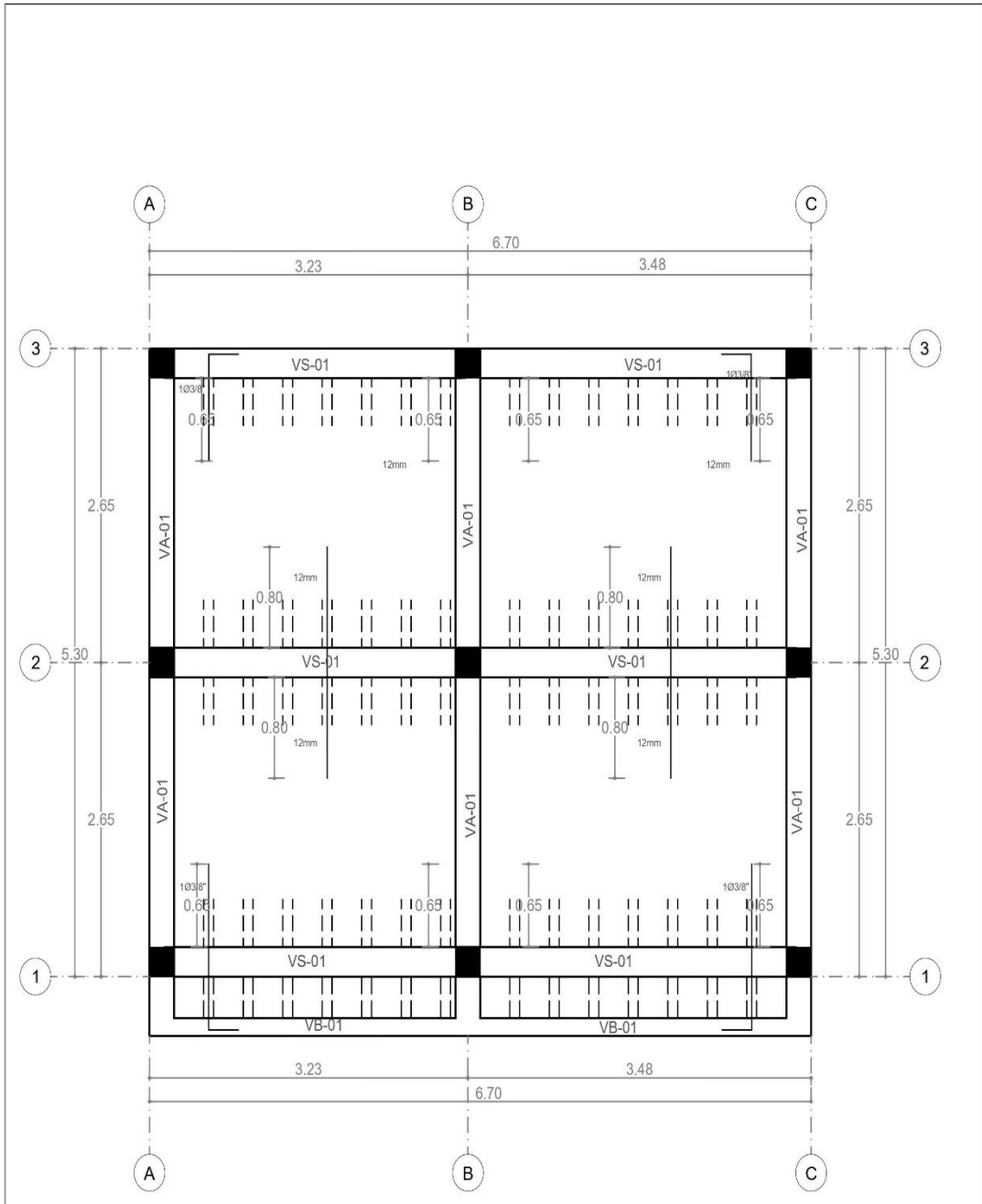
Corte
B - B

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		LAMINA:	
ESCALA: 1/50	PROYECTO: PROGRAMA TECHO PROPIO VIVIENDA DE INTERES SOCIAL	A-02	
FECHA: Enero 2020	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA		AREA TECHADA: 38.00 m2
	PLANO: CORTES		C.A.D.



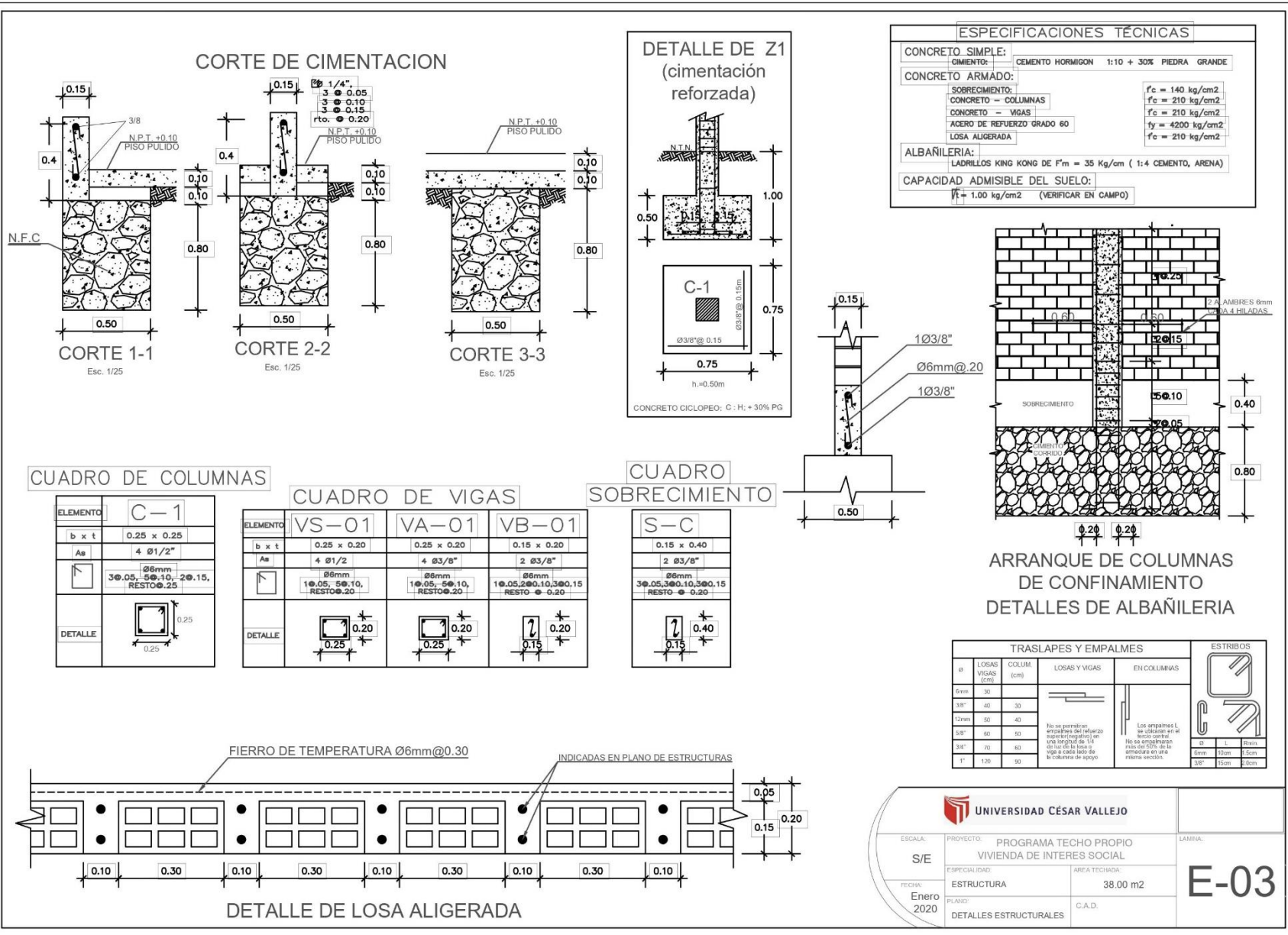
Estructura - Cimentación

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		
ESCALA: 1/50	PROYECTO: PROGRAMA TECHO PROPIO VIVIENDA DE INTERES SOCIAL	LÁMINA:
FECHA: Enero 2020	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA	ÁREA TECHIDA: 38.00 m ²
	PLANO: CIMENTACION	C.A.D.
		E-01

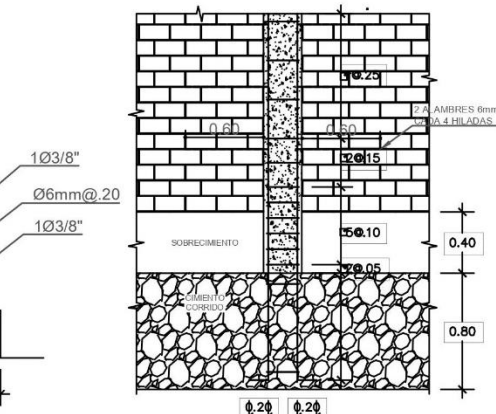


Estructura - Aligerado

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		
ESCALA:	PROYECTO:	LÁMINA:
1/50	PROGRAMA TECHO PROPIO VIVIENDA DE INTERES SOCIAL	E-02
FECHA:	ESPECIALIDAD:	ÁREA TECHADA:
Enero 2020	ARQUITECTURA	38.00 m ²
	PLANO:	C.A.D.
	TECHO ALIGERADO	



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
CONCRETO SIMPLE:	
CEMENTO:	CEMENTO HORMIGON 1:10 + 30% PIEDRA GRANDE
CONCRETO ARMADO:	
SOBRECIMIENTO:	f _c = 140 kg/cm ²
CONCRETO - COLUMNAS:	f _c = 210 kg/cm ²
CONCRETO - VIGAS:	f _c = 210 kg/cm ²
ACERO DE REFUERZO GRADO 60:	f _y = 4200 kg/cm ²
LOSA ALIGERADA:	f _c = 210 kg/cm ²
ALBAÑILERIA:	LADRILLOS KING KONG DE F _m = 35 Kg/cm (1:4 CEMENTO, ARENA)
CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO:	f _d = 1.00 kg/cm ² (VERIFICAR EN CAMPO)



ARRANQUE DE COLUMNAS DE CONFINAMIENTO
DETALLES DE ALBAÑILERIA

CUADRO DE COLUMNAS

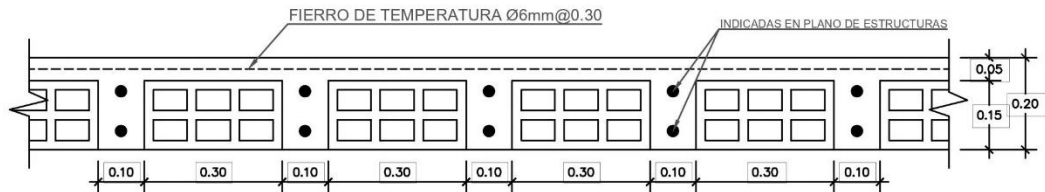
ELEMENTO	C-1
b x t	0.25 x 0.25
As	4 Ø1/2"
	Ø6mm 3Ø.05, 5Ø.10, 2Ø.15, RESTO Ø.25
DETALLE	

CUADRO DE VIGAS

ELEMENTO	VS-01	VA-01	VB-01
b x t	0.25 x 0.20	0.25 x 0.20	0.15 x 0.20
As	4 Ø1/2"	4 Ø3/8"	4 Ø3/8"
	Ø6mm 1Ø.05, 5Ø.10, RESTO Ø.20	Ø6mm 1Ø.05, 5Ø.10, RESTO Ø.20	Ø6mm 1Ø.05, 2Ø.10, 3Ø.15, RESTO Ø.20
DETALLE			

CUADRO SOBRECIMIENTO

ELEMENTO	S-C
b x t	0.15 x 0.40
As	2 Ø3/8"
	Ø6mm 3Ø.05, 3Ø.10, 5Ø.15, RESTO Ø.20
DETALLE	

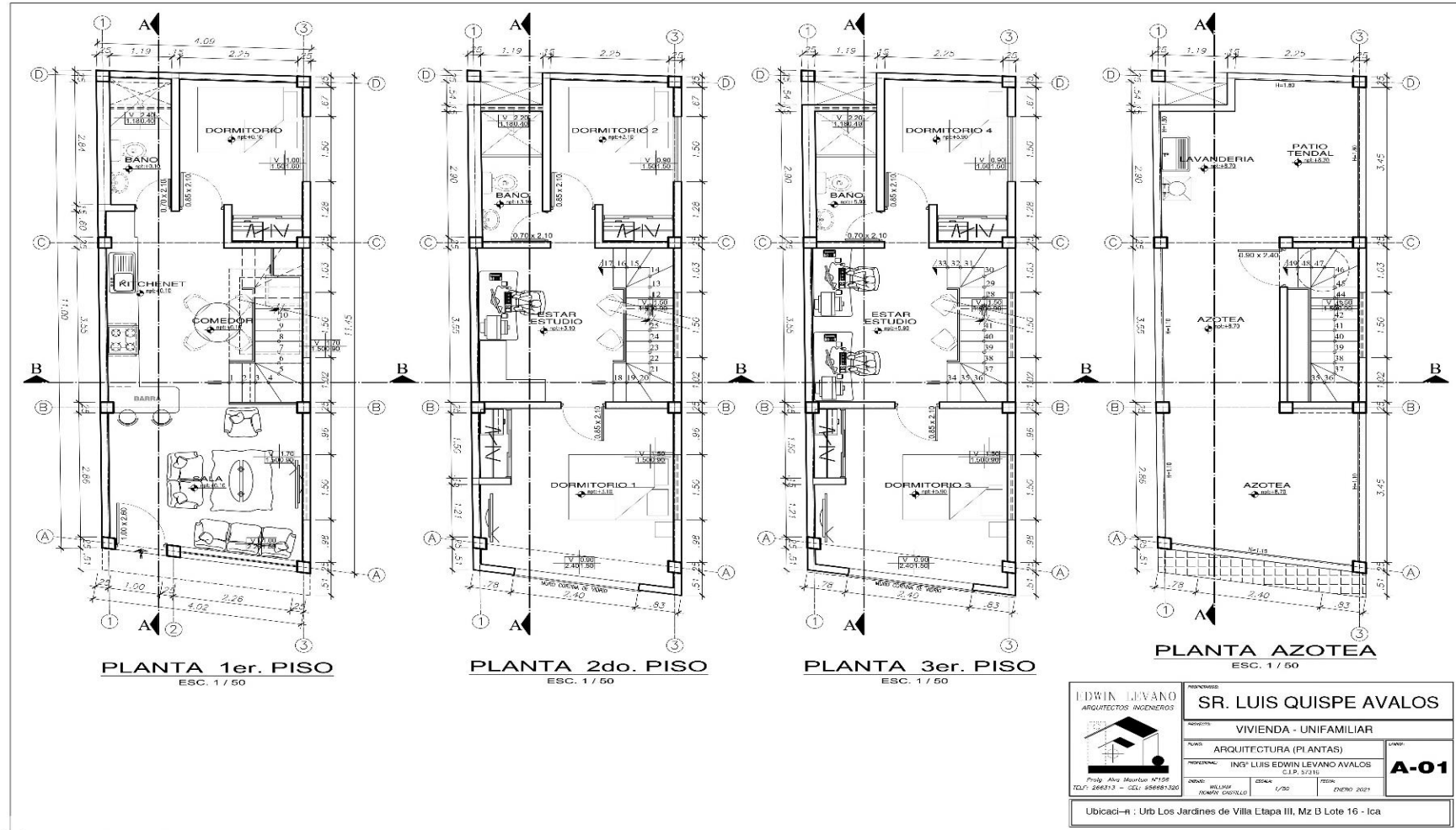


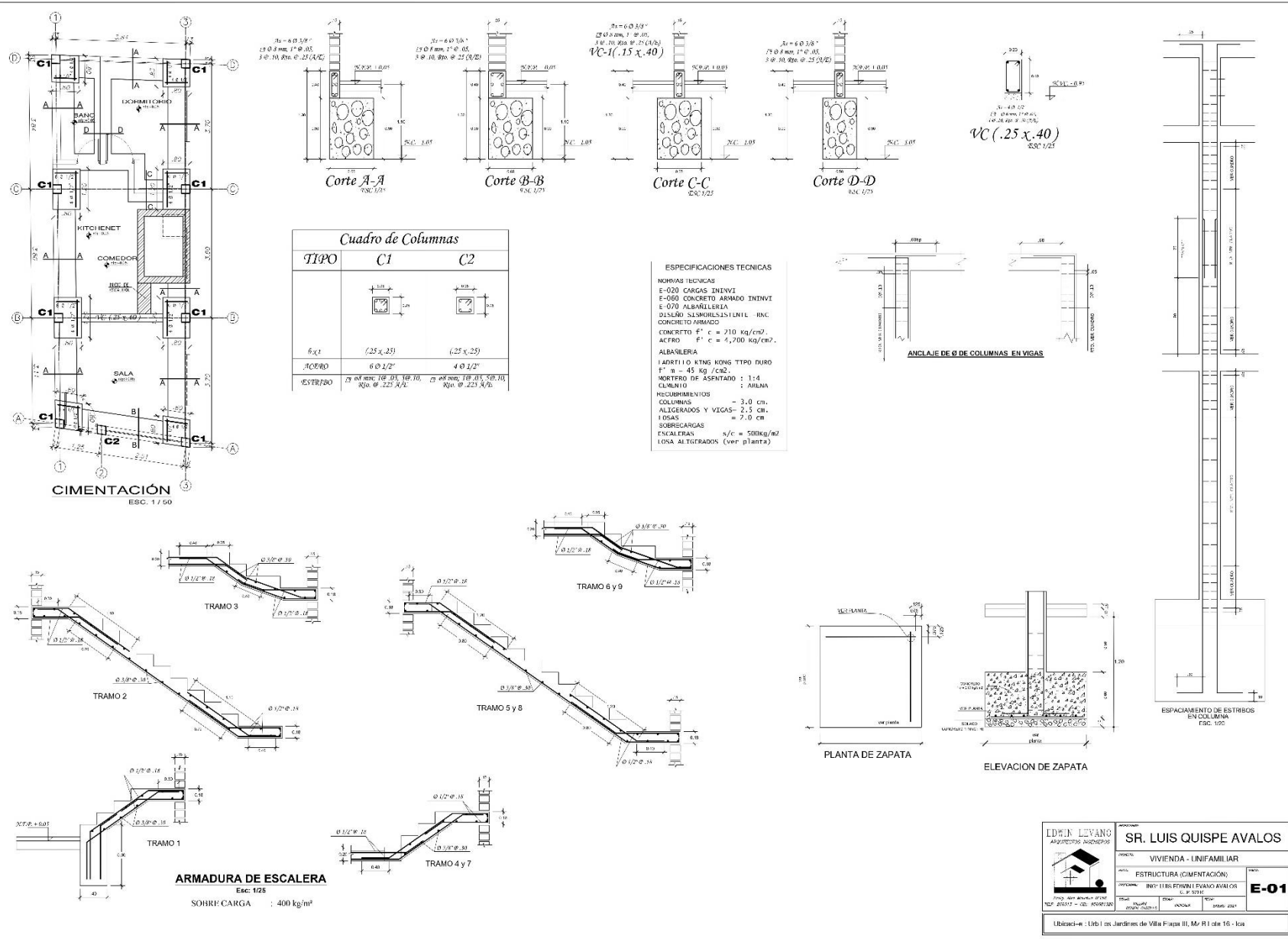
DETALLE DE LOSA ALIGERADA

TRASLAPES Y EMPALMES				ESTRIBOS	
Ø	LOSAS VIGAS (cm)	COLUM (cm)	LOSAS Y VIGAS	EN COLUMNAS	
6mm	30				
3/8"	40	30			
1/2"	50	40			
5/8"	60	50			
3/4"	70	60			
1"	120	90			

ESCALA:	PROYECTO: PROGRAMA TECHO PROPIO VIVIENDA DE INTERES SOCIAL	LAMINA:
S/E	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA	ÁREA TECHADA: 38.00 m ²
FECHA: Enero 2020	PLANO: DETALLES ESTRUCTURALES	E-03

ANEXO 7 – PLANOS VIVIENDA N°2





Cuadro de Columnas

TIPO	C1	C2
SECCION	6 x 1	4 x 1
ESTRIBO	Ø 6 mm, 10 cm	Ø 6 mm, 10 cm

ESPECIFICACIONES TECNICAS

NORMAS TECNICAS
 E-020 CARGAS INIMVU
 E-060 CONCRETO ARMADO INIMVU
 E-070 ALAMBRELLERIA
 D-1400 SARMILLAS INIMVU INC.
 CONCRETO ARMADO

CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 ACERO $f'y = 4,700 \text{ kg/cm}^2$

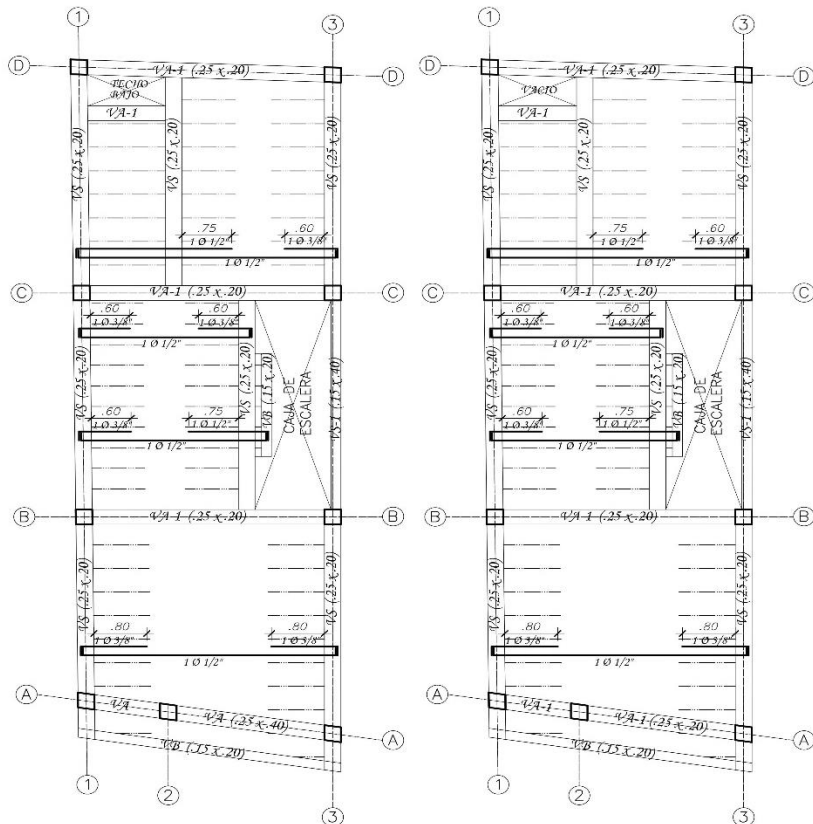
ALAMBRELLERIA
 ARBITRIO KING KONG TIPO DURO
 $f'y = 45 \text{ kg/cm}^2$

MORTERO DE ASFENTADO : 1:4
 CUBRIMIENTO : ARENA

RECUBRIMIENTOS
 COLUMNAS = 3.0 cm.
 ALICERADOS Y VIGAS = 2.5 cm.
 LOSAS = 7.0 cm

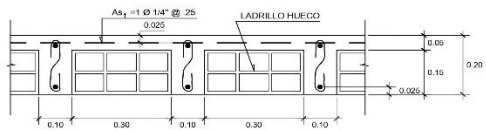
SOBRE CARGAS
 ESCALERAS s/c = 500kg/m²
 LOSA ALIGERADOS (ver planta)

	SR. LUIS QUISPE AVALOS	
	VIVIENDA - FAMILIAR	
	ESTRUCTURA (CIMENTACION)	
	E-01	
Ubicaci6n: (100) en Jardines de Villa Fragua II, Mz. R1 lote 16 - Ica		



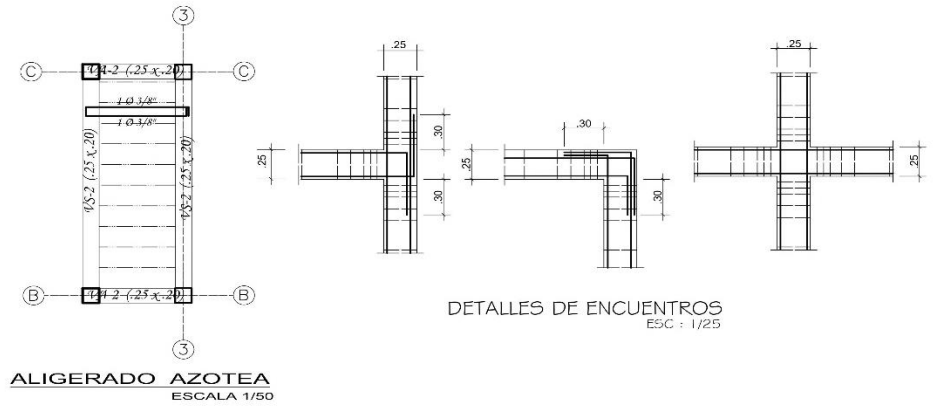
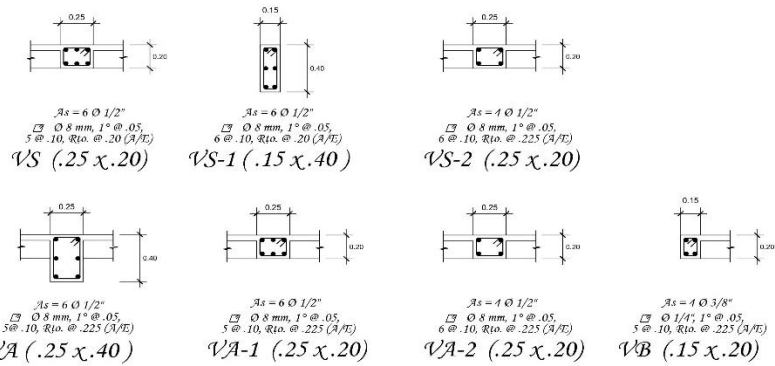
ALIGERADO 1er. PISO
S/C = 200 Kg/cm²
ESCALA 1/50

ALIGERADO 2do. y 3er. PISO
S/C = 200 Kg/cm²
ESCALA 1/50



Detalle de Losa Aligerada
ESC. 1/10

PARAMETROS SIMORRESISTENTES	
A. SISTEMA ESTRUCTURAL SIMORRESISTENTE MIXTO: AL RARIL PETA CON FINADA-PORTICIOS.	
B. PARAMETROS PARA DEFINIR FUERZA SIMORRESISTENTE DEL DISEÑO	
FACTOR DE ZONA (ZONA 3)	Z=0.4
FACTOR DE SUELO TIPO S2	S=1.2 Tp=0.60 seg.
FACTOR DE CATEGORIA O USO (CATEGORIA C)	U=1.0
FACTOR DE REDUCCION	Rx= 2.0
FACTOR DE REDUCCION	Ry= 7.0
C. DISEÑO ALIGERADO MAXIMO DE ULTIMO NIVEL Y ENTREPISO	
DIRECCION X-X	= 0.0045
ULTIMO NIVEL	= 0.0018
ENTREPISO	= 0.0018
DIRECCION Y-Y	= 0.0018
ULTIMO NIVEL	= 0.0015
ENTREPISO	= 0.0015



DETALLES DE ENCUENTROS
ESC : 1/25

	PROFESIONISTA:	SR. LUIS QUISPE AVALOS	
	PROYECTO:	VIVIENDA - UNIFAMILIAR	
	PLANO:	ESTRUCTURA (TECHO ALIGERADO)	
	PROFESIONAL:	ING° LUIS EDWIN LEVANO AVALOS C.I.P. 67310	
Prop: Ana Maurtua 17156 TEL: 296213 - CEL: 996891570	DISEÑO: WILLIAM ROMAN CASTILLO	ESTRUCTURA: INDICADA	FECHA: FEBRERO 2021
E-02			
Ubicaci- n : Urb Los Jardines de Villa Etapa III, Mz B Lote 16 - Ica			

ANEXO 8 – RESULTADOS ENSAYOS DE PILAS DE ALBAÑILERÍA



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



SOLICITANTE : OMAR ALEXANDER RODRIGUEZ VELAZCO

PROYECTO : TESIS: RESPUESTA ESTRUCTURAL NO LINEAL EN LA ESTIMACION DEL DESEMPEÑO SISMICO DE EDIFICACIONES COMUNES DE HASTA 2 PISOS EN ICA, PERU

UBICACIÓN : ICA - PERU

FECHA : 05 DE MARZO DEL 2021

Especímen	Dimensiones			Edad	Esbeltez	PMax	Área	<i>f_m</i>	Factor de corrección por esbeltez	Factor de corrección por edad	<i>f_m corregido</i>
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	Días	(h/t)	KN	m ²	Mpa			Mpa
V-1	217	130	200	14	1.54	114.2	0.02821	4.05	0.87	1.10	3.87
V-1	218	130	202	14	1.55	116.2	0.02834	4.10	0.87	1.10	3.94
V-1	220	130	199	14	1.53	118.6	0.02860	4.15	0.87	1.10	3.96
										f_m	3.93
										σ	0.04505
										f_m	3.88


 Arturo Fabian Godoy Pereyra

INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 ☎ 238490 CEL: 956623710 - 956994521



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



SOLICITANTE : OMAR ALEXANDER RODRIGUEZ VELAZCO

PROYECTO : TESIS: RESPUESTA ESTRUCTURAL NO LINEAL EN LA ESTIMACION DEL DESEMPEÑO SISMICO DE EDIFICACIONES COMUNES DE HASTA 2 PISOS EN ICA, PERU

UBICACIÓN : ICA - PERU

FECHA : 05 DE MARZO DEL 2021

Especímenes	Dimensiones			Edad	Esbeltez	PMax	Área	f_m	Factor de corrección por esbeltez	Factor de corrección por edad	f'_m corregido
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	Días	(h/t)	KN	m ²	Mpa			Mpa
V-2	216	130	202	14	1.55	117.9	0.02808	4.20	0.88	1.10	4.04
V-2	218	130	201	14	1.55	125.23	0.02834	4.42	0.87	1.10	4.24
V-2	215	130	200	14	1.54	128.3	0.02795	4.59	0.87	1.10	4.40
										f_m	4.23
										σ	0.17890
										f'_m	4.05


Arturo Fabian Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
C.I.P. 66311

ANEXO 9 – CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-179-2020

Pág. 1 de 3

OBJETO DE PRUEBA: MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS

Rangos 101972.0 kgf
Dirección de carga Ascendente
FABRICANTE PINZUAR
Modelo PC-160
Serie 228
Transductor (Modelo/Serie) PT124S / 210-100
Capacidad 1000 kN
Ubicación Lab. Suelos y Concreto - Br. Manzanilla - Ica
Codigo Identificacion NO INDICA
Norma utilizada ASTM E4; ISO 7500-1
Intervalo calibrado Escala (s) 101 972 kgf
De 10 000 a 100 000 kgf
Temperatura de prueba °C Inicial 22,4 Final 22,8
Inspección general La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento
Solicitante A & J INGENIERIA Y GEOTECNIA S.R.L.
Dirección CAL. CUTERVO ANTIGUO NRO. 524 BR. MANZANILLA - ICA
Ciudad ICA
PATRON(ES) UTILIZADO(S) Tipo / Modelo BOTELLA
Código 5Y46357
Certif. de calibr. INF-LE 006-19A PUCP
Unidades de medida Sistema Internacional de Unidades (SI)
FECHA DE CALIBRACION 2020/12/07
FECHA DE EMISION 2020/12/07
FIRMAS AUTORIZADAS



Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo G.



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-179-2020

Pág. 2 de 3

Método de calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 1000.0 kN Resolución: 0.1 kN Dirección de la carga: Ascendente
 101972 kgf 10.0 kgf Factor de conversión: 0.00981 kN/kgf

Indicación de la máquina (F)			Indicaciones del patrón (series de mediciones)				
%	kN	kgf	0°	120°	No aplica	240°	Accesorios
			kN	kN	kN	kN	kN
10	100.00	10 197	98.9	99.5	No aplica	98.8	No aplica
20	200.00	20 394	198.8	197.8	No aplica	197.9	No aplica
30	300.00	30 592	299.7	299.3	No aplica	299.6	No aplica
40	400.00	40 789	399.6	400.1	No aplica	400.1	No aplica
50	500.00	50 986	501.6	501.6	No aplica	501.6	No aplica
60	600.00	61 183	602.7	602.9	No aplica	603.1	No aplica
70	700.00	71 380	703.6	703.6	No aplica	703.6	No aplica
80	800.00	81 578	803.7	802.7	No aplica	802.3	No aplica
Indicación después de carga			0.00	0.00	0.00	0.00	No aplica

ESCALA: 1000.00 kN Incertidumbre del patrón 0.086 %

Indicación de la máquina (F)			Cálculo de errores relativos				Resolución a (%)
%	kN	kgf	Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	
			q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	
10	100.00	10 197	0.94	0.71	No aplica	No aplica	0.10
20	200.00	20 394	0.93	0.50	No aplica	No aplica	0.05
30	300.00	30 592	0.16	0.13	No aplica	No aplica	0.03
40	400.00	40 789	0.02	0.13	No aplica	No aplica	0.02
50	500.00	50 986	-0.32	0.00	No aplica	No aplica	0.02
60	600.00	61 183	-0.48	0.07	No aplica	No aplica	0.02
70	700.00	71 380	-0.51	0.00	No aplica	No aplica	0.01
80	800.00	81 578	-0.36	0.17	No aplica	No aplica	0.01

Error de cero fo (%)	0,000	0,000	0,000	No aplica	Err máx.(0) = 0,00
----------------------	-------	-------	-------	-----------	--------------------

FIRMAS AUTORIZADAS



Jefe de Metrología
Luigi Asenjo G.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-179-2020

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS

Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA 101972 kgf

Error de exactitud **0.94 %**

Error de cero 0

Error de repetibilidad **0.71 %**

Error por accesorio 0 %

Error de Reversibilidad No aplica

Resolución 0.05 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica:

ESCALA 101 972 kgf Ascendente

TRAZABILIDAD

METROTEST EIRL, asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Perú y la SNM INDECOPI.

OBSERVACIONES .

1. Los cartas de calibración sin las firmas no tienen validez .
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos .

FIRMAS AUTORIZADAS



Jefe de Metrología

Luiggi Aseñjo G.