

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“EFECTO DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL EN EL  
DESEMPEÑO Y VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES  
EXISTENTES DE TRES NIVELES EN CALLE LOS GERANIOS,  
CALLAO 2022”.

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

William Luigi Nicho Lopez

**Asesor:**

Mg. Ing. Jvan Jovanovic Aguirre  
<https://orcid.org/0000-0003-1609-1704>

Lima - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

|  |                               |                               |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Presidente<br/>(a) del<br/>Jurado</b> | <b>JOSE LUIS NEYRA TORRES</b> | <b>21454204</b>               |
|  | <b>Nombre y Apellidos</b>     | <b>Nro. Colegiatura o DNI</b> |

|                               |                                      |                               |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Miembro<br/>del Jurado</b> | <b>ERICK HUMBERTO RABANAL CHAVEZ</b> | <b>42009981</b>               |
|                               | <b>Nombre y Apellidos</b>            | <b>Nro. Colegiatura o DNI</b> |

|                               |                              |                               |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <b>Miembro<br/>del Jurado</b> | <b>NEICER CAMPOS VASQUEZ</b> | <b>42584435</b>               |
|                               | <b>Nombre y Apellidos</b>    | <b>Nro. Colegiatura o DNI</b> |

## INFORME DE SIMILITUD

### EFFECTO DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL EN EL DESEMPEÑO Y VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES EXISTENTES DE TRES NIVELES EN CALLE LOS GERANIOS, CALLAO 2022

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>1</b> | <b>repositorio.upci.edu.pe</b><br>Fuente de Internet   | <b>1</b> % |
| <b>2</b> | <b>repositorio.upeu.edu.pe</b><br>Fuente de Internet   | <b>1</b> % |
| <b>3</b> | <b>repositorio.ucss.edu.pe</b><br>Fuente de Internet   | <b>1</b> % |
| <b>4</b> | <b>repositorio.unasam.edu.pe</b><br>Fuente de Internet | <b>1</b> % |
| <b>5</b> | <b>repositorio.upao.edu.pe</b><br>Fuente de Internet   | <b>1</b> % |
| <b>6</b> | <b>repositorio.unsm.edu.pe</b><br>Fuente de Internet   | <b>1</b> % |
| <b>7</b> | <b>repositorio.unh.edu.pe</b><br>Fuente de Internet    | <b>1</b> % |
| <b>8</b> | <b>repositorio.unesum.edu.ec</b><br>Fuente de Internet | <b>1</b> % |

## DEDICATORIA

“A mi familia por su incommensurable apoyo, a mi hija Ivanna por quien trato de ser mejor día a día, a Yasmin mi pareja por estar a mi lado siempre, a mi madre y a mi abuelita por guiar mi camino y antes que nadie a Dios por estar siempre presente en nuestras vidas.”

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fuerzas para seguir superándome día a día.

A mi madre y abuelita que me cuidan desde el cielo.

A mi tía Carmen, por su incondicional apoyo y cariño.

A Yasmin e Ivanna que son parte fundamental en mi vida.

A mis hermanas Cintya y Mary Ann por su apoyo total.

A mi prima hermana Lisbeth por todo su apoyo.

A mis suegros Don Máximo e Isabel y a mis cuñados por su apoyo total.

A toda mi familia por darme lecciones a lo largo de mi existencia.

A todos los profesores que me formaron íntegramente.

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| JURADO EVALUADOR.....                          | 2  |
| INFORME DE SIMILITUD.....                      | 3  |
| DEDICATORIA .....                              | 4  |
| AGRADECIMIENTO .....                           | 5  |
| CONTENIDO .....                                | 6  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                         | 8  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                         | 9  |
| INDICE DE ECUACIONES .....                     | 10 |
| RESUMEN .....                                  | 11 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....                 | 13 |
| 1.1 JUSTIFICACIÓN .....                        | 13 |
| 1.1.1 Antecedentes. ....                       | 14 |
| A NIVEL NACIONAL .....                         | 15 |
| 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....             | 16 |
| 1.2.1 Problema General. ....                   | 16 |
| 1.2.2 Problemas Específicos.....               | 16 |
| 1.3 OBJETIVOS.....                             | 16 |
| 1.3.1 Objetivo General. ....                   | 16 |
| 1.3.2 Objetivos específicos.....               | 16 |
| 1.4 HIPÓTESIS.....                             | 17 |
| 1.4.1 Hipótesis General.....                   | 17 |
| 1.4.2 Hipótesis Específica.....                | 17 |
| CAPITULO II: MARCO TEORICO .....               | 18 |
| 2.1 DEFINICIONES CONCEPTUALES.....             | 18 |
| 2.2 NORMAS PARA CÁLCULO DE DESEMPEÑO.....      | 22 |
| 2.2.1 Diseño por desempeño.....                | 22 |
| 2.2.2 Niveles de Desempeño .....               | 22 |
| 2.2.3 Peligro Sísmico .....                    | 23 |
| 2.2.5 Punto de Desempeño .....                 | 24 |
| 2.2.6 Método del Espectro de Capacidad .....   | 25 |
| 2.2.7 Método de los Coeficientes.....          | 27 |
| 2.2.8 Método de Hirosawa .....                 | 31 |
| 2.2.9 Norma E0.30 Diseño Sismorresistente..... | 35 |
| 2.2.10 Norma E0.60 Concreto Armado.....        | 42 |
| 2.2.11 Norma E0.70 Albañilería .....           | 43 |
| CAPITULO III. MÉTODO.....                      | 48 |
| 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....                | 48 |
| 3.1.1 Según su Propósito.....                  | 48 |
| 3.1.2 Según su Profundidad. ....               | 48 |
| 3.1.3 Según su Naturaleza de Trabajo. ....     | 48 |
| 3.1.4 Según su Manipulación de variable. ....  | 48 |
| 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....                   | 48 |
| 3.2.1 Población .....                          | 48 |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.2 Muestra.....                                       | 49 |
| 3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 56 |
| 3.3.1 Revisión Documental .....                          | 56 |
| 3.3.2 Instrumentos.....                                  | 56 |
| 3.4 PROCEDIMIENTO .....                                  | 56 |
| 3.5 ASPECTOS ÉTICOS.....                                 | 67 |
| CAPITULO IV RESULTADOS.....                              | 68 |
| 4.1 MÉTODO DE HIROSAWA .....                             | 68 |
| 4.1.1 Método Hirosawa Estructura 1 (ver anexo).....      | 68 |
| 4.1.2 Método Hirosawa Estructura 2 (ver anexo).....      | 69 |
| 4.1.3 Método Hirosawa Estructura 3 (ver anexo).....      | 69 |
| 4.2 ANÁLISIS LINEAL ESTÁTICO. ....                       | 70 |
| 4.3 ANÁLISIS DINÁMICO. ....                              | 71 |
| 4.4 ANÁLISIS INELÁSTICO NO LINEAL PUSHOVER. ....         | 72 |
| CAPITULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....                | 86 |
| 5.1 CONCLUSIONES:.....                                   | 86 |
| 5.2 DISCUSIÓN .....                                      | 88 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                       | 89 |
| ANEXOS: .....  | 92 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Niveles de Desempeño por FEMA 356 .....                               | 22 |
| Tabla 2: Nivel de Desempeño por Visión 2000.....                               | 23 |
| Tabla 3: Nivel de Desempeño según ASCE 41-17.....                              | 23 |
| Tabla 4:Niveles de Peligro Sísmico.....  | 24 |
| Tabla 5: Valores para el factor $C_0$ .....                                    | 28 |
| Tabla 6: Cálculo de valores para $C_m$ .....                                   | 28 |
| Tabla 7: Clasificación según sitio.....  | 29 |
| Tabla 8: Valores para el factor $C_2$ .....                                    | 29 |
| Tabla 9: Criterios de aceptación para vigas C.A.....                           | 29 |
| Tabla 10: Valores para los Coeficientes según nivel de daño. ....              | 31 |
| Tabla 11: Valores de los Coeficientes según tipo de ladrillo.....              | 31 |
| Tabla 12: Coeficientes $\alpha_1$ .....  | 32 |
| Tabla 13:Factores $G_i$ , $R_i$ .....  | 33 |
| Tabla 14:Cálculo $T_1$ .....   | 34 |
| Tabla 15: Cálculo de $T_2$ .....   | 34 |
| Tabla 16:Cálculo de $T_3$ .....  | 34 |
| Tabla 17:Cálculo de $T_4$ .....  | 34 |
| Tabla 18:Cálculo de $T_5$ .....  | 34 |
| Tabla 19:Factor de Zona. ....  | 36 |
| Tabla 20:Perfiles de Suelos.....   | 37 |
| Tabla 21:Factor Suelo. ....  | 37 |
| Tabla 22:Periodos $T_1$ y $T_p$ . ....   | 37 |
| Tabla 23: Categoría y Factor "U" .....   | 38 |
| Tabla 24: Sistemas Estructurales. ....   | 39 |
| Tabla 25:Irregularidad Estructural en Altura.....                              | 39 |
| Tabla 26: Irregularidad en Planta.....   | 41 |
| Tabla 27:Zonificación según tipos de suelos. ....                              | 38 |
| Tabla 28: Parámetros para el Cálculo de Vulnerabilidad E1 Dirección x-x.....   | 68 |
| Tabla 29:Parámetros para el Cálculo de Vulnerabilidad E1 Dirección y-y.....    | 68 |
| Tabla 30: Parámetros para el Cálculo de Vulnerabilidad Estructura 2.....       | 69 |
| Tabla 31:Parámetros para el Cálculo de la Vulnerabilidad E3 Dirección x-x..... | 69 |
| Tabla 32:Parámetros para el Cálculo de la Vulnerabilidad E3 Dirección y-y..... | 70 |
| Tabla 33: Cortantes obtenidas del análisis estático edificio 1. ....           | 70 |
| Tabla 34:Cortante estáticas para edificio 2.....                               | 71 |
| Tabla 35:Cortantes estáticas para el edificio 3. ....                          | 71 |
| Tabla 36:Cortante dinámica para la edificación 1 .....                         | 71 |
| Tabla 37: Cortante dinámica para la edificación 2. ....                        | 72 |
| Tabla 38:Cortante dinámica para la edificación 3. ....                         | 72 |
| Tabla 39: Parámetros para el Cálculo de la curva de Capacidad de Muros.....    | 75 |
| Tabla 40: Esfuerzo y Resistencias del Acero.....                               | 75 |
| Tabla 41: Estados Límite. ....   | 76 |
| Tabla 42:Rigidez Vertical Obtenida. ....                                       | 76 |
| Tabla 43:Parámetros para el Cálculo de la Capacidad de los Muros.....          | 81 |
| Tabla 44:Esfuerzo Axial Actuante.....  | 82 |
| Tabla 45: Estados Límite para ñ Muro 1.....                                    | 82 |
| Tabla 46:Rigidez Vertical.....   | 82 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1:Parapeto en último piso. ....   | 19 |
| Figura 2:Muros Portantes.....  | 20 |
| Figura 3:Unidades de Albañilería Solida.....                                       | 20 |
| Figura 4:Unidad Tubular.....   | 21 |
| Figura 5:Alabeo en Ladrillo.....   | 21 |
| Figura 6: Curva de Capacidad.....  | 25 |
| Figura 7: Método del Espectro de Capacidad.....                                    | 27 |
| Figura 8:Método de los Coeficientes. ....  | 27 |
| Figura 9:Zonas Sísmicas. ....  | 36 |
| Figura 10:Población. ....  | 49 |
| Figura 11:Muestra. ....  | 49 |
| Figura 12: Primera Edificación Analizada.....                                      | 50 |
| Figura 13: Segunda Edificación Analizada.....                                      | 51 |
| Figura 14:Tercera Edificación Analizada. ....                                      | 52 |
| Figura 15: Plano de la Primera Edificación. ....                                   | 53 |
| Figura 16:Plano de la Segunda Edificación. ....                                    | 54 |
| Figura 17:Plano de la Tercera Edificación.....                                     | 55 |
| Figura 18: Tipos de Suelos en Distritos. ....                                      | 38 |
| Figura 19:Material concreto de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ .....                       | 57 |
| Figura 20: Datos para el material barras de refuerzo utilizadas.....               | 58 |
| Figura 21:Valores degradados tomados para la albañilería. ....                     | 59 |
| Figura 22: Sección de columna en Section designer usada en las edificaciones. .... | 60 |
| Figura 23:Sección de viga utilizada. ....  | 60 |
| Figura 24:Patrones de carga utilizados en el análisis.....                         | 61 |
| Figura 25:Definición de casos de carga. ....                                       | 61 |
| Figura 26: Combinaciones de carga.....   | 62 |
| Figura 27: Asignación de diafragmas. ....  | 62 |
| Figura 28: Links para la inserción de muros de albañilería. ....                   | 63 |
| Figura 29:Inserción de rótulas en vigas y columnas.....                            | 63 |
| Figura 30: Modelamiento final de la estructura 1. ....                             | 64 |
| Figura 31: Modelamiento de Edificación 2. ....                                     | 65 |
| Figura 32:Modelamiento de la Edificación 3.....                                    | 66 |
| Figura 33:Curva de capacidad de la estructura 1( $t_n$ vs $cm$ ).....              | 73 |
| Figura 34:Punto de Desempeño de la estructura 1 dirección x-x. ....                | 73 |
| Figura 35:Punto de desempeño estructura 1 dirección y-y.....                       | 74 |
| Figura 36:Verificación de muros para el punto de desempeño.....                    | 74 |
| Figura 37:Desempeño de los muros en dirección x-x.....                             | 76 |
| Figura 38:Curva de capacidad de la estructura 2. ....                              | 77 |
| Figura 39: Punto de desempeño de la estructura 2 para la dirección x-x. ....       | 77 |
| Figura 40: Punto de desempeño de la estructura 2 para la dirección y-y. ....       | 78 |
| Figura 41:Rótulas generadas para el punto de desempeño de la estructura 2.....     | 78 |
| Figura 42: Rótula de columna que llega a la prevención de colapso.....             | 79 |
| Figura 43: Curva de Capacidad para la Estructura 3 Dirección x-x. ....             | 79 |
| Figura 44: Punto de desempeño de la estructura 3 dirección x-x. ....               | 80 |
| Figura 45:Punto de desempeño de la estructura 3 dirección y-y. ....                | 80 |
| Figura 46: Desplazamiento del muro 1 para el punto de desempeño. ....              | 81 |
| Figura 47: Desempeño del Muro 1 de la Estructura 3. ....                           | 83 |

## INDICE DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ecuación 1:Factor de participación modo fundamental.....   | 26 |
| Ecuación 2:Coeficiente de Masa Modal para el Primer Modo Fundamental. ....                             | 26 |
| Ecuación 3:Aceleración Espectral. ....   | 26 |
| Ecuación 4:Desplazamiento Espectral. ....  | 26 |
| Ecuación 5:Amortiguamiento Equivalente. ....   | 26 |
| Ecuación 6:Factor de Reducción de Espectro.....  | 26 |
| Ecuación 7:Punto de Desempeño.....   | 28 |
| Ecuación 8: fórmula para la determinación de esfuerzos en muros incluyendo el aporte de columnas. .... | 30 |
| Ecuación 9: Demanda vs capacidad.....  | 31 |
| Ecuación 10: Fórmula para el Cálculo de la Capacidad. ....   | 31 |
| Ecuación 11: Determinación de E° . ....  | 31 |
| Ecuación 12:Factor F. ....   | 32 |
| Ecuación 13:Cálculo de Cmar. ....  | 32 |
| Ecuación 14:Cáculo de Cs. ....   | 32 |
| Ecuación 15:Cálculo de Cma.....  | 32 |
| Ecuación 16:Cálculo de Cw.....   | 33 |
| Ecuación 17:Cálculo de Cc.....   | 33 |
| Ecuación 18:Cálculo de SD. ....  | 33 |
| Ecuación 19:Índice Iso.....  | 35 |
| Ecuación 20:Factores de Amplificación ..... 38   | 38 |
| Ecuación 21: Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica. ....  | 41 |
| Ecuación 22: Fuerza Cortante en la Base. ....  | 41 |
| Ecuación 23: Relación de Coeficientes.....   | 41 |
| Ecuación 24: Periodo Fundamental de Vibración. ....  | 42 |
| Ecuación 25:Aceleración Espectral. ....  | 42 |
| Ecuación 26: Deriva de Entrepiso.....  | 42 |
| Ecuación 27:Deriva Inelástica. ....  | 42 |
| Ecuación 28: Resistencia Requerida.....  | 42 |
| Ecuación 29: Resistencia Requerida aplicando cargas de Viento. ....                                    | 43 |
| Ecuación 30: Resistencia Requerida aplicando Cargas de Sismo. ....                                     | 43 |
| Ecuación 31:Espesor Efectivo de Muro Portante ..... 43   | 43 |
| Ecuación 32:Esfuerzo Axial Máximo.....   | 44 |
| Ecuación 33:Esfuerzo Máximo axial para carga Concentrada en el Plano. ....                             | 44 |
| Ecuación 34:Densidad Mínima de Muros.....  | 44 |
| Ecuación 35:Distancia Entre Elementos de Confinamiento. ....   | 45 |
| Ecuación 36:Fuerza Cortante Admisible. ....  | 46 |
| Ecuación 37:Resistencia al Agrietamiento Diagonal.....   | 46 |
| Ecuación 38:Verificación de la Resistencia al Corte de la Edificación.....                             | 46 |
| Ecuación 39:Cortantes y Momentos. ....   | 47 |
| Ecuación 40:Factor de Amplificación. ....  | 47 |

## RESUMEN

Muchas edificaciones existentes hoy en día a la hora de la ocurrencia de un sismo estarán en peligro de sufrir daños de moderados a severos e incluso colapsar debido muchas veces a su mala configuración estructural, esto porque se concibieron con normas pasadas e incluso sin normativa alguna.

Hoy en día las estructuras nuevas y existentes son diseñadas y evaluadas con códigos de diseño conservadores que hacen incursionar a las estructuras en el rango no lineal, más no dan los valores puntuales de distorsión y desplazamiento, así como cortante sísmica que soportaría una estructura hasta antes de llegar a la falla, si bien existen análisis no lineales que si dan estos resultados, no son muy usados debido a que los análisis no lineales tienen un gasto computacional alto y la norma no exige su uso, pero son necesarios más aún para el análisis de estructuras existentes .

Es por ello que la presente investigación tiene como objeto determinar cuan vulnerables pueden estar las estructuras existentes y que desempeño tienen estas estructuras hasta antes de llegar a la falla.

Con este fin se ha hecho uso de métodos cualitativos (Hirosawa) y cuantitativos (Análisis no lineal Pushover) para la determinación de su vulnerabilidad y niveles de daño.

Los análisis arrojaron que la mayoría de estructuras tienen una vulnerabilidad alta, hasta incluso llegar al colapso, debido a su mala configuración estructural.

Finalmente se propone una mejoraría en la respuesta sísmica de estas estructuras gracias a un reforzamiento con diferentes métodos.

**Palabras clave:** desempeño, nivel de daño, vulnerabilidad estructural.

## ABSTRACT

Many existing buildings today, when an earthquake occurs, will be in danger of suffering moderate to severe damage and even collapsing, often due to their poor structural configuration, this because they were conceived with past standards and even without any regulations.

Nowadays, new and existing structures are designed and evaluated with conservative design codes that place structures in the non-linear range, but do not provide the specific values of distortion and displacement, as well as seismic shear that a structure would support until before reaching failure, although there are non-linear analyzes that do give these results, they are not widely used because non-linear analyzes have a high computational expense and the standard does not require their use, but they are even more necessary for the analysis of existing structures.

That is why the purpose of this investigation is to determine how vulnerable existing structures may be and what performance these structures have until before reaching failure.

To this end, qualitative (Hirosawa) and quantitative (Nonlinear Pushover Analysis) methods have been used to determine its vulnerability and damage levels.

The analyzes showed that the majority of structures have a high vulnerability, even collapsing, due to their poor structural configuration.

Finally, an improvement in the seismic response of these structures is proposed thanks to reinforcement with different methods.

**Keys words:** performance, hazard levels, structural vulnerability.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Justificación

En el Perú las edificaciones usualmente se diseñan utilizando análisis elásticos a pesar de que la mayoría experimentarán deformaciones inelásticas durante sismos severos. Los diseños modernos basados en desempeño requieren procedimientos para predecir el comportamiento real de las estructuras en tales condiciones (Muñoz, 2011).

Estos diseños elásticos tienen por lo general como objetivo principal que las estructuras tengan la capacidad de soportar sismos de baja intensidad sin sufrir daños estructurales significativos, sismos moderados con daños reparables y sismos de gran intensidad sin que se produzca el llamado colapso, más el desempeño de las estructuras en términos de potencial de daño no ha sido cuantificado debido a que generalmente sólo se considera un nivel de movimiento del suelo para lo cual la estructura en teoría no debería colapsar León (2003).

Si bien con el tiempo se han ido actualizando los códigos de diseño sísmico para la evaluación de estructuras nuevas y existentes, estos en gran parte son conservadores y poco representativos del comportamiento real que podría presentar una estructura Carrillo (2007).

El control del daño estructural y no estructural requiere de un buen manejo de los desplazamientos y distorsiones de entre piso, además de las demandas acumuladas de deformación plástica (Espinoza, 2008 citado por Sanchez, 2008).

A lo largo de los años han ocurrido un sinnúmero de eventos sísmicos que han acabado con la vida de millones de personas, uno de los factores que ha contribuido a que esto suceda es la construcción de viviendas con diferentes configuraciones estructurales, que no necesariamente tienen un buen comportamiento a la hora de la ocurrencia de un

sismo, por ello esta tesis se centra especialmente en construcciones de albañilería y pórticos en la que se desea saber cuán vulnerables y que desempeño presentan estas estructuras para una misma área y cantidad de pisos, en calle los geranios, Callao.

Esta investigación beneficiará a un buen número de personas no solamente de calle los Geranios, Callao sino también a personas de muchos otros distritos, provincias, pues la mayoría de viviendas son construcciones de albañilería confinada y pórticos que son tema del que trata esta investigación.

### **1.1.1 Antecedentes.**

#### A Nivel Internacional

López (2021) en su tesis Modelado no Lineal de un Edificio de tres Niveles a Base de Muros de Mampostería cuyo objetivo principal fue comparar la respuesta no lineal y determinar el desempeño de la estructura de muros de mampostería bajo efectos sísmicos tuvo como resultado que la curva de capacidad de la estructura dio una cortante máxima de 369,4 Tn para la dirección x-x, lo cual hace que la estructura se encuentre en un nivel de daño severo para las solicitaciones impuestas.

(Martínez, 2022) en su tesis titulada “Estudio estructural de mampostería confinada en ladrillo para viviendas emergentes en la zona de Pedernales”, tuvo como objetivo determinar si los muros de albañilería confinada son capaces de resistir las fuerzas sísmicas para la edificación de estudio y si su comportamiento es el adecuado para dicha estructura, para lo cual analizó una vivienda de mampostería confinada de 3 niveles en el software Etabs 2016 en el que le dio como resultados derivadas de 0.0012 lo cual estaba dentro del rango permitido de la norma ecuatoriana, además de ello se observa que el desempeño de la estructura es de ocupación inmediata y presenta vulnerabilidad baja.

Gonzales (2018) en su tesis Vulnerabilidad de Viviendas en la Franja del Pacífico

de Nicaragua frente a Enjambres Sísmicos tuvo por objeto evaluar el desempeño sísmico de estas estructuras frente a análisis no lineales del tipo pushover, entre sus resultados figuran que el desempeño para la dirección x-x fue de 2.28, mientras que para la dirección y-y fue de 2.03 y pudo concluir que el daño obtenido para la dirección x-x es catalogado como moderado (31%), mientras que para la dirección y-y es de 30%.

Cornejo & Hernández, (2013) en su investigación titulada “Resistencia Lateral de Estructuras de Mampostería Confinada” concluyó que si bien una cantidad aceptable de muros de mampostería ayudaría con las cargas verticales (resistencia de la estructura), eso no pasaría con las cargas por sismo, por tales motivos la densidad de muros no sería el único factor indicativo de la eficiencia para una estructura.

### **A Nivel Nacional.**

Martínez (2022) en su tesis “Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural Mediante el Análisis Estático no Lineal a la I.E 14011 Nuestra Señora del Pilar”, cuyo objetivo principal fue realizar el análisis estático no lineal – Pushover, con el fin de obtener las curvas de capacidad, mediante las cuales, se verificará el desempeño estructural de la edificación en estudio, entre sus resultados obtuvo que el máximo desplazamiento obtenido para la curva de capacidad fue de 13 cm lo cual hace que la estructura requiera un reforzamiento ya que entra en un desempeño de prevención de colapso.

Según evaluó Rodríguez (2021) en su tesis titulada Respuesta estructural no lineal en la estimación del desempeño sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021, que tuvo como objetivo principal determinar la influencia del daño estructural asociando límites de daño locales en la estimación del desempeño sísmico en edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica-2021, cuyo resultado fue que el desplazamiento máximo fue de 37 mm que hace a esta edificación estar en el rango de seguridad de vida y que pudo

cocluir que las edificaciones analizadas se encuentran en un rango de operatividad para un sismo esperado.

Torre (2018) en su tesis Análisis no Lineal Estático de una edificación de Albañilería Confinada en la Ciudad de Huancavelica-2018, cuyo objetivo principal fue determinar el análisis no lineal estático en el desempeño sísmico de una edificación de albañilería confinada en la ciudad de Huancavelica – 2018, cuyo resultado fue que el máximo desplazamiento de la edificación fue de 2.75 cm llevando a clasificarla como grado de daño ligero a moderado y pudo concluir que la edificación no presentaría fallas importantes para un sismo esperado.

## **1.2 Formulación del Problema**

### **1.2.1 Problema General.**

¿Qué efecto tendrá la configuración estructural en el desempeño y vulnerabilidad de edificaciones de albañilería confinada de tres niveles en calle los Geranios, Callao 2022?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

¿Cuál será el desempeño que presentan las estructuras analizadas?

¿Cuál será el desplazamiento máximo para el punto de desempeño al que llegan las estructuras antes de la falla?

¿Serán vulnerables las estructuras analizadas?

## **1.3 Objetivos.**

### **1.3.1 Objetivo General.**

Determinar el efecto que tiene la configuración estructural en el desempeño y vulnerabilidad de edificaciones de albañilería confinada de tres niveles en calle los Geranios, Callao 2022

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

Determinar el nivel de desempeño de las estructuras analizadas.

Determinar que estructura tiene un mejor comportamiento mediante los análisis realizados.

Determinar la curva de capacidad y punto de desempeño de las estructuras estudiadas.

Determinar la vulnerabilidad de las muestras analizadas.

## **1.4 Hipótesis.**

### **1.4.1 Hipótesis General**

El desempeño y la vulnerabilidad de las estructuras analizadas estarán en un rango óptimo debido al efecto de sus configuraciones estructurales.

### **1.4.2 Hipótesis Específica**

- El desempeño de las estructuras estará en el rango de operatividad luego de ejecutado el análisis.
- El deterioro de los materiales de construcción son los factores más incidentes a la hora de determinar el punto de desempeño de las estructuras.
- Las estructuras estarán operativas para un máximo sismo considerado.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1 Definiciones Conceptuales.

#### **Análisis no Lineal**

Este tipo de análisis trata estructuras nuevas y existentes para determinar su vulnerabilidad, desempeño y rehabilitación, este método también es conocido como el método de la curva de capacidad, el procedimiento consiste en aplicar cargas aplicadas hasta hacer que la estructura llegue a su punto límite de capacidad en el cual se intersectará con el espectro de capacidad de la zona de estudio para hallar el punto de desempeño (Quinto, 2022).

#### **Análisis Estático**

El objetivo principal del análisis resistencia estática de las estructuras es la evaluación de un estado de estrés de una estructura sometida a fuerzas constante en el tiempo (estáticos). Esta evaluación del estado de estrés se realiza generalmente con el fin de sondear las características de diseño adoptadas contra el criterio de resistencia (Auto FEM Analysis, s.f.)

#### **Análisis Dinámico**

El análisis sísmico dinámico consiste en un análisis modal más un análisis espectral, el análisis modal se refiere a que la estructura oscila por su propio peso sin sismo, en cambio el análisis espectral se da cuando ya actúa la fuerza sísmica (Roncal, 2018).

#### **Espectro de Respuesta**

Es una herramienta importante que permite determinar los valores máximos aceleraciones, velocidades y desplazamientos que provocan los movimientos sísmicos en las estructuras (Boiero, 2020).

#### **Vulnerabilidad Sísmica**

Es una característica que presenta una estructura a la hora de ser sometida a las fuerzas sísmicas que se describe por una ley de causa efecto, donde la causa es el movimiento telúrico y el efecto es el daño (Sandi, 1986).

## Muros No Portantes

Los muros no portantes son aquellos que no reciben carga vertical, estos muros deben diseñarse para soportar cargas perpendiculares a su plano, un ejemplo de ellos son los parapetos que son usados como baranda en escaleras o puestos en la azotea en forma de cerco mientras que los tabiques son usados como elementos divisorios de ambientes (Bartolome, Quiun, & Silva, 2018).



Figura 1: Parapeto en último piso.

Fuente: Vidriería Palacios M&H (2021).

## Muros Portantes

Son los que se emplean como elementos estructurales de un edificio, estos muros están sujetos a todo tipo de solicitaciones, tanto contenido en su plano como perpendicular al mismo (Bartolome, Quiun, & Silva, 2018).

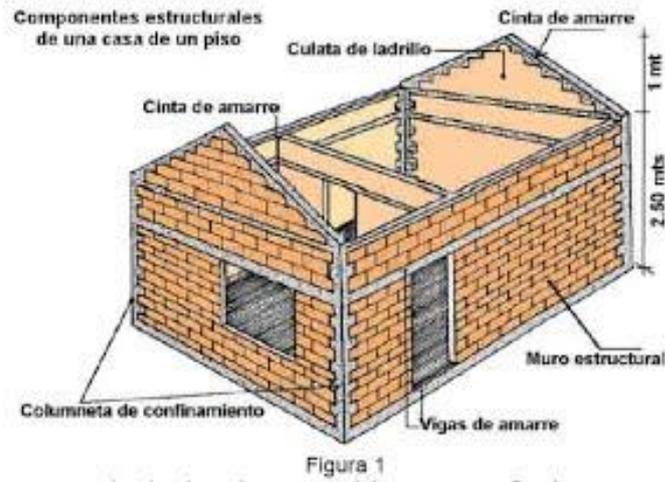


Figura 2: Muros Portantes.

Fuente: Construcción y Diseño en VIS (2017)

### Unidades Solidas de Albañilería

Son las que no tienen huecos o en todo caso presentan ranuras o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que ocupan un área no mayor al 30% del área bruta (Bartolome, Quiun, & Silva, 2018).



Figura 3: Unidades de Albañilería Solida y Hueca

Fuente: Bartolomé (2007)

### Unidades Tubulares de Albañilería

Según Bartolome, Quiun, & Silva (2018) “son las que tienen perforaciones dispuestas en paralelo a la superficie de asiento; en este tipo se clasifican los ladrillos pandereta, que se utilizan en muros no portantes, su uso en muros portantes es un error frecuente”.

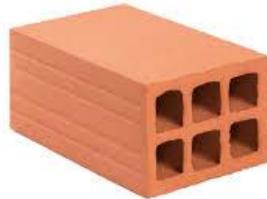


Figura 4:Unidad Tubular

Fuente: Promart ( 2021)

### **Alabeo**

Se dice de la concavidad o convexidad que puede tener el ladrillo que podría conducir a un mayor espesor de la junta. Asimismo, puede disminuir el área de contacto con el mortero, al formarse vacíos en las zonas más alabeadas o incluso puede producir fallas por flexión por el peso existente en las hiladas superiores de la albañilería (Bartolome, Quiun, & Silva, 2018)



Figura 5:Alabeo en Ladrillo.

Fuente: Geinco( 2020)

### **Norma E.020 Cargas**

## Carga Muerta

Estas cargas se pueden entender cómo. “El peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo” (NPT E0.20, 2019)

## Carga Viva

Según E0.20 (2019) afirma:

Para cargas de piso se usará como mínimo los valores que se establecen en la tabla 1 para los diferentes tipos de ocupación, según su uso valores que incluyen un margen para condiciones ordinarias de impacto. Para cargas de techo se diseñarán teniendo en cuenta las cargas vivas, las de sismo, viento y otras prescritas. Para cargas móviles se considerará las cargas establecidas en el artículo 6 y 7 que incluyen un margen para las condiciones ordinarias de impacto. (p.270)

## 2.2 Normas para Cálculo de Desempeño.

### 2.2.1 Diseño por desempeño

Como se menciona en la norma e.070 (2019):

El diseño por desempeño trata de un tipo de metodología que busca alcanzar ciertos niveles en la que la estructura aporta una capacidad bajo una cierta demanda que es suministrada por niveles de peligro sísmico en la que se alcanza una determinada distorsión lateral, que busca predecir el comportamiento de una estructura nueva o existente para varios niveles de peligro sísmico.

### 2.2.2 Niveles de Desempeño

Tabla 1: Niveles de Desempeño por FEMA 356

| Operatividad  | Ocupación Inmediata | Seguridad de Vida | Prevención de Colapso |
|---------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
| Muy poco daño | Poco daño           | Daño Moderado     | Daño Severo           |

Fuente: Fema 356 (2000).

Tabla 2: Nivel de Desempeño por Visión 2000.

| Estado de Daño | Niveles de Daño        | Características  |
|----------------|------------------------|--|
| Despreciable   | Totalmente Operacional | Daño estructural y no estructural despreciable o nulo.                   |
| Ligero         | Operacional            | Daños ligeros, las instalaciones esenciales continúan en servicio        |
| Moderado       | Seguridad              | Daños moderados, la estructura sufre daños, pero permanece estable       |
| Severo         | Pre- Colapso           | Daño estructural severo, cerca al colapso, la seguridad es comprometida. |
| Completo       | Colapso                | Colapso estructural.   |

Fuente: SEAOC (1995).

Tabla 3: Nivel de Desempeño según ASCE 41-17.

| Estado de Daño        | Características  |
|-----------------------|--|
| Ocupación Inmediata   | La edificación no sufre daños  |
| Control de Daño       | Es un punto intermedio entre la ocupación inmediata y la seguridad de vida.                        |
| Seguridad de Vida     | Luego del sismo la estructura sufre daños, pero la mantiene en un margen de seguridad.             |
| Seguridad Reducida    | Es un punto medio entre la seguridad de vida y la prevención de colapso, toma la mitad de cada uno |
| Prevención de Colapso | La estructura está muy dañada, elementos inestables, cerca al colapso.                             |

Fuente: ASCE 41-17 (2017).

### 2.2.3 Peligro Sísmico

“El Earthquake Engineering Research Institute define el peligro sísmico como cualquier tipo de fenómeno físico asociado con un sismo que puede producir efectos

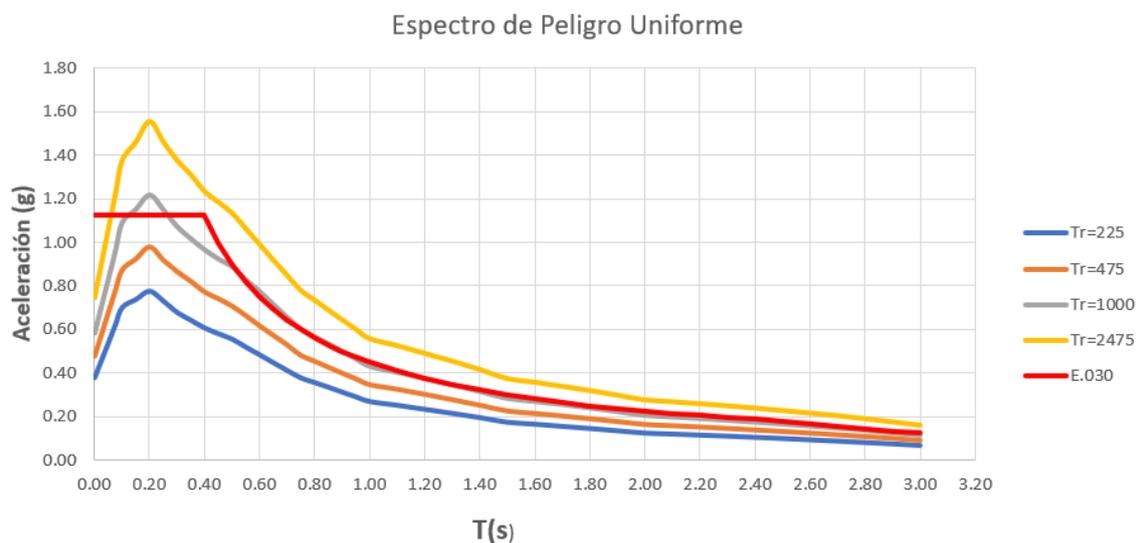
adversos a actividades humanas tales como fallas en terrenos, licuefacción, falla lateral”

(EERI,1984, citado por Ocola, 2005, pag 85).

Tabla 4:Niveles de Peligro Sísmico

| Probabilidad | MRI  | Frecuencia |
|--------------|------|------------|
| 50%          | 72   | Frecuente  |
| 20%          | 225  | Ocasional  |
| 10%          | 475  | Raro       |
| 2%           | 2475 | Muy raro   |

Fuente: (Nehrp, 2020).



### 2.2.4 Curva de Capacidad

Una curva de capacidad es definida como la relación que existe entre la resistencia que posee una estructura frente a cargas laterales asociadas directamente a desplazamientos laterales característicos que se obtiene por medio de un análisis estático no lineal también denominado análisis pushover. Moreno (2006).

### 2.2.5 Punto de Desempeño

Cuando se superpone el espectro de capacidad con el de demanda se obtendrá la respuesta máxima del edificio en la intersección de ambos espectros, este es el llamado

punto de desempeño, en el que se obtiene el máximo desplazamiento lateral para el sismo demandado.

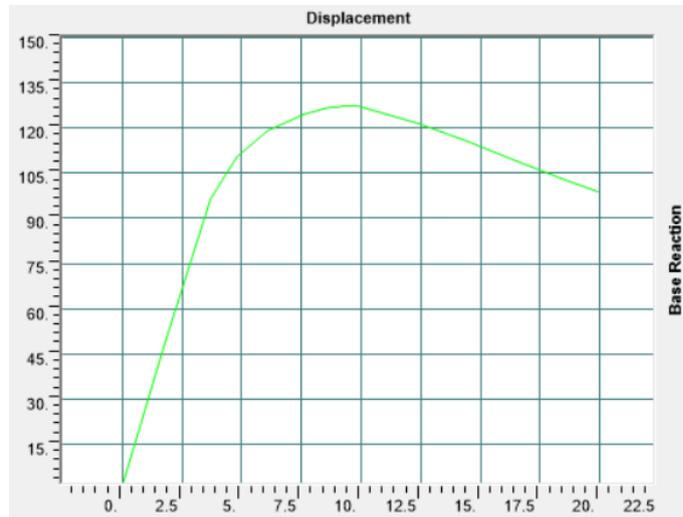


Figura 6: Curva de Capacidad

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura mostrada se detalla la curva de capacidad en toneladas por centímetros, se aprecia que dicha estructura posee una buena ductilidad además de resistencia.

### Métodos para el Cálculo del Punto de Desempeño.

#### 2.2.6 Método del Espectro de Capacidad

Según ATC 40 (1996):

- Obtener la curva de capacidad con el análisis estático no lineal
- Estimar el desplazamiento y construir una aproximación de una curva bilineal para obtener una rigidez secante y un periodo secante y una ratio de ductilidad.
- Se estima la energía de disipación y con ella se obtiene el amortiguamiento que se da por el daño de la estructura.
- Se obtiene el espectro de aceleración, la fuerza y el desplazamiento.
- Se ajusta el espectro de demanda para determinar el punto de desempeño.

$$PF = \frac{\sum_{i=1}^N Wi\phi_i/g}{\sum_{i=1}^N (Wi\phi_i^2)^1/g}$$

Ecuación 1:Factor de participación modo fundamental.

$$\alpha_i = \frac{(\sum_{i=1}^N Wi\phi_i/g)^2}{(\sum_{i=1}^N \frac{Wi}{g})(\sum_{i=1}^N \frac{(Wi\phi_i^2)^1}{g})}$$

Ecuación 2:Coeficiente de Masa Modal para el Primer Modo Fundamental.

$$Sa = \frac{V/W}{\alpha_i}$$

Ecuación 3:Aceleración Espectral.

$$Sd = \frac{\Delta_{roof}}{PFi\phi_{roof}}$$

Ecuación 4:Desplazamiento Espectral.

$$h_e = 0.25(1 - \frac{1}{\sqrt{\mu}}) + 0.05$$

Ecuación 5:Amortiguamiento Equivalente.

$$h_e = 0.25(1 - \frac{1}{\sqrt{\mu}}) + 0.05$$

Ecuación 6:Factor de Reducción de Espectro.

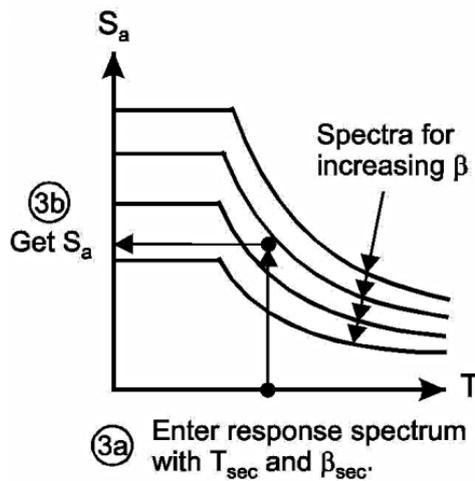


Figura 7: Método del Espectro de Capacidad

Fuente: ATC 40 (2000)

### 2.2.7 Método de los Coeficientes

Según FEMA 356 (2000):

- Se estima el desplazamiento y se construye la curva bilineal para obtener una rigidez inicial y un periodo inicial.
- Con un espectro de 5% se obtiene la demanda para posteriormente obtener la fuerza y desplazamiento.
- Se dan factores según ya establecido y se calibra hasta que coincidan las áreas dentro y fuera de la curva de capacidad.

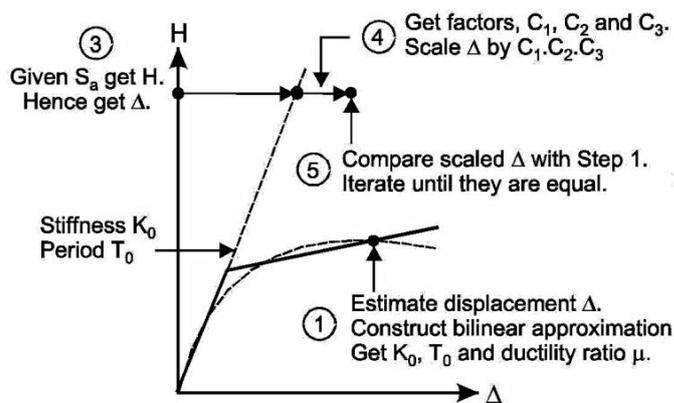


Figura 8: Método de los Coeficientes.

$$\delta_T = C_0 \times C_1 \times C_2 \times C_3 \times S_a \frac{T^2}{4\pi^2} g$$

Ecuación 7: Punto de Desempeño.

$C_0$  = Factor de modificación para relacionar el desplazamiento espectral

de un sistema SDOF equivalente con el desplazamiento del techo del sistema MDOF del edificio calculado.

Tabla 5: Valores para el factor  $C_0$

| Número de pisos | Patrón de cargas triangular | Patrón de cargas uniforme | Cualquier patrón de cargas |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1               | 1.0                         | 1.0                       | 1.0                        |
| 2               | 1.2                         | 1.15                      | 1.2                        |
| 3               | 1.2                         | 1.2                       | 1.3                        |
| 5               | 1.3                         | 1.2                       | 1.4                        |
| 10+             | 1.3                         | 1.2                       | 1.5                        |

$C_1$  = Factor de modificación para relacionar el máximo desplazamiento inelástico y los calculados en una respuesta elástica lineal, no mayor de 1.5 ni menor de 1.

$C_1 = 1$ ,  $T_e > T_s$

$C_1 = (1 + (R-1) T_s / T_e) / R$  para  $T_e < T_s$

$R = \frac{S_a}{v_y / W} \cdot C_m$

Donde:  $S_a$  es la pseudoaceleración para el periodo fundamental efectivo.

$v_y$  = esfuerzo de fluencia

$W$  = peso sísmico efectivo

Tabla 6: Cálculo de valores para  $C_m$

| Número de Pisos | Momento en marco de concreto | Momento cortante de muro | Momento en marco en acero | Excentricidad de brazo de marco de acero | other |
|-----------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|--|-------|
| 1-2             | 1                            | 1                        | 1                         | 1  | 1     |
| 3 o más         | 0.9                          | 0.8                      | 0.9                       | 0.9                                      | 1     |

Para el FEMA 440

$C_1 = 1 + R - 1 / a T_e^2$

Donde  $a$  se determina:

Sitio A:  $a=150$

Sitio B:  $a=130$

Sitio C:  $a=90$

Sitio D:  $a=60$

Tabla 7: Clasificación según sitio.

| Sitio                    | $V_s$          | N       | $S_u$           |
|--------------------------|----------------|---------|-----------------|
| Roca dura                | >5000 ft/s     | NA      | NA              |
| Roca                     | 2500-5000ft/s  | NA      | NA              |
| Suelo denso roca liviana | 1200-2500 ft/s | >50     | >2000 psf       |
| Suelo Semi rígido        | 600-1200 ft/s  | 15 a 50 | 1000 a 2000 psf |
| Suelo arcilloso          | <600 ft/s      | <15     | <1000 psf       |

C2= Factor de modificación para representar la forma histerética ajustada, degradación de rigidez y el deterioro de la resistencia luego de la respuesta máxima en desplazamiento.

Tabla 8: Valores para el factor C2.

| Nivel de desempeño    | $T < 0.1$ s |        | $T > T_s$ |        |
|-----------------------|-------------|--------|-----------|--------|
|                       | Tipo 1      | Tipo 2 | Tipo 1    | Tipo 2 |
| Ocupación inmediata   | 1           | 1      | 1         | 1      |
| Seguridad de vida     | 1.3         | 1      | 1.1       | 1      |
| Prevención de colapso | 1.5         | 1      | 1.2       | 1      |

El FEMA 440 simplifica la expresión mediante:

$$C2 = 1 + 1/800(R-1/T)^2$$

Para periodos menores de 0.2s, C2 se podrá tomar el obtenido para dicho periodo de 0.2s.

Para periodos mayores a 0.7s, C2 se podrá tomar un valor de 1, este coeficiente solo se debe aplicar a estructuras que muestren rigidez y/o degradación de resistencia significativa.

C3= Este es el factor de modificación que nos representa el incremento de los desplazamientos en conjunto con los efectos dinámicos P- $\Delta$ .

### Criterios de Aceptación – Vigas de Concreto Armado.

Tabla 9: Criterios de aceptación para vigas C.A.

| Condiciones                       | Control por flexión   | Ángulo de rotación plástico        |       | Ratio de esfuerzo residual |     |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------------------------|-------|----------------------------|-----|
|                                   |                       | $\frac{V^d}{B_w d \sqrt{f'_{cE}}}$ | a     | b                          | c   |
| $\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$ | Confinam. transversal |                                    |       |                            |     |
| $\leq 0.0$                        | C                     | $\leq 3(0.25)$                     | 0.025 | 0.05                       | 0.2 |
| $\leq 0.0$                        | C                     | $\geq 6(0.5)$                      | 0.02  | 0.04                       | 0.2 |

|            |    |                |       |       |     |
|------------|----|----------------|-------|-------|-----|
| $\geq 0.5$ | C  | $\leq 3(0.25)$ | 0.02  | 0.03  | 0.2 |
| $\geq 0.5$ | C  | $\geq 6(0.5)$  | 0.015 | 0.02  | 0.2 |
| $\leq 0.0$ | NC | $\leq 3(0.25)$ | 0.02  | 0.03  | 0.2 |
| $\leq 0.0$ | NC | $\geq 6(0.5)$  | 0.01  | 0.015 | 0.2 |
| $\geq 0.5$ | NC | $\leq 3(0.25)$ | 0.01  | 0.015 | 0.2 |
| $\geq 0.5$ | NC | $\geq 6(0.5)$  | 0.005 | 0.01  | 0.2 |

### Criterios de Aceptación de Columnas de Concreto armado.

Columnas no controladas por una inadecuada longitud de desarrollo.

$$a = (0.042 - 0.043 \frac{N_{UD}}{0.8A_g f'_{CE}} + 0.63\rho_t - 0.023 \frac{V_{yE}}{V_{ColOE}}) \geq 0.0$$

$$b = \frac{0.5}{5 + \frac{N_{UD}}{0.8A_g F'_{CE} \frac{1}{\rho_t} \frac{F'_{CE}}{F_{ytE}}}} - 0.1 \geq a^a$$

$$c = 0.24 - 0.4 \frac{N_{ud}}{A_g f'_{CE}}$$

Columnas controladas por una inadecuada longitud de desarrollo.

$$a = \frac{1}{8} \frac{\rho_t f_{ytE}}{\rho_l f_{ylE}} \geq 0.0$$

$$b = 0.12 - 0.0858 \frac{N_{UD}}{A_g f'_{CE}} + 12\rho_t^e \geq 0.0$$

$$c = 0.15 + 0.36\rho_t \leq 0.4$$

### Criterios para el análisis de muros de albañilería confinada.

Con el fin de clasificar estructuras de albañilería teniendo en cuenta las diferentes formas de construcción y uso de materiales, además de tener una mejor idea de su comportamiento, se recolecto data experimental que permitió generar nuevas formulaciones para una futura propuesta de norma Díaz et al. (2019).

$$\frac{\tau}{F_m} = \beta_0 + \beta_1 \left( \frac{P_t \sigma_y}{F_m} \right)^{0.7} + \beta_2 \frac{P_{We} \sigma_{Wy}}{F_m} + \beta_3 \frac{\sigma_0}{F_m}$$

Ecuación 8: fórmula para la determinación de esfuerzos en muros incluyendo el aporte de columnas.

Tabla 10: Valores para los Coeficientes según nivel de daño.

| Coeficiente | Cracking | Yelding | Máximum | Ultimate |
|-------------|----------|---------|---------|----------|
| $\beta_0$   | 0.000    | 0.000   | 0.000   | 0.000    |
| $\beta_1$   | 0.000    | 0.000   | 0.054   | 0.221    |
| $\beta_2$   | 0.249    | 0.426   | 0.432   | 0.077    |
| $\beta_3$   | 0.221    | 0.175   | 0.290   | 0.503    |

Tabla 11: Valores de los Coeficientes según tipo de ladrillo.

| Tipo de ladrillo | Cracking | Yelding | Máximum | Ultimate |
|------------------|----------|---------|---------|----------|
| Industrial       | 0.6      | 1.9     | 7.6     | 11.7     |
| Solido           | 0.4      | 1.3     | 3.5     | 8.0      |
| Tubular          | 0.4      | 0.6     | 1.9     | 3.7      |

### 2.2.8 Método de Hirosawa

Método propuesto por Misaya Hirosawa en el que se hace una comparación de la demanda sísmica con la capacidad de las estructuras que se miden mediante una serie de variables que toman en cuenta deterioro de la edificación, fallas visuales, irregularidades, etc (Moscoso, 2020).

Se puede considerar que la estructura es segura frente a un sismo si:

$$I_s \geq I_{so}$$

Ecuación 9: Demanda vs capacidad.

### Cálculo de $I_s$

$$I_s = E^\circ \times S_d \times T$$

Ecuación 10: Fórmula para el Cálculo de la Capacidad.

Donde  $E^\circ$ : Índice sísmico de comportamiento de estructura.

$S_d$ : Índice de configuración estructural.

$T$ : Índice de deterioro de la edificación.

$$E^\circ = \frac{n_p + 1}{n_p + i} \times (\alpha_1 \times (C_{mar} + C_{sc} + C_a + C_{ma}) + \alpha_2 \times C_w + \alpha_3 \times C_c) \times F$$

Ecuación 11: Determinación de  $E^\circ$ .

$\alpha_i$  = es el factor de reducción de capacidad resistente, cuyos valores se dan en la siguiente

tabla:

Tabla 12: Coeficientes  $\alpha_1$

| Tipo | $\alpha_1$ | $\alpha_2$ | $\alpha_3$ | Modo de falla                            |
|------|------------|------------|------------|--|
| A    | 1          | 0.7        | 0.5        | Muros no confinados, confinados, relleno |
| B    | 0          | 1          | 0.7        | Muros de concreto armado                 |
| C    | 0          | 0          | 1          | Columnas y vigas de C.A                  |

Fuente: (Moscoso, 2020)

$N_p$ : número de pisos.

$C_{mar}$ : índice de muros de relleno.

$C_s$ : índice para efecto de columnas cortas.

$C_a$ : índice para muros de albañilería no confinada.

$C_{ma}$ : índice para muros de albañilería confinada.

$C_w$ : índice para muros de concreto armado.

$C_c$ : índice para efecto de columnas y vigas.

$F$ : índice de ductilidad

$F = 1$ , si  $C_{mar}$ ,  $C_a$  y  $C_s$  son igual a 0  
 $F = 0.8$ , si  $C_{mar}$ ,  $C_a$  y  $C_s$  son distintos de 0

Ecuación 12: Factor F.

$$C_{mar} = \frac{0.6 \times 0.85 \times \tau \times \sum A_{mar}}{\sum_{j=i}^{n_p} W_j}$$

Ecuación 13: Cálculo de  $C_{mar}$ .

$$C_s = \frac{f_c}{200} \times \frac{15 \times \sum A_{sc}}{\sum_{j=i}^{n_p} W_j}$$

Ecuación 14: Cálculo de  $C_s$ .

$$C_{ma} = \frac{0.6 \times (0.45 \times \tau + 0.25 \times \sigma) \times \sum A_{ma}}{\sum_{j=i}^{n_p} W_j}$$

Ecuación 15: Cálculo de  $C_{ma}$ .

$$C_w = \frac{f_c}{200} \frac{(30 \sum A_{m1} + 20 \sum A_{m2} + 12 \sum A_{m3} + 10 \sum A_{m4})}{\sum_{j=i}^{np} W_j}$$

Ecuación 16: Cálculo de  $C_w$ .

$$C_c = \frac{f_c}{200} \times \frac{10 \sum A_{c1} + 7 \sum A_{c2}}{\sum_{j=i}^{np} W_j}$$

Ecuación 17: Cálculo de  $C_c$ .

$$SD = \prod_1^8 q_i$$

Ecuación 18: Cálculo de  $SD$ .

$q_i$ :  $(1 - (1 - G_i) \times R_i)$  para  $i=1,2,3,4,5,7,8$

$q_i = (1,2 - (1 - G_i) R_i)$  para  $i=6$

Tabla 13: Factores  $G_i$ ,  $R_i$ .

| $q_i$                    | $G_i$          |                      |                | $R_i$ |
|--------------------------|----------------|----------------------|----------------|-------|
| 1.regularidad            | Regular a1     | Mediano a2           | Irregular a3   | 1     |
| 2.relación largo-ancho   | $B < 5$        | $5 < B < 8$          | $B > 8$        | 0.5   |
| 3.contratación de planta | $0.8 < c$      | $0.5 < c < 0.8$      | $C < 0.5$      | 0.5   |
| 4.atrío o patio interior | $R_{ap} = 0.1$ | $0.1 < R_{ap} < 0.3$ | $0.3 < R_{ap}$ | 0.5   |
| 5.excentricidad          | 0.1            | 0.3                  | 0.4            | 0.25  |
| 6.subterráneo            | $1 < R_{as}$   | $0.5 < R_{as} < 1$   | $R_{as} < 0.5$ | 1     |
| 7.junta de dilatación    | $0.01 < S$     | $0.005 < s < 0.01$   | $S < 0.005$    | 0.5   |
| 8.uniformidad de altura  | $0.8 < R_h$    | $0.7 < R_h < 0.8$    | $R_h < 0.7$    | 0.5   |

Fuente: (Moscoso, 2020)

Cálculo de T:

Tabla 14: Cálculo T1

| Deformación permanente (T1)                                       |     |
|---|-----|
| Característica  | T1  |
| Edificio presenta inclinación debido a asentamiento.              | 0.7 |
| Edificio está construido sobre relleno artificial.                | 0.9 |
| Edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas ant. | 0.9 |
| Tiene visibles deformaciones de vigas y columnas                  | 0.9 |
| No hay signo de deformación                                       | 1   |

Fuente: (Moscoso, 2020)

Tabla 15: Cálculo de T2.

| Grietas en muros o columnas debido a corrosión de acero (T2) |     |
|--|-----|
| Característica   | T2  |
| Presenta filtraciones en corrosión visible en armaduras      | 0.8 |
| Presenta grietas inclinadas visibles en columnas             | 0.9 |
| Presenta grietas visibles en muros.                          | 0.9 |
| Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras       | 0.9 |
| Nada de lo anterior.   | 1   |

Fuente: (Moscoso, 2020)

Tabla 16: Cálculo de T3.

| Incendios (T3)  |     |
|---|-----|
| Característica  | T3  |
| Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.      | 0.7 |
| Ha experimentado incendio y fue debidamente reparado. | 0.8 |
| No ha experimentado incendios.                        | 1   |

Fuente: (Moscoso, 2020)

Tabla 17: Cálculo de T4.

| Uso de cuerpo o bloque (T4)      |     |
|----------------------------------|-----|
| Característica                   | T4  |
| Almacena sustancias químicas.    | 0.8 |
| No contiene sustancias químicas. | 1   |

Fuente: (Moscoso, 2020)

Tabla 18: Cálculo de T5.

| Tipo de daño estructural (T5)                      |     |
|--|-----|
| Característica                                     | T5  |
| Presenta daño estructural grave.                   | 0.8 |
| Presenta daño estructural fuerte.                  | 0.9 |
| Presenta daño estructural ligero o no estructural. | 1   |

Fuente: (Moscoso, 2020)

Cálculo de índice Iso:

$$\text{Iso} = \text{Eso} \times Z \times G \times U$$

Ecuación 19: Índice Iso

Dónde:

Eso: resistencia sísmica básica requerida (0,8 para el primer nivel y 0,6 para los siguientes niveles).

Z: factor de zona sísmica del lugar de estudio ( $0.5 < Z < 1$ ).

G: factor de influencia de la topografía y geotecnia (1 para zonas sin pendiente y 1,1 para zonas con pendiente).

U: factor de importancia del edificio por su uso (1 edificaciones).

### **2.2.9 Norma E0.30 Diseño Sismorresistente**

Como afirma la Norma Técnica E0.30 (2021):

Es de obligación a nivel nacional, se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de estructuras que resulten dañadas por la acción de sismos, así mismo la filosofía sismorresistente consiste en: evitar pérdidas humanas, asegurar la continuidad de servicios básicos, minimizar los daños a la propiedad. (p.303)

### **Peligro Sísmico Norma Peruana**

El territorio nacional se encuentra dividido en cuatro zonas, la zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral. A cada zona se le asigna un factor z según se indica en la tabla N°1, ese factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en el suelo rígido con una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años (NTP E.030,2021, p.304).

Tabla 19:Factor de Zona.

| Tabla N° 1:<br>Factores de Zona “Z” |      |
|-------------------------------------|------|
| Zona                                | Z    |
| 4                                   | 0.45 |
| 3                                   | 0.35 |
| 2                                   | 0.25 |
| 1                                   | 0.10 |

Fuente: Norma Técnica (E0.30, 2021).



Figura 9:Zonas Sísmicas.

Fuente: (Norma Tecnica E0.30, 2021)

## Perfiles de Suelo

Los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de ondas de corte ( $V_s$ ), o para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $N_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar o el promedio ponderado de la resistencia al corte de la condición no drenada  $S_u$  para suelos cohesivos (NTP E.030,2021, p.305)

Tabla 20:Perfiles de Suelos.

| Tabla N°2 Clasificación de los Perfiles de Suelo |                                |                 |                |
|--|--------------------------------|-----------------|----------------|
| Perfil   | V <sub>s</sub>                 | N <sub>60</sub> | S <sub>u</sub> |
| S°   | >1500m/s                       | -               | -              |
| S1   | 500m/s a1500m/s                | >50             | >100kPa        |
| S2   | 180m/s a 500m/s                | 15 a 50         | 50kPa a 100kPa |
| S3   | <180m/s                        | <15             | 25kPa a 50kPa  |
| S4   | Clasificación Basada en el EMS |                 |                |

Fuente: (Norma Tecnica E0.30, 2021)

Según Norma Tecnica E0.30 (2021) expresa que: “Los parámetros de Sitio se considera para el tipo de perfil que mejor describas las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los periodos T<sub>p</sub> y T<sub>l</sub> según las siguientes tablas” (p.306).

Tabla 21:Factor Suelo.

| Tabla N°3 Factor de Suelo “S” |      |    |      |      |
|-------------------------------|------|----|------|------|
| Zona-Suelo                    | S0   | S1 | S2   | S3   |
| Z4                            | 0.80 | 1  | 1.05 | 1.10 |
| Z3                            | 0.80 | 1  | 1.15 | 1.20 |
| Z2                            | 0.80 | 1  | 1.20 | 1.40 |
| Z1                            | 0.80 | 1  | 1.60 | 2    |

Fuente: (Norma Tecnica E0.30, 2021).

Tabla 22:Periodos T<sub>l</sub> y T<sub>p</sub>.

| Tabla N°4 Periodo T <sub>p</sub> y T <sub>l</sub> |                 |    |    |    |
|---|-----------------|----|----|----|
|   | Perfil de Suelo |    |    |    |
|   | S0              | S1 | S2 | S3 |
|   |                 |    |    |    |

|       |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| Tp(s) | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 1   |
| Tl(s) | 3   | 2.5 | 2   | 1.6 |

Fuente: (Norma Tecnica E0.30, 2021)

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_l \quad C = 2.5 \frac{T_p}{T}$$

$$T_l < T \quad C = 2.5 \left( \frac{T_p * T_l}{T^2} \right)$$

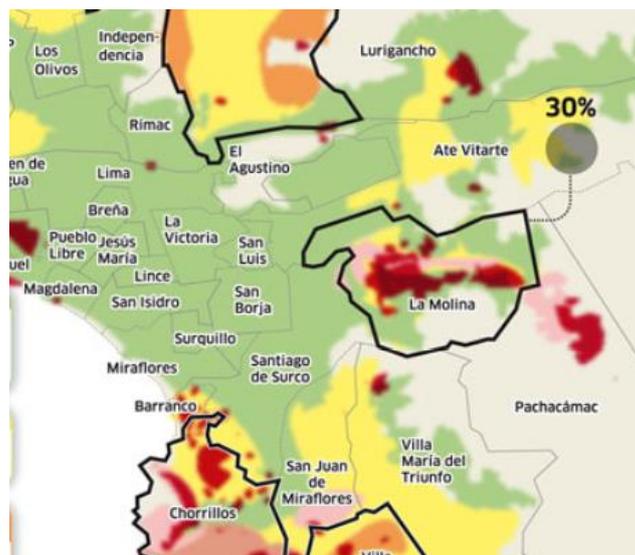
*Ecuación 20: Factores de Amplificación*

Tabla 23: Zonificación según tipos de suelos.

|        |  |
|--------|--|
| Zona 1 | Este suelo posee afloramientos rocosos, estratos de grava que conforman los conos de deyección de los ríos Rimac y Chillón, y los estratos de grava coluvial de las laderas. |
| Zona 2 | Terreno conformado por un estrato superficial de suelos granulares finos y suelos arcillosos.  |
| Zona 3 | Conformado en su mayor parte por depósitos de suelos finos y suelos arcillosos.  |
| Zona 4 | Terreno con depósito de arenas eólicas de gran espesor y sueltas.  |
| Zona 5 | Conformada por depósitos de rellenos sueltos de desmontes heterogéneos que han sido colocados en depresiones naturales o excavaciones realizadas en el pasado.               |

Fuente: (Norma Tecnica E0.30, 2021).

Figura 10: Tipos de Suelos en Distritos.



Fuente: Sigrid (2011).

Tabla 24: Categoría y Factor "U"

| Tabla n°5: Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso |          |
|---|----------|
| Categoría   | Factor   |
| A   | 1.5      |
| B   | 1.3      |
| C   | 1        |
| D   | Ver nota |

Fuente: (Norma Técnica E0.30, 2021)

Nota: En estas edificaciones se provee de resistencia y rigidez adecuada para acciones laterales, a criterio del proyectista.

Tabla 25: Sistemas Estructurales.

| Tabla N 6: Sistemas Estructurales |                |
|-----------------------------------|----------------|
| Sistema Estructural               | R <sub>0</sub> |
| Concreto Armado:                  | 8              |
| Pórticos                          | 7              |
| Dual                              | 6              |
| De muros estructurales            | 4              |
| Muros de ductilidad limitada      |                |
| Albañilería Confinada             | 3              |

Fuente: (Norma Técnica E0.30, 2021)

Factores de Irregularidad: Según la Norma Técnica E0.30 (2021) lo define como: Para el factor I<sub>a</sub> se debe tomar el menor valor de la tabla N° 7, correspondientes a la irregularidad en altura, mientras para el caso del factor I<sub>p</sub> se le determina como el menor valor de la tabla N° 8, correspondiente a la irregularidad en planta.

Tabla 26: Irregularidad Estructural en Altura.

| Irregularidades Estructurales en Altura   | Factor Ia |
|---|-----------|
| <p>Piso Blando: Existe irregularidad de rigidez cuando la rigidez lateral en cualquier dirección de análisis de un entrepiso es menor que el 70% de la del entrepiso superior inmediato, o menor que el 80% de los 3 pisos superiores inmediatos</p> <p>Y existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquier dirección de análisis la resistencia de un entrepiso frente a cortantes es menor que el 80% de un entrepiso inmediato.</p> | 0.75      |
| <p>Irregularidad extrema: Cuando la rigidez de un entrepiso es menor que 60% de un entrepiso superior o 70% de los 3 entrepisos superiores inmediatos</p> <p>Irregularidad extrema de resistencia: Cuando la resistencia de un entrepiso frente a cortantes es menor que el 65% de la resistencia de un entrepiso superior inmediato.</p>   | 0.5       |
| <p>Irregularidad en Masa: Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos</p>   | 0.90      |
| <p>Irregularidad Geométrica Vertical: La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>  | 0.90      |
| <p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes: Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.</p>  | 0.80      |
| <p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes: Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten</p>   | 0.60      |

|  |  |
|--|--|
| los elementos discontinuos según el ítem anterior supere el 25% de la fuerza cortante total. |  |
|--|--|

Fuente: (Norma Técnica E0.30, 2021).

Tabla 27: Irregularidad en Planta.

| Irregularidad Estructural en Planta | Factor $I_p$ |
|-------------------------------------|--------------|
| Irregularidad Torsional             | 0.75         |
| Irregularidad Torsional Extrema     | 0.60         |
| Esquinas Entrantes                  | 0.90         |
| Discontinuidad de Diafragma         | 0.85         |
| Sistemas no Paralelos               | 0.90         |

Fuente: (Norma Técnica E0.30, 2021).

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

Ecuación 21: Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} P$$

Ecuación 22: Fuerza Cortante en la Base.

$$\frac{C}{R} > 0.11$$

Ecuación 23: Relación de Coeficientes.

Periodo Fundamental de Vibración.

El periodo fundamental para cada dirección se estima con la siguiente expresión:

$$T = \frac{H}{C}$$

Ecuación 24: Periodo Fundamental de Vibración.

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

Ecuación 25: Aceleración Espectral.

$$\delta_e = \frac{\Delta}{H e_i}$$

Ecuación 26: Deriva de Entrepiso.

$$\delta_t = 0.75 \cdot R \cdot \delta_e$$

Ecuación 27: Deriva Inelástica.

### 2.2.10 Norma E0.60 Concreto Armado

#### Redistribución de Momentos en Elementos Continuos Sometidos a Flexión.

Excepto cuando se empleen métodos aproximados para el cálculo de los momentos flectores, se permite disminuir los momentos amplificados  $M_u$  calculados, asumiendo comportamiento lineal elástico. La redistribución de momentos negativos solo podrá hacerse cuando en la sección en la cual se reduce el momento flector, la deformación  $\epsilon_t$  sea mayor o igual a 0.0075 (Norma Técnica E0.60, 2021).

#### Resistencia Requerida

La resistencia requerida para cargas muertas y vivas será como mínimo:

$$U = 1.4C_M + 1.7C_V$$

Ecuación 28: Resistencia Requerida.

Para consideración de cargas de viento:

$$U = 1.25(C_M + C_V + C_{vi})$$

$$U= 0.9CM+1.25Cvi$$

Ecuación 29: Resistencia Requerida aplicando cargas de Viento.

Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de sismo:

$$U= 1.25(CM+CV) +CS$$

$$U= 0.9CM+CS$$

Ecuación 30: Resistencia Requerida aplicando Cargas de Sismo.

### 2.2.11 Norma E0.70 Albañilería

Debe preferirse edificaciones con diafragma rígido y continuo, es decir edificaciones en los que la losa de piso, el techo y la cimentación actúen como elementos que integran a los muros portantes y compatibilicen sus desplazamientos laterales. Podrá considerarse que el diafragma es rígido cuando la relación de sus lados no exceda de cuatro. Se deberá evaluar y considerar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y discontinuidades en la losa (E.070, 2019).

Diseño Estructural:

“El diseño de los muros se establece tal que cubra todo su rango de comportamiento, desde la etapa elástica hasta su probable incursión en el rango inelástico, el diseño es por el método de resistencia, con criterios de desempeño” (E.070, 2019).

Requisitos Estructurales Mínimos:

Muro Portante. – El espesor efectivo deberá ser calculado de la siguiente manera:

$$t \geq h/20 \text{ parámetros para zonas sísmicas 2,3 y 4.}$$

$$t \geq h/25 \text{ parámetros para zona sísmica 1.}$$

Ecuación 31:Espesor Efectivo de Muro Portante

h: siendo h la altura libre entre los elementos de arriostre (E.070, 2019).

Esfuerzo Axial Máximo:

Para el cálculo del esfuerzo axial máximo dado por la carga de servicio máxima

Pm será menor a:

$$\sigma = \frac{Pm}{Lt} \leq 0.2Fm \left(1 - \left(\frac{h}{Lt35t}\right)^2\right) \leq 0.15Fm$$

Ecuación 32: Esfuerzo Axial Máximo.

### Aplastamiento

Si se da el caso de que hay una carga concentrada en el plano del muro de albañilería, el esfuerzo máximo axial debe cumplir lo siguiente:

$$\sigma \text{ máx} \leq 0.375Fm$$

Ecuación 33: Esfuerzo Máximo axial para carga Concentrada en el Plano.

### Densidad Mínima de Muros

La densidad de muros portantes mínima para cada dirección de análisis se dará mediante la siguiente relación. (E.070, 2019).

$$\frac{\text{Área de corte de muros reforzados}}{\text{Área de Planta Típica}} = \frac{L.t}{A.p} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

Ecuación 34: Densidad Mínima de Muros

### Albañilería Confinada

Será considerado muro portante confinado aquel que quede enmarcado en sus 4 lados mediante vigas o columnas o la cimentación en su defecto, que la distancia entre los centros de las columnas de confinamiento sea igual a dos veces la distancia entre centros

de vigas de confinamiento, pero menor a 5m y que el concreto utilizado en los elementos de confinamiento sea mayor a 175kg/cm<sup>2</sup> (E.070, 2019).

$$D = 2h < 5m$$

Ecuación 35: Distancia Entre Elementos de Confinamiento.

El espesor mínimo para las columnas de confinamiento y de las vigas soleras será igual al espesor del muro efectivo, cuando se utilicen refuerzos horizontales en los muros, estos se introducirán mínimamente 12.5 cm y doblaran a 90 grados mínimo 10 cm. (E.070, 2019).

### **Consideraciones de Análisis y Diseño Estructural**

Sismo Severo: se deberá emplear un coeficiente de reducción sísmica  $R= 3$ .

Sismo Moderado: se deberá emplear un coeficiente de reducción sísmica  $R= 6$

El sismo Moderado no deberá causar ningún tipo de fisuración en muros portantes, los elementos de confinamiento serán una primera línea de resistencia sísmica disipando energía mediante su ductilidad antes que fallen los muros de albañilería. (E.070, 2019).

Para efectos de deriva de entrepiso esta no deberá sobrepasar los 0.005 para efectos de sismo severo para que los muros de albañilería sean considerados reparables. Se asume que la falla de los muros portantes para sismo severo será por corte. (E.070, 2019).

### **Análisis Estructural**

Para este tipo de edificaciones se ha supuesto que la falla final se produce por fuerza cortante en los entrepisos bajos del edificio. Las fuerzas internas para el diseño del muro de cada entrepiso serán las del sismo severo y se obtendrán amplificando los valores obtenidos del análisis elástico ante el sismo moderado (E.070, 2019).

El análisis de edificios de albañilería se realizará por métodos elásticos, teniendo

en cuenta los efectos causados por la carga muerta, la carga viva y el sismo. La determinación de la cortante basal se hará en base a lo establecido en la NTP E0.30.

El análisis considerara la participación de aquellos muros no portantes que no hayan sido aislados de la estructura principal (E.070, 2019).

El módulo de elasticidad y el módulo de corte para la albañilería se considerará como sigue:

Unidades de arcilla:  $E_m = 500f^2m$

Unidades sílico calcáreas:  $E_m = 600f^2m$

Unidades de concreto vibrado:  $E_m = 700f^2m$

Para todo tipo de unidad de albañilería:  $G_m = 0.4E_m$

Control de Fisuración:

Se tiene como objetivo principal que los muros no se fisuren ante la acción de sismo moderado y para ello se analizarán los efectos que cause este sino moderado en ellos. (E.070, 2019).

$$V_e \leq 0.55 V_m$$

Ecuación 36:Fuerza Cortante Admisible.

$$V_m = 0.5 v' m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23 P_g$$

$$1/3 \leq \alpha = \frac{V_e L}{M_e} \leq 1$$

Ecuación 37:Resistencia al Agrietamiento Diagonal.

$$\sum V_{mi} \geq V_{ei}$$

Ecuación 38:Verificación de la Resistencia al Corte de la Edificación.

$$V_{ui} = V_{ei} \times \frac{V_{lm}}{V_{el}}$$

$$M_{ui} = M_{ei} \times \frac{V_{ml}}{V_{el}}$$

Ecuación 39:Cortantes y Momentos.

El factor de amplificación no deberá exceder de 2 ni menor a 3

$$2 \leq V_{ml}/V_{el} \leq 3$$

Ecuación 40:Factor de Amplificación.

## **CAPITULO III. MÉTODO**

### **3.1 Tipo de Investigación**

#### **3.1.1 Según su Propósito**

Según Oblitas (2018) es aplicada, pues mediante trabajos existentes se hace uso de sus fórmulas, ecuaciones para el análisis y determinación de objetivos.

#### **3.1.2 Según su Profundidad.**

Según Oblitas (2018) es descriptiva, pues mediante el análisis del comportamiento de sus variables se buscará dar respuesta a los problemas planteados.

#### **3.1.3 Según su Naturaleza de Trabajo.**

Según Oblitas (2018) es cuantitativa, pues el análisis que se hará será a través de diferentes procedimientos numéricos y de diseño que nos permitirán contrastar la hipótesis.

#### **3.1.4 Según su Manipulación de variable.**

Según Oblitas (2018) es experimental, pues se hará uso de software de ingeniería para determinar su comportamiento ante el sometimiento de estrés a la estructura y así determinar su capacidad ante una demanda establecida.

### **3.2 Población y Muestra.**

#### **3.2.1 Población**

La población estará ubicada en calle los geranios, Callao debido a que hay una gran variedad de viviendas representativas que de albañilería para el estudio.



Figura 11: Población.

Fuente: (Google Earth, 2021)

### 3.2.2 Muestra

La muestra la conformarán tres viviendas de albañilería confinada, las cuales se escogieron por tener tres niveles cada una, además de poseer la misma área (m<sup>2</sup>), esto hará que los resultados obtenidos sean más representativos lo que se podría aplicar a más viviendas con características similares.



Figura 12: Muestra.

Fuente: (Google Earth, 2021)



Figura 13: Primera Edificación Analizada.

Fuente: Google Earth.

En la figura adjunta se presenta la primera edificación analizada, cuya área es de 160 m<sup>2</sup>, 3 pisos, ubicación en calle los geranios 176, Callao.



Figura 14: Segunda Edificación Analizada.

Fuente: Google Earth.

En la figura adjunta se presenta la segunda edificación analizada, la cual también presenta un área de 160m<sup>2</sup>, 3 niveles, está ubicada en calle los geranios 183 urb 2 de julio, Callao.



Figura 15: Tercera Edificación Analizada.

Fuente: Google Earth.

La figura muestra la tercera edificación que se analizó, está también cuenta con un área de 160 m<sup>2</sup> y 3 niveles, está ubicada en calle los geranios 184 Urb 2 de Julio, Callao.

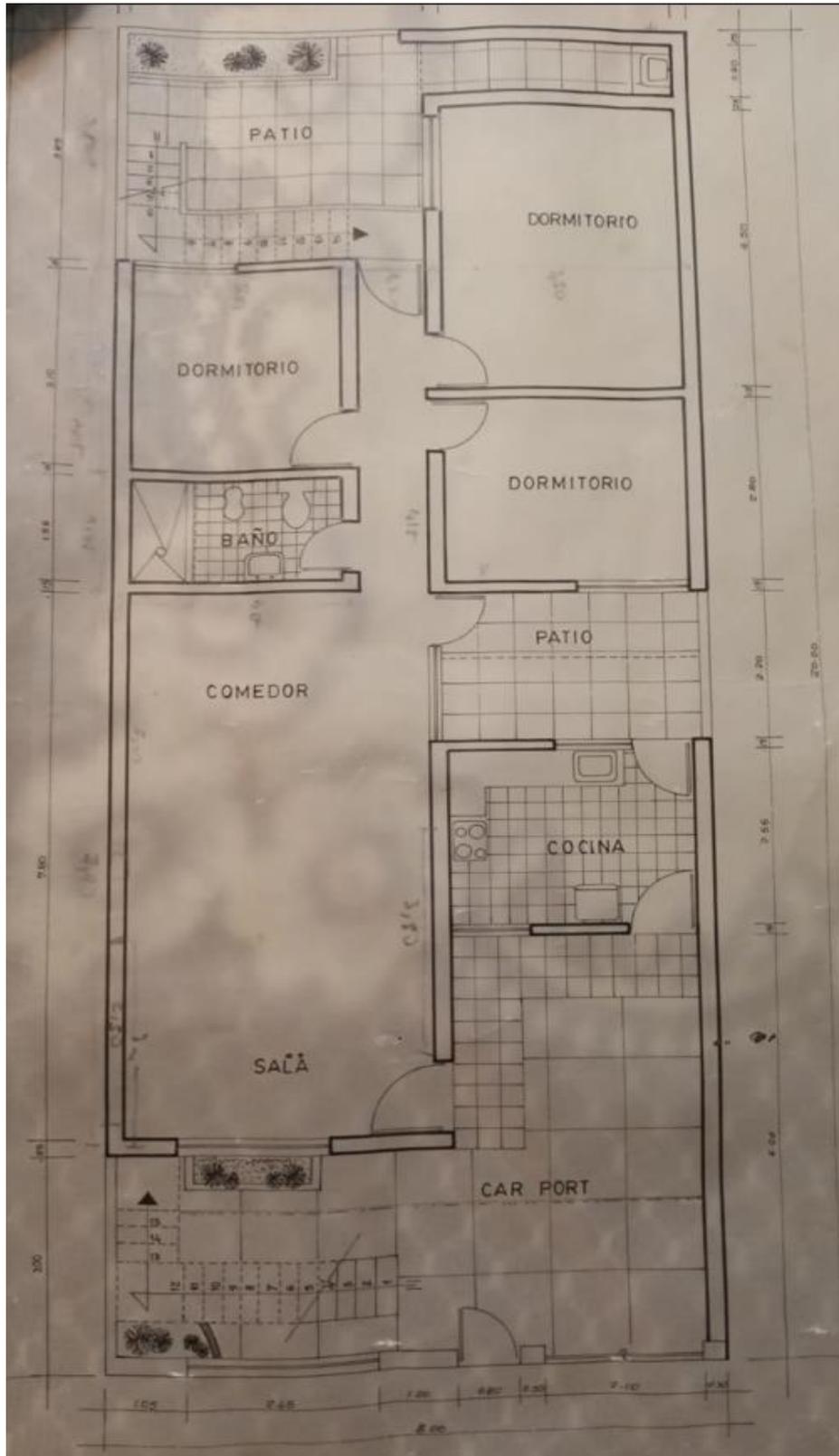


Figura 16: Plano de la Primera Edificación.



Figura 17: Plano de la Segunda Edificación.

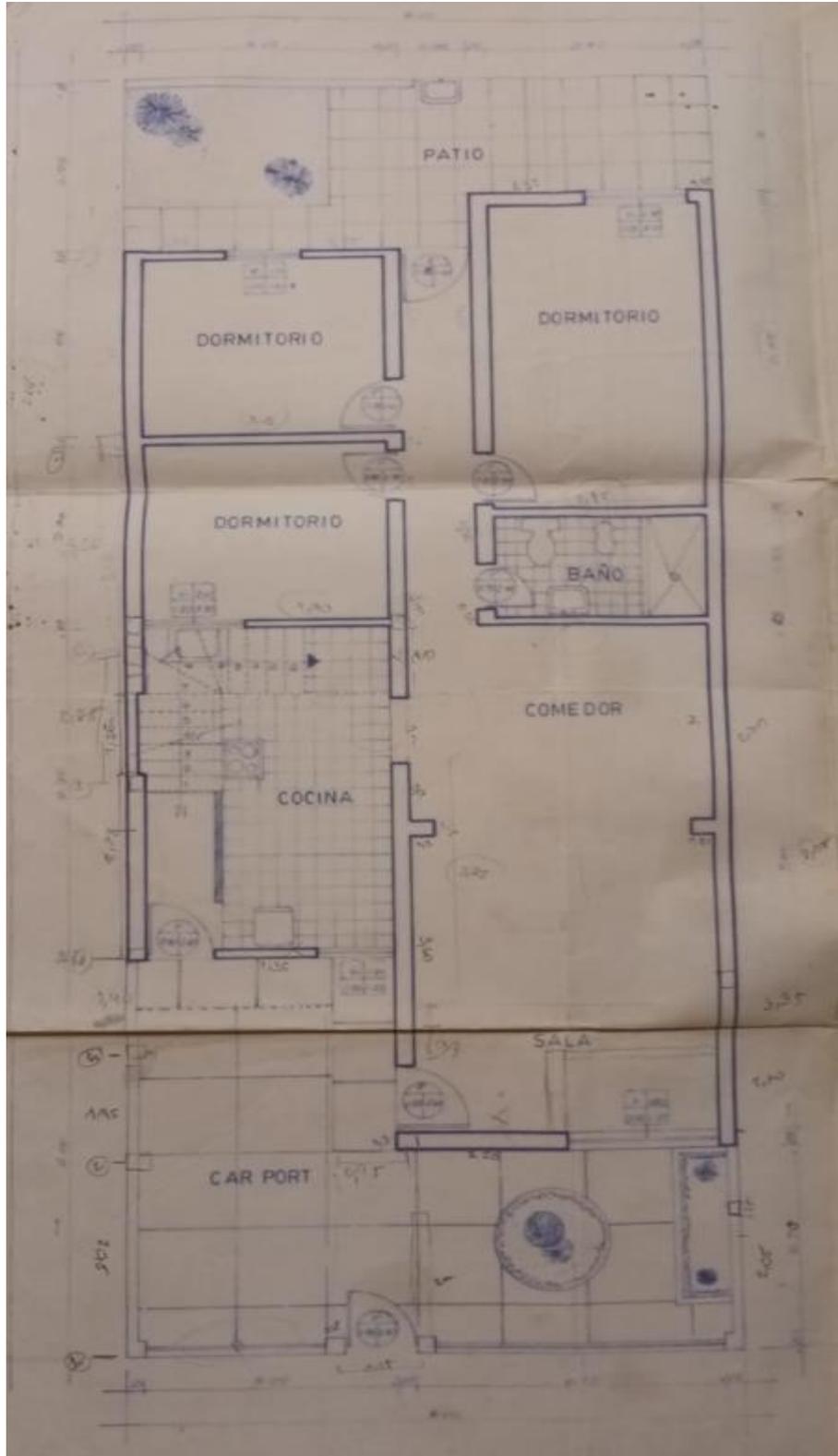


Figura 18: Plano de la Tercera Edificación.

### **3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.3.1 Revisión Documental**

Se hizo uso de revisiones, observaciones y preguntas in situ, para ello se ingresó a cada una de estas viviendas con el fin de recolectar datos y parámetros que influyen en la vulnerabilidad y desempeño de las viviendas como altura de entrepiso, sistema estructural usado, aberturas en los diafragmas, corrosión, incendios, materiales usados, etc.

#### **3.3.2 Instrumentos**

Se hizo uso de revisión de normas nacionales e internacionales como la norma e.030, e.070, ASCE 41-17, FEMA 440, FEMA 356, ATC 40, etc. Para los análisis se utilizó el programa sap 2000, Excel.

### **3.4 Procedimiento**

Paso 1. Búsqueda de información relevante al tema de investigación propuesto, para ello se contó con la data proporcionada por revistas científicas tales como Scielo, Redalyc, normas internacionales como el Asce 41-13, FEMA 440, ATC 40, Visión 2000, también de repositorios de diversas universidades como el repositorio de la Universidad de Piura, Universidad Nacional de Ingeniería, Universidad Peruana Unión, entre otras, de ellas se extrajo los artículos y tesis más resaltantes para el tema de investigación.

Paso 2. Una vez determinadas las fuentes a utilizarse, se procedió a buscar el lugar para la población de estudio, en este caso fue la región Callao, calle Los Geranios, se escogió esta ubicación por presentar edificaciones de albañilería y pórticos de misma cantidad de niveles y área de estudio, luego de ello se procedió a seleccionar la muestra, en este caso fueron 3 viviendas representativas las cuales contaban con planos firmados por ingenieros al momento de la adquisición de los lotes.

Paso 3. Una vez encontradas las muestras de estudio, se procedió a recopilar datos visuales y de encuestas para su posterior inserción en las tablas del método de Hirosawa y en el software Sap 2000, entre estos datos recopilados fueron: el año de construcción, si se

contaba con planos, sobrecargas impuestas, patologías encontradas, materiales usados, fenómenos naturales expuestos, supervisión a la hora de construcción, etc.

Paso 4. Una vez recopilados los datos, se procedió a delimitar las estructuras, primero por el método de Hirosawa el cual es un método cualitativo para ver si las estructuras son vulnerables o no según los datos recopilados tanto de encuestas como visuales, posterior a ello se procedió al modelamiento de las tres estructuras existentes para ver el análisis estático, dinámico y el análisis no lineal.

Paso 5. Resultados, en este apartado se presentarán todos los resultados encontrados al hacerse los respectivos análisis lineales y no lineales, también lo que se encontró en el análisis cualitativo de Hirosawa, además se anexan las conclusiones a las que se llegaron y si estas responden a las preguntas de investigación propuestas.

Modelamiento de las Estructuras.

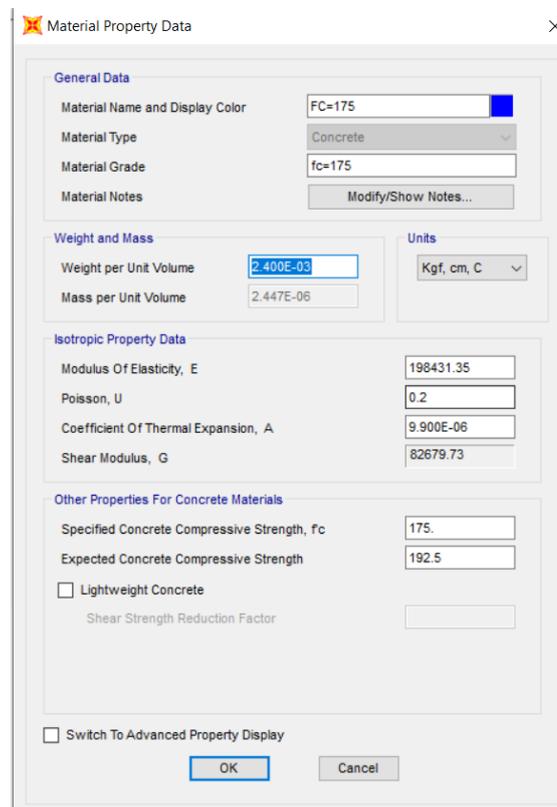


Figura 10:Material concreto de  $f'_c=175\text{kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia.

En la figura mostrada se dan a conocer los datos del concreto utilizado en estas edificaciones, módulo de elasticidad.

**Material Property Data**

**General Data**

|                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| Material Name and Display Color | FY=4200              |
| Material Type                   | Rebar                |
| Material Grade                  |                      |
| Material Notes                  | Modify/Show Notes... |

**Weight and Mass**

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Weight per Unit Volume | 7.850E-03 |
| Mass per Unit Volume   | 8.005E-06 |

**Units**

Kgf, cm, C

**Uniaxial Property Data**

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| Modulus Of Elasticity, E            | 2000000.  |
| Poisson, U                          | 0.        |
| Coefficient Of Thermal Expansion, A | 1.170E-05 |
| Shear Modulus, G                    |           |

**Other Properties For Rebar Materials**

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| Minimum Yield Stress, Fy     | 4218.4178 |
| Minimum Tensile Stress, Fu   | 6327.6266 |
| Expected Yield Stress, Fye   | 4640.2595 |
| Expected Tensile Stress, Fue | 6960.3893 |

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Figura 11: Datos para el material barras de refuerzo utilizadas.

Fuente: elaboración propia.

En la figura mostrada se dan los valores tomados para las varillas de refuerzo transversal y horizontal de los elementos de concreto, así como el módulo de elasticidad para el acero de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: ALBAÑILERIA

Material Type: Other

Material Grade: F=50

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 1.800E-03

Mass per Unit Volume: 1.835E-06

**Units**

Units: Kgf, cm, C

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 25000.

Poisson, U: 0.25

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 10000.

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Figura 12: Valores degradados tomados para la albañilería.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura presentada se evidencia el material de albañilería usado, a este material se le considero un factor de degradación de resistencia debido al paso de los años, el cual afecta el módulo de elasticidad, el cual se calcula por la fórmula  $E_{alb} = 500f_m$ .

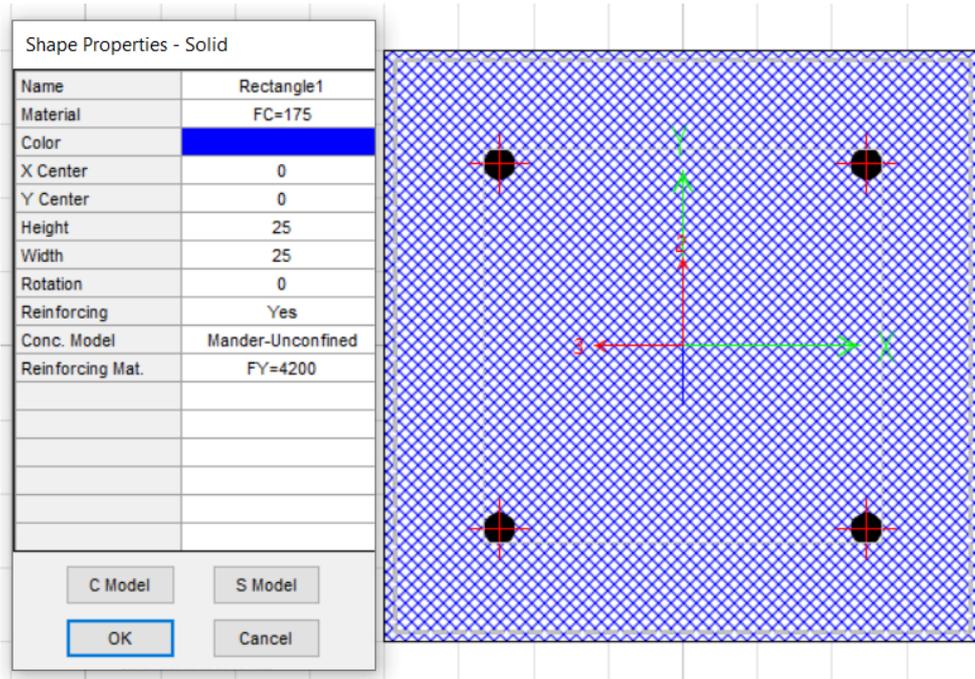


Figura 13: Sección de columna en Section designer usada en las edificaciones.

Elaboración propia.

En la figura adjuntada se visualiza la sección de concreto modelada en el Section designer.

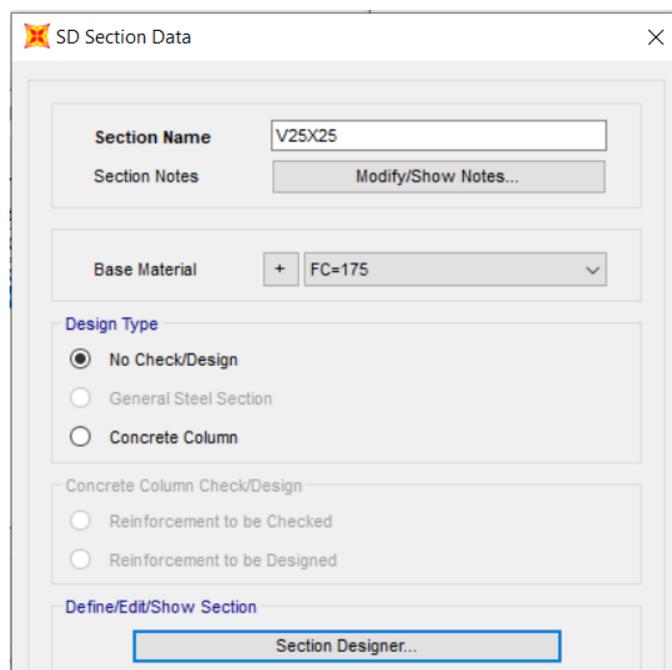


Figura 14: Sección de viga utilizada.

Fuente: elaboración propia.

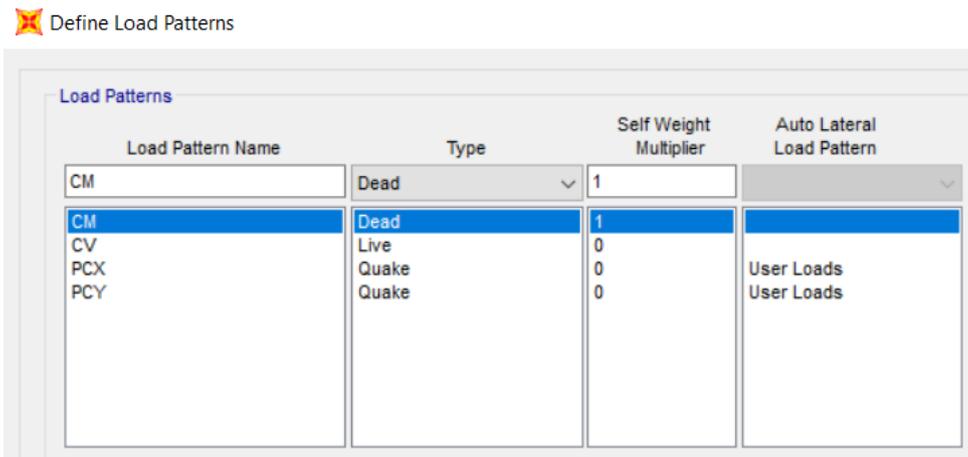


Figura 15:Patrones de carga utilizados en el análisis.

Fuente: elaboración propia.

En la figura mostrada se ven los patrones de carga muerta, viva y patrón de carga no lineal en la que se agregan las cargas laterales para su posterior análisis no lineal.

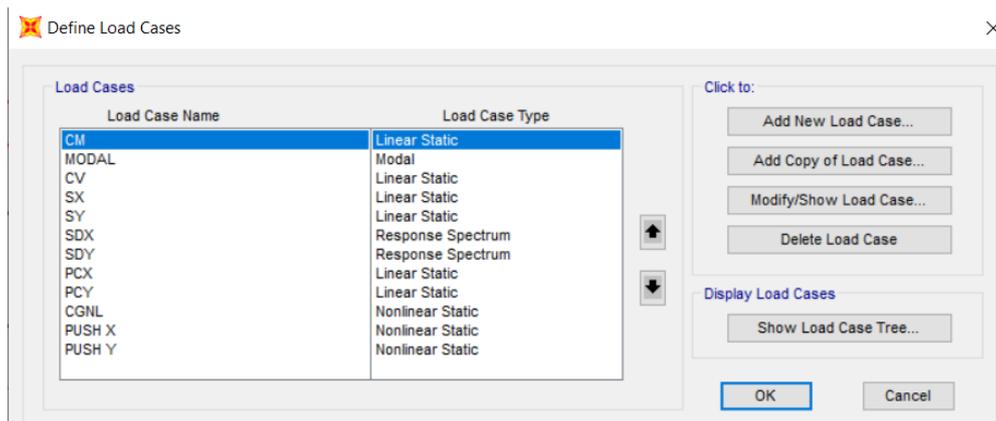


Figura 16:Definición de casos de carga.

Fuente: elaboración propia.

En la figura adjunta se muestran los casos de carga, en estos se presentan por ejemplo la carga de gravedad no lineal para que se le asigne a las fuerzas estáticas y dinámicas además de las fuerzas push en ambas direcciones y así obtener los desplazamientos límite.

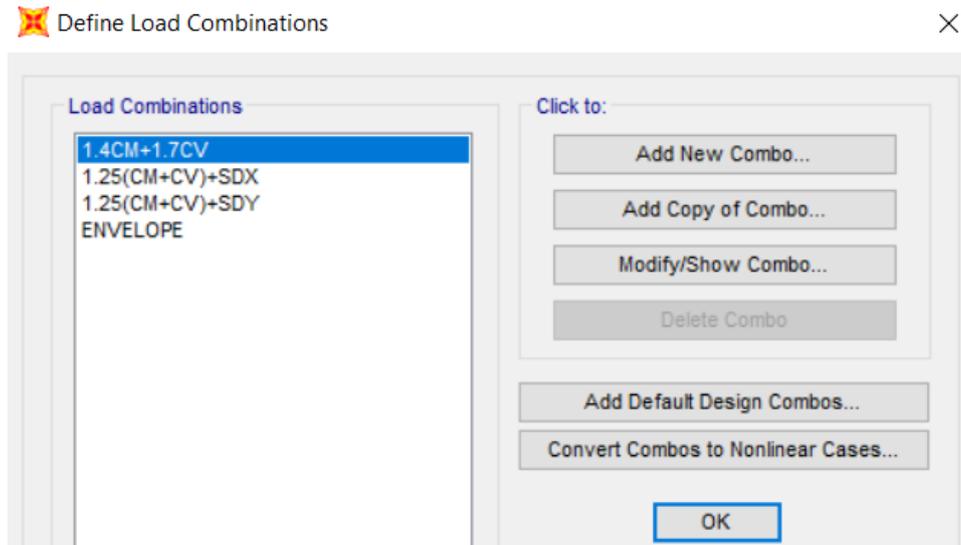


Figura 17: Combinaciones de carga.

Fuente: elaboración propia.

En la figura se muestran las combinaciones de carga según las normas de diseño para las estructuras, así como su envolvente que escoge entre estas combinaciones aquellas que puedan generar peores respuestas en la estructura la que será asignada al momento de generarse las rotulas plásticas.



Figura 18: Asignación de diafragmas.

Fuente: elaboración propia.

En esta figura se puede observar cada diafragma que se asignó a cada piso por separado, este diafragma es importante para compatibilizar las deformaciones de todos los

puntos.

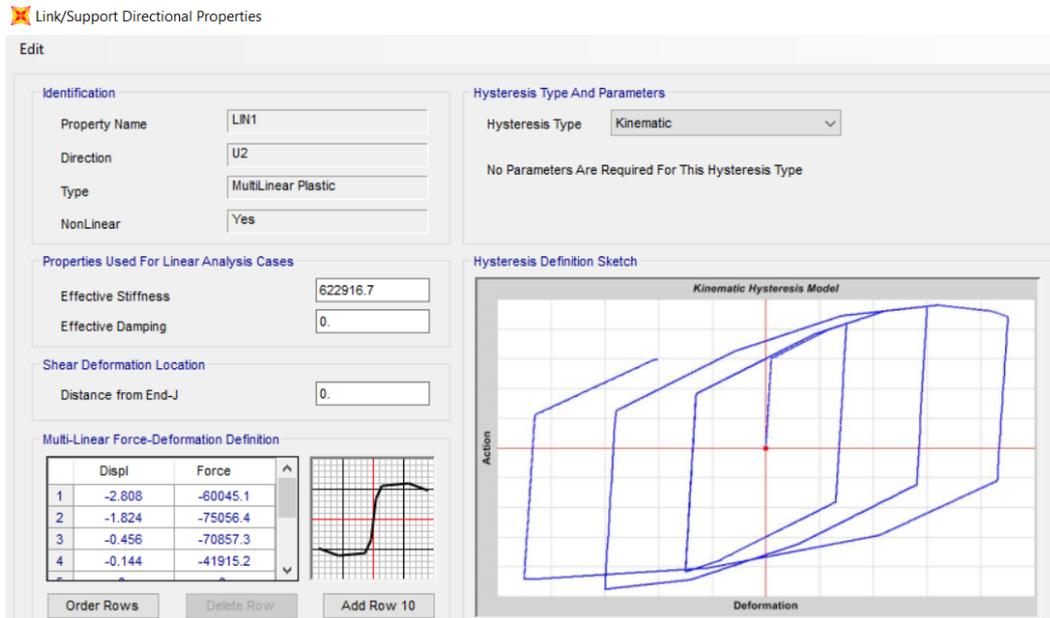


Figura 19: Links para la inserción de muros de albañilería.

Fuente: elaboración propia.

Imagen en la que se observan los valores de rigidez y desplazamientos proporcionados para cada muro de albañilería ya que las fuerzas varían por nivel y tipo de muro según su longitud.

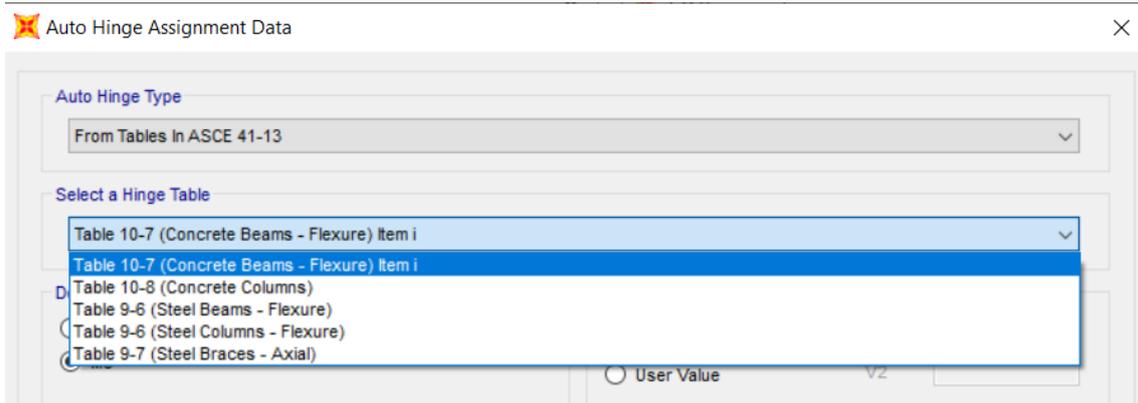


Figura 20: Inserción de rótulas en vigas y columnas.

Fuente: elaboración propia.

En esta figura se proporcionan los valores que se le darán a las rotulas plásticas, mediante las tablas de la norma ASCE 41-13, las cuales difieren si es que se aplican a vigas o columnas pues estas trabajan de manera distinta.

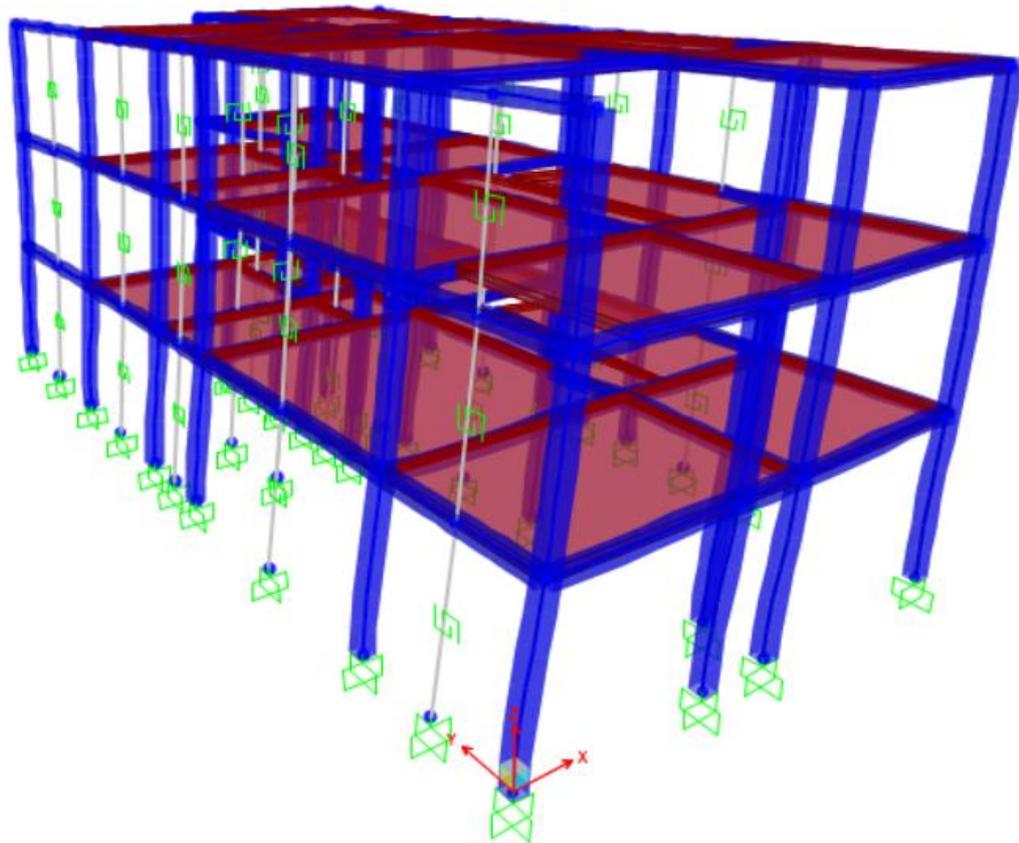


Figura 21: Modelamiento final de la estructura 1.

Fuente: elaboración propia.

Estructura número 1 de tres niveles con un área de 160 m<sup>2</sup>, compuesta por muros de albañilería acompañada de sus columnas y vigas de confinamiento, los muros de albañilería son los enlaces verdes y se modelan así pues estos tienen en su interior toda la data no lineal proporcionada para cada muro y teniendo en cuenta el ancho tributario que

carga cada muro.

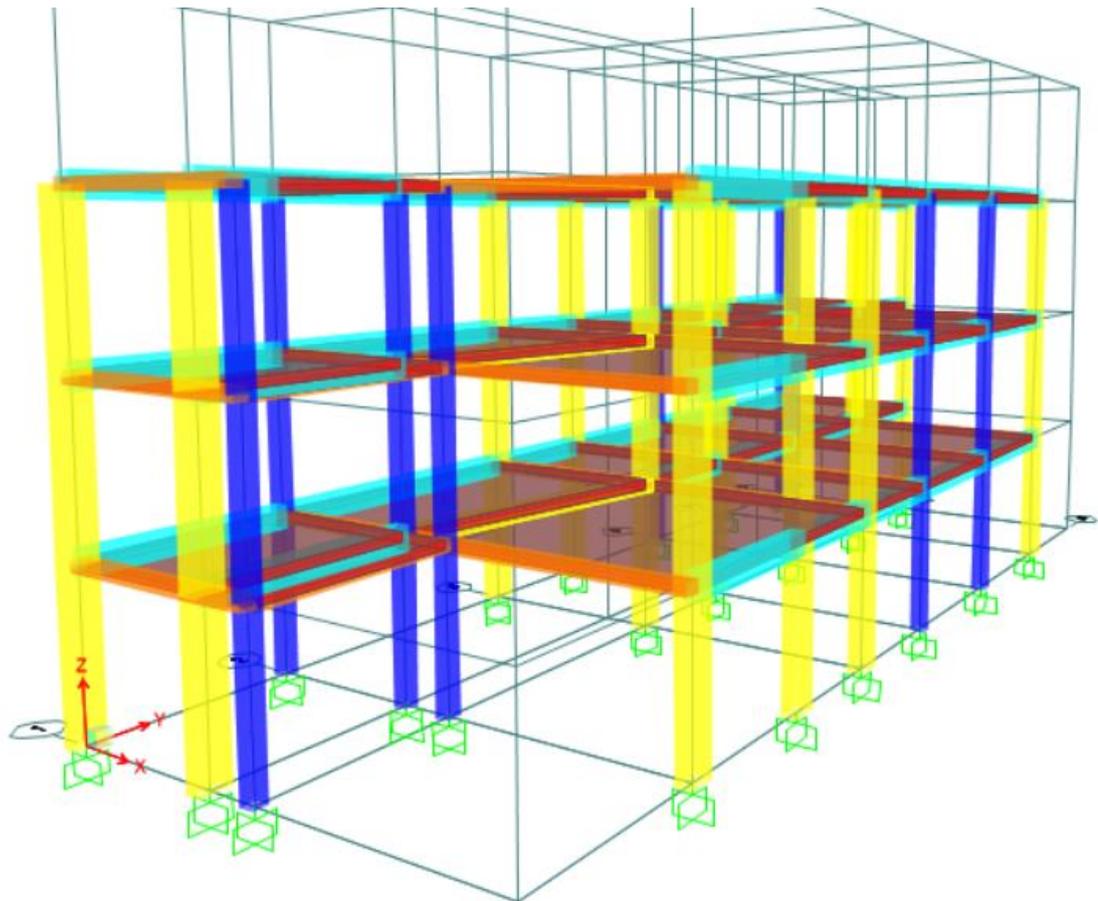


Figura 22: Modelamiento de Edificación 2.

Fuente: Elaboración propia.

Esta edificación está compuesta por pórticos de concreto armado, la conforman columnas de 25x25, 25x40, vigas de 25x40, se le asignaron las los parámetros no lineales a los Hinge a una distancia de 0.1 y 0.9 de la cara de columnas y vigas.

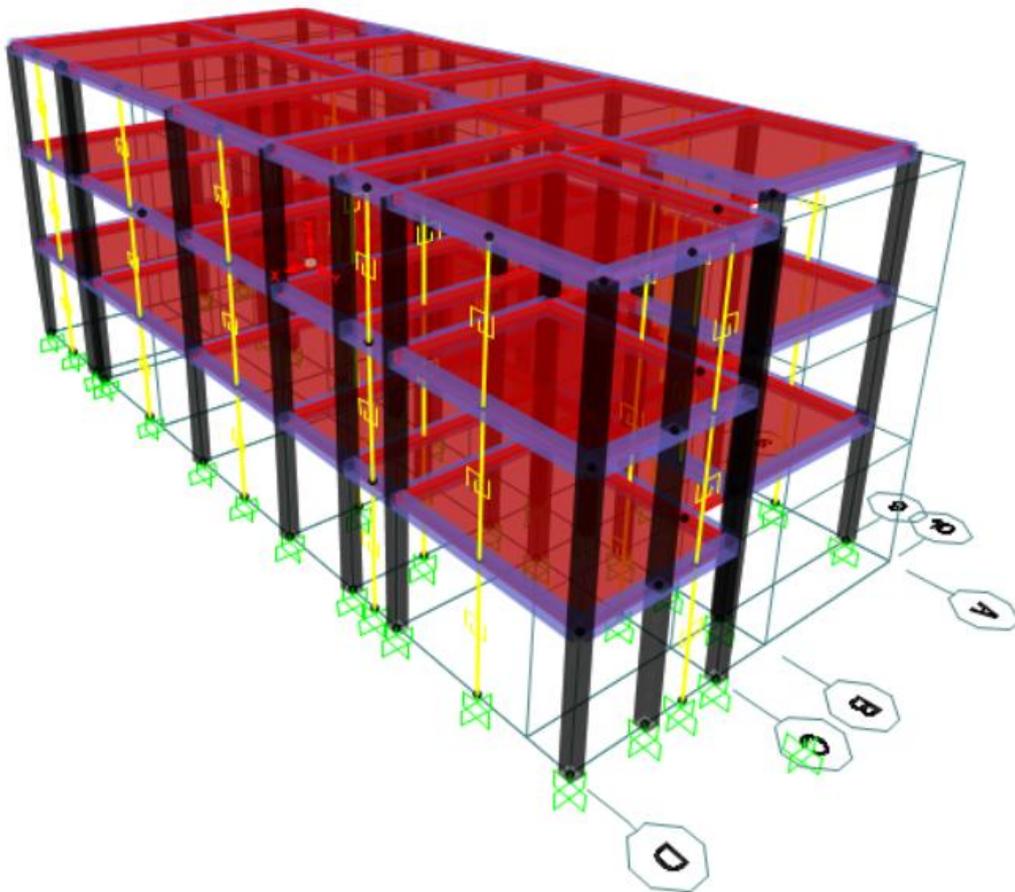


Figura 23: Modelamiento de la Edificación 3.

Fuente: elaboración Propia.

Esta edificación presenta un área de 160 m<sup>2</sup>, es de tres niveles con columnas de confinamiento de 25x25, vigas del espesor de los muros de albañilería, los muros de albañilería (links) son las uniones de amarillo que se muestran, a estas se le agregaron parámetros según el ancho tributario que soportan y teniendo en cuenta la longitud de cada muro.

### 3.5 Aspectos Éticos.

La presente tesis se realizó con el debido respeto al legado de investigaciones anteriores, así como el buen uso de normas nacionales e internacionales y con el debido cuidado de cada uno de las investigaciones mencionadas aquí.

## CAPITULO IV RESULTADOS

### 4.1 Método de Hirosawa

#### 4.1.1 Método Hirosawa Estructura 1 (ver anexo)

Tabla 28: Parámetros para el Cálculo de Vulnerabilidad E1 Dirección x-x.

| Nivel  | Espesor (cm) | Longitud(cm) | $C_{ma}$ | F     | $E_p$  | $I_s$ | $S_o$ | $I_s > S_o$ |
|--------|--------------|--------------|----------|-------|--------|-------|-------|-------------|
| Muro 1 | 13           | 310          | 12440.6  | 0.800 | 0.0259 | 0.099 | 0.4   | Vulnerable  |
| Muro 2 | 13           | 310          | 12440.6  | 0.800 | 0.026  |       |       |             |
| Muro 3 | 13           | 350          | 14045.9  | 0.800 | 0.029  |       |       |             |
| Muro 4 | 13           | 350          | 14045.9  | 0.800 | 0.029  |       |       |             |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla mostrada se puede ver que para la dirección x-x la estructura es vulnerable, esto debido a la poca cantidad de muros que se tienen en esa dirección

Tabla 29: Parámetros para el Cálculo de Vulnerabilidad E1 Dirección y-y.

| Nivel   | Espesor (cm) | Longitud (cm) | $C_{ma}$ | F     | $E_p$ | $I_s$ | $S_o$ | $I_s > S_o$   |
|---------|--------------|---------------|----------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| Muro 1  | 23           | 300           | 21300.3  | 0.800 | 0.044 | 0.472 | 0.4   | No Vulnerable |
| Muro 2  | 23           | 510           | 36210.5  | 0.800 | 0.075 |       |       |               |
| Muro 3  | 23           | 175           | 12425.2  | 0.800 | 0.026 |       |       |               |
| Muro 4  | 23           | 325           | 23075.3  | 0.800 | 0.048 |       |       |               |
| Muro 5  | 23           | 286           | 20306.3  | 0.800 | 0.042 |       |       |               |
| Muro 6  | 23           | 350           | 24850.4  | 0.800 | 0.052 |       |       |               |
| Muro 7  | 23           | 200           | 14200.2  | 0.800 | 0.030 |       |       |               |
| Muro 8  | 23           | 275           | 19525.3  | 0.800 | 0.041 |       |       |               |
| Muro 9  | 23           | 235           | 16685.2  | 0.800 | 0.035 |       |       |               |
| Muro 10 | 23           | 390           | 27690.4  | 0.800 | 0.058 |       |       |               |
| Muro 11 | 23           | 498           | 35358.5  | 0.800 | 0.074 |       |       |               |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla mostrada se puede apreciar que para la dirección y-y la estructura se encuentra no vulnerable, lo que se verifica con el análisis en el programa sap 2000.

#### 4.1.2 Método Hirosawa Estructura 2 (ver anexo)

Tabla 30: Parámetros para el Cálculo de Vulnerabilidad Estructura 2.

| Nivel | Espesor (cm) | Longitud (cm) | C <sub>c</sub> | F     | E <sub>p</sub> | I <sub>s</sub> | S <sub>o</sub> | I <sub>s</sub> >S <sub>o</sub> |
|-------|--------------|---------------|----------------|-------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|
| C1    | 25           | 25            | 12500.0        | 1.000 | 0.0326         | 0.553          | 0.4            | No Vulnerable                  |
| C2    | 25           | 25            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C3    | 25           | 25            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C4    | 25           | 25            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C5    | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C6    | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C7    | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C8    | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C9    | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C10   | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C11   | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C12   | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C13   | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C14   | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C15   | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C16   | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |
| C17   | 25           | 50            | 12500.0        | 1.000 | 0.033          |                |                |                                |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla mostrada se puede apreciar que mediante el cálculo de Hirosawa para la estructura 2 no se presentaría vulnerabilidad, con el programa sap 2000 se determinaría que tan no vulnerable estaría esta edificación.

#### 4.1.3 Método Hirosawa Estructura 3 (ver anexo)

Tabla 31: Parámetros para el Cálculo de la Vulnerabilidad E3 Dirección x-x.

| Nivel  | Espesor (cm) | Longitud(cm) | C <sub>ma</sub> | F     | E <sub>p</sub> | I <sub>s</sub> | S <sub>o</sub> | I <sub>s</sub> >S <sub>o</sub> |
|--------|--------------|--------------|-----------------|-------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|
| Muro 1 | 23           | 350          | 24850.4         | 0.800 | 0.052          | 0.207          | 0.4            | Vulnerable                     |
| Muro 2 | 23           | 350          | 24850.4         | 0.800 | 0.052          |                |                |                                |
| Muro   | 23           | 350          | 24850.          | 0.80  | 0.052          |                |                |                                |

|        |    |     |         |       |       |  |  |  |
|--------|----|-----|---------|-------|-------|--|--|--|
| 3      |    |     | 4       | 0     |       |  |  |  |
| Muro 4 | 23 | 350 | 24850.4 | 0.800 | 0.052 |  |  |  |
| Muro 5 | 23 | 155 | 11005.2 | 0.800 | 0.023 |  |  |  |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se observa que la estructura es vulnerable debido a que el índice de capacidad es menor al índice de demanda.

Tabla 32: Parámetros para el Cálculo de la Vulnerabilidad E3 Dirección y-y.

| Nivel   | Espesor (cm) | Longitud (cm) | $C_{ma}$ | F     | $E_p$ | $I_s$ | $S_o$ | $I_s > S_o$   |
|---------|--------------|---------------|----------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| Muro 1  | 23           | 275           | 19525.3  | 0.800 | 0.041 | 0.437 | 0.4   | No Vulnerable |
| Muro 2  | 23           | 195           | 13845.2  | 0.800 | 0.029 |       |       |               |
| Muro 3  | 23           | 140           | 9940.1   | 0.800 | 0.021 |       |       |               |
| Muro 4  | 23           | 285           | 20235.3  | 0.800 | 0.042 |       |       |               |
| Muro 5  | 23           | 320           | 22720.3  | 0.800 | 0.047 |       |       |               |
| Muro 6  | 23           | 300           | 21300.3  | 0.800 | 0.044 |       |       |               |
| Muro 7  | 23           | 275           | 19525.3  | 0.800 | 0.041 |       |       |               |
| Muro 8  | 23           | 465           | 33015.5  | 0.800 | 0.069 |       |       |               |
| Muro 9  | 23           | 325           | 23075.3  | 0.800 | 0.048 |       |       |               |
| Muro 10 | 23           | 450           | 31950.5  | 0.800 | 0.067 |       |       |               |
| Muro 11 | 23           | 255           | 18105.3  | 0.800 | 0.038 |       |       |               |

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2 Análisis Lineal Estático.

Tabla 33: Cortantes obtenidas del análisis estático edificio 1.

|                |                |
|----------------|----------------|
| V estática x-x | V estática y-y |
| 106.53 tn      | 106.53 tn      |

Fuente: Elaboración propia.

La tabla mostrada nos da la cortante que soporta la estructura 1 existente para el Nicho Lopez William Luigi

análisis de fuerzas equivalentes, para ello se tomaron parámetros de zona: 4, categoría C, factor de uso: 1, tipo de suelo S2, altura típica de 2.5m, coeficiente de reducción según sistema estructural  $R_0= 3$ .

Tabla 34:Cortante estáticas para edificio 2.

| V estática x-x | V estática y-y |
|----------------|----------------|
| 87.037 tn      | 87.037 tn      |

Fuente: elaboración propia.

La tabla mostrada nos da la cortante que soporta la estructura 2 existente para el análisis de fuerzas equivalentes, para ello se tomaron parámetros de zona: 4, categoría C, factor de uso: 1, tipo de suelo S2, altura típica de 2.6m, coeficiente de reducción según sistema estructural  $R_0= 8$ .

Tabla 35:Cortantes estáticas para el edificio 3.

| V estática x-x | V estática y-y |
|----------------|----------------|
| 163.92 tn      | 163.92 tn      |

Fuente: elaboración propia

La tabla mostrada nos da la cortante que soporta la estructura 3 existente para el análisis de fuerzas equivalentes, para ello se tomaron parámetros de zona: 4, categoría C, factor de uso: 1, tipo de suelo S2, altura típica de 2.45m, coeficiente de reducción según sistema estructural  $R_0= 3$ .

### 4.3 Análisis Dinámico.

Tabla 36:Cortante dinámica para la edificación 1

| V dinámica x-x | V dinámica y-y |
|----------------|----------------|
| 89.22 tn       | -              |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se muestra que la cortante dinámica para la edificación 1 es 89.22 tn,

para la dirección x-x esta es menor que la estática debido a que un análisis dinámico tiene en cuenta los modos de vibración de la estructura por lo que es más acercada a la realidad, para el caso de la dirección y-y no está determinada pues los modos de vibración de la estructura son erráticos lo que hace que la edificación existente tenga un comportamiento distinto a lo normal debido a su falta de muros en dirección x-x.

Tabla 37: Cortante dinámica para la edificación 2.

| V dinámica x-x | V dinámica y-y |
|----------------|----------------|
| 41.38 tn       | 58.06 tn       |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se muestra que la cortante dinámica para el caso de la edificación 2 es de 41.38 tn para la dirección x-x, mientras que para la dirección y-y es de 58.06 tn, para esta edificación se cumple que los modos de vibración son normales.

Tabla 38: Cortante dinámica para la edificación 3.

| V dinámica x-x | V dinámica y-y |
|----------------|----------------|
| 115.67 tn      | -              |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se muestra la cortante dinámica para la edificación 3 la cual dio un valor de 115.67 tn, para la dirección x-x mientras que para la dirección y-y no pudo converger debido a la forma errática de los modos de vibración de la estructura existente.

#### 4.4 Análisis Inelástico no lineal Pushover.

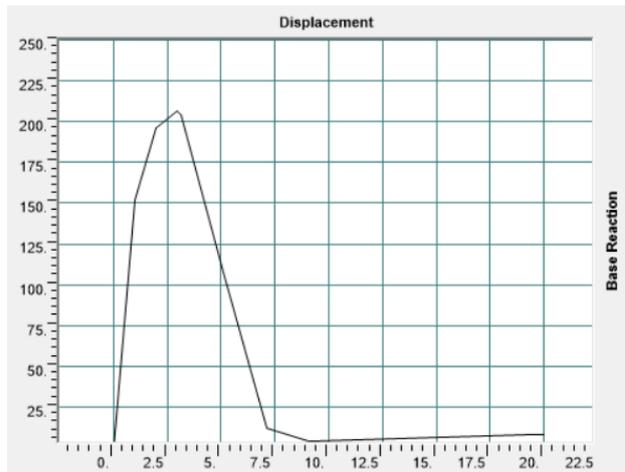


Figura 24: Curva de capacidad de la estructura 1 (tn vs cm).

Fuente: elaboración propia.

En la figura mostrada se observa que la curva de capacidad de la estructura 1 tiene una caída bastante rápida, lo que implica que la estructura tiene un comportamiento frágil.

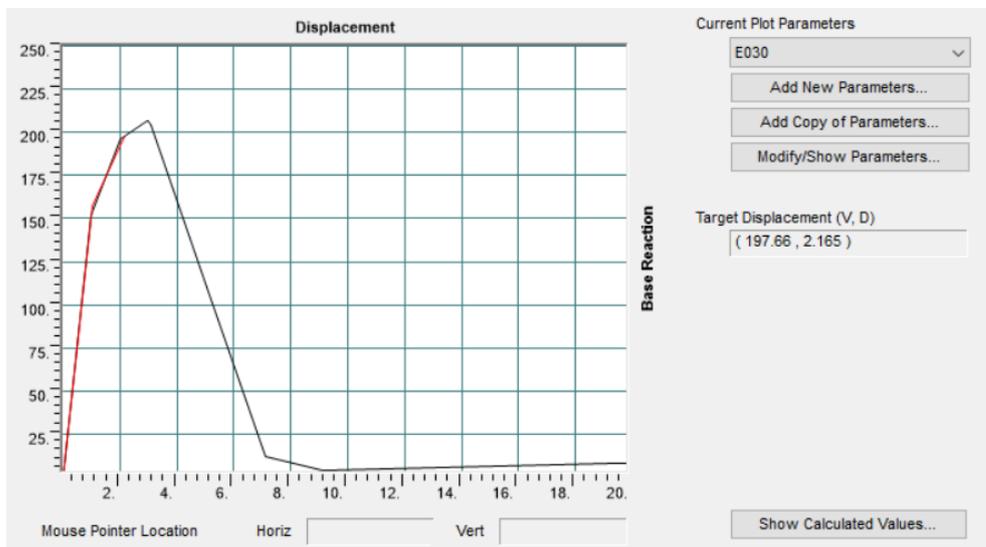


Figura 25: Punto de Desempeño de la estructura 1 dirección x-x.

Fuente: elaboración propia.

En la figura se muestra que el punto de desempeño para la estructura 1 es de 2.165 cm, con una cortante basal de 197.66 tn, para la dirección x-x.

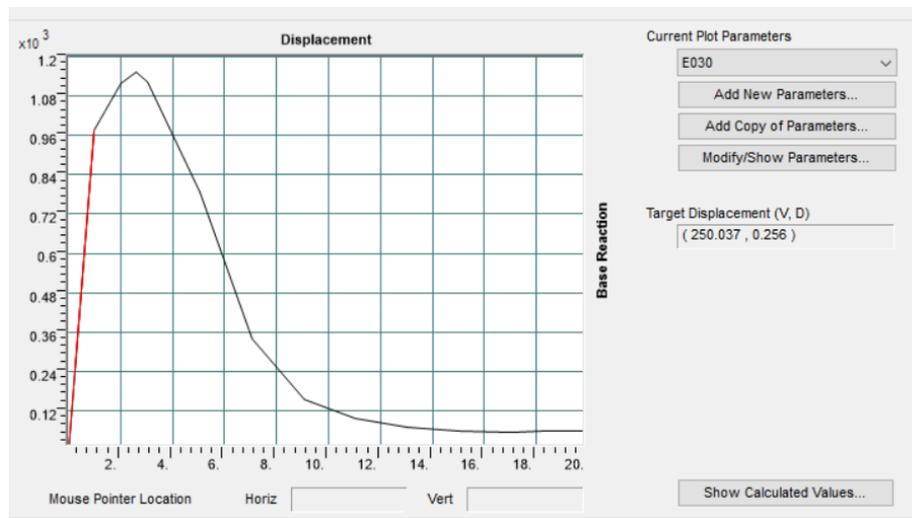


Figura 26: Punto de desempeño estructura 1 dirección y-y.

Fuente: elaboración propia.

En la figura se muestra que el punto de desempeño para la estructura en dirección y-y es de 0.256 cm, con una cortante basal de 250tn.

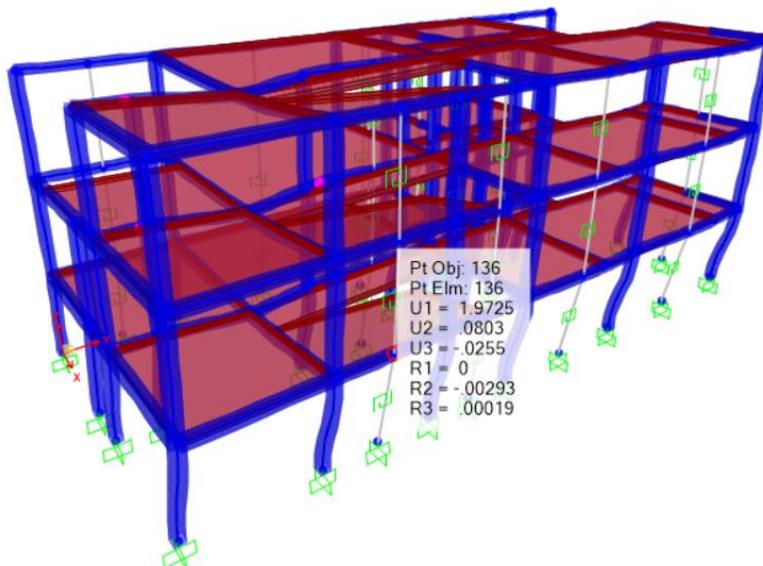


Figura 27: Verificación de muros para el punto de desempeño.

Fuente: elaboración propia.

---

Para el punto de desempeño los muros en dirección y-y se encuentran en el rango  
Nicho Lopez William Luigi

de prevención de colapso, al igual que los muros en dirección x-x.

Tabla 39: Parámetros para el Cálculo de la curva de Capacidad de Muros.

|   |         |                    |
|---|---------|--------------------|
| Número de Pisos                                     | 3       |                    |
| Peso x m <sup>2</sup>                               | 800     | kgf/m <sup>2</sup> |
| Ancho Tributario                                    | 4.3     | m                  |
| Espesor del muro                                    | 23      | cm                 |
| Altura del muro                                     | 2.5     | m                  |
| Longitud Libre del muro 1                           | 2.75    | m                  |
| Peralte Columna                                     | 25      | cm                 |
| Espesor de Columna                                  | 25      | cm                 |
| Longitud Total del Muro                             | 325     | cm                 |
| Longitud efectiva del Muro                          | 292.5   | cm                 |
| Área de acero longitudinal                          | 5.08    | cm <sup>2</sup>    |
| Cuantía longitudinal de muro por columna a tracción | 0.00069 |                    |
| Área de acero transversal                           | 0.71    | cm <sup>2</sup>    |
| Ramas   | 2       |                    |
| Espaciamiento de Estribos                           | 10      | cm                 |
| Cuantía transversal de una columna                  | 0.00568 |                    |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se muestran los datos de cantidad de pisos, espesor de muro, acero en columnas de confinamiento, que son importantes para el cálculo de la curva de capacidad y el desempeño de los muros de albañilería.

Tabla 40: Esfuerzo y Resistencias del Acero.

|             |         |                     |  |
|-------------|---------|---------------------|--|
| $f_m$       | 52      | kgf/cm <sup>2</sup> | Resistencia a la compresión del muro       |
| $\rho_t$    | 0.00069 |                     | Cuantía longitudinal de la columna         |
| $f_y$       | 4200    | kgf/cm <sup>2</sup> | Resistencia a la fluencia del acero long   |
| $\rho_{we}$ | 0.0057  |                     | Cuantía transversal de la columna          |
| $f_{wy}$    | 4200    | kgf/cm <sup>2</sup> | Resistencia a la fluencia del acero transv |
| $\sigma_0$  | 4.487   | kgf/cm <sup>2</sup> | Esfuerzo axial actuante                    |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se muestra el esfuerzo obtenido para el muro mediante los parámetros anteriormente mencionados.

Tabla 41: Estados Límite.

| Estado Límite | $\tau$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Drift  | Vm (kgf) | Vm (kN) | Desplazamiento |
|---------------|----------------------------------|--------|----------|---------|----------------|
| Origen        | 0.000                            | 0      | 0        | 0.00    | 0              |
| Agrietamiento | 6.932                            | 0.0006 | 51814.92 | 518.15  | 0.15           |
| Fluencia      | 10.948                           | 0.0019 | 81835.35 | 818.35  | 0.475          |
| Máximo        | 11.981                           | 0.0076 | 89557.12 | 895.57  | 1.9            |
| Ultimo        | 9.585                            | 0.0117 | 71645.70 | 716.46  | 2.925          |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se muestran las fuerzas, esfuerzos y desplazamientos obtenidos para cada estado límite.

Tabla 42: Rigidez Vertical Obtenida.

|            |        |        |
|------------|--------|--------|
| K vertical | 657800 | kgf/cm |
|------------|--------|--------|

Fuente: elaboración propia.

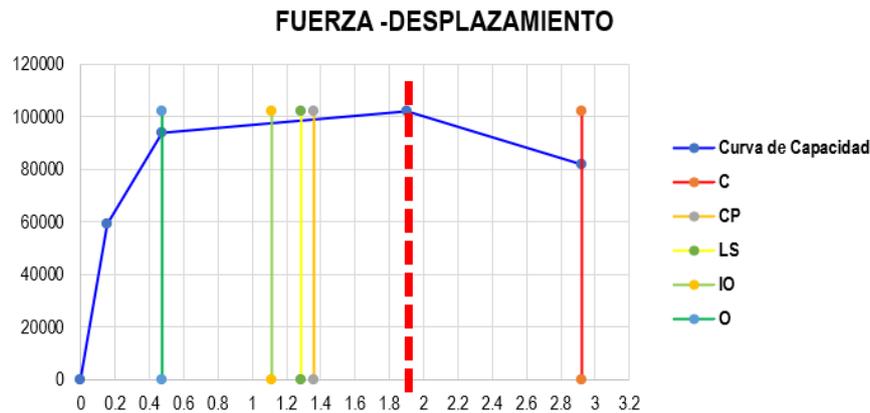


Figura 28: Estado del Muro 1

Fuente: elaboración propia.

Mediante la gráfica se observa que el muro se encuentra en el rango de prevención de colapso.



Figura 29: Curva de capacidad de la estructura 2.

Fuente: Elaboración propia.

La estructura numero 2 tiene una curva de capacidad con un comportamiento esperado en el que no se presenta una caída abrumadora lo cual significaría que la estructura es una estructura dúctil.

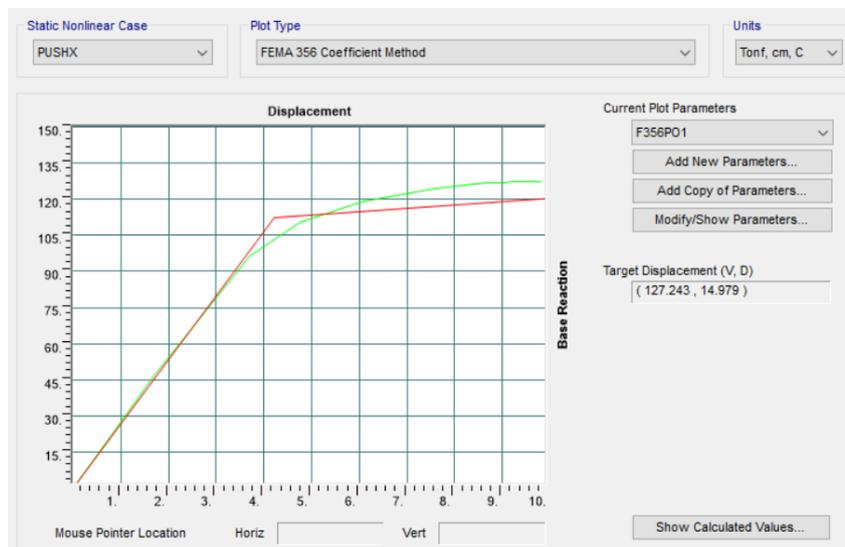


Figura 30: Punto de desempeño de la estructura 2 para la dirección x-x.

Fuente: elaboración propia.

En la figura se puede observar que la estructura 2 tiene para la dirección x-x un punto de desempeño de 14.79 cm, con una cortante basal de 127 tn, con este dato se debe verificar cómo se comportan los elementos estructurales que componen dicha estructura

para un futuro reforzamiento si en caso fuese requerido.

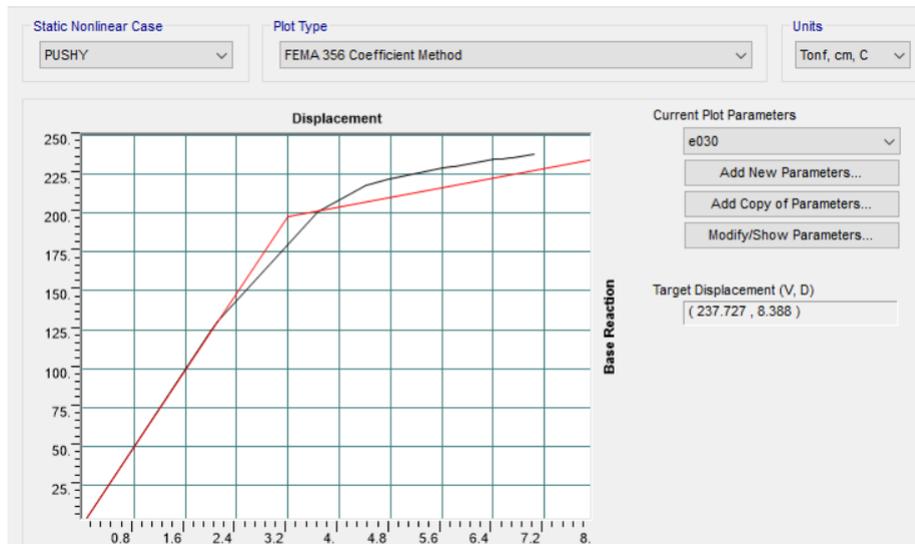


Figura 31: Punto de desempeño de la estructura 2 para la dirección y-y.

Fuente: elaboración propia.

En la figura mostrada se observa que el punto de desempeño de la estructura 2 para la dirección y-y es de 8.388 cm y tiene una cortante basal de 237.727tn., se debe verificar los elementos en esta dirección con el fin de garantizar el desempeño de sus componentes.

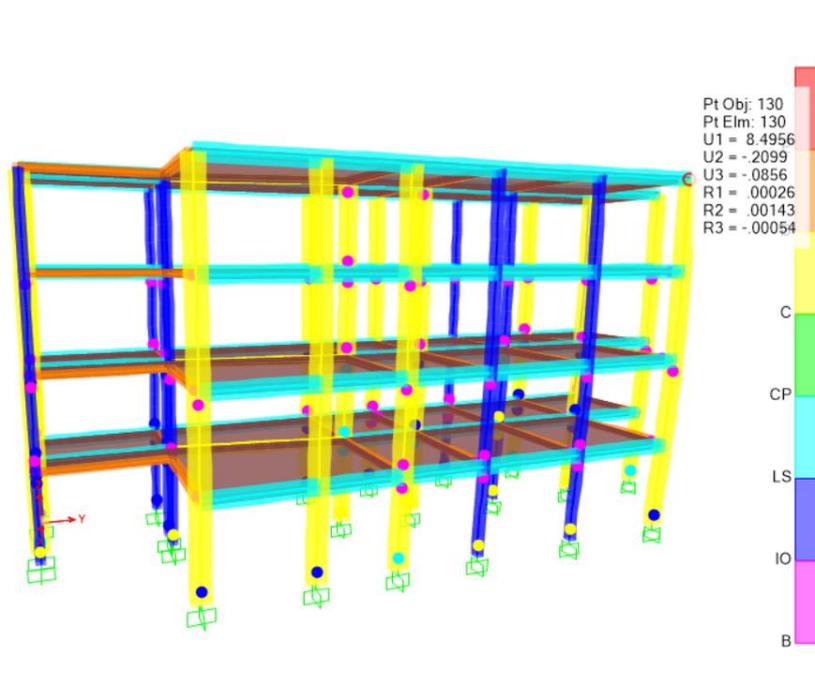


Figura 32:Rótulas generadas para el punto de desempeño de la estructura 2.

Fuente: elaboración propia.

En la figura se muestra que para el punto de desempeño mas desfavorable los elementos que la componen se encuentran en el rango de operatividad, seguridad de vida y en prevención de colapso, se debe reforzar estos elementos si se quieren que la edificación para un sismo de 475 años quede operativa.

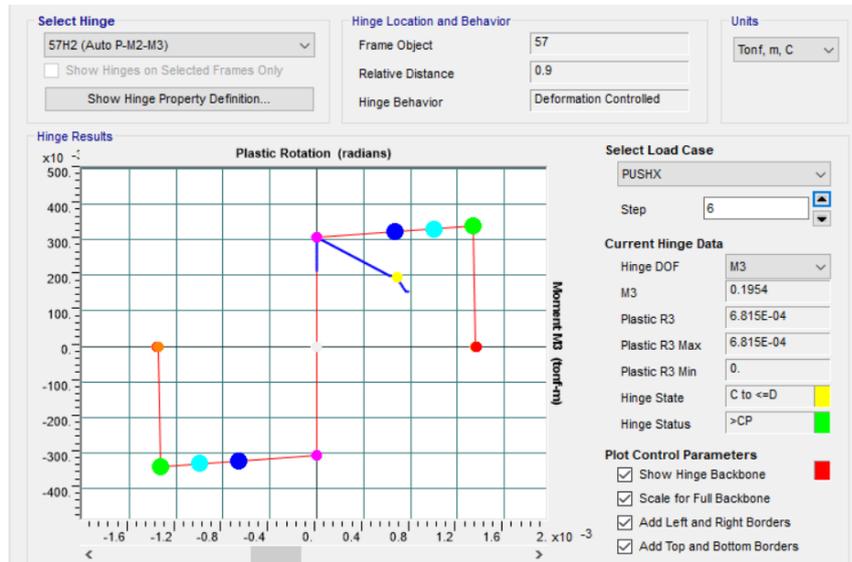


Figura 33: Rótula de columna que llega a la prevención de colapso.

Fuente: elaboración propia.

En la figura se muestra el daño que sufre la columna hasta la generación de rotulas y su incursión en el rango de prevención de colapso, para el patrón de cargas en dirección x-x, evaluado en el punto de desempeño.



Figura 34: Curva de Capacidad para la Estructura 3 Dirección x-x.

Fuente: elaboración propia.

En la figura mostrada se observa que la curva de capacidad para la dirección x-x tiene una tendencia a seguir creciendo, ello debido a su configuración con carencia de rigidez en esta dirección.

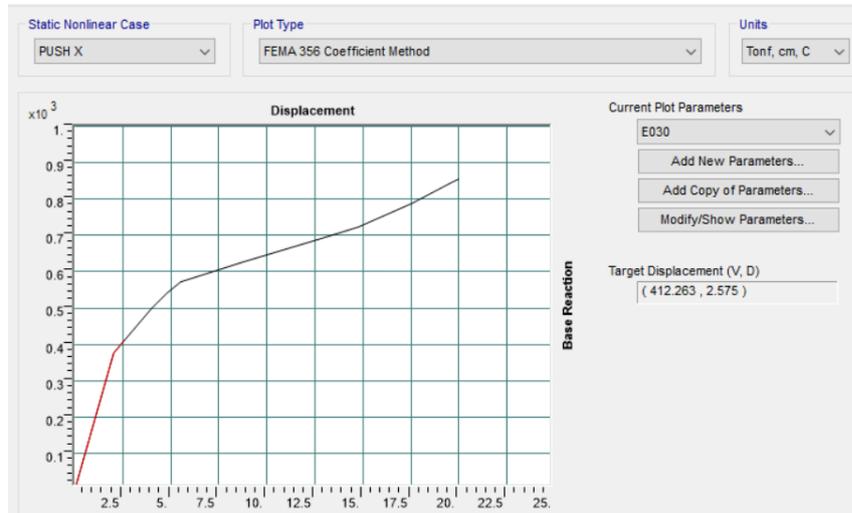


Figura 35: Punto de desempeño de la estructura 3 dirección x-x.

Fuente: elaboración propia.

En la figura se muestra que el punto de desempeño de la estructura 3 para la dirección x-x se da a 2.575cm de desplazamiento, con una cortante basal de 412.26 tn, este dato de distancia debe ser analizado para cada elemento, en este caso muros para determinar en qué rango de desempeño se encuentra la estructura.

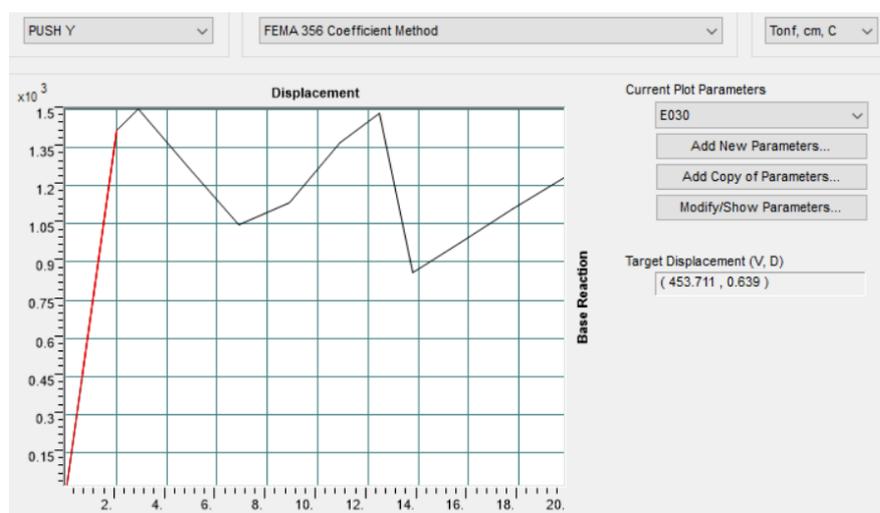


Figura 36: Punto de desempeño de la estructura 3 dirección y-y.

Fuente: elaboración propia.

En la figura se muestra que el punto de desempeño de la estructura 3 para la dirección y-y se da a 0.64 cm con una cortante basal de 453.711 tn, para estos valores de desplazamiento se deben evaluar cómo se encuentran los elementos estructurales que componen esta estructura con el fin de evaluar el rango de desempeño para la estructura.

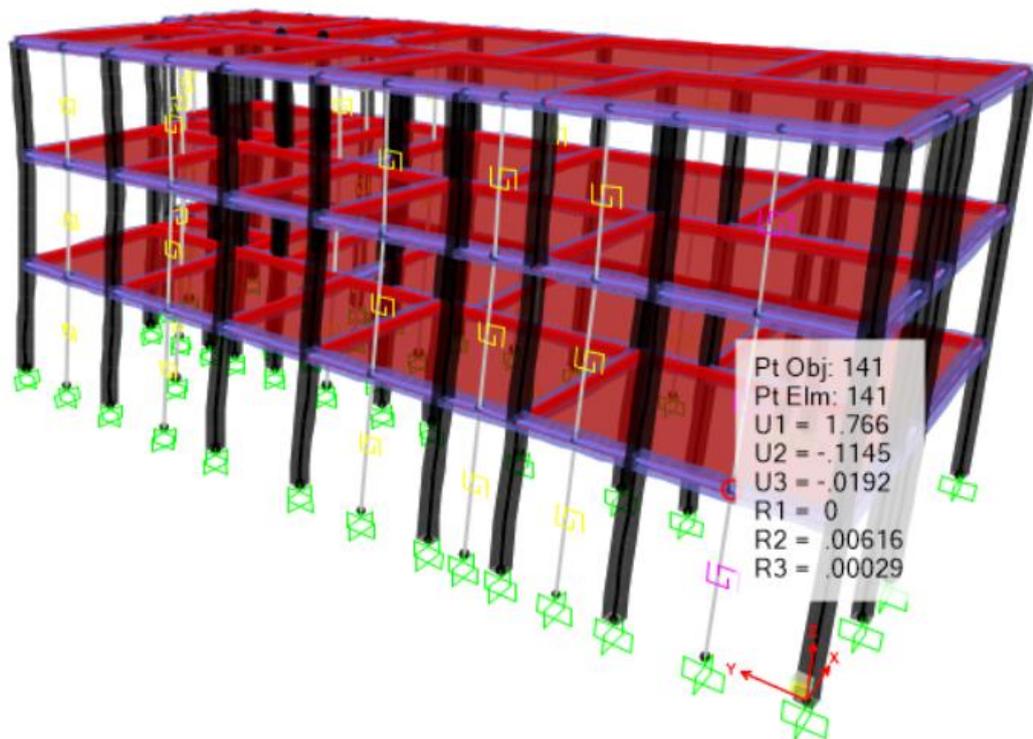


Figura 37: Desplazamiento del muro 1 para el punto de desempeño.

Fuente: elaboración propia.

En la figura se observa que para el desplazamiento objetivo de 2.575cm, el desplazamiento del muro 1 es de 1.766cm, lo que implica que el muro se encontraría en un desempeño de prevención de colapso.

Tabla 43:Parámetros para el Cálculo de la Capacidad de los Muros.

|   |         |                    |
|---|---------|--------------------|
| Número de Pisos                                     | 3       |                    |
| Peso x m <sup>2</sup>                               | 800     | kgf/m <sup>2</sup> |
| Ancho Tributario                                    | 1.75    | m                  |
| Espesor del muro                                    | 23      | cm                 |
| Altura del muro                                     | 2.4     | m                  |
| Longitud Libre del muro 1                           | 2.5     | m                  |
| Peralte Columna                                     | 25      | cm                 |
| Espesor de Columna                                  | 25      | cm                 |
| Longitud Total del Muro                             | 300     | cm                 |
| Longitud efectiva del Muro                          | 270     | cm                 |
| Área de acero longitudinal                          | 5.08    | cm <sup>2</sup>    |
| Cuantía longitudinal de muro por columna a tracción | 0.00075 |                    |
| Área de acero transversal                           | 0.71    | cm <sup>2</sup>    |
| Ramas   | 2       |                    |
| Espaciamiento de Estribos                           | 10      | cm                 |
| Cuantía transversal de una columna                  | 0.00568 |                    |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se muestran los parámetros como numero de pisos, aceros utilizados, secciones de columnas, etc.

Tabla 44: Esfuerzo Axial Actuante.

|             |         |                     |  |
|-------------|---------|---------------------|--|
| $f'_m$      | 52      | kgf/cm <sup>2</sup> | Resistencia a la compresión del muro       |
| $\rho_t$    | 0.00069 |                     | Cuantía longitudinal de la columna         |
| $f_y$       | 4200    | kgf/cm <sup>2</sup> | Resistencia a la fluencia del acero long   |
| $\rho_{we}$ | 0.0057  |                     | Cuantía transversal de la columna          |
| $f_{wy}$    | 4200    | kgf/cm <sup>2</sup> | Resistencia a la fluencia del acero transv |
| $\sigma_0$  | 4.487   | kgf/cm <sup>2</sup> | Esfuerzo axial actuante                    |

Fuente: elaboración propia.

El esfuerzo actuante en el muro M1 para la edificación 3 es de 4.49kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 45: Estados Límite para el Muro 1.

| Estado Límite | $\tau$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Drift  | V <sub>m</sub> (kgf) | V <sub>m</sub><br>(kN) | Desplazamiento |
|---------------|----------------------------------|--------|----------------------|------------------------|----------------|
| Origen        | 0.000                            | 0      | 0                    | 0.00                   | 0              |
| Agrietamiento | 6.932                            | 0.0006 | 51814.92             | 518.15                 | 0.15           |
| Fluencia      | 10.948                           | 0.0019 | 81835.35             | 818.35                 | 0.475          |
| Máximo        | 11.981                           | 0.0076 | 89557.12             | 895.57                 | 1.9            |
| Ultimo        | 9.585                            | 0.0117 | 71645.70             | 716.46                 | 2.925          |

Tabla 46: Rigidez Vertical.

|            |        |        |
|------------|--------|--------|
| K vertical | 657800 | kgf/cm |
| F vertical | 30186  | kgf    |

Fuente: elaboración propia.

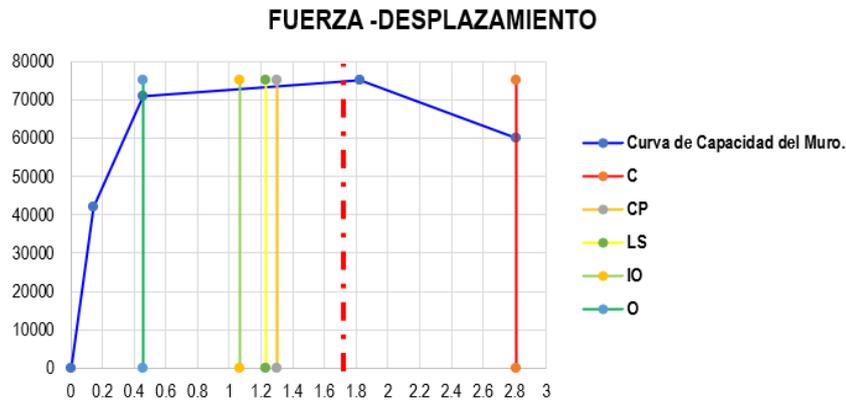


Figura 38: Desempeño del Muro 1 de la Estructura 3.

Fuente: elaboración propia.

En la figura se observa que el muro 1 de la estructura 3 se encuentra en el rango de prevención de colapso, esto debido a la poca densidad de muros en esa dirección, así se encuentran la mayoría de muros del primer nivel, lo que haría catalogar la estructura 3 como desempeño de prevención de colapso luego de ocurrido un sismo de diseño.

### Reforzamiento de Estructuras Existentes.

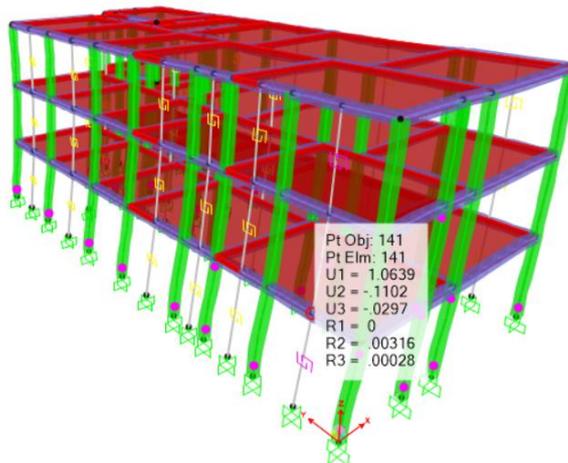


Figura 39: Modelamiento con Columnas Reforzadas Edificación 3

En la figura se muestra el análisis de la estructura 3 con reforzamiento en columnas

de confinamiento, por medio de un encamisado de columna se aprecia que el desplazamiento del muro baja de 1.776cm a 1.06 lo que hace que la estructura se encuentre en un nivel de desempeño de seguridad de vida y ya no en prevención de colapso.

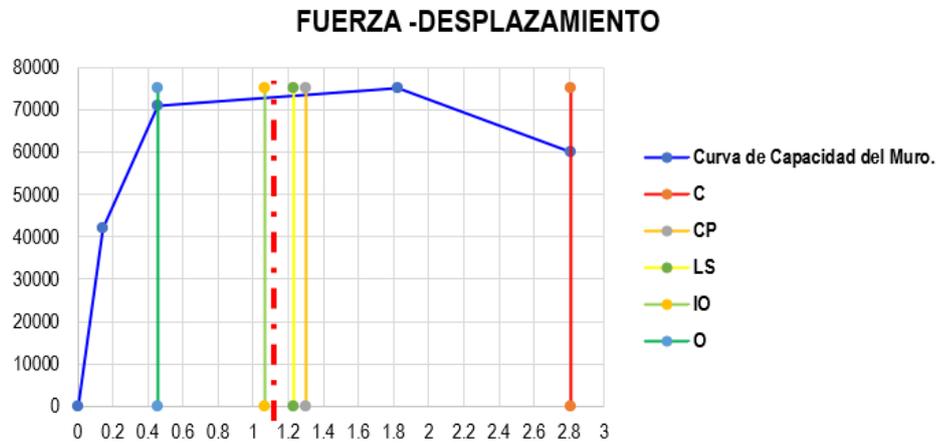


Figura 40: Desempeño de muros luego del Reforzamiento.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que luego del reforzamiento de columnas con un posible encamisado agregándole 4 varillas de  $\frac{1}{2}$  el desplazamiento para el punto de desempeño se encuentra dentro de control de daño sin llegar a la prevención de colapso a la que se llegaba antes del reforzamiento.

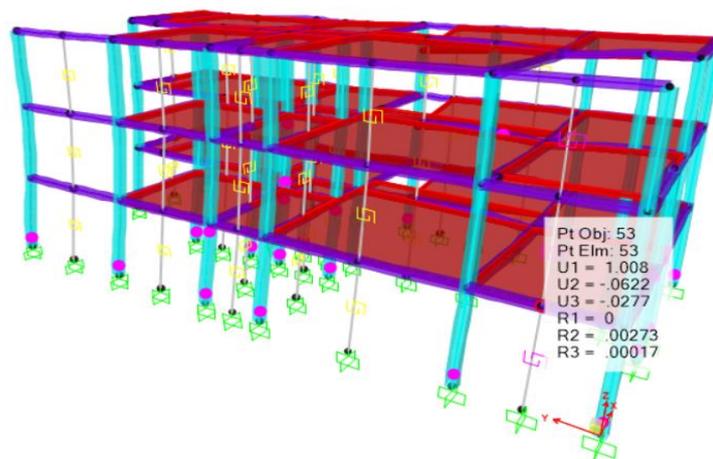


Figura 41: Análisis de Desempeño de la Estructura 1.

Fuente: elaboración propia.

En la figura se muestra el resultado del análisis para la edificación 1, en la que se

aprecia que para un punto de desempeño de 1.741cm los muros de albañilería se encuentran en el rango de control de daño según el ASCE 41-17, es decir la estructura presenta daños que son reparables para un sismo con una probabilidad de excedencia de 10%.

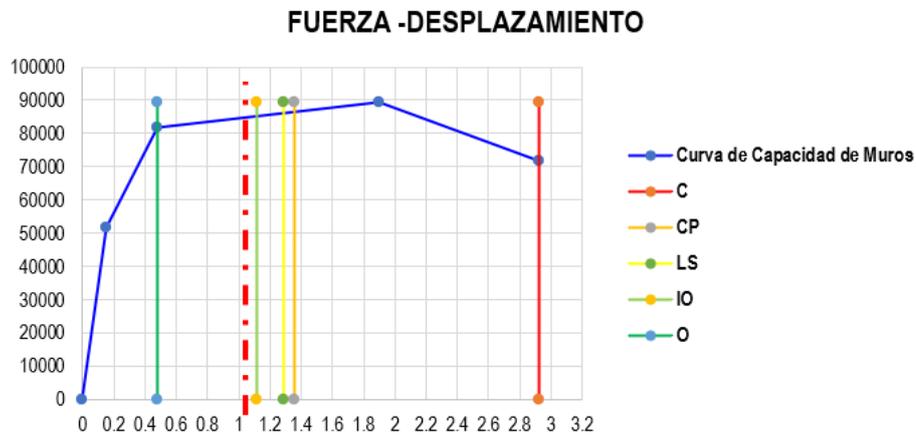


Figura 42: Desempeño de Muro 1 estructura 1.

Fuente: elaboración propia.

En la figura se observa que el desplazamiento para muro crítico de albañilería luego del reforzamiento es de 1.08cm, lo que lo ubica en el rango de control de daño según el ASCE 41-17, para ello también se utilizó como refuerzo 4 varillas de ½” en el encamisado.

## CAPITULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 5.1 CONCLUSIONES:

- La presente investigación determinó que el nivel de desempeño debido al efecto de su configuración estructural para las tres estructuras analizadas fue el siguiente: la estructura 1 se encuentra en el rango de seguridad reducida según el ASCE 41-17, la segunda estructura se encuentra en el rango de control de daño y la tercera estructura se encuentra en el rango de seguridad reducida.
- Se determinó que la estructura 2 es la que mejor comportamiento tiene de estas tres edificaciones existentes analizadas las cuales presentan la misma cantidad de pisos y área, esta estructura 2 tiene un desplazamiento de 14.97 cm para el punto de desempeño hallado, dejando a sus elementos estructurales en el rango de control de daño.
- Se determinó que la curva de capacidad de la estructura 1 y 3 tiene un comportamiento errático, esto debido a la poca densidad de muros que presentan estas edificaciones en la dirección x-x, lo que afecta su comportamiento tanto en la dirección x-x e y-y, además de carecer de ductilidad, mientras que la estructura 2 presenta una curva de capacidad con un buen manejo de la ductilidad, es decir la estructura alcanza poco a poco un valor máximo, para luego disminuir progresivamente su resistencia sin llegar a ser una caída abrupta lo que la hace no tener un comportamiento frágil.
- Se determinó que las tres estructuras presentan diferentes niveles de vulnerabilidad, la estructura 1 y 3 presentan para el método de Hirosawa en la dirección x-x una vulnerabilidad alta, esto comprobado con el análisis realizado en el programa sap 2000 que evidencio que todos sus componentes se encuentran en el rango de

prevención de colapso, mientras que para la estructura 2 al ser analizada por ambos métodos se determina que tendría una vulnerabilidad baja, esto debido a que solo algunos elementos presentan daños que los llevan a un rango de seguridad reducida.

- Se determino que, para un máximo sismo considerado, ninguna de las estructuras quedaría en un rango ideal, ya que las tres entrarían a un rango de colapso y prevención de colapso.
- Luego de la adición de muros en dirección x-x para la edificación 1 y la adición de refuerzos para las columnas de confinamiento en la edificación 3 se puede ver que ambas están fuera del rango de prevención de colapso.

## 5.2 DISCUSIÓN

- La presente investigación pudo determinar que, si bien el análisis dinámico modal espectral es un método más manejable que un análisis no lineal debido a la gran demanda computacional de este último, es necesario hacer este tipo de análisis para edificaciones nuevas y existentes, pues detallan más en la deformación de los elementos estructurales lo que es congruente con lo que menciona López (2021) quien determinó que los análisis lineales no representan apropiadamente la caída de rigidez, ni el comportamiento real que pueden presentar los materiales.
- Según los resultados obtenidos, para un nivel de máximo sismo considerado ninguna de las estructuras de albañilería estaría operativas, más bien estarían en un rango de prevención de colapso, lo que no es congruente con Rodríguez (2021), quien determinó que para un desplazamiento de 3.7cm la estructura conformada por muros de albañilería quedaría en un rango de operatividad.
- En los resultados del trabajo se observa que para un desplazamiento de 14.79cm en la segunda edificación con sistema de pórticos su vulnerabilidad es baja lo que coincide con Martínez (2021), quien determinó que para un desplazamiento de 13cm en los pabellones analizados, la estructura tiene una vulnerabilidad baja.
- Estas edificaciones analizadas pueden tener un desempeño óptimo si se refuerzan adecuadamente, una limitación fue que no se pudo hacer un ensayo a la albañilería existente, porque los propietarios no lo autorizaron ya que sería invasivo se recomienda hacer otros análisis para edificaciones similares con el fin de caracterizar más estos resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

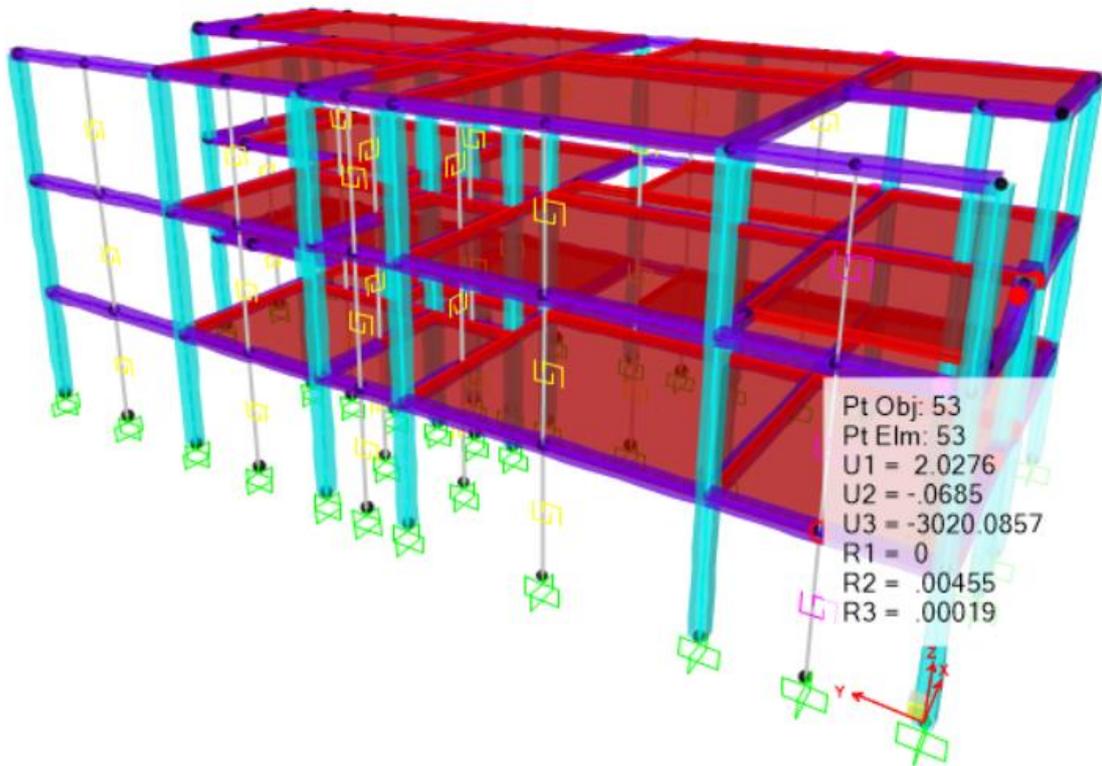
- 356, F. (2000). *Prestandard and Comentary for the Seismic Rehabilitation of building*. Virginia.
- Acero, R., & Del Carpio, V. (2020). *Diseño de albañilería confinada para una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Jesus Maria*.
- Alberto Sanchez, A. T. (2008). *Diseño por Desempeño de Estructuras Ductiles de Concreto Reforzado Ubicadas en la Zona del Lago Distrito Federal*. México. (1996). *ATC 40*. California.
- Auto FEM Analysis. (s.f.). *AUTOFEM*. Obtenido de [https://autofem.com/help/es/static\\_analysis.html](https://autofem.com/help/es/static_analysis.html)
- Bartolomé, A. S. (Abril de 2007). *Blog de Angél San Bartolomé*. Obtenido de Recuperado de: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/albanileria/2007/04/>
- Bartolome, A., Quiun, D., & Silva, W. (2018). *Diseño y Construcción de Estructuras Sismoresistentes de Albañilería Confinada*. Lima: PUCP.
- Boiero, A. (2020). *Espectro de Respuesta Sísmica: la Intersección entre la Ingeniería Geotécnica y el Diseño Sismoresistente de Estructuras*. España.
- Bustamante, O. V. (2019). Reglamento Nacional de Edificaciones. En O. V. Bustamante, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pág. 297). Lima: ARQUICO.
- Bustamante, O. V. (2019). Reglamento Nacional de Edificaciones. En O. V. Bustamante, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pág. 303). Lima: ARQUICO.
- Carazas, L. (2017). *Planificación y Control del Costo y Plazo de la Construcción del*. Lima.
- Carrasco, E., & Villanueva, J. (2019). *Modelado Estructural y Diseño Sísmico de una Edificación de Albañilería Confinada de 3, 4, 5 Niveles para la Ciudadde Jaén*. Jaén.
- Carrillo, J. (2007). *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Estructuras Utilizando un Diseño por Desempeño*. Colombia.
- Construcción y Diseño en VIS. (2017). *Elementos de Confinamiento*. Obtenido de Recuperado de: <https://sites.google.com/site/cydenvis/6elementos>
- Cornejo Vásquez, T., & Hernández Barrios, H. (Setiembre de 2013). *Redalyc*. Obtenido de Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46730914002>
- Díaz, Z. F. (2019). *Desarrollo Analítico de Modelos para Muros de Albañilería Confinada Basado en Resultados Experimentales*. Lima.
- E.070, N. T. (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima.
- E0.20, N. T. (2019). *Sencico*. Obtenido de Sencico: Recuperado de: <http://page.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>
- Florian, E. (Abril de 2009). *Biblioteca Usac*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2991\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2991_C.pdf)
- García, J. (2010). Evaluación de la fragilidad basada en distorsión lateral para muros de mampostería confinada. *Ingeniería Sísmica*, 80. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2009000100003&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2009000100003&lang=es)
- Geinco. (2020). *Geinco*. Obtenido de Recuperadode: <http://geinco.pe/albanileria/>
- Gonzales, R. (2018). *Vulnerabilidad de Viviendas en la Franja del Pacífico de Nicaragua frente a Enjambres Sísmicos*. Nicaragua.
- Google Earth. (Marzo de 2021). *Google Earth*.
- Graña, A. (20 de Octubre de 2017). *Canal N*. Obtenido de Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=Ehg-d1GGwPE&t=45s>
- Hernandez, L. M. (2012). *Diseño Estructural de un Edificio de Albañilería Confinada*.

Lima.

- Jimenez, J., & Julca, J. (2018). *iseño estructural de un edificio de 5 niveles de albañilería confinada, Trujillo-La Libertad, 2018*. Trujillo .
- León, R. (17 de Octubre de 2003). *Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de Edificios. Apliación a Entornos Urbanos en Zonas de Amenaza Alta y Moderada*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93542/01CAPITULO0.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, X. (2021). *Modelado no Lineal de un Edificio de tres Niveles a Base de Muros de Mampostería*. Ciudad de México.
- Martinez, C. (2022). *Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural Mediante el Análisis Estático no Lineal a la I.E 14011 Nuestra Señora del Pilar* . Piura .
- Martinez, G., Gilmore, A., & Reyes, C. (Julio de 2013). Diseño basado en desplazamientos de estructuras esenciales. *Ingeniería Sísmica*, 89. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2013000200004&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2013000200004&lang=es)
- Mejía, A. (15 de 11 de 2018). *PontificIA Universidad Católica del Ecuador*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/16149>
- Ministerio del Ambiente. (4 de Junio de 2012). *Sistema Nacional de Información Ambiental*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-suelos-districtos-lima>
- Moreno, R. (2006). *Metodología para la Evaluación del Riesgo Sísmico*. Barcelona.
- Moscoso, E. (2020). *Evaluación y Rehabilitación de Estructuras*. Lima.
- Muñoz, I. (30 de Marzo de 2020). *InfoBasicIngCivil*. Obtenido de InfoBasicIngCivil: <https://infobasicingcivil.blogspot.com/2020/03/todo-sobre-presupuestos-de-obra.html>
- Muñoz, J. (2011). *Evaluación del Desempeño Sismorresistente Usando Análisis No Lineal en el Tiempo*. Lima.
- Norma Técnica E0.30. (2021). *Sencico*. Obtenido de Recuperado de : <http://page.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>
- Norma Técnica E0.60. (2021). *SENSICO*. Obtenido de SENCICO: Recuperado de: <http://page.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>
- Oblitas, J. (2018). Guía de Investigación Científica . *Guia de Investigación Científica* , 26-28.
- Orduña, A., & Ayala, G. (2001). *Análisis no lineal de muros de mampostería confinada sujetos a cargas laterales*. Universidad Nacional Autonoma de México.
- Promart. (2021). *Promart Home Center*. Obtenido de Recuperado de : <https://www.promart.pe/ladrillo-pandereta-10x14x22-diamante-40761/p>
- Quiun, D. (19 de Agosto de 2020). *Cip tv*. Obtenido de Cip tv: obtenido de: <https://www.youtube.com/watch?v=6hvgT1z7OpU&t=375s>
- Rodríguez, O. (2021). *Respuesta estructural no lineal en la estimación del Desempeño Sísmico de edificaciones comunes de hasta 2 pisos en Ica 2021*. Ica.
- Roncal, k. (2018). *Ing .Kevin Alexander Roncal Chávez* . Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=kFBUrOKMzKk>
- Terrones, L. (2018). *Análisis sísmico y estructural de dos edificaciones de sistema mixto bajo las Normas E.030- 2006 y E.030- 2018- distrito de Trujillo*. Trujillo.
- Torre, J. (2018). *Análisis no Lineal Estático de una edificación de Albañilería Confinada en la CIudad de Huancavelica-2018*. Huancavelica.
- Vidriería Palacios M&H. (2021). *Vidriería Palacios M&H*. Obtenido de Recuperado de: <http://palaciosmh.com/producto/parapeto-de-vidrio-arenado/>

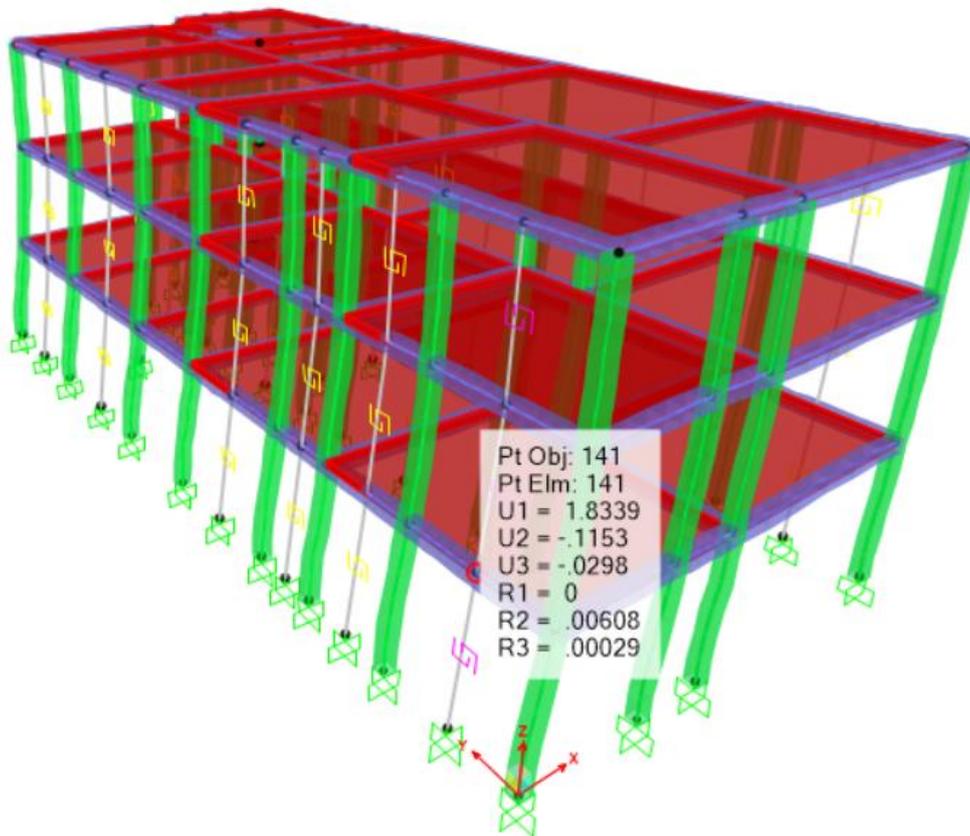
William Quinto, M. J. (2022). *Análisis Estático no Lineal y Punto de Desempeño Sísmico en una Edificación de Tres Pisos Existente*. Antioquia.

## ANEXOS



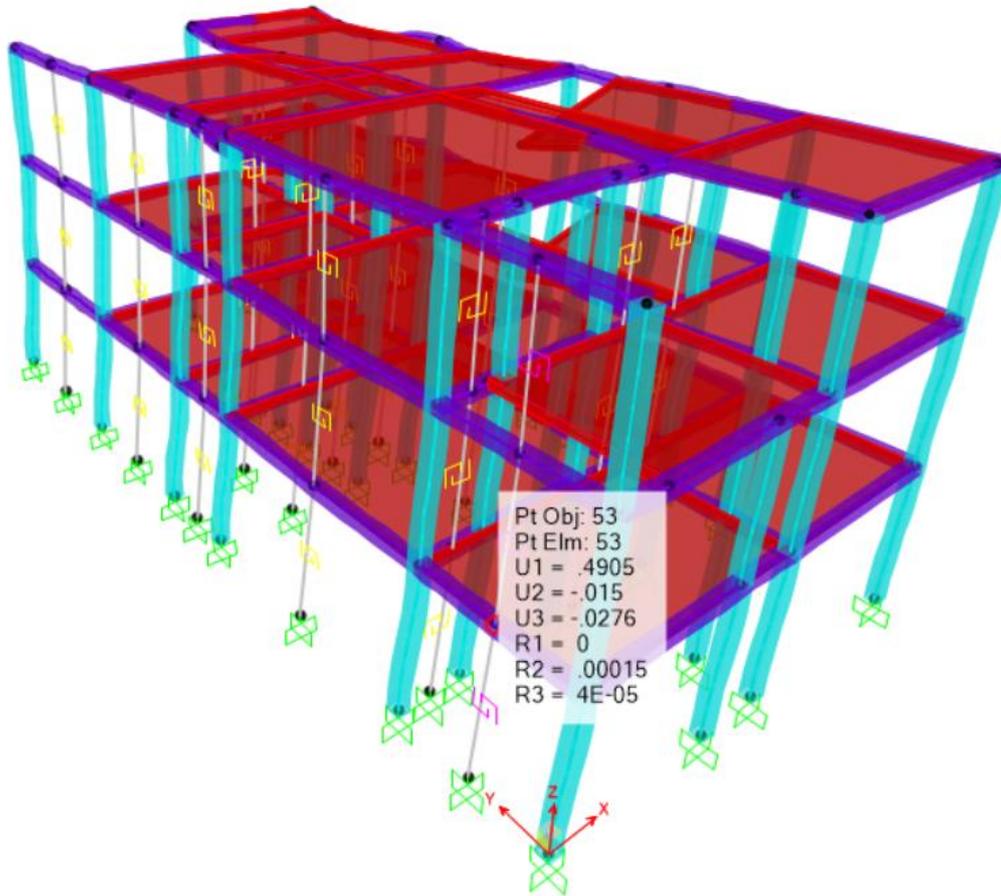
Anexo 1: Desempeño de muro E1 con reducción de Resistencia a  $f'c=105\text{kg/cm}^2$

Fuente: elaboración propia.



Anexo 2: Desempeño de muro E3 con Reducción de Resistencia a  $f'_c=105\text{kg/cm}^2$ .

Fuente: elaboración propia.



Anexo 3: Reforzamiento de edificación 1 con adición de muros en dirección x-x  
Fuente: elaboración propia.

| FORMATO DE ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE HIROSAWA  |                             |    |
|---|-----------------------------|----|
| ENCUESTADOR   | WILLIAM LUIGI NICHOLÓ LOPEZ |    |
| PROPIETARIO   | NELLY SANCHEZ JIMENEZ       |    |
| FECHA   | 20/08/2023                  |    |
| La edificación presenta:  | SI                          | NO |
| 1. Sistema constructivo de albañilería confinada o sin confinar | X                           |    |
| 2. Muros de concreto armado                                     |                             | X  |
| 3. Pórticos de concreto armado                                  |                             | X  |
| 4. Sistema mixto  |                             | X  |
| 5. Inclinación debido a asentamiento.                           |                             | X  |
| 6. Edificación construida sobre relleno.                        |                             | X  |
| 7. Deformaciones en columnas y vigas.                           |                             | X  |
| 8. Presenta corrosión visible en armaduras.                     | X                           |    |
| 9. Grietas inclinadas visibles en columnas o muros.             | X                           |    |
| 10. Filtraciones, pero sin corrosión en armaduras.              |                             | X  |
| 11. Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.            |                             | X  |
| 12. Ha experimentado incendio y fue reparado.                   |                             | X  |
| 13. Almacena sustancias químicas                                |                             | X  |
| 14. Presenta daño estructural grave.                            |                             | X  |
| 15. Presenta daño estructural severo.                           |                             | X  |
| 16. Presenta poco daño estructural                              | X                           |    |

  
FIRMA DE ENCUESTADOR

  
FIRMA DE PROPIETARIO

Anexo 4: Encuesta realizada a propietario 1.

| FORMATO DE ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE HIROSAWA  |                           |    |
|---|---------------------------|----|
| ENCUESTADOR   | WILLIAM LUIGI NICHU LOPEZ |    |
| PROPIETARIO   | POLY BERROCAL SANCHEZ     |    |
| FECHA   | 20/08/2023                |    |
| La edificación presenta:  | SI                        | NO |
| 1. Sistema constructivo de albañilería confinada o sin confinar |                           | X  |
| 2. Muros de concreto armado                                     |                           | X  |
| 3. Pórticos de concreto armado                                  | X                         |    |
| 4. Sistema mixto  |                           | X  |
| 5. Inclinación debido a asentamiento.                           |                           | X  |
| 6. Edificación construida sobre relleno.                        |                           | X  |
| 7. Deformaciones en columnas y vigas.                           |                           | X  |
| 8. Presenta corrosión visible en armaduras.                     |                           | X  |
| 9. Grietas inclinadas visibles en columnas o muros.             |                           | X  |
| 10. Filtraciones, pero sin corrosión en armaduras.              |                           | X  |
| 11. Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.            |                           | X  |
| 12. Ha experimentado incendio y fue reparado.                   |                           | X  |
| 13. Almacena sustancias químicas                                |                           | X  |
| 14. Presenta daño estructural grave.                            |                           | X  |
| 15. Presenta daño estructural severo.                           |                           | X  |
| 16. Presenta poco daño estructural                              |                           | X  |

  
FIRMA DE ENCUESTADOR

  
FIRMA DE PROPIETARIO

Anexo 5: Encuesta realizada a propietario 2.

| FORMATO DE ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE HIROSAWA  |                            |    |
|---|----------------------------|----|
| ENCUESTADOR   | WILLIAM LUIGI NICHLO LOPEZ |    |
| PROPIETARIO   | MÁXIMO BUSTOS ESCARO       |    |
| FECHA   | 20/08/2023                 |    |
| La edificación presenta:  | SI                         | NO |
| 1. Sistema constructivo de albañilería confinada o sin confinar | X                          |    |
| 2. Muros de concreto armado                                     |                            | X  |
| 3. Pórticos de concreto armado                                  |                            | X  |
| 4. Sistema mixto  |                            | X  |
| 5. Inclinación debido a asentamiento.                           |                            | X  |
| 6. Edificación construida sobre relleno.                        |                            | X  |
| 7. Deformaciones en columnas y vigas.                           |                            | X  |
| 8. Presenta corrosión visible en armaduras.                     | X                          |    |
| 9. Grietas inclinadas visibles en columnas o muros.             | X                          |    |
| 10. Filtraciones, pero sin corrosión en armaduras.              | X                          |    |
| 11. Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.            |                            | X  |
| 12. Ha experimentado incendio y fue reparado.                   |                            | X  |
| 13. Almacena sustancias químicas                                |                            | X  |
| 14. Presenta daño estructural grave.                            |                            | X  |
| 15. Presenta daño estructural severo.                           |                            | X  |
| 16. Presenta poco daño estructural                              | X                          |    |

  
FIRMA DE ENCUESTADOR

  
FIRMA DE PROPIETARIO

Anexo 6: Encuesta realizada a propietario 3.