

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



***TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL***

**"EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL
MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI EN LAS EDIFICACIONES DE LA
URBANIZACIÓN COVICORTI DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD"**

ÁREA DE INVESTIGACIÓN:
ESTRUCTURAS

AUTOR (ES)

Br. SABOGAL DÍAZ, LUIS ANTONY
Br. VÁSQUEZ PAJARES, GERMÁN ALEXANDER

JURADO EVALUADOR:

Presidente: CANCINO RODAS, CÉSAR LEONIDAS
Secretario: MORÁN GUERRERO, VÍCTOR
Vocal: RODRIGUEZ RAMOS, MAMERTO

ASESOR:

GALICIA GUARNIZ, WILLIAM CONRAD
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4506-9290>

TRUJILLO - PERÚ
2021

Fecha de sustentación: 2021/05/03

DEDICATORIA

Dedico esta tesis:

A **DIOS**, por la vida y salud que me brinda día a día, por darme el valor y fuerza incalculable para terminar esta extensa tesis y por iluminarme constantemente en este tramo y poder cumplir el objetivo.

A **MIS PADRES**, Lucho y Doris por su cariño, amor y sacrificio, pues sin ellos esto no habría sido posible. Esta tesis está dedicada plenamente a ellos, quienes ayudaron en mi formación profesional y espiritual y guiaron correctamente desde que tengo uso de razón.

A **LOS DOCENTES**, quienes forjaron nuestros conocimientos en esta rama ingenieril e incentivaron a la buena ética y valores sociales.

Bach. Sabogal Díaz, Luis Antony.

Dedico esta tesis:

A **DIOS**, infinitas gracias por haberme dado la sabiduría y el entendimiento para poder llegar al final de mi carrera, por proveerme de todo lo necesario para salir adelante y por todo lo que me ha dado.

A **MIS PADRES**, Carlos y Elsa mil gracias por el apoyo incondicional que me brindaron por todos los sacrificios que hicieron a lo largo de mi carrera, así como su comprensión y paciencia en momentos difíciles que tuvimos.

A **MIS ABUELOS**, por su cariño y confianza, especialmente a mi abuela Rosa que fue como una segunda madre para mí.

Bach. Vásquez Pajares, Germán Alexander.

AGRADECIMIENTO

Este informe de tesis fue realizado con éxito gracias al arduo trabajo de los autores y el apoyo incondicional de personas quienes, de alguna manera, aportaron de manera significativa. Por ello, es gratificante mencionarlo:

Primeramente a Dios, por la vida y la salud tanto para nosotros como a los nuestros; por guiarnos y cuidarnos en este extenso tramo de trabajo, ayudándonos a ser persistentes en nuestros objetivos, superando dificultades externas e internas que pueden llegar a afectarnos como personas y profesionales.

A nuestros padres quienes al igual que nosotros, se esfuerzan para que sus hijos sean profesionales de éxito. Personas quienes fueron nuestra fuente de motivación, como llegaron a ser durante los largos cinco años de estudio en nuestra alma máter. A ellos, eterna gratitud.

A nuestro asesor Ing. William Galicia Guaniz, por la orientación profesional en el desarrollo de nuestra tesis. Por la calidad de enseñanzas en la universidad y el apoyo metodológico para la realización de este informe.

Por último, a nuestra casa de estudios “Universidad Privada Antenor Orrego”, docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil y personal administrativo en general que nos acogieron durante aquel periodo de tiempo de formación profesional donde pudimos aprender mucho sobre esta bella y sublime carrera.

RESUMEN

En el presente informe de investigación se realizó el estudio muestral de tres edificaciones, escogidas estratégicamente, de la urbanización Covicorti ubicada en el distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, con el propósito de diagnosticar la vulnerabilidad sísmica para todo el conjunto habitacional, apoyado conjuntamente con lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones (E.030, “Diseño Simorresistente”) y métodos de análisis estructurales, los cuales preverán si llegase a existir pérdidas materiales y/o en el peor de los casos, humanas.

Se utilizan dos métodos factibles como son el cualitativo y cuantitativo. El primero trata de la metodología de los investigadores italianos Benedetti y Petrini, el cual determina el índice de vulnerabilidad en función a las diferentes tipologías estructurales y no estructurales que influyen en el comportamiento sísmico de la edificación. Fue necesario elaborar un formulario de apoyo para una descripción más exacta de las viviendas. El segundo método fue el computacional realizado a partir de datos exactos como el dimensionamiento estructural de la edificación, resistencia a la compresión del concreto, etc.; este método determina cuan vulnerable puede llegar a ser la estructura a través del cálculo de las derivas.

Luego de aplicar la metodología Benedetti – Petrini a las edificaciones, obtuvimos resultados para la VIVIENDA 01, VIVIENDA 02 y VIVIENDA 02 con un índice de vulnerabilidad (I_v) de 112.5, 92.5 y 162.5, respectivamente, que luego siendo promediadas resolvimos que, solo a través de este método, la urbanización tiene una vulnerabilidad de MEDIA A BAJA.

Para el análisis computacional, siendo este un análisis dinámico lineal, se constató perjudiciales problemas en el cumplimiento de las derivas de entrepiso, siendo las más desfavorables para cada edificación en el sentido del eje X. Para la VIVIENDA 01, VIVIENDA 02 y VIVIENDA 02 obtuvimos derivas críticas en el tercer piso de 0.0209, cuarto piso de 0.0113 y segundo y tercer piso de 0.0071, respectivamente, superando considerablemente lo establecido en la norma, razón por la cual determinamos que para este método la vulnerabilidad es de MEDIA A ALTA.

Contrastando resultados y tomando en cuenta diversos factores de evaluación, concluimos en que las edificaciones de la urbanización Covicorti poseen una vulnerabilidad de MEDIA A ALTA. Cabe recalcar que la sollicitación sísmica de la norma incrementada a través de los años, ponen en riesgo a edificaciones antiguas, ya que antes los parámetros sísmicos no eran tan exigentes.

Palabras clave: Dimensionamiento estructural, derivas críticas, análisis computacional.

ABSTRACT

In this research report, a sample study of three buildings, strategically chosen, of the Covicorti urbanization located in the district of Trujillo, province of Trujillo, department of La Libertad, was carried out, in order to diagnose the seismic vulnerability for the entire complex, housing, supported jointly with the provisions of the National Building Regulations (E.030, "Earthquake Resistant Design") and structural analysis methods, which will foresee if there were to be material losses and / or in the worst case, human.

Two feasible methods are used such as qualitative and quantitative. The first deals with the methodology of the Italian researchers Benedetti and Petrini, which determines the vulnerability index based on the different structural and non-structural typologies that influence the seismic behaviour of the building. It was necessary to develop a support form for a more accurate description of the dwellings. The second method was the computational one made from exact data such as the structural dimensioning of the building, resistance to compression of the concrete, etc.; this method determines how vulnerable the structure can become by calculating the drifts.

After applying the Benedetti - Petrini methodology to the buildings, we obtained results for HOUSING 01, HOUSING 02 and HOUSING 02 with a vulnerability index (I_v) of 112.5, 92.5 and 162.5, respectively, which after being averaged we resolved that, only at Through this method, the urbanization has a vulnerability from MEDIUM TO LOW.

For the computational analysis, this being a linear dynamic analysis, harmful problems was found in the compliance of the mezzanine drifts, being the most unfavourable for each building in the sense of the X axis. For HOUSING 01, HOUSING 02 and HOUSING 02 we obtained critical drifts in the third floor of 0.0209, fourth floor of 0.0113 and second and third floor of 0.0071, respectively, considerably exceeding what is established in the standard, which is why we determined that for this method the vulnerability is MEDIUM TO HIGH.

Contrasting results and taking into account various evaluation factors, we conclude that the buildings in the Covicorti urbanization have MEDIUM TO HIGH vulnerability. It should be noted that the increased seismic requirements of the standard over the years put old buildings at risk, since before the seismic parameters were not so demanding.

Keywords: Structural dimensioning, critical drifts, computational analysis.

PRESENTACIÓN

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado “EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI EN LAS EDIFICACIONES DE LA URBANIZACIÓN COVICORTI DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD”, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen.

Con esta oportunidad y con su venia, suscribimos ante ustedes.

Atentamente,

Br. Sabogal Díaz, Luis Antony

Br. Vásquez Pajares, Germán Alexander

Trujillo, mayo 2021

ÍNDICE

<i>DEDICATORIA</i>	<i>ii</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>iii</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>iv</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>v</i>
<i>PRESENTACIÓN</i>	<i>vi</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>xii</i>
<i>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</i>	<i>xiv</i>
<i>I. ASPECTOS INFORMATIVOS</i>	<i>1</i>
1. Problema de investigación	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Descripción del problema.....	2
1.3. Formulación del problema	3
2. Objetivos de la investigación	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. Justificación del problema	4
<i>II. MARCO DE REFERENCIA</i>	<i>6</i>
1. Antecedentes del estudio	6
1.1. Internacionales	6

1.2. Nacionales	7
2. Marco teórico	11
2.1. Sismicidad en el Perú	11
2.2. Sismicidad en Trujillo	12
2.2.1. INTENSIDADES DE IX Mercalli Modificada.....	14
2.2.2. INTENSIDADES DE VIII Mercalli Modificada	15
2.2.3. INTENSIDADES DE VIII+ Mercalli Modificada.....	15
2.2.4. INTENSIDADES DE VII Mercalli Modificada	15
2.3. Vulnerabilidad sísmica.....	15
2.3.1. Vulnerabilidad física.....	16
2.3.1.1. <i>Vulnerabilidad estructural</i>	16
2.3.1.2. <i>Vulnerabilidad no estructural</i>	18
2.3.2. Vulnerabilidad funcional	19
2.4. Método del Índice de vulnerabilidad sísmica (Benedetti y Petrini, 1982)	19
2.5. Índice de vulnerabilidad para estructuras de Albañilería	21
2.7. Descripción de los Parámetros del Método del índice de Vulnerabilidad	22
2.7.1. Parámetro 1: Tipo y Organización del Sistema Resistente.....	22
2.7.2. Parámetro 2: Calidad del Sistema Resistente	22
2.7.3. Parámetro 3: Resistencia Convencional	23
2.7.4. Parámetro 4: Posición del edificio y Cimentación	25
2.7.5. Parámetro 5: Diafragmas Horizontales.....	26
2.7.6. Parámetro 6: Configuración en Planta.....	27
2.7.7. Parámetro 7: Configuración en Elevación.....	29

2.7.8. Parámetro 8: Distancia máxima entre muros.....	29
2.7.9. Parámetro 9: Tipo de Cubierta.....	30
2.7.10. Parámetro 10: Elementos no Estructurales.....	31
2.7.11. Parámetro 11: Estado de conservación.....	31
2.8. Cuantificación del Índice de Vulnerabilidad para albañilería.....	32
2.9. Análisis estático lineal.....	32
2.10. Análisis dinámico lineal.....	33
2.11. Peligro sísmico.....	33
2.12. Ficha de evaluación para la vulnerabilidad sísmica.....	34
2.12.1. Alcances de las fichas de evaluación de la vulnerabilidad sísmica.....	34
2.12.2. Datos generales de la ficha de evaluación.....	35
2.12.3. Descripción al detalle de la ficha de evaluación de Benedetti – Petrini.....	35
3. Marco conceptual.....	36
4. Hipótesis.....	38
5. Variables e indicadores.....	38
<i>III. METODOLOGÍA APLICADA.....</i>	<i>41</i>
1. Tipo y nivel de investigación.....	41
1.1. Tipo de investigación.....	41
1.2. Nivel de investigación.....	41
2. Población, marco muestral, unidad de análisis y muestra.....	42
2.1. Población.....	42
2.2. Marco Muestral.....	42

2.3. Unidad de análisis	42
2.4. Muestra.....	42
3. Técnicas e instrumentos de investigación	42
3.1. Técnicas.....	42
3.2. Instrumentos	42
4. Diseño de investigación.....	43
5. Procesamiento y análisis de datos.....	43
<i>IV. RESULTADOS</i>	<i>44</i>
1. Esclerometría	44
2. Análisis e interpretación de resultados	53
2.1. Evaluación de los parámetros.....	53
2.1.1. Calificación del parámetro 1: Organización del sistema resistente.....	57
2.1.2. Calificación del parámetro 2: Calidad del sistema resistente	65
2.1.3. Calificación del parámetro 3: Resistencia Convencional	69
2.1.4. Calificación del parámetro 4: Posición del edificio y Cimentación	87
2.1.5. Calificación del parámetro 5: Diafragmas Horizontales	93
2.1.6. Calificación del parámetro 6: Configuración en Planta.....	99
2.1.7. Calificación del parámetro 7: Configuración en Elevación.....	114
2.1.8. Calificación del parámetro 8: Distancia Máxima entre Muros.....	115
2.1.9. Calificación del parámetro 9: Tipo de Cubierta	117
2.1.10. Calificación del parámetro 10: Elementos no Estructurales.....	121
2.1.11. Calificación del parámetro 11: Estado de Conservación.....	124

2.2. Cálculo del Índice de Vulnerabilidad.....	128
2.3. Análisis Dinámico Lineal usando el programa computacional.....	131
2.3.1. Análisis de la VIVIENDA 01	131
2.3.2. Análisis de la VIVIENDA 02	146
2.3.3. Análisis de la VIVIENDA 03	165
3. Prueba de hipótesis	182
<i>V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</i>	<i>183</i>
1. Vulnerabilidad sísmica por el método cualitativo.....	183
1.1. Comparación de la normativa peruana con el método Benedetti – Petrini	183
1.2. Evaluación del método cualitativo	184
2. Vulnerabilidad sísmica por el método cuantitativo	185
2.1. Comparación del incremento de sollicitación sísmica de la norma actualizada al 2018 respecto a la a norma básica de diseño del 1977 y 1997	186
3. Contrastación de resultados para el método cualitativo y cuantitativo.....	188
<i>CONCLUSIONES</i>	<i>190</i>
<i>RECOMENDACIONES.....</i>	<i>193</i>
<i>REFERENCIAS</i>	<i>194</i>
<i>ANEXO “A”.....</i>	<i>197</i>
<i>ANEXO “B”.....</i>	<i>202</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Resumen de Intensidades Mercalli Modificada</i>	13
<i>Tabla 2: Escala del Índice de Vulnerabilidad para Albañilería</i>	21
<i>Tabla 3: Límites para las distorsiones del entrepiso</i>	33
<i>Tabla 4: Operacionalización de la Variable Dependiente</i>	39
<i>Tabla 5: Operacionalización de la Variable Independiente</i>	40
<i>Tabla 6: Resultados esclerométricos para la VIVIENDA 01 en COLUMNAS</i>	45
<i>Tabla 7: Resultados esclerométricos para la VIVIENDA 01 en VIGAS</i>	46
<i>Tabla 8: Resultados esclerométricos para la VIVIENDA 02 en COLUMNAS</i>	48
<i>Tabla 9: Resultados esclerométricos para la VIVIENDA 02 en VIGAS</i>	49
<i>Tabla 10: Resultados esclerométricos para la VIVIENDA 03 en COLUMNAS</i>	51
<i>Tabla 11: Resultados esclerométricos para la VIVIENDA 02 en VIGAS</i>	52
<i>Tabla 12: Comparación entre el reglamento nacional de edificaciones y los parámetros propuestos por el índice de vulnerabilidad.</i>	53
<i>Tabla 13: Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la primera planta</i>	70
<i>Tabla 14: Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la segunda planta</i>	71
<i>Tabla 15: Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la tercera planta</i>	72
<i>Tabla 16: Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la cuarta planta</i>	73
<i>Tabla 17: Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la primera planta</i>	76
<i>Tabla 18: Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la segunda planta</i>	77
<i>Tabla 19: Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la tercera planta</i>	78
<i>Tabla 20: Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la cuarta planta</i>	80
<i>Tabla 21: Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la primera planta</i>	82
<i>Tabla 22: Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la segunda planta</i>	83
<i>Tabla 23: Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la tercera planta</i>	84
<i>Tabla 24: Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la cuarta planta</i>	86
<i>Tabla 25: Centros de gravedad para el primer aligerado</i>	100
<i>Tabla 26: Centros de gravedad para el segundo y tercer aligerado</i>	101
<i>Tabla 27: Centros de gravedad para el cuarto aligerado</i>	102
<i>Tabla 28: Centros de gravedad total</i>	103
<i>Tabla 29: Centro de gravedad para el primer aligerado</i>	105
<i>Tabla 30: Centro de gravedad para el segundo aligerado</i>	106
<i>Tabla 31: Centro de gravedad para el tercer aligerado</i>	107
<i>Tabla 32: Centro de gravedad para el cuarto aligerado</i>	108
<i>Tabla 33: Centros de gravedad total</i>	108
<i>Tabla 34: Centro de gravedad para el primer aligerado</i>	110
<i>Tabla 35: Centro de gravedad para el segundo y tercer aligerado</i>	111
<i>Tabla 36: Centro de gravedad para el cuarto aligerado</i>	112
<i>Tabla 37: Centro de gravedad total</i>	113
<i>Tabla 38: Cuantificación del Índice de Vulnerabilidad</i>	129
<i>Tabla 39: Índice de Vulnerabilidad Sísmica de la VIVIENDA 01</i>	129
<i>Tabla 40: Índice de Vulnerabilidad Sísmica de la VIVIENDA 02</i>	130
<i>Tabla 41: Índice de Vulnerabilidad Sísmica de la VIVIENDA 03</i>	130
<i>Tabla 42: Modos de Vibración de la Vivienda 01</i>	142
<i>Tabla 43: Peso de la Edificación</i>	143

<i>Tabla 44: Fuerzas Calculadas en los Entrepisos</i>	144
<i>Tabla 45: Cortante Estático en ambas direcciones</i>	144
<i>Tabla 46: Cortante Dinámico en ambas direcciones</i>	144
<i>Tabla 47: Derivas en la dirección X-X</i>	145
<i>Tabla 48: Derivas en la dirección Y-Y</i>	145
<i>Tabla 49: Modos de Vibración de la Vivienda 02</i>	161
<i>Tabla 50: Peso de la edificación</i>	162
<i>Tabla 51: Fuerzas Calculadas en los Entrepisos</i>	163
<i>Tabla 52: Cortante Estático en ambas direcciones</i>	163
<i>Tabla 53: Cortante Dinámico en ambas direcciones</i>	163
<i>Tabla 54: Derivas en la Dirección X-X</i>	164
<i>Tabla 55: Derivas en la Dirección Y-Y</i>	164
<i>Tabla 56: Modos de Vibración de la Vivienda 03</i>	178
<i>Tabla 57: Peso de la Edificación</i>	179
<i>Tabla 58: Fuerzas Calculadas en los Entrepisos</i>	180
<i>Tabla 59: Cortante Estático en ambas direcciones</i>	180
<i>Tabla 60: Cortante Dinámico en ambas direcciones</i>	180
<i>Tabla 61: Derivas en la dirección X-X</i>	181
<i>Tabla 62: Derivas en la dirección Y-Y</i>	181
<i>Tabla 63: Comparación de la cortante basal entre las normas del 1997 y 2018 para la VIVIENDA 01</i>	186
<i>Tabla 64: Comparación de la cortante basal entre las normas del 1997 y 2018 para la VIVIENDA 02</i>	186
<i>Tabla 65: Comparación de la cortante basal entre las normas del 1977 y 2018 para la VIVIENDA 03</i>	187
<i>Tabla 66: Resumen de vulnerabilidades en las tres edificaciones</i>	188

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1: Delimitación de la urbanización Covicorti</i>	<i>2</i>
<i>Ilustración 2: Distribución espacial de la sismicidad en el Perú actualizado en el 2018</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 3: Distribución de la vulnerabilidad sísmica.....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 4: Configuración en elevación.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 5: Esquema del diseño de investigación</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 6: Foto del esclerómetro HEMITAGE PA 16148</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 7: Foto de vista frontal de la VIVIENDA 01.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 8: Foto de vista frontal de la VIVIENDA 02.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 9: Foto de vista frontal de la VIVIENDA 03.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 10: Ubicación de la “VIVIENDA 01” - Urb. Covicorti, Mz. “C” lote 5</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 11: Ubicación de la “VIVIENDA 02” - Urb. Covicorti, Mz. “H” lote 3</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 12: Ubicación de la “VIVIENDA 03” - Urb. Covicorti, Mz “R1” lote 3.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 13: Delimitación de la urbanización Covicorti</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 14: Foto de vigas chatas y soleras en el tercer nivel debidamente confinadas</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 15: Foto de columnas confinando el muro portante del tercer nivel.....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 16: Foto del confinamiento de vigas chata con columna del segundo nivel</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 17: Foto del confinamiento de vigas, columna y muro portante del tercer nivel</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 18: Foto del muro confinado por columnas sin vaciar en azotea</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 19: Foto del confinamiento de vigas chatas, columna y muros portantes en el segundo nivel.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 20: Foto de la conexión viga, columna y muro en el tercer nivel.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 21: Foto de las unidades de albañilería para el parapeto de la azotea</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 22: Foto de la unidad de albañilería utilizada en la vivienda.....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 23: Foto de muros descubiertos en del cuarto nivel y parapeto en azotea</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 24: Foto de la vista lateral de la edificación</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 25: Foto de las unidades de albañilería confinadas en el último piso</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 26: Muros en “X” e “Y” de la primera planta.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 27: Muros en “X” e “Y” de la segunda planta</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 28: Muros en “X” e “Y” de la tercera planta</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 29: Muros en “X” e “Y” de la cuarta planta</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 30: Muros en “X” e “Y” de la primera planta.....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 31: Muros en “X” e “Y” de la segunda planta</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 32: Muros en “X” e “Y” de la tercera planta</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 33: Muros en “X” e “Y” de la cuarta planta</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 34: Muros en "X" e "Y" de la primera planta.....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 35: Muros en "X" e "Y" de la segunda planta</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 36: Muros en "X" e "Y" de la tercera planta</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 37: Muros en "X" e "Y" de la cuarta planta</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 38: Mapa de profundidad de niveles freáticos.....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 39: Mapa y leyenda de la Microzonificación Geotécnica del distrito de Trujillo</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 40: Foto del primer nivel de la edificación. Sin presencia de sales ni humedades</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 41: Foto de la vista panorámica del exterior de la vivienda</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 42: Foto de la vista panorámica del exterior de la vivienda</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 43: Foto del interior de la edificación sin presencia de sales y/o humedades</i>	<i>92</i>

<i>Ilustración 44: Foto de la vista panorámica del exterior de la vivienda</i>	92
<i>Ilustración 45: Foto de la presencia de sales y humedades en las paredes de la primera planta</i>	93
<i>Ilustración 46: Foto de la deformabilidad del diafragma en el tercer nivel</i>	94
<i>Ilustración 47: Foto de la conexión muro, columna y diafragma en el cuarto nivel</i>	95
<i>Ilustración 48: Foto de la conexión columna, viga y diafragma en el segundo nivel</i>	95
<i>Ilustración 49: Foto de las conexiones de columnas, vigas y diafragma en el segundo nivel</i>	96
<i>Ilustración 50: Foto de las conexiones columnas, vigas y muros portantes al diafragma en el primer nivel</i>	97
<i>Ilustración 51: Foto de la deformabilidad de la viga - diafragma en el primer nivel</i>	98
<i>Ilustración 52: Foto de la conexión columnas, viga y muro portante al diafragma en el segundo nivel</i>	98
<i>Ilustración 53: Áreas en planta del primer aligerado</i>	100
<i>Ilustración 54: Áreas en planta del segundo y tercer aligerado</i>	101
<i>Ilustración 55: Áreas en planta del cuarto aligerado</i>	102
<i>Ilustración 56: Áreas en planta del primer aligerado</i>	104
<i>Ilustración 57: Áreas en planta del segundo aligerado</i>	105
<i>Ilustración 58: Áreas en planta del tercer aligerado</i>	106
<i>Ilustración 59: Áreas en planta del cuarto aligerado</i>	107
<i>Ilustración 60: Áreas en planta del primer aligerado</i>	110
<i>Ilustración 61: Áreas en planta del segundo y tercer aligerado</i>	111
<i>Ilustración 62: Áreas en planta del cuarto aligerado</i>	112
<i>Ilustración 63: Muro maestro y muros secundarios de la VIVIENDA 01</i>	115
<i>Ilustración 64: Muro maestro y muros secundarios de la VIVIENDA 02</i>	116
<i>Ilustración 65: Foto de la VIVIENDA 01 en la azotea</i>	118
<i>Ilustración 66: Foto de la VIVIENDA 02 en la azotea</i>	119
<i>Ilustración 67: Foto de la conexión columna - cubierta en la azotea</i>	119
<i>Ilustración 68: Foto de la cubierta conectada a las columnas en la azotea</i>	120
<i>Ilustración 69: Foto de la cubierta en la azotea</i>	120
<i>Ilustración 70: Foto del soporte para el tanque elevado de la VIVIENDA 01</i>	122
<i>Ilustración 71: Foto del soporte para el tanque elevado de la VIVIENDA 02</i>	123
<i>Ilustración 72: Foto del soporte para el tanque elevado de la VIVIENDA 03</i>	124
<i>Ilustración 73: Fisuramiento del techo del cuarto piso</i>	125
<i>Ilustración 74: Fisuramiento de la losa del cuarto piso</i>	126
<i>Ilustración 75: Estado de conservación de una viga en el último piso</i>	126
<i>Ilustración 76: Foto del estado de conservación de la escalera y losa del tercer nivel</i>	127
<i>Ilustración 77: Foto del estado de conservación de un muro principal del primer nivel</i>	128
<i>Ilustración 78: Definición de grilla</i>	133
<i>Ilustración 79: Definición de Altura de Entrepiso</i>	133
<i>Ilustración 80: Características del Concreto</i>	134
<i>Ilustración 81: Características del Acero</i>	134
<i>Ilustración 82: Características de la Albañilería</i>	135
<i>Ilustración 83: Columna 1</i>	135
<i>Ilustración 84: Columna 2</i>	136
<i>Ilustración 85: Columna 3</i>	136
<i>Ilustración 86: Viga Chata 1</i>	137
<i>Ilustración 87: Viga Chata 2</i>	137

<i>Ilustración 88: Muro de Albañilería de 15cm</i>	138
<i>Ilustración 89: Losa Aligerada en una dirección de 20cm</i>	138
<i>Ilustración 90: Vista 3D de todo el Sistema Estructural</i>	139
<i>Ilustración 91: Peso Propio de la Estructura, Carga Muerta y Carga Viva</i>	139
<i>Ilustración 92: Definición del Espectro de Respuesta Sísmico</i>	141
<i>Ilustración 93: Definición del Peso de la Edificación</i>	142
<i>Ilustración 94: Definición de grilla</i>	148
<i>Ilustración 95: Definición de Altura de Entrepiso</i>	148
<i>Ilustración 96: Características del Concreto</i>	149
<i>Ilustración 97: Características del Acero</i>	149
<i>Ilustración 98: Características de la Albañilería</i>	150
<i>Ilustración 99: Columna 1</i>	150
<i>Ilustración 100: Columna 2</i>	151
<i>Ilustración 101: Columna 3</i>	152
<i>Ilustración 102: Columna 4</i>	152
<i>Ilustración 103: Columna 5</i>	153
<i>Ilustración 104: Viga 1</i>	153
<i>Ilustración 105: Viga 2</i>	154
<i>Ilustración 106: Viga 3</i>	154
<i>Ilustración 107: Viga 4</i>	155
<i>Ilustración 108: Viga 5</i>	155
<i>Ilustración 109: Viga 6</i>	156
<i>Ilustración 110: Viga 7</i>	156
<i>Ilustración 111: Muro de Albañilería de 15cm</i>	157
<i>Ilustración 112: Losa Aligerada en una Dirección de 25cm</i>	157
<i>Ilustración 113: Vista 3D de todo el Sistema Estructural</i>	158
<i>Ilustración 114: Peso Propio de la Estructura, Carga Muerta y Carga Viva</i>	158
<i>Ilustración 115: Definición del Espectro de Respuesta Sísmico</i>	160
<i>Ilustración 116: Definición del Peso de la Edificación</i>	161
<i>Ilustración 117: Definición de grilla</i>	167
<i>Ilustración 118: Definición de Altura de Entrepiso</i>	167
<i>Ilustración 119: Características del Concreto</i>	168
<i>Ilustración 120: Características del Acero</i>	168
<i>Ilustración 121: Características de la Albañilería</i>	169
<i>Ilustración 122: Columna 1</i>	169
<i>Ilustración 123: Columna 2</i>	170
<i>Ilustración 124: Columna 3</i>	170
<i>Ilustración 125: Viga 1</i>	171
<i>Ilustración 126: Viga 2</i>	171
<i>Ilustración 127: Viga 3</i>	172
<i>Ilustración 128: Viga 4</i>	172
<i>Ilustración 129: Viga 5</i>	173
<i>Ilustración 130: Viga Chata</i>	173
<i>Ilustración 131: Muro de Albañilería de 15cm</i>	174
<i>Ilustración 132: Muro de Albañilería de 25cm</i>	174
<i>Ilustración 133: Losa Aligerada en una Dirección de 20cm</i>	175

<i>Ilustración 134: Vista 3D de todo el Sistema Estructural.....</i>	<i>175</i>
<i>Ilustración 135: Peso Propio de la estructura, Carga Muerta y Carga Viva.....</i>	<i>176</i>
<i>Ilustración 136: Definición del Espectro de Respuesta Sísmico</i>	<i>177</i>
<i>Ilustración 137: Definición del Peso de la Edificación</i>	<i>177</i>

I. ASPECTOS INFORMATIVOS

1. Problema de investigación

1.1. Descripción de la realidad problemática

Las líneas de investigación actuales sobre riesgo sísmico se han orientado al análisis del comportamiento sísmico de los edificios debido a importantes métodos de estudio estructural y técnicas experimentales que permiten obtener a través de datos, características mecánicas de edificios construidos y, en consecuencia, la mejora de las normas de diseño sismorresistentes. No obstante, los desastres ocasionados por estos fenómenos siguen ocurriendo: edificios colapsados, pistas y veredas con fisuras, daños materiales, etc.; la razón quizá sea que las normas sismorresistentes no abastecen las exigencias naturales de un sismo o que los programas de mitigación sísmica no se hayan aplicado correctamente.

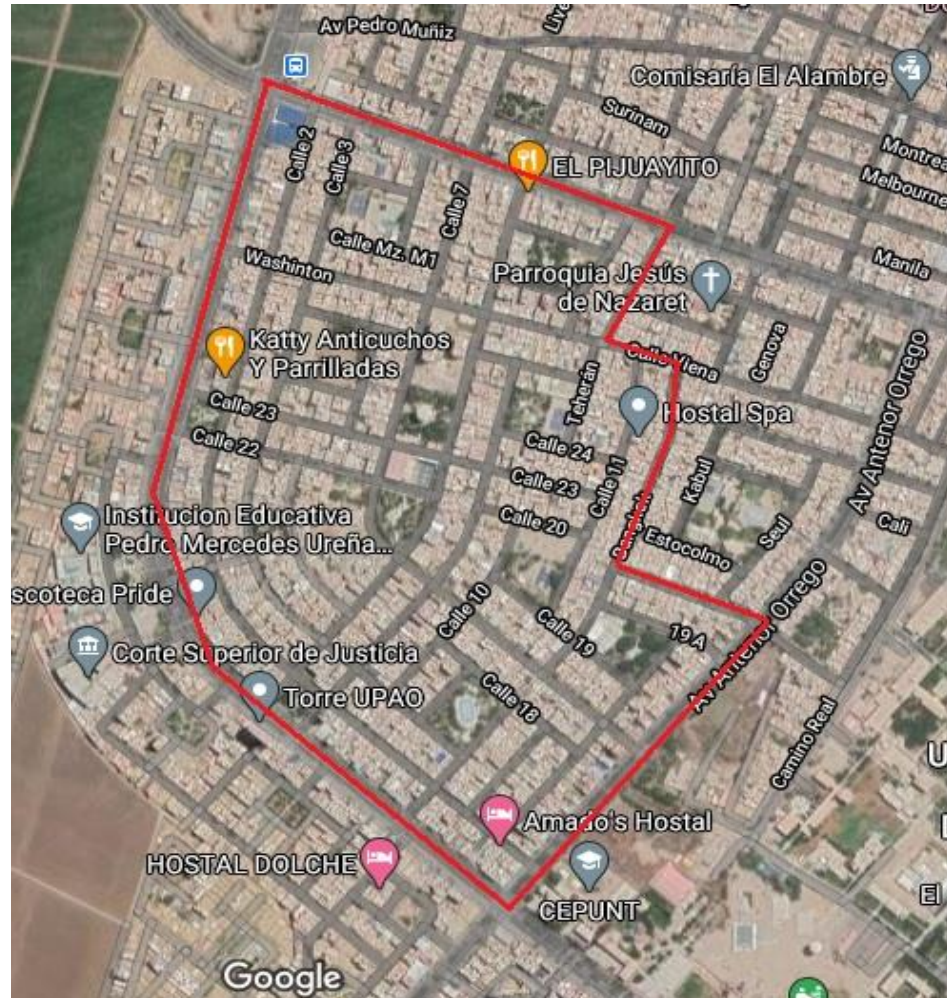
El Perú forma parte del borde occidental de América del Sur, región denotada sísmicamente como una de las más activas del mundo, y su actividad sísmica está relacionada al proceso de subducción de la placa oceánica con respecto de la continental, ocasionando sismos de gran magnitud.

La informalidad en la construcción de viviendas ha sido proporcional al desarrollo económico debido a las exigencias de los entes públicos a las pequeñas empresas. Además, el factor económico también influye en la toma de decisiones por parte de los propietarios de las viviendas, buscando una contrata más ‘barata’ y rentable. Según las revistas de la Consultora Arellano, empresa dedicada este tipo de investigaciones, 3 de cada 5 viviendas son informales en el Perú, cifra alarmante que invoca a la participación del estado a regularizar de manera drástica el crecimiento

masivo del informalismo en constructivo en viviendas.

Ilustración 1:

Delimitación de la urbanización Covicorti



Fuente: Elaboración propia apoyado en Google Maps.

1.2. Descripción del problema

El distrito de Trujillo, capital de la provincia de Trujillo – La Libertad, así como las ciudades aledañas, no son indiferentes a los peligros naturales cuando la realidad apunta a viviendas sin dirección técnica ni estudios adecuados que permitan la garantía de vida. Son varias las razones que implican en el informalismo constructivo, tales como la evasión de impuestos de las empresas informales,

disminución presupuestal de la vivienda, el suelo en que se encuentran ubicadas, la no fiscalización de las entidades públicas, etc.; y a su vez, éstos están vulnerables a colapsos por sismos o terremotos, asentamientos, fisuraciones y agrietamientos en elementos estructurales, etc.

De acuerdo con la Resolución Ministerial N° 355 – 2018 – VIVIENDA, donde el Decreto Supremo N° 003 – 2016 – VIVIENDA modifica la norma E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, expresa que la ciudad de Trujillo se sitúa en la zona 4, ubicación de alto riesgo sísmico debido a la subducción de la placa Oceánica (Nazca) y la placa Continental (Sudamericana), donde se produce una gran acumulación de energía y es liberada por medio de estos fenómenos naturales.

Por ello, es indispensable plantear un ordenamiento territorial, donde comprende la prevención y mitigación de desastres, cuyo objetivo principal apunte a reducir las pérdidas humanas y materiales, de tal manera que permita el desarrollo sostenido de la urbe, en caso suceda una catástrofe, y no obstaculice de forma significativa el ritmo de su crecimiento social y económico.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti y Petrini en las edificaciones de la urbanización Covicorti, provincia de Trujillo, región La Libertad?

2. Objetivos de la investigación

2.1. Objetivo general

Identificar el grado de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti y Petrini en las edificaciones de la urbanización Covicorti, provincia de Trujillo, región

La Libertad.

2.2. Objetivos específicos

- Elaborar un formulario de apoyo para la evaluación de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones con un sistema constructivo de albañilería de la Urbanización Covicorti, provincia de Trujillo, región La Libertad, en función a los parámetros utilizados por el método Benedetti y Petrini.
- Aplicar pruebas esclerométricas en los elementos estructurales de concreto reforzado previamente seleccionados para conocer su resistencia a la compresión.
- Determinar el estado actual según las características estructurales de las edificaciones en la Urbanización Covicorti.
- Realizar un levantamiento estructural de las 03 edificaciones.
- Calcular el grado de vulnerabilidad sísmica usando el método Benedetti y Petrini.
- Elaborar el modelamiento de las viviendas, usando un programa computacional de análisis estructural, de tal forma verificar el comportamiento de la estructura ante los efectos de los modos de vibración y su participación de masa de los mismos.
- Determinar el cumplimiento de las derivas entrepiso según la norma técnica peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”.

3. Justificación del problema

Comprender el riesgo sísmico que presentan las edificaciones de Categoría “C”, Edificios Comunes según el Reglamento Nacional de Edificaciones localizados en la urbanización Covicorti, permite dimensionar el déficit constructivo que ocurren en las viviendas informales, motivos de estudio.

La presente investigación pretende describir y explicar por qué la urbanización Covicorti es

vulnerable ante movimientos telúricos de gran magnitud. El método a utilizar para definir la vulnerabilidad sísmica es el de Benedetti y Petrini, calculando el índice de vulnerabilidad sísmica fundamentando por las características de las estructuras principales que predominan en el comportamiento sísmico.

II. MARCO DE REFERENCIA

1. Antecedentes del estudio

1.1. Internacionales

Nisperuza López, Doiver Antonio (2019), Montería – Colombia, en su tesis de pregrado “ANÁLISIS CUALITATIVO Y COMPARATIVO DEL MÉTODO BENEDETTI PETRINI Y LA NRS 2010, DESARROLLADO EN EDIFICACIONES DE UNO Y DOS PISOS EN EL BARRIO BIJAO, MUNICIPIO DEL BAGRE ANTIOQUIA”.

El trabajo de investigación tiene como propósito comparar aplicar el método Benedetti – Petrini con la NRS – 10 (2010) en el barrio Bijao, Municipio Bagre, Antioquia. En el proceso de selección de información relevante, tomaron muestras concretas de distintas zonas del barrio integradas por viviendas de 1 y 2 niveles. El método de Benedetti y Petrini presenta una vulnerabilidad global de 72.6% calificando como una vulnerabilidad sísmica media, mientras que el NSR – 10 puntúa una vulnerabilidad global de 73.8% representando un alto nivel de vulnerabilidad. Es por eso, que se tomaron algunas conclusiones:

- Vemos que la norma se diferencia del método Benedetti Petrini por encima de un 1,2 % con la NSR - 10, por lo que se determina que se puede adaptar un método extranjero a las condiciones que exige el país de Colombia en cuanto a la sismicidad que presenta, permitiendo la validación del método en su aplicación.
- El 1,2 % que se incrementa con la norma, se origina con el parámetro 3 resistencia convencional por el dato diferente que utiliza cada parámetro, además la NRS es muy rigurosa en cuanto a estos parámetros ya que en su formato la ponderación es

más rigurosa.

1.2. Nacionales

Laucata Luna, Johan Edgar (2013) en su tesis de pregrado “ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO”.

Para este trabajo de tesis se sondearon 30 viviendas en 2 distritos de la provincia de Trujillo, seleccionadas por sus características morfológicas y por la existencia de viviendas informales de albañilería. La información obtenida en campo se reunió en fichas de encuesta, donde se compendia los datos de ubicación, estructuración, proceso constructivo y calidad de la construcción. En consecuente, el trabajo de gabinete se procesó la información en fichas de reporte donde se resume las características técnicas, realizando un análisis sísmico simplificado por medio de la densidad de muros, definiendo la vulnerabilidad y peligro y riesgo sísmico en las viviendas sondeadas. Finalmente, se detalló los principales defectos constructivos encontrados en las viviendas a través de la información obtenida llegando a las siguientes conclusiones:

- La ciudad de Trujillo sufrió durante su historia varios eventos naturales, entre sismos e inundaciones. El fenómeno del Niño, los constantes sismos, la cercanía al mar y el suelo arenoso, generan un ambiente de riesgo permanente.
- El Porvenir y Víctor Larco son distritos altamente poblados y representativos de Trujillo, de características morfológicas diferentes. En ambos distritos se construye a través de la construcción informal y la autoconstrucción. Los recursos limitados de los propietarios, incidieron en la adquisición de materiales de baja

calidad y contratación de mano de obra no capacitada.

- Los materiales empleados en la construcción de las viviendas sondeadas son de regular a deficiente calidad. Existe un inadecuado control de calidad sobre los materiales. Las unidades de albañilería artesanales utilizadas en todas las viviendas, poseen una baja resistencia, una alta variabilidad dimensional y una gran absorción de agua. Esto es debido a la falta de uniformidad de la cocción de las unidades de albañilería de origen artesanal.
- Los problemas constructivos encontrados en su mayoría son las juntas de construcción mal ubicadas, los malos encofrados y los aceros de refuerzo expuestos. Encontrándose concreto con restos de basura y muchos refuerzos corroídos, a pesar de los intentos artesanales de protección. También se encontró muchos muros construidos con ladrillos crudos o adobes.
- Los problemas estructurales encontrados la mayoría de las viviendas poseen tabiques sin arriostre, siendo un problema importante al interior de la vivienda. Además, en las azoteas donde se observó tabiques a media altura sin ningún tipo de arriostre, generando un peligro constante durante un sismo, pues, puede afectar el escape de los moradores. Ninguna de las viviendas posee una junta sísmica. Adicionalmente, las losas de techo están a desnivel en zonas con pendiente, siendo un riesgo de daño entre las viviendas en un evento sísmico.
- Los recursos limitados de los pobladores de Trujillo en los distritos de expansión y crecimiento generan construcciones sin asesoramiento técnico, ni materiales de calidad. La construcción informal bajo este ambiente es difícil de erradicar. Este estudio expone como se construye actualmente en la ciudad de Trujillo,

permitiendo elaborar una cartilla orientadora, dirigida a los pobladores de bajos recursos. Para que tengan una idea de cómo construir adecuadamente sus viviendas. Esta cartilla existe en la actualidad y se elaboró a partir de investigaciones complementarias, en otras ciudades de la costa peruana. El documento se titula “Construcción y mantenimiento de las viviendas de albañilería, para albañiles y maestros de obra”, y está a disposición en internet. (BLONDET, 2005)

- La cartilla orientadora no reemplaza a un profesional ingeniero y arquitecto para el diseño y construcción de las viviendas. Cada vivienda es un proyecto único con sus propias características y dificultades. La cartilla es una referencia para reducir la vulnerabilidad a través de recomendaciones.

Cortez Sánchez, Christopher & Fernandez Valdiviezo, José (2017) en su tesis de pregrado “ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL PABELLÓN "D" DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO”.

En este análisis se emplearon los métodos de Benedetti y Petrini (Italia) e Hirosawa (Japón), los cuales evalúan el nivel de daño que pueden alcanzar las edificaciones ante un eventual sismo, estiman un índice de vulnerabilidad calculado en función de las características de la estructura que más influyen en su comportamiento sísmico, y lo relaciona con un índice de daño, que a su vez depende de las acciones del movimiento sísmico conforme al RNE (NTE.030), determinando que:

- Al realizar el análisis de la estructura por el método de Benedetti y Petrini ha quedado demostrado que la edificación es vulnerable y que, por motivos de una mejor interpretación de los resultados, se decidió definir los rangos de

vulnerabilidad con lo cual nuestro resultado final fue un I_v de 34.37 que correspondió dentro del rango del Vulnerabilidad Media.

- Para el método cualitativo de Hirosawa se obtuvieron resultados por cada piso y en ambas direcciones, presentándose en los dos primeros pisos vulnerables en ambas direcciones y en el tercer piso solo resultado seguro en la dirección Y, mientras que en el cuarto piso mostro seguridad en ambas direcciones según el análisis hecho por este método.

Castro Ortega, Deyvi (2015) en su tesis de pregrado “VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE JAUJA – JUNÍN”.

Para la vulnerabilidad sísmica se aplicó el método del índice de Vulnerabilidad (Benedetti y Petrini. 1982), se tomó un total 1,017 edificaciones para la muestra, los cuales en su mayoría fueron de adobe.

Para poder estimar el daño estructural se construyó funciones de vulnerabilidad calibradas para las tipologías existentes en la zona, estas funciones calibradas fueron obtenidas utilizando las funciones de vulnerabilidad empleadas por Norbertt Quispe (2004) y las relaciones promedio de daño para diferentes tipos de construcción del proyecto SISRA (Programa para la Mitigación de los efectos de los Terremotos en la Región Andina). Los niveles de daño se propusieron en función a los establecidos por: EERI (Earthquake Engineering Research Institute de California), NHRC (Natural Hazards Research Centre), AtC-13, Benedetti et al 1982, Park et al 1987, Ang y Wen et al 1989, N. Quispe (2004).

- Una vez evaluado el índice de vulnerabilidad (I_v) para cada edificación, el cual varía de 0 a 382.5 para mampostería y de 0 a 94.12. para concreto armado.

Presentando el 24.48% (249 edificaciones) del total de las edificaciones una Vulnerabilidad Baja, el 51.13% (520 edificaciones) Vulnerabilidad Media y el restante 24.39% (248 edificaciones) Vulnerabilidad Alta.

- El valor estimado total de las edificaciones del centro histórico de la ciudad de Jauja, tanto de adobe, albañilería y concreto armado, sin considerar el contenido ni lucro cesante es de S/. 14'770,858.41, S/. 51'877,608.00 y S/. 7'160,208.90 respectivamente; sumando en conjunto un total de S/. 73'808,675.31. El escenario de daño para una aceleración probable de sismo frecuente (0.17 g) ocasionaría pérdidas de aproximadamente 22.92% equivalente a S/. 16'913,774.01; para el sismo ocasional (0.20 g) se espera una pérdida del 30.39% equivalente a S/. 22'428,604. 76 y para el sismo raro (0.32 g), se estiman las pérdidas en 58.94% equivalente a S/. 43'503, 796.66.

2. Marco teórico

2.1. Sismicidad en el Perú

“El borde occidental de América del Sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicamente más activas en el mundo. El Perú forma parte de esta región y su actividad sísmica más importante está asociada al proceso de subducción de la placa oceánica bajo la placa continental, generando terremotos de magnitud elevada con relativa frecuencia” (Tavera & Buforn, 1998).

“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, así como en la información neo tectónica” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018).

Ilustración 2:*Distribución espacial de la sismicidad en el Perú actualizado en el 2018*

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma técnica E.060).

2.2. Sismicidad en Trujillo

“El subsuelo en Trujillo consiste básicamente de depósitos de arena suelta a medio densa. Los espesores de las capas en general aumentan en la dirección al mar. El nivel freático varía con la topografía” (INDECI & Universidad Nacional de Trujillo, 2002).

“La respuesta de las estructuras durante sismos es afectada principalmente por el espesor de las capas, las propiedades mecánicas y la profundidad del nivel freático”

(INDECI & Universidad Nacional de Trujillo, 2002).

“Los valores probables de intensidades sísmicas para diversos sectores de la ciudad para un sismo de determinada magnitud, tomando como base la información geotectónica del suelo y tomando como base los daños producidos según los registros de anteriores sismos, se concluye que la Ciudad de Trujillo como ya se dijo anteriormente se espera intensidades muy altas” (INDECI & Universidad Nacional de Trujillo, 2002).

Se presenta el resumen de la tabla de intensidades MM:

Tabla 1:
Resumen de Intensidades Mercalli Modificada

Grado de Intensidades	Calificación	Descripción de los Efectos
I	Despreciable	Solo detectado por Instrumentos
II	Sensible	Sentido por Gente muy sensible. Objetos colgando oscilan.
III	Ligero	Pequeñas vibraciones.
IV	Moderado	Sentido en interiores. Ruidos por adornos que se mueven.
V	Algo fuerte	La mayoría lo siente. Algo de pánico. Daños menores.
VI	Fuerte	Daños a estructuras sin construcción sismorresistentes.

VII	Muy Fuerte	La gente corre. Se presentan daños en construcciones de calidad y graves daños en casa de adobe y tierra.
VIII	Destructor	Graves daños en las construcciones.
IX	Ruinoso	Graves daños en las construcciones de calidad. Destrucción casi total de obras no sismorresistentes.
X	Desastroso	Solo construcciones con diseño sismorresistente sobreviven.
XI	Desastroso en Extremo	Pánico general. Destrucción casi total. Grietas en el terreno.
XII	Catastrófico	Destrucción total.

Fuente: INDECI & Universidad Nacional de Trujillo.

“Es indudable que las intensidades sísmicas más altas se registraran en los suelos en estado más sueltos y de capacidades portantes bajas. A continuación, se describen las zonas y su probable intensidad sísmica máxima” (INDECI & Universidad Nacional de Trujillo, 2002).

2.2.1. INTENSIDADES DE IX Mercalli Modificada

“La intensidad de IX en la escala de Mercalli Modificada es muy probable que estos valores se alcancen en depósitos de suelos en estado suelto a muy suelto (SP) parcial o totalmente saturado de agua. Estas condiciones se presentan el distrito de Víctor Larco, donde el nivel freático es muy alto, su suelo es arena en estado semi-compacto. También esta intensidad se presentaría en los distritos de la Esperanza el distrito de Florencia de Mora y el distrito El

Porvenir, donde se tiene un estrato de arena eólica de gran potencia en estado suelto” (INDECI & Universidad Nacional de Trujillo, 2002).

2.2.2. INTENSIDADES DE VIII Mercalli Modificada

“Las intensidades de mayores a VIII, se alcanzan en depósitos de mediana a baja densidad, con niveles freáticos debajo de los 10 m. Este comportamiento se podría alcanzar en la zona comprendida entre la Av. Huamán y la Av. América Sur, parte del segundo anillo de la ciudad” (INDECI & Universidad Nacional de Trujillo, 2002).

2.2.3. INTENSIDADES DE VIII+ Mercalli Modificada

“Estas intensidades se alcanzarían en desde la Av. América Sur hasta la zona de Mampuesto, abarcando la zona central de Trujillo, donde se tienen la mayoría de servicios de la ciudad” (INDECI & Universidad Nacional de Trujillo, 2002).

2.2.4. INTENSIDADES DE VII Mercalli Modificada

“Estos suelos se caracterizan por ser relativamente compactos y están integrados por areniscas, conglomerados en matriz arenosa, con carbonatos de calcio, porcentaje de sales, sulfatos que actúan como cementantes. Esto se presentaría en la margen Norte del río Moche” (INDECI & Universidad Nacional de Trujillo, 2002).

2.3. Vulnerabilidad sísmica

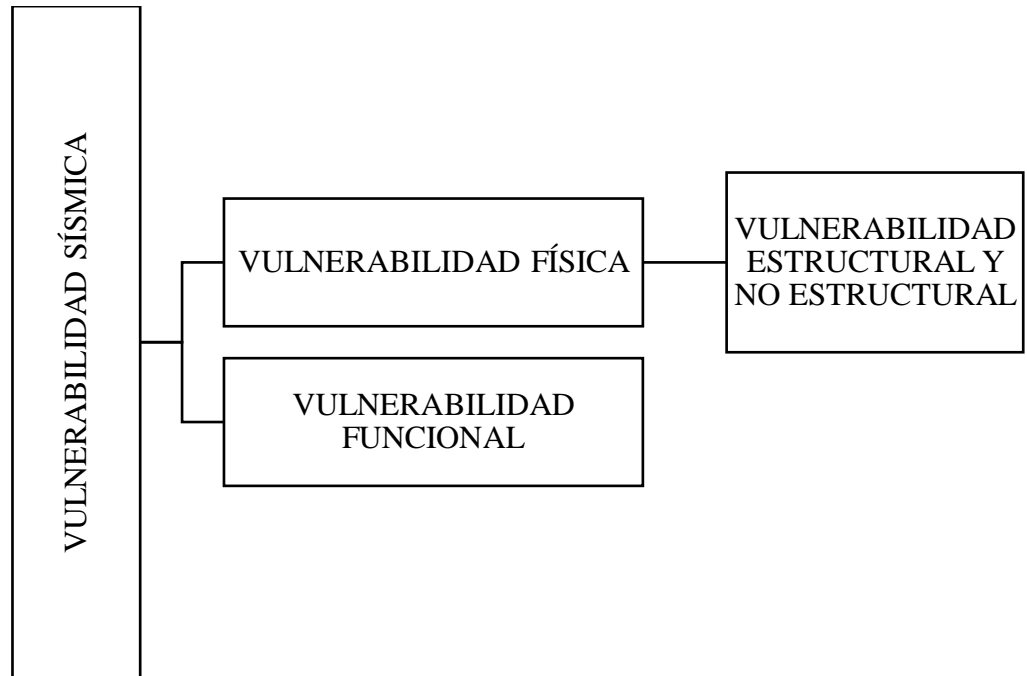
Definida como “la capacidad de una o un conjunto de edificaciones propensas a sufrir daños parciales o totales, que pueden producir la disfuncionalidad, tanto en bienes como en vidas humanas, por la ocurrencia de movimientos sísmicos de una

intensidad y magnitudes dadas, en un periodo de tiempo y en un sitio determinado” (Peralta Buriticá, 2002).

La vulnerabilidad sísmica se constituye en:

Ilustración 3:

Distribución de la vulnerabilidad sísmica



Fuente: Elaboración propia.

2.3.1. Vulnerabilidad física

“Está definida por el grado de susceptibilidad o predisposición de los elementos estructurales y no estructurales a sufrir daño o pérdida, se clasifica en estructural y no estructural” (Peralta Buriticá, 2002).

2.3.1.1. Vulnerabilidad estructural. – “Vinculada al grado de susceptibilidad de los componentes estructurales de sufrir daños debido a los movimientos telúricos, llamándose daño sísmico estructural, a su vez abarca el deterioro físico de aquellos elementos que son parte fundamental del sistema resistente tales como muros portantes, vigas,

columnas, losas, entre otros, los cuales constituyen el estado, configuración, conservación y forma de la edificación” (Garcés Mora, 2017).

- a. Estado y conformación de la edificación: “se refiere a las condiciones de deterioro representadas en lesiones físicas, mecánicas y químicas. Que pueden ocasionar pérdida de las propiedades estructurales y, por ende, la disminución de la resistencia de los elementos constructivos” (Peralta Buriticá, 2002).
- b. Configuración y forma de la edificación: “uno de los aspectos de mayor incidencia en el comportamiento de las edificaciones frente a la amenaza sísmica, es su configuración en planta y altura; si una edificación posee una forma regular, simétrica, simple, horizontal y verticalmente, con plantas cuadradas o rectangulares no muy alargadas, su comportamiento será mejor, si su configuración es asimétrica, irregular y complicada, como por ejemplo plantas en forma L, T, H, entre otras, el desempeño es distinto. En general, la asimetría y la falta de regularidad de la edificación puede causar torsiones que a su vez producen concentraciones de esfuerzos en la estructura, generando fallas o rompimientos locales que pueden llegar a comprometer la estabilidad de la construcción” (Peralta Buriticá, 2002).
- c. Calidad de la construcción: “Se refiere a la calidad de los materiales utilizados en construcción, que garantizan una adecuada resistencia

y capacidad de la edificación para absorber y disipar la energía sísmica. Materiales frágiles y poco resistentes, con discontinuidades, se rompen fácilmente ante la acción de un sismo. A si mismo los muros o paredes de tapia pisada, de tierra o adobe, de ladrillo con bloque sin refuerzo, sin vigas y columnas, son muy peligrosos” (Peralta Buriticá, 2002).

- d. Tipo de estructura: “generalmente pueden considerarse tres tipos, los conformados por entramados o pórticos de concreto reforzado, acero estructural o madera, también paneles y por la combinación de los anteriores, es decir estructuras compuestas” (Peralta Buriticá, 2002).
- e. Características del suelo y la cimentación: “A pesar que una estructura ofrezca una apariencia de rigidez y resistencia aceptable, puede incurrir que la misma no pueda soportar en forma adecuada un movimiento sísmico, debido a la inestabilidad del suelo sobre el cual esta cimentada, las vibraciones pueden ocasionar la pérdida de capacidad de soporte del suelo y, por lo tanto, la estabilidad de la edificación” (Peralta Buriticá, 2002).

2.3.1.2. *Vulnerabilidad no estructural.* - “Es el grado de susceptibilidad de los elementos o componentes no estructurales de sufrir daño debido a un sismo, lo que es llamado daño sísmico no estructural”. (Peralta Buriticá, 2002). Tales como “cielos rasos, paneles, tabiques, ventanas, puertas cerramientos, áticos y cornisas, además de las instalaciones

eléctricas, hidrosanitarias, entre otros, a sufrir daño o pérdida, ocasionando la inhabilitación temporal o permanente de una edificación para la adecuada prestación del servicio. Los elementos no estructurales pueden llegar a convertirse en elementos peligrosos cuando no están amarrados adecuadamente al resto de la edificación” (Peralta Buriticá, 2002).

2.3.2. Vulnerabilidad funcional

Se explica como “la susceptibilidad de la edificación para seguir prestando el servicio en situaciones de emergencia o crisis por presentar un incremento abrupto en la demanda de servicios, este es un aspecto importante en edificaciones de uso vital, como es el caso de las edificaciones indispensables (hospitales, clínicas, centros de salud, bomberos, entre otros). Aunque las edificaciones desarrollen un buen desempeño frente a las solicitaciones sísmicas, se puede presentar un colapso funcional, que puede ser más grave que una falla en los elementos de la propia estructura”. (Peralta Buriticá, 2002). “Y el colapso funcional se produce cuando la instalación, aunque no ha sufrido daño en su estructura física, se ve incapacitada para brindar servicios inmediatos de atención de la emergencia sísmica y la posterior recuperación de la comunidad afectada”. (Peralta Buriticá, 2002)

2.4. Método del Índice de vulnerabilidad sísmica (Benedetti y Petrini, 1982)

Este método fue propuesto por los investigadores italianos D. Benedetti y V. Petrini en el año 1982 y desarrollado desde que se logró recopilar información de daño en edificaciones provocadas por sismos – terremotos a partir del 1976.

La metodología estudiada se basa en tipologías de estudio para mampostería no reforzada (albañilería) y hormigón reforzado (concreto armado) mostrando cierta prioridad en la primera debido a la cantidad de edificaciones levantadas con este sistema construcción en el Perú y el mundo, siendo las más vulnerables.

El procedimiento, consiste en calificar a las edificaciones mediante la observación de las características físicas, ayudándose en cálculos simplificados, analizando los parámetros que controlan el daño causado por una sollicitación sísmica, dando como resultado una calificación de la calidad del diseño y construcción de las edificaciones mediante un coeficiente denominado Índice de Vulnerabilidad (I_V).

Este método propuesto consta con once parámetros que nos permitirán calificar la vulnerabilidad sísmica en los edificios, los cuales son:

1. *Organización del sistema sismo resistente*
2. *Calidad del sistema resistente*
3. *Resistencia convencional*
4. *Influencia de la cimentación*
5. *Elementos horizontales*
6. *Configuración en planta*
7. *Configuración en altura*
8. *Separación máxima entre muros*
9. *Tipo de cubierta*
10. *Elementos no estructurales*
11. *Estado de conservación*

Cada uno de estos once parámetros cuenta con cuatro opciones de calificación (A, B,

C, D) con valor numérico de calificación, cada ítem es afectado por un coeficiente de peso. Obtenido los valores, se pasa a cuantificar la vulnerabilidad global de la edificación mediante suma ponderada, y a ese valor lo llamamos Índice de Vulnerabilidad (I_V).

2.5. Índice de vulnerabilidad para estructuras de Albañilería

El índice de vulnerabilidad para edificaciones de albañilería es obtenido por una suma ponderada de los valores numéricos los cuales expresan la calidad sísmica de cada parámetro estructural y no estructural. A cada parámetro se le califica durante las inspecciones a la edificación con una de las cuatro clases A, B, C, D. Lo cual nos dice que la calificación “A” es la más óptima, mientras que la “D” es la más desfavorable, conforme se muestra en la siguiente tabla.

En el caso de las edificaciones de mampostería se toman 4 calificaciones:

Tabla 2:
Escala del Índice de Vulnerabilidad para Albañilería

NÚMERO	PARÁMETRO	Ki A	Ki B	Ki C	Ki D	PESO Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1
2	Calidad del Sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	1.5
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.5
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1
8	Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de Conservación	0	5	25	45	1

Fuente: Benedetti y Petrini “Escala numérica del índice de vulnerabilidad I_V de las edificaciones de mampostería”.

Y para obtener el índice de vulnerabilidad aplicamos la siguiente formula:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i * W_i$$

2.7. Descripción de los Parámetros del Método del índice de Vulnerabilidad

2.7.1. Parámetro 1: Tipo y Organización del Sistema Resistente

En este parámetro se lleva a cabo la evaluación del grado de organización de los elementos verticales obviando el tipo de material. En el caso de edificaciones de albañilería, las conexiones entre paredes ortogonales deben asegurar el comportamiento de “cajón” de la estructura.

Se asigna de acuerdo con los siguientes puntos:

- **ALBAÑILERIA:**

A : Edificaciones de albañilería que cumplan la norma E 070.

B : Edificaciones que no cumplen con al menos un requisito de la norma E 070.

C : Edificaciones que presentan vigas y columnas que confinan solo parcialmente a los muros portantes debido a deficiencias en el proceso constructivo.

D : Edificaciones sin vigas ni columnas de confinamiento o autoconstrucción sin ningún tipo de orientación técnica. Paredes ortogonales deficientemente conectadas.

2.7.2. Parámetro 2: Calidad del Sistema Resistente

“Para las edificaciones de adobe y albañilería con este parámetro se determina el tipo de mampostería más frecuentemente utilizada, diferenciando de modo cualitativo su característica de resistencia con el fin de asegurar la eficiencia del

comportamiento en "cajón" de la estructura. La atribución de una edificación a una de las cuatro clases se efectúa en función de dos factores” (Criollo Paucar & Santisteban Jacinto, 2018):

- a. Primero, el tipo de material y la forma de los elementos que constituyen la mampostería.
- b. Segundo, la homogeneidad del material y de las piezas (bloques, ladrillos de arcilla o mortero – cemento, ya sean pre fabricados, cocidos o con un leve refuerzo) por toda el área del muro.

- **ALBAÑILERIA:**

A : El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:

1. Ladrillo de buena calidad y resistencia con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro
2. Presencia de buen amarre entre unidades de albañilería.
3. Mortero de buena calidad con espesor de 10 - 15 mm.

B : El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.

C : El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.

D : El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A.

2.7.3. Parámetro 3: Resistencia Convencional

Con la idea de un comportamiento de “cajón” perfecto, podemos evaluar

la resistencia de una edificación de mampostería.

El coeficiente sísmico C , se define como el factor entre la fuerza horizontal resistente al pie del edificio dividido entre el peso del mismo y está dado por la expresión.

$$\alpha = \frac{C}{C'}, \dots (1)$$

$$C = \frac{a_0 * \tau_k}{q * N} \sqrt{1 + \frac{q * N}{1.5 * a_0 * \tau_k * (1 + \gamma)}}, \dots (1.1)$$

$$q = \frac{(A + B) * h}{A_t} * P_m + P_s, \dots (1.2)$$

Como vemos en la expresión “q” representa el peso de un piso por unidad de área cubierta y es igual al peso de los muros más el peso del diafragma horizontal, tomando en cuenta que no existen variaciones excesivas de masa entre los diferentes niveles de la edificación.

La atribución de este parámetro dentro de una de las cuatro clases se hace por medio del factor α , siendo C' un coeficiente sísmico de referencia que se toma como según las Zonas de amenaza sísmica y movimientos.

Donde:

N = Número de pisos,

τ_k = Resistencia a corte de los paneles de mampostería (18 ton/m²),

A_t = Área total construida en planta (m²),

h = Altura promedio de entrepisos (m),

P_m = Peso específico de la mampostería (1.80 ton/m³),

P_S = Peso por unidad de área de forjado (0.38 ton/m²),

A_x, A_y = Son todas las áreas totales resistentes de muros (m²) en la dirección “x” e “y” respectivamente,

$A = \min [A_x, A_y]$,

$B = \max [A_x, A_y]$,

$\alpha_0 = A/A_t$,

$\gamma = A/B$

- **ALBAÑILERIA**

A : Edificio con $\alpha \geq 1$.

B : Edificio con $0.6 \leq \alpha \leq 1$.

C : Edificio con $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$.

D : Edificio con $\alpha \leq 0.4$.

2.7.4. Parámetro 4: Posición del edificio y Cimentación

Para este parámetro solo necesitamos hacer una inspección visual de la influencia del terreno y de su cimentación en el comportamiento sísmico. Para esto se toman los siguientes aspectos:

- a. La consistencia y pendiente del terreno.
- b. La eventual ubicación de la cimentación a diferente cota.
- c. Presencia de la humedad, sales, etc.

- **ALBAÑILERIA**

A : Edificación cimentada sobre suelo rígido y según la norma E. 070, sin presencia de humedad ni sales.

B : Edificación cimentada sobre suelo intermedio y flexible, según la

norma E – 070, sin presencia de humedad ni sales.

C : Edificación cimentada sobre suelo intermedio y flexible, según la norma E – 070, con presencia de humedad y sales.

D : Edificación cimentada sin proyecto aprobado ni asesoría técnica, con presencia de sales y humedad. Estado de conservación deteriorado.

2.7.5. Parámetro 5: Diafragmas Horizontales

En las construcciones de albañilería, el sistema de piso influye notablemente para el buen funcionamiento de los elementos resistentes verticales. Siempre se ha notado que es de mucha importancia que el sistema de diafragmas horizontales se encuentre bien conectado para que así cumplan su función la cual es transmitir las cargas al sistema resistente vertical.

Las malas conexiones de los diafragmas “generan una inestabilidad global en la estructura, los diafragmas horizontales pierden su capacidad de arriostrar los muros, aumentando con ello drásticamente la longitud de pandeo de los paneles y así a un fallo de su capacidad de recibir cargas. En resumen, esto podría causar el colapso total de la edificación. Este parámetro, se calculará con la información del tipo de diafragmas horizontales y desniveles de estos, así como su tipo de conexiones” (Criollo Paucar & Santisteban Jacinto, 2018).

- **ALBAÑILERÍA.**

A : Edificaciones con diafragma que satisfacen las siguientes condiciones:

1. Ausencia de planos a desnivel.

2. La deformabilidad del diafragma es despreciable (ideal de concreto armado).

3. La conexión entre el diafragma y el muro es eficaz.

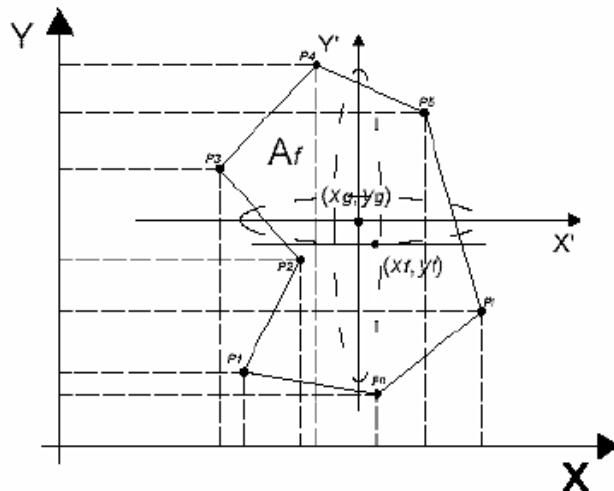
B : Edificación que no cumple con una de las condiciones de la clase A.

C : Edificación que no cumple con dos de las condiciones de la clase A.

D : Edificación que no cumple con ninguna de las condiciones de la clase A.

2.7.6. Parámetro 6: Configuración en Planta

Debido a la peculiaridad de algunos edificios de no poseer una simetría en planta impide evaluar el parámetro de forma original. Para edificaciones de albañilería se propone el siguiente método:



“Sean $P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$, los puntos de la forma geométrica correspondientes a las coordenadas $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)$, que definen la planta de cada edificio. El centroide o centro de gravedad (x_g, y_g) se obtiene de las

siguientes ecuaciones” (Criollo Paucar & Santisteban Jacinto, 2018):

$$x_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * x_i}{\sum_{i=1}^n A_i}, \dots (2.1)$$

$$y_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * y_i}{\sum_{i=1}^n A_i}, \dots (3.1)$$

“En donde A_i , son áreas parciales auxiliares de la figura las cuales sirven para obtener el centro de gravedad y se obtienen de multiplicar $X_i * Y_i$. Se calcula, además, un valor medio de los puntos más alejados de la figura en donde cruza una línea imaginaria que pasa por el centro de gravedad, en donde, x_{\min} , x_{\max} , y_{\min} y y_{\max} , corresponden a los valores de los puntos $P_{x_{\min}}$, $P_{x_{\max}}$, $P_{y_{\min}}$ y $P_{y_{\max}}$, respectivamente” (Criollo Paucar & Santisteban Jacinto, 2018).

“Una vez calculados estos valores se sustituyen en las ecuaciones, obteniendo los valores de la regularidad en las direcciones “ x ” e “ y ” de la estructura (x_m e y_m). El valor máximo obtenido, permitirá determinar dicho parámetro” (Criollo Paucar & Santisteban Jacinto, 2018).

$$x_m = \frac{(Px_{\min} + Px_{\max})}{2}, \dots (2.2)$$

$$y_m = \frac{(Py_{\min} + Py_{\max})}{2}, \dots (3.2)$$

$$IR_x = \frac{|x_g - x_m|}{\frac{1}{2}|x_{\max} - x_{\min}|}, \dots (2)$$

$$IR_y = \frac{|y_g - y_m|}{\frac{1}{2}|y_{\max} - y_{\min}|}, \dots (3)$$

$$IR = \max(IR_x, IR_y)$$

- **ALBAÑILERIA**

A : $IR \leq 0.10$.

B : $0.10 < IR \leq 0.50$.

C : $0.50 < IR \leq 1.00$.

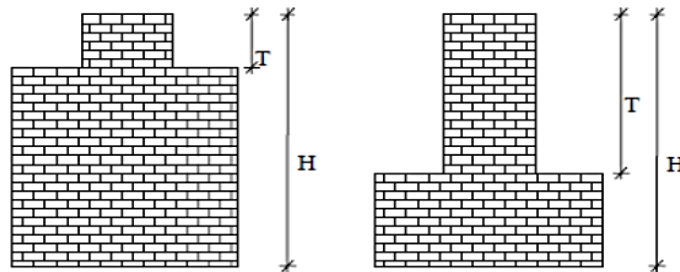
D : $IR > 1.00$.

2.7.7. Parámetro 7: Configuración en Elevación

La presencia de torretas de altura y masa significativa respecto a la parte restante del edificio se denota como la relación **T/H**.

Ilustración 4:

Configuración en elevación



Fuente: Ulises Mena H. (Tesis UPC-España).

- **ALBAÑILERIA**

A : si $0.75 < T/H$.

B : si $0.50 < T/H \leq 0.75$.

C : si $0.25 < T/H \leq 0.50$.

D : si $T/H \leq 0.25$.

2.7.8. Parámetro 8: Distancia máxima entre muros

En albañilería, se tiene en cuenta espaciamientos excesivos entre los muros transversales a los muros maestros. “La clasificación se define en función del

factor L/S , donde S es el espesor del muro maestro y L el espaciamiento máximo entre los muros transversales. Este parámetro indica que al aumentar el espaciamiento máximo, producto de la eliminación de muros internos secundario, se altera la vulnerabilidad sísmica del edificio. Este es un típico efecto de las ampliaciones y remodelaciones arquitectónicas que se realizan en las construcciones existentes, generalmente como consecuencia del cambio de uso de ciertos pisos en las edificaciones” (Criollo Paucar & Santisteban Jacinto, 2018).

- **ALBAÑILERIA**

A : si $L/S \leq 15$.

B : si $15 < L/S \leq 18$.

C : si $18 < L/S \leq 25$.

D : si $25 < L/S$.

2.7.9. Parámetro 9: Tipo de Cubierta

“En el caso de los edificios de albañilería, la influencia del tipo de cubierta en el comportamiento sísmico de un edificio es muy importante, factores como su tipología y peso determinan dicho comportamiento” (Criollo Paucar & Santisteban Jacinto, 2018).

- **ALBAÑILERIA**

A : Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas y de material liviano. Edificación con cubierta plana.

B : Cubierta inestable de material liviano y en buenas condiciones.

C : Cubierta inestable de material liviano y en malas condiciones.

D : Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

2.7.10. Parámetro 10: Elementos no Estructurales

“Se tiene en cuenta con este parámetro la presencia de balcones, cornisas, parapetos, tanques elevados o cualquier otro elemento no estructural que pueda causar daño. Se trata de un parámetro secundario para fines de evaluación de la vulnerabilidad” (Criollo Paucar & Santisteban Jacinto, 2018).

- **ALBAÑILERIA**

A : Edificación que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente.

B : Edificación con balcones y parapetos bien conectados al sistema resistente.

C : Edificación con balcones y parapetos mal conectadas al sistema resistente. Elementos deteriorados debido a su antigüedad.

D : Edificación que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal conectado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal construido, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico. Edificios con balcones construidos posteriormente a la estructura principal y conectada a esta de modo deficiente y en mal estado.

2.7.11. Parámetro 11: Estado de conservación

El último parámetro es “enteramente subjetivo porque califica de una manera visual la presencia de desperfectos internos la estructura, así como posibles

irregularidades como productos de fallos en el proceso constructivo. Es obvio que la edad de la construcción en este caso juega un papel importante, debido que el estado de conservación dependerá de la antigüedad de los edificios, ya que el material de construcción se deteriora con los años lo que lleva a la pérdida de la capacidad de resistencia” (Criollo Paucar & Santisteban Jacinto, 2018).

- **ALBAÑILERIA**

A : Muros en buena condición, sin fisuras visibles.

B : Muros en buena condición, pero con pequeñas fisuras, menores a dos (02) milímetros.

C : Edificación que no presenta fisuras, pero en mal estado de conservación; o muros con fisuras de tamaño medio de dos a tres milímetros.

D : Muros con fuerte deterioro en sus componentes.

2.8. Cuantificación del Índice de Vulnerabilidad para albañilería

Para la cuantificación del índice de Vulnerabilidad para albañilería y luego de obtener los resultados para cada parámetro (A, B, C o D), se define el Índice de Vulnerabilidad (I_v) a través de la sumatoria del valor de cada parámetro multiplicado por un peso de importancia, mediante la siguiente ecuación:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i * W_i$$

2.9. Análisis estático lineal

“Este método se interpreta como las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de

fuerzas interviniendo en el centro de masas de cada nivel de la edificación” (Ministerio de vivienda, 2018). Las acciones sísmicas se realizan en el centro de masa de cada planta, con un solo grado de libertad, así determinando la cortante basal expresada de la siguiente forma:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P, \dots (4)$$

Donde el valor de **C/R** no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,125$$

2.10. Análisis dinámico lineal

Este análisis comprende múltiples grados de libertad por piso y las respuestas máximas en el tiempo se obtiene a través de espectros de aceleraciones o desplazamientos.

Para el tratamiento de resultados para las distorsiones de entrepiso tenemos la siguiente tabla:

Tabla 3:
Límites para las distorsiones del entrepiso

Material predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (NTE.030).

2.11. Peligro sísmico

El peligro sísmico es denotado como “la probabilidad de que ocurra un sismo de determinada magnitud que genere, en un punto específico, una aceleración mayor o

igual a un valor dado para un periodo de tiempo determinado” (IGP, 2014).

Se deben tener en cuenta lo siguiente:

- El número de eventos que ocurren en un intervalo de tiempo es independiente de los que ocurren en otro,
- La probabilidad de ocurrencia durante un periodo de tiempo muy corto es proporcional a la longitud del intervalo de tiempo,
- La probabilidad de que suceda más de un evento sísmico durante un intervalo de tiempo muy corto es insignificante.

Dentro de sus diversos conceptos, el peligro sísmico también es “la probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, depende de la intensidad sísmica por la que será castigada una vivienda, recordemos que esta intensidad está en función de la magnitud del terremoto, de las condiciones del suelo, la geología del lugar y de la topografía. Conocer la amenaza sísmica permite evaluar su acción para un mejor diseño: el adecuado lugar donde se ubicará la estructura para poder evitar zonas de relleno; fallas geológicas; zonas de deslizamiento, asentamiento o licuefacción. Esto ayudará a reducir la amenaza siempre y cuando la estructura todavía no se haya hecho; sin embargo, en el caso de las estructuras ya construidas tendremos una influencia directamente proporcional a la vulnerabilidad” (Guzmán Gómez de la Torre, 2015).

2.12. Ficha de evaluación para la vulnerabilidad sísmica

2.12.1. Alcances de las fichas de evaluación de la vulnerabilidad sísmica

Estimamos fichas para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica por necesidad en la inspección y análisis de los parámetros determinados, a las cuales

aplicaremos con el método indicial de Benedetti y Petrini para las viviendas que están siendo motivo de estudio.

2.12.2. Datos generales de la ficha de evaluación

a. Nombre o número de edificación:

Nombres estipulados por los tesistas (o el propietario) o número correlativo de la edificación evaluada.

b. Fecha de evaluación:

Día, mes y año en que se realizó la evaluación e inspección de las viviendas.

c. Ubicación de la vivienda:

Direcciones de las viviendas (incluir distrito y provincia).

d. Pisos existentes:

Número de pisos por vivienda.

e. Secuencia de construcción de los ambientes:

Si ha realizado la construcción de vivienda en un mismo tiempo o por partes.

d. Cantidad de habitantes en la vivienda:

El número aproximado de personas que inciden en la vivienda.

2.12.3. Descripción al detalle de la ficha de evaluación de Benedetti – Petrini

Dentro de la ficha se encuentran valores que necesitamos para el cálculo e interpretación de los 11 parámetros del procedimiento para el cálculo del índice de vulnerabilidad por el método de los italianos Benedetti y Petrini, configurados a la normativa peruana para edificaciones de Albañilería. La ficha detallada junto con los datos generales a utilizar se encuentra en el

ANEXO “A”.

3. Marco conceptual**• *Atenuación sísmica:***

“La atenuación sísmica se define como el decaimiento general de la amplitud de las ondas sísmicas con la distancia conforme se expanden en el medio que atraviesan” (Shearer, 2009).

• *Diafragma:*

“Un diafragma puede definirse como un conjunto estructural horizontal o ligeramente alejado de la horizontal, de espesor pequeño respecto de sus otras dos dimensiones, que tiene la capacidad de trabajar bajo fuerzas contenidas en su propio plano, y a su vez transmite las cargas al resto de elementos verticales. Comúnmente se usa en pisos y muros de cortante” (McCormac, 2011).

• *Muro de arriostre:*

“Muro portante transversal al muro al que provee estabilidad y resistencia lateral” (Ministerio de vivienda, 2018).

• *Altura efectiva:*

“Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real” (Ministerio de vivienda, 2018).

• *Torsión estructural:*

“Cuando los centros de resistencia no coinciden con los centros de masa, las fuerzas sísmicas causan el movimiento torsional en la estructura. Las estructuras con los centros de masa y de resistencia no coincidentes se definen como estructuras asimétricas, y el

movimiento torsional de tales estructuras durante un terremoto es definido como torsión natural o torsión estructural” (Gómez Rueda & Maldonado Rondón, 2004).

- ***Confinamiento:***

“Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante” (Ministerio de vivienda, 2018).

- ***Mampostería:***

“Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido” (Ministerio de vivienda, 2018).

- ***Cornisa:***

“Una cornisa es el área horizontal superior que sobresale, como moldura a lo largo de la parte superior de una pared o justo debajo de la línea de un techo. Cuerpo moldurado que sirve de remate a otro. Parte sobresaliente superior de un entablamento. Moldura que cubre el ángulo formado por el paramento y el cielo raso” (ArquitecturaPura).

- ***Parapeto:***

“Son muros que se construyen en las azoteas de las edificaciones. Cuando el parapeto se ubica en los linderos del edificio o en el perímetro de un tragaluz se denomina parapeto exterior y cuando el parapeto sirve como divisorio de ambientes en la azotea se denomina parapeto interior” (Romero Ortiz, 2017).

- ***Licuefacción:***

“Fenómeno causado por la vibración de los sismos en los suelos granulares saturados y que produce el incremento de la presión del agua dentro del suelo con la consecuente reducción de la tensión efectiva. La licuación reduce la capacidad de carga y la rigidez

del suelo. Dependiendo del estado del suelo granular saturado al ocurrir la licuación se produce el hundimiento y colapso de las estructuras cimentadas sobre dicho suelo” (Ministerio de vivienda, 2018).

4. Hipótesis

El grado de vulnerabilidad sísmica de las diferentes viviendas en la urbanización Covicorti, distrito de Trujillo, será de media a alta.

5. Variables e indicadores

Variable dependiente:

(VD): Análisis de métodos cualitativos de la Urbanización Covicorti.

Variable independiente:

(VI): Evaluación de vulnerabilidad Sísmica.

Tabla 4:
Operacionalización de la Variable Dependiente

Tipo	Variable	Dimensión	Indicador	Unidad	Instrumento
DEPENDIENTE	Posición del edificio y cimentación.	Evalúa la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio	Ubicación del edificio y tipo de cimentación	Und.	Observación
	Altura de entrepisos.	Distancia de eje a eje de losa.	Varía según el uso de la estructura	m	Medición
	Separación máxima entre muros.	Distanciamiento entre muros portantes.	Muros de cabeza, de sogá o de canto.	m	Medición
	Tipo de cubierta.	Tipo de techo con la que se cubre la estructura.	Aligerado, macizo, cubierta de polietileno, etc.	Und.	Observación
	Elementos no estructurales.	Presencia de parapetos o cornisas.	Sin arriostramientos a las vigas y/o muros.	Und.	Observación
	Estado de conservación.	Condición de la estructura según antecedentes sísmicos o influencia del peso propio.	Muros con fisuras o rajaduras. Materiales deteriorados.	Und.	Observación

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5:
Operacionalización de la Variable Independiente

Tipo	Variable	Dimensión	Indicador	Unidad	Instrumento
NDEPENDIENTE	Grado de sismicidad	Ubicación territorial a movimientos telúricos.	Zonificación. Silencio sísmico.	Escala de Richter.	Acelerógrafo
	Calidad de materiales	Estado de los materiales de construcción	Conservación. Inmersos a sismos antiguos.	Buena, regular, mala.	Observación
	Número de pisos.	Número de niveles de la edificación.	Máximo 6 niveles según el RNE.	Pisos.	Observación
	Tipo de suelo	Clasificación del suelo según la mecánica de suelos realizada.	Arenoso, gravoso, arcilloso, etc.	Und.	Mecánica de suelos
	Capacidad portante del suelo.	Resistencia del suelo al esfuerzo transmitido por la estructura.	Depende el tipo de suelo y el peso de la estructura.	Kg/cm ²	Mecánica de suelos
	Área de terreno.	Espaciamiento en que se encuentra la estructura.	Influye en la configuración en planta de la estructura.	m ²	Medición
	Configuración en elevación.	Presencia de torretas de altura y masa significativa.	Irregularidad en altura.	Und.	Medición
	Densidad de muros.	Cantidad de muros dentro de la estructura.	Muros de 0.23 o 0.13 son los convencionales.	m.	Medición
Edad de la edificación	Número de años desde que la estructura entró en funcionamiento estructural.	El promedio de vida estructural es de 50 a 100 años.	Años	Encuesta	

Fuente: Elaboración propia.

III. METODOLOGÍA APLICADA

Iniciaremos con las mediciones respectivas de las tres (03) viviendas tanto exteriores como interiores. Se tomará apuntes de todos los detalles constructivos en cada edificación y, adicionalmente, se contará con una ficha técnica de apoyo para evaluar las edificaciones. Posteriormente, las tres (03) viviendas pasarán por un riguroso modelamiento en un sofisticado programa de estudio para verificar y sustentar su vulnerabilidad. Finalmente, los resultados serán motivo de observación y debate, para luego plantear recomendaciones viables.

1. Tipo y nivel de investigación

1.1. Tipo de investigación

Investigación de campo (descriptiva), pues buscamos encontrar cualidades y atributos de la muestra de estudio (03 viviendas) en la urbanización Covicorti, quienes posteriormente serán analizadas a través del método planteado.

1.2. Nivel de investigación

Descriptiva, debido a la necesaria recolección de datos de los objetos de estudio, para luego ser procesada y obtener resultados de acuerdo a lo previsto. Utilizamos una metodología observacional que “está presente desde los inicios de las investigaciones, siendo uno de los primeros métodos utilizados para la recogida de datos” (M. T., 1989).

“Nos centramos en una observación científica y no en una observación superficial, por ese motivo es importante que sea lo más objetiva posible. Para ello, será relevante determinar la unidad de análisis con una definición útil para poder aplicar en el estudio, pero con una cierta flexibilidad imprescindible para poder abordar la complejidad y la riqueza del fenómeno de estudio” (Sarriá & Brioso, 1999).

2. Población, marco muestral, unidad de análisis y muestra

2.1. Población

La población es la urbanización Covicorti de la ciudad de Trujillo.

2.2. Marco Muestral

Viviendas en condiciones vulnerables.

2.3. Unidad de análisis

Grado de vulnerabilidad sísmica.

2.4. Muestra

Nuestras muestras son tres (03) viviendas.

3. Técnicas e instrumentos de investigación

3.1. Técnicas

Las técnicas de recolección de información para la investigación serán conseguidas a través de los propietarios de las respectivas viviendas quienes cuentan con el conocimiento necesario de su inmueble para el procedimiento de la investigación y la observación directa por parte de los tesisistas. También contamos con el apoyo de expertos estructuralistas, libros relevantes al tema, fuentes confiables como el Reglamento Nacional de Edificaciones (actualizado 2018) y diversos sitios web.

3.2. Instrumentos

- Ficha para el método de Benedetti y Petrini.
- Cámara fotográfica para la observación al detalle por parte de los investigadores.
- Microsoft Excel para los cálculos y tabulaciones.
- Microsoft Word para el desarrollo del informe de tesis.
- AutoCAD para el modelamiento de los planos estructurales de las respectivas

viviendas.

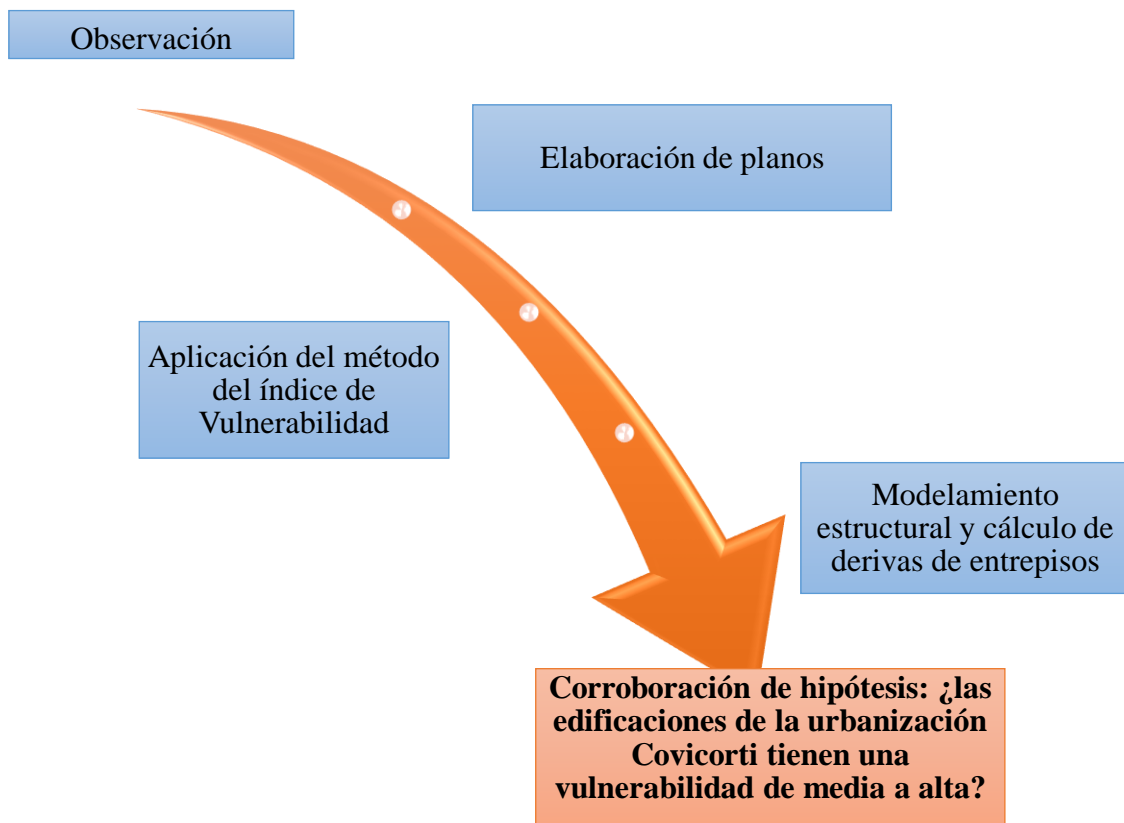
- Software para el modelamiento estructural de las edificaciones.

4. Diseño de investigación

El diseño que se ha utilizado en la presente investigación es descriptivo, por lo tanto, empleamos el siguiente esquema:

Ilustración 5:

Esquema del diseño de investigación



Fuente: Elaboración propia.

5. Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de la información será elaborado a través de hojas de cálculo y un software sofisticado para un análisis a detalle.

IV. RESULTADOS

1. Esclerometría

Para efectuar el procedimiento del ensayo esclerométrico en las tres (03) edificaciones, realizada a las estructuras con fin de obtener un indicador referencial acerca de la resistencia del concreto existente así como la uniformidad del mismo, nombramos a cada una de ellas “VIVIENDA 01”, “VIVIENDA 02” y “VIVIENDA 03”. El panel fotográfico estará en el ANEXO B.

Ilustración 6:

Foto del esclerómetro HEMITAGE PA 16148



Fuente: Elaboración propia.

- **VIVIENDA 01:** Denominamos VIVIENDA 01 a la primera edificación de estudio. Es un inmueble de 04 pisos más azotea, tiene 4.5 m. de frente y 20 m. de profundidad y cuenta con un sistema estructural de albañilería confinada. Su construcción data en el año 2002, según su propietario, iniciando el levantamiento del primer y segundo piso. Años más tarde, continuó la construcción del tercer y cuarto piso con finalidades de

arrendamiento. Para el ensayo de esclerometría no destructiva, determinamos 06 columnas y 04 vigas consideradas las más significativas en la edificación. Los resultados son los siguientes:

Ilustración 7:

Foto de vista frontal de la VIVIENDA 01



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6:

Resultados esclerométricos para la VIVIENDA 01 en COLUMNAS

Nº de golpes	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6
1	35	25	31	34	30	37
2	30	26	33	33	39	32
3	30	30	27	29	38	38
4	33	35	26	35	39	40
5	35	37	30	34.5	33	40

6	35	28	32	33	39.5	40
7	35	30	33	32.5	33	37.59
8	33	33	35	25	40	39
9	32	25	27	28.5	39.5	38
10	28	33	30	33	35	36.5
Índice Esclerométrico	32.63	30.23	30.4	31.75	36.63	37.83
Índice E. Efectivo	33.25	30.83	31.01	32.39	37.33	38.56
f'c (kg/cm2)	251	218	221	239	305	322

Fuente: Laboratorio de ensayos de Ingeniería Concreto – Materiales – Suelos, CCL S.A.C. en conjunto con los testistas.

Tabla 7:
Resultados esclerométricos para la VIVIENDA 01 en VIGAS

N° de golpes	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4
1	34	42	35	38
2	37	35	30	40
3	40	40	38	35
4	42	33	32	35
5	41	42	35	37
6	37	35	35	38
7	33	30	35	40
8	35	52	38	39
9	36	35	36	35
10	40	43	34.5	34.5
Índice Esclerométrico	37.5	38.7	34.85	37.15
Índice E. Efectivo	38.25	39.47	35.55	37.89
f'c (kg/cm2)	319	341	270	312

Fuente: Laboratorio de ensayos de Ingeniería Concreto – Materiales – Suelos, CCL S.A.C. en conjunto con los testistas.

- **VIVIENDA 02:** Denominamos VIVIENDA 02 a la segunda edificación de estudio. Es un inmueble de 04 pisos más azotea, tiene 9 m. de frente y 20 m. de profundidad y cuenta con un sistema estructural de albañilería confinada. Su construcción data a finales del año 1997, según su propietario, iniciando el levantamiento del primer, segundo y tercer piso. Años más tarde, continuó la construcción del cuarto piso con finalidades de

arrendamiento. Para el ensayo de esclerometría no destructiva, determinamos 10 columnas y 05 vigas consideradas las más significativas en la edificación. Los resultados son los siguientes:

Ilustración 8:

Foto de vista frontal de la VIVIENDA 02



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8:
Resultados esclerométricos para la VIVIENDA 02 en COLUMNAS

Nº de golpes	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7	Columna 8	Columna 9	Columna 10
1	39	44	38	43	33	34	40	34	36.5	30.5
2	45	43	40	36	39	33	38	36	32	32
3	37	45.5	41	37	29	34.5	39	35.5	33	30.5
4	38	40	41.5	38	37	35	40	36	35	27
5	38.5	41	42	43	37.5	35	39.5	37	31	29
6	45	41	35	40	33	32.5	39	33.5	32	36
7	43	39.5	36	35	40	36	34	34	32.5	34
8	36	43	33	36.5	35.5	34	38	34	31	33
9	34	42.5	40.5	43	37	35	45	34	31.5	32
10	39	40.5	42	43.5	38.5	35.5	39.5	34	33	28
Índice Esclerométrico	39.45	42	38.9	39.5	35.95	34.45	39.2	34.8	32.75	31.2
Índice E. Efectivo	40.24	42.84	39.68	40.29	36.67	35.14	39.98	35.5	33.41	31.82
f'c (kg/cm²)	344	379	337	345	296	276	341	281	253	231

Fuente: Laboratorio de ensayos de Ingeniería Concreto – Materiales – Suelos,
CCL S.A.C. en conjunto con los testistas.

Tabla 9:
Resultados esclerométricos para la VIVIENDA 02 en VIGAS

N° de golpes	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
1	38	38	41	38	36
2	37	37	38	40	36.5
3	43	39.5	42	43	35.5
4	33.5	42	35	45	37
5	31	40	36	38	34
6	38	38	39.5	36	36
7	36	36	40.5	40.5	36
8	42	38.5	42	33	37
9	37	37.5	40	34	35.5
10	33	40	37	43.5	36
Índice Esclerométrico	36.85	38.65	39.1	39.1	35.95
Índice E. Efectivo	37.59	39.42	39.88	39.88	36.67
f'c (kg/cm²)	307	340	348	348	290

Fuente: Laboratorio de ensayos de Ingeniería Concreto – Materiales – Suelos, CCL S.A.C. en conjunto con los tesistas.

- **VIVIENDA 03:** Denominamos VIVIENDA 03 a la tercera edificación de estudio. Es un inmueble de 04 pisos más azotea, tiene 9 m. de frente y 20 m. de profundidad y cuenta con un sistema estructural de albañilería confinada. Su construcción data en el año 1995, según su propietario, iniciando con el levantamiento del primer piso, luego del segundo y tercer piso en el 1997 y 2000 respectivamente y finalizando con el cuarto y la azotea a mediados del año 2010. Todos los pisos con finalidades de arrendamiento. Para el ensayo de esclerometría no destructiva, determinamos 10 columnas y 05 vigas consideradas las más significativas en la edificación. Los resultados son los siguientes:

Ilustración 9:

Foto de vista frontal de la VIVIENDA 03



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10:
Resultados esclerométricos para la VIVIENDA 03 en COLUMNAS

N° de golpes	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7	Columna 8	Columna 9	Columna 10
1	45	38	32	33	37	36	31	39	32	33
2	46	37.5	31.5	30	39	34	33	38	35	32
3	46.5	36.5	32	30	36	33	32	39	34.5	33
4	38.5	36	32	33	35.5	34	38	36	35	33
5	40.5	36	32	31	35	35	34	43.5	36.5	34
6	39	38	30	31.5	34	34.5	32	39	35.5	37.5
7	42.5	37	29.5	29	38.5	39	33.5	38.5	33	36
8	43	35.5	31	29.5	39	33	38.5	35	37	36
9	45.5	37.5	29.5	34	36.5	38	39	38	36.5	35
10	41	34.5	31	32	38	37	35.5	34.5	33	29.5
Índice Esclerométrico	42.75	36.65	31.05	31.3	36.85	35.35	34.65	38.05	34.8	33.9
Índice E. Efectivo	43.61	37.38	31.67	31.93	37.59	36.06	35.34	38.81	35.5	34.58
f'c (kg/cm2)	389	306	229	233	309	288	279	325	281	268

Fuente: Laboratorio de ensayos de Ingeniería Concreto – Materiales – Suelos,
 CCL S.A.C. en conjunto con los tesisistas.

Tabla 11:
Resultados esclerométricos para la VIVIENDA 02 en VIGAS

N° de golpes	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
1	25	33	34	43	42
2	34	40	35	42	34
3	41	38	33.5	38.5	40
4	40	37	34.5	40	35
5	37	35	36	41	42
6	36.5	38	32	35	42
7	35	40	40	40	42
8	43	39	35	36	42
9	42	31	33	36.5	38
10	33	35	37	35	38
Índice Esclerométrico	36.65	36.6	35	38.7	39.5
Índice E. Efectivo	37.38	37.33	35.7	39.47	40.29
f'c (kg/cm2)	313.8	313.3	287	344.7	385.8

Fuente: Laboratorio de ensayos de Ingeniería Concreto – Materiales – Suelos, CCL S.A.C. en conjunto con los testistas.

En conclusión para las tres viviendas, las lecturas en las COLUMNAS analizadas nos da que la resistencia a la compresión referencial de un **f'c= 280 kg/cm2**; asimismo, las lecturas obtenidas en las VIGAS analizadas nos da como resultado una resistencia a la compresión referencial que se aproxima a un **f'c= 280 kg/cm2**.

2. Análisis e interpretación de los resultados

2.1. Evaluación de los parámetros

Calificaremos la “VIVIENDA 01”, “VIVIENDA 02” y “VIVIENDA 03” mediante los 11 parámetros planteado por el método Benedetti – Petrini de manera secuencial según corresponda. Los propietarios colaboraron con una entrevista presencial, ya que estuvieron de inicio a fin en la construcción de su inmueble, en donde nos suministraron información necesaria para la calificación de las mismas.

El coeficiente “Wi” tanto para albañilería refleja la importancia de cada uno de los parámetros dentro del sistema resistente.

Comparando los parámetros con las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones, se puede observar en la siguiente tabla que satisface las normativas propuestas por dicho reglamento.

Tabla 12:

Comparación entre el reglamento nacional de edificaciones y los parámetros propuestos por el índice de vulnerabilidad

PARÁMETROS	COMPONENTE PROPUESTO POR EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES
1. Organización del sistema resistente	Asesoría técnica y criterios estructuración en adobe y albañilería – norma del 97’.
2. Calidad del sistema resistente	Calidad del material y proceso constructivo, Norma E.060, E.070.
3. Resistencia convencional	Factores sismorresistentes (Z, U, C, S, R, Tp) Norma E.060, E.070 – Cortante Basal.
4. Posición del edificio y cimentación	Condiciones Geotécnicas: tipo de suelo muy rígido, intermedio y flexible – Norma E 030.

5. Diafragmas Horizontales	Consideraciones para diafragmas Norma E.030, E.070.
6. Configuración en planta	Configuración estructural. (Irregularidades estructurales en planta). Norma E.030 (Art 11).
7. Configuración en elevación	Configuración estructural. (Irregularidades estructurales en planta). Norma E.030 (Art 11).
8. Separación máxima entre muros	Densidad de muros en las edificaciones Norma E.070.
9. Tipo de Cubierta	Calidad en la unión de la cobertura liviana con el sistema resistente.
10. Elementos no estructurales	Conexión de los elementos no estructurales Norma E.070 (cap. 9, cap. 10).
11. Estado de conservación	Condición actual de la vivienda.

Fuente: Criollo Paucar & Santisteban Jacinto.

Dentro de cada parámetro se evaluará a las tres viviendas. Para albañilería la calificación es de A, B, C y D:

A = Vulnerabilidad Baja.

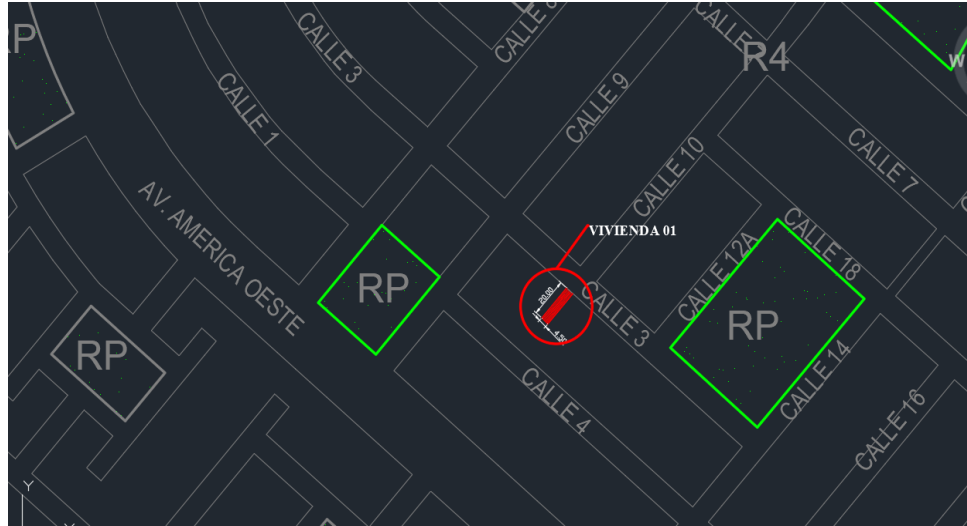
B = Vulnerabilidad Media a Baja.

C = Vulnerabilidad Media a Alta.

D = Vulnerabilidad Alta.

Ilustración 10:

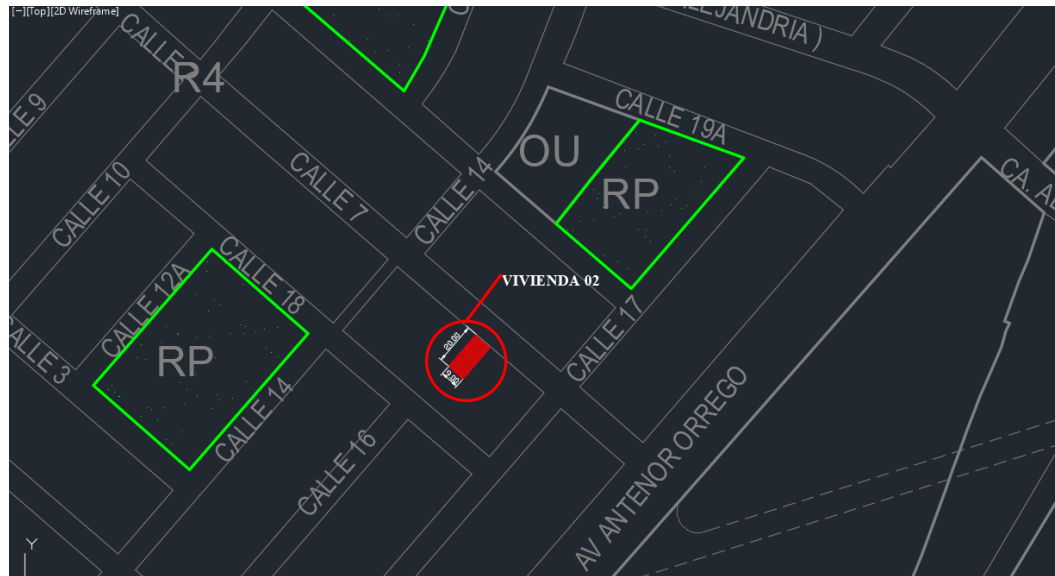
Ubicación de la “VIVIENDA 01” - Urb. Covicorti, Mz. “C” lote 5



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11:

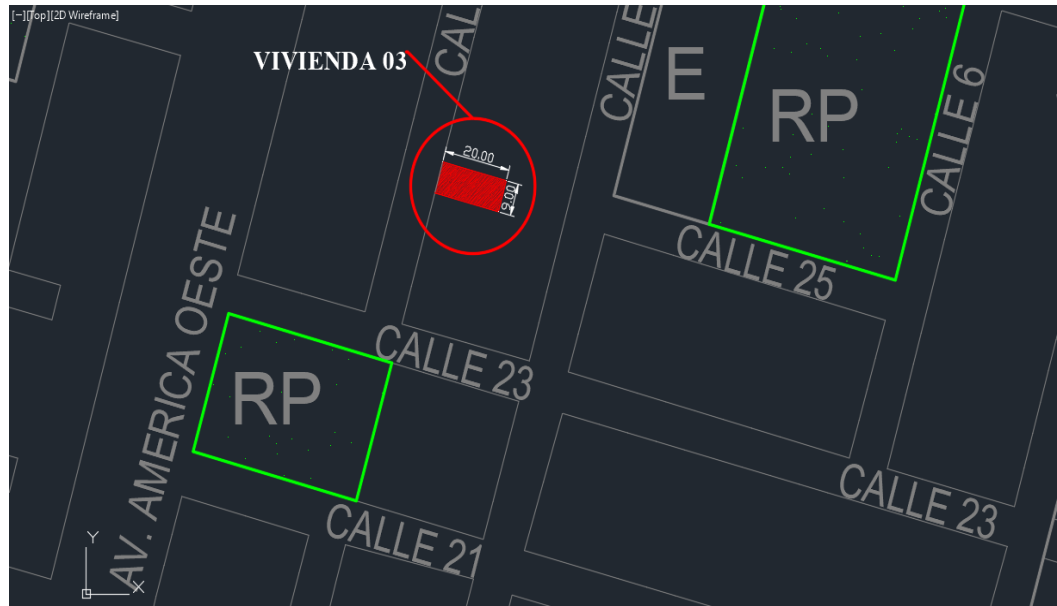
Ubicación de la “VIVIENDA 02” - Urb. Covicorti, Mz. “H” lote 3



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12:

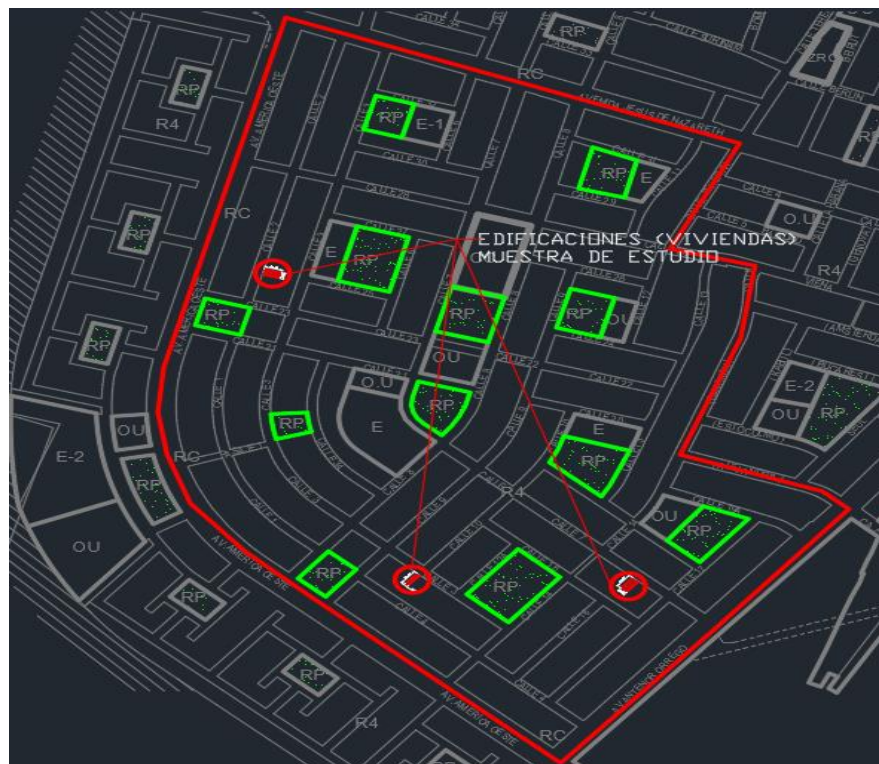
Ubicación de la "VIVIENDA 03" - Urb. Covicorti, Mz "R1" lote 3



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13:

Delimitación de la urbanización Covicorti



Fuente: Elaboración propia

2.1.1. Calificación del parámetro 1: Organización del sistema resistente

Para un sistema de albañilería confinada, tendremos en cuenta los siguientes puntos:

A : Edificaciones de albañilería que cumplan la norma E 070.

B : Edificaciones que no cumplen con al menos un requisito de la norma E 070.

C : Edificaciones que presentan vigas y columnas que confinan solo parcialmente a los muros portantes debido a deficiencias en el proceso constructivo

D : Edificaciones sin vigas ni columnas de confinamiento o autoconstrucción sin ningún tipo de orientación técnica. Paredes ortogonales deficientemente conectadas.

- **VIVIENDA 01:**

La vivienda de estudio no cumple con todos los requisitos generales establecidos la norma E.070 “Albañilería” del Reglamento Nacional de Edificaciones pero sí con algunas:

- Artículo 11, inciso 11.7. “El concreto de las columnas de confinamiento se vaciará posteriormente a la construcción del muro de albañilería” (Ministerio de vivienda, 2018).

Según la entrevista realizada al propietario, nos comentó que se cumplió debidamente lo especificado en la norma.

- Artículo 11, inciso 11.10. “El recubrimiento mínimo de la armadura será de 2 cm. cuando los muros son tarrajeados” (Ministerio de vivienda,

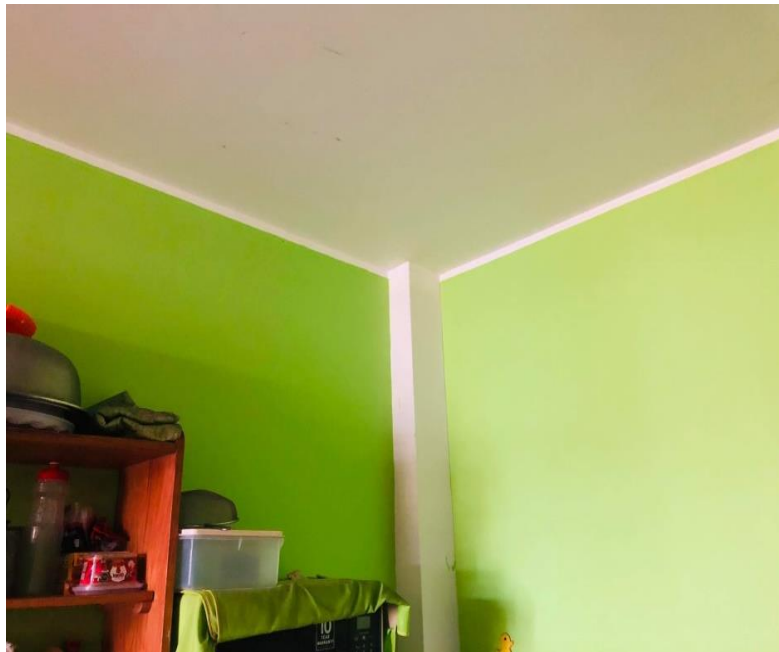
2018).

Según el propietario, efectivamente se cumplió con la especificación.

Cabe precisar que las vigas y columnas sí confinan adecuadamente como se muestra en las siguientes ilustraciones:

Ilustración 14:

Foto de vigas chatas y soleras en el tercer nivel debidamente confinadas



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 15:

Foto de columnas confinando el muro portante del tercer nivel



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, descartamos las calificaciones “C” o “D”, tomando la calificación “B” como la más adecuada por el cumplimiento de al menos un requisito de la norma E.070.

- **VIVIENDA 02:**

La vivienda de estudio no cumple con todos los requisitos generales establecidos la norma E.070 “Albañilería” del Reglamento Nacional de Edificaciones, sin embargo, son varios puntos que sí se emplearon, algunos de ellos son:

- Artículo 10, inciso 10.2. “En la albañilería con unidades asentadas con mortero, todas las juntas horizontales y verticales quedarán completamente llenas de mortero. El espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el máximo de 15 mm” (Ministerio de vivienda,

2018).

De acuerdo a la observación realizada, se cumple con todo lo especificado en este inciso.

- Artículo 10, inciso 10.8. “El tipo de aparejo será de sogá, cabeza o el amarre americano, traslapándose las unidades entre hiladas consecutivas” (Ministerio de vivienda, 2018).

Según las ilustraciones para esta vivienda, se puede corroborar que el tipo de aparejo es de sogá.

- Artículo 11, inciso 11.7. “El concreto de las columnas de confinamiento se vaciará posteriormente a la construcción del muro de albañilería” (Ministerio de vivienda, 2018).

Como evidencia se muestra la ilustración 18 donde primero se levantaron los muros portantes y luego se vaciaron las columnas.

- Artículo 11, inciso 11.10. “El recubrimiento mínimo de la armadura será de 2 cm. cuando los muros son tarrajeados” (Ministerio de vivienda, 2018).

Según el propietario, efectivamente se cumplió con la especificación.

Las vigas y columnas confinan adecuadamente como se muestra en las siguientes ilustraciones:

Ilustración 16:

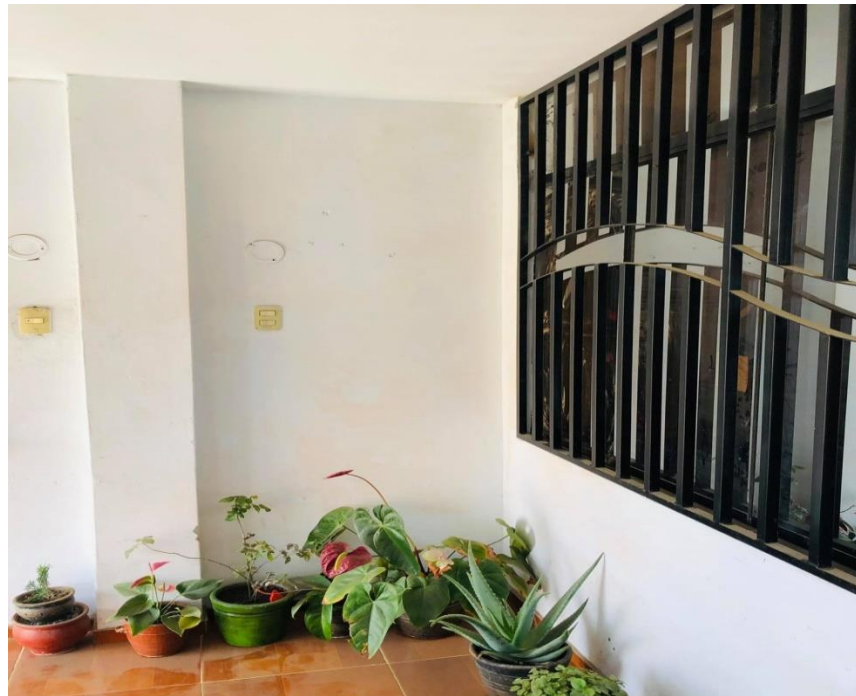
Foto del confinamiento de vigas chata con columna del segundo nivel



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 17:

Foto del confinamiento de vigas, columna y muro portante del tercer nivel



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 18:

Foto del muro confinado por columnas sin vaciar en azotea



Fuente: Elaboración propia.

La calificación de este parámetro para la VIVIENDA 02 es “B”. No cumple con todos los requisitos de la norma E.070 “Albañilería” pero sí con algunas exigencias establecidas.

- **VIVIENDA 03:**

La vivienda de estudio no cumple con todos los requisitos generales establecidos la norma E.070 “Albañilería” del Reglamento Nacional de Edificaciones, sin embargo, son varios puntos que sí se emplearon, algunos de ellos son:

- Artículo 11, inciso 11.7. “El concreto de las columnas de confinamiento se vaciará posteriormente a la construcción del muro de albañilería” (Ministerio de vivienda, 2018).

Según la entrevista realizada al propietario, nos comentó que se cumplió debidamente lo especificado en la norma.

- Artículo 10, inciso 10.2. “En la albañilería con unidades asentadas con mortero, todas las juntas horizontales y verticales quedarán completamente llenas de mortero. El espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el máximo de 15 mm” (Ministerio de vivienda, 2018).

Las fotos demuestran la conformidad del cumplimiento para este inciso. Además, los investigadores fueron al campo de estudio para hacer las mediciones respectivas corroborando lo citado.

- Artículo 10, inciso 10.8. “El tipo de aparejo será de soga, cabeza o el amarre americano, traslapándose las unidades entre hiladas consecutivas” (Ministerio de vivienda, 2018).

De acuerdo con lo observado, existe aparejo de soga y de cabeza, este último solo en el primero piso en muros específicos.

- Artículo 11, inciso 11.7. “El concreto de las columnas de confinamiento se vaciará posteriormente a la construcción del muro de albañilería” (Ministerio de vivienda, 2018).

El dueño de la vivienda nos relató el proceso constructivo de la casa, confirmando el cumplimiento de este inciso.

- Artículo 11, inciso 11.10. “El recubrimiento mínimo de la armadura será de 2 cm. cuando los muros son tarrajeados” (Ministerio de vivienda, 2018).

Según el propietario, efectivamente se cumplió con la especificación.

Las vigas y columnas confinan adecuadamente como se muestra en las siguientes ilustraciones:

Ilustración 19:

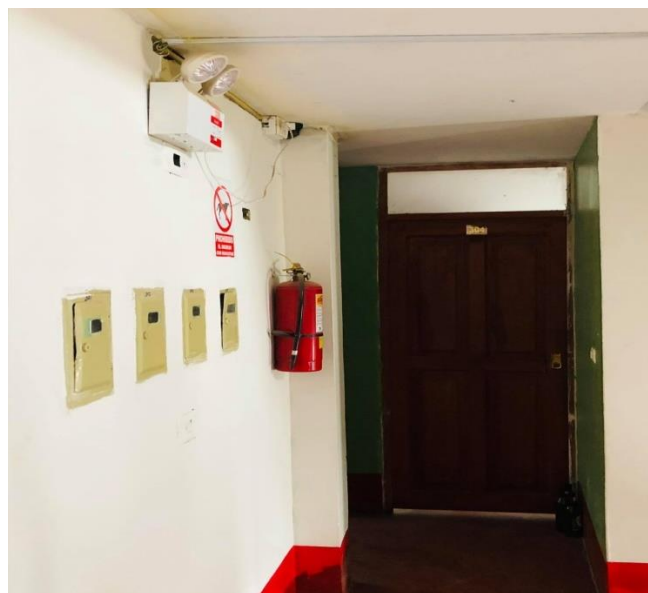
Foto del confinamiento de vigas chatas, columna y muros portantes en el segundo nivel



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 20:

Foto de la conexión viga, columna y muro en el tercer nivel



Fuente: Elaboración propia.

Considerando que gran parte de la edificación se construyó antes del año 2000, la calificación para este parámetro de la VIVIENDA 03 es “B”. No cumple con todos los requisitos de la norma E.070 “Albañilería” pero sí con algunas exigencias establecidas.

2.1.2. Calificación del parámetro 2: Calidad del sistema resistente

Para el sistema de albañilería tendremos en cuenta los siguientes puntos:

A : El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:

- 1. Ladrillo de buena calidad y resistencia con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro*
- 2. Presencia de buen amarre entre unidades de albañilería.*
- 3. Mortero de buena calidad con espesor de 10 - 15 mm.*

B : El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.

C : El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.

D : El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A.

- **VIVIENDA 01:**

Según la inspección realizada a la vivienda, se usó dos tipos de ladrillos: artesanales e industriales. El propietario nos relató que se utilizaron ladrillos artesanales para el primer, segundo y tercer piso, mientras que el cuarto más los parapetos en la azotea, prevaleció de ladrillos con excelente calidad. Sin

embargo, existe un buen amarre entre los bloques y el espesor del mortero es de 1 a 1.5 cm para toda la edificación.

Ilustración 21:

Foto de las unidades de albañilería para el parapeto de la azotea



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que la mayoría de los muros portantes tienen ladrillos artesanales de baja calidad, optamos por calificar a esta edificación con “B” porque cumple con las especificaciones 2 y 3 del punto “A”.

- **VIVIENDA 02:**

De acuerdo a la inspección realizada, verificamos que se utilizaron bloques de ladrillos King Kong de 18 huecos tipo industrial. En la entrevista al propietario de la vivienda afirmó que su aplicación fue desde el primer piso hasta los parapetos. El amarre entre las unidades de albañilería es adecuada y el espesor del mortero es de 1.5 cm. respetando lo establecido en el Artículo 10 “ESPECIFICACIONES GENERALES”, inciso 10.2.

Ilustración 22:

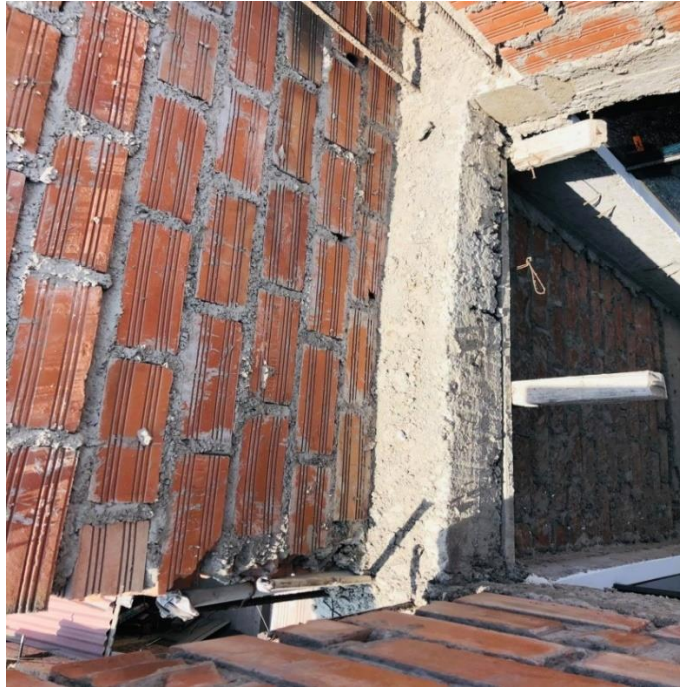
Foto de la unidad de albañilería utilizada en la vivienda



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 23:

Foto de muros descubiertos en del cuarto nivel y parapeto en azotea



Fuente: Elaboración propia.

Considerando los puntos para este parámetro, calificamos con “A” a la VIVIENDA 02 por cumplir con todas las características necesarias para una buena calidad de sistema resistente.

- **VIVIENDA 03:**

Según la inspección realizada a la vivienda, se usó dos tipos de ladrillos (como se muestra en la ilustración 24): artesanales e industriales. El propietario nos relató que se utilizaron ladrillos artesanales para el primer y segundo nivel, mientras que el tercero, cuarto y los parapetos en la azotea, prevaleció de ladrillos con excelente calidad. Además, existe un buen amarre entre los bloques y el espesor del mortero es de 1 a 1.5 cm para toda la edificación cumpliendo lo especificado en la norma.

Ilustración 24:

Foto de la vista lateral de la edificación



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 25:

Foto de las unidades de albañilería confinadas en el último piso



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que la mayoría de los muros portantes tienen ladrillos artesanales de baja calidad, la calificación de este parámetro es “B” porque cumple con las especificaciones 2 y 3 del punto “A”.

2.1.3. Calificación del parámetro 3: Resistencia Convencional

Para albañilería tenemos en cuenta los siguientes puntos:

A : Edificio con $\alpha \geq 1$

B : Edificio con $0.6 \leq \alpha \leq 1$

C : Edificio con $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$

D : Edificio con $\alpha \leq 0.4$.

- **VIVIENDA 01:**

Calculamos “q” con la ecuación 1.2:

$$A_t = 87.3 \text{ m}^2$$

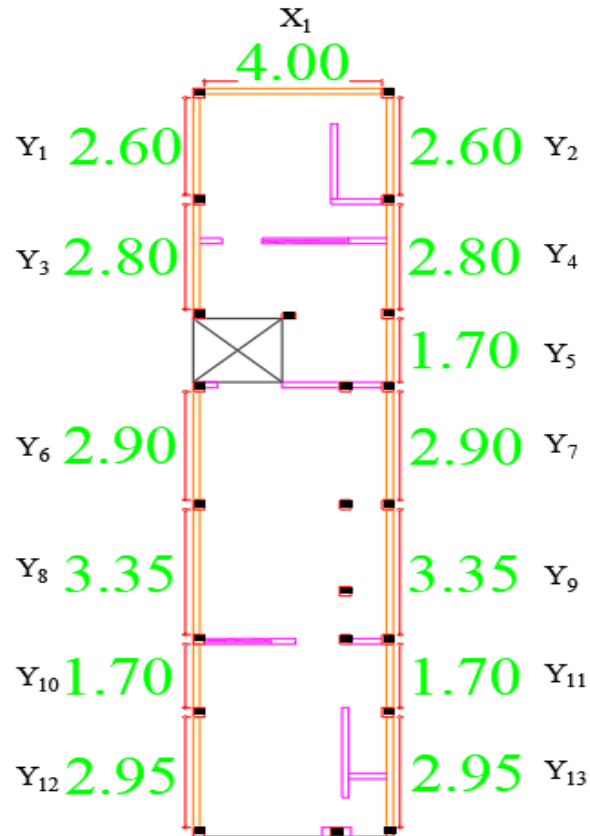
$$h = 2.8 \text{ m}$$

$$P_m = 1.8 \text{ ton/m}^3$$

$$P_s = 0.38 \text{ ton/m}^2$$

Ilustración 26:

Muros en "X" e "Y" de la primera planta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13:

Cálculo de áreas totales resistentes en "X" e "Y" de la primera planta

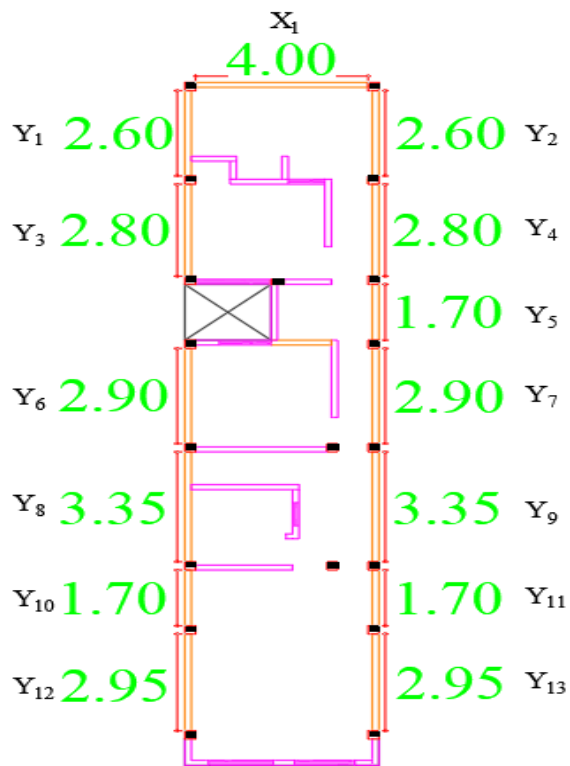
MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)	MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)
X1	4.00	0.13	0.52	Y1	2.60	0.13	0.34
				Y2	2.60	0.13	0.34
				Y3	2.80	0.13	0.36
				Y4	2.80	0.13	0.36
				Y5	1.70	0.13	0.22
				Y6	2.90	0.13	0.38
				Y7	2.90	0.13	0.38

	Y8	3.35	0.13	0.44
	Y9	3.35	0.13	0.44
	Y10	1.70	0.13	0.22
	Y11	1.70	0.13	0.22
	Y12	2.95	0.13	0.38
	Y13	2.95	0.13	0.38
Ax		0.52		Ay
				4.46

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 27:

Muros en “X” e “Y” de la segunda planta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14:

Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la segunda planta

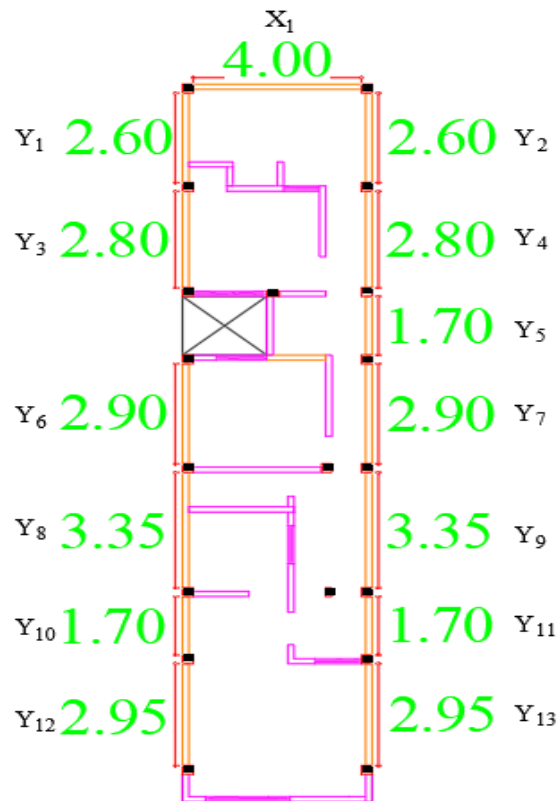
MURO	L (m)	t (m)	L*t (m2)	MURO	L (m)	t (m)	L*t (m2)
X1	4.00	0.13	0.52	Y1	2.60	0.13	0.34
				Y2	2.60	0.13	0.34
				Y3	2.80	0.13	0.36
				Y4	2.80	0.13	0.36
				Y5	1.70	0.13	0.22

	Y6	2.90	0.13	0.38	
	Y7	2.90	0.13	0.38	
	Y8	3.35	0.13	0.44	
	Y9	3.35	0.13	0.44	
	Y10	1.70	0.13	0.22	
	Y11	1.70	0.13	0.22	
	Y12	2.95	0.13	0.38	
	Y13	2.95	0.13	0.38	
Ax		0.52		Ay	4.46

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 28:

Muros en "X" e "Y" de la tercera planta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15:

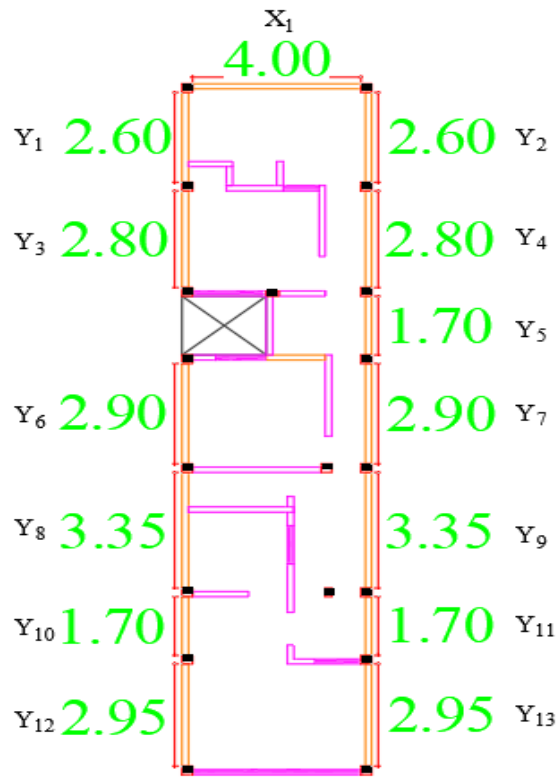
Cálculo de áreas totales resistentes en "X" e "Y" de la tercera planta

MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)	MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)
X1	4.00	0.13	0.52	Y1	2.60	0.13	0.34
				Y2	2.60	0.13	0.34

Y3	2.80	0.13	0.36
Y4	2.80	0.13	0.36
Y5	1.70	0.13	0.22
Y6	2.90	0.13	0.38
Y7	2.90	0.13	0.38
Y8	3.35	0.13	0.44
Y9	3.35	0.13	0.44
Y10	1.70	0.13	0.22
Y11	1.70	0.13	0.22
Y12	2.95	0.13	0.38
Y13	2.95	0.13	0.38
Ax	0.52	Ay	4.46

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 29:
Muros en “X” e “Y” de la cuarta planta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16:
Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la cuarta planta

MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)	MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)
------	-------	-------	-----------------------	------	-------	-------	-----------------------

X1	4.00	0.13	0.52	Y1	2.60	0.13	0.34
				Y2	2.60	0.13	0.34
				Y3	2.80	0.13	0.36
				Y4	2.80	0.13	0.36
				Y5	1.70	0.13	0.22
				Y6	2.90	0.13	0.38
				Y7	2.90	0.13	0.38
				Y8	3.35	0.13	0.44
				Y9	3.35	0.13	0.44
				Y10	1.70	0.13	0.22
				Y11	1.70	0.13	0.22
				Y12	2.95	0.13	0.38
				Y13	2.95	0.13	0.38
Ax				0.52	Ay		4.46

Fuente: Elaboración propia

Promediamos los A_x y A_y de las cuatro plantas y tenemos:

$$A = 0.52 \text{ m}^2$$

$$B = 4.46 \text{ m}^2$$

Por lo tanto:

$$q = \frac{(0.52 + 4.46) * 2.8}{87.3} * 1.8 + 0.38$$

$$q = 0.67$$

Ahora hallamos C con la ecuación 1.1:

$$N = 4$$

$$\tau_k = 18 \text{ ton/m}^2$$

$$a_0 = 0.006$$

$$\gamma = 0.117$$

$$C = \frac{0.006 * 18}{0.68 * 4} \sqrt{1 + \frac{0.68 * 4}{1.5 * 0.006 * 18 * (1 + 0.117)}}$$

$$C = 0.04$$

Reemplazamos en la ecuación 1:

$$C' = 0.45$$

$$\alpha = \frac{0.04}{0.45}$$

$$\alpha = 0.10$$

La calificación de la vivienda es “D”.

- **VIVIENDA 02:**

Calculamos “q” con la ecuación 1.2:

$$A_t = 132.51 \text{ m}^2$$

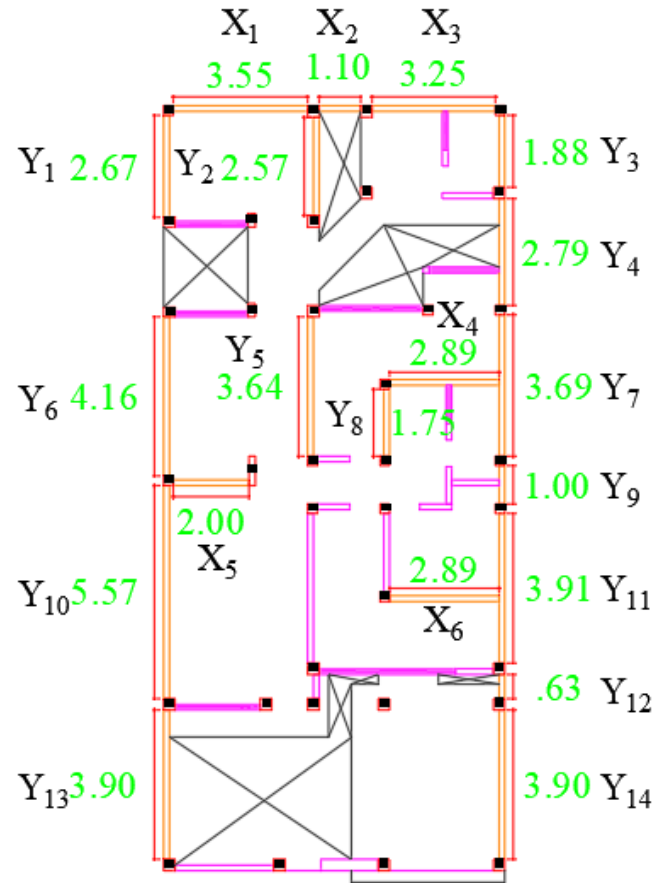
$$h = 2.8 \text{ m}$$

$$P_m = 1.8 \text{ ton/m}^3$$

$$P_S = 0.38 \text{ ton/m}^2$$

Ilustración 30:

Muros en "X" e "Y" de la primera planta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17:

Cálculo de áreas totales resistentes en "X" e "Y" de la primera planta

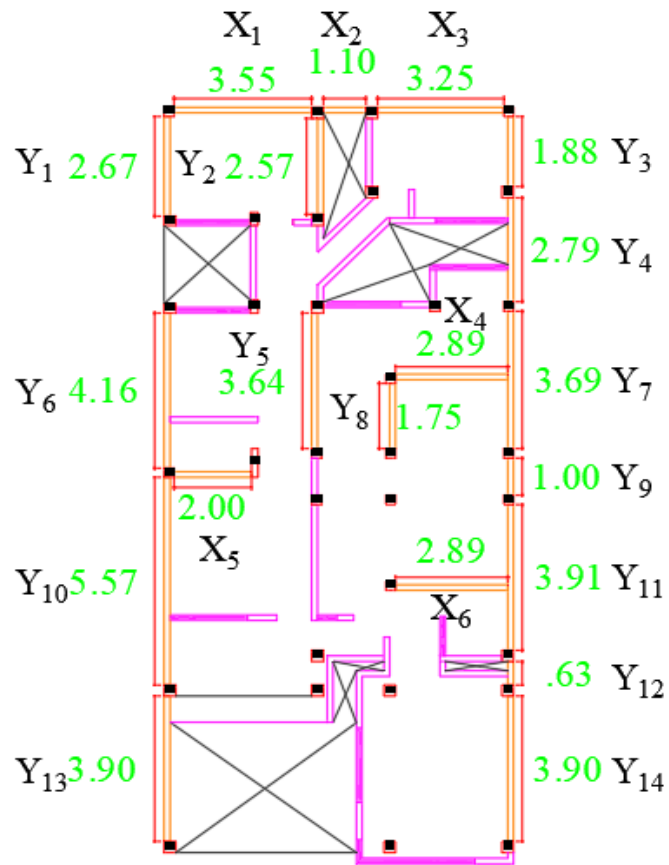
MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)	MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)
X1	3.55	0.13	0.46	Y1	2.67	0.13	0.35
X2	1.10	0.13	0.14	Y2	2.57	0.13	0.33
X3	3.25	0.13	0.42	Y3	1.88	0.13	0.24
X4	2.89	0.13	0.38	Y4	2.79	0.13	0.36
X5	2.00	0.13	0.26	Y5	3.64	0.13	0.47
X6	2.89	0.13	0.38	Y6	4.16	0.13	0.54
				Y7	3.69	0.13	0.48
				Y8	1.75	0.13	0.23
				Y9	1.00	0.13	0.13
				Y10	5.57	0.13	0.72

	Y11	3.91	0.13	0.51
	Y12	0.63	0.13	0.08
	Y13	3.90	0.13	0.51
	Y14	3.90	0.13	0.51
Ax		2.04	Ay 5.47	

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 31:

Muros en "X" e "Y" de la segunda planta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18:

Cálculo de áreas totales resistentes en "X" e "Y" de la segunda planta

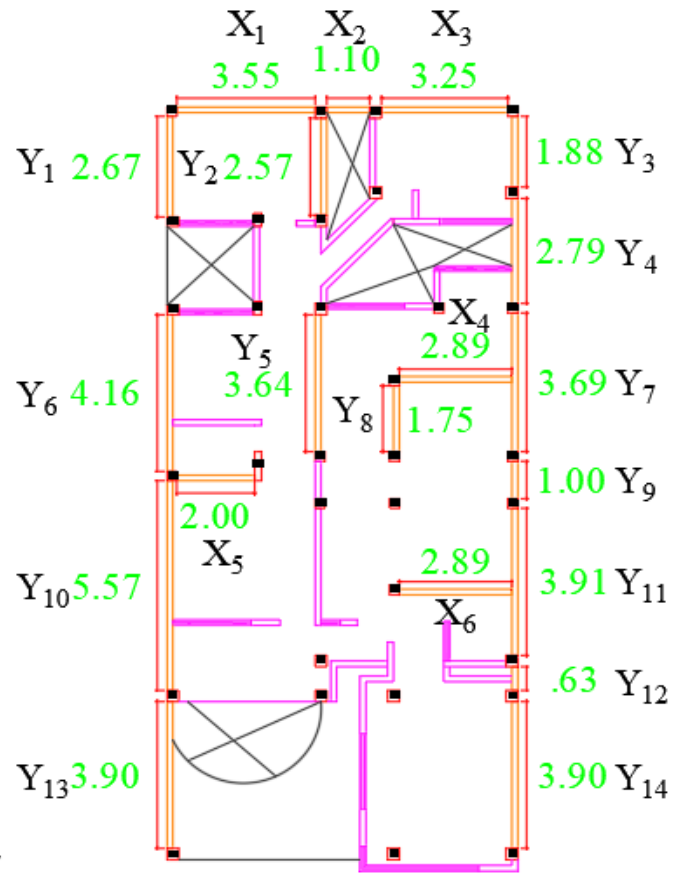
MURO	L (m)	t (m)	L*t (m2)	MURO	L (m)	t (m)	L*t (m2)
X1	3.55	0.13	0.46	Y1	2.67	0.13	0.35
X2	1.10	0.13	0.14	Y2	2.57	0.13	0.33
X3	3.25	0.13	0.42	Y3	1.88	0.13	0.24
X4	2.89	0.13	0.38	Y4	2.79	0.13	0.36
X5	2.00	0.13	0.26	Y5	3.64	0.13	0.47

X6	2.89	0.13	0.38	Y6	4.16	0.13	0.54		
				Y7	3.69	0.13	0.48		
				Y8	1.75	0.13	0.23		
				Y9	1.00	0.13	0.13		
				Y10	5.57	0.13	0.72		
				Y11	3.91	0.13	0.51		
				Y12	0.63	0.13	0.08		
				Y13	3.90	0.13	0.51		
				Y14	3.90	0.13	0.51		
Ax				2.04				Ay	5.47

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 32:

Muros en “X” e “Y” de la tercera planta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19:

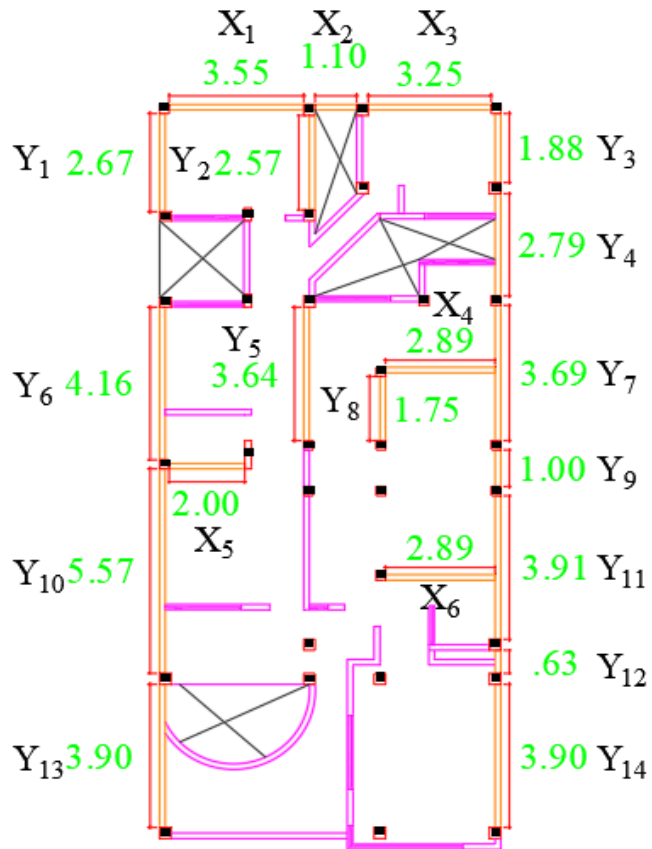
Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la tercera planta

MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)	MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)
------	-------	-------	-----------------------	------	-------	-------	-----------------------

X1	3.55	0.13	0.46	Y1	2.67	0.13	0.35
X2	1.10	0.13	0.14	Y2	2.57	0.13	0.33
X3	3.25	0.13	0.42	Y3	1.88	0.13	0.24
X4	2.89	0.13	0.38	Y4	2.79	0.13	0.36
X5	2.00	0.13	0.26	Y5	3.64	0.13	0.47
X6	2.89	0.13	0.38	Y6	4.16	0.13	0.54
				Y7	3.69	0.13	0.48
				Y8	1.75	0.13	0.23
				Y9	1.00	0.13	0.13
				Y10	5.57	0.13	0.72
				Y11	3.91	0.13	0.51
				Y12	0.63	0.13	0.08
				Y13	3.90	0.13	0.51
				Y14	3.90	0.13	0.51
Ax					2.04		
						Ay	
						5.47	

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 33:
Muros en “X” e “Y” de la cuarta planta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20:*Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la cuarta planta*

MURO	L (m)	t (m)	L*t (m2)	MURO	L (m)	t (m)	L*t (m2)	
X1	3.55	0.13	0.46	Y1	2.67	0.13	0.35	
X2	1.10	0.13	0.14	Y2	2.57	0.13	0.33	
X3	3.25	0.13	0.42	Y3	1.88	0.13	0.24	
X4	2.89	0.13	0.38	Y4	2.79	0.13	0.36	
X5	2.00	0.13	0.26	Y5	3.64	0.13	0.47	
X6	2.89	0.13	0.38	Y6	4.16	0.13	0.54	
				Y7	3.69	0.13	0.48	
				Y8	1.75	0.13	0.23	
				Y9	1.00	0.13	0.13	
				Y10	5.57	0.13	0.72	
				Y11	3.91	0.13	0.51	
				Y12	0.63	0.13	0.08	
				Y13	3.90	0.13	0.51	
				Y14	3.90	0.13	0.51	
			Ax	2.04			Ay	5.47

Fuente: Elaboración propia.

Promediamos los A_x y A_y de las cuatro plantas y obtenemos:

$$A = 2.04 \text{ m}^2$$

$$B = 5.47 \text{ m}^2$$

Por lo tanto:

$$q = \frac{(2.04 + 5.47) * 2.8}{132.51} * 1.8 + 0.38$$

$$q = 0.67$$

Hallamos C con la ecuación 1.1:

$$N = 4$$

$$\tau_k = 18 \text{ ton/m}^2$$

$$a_0 = 0.015$$

$$\gamma = 0.373$$

$$C = \frac{0.015 * 18}{0.67 * 4} \sqrt{1 + \frac{0.67 * 4}{1.5 * 0.015 * 18 * (1 + 0.373)}}$$

$$C = 0.135$$

Reemplazamos en la ecuación 1:

$$C' = 0.45$$

$$\alpha = \frac{0.135}{0.45}$$

$$\alpha = 0.30$$

La calificación de la vivienda es “D”.

- **VIVIENDA 03:**

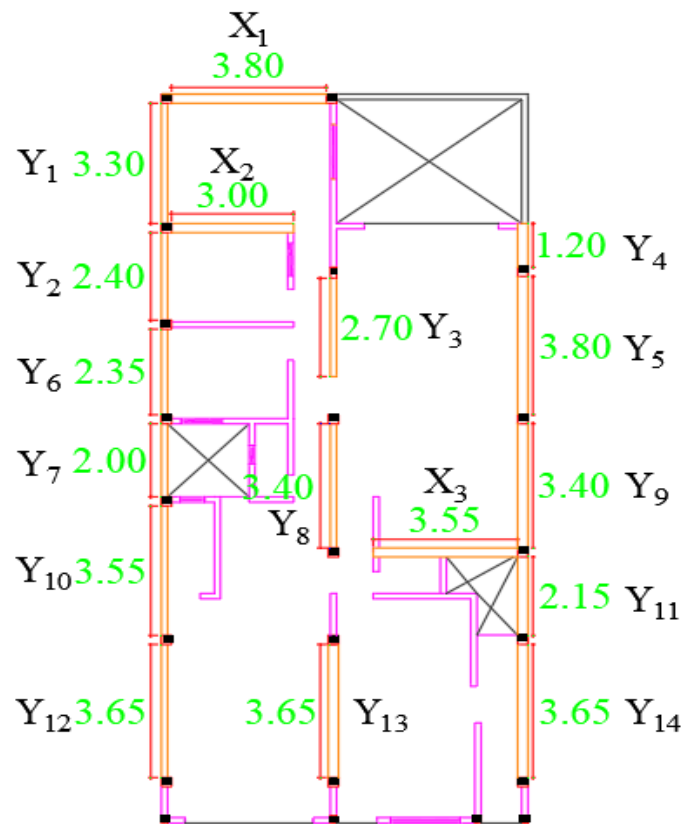
Calculamos “q” con la ecuación 1.2:

$$A_t = 154.82 \text{ m}^2$$

$$h = 2.8 \text{ m}$$

$$P_m = 1.8 \text{ ton/m}^3$$

$$P_S = 0.38 \text{ ton/m}^2$$

Ilustración 34:*Muros en "X" e "Y" de la primera planta*

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21:*Cálculo de áreas totales resistentes en "X" e "Y" de la primera planta*

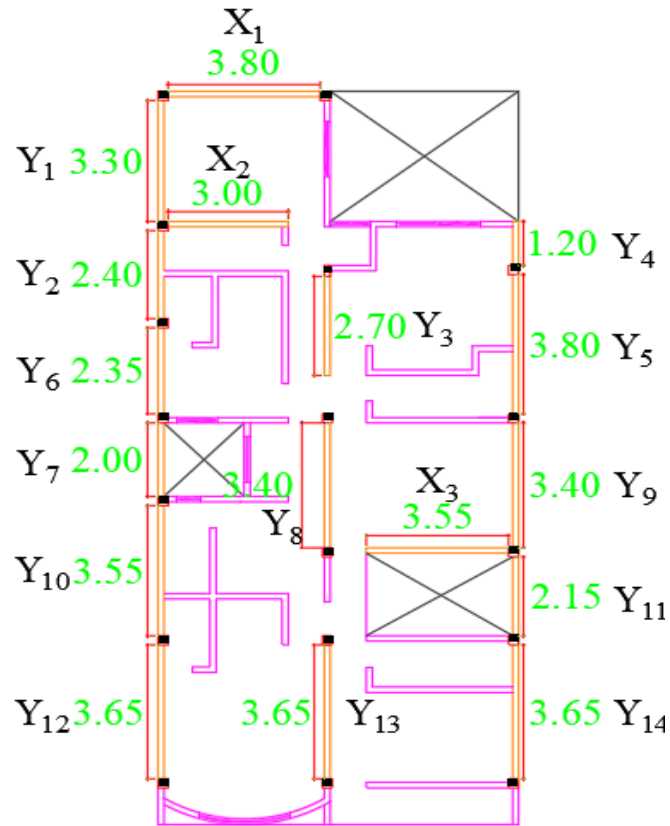
MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)	MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)
X1	3.80	0.23	0.87	Y1	3.30	0.13	0.43
X2	3.00	0.23	0.69	Y2	2.40	0.13	0.31
X3	3.55	0.23	0.82	Y3	2.70	0.13	0.35
				Y4	1.20	0.23	0.28
				Y5	3.80	0.23	0.87
				Y6	2.35	0.13	0.31
				Y7	2.00	0.13	0.26
				Y8	3.40	0.13	0.44
				Y9	3.40	0.23	0.78
				Y10	3.55	0.13	0.46
				Y11	2.15	0.23	0.49
				Y12	3.65	0.13	0.47

		Y13	3.65	0.23	0.84
		Y14	3.65	0.23	0.84
Ax		2.38		Ay	7.14

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 35:

Muros en "X" e "Y" de la segunda planta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22:

Cálculo de áreas totales resistentes en "X" e "Y" de la segunda planta

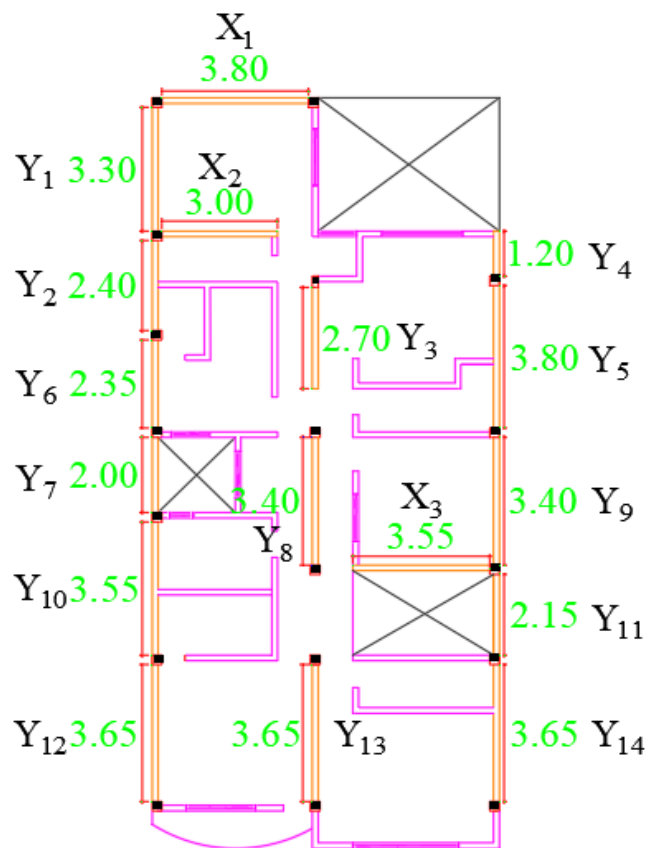
MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)	MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)
X1	3.80	0.13	0.49	Y1	3.30	0.13	0.43
X2	3.00	0.13	0.39	Y2	2.40	0.13	0.31
X3	3.55	0.13	0.46	Y3	2.70	0.13	0.35
				Y4	1.20	0.13	0.16
				Y5	3.80	0.13	0.49
				Y6	2.35	0.13	0.31
				Y7	2.00	0.13	0.26
				Y8	3.40	0.13	0.44

	Y9	3.40	0.13	0.44
	Y10	3.55	0.13	0.46
	Y11	2.15	0.13	0.28
	Y12	3.65	0.13	0.47
	Y13	3.65	0.13	0.47
	Y14	3.65	0.13	0.47
Ax		1.35		Ay 5.36

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 36:

Muros en "X" e "Y" de la tercera planta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23:

Cálculo de áreas totales resistentes en "X" e "Y" de la tercera planta

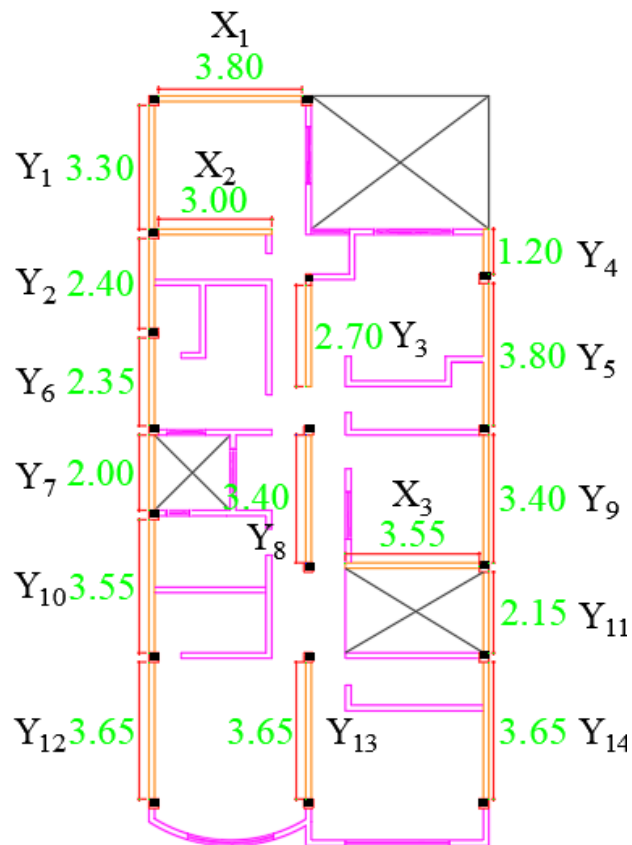
MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)	MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)
X1	3.80	0.13	0.49	Y1	3.30	0.13	0.43
X2	3.00	0.13	0.39	Y2	2.40	0.13	0.31
X3	3.55	0.13	0.46	Y3	2.70	0.13	0.35

Y4	1.20	0.13	0.16
Y5	3.80	0.13	0.49
Y6	2.35	0.13	0.31
Y7	2.00	0.13	0.26
Y8	3.40	0.13	0.44
Y9	3.40	0.13	0.44
Y10	3.55	0.13	0.46
Y11	2.15	0.13	0.28
Y12	3.65	0.13	0.47
Y13	3.65	0.13	0.47
Y14	3.65	0.13	0.47
Ax 1.35		Ay 5.36	

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 37:

Muros en "X" e "Y" de la cuarta planta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24:*Cálculo de áreas totales resistentes en “X” e “Y” de la cuarta planta*

MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)	MURO	L (m)	t (m)	L*t (m ²)	
X1	3.80	0.13	0.49	Y1	3.30	0.13	0.43	
X2	3.00	0.13	0.39	Y2	2.40	0.13	0.31	
X3	3.55	0.13	0.46	Y3	2.70	0.13	0.35	
				Y4	1.20	0.13	0.16	
				Y5	3.80	0.13	0.49	
				Y6	2.35	0.13	0.31	
				Y7	2.00	0.13	0.26	
				Y8	3.40	0.13	0.44	
				Y9	3.40	0.13	0.44	
				Y10	3.55	0.13	0.46	
				Y11	2.15	0.13	0.28	
				Y12	3.65	0.13	0.47	
				Y13	3.65	0.13	0.47	
				Y14	3.65	0.13	0.47	
			Ax	1.35			Ay	5.36

Fuente: Elaboración propia.

Promediamos los A_x y A_y de las cuatro plantas y tenemos:

$$A = 1.60 \text{ m}^2$$

$$B = 5.80 \text{ m}^2$$

Por lo tanto:

$$q = \frac{(1.60 + 5.80) * 2.8}{154.82} * 1.8 + 0.38$$

$$q = 0.62$$

Ahora hallamos C con la ecuación 1.1:

$$N = 4$$

$$\tau_k = 18 \text{ ton/m}^2$$

$$a_0 = 0.01$$

$$\gamma = 0.276$$

$$C = \frac{0.01 * 18}{0.62 * 4} \sqrt{1 + \frac{0.62 * 4}{1.5 * 0.01 * 18 * (1 + 0.276)}}$$

$$C = 0.089$$

Reemplazamos en la ecuación 1:

$$C' = 0.45$$

$$\alpha = \frac{0.089}{0.45}$$

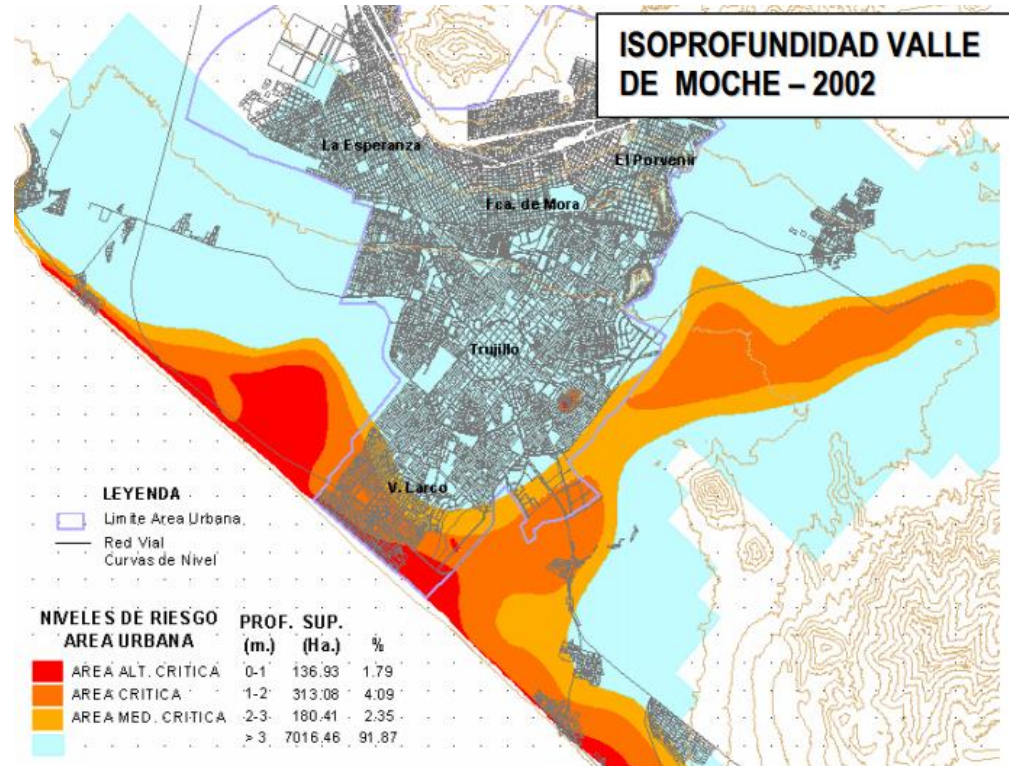
$$\alpha = 0.20$$

La calificación de la edificación es “D”.

2.1.4. Calificación del parámetro 4: Posición del edificio y Cimentación

El nivel freático en la urbanización Covicorti es visible a unos 4 o 5 metros de profundidad, considerándose despreciable en nuestro estudio así como la humedad en la cimentación. La siguiente ilustración demuestra el alcance de los niveles freáticos según la zona:

Ilustración 38:
Mapa de profundidad de niveles freáticos

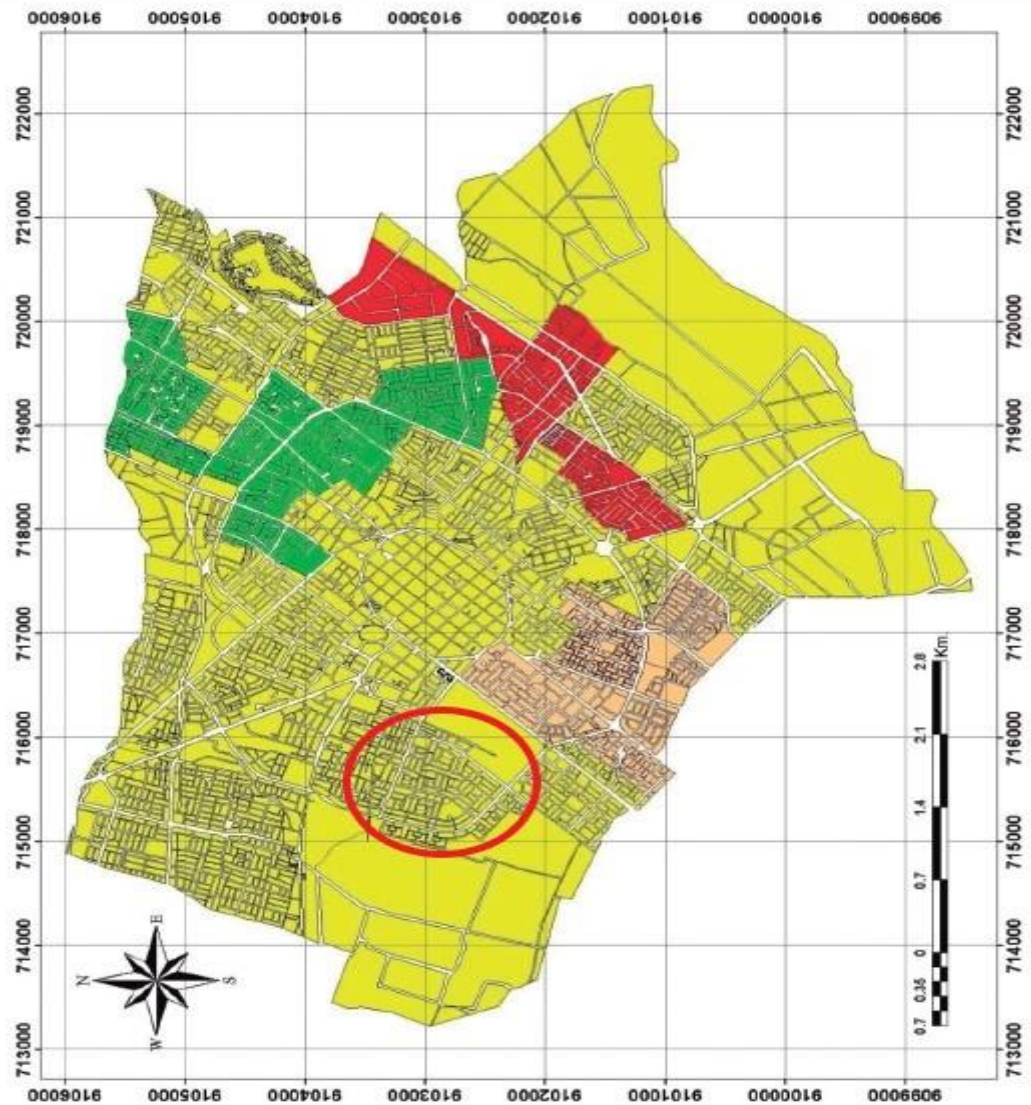


Fuente: Municipalidad Provincial de Trujillo.

El tipo de suelo que predomina en la urbanización es el Suelo arcilloso de ligera y mediada plasticidad (CL). “Se caracterizan por ser muy consistentes en estado seco, pero que se ablandan hasta reducir un 70% de su capacidad admisible cuando se saturan, volviéndose compresibles de acuerdo al estado de plasticidad que tiene. Estos suelos tienen una consistencia de semidura - dura en el estado en que se encuentran “in situ”. Su capacidad admisible oscila entre 0.7 y 1.2 Kg/cm²” (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2003). Por ello, consideramos que el perfil del suelo para las tres viviendas es S2 INTERMEDIO según la norma E.030 “Diseño sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones”.

Ilustración 39:

Mapa y leyenda de la Microzonificación Geotécnica del distrito de Trujillo

**Leyenda:**

- **Zona 1**
qadm = 1.100 a 1.528 kg/cm²
- **Zona 2**
qadm = 0.939 a 1.129 kg/cm²
- **Zona 3**
qadm = 0.914 a 1.099 kg/cm²
- **Zona 4**
qadm = 0.794 a 0.939 kg/cm²

Fuente: Enrique Luján Silva.

Para la calificación de este parámetro en las viviendas construidas con un sistema de albañilería confinada se tendrá en cuenta los siguientes puntos:

A : Edificación cimentada sobre suelo rígido y según la norma E. 070, sin presencia de humedad ni sales.

B : Edificación cimentada sobre suelo intermedio y flexible, según la norma E – 070, sin presencia de humedad ni sales.

C : Edificación cimentada sobre suelo intermedio y flexible, según la norma E – 070, con presencia de humedad y sales.

D : Edificación cimentada sin proyecto aprobado ni asesoría técnica, con presencia de sales y humedad. Estado de conservación deteriorado.

- **VIVIENDA 01:**

Ilustración 40:

Foto del primer nivel de la edificación. Sin presencia de sales ni humedades



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 41:

Foto de la vista panorámica del exterior de la vivienda



Fuente: Elaboración propia.

No hay pendiente de terreno en exteriores e interiores, y la presencia de sales y humedades en el suelo del primer nivel no existen.

Considerando que es un suelo INTERMEDIO, la calificación para este inmueble es “B”.

- **VIVIENDA 02:**

Ilustración 42:

Foto de la vista panorámica del exterior de la vivienda



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 43:

Foto del interior de la edificación sin presencia de sales y/o humedades



Fuente: Elaboración propia.

No hay pendiente de terreno en exteriores e interiores, y la presencia de sales y humedades en el suelo del primer nivel es nula.

Considerando que es un suelo INTERMEDIO, la calificación para esta vivienda es “B”.

- **VIVIENDA 03:**

Ilustración 44:

Foto de la vista panorámica del exterior de la vivienda



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 45:

Foto de la presencia de sales y humedades en las paredes de la primera planta



Fuente: Elaboración propia.

No hay pendiente en el terreno ni alrededores. Existe humedad en todos los pisos de la edificación por errores arquitectónicos con las tuberías de agua y desagüe. Teniendo en cuenta estos detalles, la calificación para esta edificación es “C”.

2.1.5. Calificación del parámetro 5: Diafragmas Horizontales

Para la calificación de este parámetro tendremos en cuenta los siguientes puntos:

A : Edificaciones con diafragma que satisfacen las siguientes condiciones:

1. Ausencia de planos a desnivel.

2. La deformabilidad del diafragma es despreciable.

3. La conexión entre el diafragma y el muro es eficaz.

B : Edificación que no cumple con una de las condiciones de la clase A.

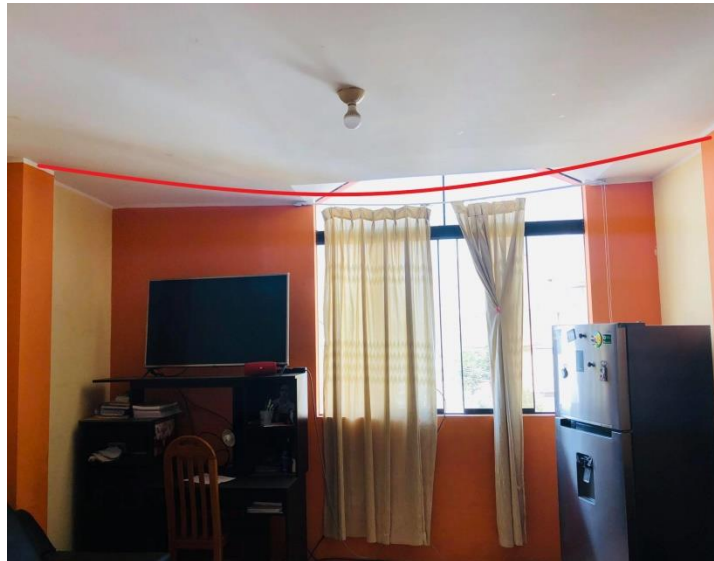
C : Edificación que no cumple con dos de las condiciones de la clase A.

D : Edificación que no cumple con ninguna de las condiciones de la clase A.

- **VIVIENDA 01:**

Ilustración 46:

Foto de la deformabilidad del diafragma en el tercer nivel



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 47:

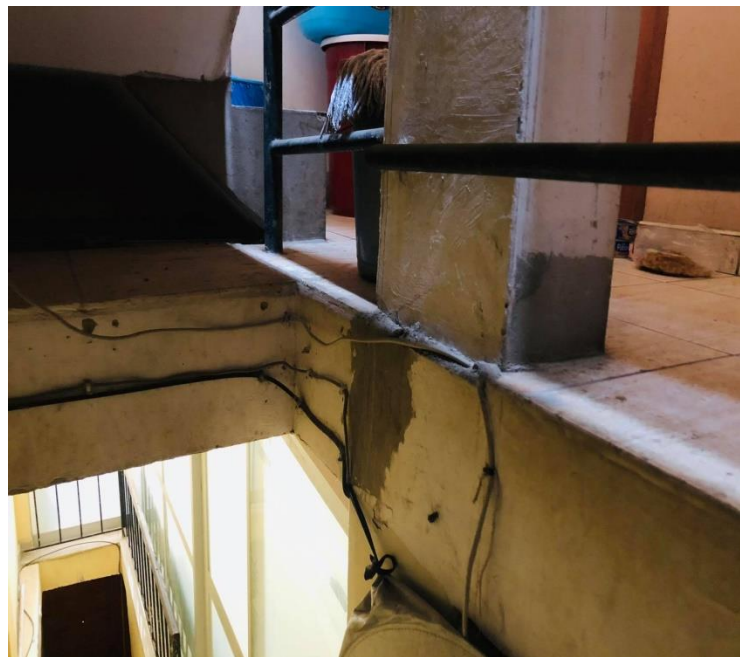
Foto de la conexión muro, columna y diafragma en el cuarto nivel



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 48:

Foto de la conexión columna, viga y diafragma en el segundo nivel



Fuente: Elaboración propia.

No existen planos a desnivel. La deflexión registrada en el diafragma - viga

del tercer nivel, causado por diversos factores como el exceso carga de tabiquería en el piso superior, pésima conexión de las vigas perpendiculares y deficiencias constructivas, es considerada importante en la investigación. El arriostramiento de los elementos verticales y horizontales con el diafragma es adecuado. Los muros se sitúan bien conectados a las losas. Por lo tanto, para este parámetro optamos por calificarla con “B” cumpliendo solo dos de los requisitos establecidos.

- **VIVIENDA 02:**

Ilustración 49:

Foto de las conexiones de columnas, vigas y diafragma en el segundo nivel



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 50:

Foto de las conexiones columnas, vigas y muros portantes al diafragma en el primer nivel



Fuente: Elaboración propia

No existen planos a desnivel ni deflexiones en ninguno de los diafragmas. El arriostramiento de las vigas, columnas y losa es adecuado. Los muros portantes están bien conectados a los diafragmas. El sistema constructivo de los mismos tiende cumplir los requisitos mínimos de la norma. Por lo tanto, la calificación para esta edificación es de “A”.

- **VIVIENDA 03:**

Ilustración 51:

Foto de la deformabilidad de la viga - diafragma en el primer nivel



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 52:

Foto de la conexión columnas, viga y muro portante al diafragma en el segundo nivel



Fuente: Elaboración propia.

No existen planos a desnivel. La deflexión registrada en el diafragma del primer nivel, causado principalmente por el exceso de carga de tabiquería en el piso superior, es considerada despreciable al no poder percibirse con facilidad. El arriostramiento de los elementos verticales y horizontales con el

diafragma es adecuado. Los muros se sitúan bien conectados a las losas. Por lo tanto, para este parámetro optamos por calificarla con “A” cumpliendo todos los requisitos establecidos.

2.1.6. Calificación del parámetro 6: Configuración en Planta

Debido que las plantas de las tres viviendas son asimétricas, en la calificación de este parámetro tendremos en cuenta los siguientes puntos:

$$A : IR \leq 0.10.$$

$$B : 0.10 < IR \leq 0.50.$$

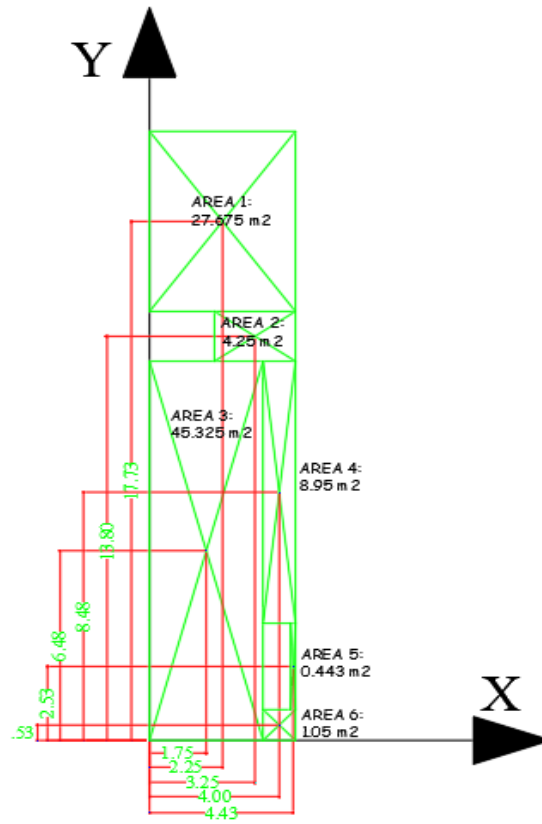
$$C : 0.50 < IR \leq 1.00.$$

$$D : IR > 1.00.$$

- **VIVIENDA 01:**

Calculamos los valores de los centros de gravedad x_g e y_g con las ecuaciones 2.1 y 3.1:

Ilustración 53:
Áreas en planta del primer aligerado



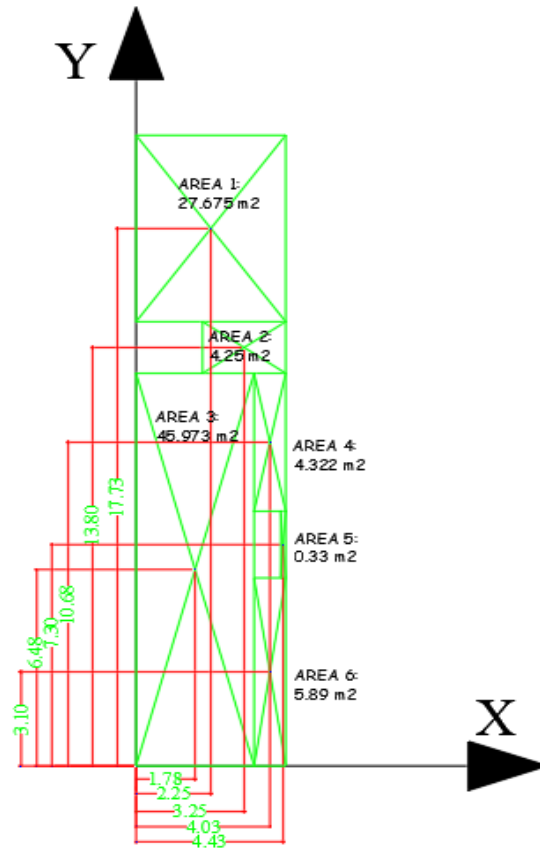
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25:
Centros de gravedad para el primer aligerado

FIGURA	ÁREA Ai (m ²)	Xi (m) GLOBAL	Yi (m) GLOBAL	Ai*Xi	Ai*Yi	Xgl (m)	Ygl (m)
1	27.625	2.250	17.730	62.156	489.791	-	-
2	4.250	3.250	13.800	13.813	58.650	-	-
3	45.325	1.750	6.480	79.319	293.706	-	-
4	8.950	4.000	8.480	35.800	75.896	-	-
5	0.443	4.430	2.530	1.962	1.121	-	-
6	1.050	4.000	0.530	4.200	0.557	-	-
Σ	87.643			Σ 197.250	919.721	2.251	10.494

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 54:
Áreas en planta del segundo y tercer aligerado



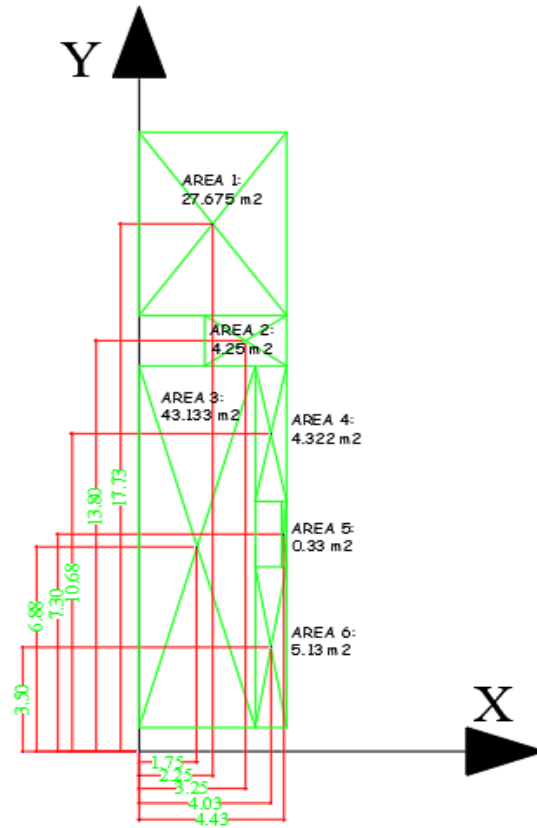
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26:
Centros de gravedad para el segundo y tercer aligerado

SEGUNDA PLANTA							
FIGURA	ÁREA Ai (m ²)	Xi (m) GLOBAL	Yi (m) GLOBAL	Ai*Xi	Ai*Yi	Xg1 (m)	Yg1 (m)
1	27.625	2.250	17.730	62.156	489.791	-	-
2	4.250	3.250	13.800	13.813	58.650	-	-
3	45.973	1.780	6.480	81.832	297.905	-	-
4	4.322	4.030	10.680	17.418	46.159	-	-
5	0.330	4.430	7.300	1.462	2.409	-	-
6	5.890	4.030	3.100	23.737	18.259	-	-
Σ	88.390			Σ 200.417	913.173	2.267	10.331

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 55:
Áreas en planta del cuarto aligerado



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27:
Centros de gravedad para el cuarto aligerado

FIGURA	ÁREA Ai (m ²)	Xi (m) GLOBAL	Yi (m) GLOBAL	Ai*Xi	Ai*Yi	Xg1 (m)	Yg1 (m)
1	27.625	2.250	17.730	62.156	489.791	-	-
2	4.250	3.250	13.800	13.813	58.650	-	-
3	43.133	1.750	10.680	75.483	460.660	-	-
4	4.322	4.030	7.300	17.418	31.551	-	-
5	0.330	4.430	6.880	1.462	2.270	-	-
6	5.130	4.030	3.500	20.674	17.955	-	-
Σ	84.790			Σ 191.005	1060.878	2.253	12.512

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28:
Centros de gravedad total

Xg (m)	Yg (m)
2.251	10.494
2.267	10.331
2.376	10.517
2.253	12.512
2.287	10.964

Fuente: Elaboración propia.

Hallamos x_m e y_m considerando valores promedio:

$$x_{\max} = Px_{\max} = (4.43 \cdot 4) / 4 = 4.43 \text{ m.}$$

$$x_{\min} = Px_{\min} = (1.75 \cdot 2 + 1.78 \cdot 2) / 4 = 1.77 \text{ m.}$$

$$y_{\max} = Py_{\max} = (17.73 \cdot 4) / 4 = 17.73 \text{ m.}$$

$$y_{\min} = Py_{\min} = (0.53 + 3.1 \cdot 2 + 3.5) / 4 = 2.56 \text{ m.}$$

Reemplazamos en las ecuaciones 2.2 y 3.2:

$$x_m = \frac{(1.77 + 4.43)}{2}$$

$$x_m = 3.10 \text{ m.}$$

$$y_m = \frac{(2.56 + 17.73)}{2}$$

$$y_m = 10.15 \text{ m.}$$

Encontramos IR_x e IR_y con las ecuaciones 2 y 3:

$$IR_x = \frac{|2.287 - 3.10|}{\frac{1}{2}|4.43 - 1.77|}$$

$$IR_x = 0.59$$

$$IR_y = \frac{|11.01 - 10.15|}{\frac{1}{2}|17.73 - 2.56|}$$

$$IR_y = 0.11$$

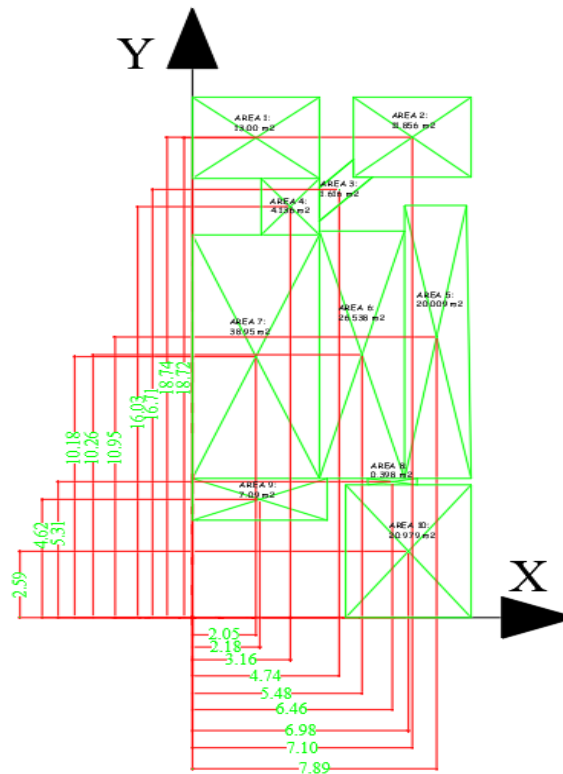
Escogemos el valor máximo de IR teniendo como resultado $IR_x = 0.59$. Por lo tanto, la calificación de este parámetro para la VIVIENDA 01 es “C”.

- **VIVIENDA 02:**

Calculamos los valores de los centros de gravedad x_g e y_g con las ecuaciones 2.1 y 3.1:

Ilustración 56:

Áreas en planta del primer aligerado



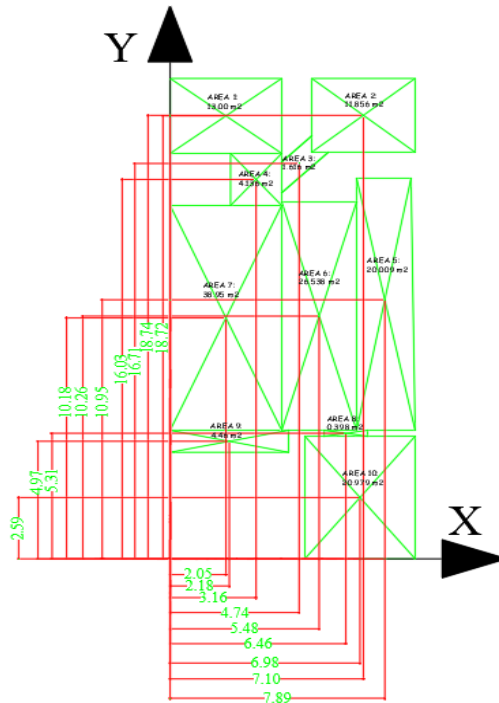
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29:
Centro de gravedad para el primer aligerado

FIGURA	ÁREA Ai (m2)	Xi (m) GLOBAL	Yi (m) GLOBAL	Ai*Xi	Ai*Yi	Xgl (m)	Ygl (m)
1	13.000	2.050	18.720	26.650	243.360	-	-
2	11.856	7.100	18.740	84.178	222.181	-	-
3	1.616	4.740	16.705	7.660	26.995	-	-
4	4.136	3.160	16.030	13.070	66.300	-	-
5	20.009	7.890	10.950	157.871	219.099	-	-
6	26.538	5.480	10.260	145.428	272.280	-	-
7	38.950	2.050	10.180	79.848	396.511	-	-
8	0.398	6.460	5.310	2.571	2.113	-	-
9	7.090	2.180	4.620	15.456	32.756	-	-
10	20.979	6.980	2.590	146.433	54.336	-	-
Σ	144.572			Σ 679.165	1535.931	4.698	10.624

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 57:
Áreas en planta del segundo aligerado



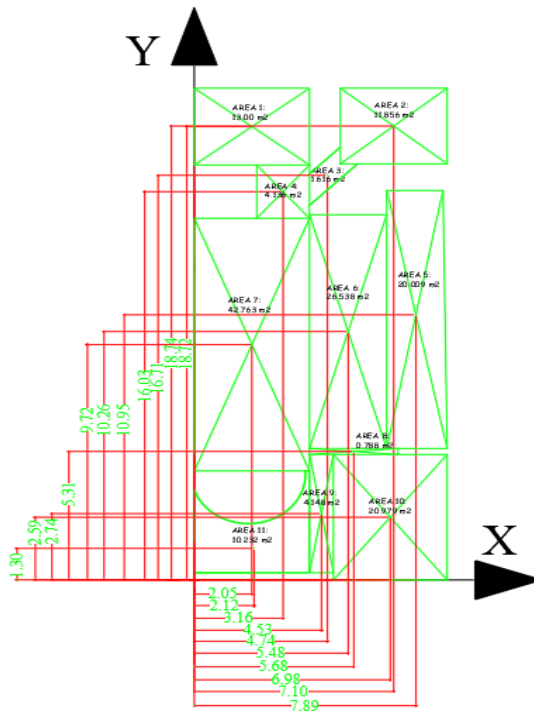
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30:
Centro de gravedad para el segundo aligerado

FIGURA	ÁREA Ai (m2)	Xi (m) GLOBAL	Yi (m) GLOBAL	Ai*Xi	Ai*Yi	Xg1 (m)	Yg1 (m)
1	13.000	2.050	18.720	26.650	243.360	-	-
2	11.856	7.100	18.740	84.178	222.181	-	-
3	1.616	4.740	16.705	7.660	26.995	-	-
4	4.136	3.160	16.030	13.070	66.300	-	-
5	20.009	7.890	10.950	157.871	219.099	-	-
6	26.538	5.480	10.260	145.428	272.280	-	-
7	38.950	2.050	10.180	79.848	396.511	-	-
8	0.398	6.460	5.310	2.571	2.113	-	-
9	4.460	2.180	4.970	9.723	22.166	-	-
10	20.979	6.980	2.590	146.433	54.336	-	-
Σ	141.942			Σ 673.431	1525.341	4.744	10.746

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 58:
Áreas en planta del tercer aligerado



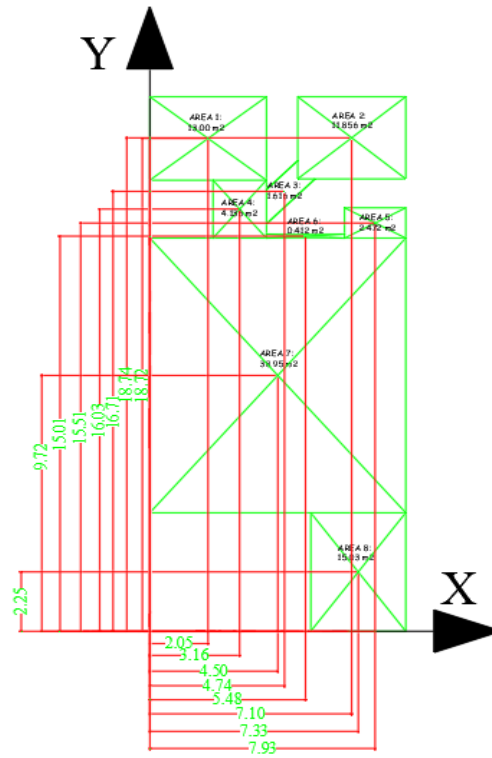
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31:
Centro de gravedad para el tercer aligerado

FIGURA	ÁREA Ai (m ²)	Xi (m) GLOBAL	Yi (m) GLOBAL	Ai*Xi	Ai*Yi	Xg1 (m)	Yg1 (m)
1	13.000	2.050	18.720	26.650	243.360	-	-
2	11.856	7.100	18.740	84.178	222.181	-	-
3	1.616	4.740	16.705	7.660	26.995	-	-
4	4.136	3.160	16.030	13.070	66.300	-	-
5	20.009	7.890	10.950	157.871	219.099	-	-
6	26.538	5.480	10.260	145.428	272.280	-	-
7	42.763	2.050	9.720	87.664	415.656	-	-
8	0.788	5.680	5.310	4.476	4.184	-	-
9	4.148	4.530	2.740	18.790	11.366	-	-
10	20.979	6.980	2.590	146.433	54.336	-	-
11	10.232	2.120	1.303	21.692	13.332	-	-
Σ 156.065		Σ 713.912		1549.089		4.574	9.926

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 59:
Áreas en planta del cuarto aligerado



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32:
Centro de gravedad para el cuarto aligerado

FIGURA	ÁREA Ai (m ²)	Xi (m) GLOBAL	Yi (m) GLOBAL	Ai*Xi	Ai*Yi	Xg1 (m)	Yg1 (m)
1	13.000	2.050	18.720	26.650	243.360	-	-
2	11.856	7.100	18.740	84.178	222.181	-	-
3	1.616	4.740	16.705	7.660	26.995	-	-
4	4.136	3.160	16.030	13.070	66.300	-	-
5	2.472	7.930	15.510	19.603	38.341	-	-
6	0.412	5.480	15.010	2.258	6.184	-	-
7	38.950	4.500	9.720	175.275	378.594	-	-
8	15.030	7.330	2.250	110.170	33.818	-	-
Σ 87.472		Σ 438.863		1015.773	5.017	11.613	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33:
Centros de gravedad total

Xg (m)	Yg (m)
4.698	10.624
4.744	10.746
4.574	9.926
5.017	11.613
4.758	10.727

Fuente: Elaboración propia.

Hallamos x_m e y_m considerando valores promedio:

$$x_{\max} = Px_{\max} = (7.89*3+7.93)/4 = 7.90 \text{ m.}$$

$$x_{\min} = Px_{\min} = (2.05*4)/4 = 2.05 \text{ m.}$$

$$y_{\max} = Py_{\max} = (18.74*4)/4 = 18.74 \text{ m.}$$

$$y_{\min} = Py_{\min} = (2.59*2+1.3+2.25)/4 = 2.183 \text{ m.}$$

Reemplazamos en las ecuaciones 2.2 y 3.2:

$$x_m = \frac{(2.05 + 7.90)}{2}$$

$$x_m = 4.975 \text{ m.}$$

$$y_m = \frac{(2.183 + 18.74)}{2}$$

$$y_m = 10.462 \text{ m.}$$

Encontramos IR_x e IR_y con las ecuaciones 2 y 3:

$$IR_x = \frac{|4.758 - 4.975|}{\frac{1}{2}|7.90 - 2.05|}$$

$$IR_x = 0.074$$

$$IR_y = \frac{|10.727 - 10.472|}{\frac{1}{2}|18.74 - 2.183|}$$

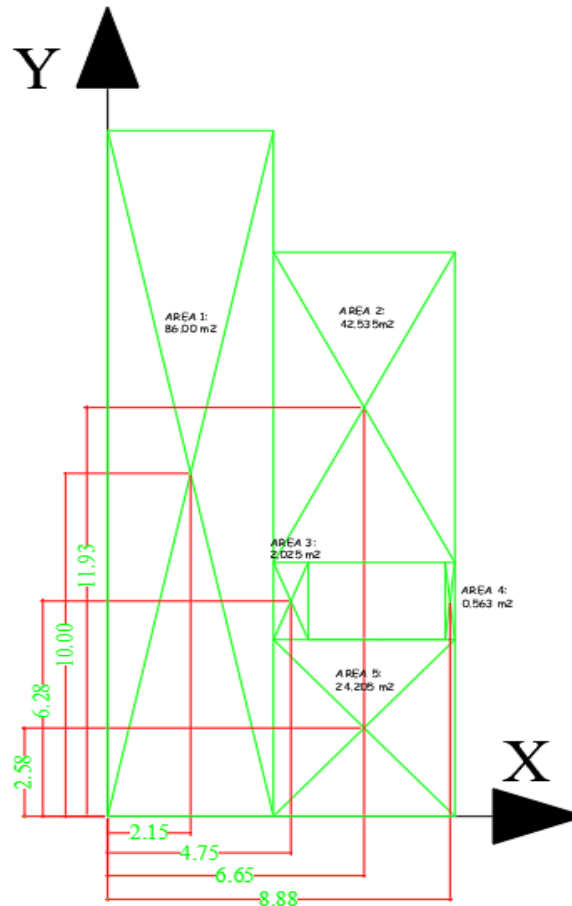
$$IR_y = 0.031$$

Escogemos el valor máximo de IR teniendo como resultado $IR_x = 0.074$. Por lo tanto, la calificación de este parámetro para la VIVIENDA 02 es "A".

- **VIVIENDA 03:**

Para la última edificación calculamos los valores de los centros de gravedad x_g e y_g con las ecuaciones 2.1 y 3.1:

Ilustración 60:
Áreas en planta del primer aligerado

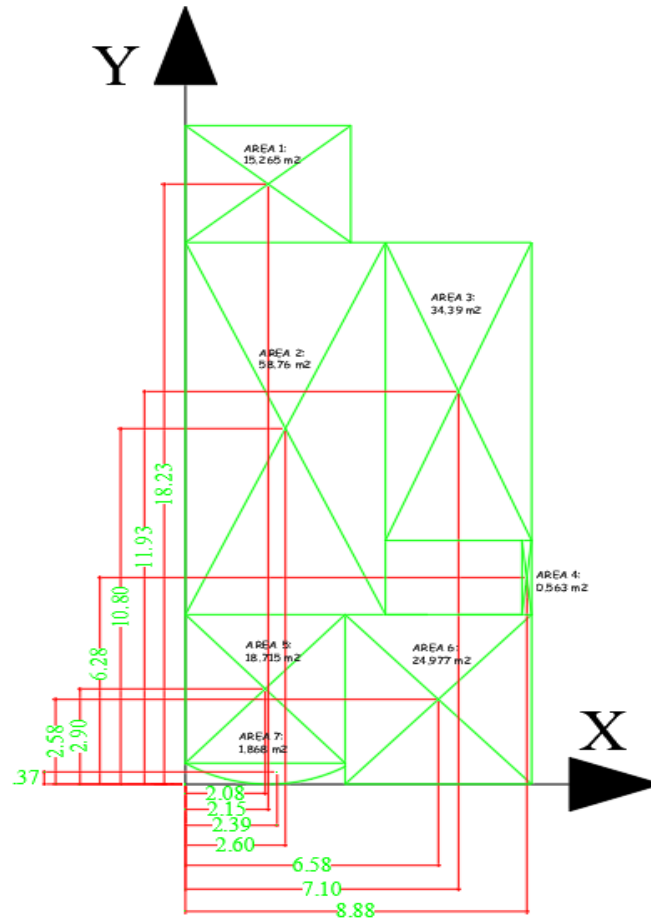


Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34:
Centro de gravedad para el primer aligerado

FIGURA	ÁREA A_i (m ²)	X_i (m) GLOBAL	Y_i (m) GLOBAL	$A_i * X_i$	$A_i * Y_i$	X_{g1} (m)	Y_{g1} (m)
1	86.000	2.150	10.000	184.900	860.000	-	-
2	42.535	6.650	11.930	282.858	507.443	-	-
3	2.025	4.750	6.280	9.619	12.717	-	-
4	0.563	8.880	6.280	4.999	3.536	-	-
5	24.205	6.650	2.580	160.963	62.449	-	-
Σ	155.328			Σ 643.339	1446.144	4.142	9.310

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 61:*Áreas en planta del segundo y tercer aligerado*

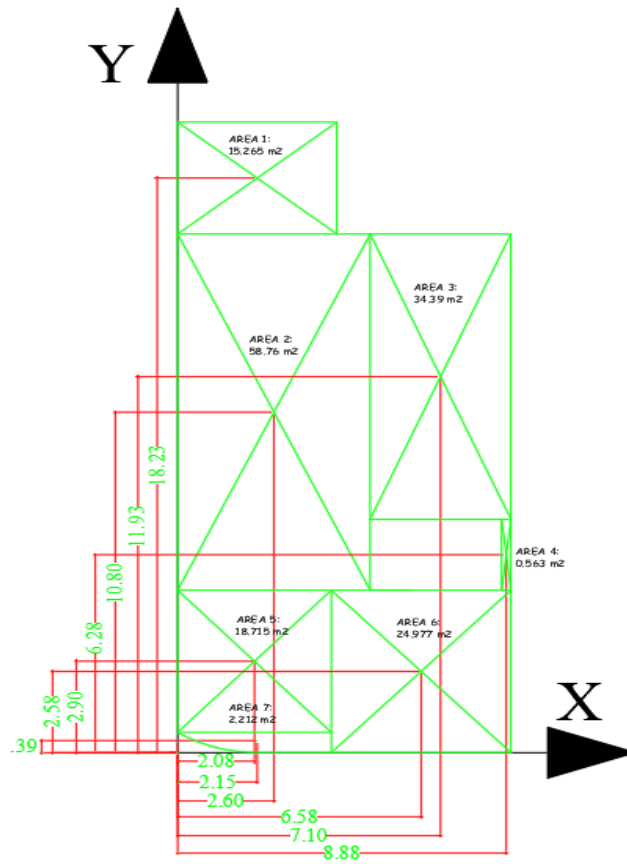
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35:*Centro de gravedad para el segundo y tercer aligerado*

FIGURA	ÁREA A _i (m ²)	X _i (m) GLOBAL	Y _i (m) GLOBAL	A _i *X _i	A _i *Y _i	X _{g1} (m)	Y _{g1} (m)
1	15.265	2.150	18.230	32.820	278.281	-	-
2	58.760	2.600	10.800	152.776	634.608	-	-
3	34.390	7.100	11.930	244.169	410.273	-	-
4	0.563	8.880	6.280	4.999	3.536	-	-
5	18.715	2.080	2.900	38.927	54.274	-	-
6	24.977	6.580	2.580	164.349	64.441	-	-
7	1.868	2.390	0.370	4.465	0.691	-	-
Σ	154.538			Σ 642.505	1446.103	4.158	9.358

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 62:
Áreas en planta del cuarto aligerado



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36:
Centro de gravedad para el cuarto aligerado

FIGURA	ÁREA A _i (m ²)	X _i (m) GLOBAL	Y _i (m) GLOBAL	A _i *X _i	A _i *Y _i	X _{g1} (m)	Y _{g1} (m)
1	15.265	2.150	18.230	32.820	278.281	-	-
2	58.760	2.600	10.800	152.776	634.608	-	-
3	34.390	7.100	11.930	244.169	410.273	-	-
4	0.563	8.880	6.280	4.999	3.536	-	-
5	18.715	2.080	2.900	38.927	54.274	-	-
6	24.977	6.580	2.580	164.349	64.441	-	-
7	2.212	2.150	0.390	4.756	0.863	-	-
Σ 154.882			Σ 642.796	1446.274		4.150	9.338

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37:
Centro de gravedad total

Xg (m)	Yg (m)
4.142	9.310
4.158	9.358
4.158	9.358
4.150	9.338
4.152	9.341

Fuente: Elaboración propia.

Hallamos x_m e y_m considerando valores promedio:

$$x_{\max} = Px_{\max} = (8.88 \cdot 4) / 4 = 8.88 \text{ m.}$$

$$x_{\min} = Px_{\min} = (2.15 + 2.08 \cdot 3) / 4 = 2.10 \text{ m.}$$

$$y_{\max} = Py_{\max} = (11.93 + 18.23 \cdot 3) / 4 = 16.66 \text{ m.}$$

$$y_{\min} = Py_{\min} = (2.58 + 0.37 \cdot 2 + 0.39) / 4 = 0.93 \text{ m.}$$

Reemplazamos en las ecuaciones 2.2 y 3.2:

$$x_m = \frac{(2.10 + 8.88)}{2}$$

$$x_m = 5.49 \text{ m.}$$

$$y_m = \frac{(0.93 + 16.66)}{2}$$

$$y_m = 8.80 \text{ m.}$$

Encontramos IR_x e IR_y con las ecuaciones 2 y 3:

$$IR_x = \frac{|4.152 - 5.49|}{\frac{1}{2}|8.88 - 2.10|}$$

$$IR_x = 0.395$$

$$IR_y = \frac{|9.341 - 8.80|}{\frac{1}{2}|16.66 - 0.93|}$$

$$IR_y = 0.069$$

Escogemos el valor máximo de IR teniendo como resultado $IR_x = 0.395$. Por lo tanto, la calificación de este parámetro para la VIVIENDA 03 es “B”.

2.1.7. Calificación del parámetro 7: Configuración en Elevación

Para la calificación de este parámetro tendremos en cuenta los siguientes puntos:

A : si $0.75 < T/H$.

B : si $0.50 < T/H \leq 0.75$.

C : si $0.25 < T/H \leq 0.50$.

D : si $T/H \leq 0.25$.

- **VIVIENDA 01:**

Como se puede apreciar en la ilustración 7, no existen considerables diferencias de masas en ninguno de los pisos, siendo regular en todos los niveles. De tal manera, la relación T/H es igual a la unidad. Por lo tanto, la calificación para este parámetro es “A”.

- **VIVIENDA 02:**

De acuerdo con lo observado en la ilustración 8, el frente se divide en dos bloques formando una “L” en planta, donde la parte del fondo está libre de torretas en altura, mientras la que sobresale tiene tabiquería en volado, considerándose despreciable por sus dimensiones e influencia en la estructura. Por lo tanto, la calificación para este parámetro es “A” debido al resultado de la relación T/H igual a la unidad.

- **VIVIENDA 03:**

Como se observa en la ilustración 9, el frente de la edificación no cuenta con muros portantes ni torretas en altura, mostrando así total regularidad en elevación. Se ha optado por calificarla con “A” al tener una relación T/H igual a la unidad y mayor que 0.75.

2.1.8. Calificación del parámetro 8: Distancia Máxima entre Muros

Para calificar el parámetro 8 tendremos en cuenta los siguientes puntos:

A : si $L/S \leq 15$

B : si $15 < L/S \leq 18$

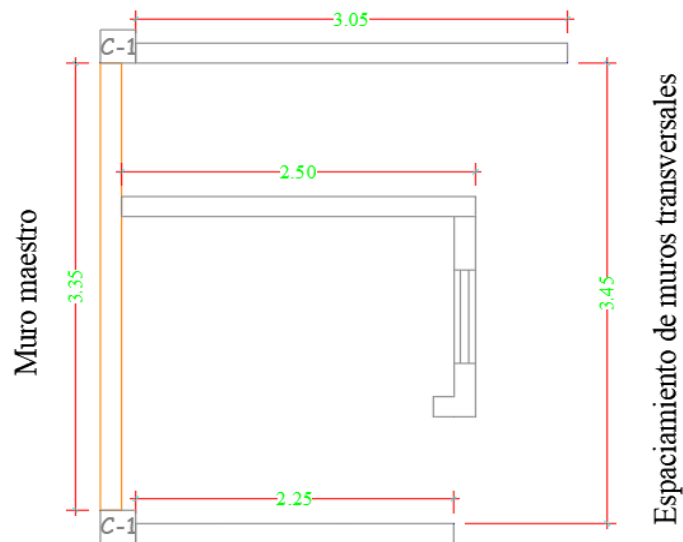
C : si $18 < L/S \leq 25$

D : si $25 < L/S$

- **VIVIENDA 01:**

Ilustración 63:

Muro maestro y muros secundarios de la VIVIENDA 01



Fuente: Elaboración propia.

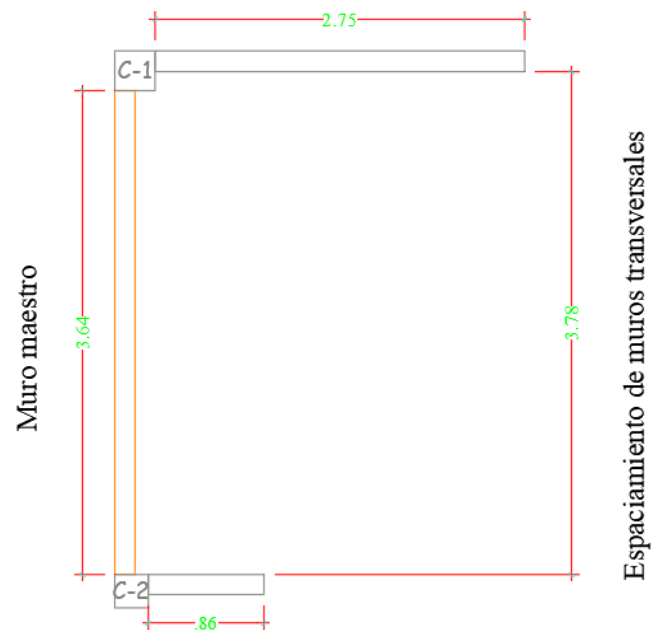
El muro portante más significativo se encontraba en la parte posterior de la edificación, sin embargo, transversalmente están conectados con otros dos

muros portantes los cuales no podían ser retirados de ninguna manera por cuestiones arquitectónicas de ampliación o remodelación. Por ello, elegimos un segundo muro maestro ubicado en el segundo nivel que estaba conectado por dos muros de tabiquería, ajustándose a lo que se necesitaba. El distanciamiento entre muros secundarios es $L=3.45$ m. y el espesor del muro maestro es $S=0.15$ m. (con tarrajeo), dando como resultado a la relación $L/S=23$. Por lo tanto, la calificación para esta vivienda es “C”.

- **VIVIENDA 02:**

Ilustración 64:

Muro maestro y muros secundarios de la VIVIENDA 02

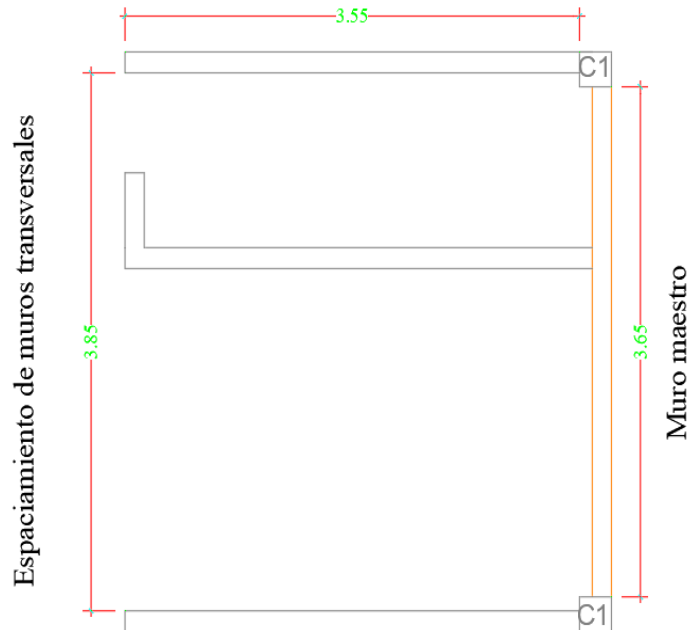


Fuente: Elaboración propia.

Como muro maestro elegimos al que se ubicaba en el centro de la edificación, con una longitud considerable y transversalmente conectado con dos muros secundarios. El distanciamiento entre muros secundarios es $L=3.78$ m. y el espesor del muro maestro es $S=0.15$ m. (con tarrajeo), dando

como resultado a la relación $L/S=25.2$. Por lo tanto, la calificación para esta vivienda es “D”.

- **VIVIENDA 03:**



Como muro maestro elegimos al que se ubicaba en la parte inferior derecha del segundo piso de la edificación, con una longitud considerable y transversalmente conectado con dos muros secundarios. El distanciamiento entre muros secundarios es $L=3.85$ m. y el espesor del muro maestro es $S=0.15$ m. (con tarrajeo), dando como resultado a la relación $L/S=25.7$. Por lo tanto, la calificación para esta vivienda es “D”.

2.1.9. Calificación del parámetro 9: Tipo de Cubierta

Para la calificación de este parámetro, es oportuno tener en cuenta los siguientes puntos:

A : Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas y de material liviano. Edificación con cubierta plana.

B : Cubierta inestable de material liviano y en buenas condiciones.

C : Cubierta inestable de material liviano y en malas condiciones.

D : Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

- **VIVIENDA 01:**

Ilustración 65:

Foto de la VIVIENDA 01 en la azotea



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la ilustración, no existe ninguna cubierta en la azotea. Es un ambiente totalmente despejado. Por lo tanto no calificaremos este parámetro para la edificación.

- **VIVIENDA 02:**

Ilustración 66:

Foto de la VIVIENDA 02 en la azotea



Fuente: Elaboración propia.

Para esta edificación tampoco se ha construido una cubierta de ningún tipo.

La azotea se encuentra totalmente despejada. Es por eso que esta vivienda no contará con una calificación respectiva.

- **VIVIENDA 03:**

Ilustración 67:

Foto de la conexión columna - cubierta en la azotea



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 68:

Foto de la cubierta conectada a las columnas en la azotea



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 69:

Foto de la cubierta en la azotea



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en las ilustraciones, la cubierta es estructuralmente metálica con calaminas de policarbonato, conectada a las columnas de la

edificación abarcando aproximadamente el 50% del área de la azotea. Ésta se encuentra en un estado regular, con anclajes corroídos y planchas metálicas en deterioro. Se encuentra a desnivel haciéndola inestable y las piezas metálicas tienen distintas secciones y tamaños. Considerando estas características, la calificación para este parámetro es “C”.

2.1.10. Calificación del parámetro 10: Elementos no Estructurales

Tendremos en cuenta los siguientes puntos:

A : Edificación que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente.

B : Edificación con balcones y parapetos bien conectados al sistema resistente.

C : Edificación con balcones y parapetos mal conectadas al sistema resistente. Elementos deteriorados debido a su antigüedad.

D : Edificación que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal conectado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal construido, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico. Edificios con balcones construidos posteriormente a la estructura principal y conectada a esta de modo deficiente y en mal estado.

- **VIVIENDA 01:**

Ilustración 70:

Foto del soporte para el tanque elevado de la VIVIENDA 01



Fuente: Elaboración propia.

Los parapetos se encuentran bien conectados al sistema resistente y adecuadamente arriostrados por elementos estructurales como el diafragma rígido y las mechas de columnas; los balcones de la misma manera están congruentes al sistema resistente. Sin embargo, como se puede apreciar en la ilustración, el tanque de agua, de 1.1 ton., está sobre una estructura con altas deficiencias de diseño y propenso al desplome en caso de algún movimiento telúrico de magnitud moderada. Teniendo en cuenta estas características, optamos por calificar con “C” a la vivienda.

- **VIVIENDA 02:**

Ilustración 71:

Foto del soporte para el tanque elevado de la VIVIENDA 02



Fuente: Elaboración propia.

Los parapetos se sitúan bien conectados al sistema resistente y adecuadamente arriostrados por elementos estructurales como el diafragma rígido y las mechas de columnas; los balcones de la misma manera están congruentes al sistema resistente. El tanque elevado, con 2.75 ton. de peso, está apoyado sobre una losa de espesor $e=0.10$ m. y esta, sobre una columna de medidas 0.30×0.30 m. de área y 2.8 m. de altura. Determinamos que se encuentra bien situado y que ante presencias sísmicas no se vería dañado. Además, la esbeltez del elemento vertical asegura una buena resistencia. Por lo tanto, la calificación para este parámetro es “B”.

- **VIVIENDA 03:**

Ilustración 72:

Foto del soporte para el tanque elevado de la VIVIENDA 03



Fuente: Elaboración propia.

Los balcones y parapetos se sitúan bien conectados al sistema resistente, no obstante a lo que se busca evaluar, el tanque elevado, de 1100 litros de capacidad, se encuentran sobre una losa en estado deteriorado, con mohos y fisuras afectada por la humedad y el peso, respectivamente. Esto predice un futuro daño estructural considerable o el desplome ante algún sismo de intensidad regular. Además, aquella losa soporta gran peso de la cubierta, haciéndola más vulnerable. Luego de una observación exhaustiva, optamos por calificar con “C” a la vivienda.

2.1.11. Calificación del parámetro 11: Estado de Conservación

Para este último parámetro tenemos en cuenta los siguientes puntos para la evaluación:

A : Muros en buena condición, sin fisuras visibles.

B : Muros en buena condición, pero con pequeñas fisuras, menores a dos (02) milímetros.

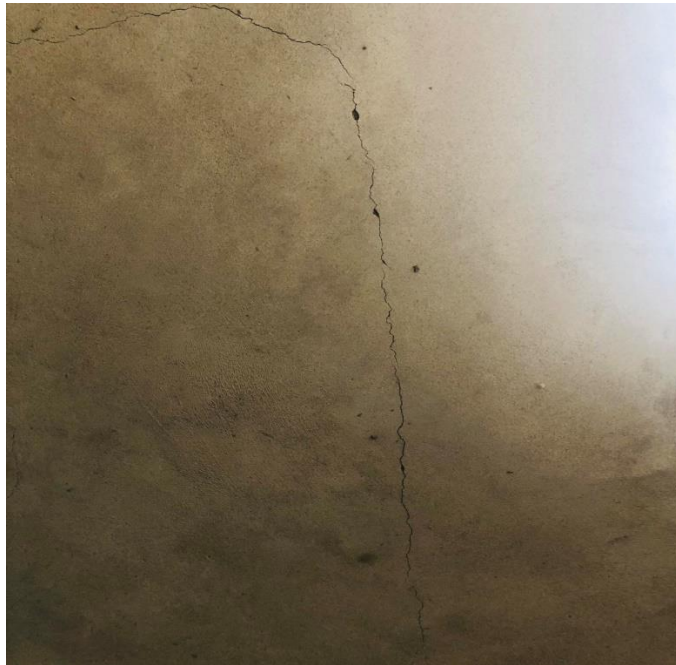
C : Edificación que no presenta fisuras, pero en mal estado de conservación; o muros con fisuras de tamaño medio de dos a tres milímetros.

D : Muros con fuerte deterioro en sus componentes.

- **VIVIENDA 01:**

Ilustración 73:

Fisuramiento del techo del cuarto piso



Fuente: Elaboración propia.

Los diafragmas del tercer y cuarto piso presentan fisuras y ligeros desprendimientos, debido a la deficiencia constructiva y/o mal diseño de las losas. Los muros principales, columnas y vigas de la edificación no presentan desperfectos, razón por la cual optamos por calificar a esta vivienda con “B”.

- **VIVIENDA 02:**

Ilustración 74:

Fisuramiento de la losa del cuarto piso



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 75:

Estado de conservación de una viga en el último piso



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la primera ilustración, notamos ciertas fisuras externas en la losa del cuarto piso. De la misma manera, el segundo piso también registra

estos daños mostrando desperfectos en el sistema constructivo. Los muros portantes, columnas y la mayoría de las vigas se encuentran en buen estado de conservación a pesar de la cantidad de años de la edificación. Sin embargo, existen algunas vigas, como se muestra en la segunda ilustración, que poseen el refuerzo expuesto al ambiente, así como cangrejeras en la parte inferior, razón por la cual deducimos deficiencias constructivas en las dos últimas losas. Tomando en cuenta estos apuntes, evaluamos la vivienda con una calificación de “B”.

- **VIVIENDA 03:**

Ilustración 76:

Foto del estado de conservación de la escalera y losa del tercer nivel



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 77:

Foto del estado de conservación de un muro principal del primer nivel



Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en las ilustraciones, la humedad y salinización de muros y estructuras de concreto armado, es evidente ante la filtración de agua por deficiencias en las instalaciones sanitarias de la edificación. También existen fisuras menores a 2 mm. en las losas y muros principales. Considerando que los tres primeros pisos se construyeron hace 25 años aproximadamente. Valorando cada detalle, decidimos calificar a esta vivienda con “C”.

2.2. Cálculo del Índice de Vulnerabilidad

Procederemos a calcular el índice de vulnerabilidad sísmica para cada una de las edificaciones, plasmando coherentemente los resultados que obtuvimos en cada uno de los parámetros. Usaremos la siguiente tabla para definir los rangos del índice de vulnerabilidad sísmica (I_v):

Tabla 38:
Cuantificación del Índice de Vulnerabilidad

	VULNERABILIDAD	RANGOS Iv
A=	VULNERABILIDAD BAJA	0 - 95.63
B=	VULNERABILIDAD DE MEDIA A BAJA	95.63 - 191.30
C=	VULNERABILIDAD DE MEDIA A ALTA	191.30 - 286.30
D=	VULNERABILIDAD ALTA	286.30 - 382.50

Fuente: Elaboración propia

- **VIVIENDA 01:**

Para la primera edificación tenemos el siguiente resultado:

Tabla 39:
Índice de Vulnerabilidad Sísmica de la VIVIENDA 01

NÚMERO	PARÁMETRO	Ki A	Ki B	Ki C	Ki D	PESO Wi	Ki*Wi
1	Organización del sistema resistente		5			1	5
2	Calidad del sistema resistente		5			0.25	1.25
3	Resistencia convencional				45	1.5	67.5
4	Posición del edificio y cimentación		5			0.75	3.75
5	Diafragmas horizontales		5			1	5
6	Configuración en planta			25		0.5	12.5
7	Configuración en elevación	0				1	0
8	Separación máxima entre muros			25		0.25	6.25
9	Tipo de cubierta	-	-	-	-	1	0
10	Elementos no estructurales			25		0.25	6.25
11	Estado de Conservación		5			1	5
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD =							112.5

Fuente: Elaboración propia.

La VIVIENDA 01 tiene una VULNERABILIDAD de **MEDIA A BAJA**.

- **VIVIENDA 02:**

Para la segunda edificación tenemos el siguiente resultado:

Tabla 40:
Índice de Vulnerabilidad Sísmica de la VIVIENDA 02

NÚMERO	PARÁMETRO	Ki A	Ki B	Ki C	Ki D	PESO Wi	Ki*Wi
1	Organización del sistema resistente		5			1	5
2	Calidad del sistema resistente	0				0.25	0
3	Resistencia convencional				45	1.5	67.5
4	Posición del edificio y cimentación		5			0.75	3.75
5	Diafragmas horizontales	0				1	0
6	Configuración en planta	0				0.5	0
7	Configuración en elevación	0				1	0
8	Separación máxima entre muros				45	0.25	11.25
9	Tipo de cubierta	-	-	-	-	1	0
10	Elementos no estructurales		0			0.25	0
11	Estado de Conservación		5			1	5
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD =							92.5

Fuente: Elaboración propia.

La VIVIENDA 02 posee una VULNERABILIDAD **BAJA**.

- **VIVIENDA 03:**

Para la tercera edificación tenemos el siguiente resultado:

Tabla 41:
Índice de Vulnerabilidad Sísmica de la VIVIENDA 03

NÚMERO	PARÁMETRO	Ki A	Ki B	Ki C	Ki D	PESO Wi	Ki*Wi
1	Organización del sistema resistente		5			1	5
2	Calidad del Sistema resistente		5			0.25	1.25
3	Resistencia convencional				45	1.5	67.5
4	Posición del edificio y cimentación			25		0.75	18.75
5	Diafragmas horizontales	0				1	0
6	Configuración en planta		5			0.5	2.5
7	Configuración en elevación	0				1	0
8	Separación máxima entre muros				45	0.25	11.25
9	Tipo de cubierta			25		1	25
10	Elementos no estructurales			25		0.25	6.25
11	Estado de Conservación			25		1	25
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD =							162.5

Fuente: Elaboración propia.

La VIVIENDA 01 tiene una VULNERABILIDAD de **MEDIA A BAJA**.

2.3. Análisis Dinámico Lineal usando el programa computacional

Para el análisis de las viviendas se hizo uso de la Norma E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones. Cumpliendo con lo estipulado en dicha norma se procedió al análisis de las 3 viviendas.

2.3.1. Análisis de la VIVIENDA 01

Para esta vivienda se hizo uso de un programa computacional el cual nos permitirá realizar un modelado tridimensional de la estructura. Los valores utilizados para la resistencia a la compresión del concreto se basaron en los ensayos de esclerometría realizados en un inicio, teniendo como resultado un $F'c = 280\text{kg/cm}^2$.

Para el Análisis -Modelado de la VIVIENDA 01, se tuvo en cuenta las siguientes características:

a) Materiales

Para concreto:

→ Resistencia a la Compresión ($F'c$) = 280 kg/cm²

→ Módulo de Elasticidad ($E_c = 15000\sqrt{F'c}$) = 2509980.08 Ton/m²

→ Módulo de Poisson = 0.15

Para el Acero:

→ Esfuerzo Fluencia = 4200 kg/cm²

→ Peso Específico del Acero = 7.849 Ton/m³

Para la Albañilería:

→ Resistencia a la Compresión ($f'm$) = 65 kg/cm²

- Resistencia al Corte ($V'm$) = 8.1 kg/cm² (Asumido)
- Módulo de Elasticidad ($E_m = 500 f'm$) = 32500 kg/cm²
- Módulo de Corte = 13000 kg/cm²
- Módulo de Poisson = 0.25

b) Cargas consideradas

Carga Muerta (1er – 3er piso)

- Aligerado de 20cm = 0.3 ton/m²
- Acabados = 0.1 ton/m²
- Tabiquería = 0.12 ton/m²

Carga Muerta (4to piso)

- Aligerado de 20cm = 0.3 ton/m²
- Acabados = 0.1 ton/m²
- Parapeto en azotea = 0.274 ton/ml

Carga Viva (1er – 3er piso)

- Sobre Carga = 0.2 ton/m²

Carga Muerta (4to Piso)

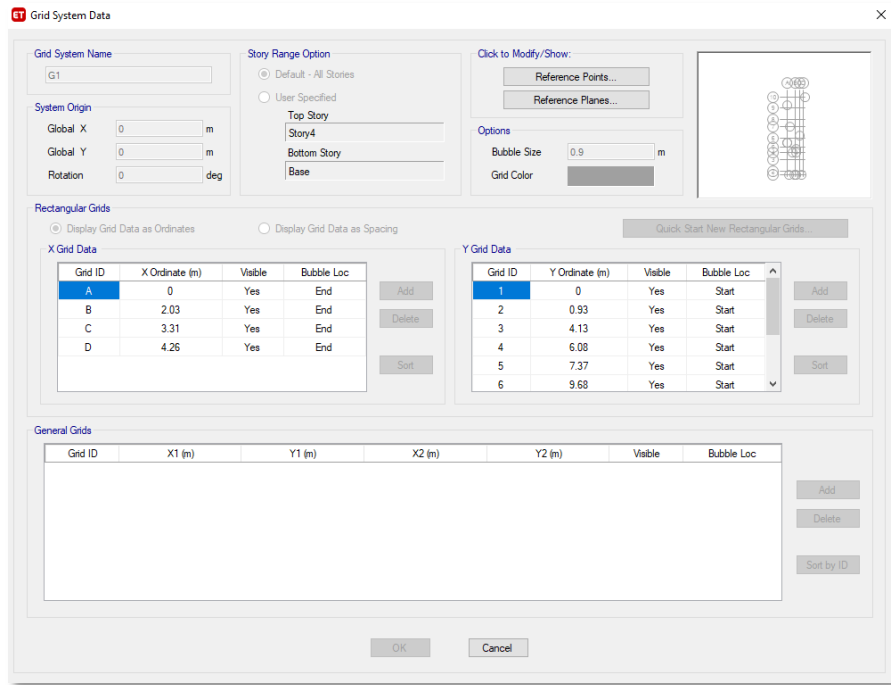
- Sobre Carga = 0.1 ton/m²

c) Modelado de la Estructura

c.1) Parámetros para el Modelado

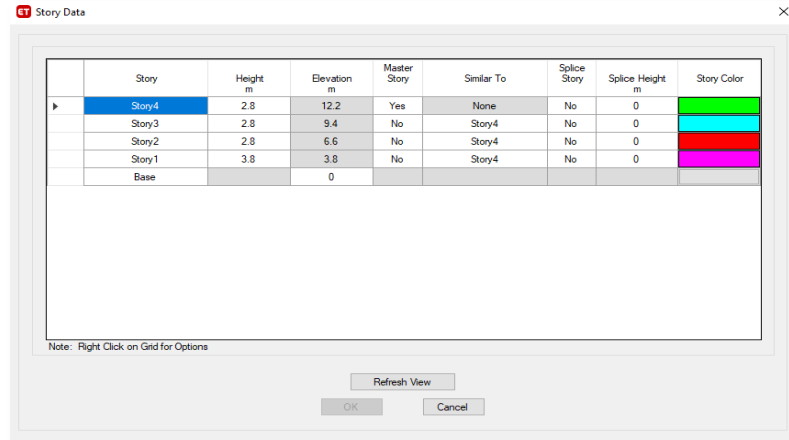
Definir la retícula respetando las alturas de piso y los espacios de eje a eje, esto nos sirve como ayuda para dibujar la estructura.

Ilustración 78:
Definición de grilla



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 79:
Definición de Altura de Entrepiso



Fuente: Elaboración propia.

c.2) Definición de Materiales

Ilustración 80:
Características del Concreto

Material Property Data

General Data

Material Name: Concrete Fc=280kg/cm2
 Material Type: Concrete
 Directional Symmetry Type: Isotropic
 Material Display Color: [Color Selection]
 Material Notes: [Modify/Show Notes...]

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³
 Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2509980.08 tonf/m²
 Poisson's Ratio, U: 0.15
 Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C
 Shear Modulus, G: 1091295.69 tonf/m²

Design Property Data

[Modify/Show Material Property Design Data...]

Advanced Material Property Data

[Nonlinear Material Data...]
 [Material Damping Properties...]
 [Time Dependent Properties...]

[OK] [Cancel]

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 81:
Características del Acero

Material Property Data

General Data

Material Name: Acero Fy=4200kg/cm2
 Material Type: Rebar
 Directional Symmetry Type: Uniaxial
 Material Display Color: [Color Selection]
 Material Notes: [Modify/Show Notes...]

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.849 tonf/m³
 Mass per Unit Volume: 0.800375 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m²
 Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

[Modify/Show Material Property Design Data...]

Advanced Material Property Data

[Nonlinear Material Data...]
 [Material Damping Properties...]
 [Time Dependent Properties...]

[OK] [Cancel]

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 82: Características de la Albañilería

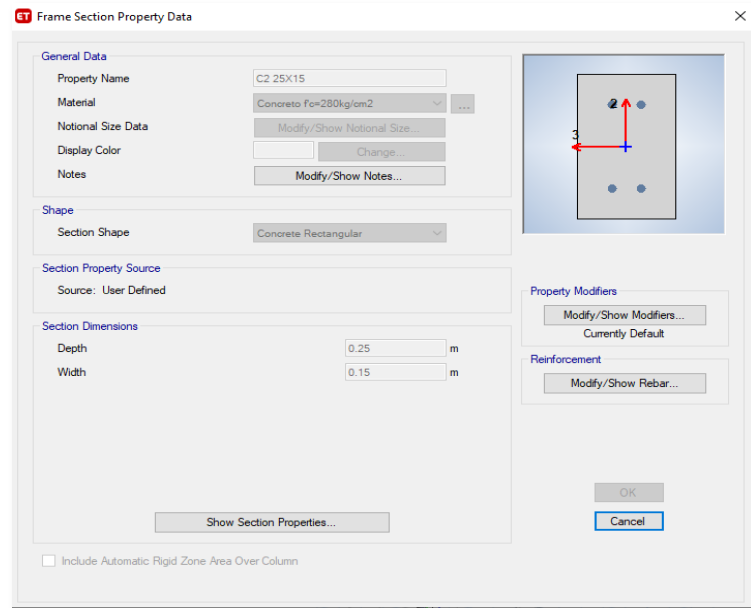
Fuente: Elaboración propia.

c.3) Definición de los Elementos

Ilustración 83: Columna 1

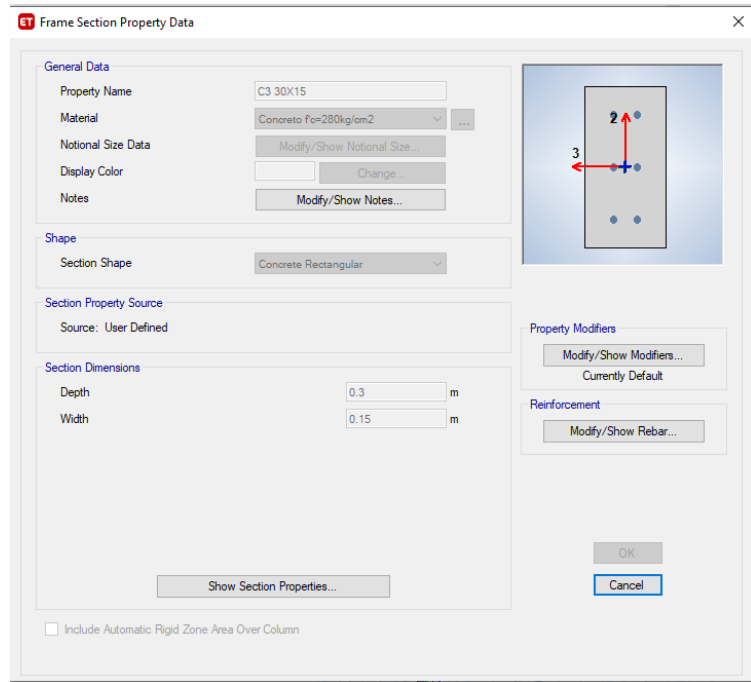
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 84: Columna 2



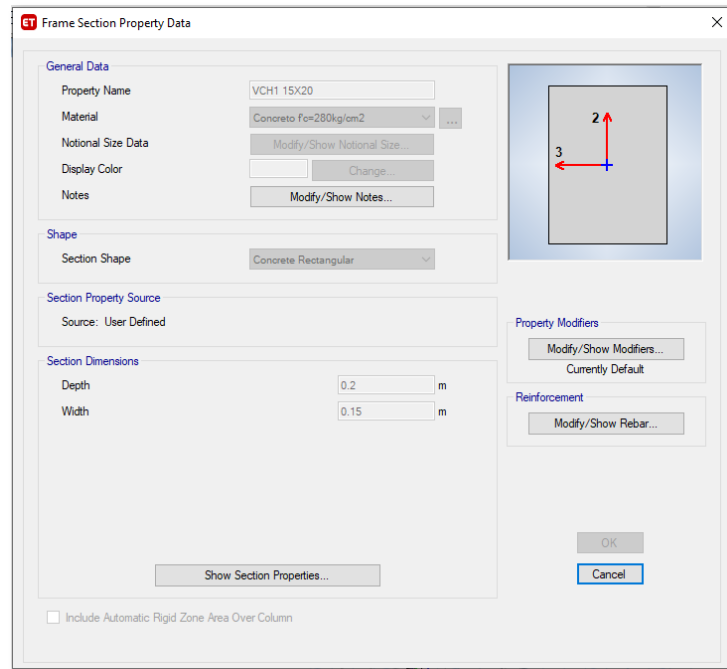
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 85: Columna 3



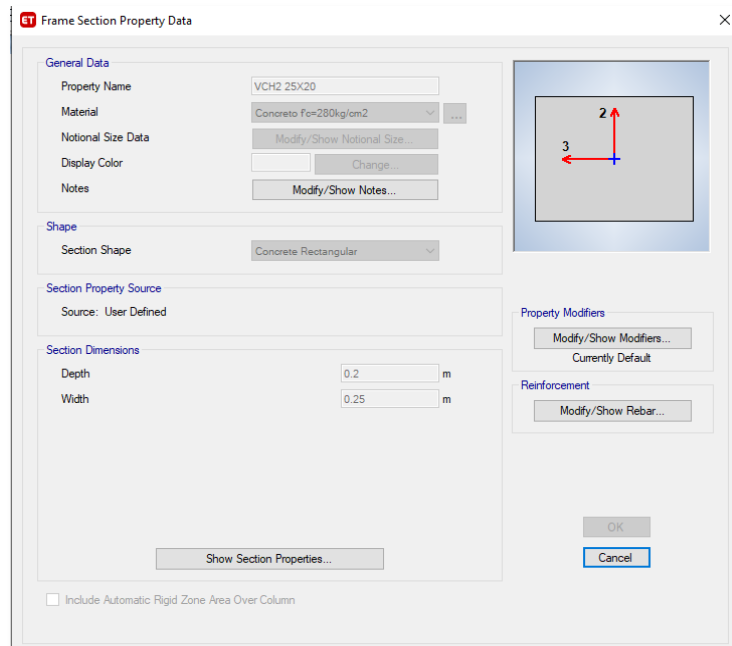
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 86:
Viga Chata 1



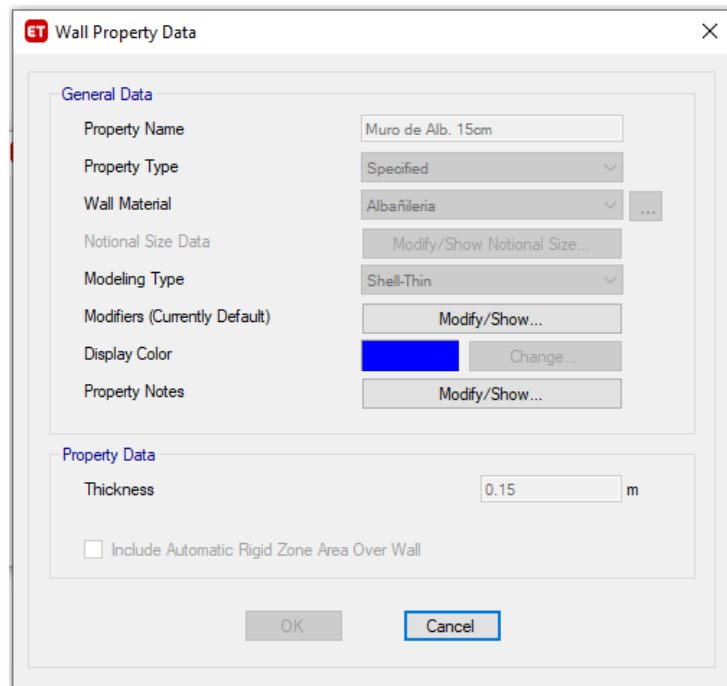
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 87:
Viga Chata 2



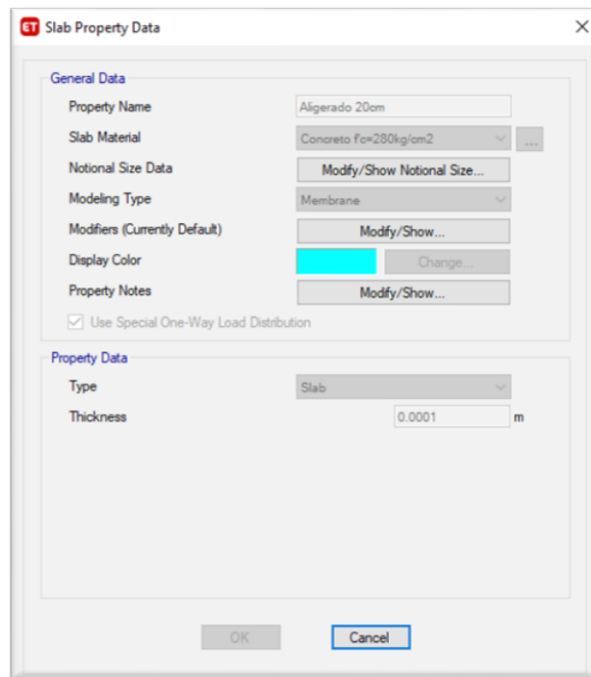
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 88:
Muro de Albañilería de 15cm



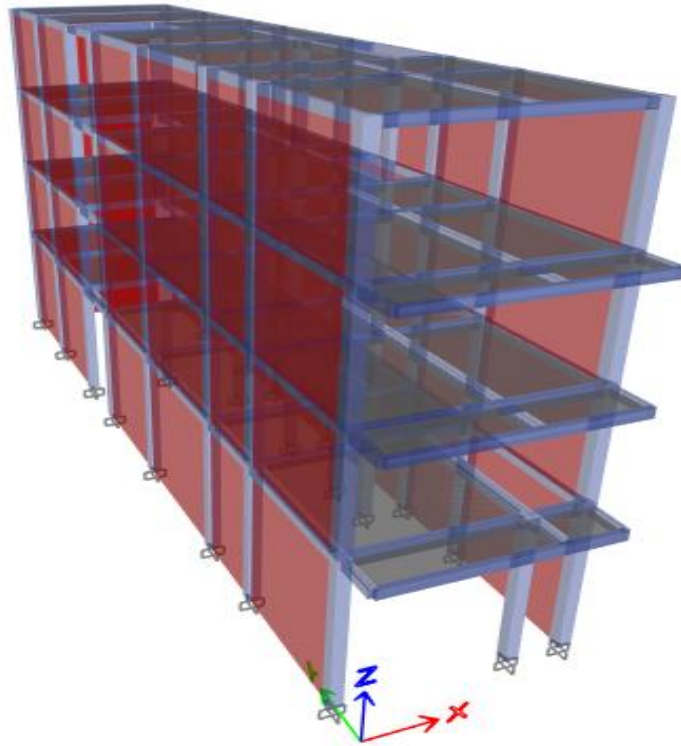
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 89:
Losa Aligerada en una dirección de 20cm



Fuente: Elaboración propia.

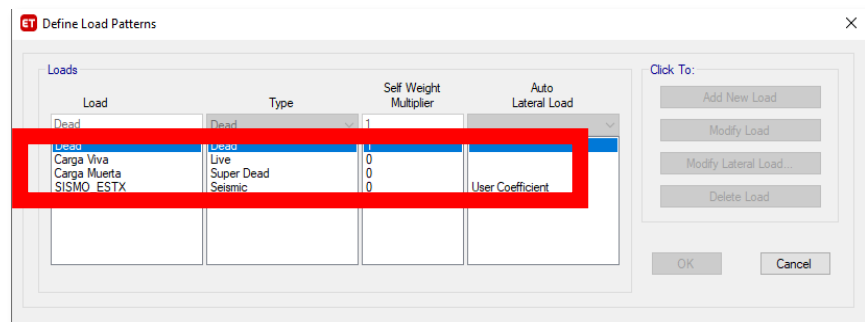
Ilustración 90:
Vista 3D de todo el Sistema Estructural



Fuente: Elaboración propia.

c.4) Definición de Cargas

Ilustración 91:
Peso Propio de la Estructura, Carga Muerta y Carga Viva



Fuente: Elaboración propia.

c.5) Definición del Espectro de Respuesta Sísmica

Para la definición del espectro usamos los coeficientes siguiendo la norma

E.030 según corresponda a nuestro sistema estructural.

A continuación, se muestra los parámetros utilizados para la obtención del espectro de respuesta:

Zonificación:

→ Zona = Zona 4 $Z = 0.45$

Parámetro del Sitio:

→ Perfil Tipo = S2

→ S = 1.05

→ T_p = 0.6

→ T_L = 2

Categoría del Edificio:

→ Categoría = Edificaciones Comunes, $U = 1$

Coefficiente de Reducción Básico

→ Albañilería = Sismo Moderado, $R_o = 6$

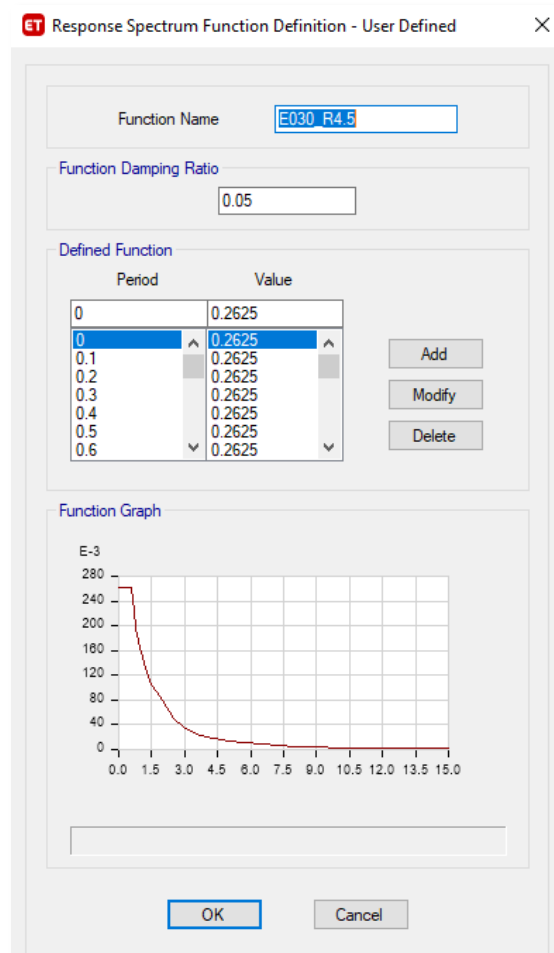
Factores de Irregularidad

→ Irregularidad en Altura = Regular, $I_a = 1$

→ Irregularidad en Planta = Torsional, $I_p = 0.75$

→ Coeficiente de Reducción Sísmica = $R_o * I_a * I_p$, $R = 4.5$

Ilustración 92:
Definición del Espectro de Respuesta Sísmico

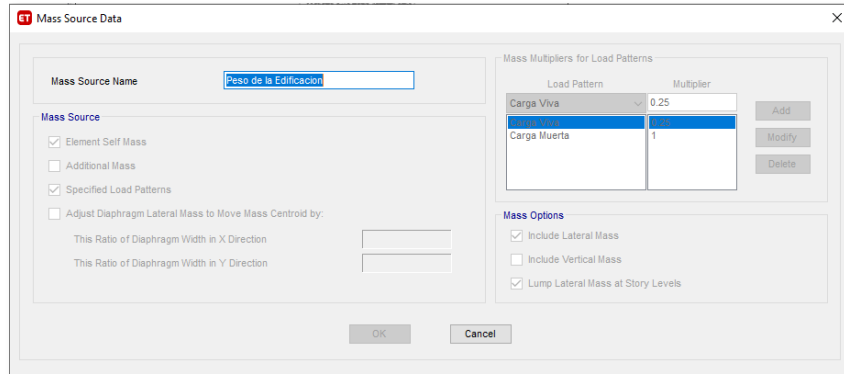


Fuente: Elaboración propia.

c.6) Definición de Peso de la Edificación

En la norma nos dice que para este tipo de edificaciones debemos considerar el 100% de la Carga Muerta (CM) y un 25% de la Carga Viva (CV).

Ilustración 93:
Definición del Peso de la Edificación



Fuente: Elaboración propia.

c.7) Análisis de Resultados

c.7.1) Modo de Vibración.

Par realizar el análisis dinámico es necesario tener un análisis modal, en la cual podemos observar los modos de vibración de la estructura para tener una idea de su comportamiento frente a la presencia de alguna excitación sísmica.

Tabla 42:
Modos de Vibración de la Vivienda 01

Caso	Modo	Periodo	UX	UY	RX	RY	RZ
Modal	1	0.689	0.717	0.000	0.000	0.233	0.142
Modal	2	0.225	0.032	0.000	0.000	0.581	0.183
Modal	3	0.187	0.211	0.010	0.004	0.002	0.566
Modal	4	0.124	0.004	0.840	0.229	0.005	0.005
Modal	5	0.121	0.009	0.034	0.009	0.029	0.011
Modal	6	0.087	0.003	0.000	0.000	0.015	0.000
Modal	7	0.063	0.021	0.003	0.001	0.126	0.081

Modal	8	0.042	0.000	0.101	0.715	0.000	0.000
Modal	9	0.037	0.003	0.000	0.003	0.007	0.010
Modal	10	0.029	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001
Modal	11	0.025	0.000	0.011	0.027	0.000	0.000
Modal	12	0.020	0.000	0.001	0.011	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

c.7.2) Cortante Estático calculado

Ya realizado el análisis modal, observamos el cortante estático producido en la base. El programa también nos brinda la información del peso de la Estructura para poder obtener la cortante basal.

Tabla 43:
Peso de la Edificación

NIVELES	TON
PISO 4	72.81
PISO 3	95.13
PISO 2	97.67
PISO 1	106.11

Fuente: Elaboración propia.

Coefficientes para hallar el cortante:

$$\rightarrow Z = 0.45$$

$$\rightarrow U = 1$$

$$\rightarrow C = 2.177 \text{ Calculado}$$

$$\rightarrow S = 1.05$$

$$\rightarrow R = 4.5$$

Tabla 44:
Fuerzas Calculadas en los Entrepisos

H	Pi(hi)^k	α_i	Fi
12.20 m	1112.589	0.325	27.600
9.40 m	1093.976	0.319	27.138
6.60 m	763.922	0.223	18.951
3.80 m	454.715	0.133	11.280

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45:
Cortante Estático en ambas direcciones

SIS_EST_X_R4.5	SIS_EST_Y_R4.5
84.969	84.969

Fuente: Elaboración propia.

c.7.3) Cortante Dinámico

En la Tabla podemos observar los cortantes dinámicos obtenidos del programa para cada dirección de la Estructura.

Tabla 46:
Cortante Dinámico en ambas direcciones

SIS_DIN_X_R4.5	SIS_DIN_Y_R4.5
64.891	85.8392

Fuente: Elaboración propia.

c.7.4) Derivas de Piso

Dentro de la Norma E.030 en la tabla N° 11 muestra los límites de distorsiones de entrepisos permitidas para cada sistema estructural, en nuestro caso “Albañilería” no debe exceder el 0.005.

Del programa obtenemos las Derivas Elásticas ante el espectro de respuesta. Como la Estructura corresponde a una “Estructura Irregular”

multiplicamos por **0.85R**.

Tabla 47:
Derivas en la dirección X-X

Piso	Derivas Elásticas X-X	Derivas Inelásticas X-X	Deriva Limite	X - X
Piso4	0.003364	0.0129	0.005	No Cumple
Piso3	0.004834	0.0185	0.005	No Cumple
Piso2	0.005468	0.0209	0.005	No Cumple
Piso1	0.004153	0.0159	0.005	No Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48:
Derivas en la dirección Y-Y

Piso	Derivas Elásticas Y-Y	Derivas Inelásticas Y-Y	Deriva Limite	Y - Y
Piso4	8.50E-05	0.0003	0.005	Cumple
Piso3	1.16E-04	0.0004	0.005	Cumple
Piso2	1.36E-04	0.0005	0.005	Cumple
Piso1	1.32E-04	0.0005	0.005	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

En los resultados obtenidos del programa podemos observar que en la dirección X – X todos los niveles exceden la deriva permitida de la Norma E.030 a diferencia de la dirección Y – Y en la cual todos los niveles están por debajo de la deriva permitida, así que calificamos a la Vivienda 01 con una vulnerabilidad “ALTA”

2.3.2. Análisis de la VIVIENDA 02

Para esta vivienda, también se hizo uso del mismo programa computacional, permitiéndonos un modelado tridimensional de la estructura. Los valores utilizados para la resistencia a la compresión del concreto se basaron en los ensayos de esclerometría realizados, teniendo como resultado un $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Para el Análisis de la VIVIENDA 02, se tuvo en cuenta las siguientes características:

a) Materiales

Para concreto:

- Resistencia a la Compresión ($F'c$) = 280 kg/cm^2
- Módulo de Elasticidad ($E_c = 15000\sqrt{F'c}$) = $2509980.08 \text{ Ton/m}^2$
- Módulo de Poisson = 0.15

Para el Acero:

- Esfuerzo Fluencia = 4200 kg/cm^2
- Peso Específico del Acero = 7.849 Ton/m^3

Para la Albañilería:

- Resistencia a la Compresión ($f'm$) = 65 kg/cm^2
- Resistencia al Corte ($V'm$) = 8.1 kg/cm^2 (Asumido)
- Módulo de Elasticidad ($E_m = 500 f'm$) = 32500 kg/cm^2
- Módulo de Corte = 13000 kg/cm^2
- Módulo de Poisson = 0.25

b) Cargas Consideradas

Carga Muerta (1er – 3er piso)

→ Aligerado de 25cm = 0.35 ton/m²

→ Acabados = 0.1 ton/m²

→ Tabiquería = 0.12 ton/m²

Carga Muerta (4to Piso)

→ Aligerado de 25cm = 0.35 ton/m²

→ Acabados = 0.1 ton/m²

→ Parapeto en Azotea = 0.274 ton/ml

Carga Viva (1er – 3er piso)

→ Sobre Carga = 0.2 ton/m²

Carga Muerta (4to Piso)

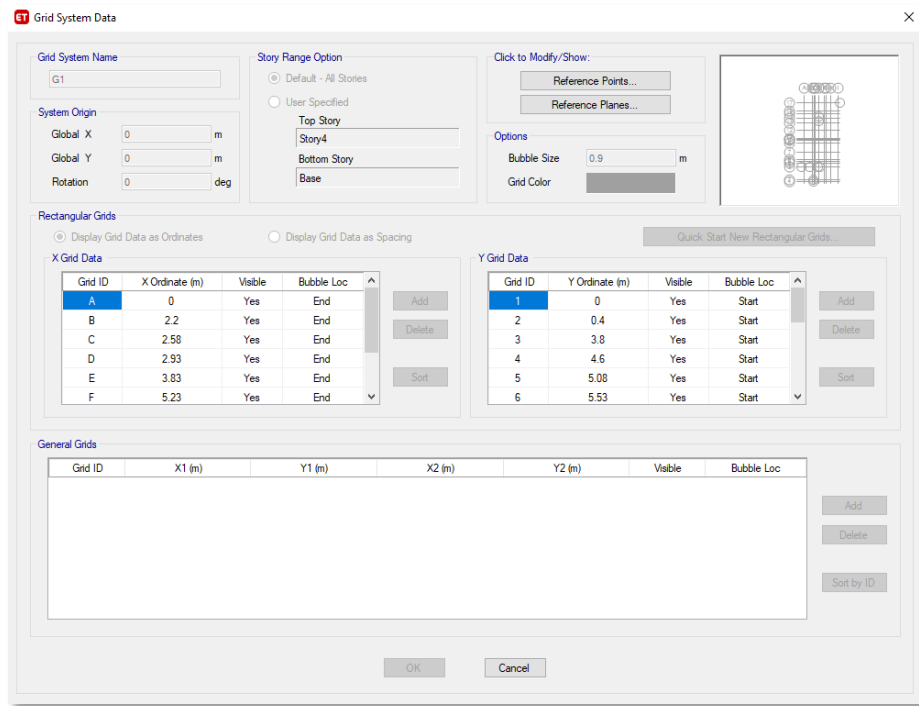
→ Sobre Carga = 0.1 ton/m²

c) Modelado de la Estructura

c.1) Parámetros para el Modelado

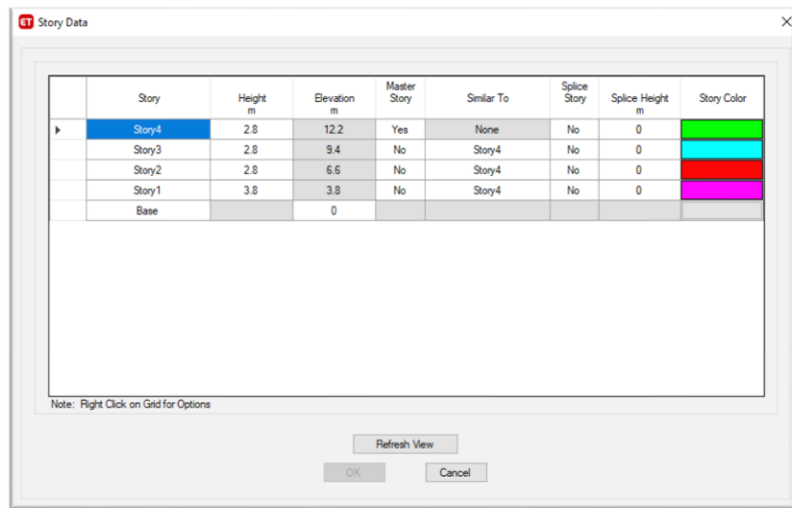
Definir la retícula respetando las alturas de piso y los espacios de eje a eje, esto nos sirve como ayuda para dibujar la estructura.

Ilustración 94:
Definición de grilla



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 95:
Definición de Altura de Entrepiso



Fuente: Elaboración propia.

c.2) Definición de Materiales

Ilustración 96:
Características del Concreto

Material Property Data

General Data

Material Name: Fc 280 kg/cm2

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: [Text Area] Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-³/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2509980.08 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 1091295.69 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 97:
Características del Acero

Material Property Data

General Data

Material Name: Acero Fy= 4200

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: [Text Area] Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.849 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.80038 tonf-³/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 98:
Características de la Albañilería

The screenshot shows a dialog box titled "Material Property Data" with the following sections and values:

- General Data:**
 - Material Name: Albañilería
 - Material Type: Masonry
 - Directional Symmetry Type: Isotropic
 - Material Display Color: Red (with a "Change..." button)
 - Material Notes: (with a "Modify/Show Notes..." button)
- Material Weight and Mass:**
 - Specify Weight Density (selected) / Specify Mass Density
 - Weight per Unit Volume: 1.8 tonf/m³
 - Mass per Unit Volume: 0.183549 tonf-s²/m⁴
- Mechanical Property Data:**
 - Modulus of Elasticity, E: 325000 tonf/m²
 - Poisson's Ratio, U: 0.25
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000081 1/C
 - Shear Modulus, G: 130000 tonf/m²
- Design Property Data:**
 - (with a "Modify/Show Material Property Design Data..." button)
- Advanced Material Property Data:**
 - (with buttons for "Nonlinear Material Data...", "Material Damping Properties...", and "Time Dependent Properties...")

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Fuente: Elaboración propia.

c.3) Definición de los Elementos

Ilustración 99:
Columna 1

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: C1 30X30

Material: Fe 280 kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.3 m

Width: 0.3 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

OK

Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 100:
Columna 2

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: C2 25X25

Material: Fe 280 kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.25 m

Width: 0.25 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

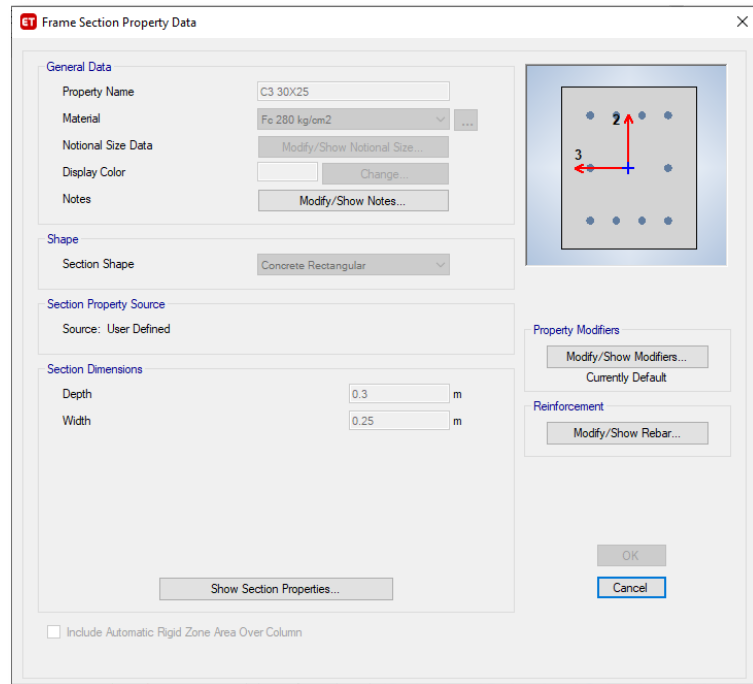
OK

Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

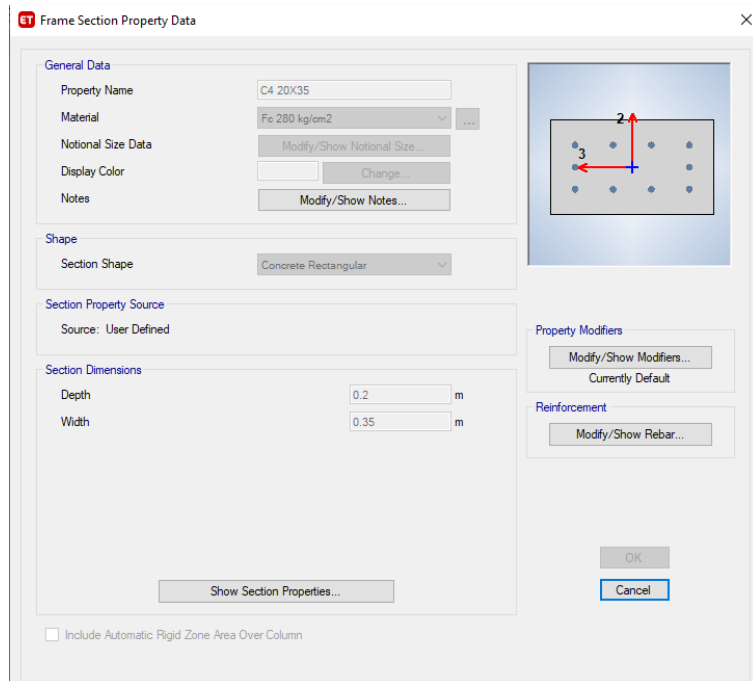
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 101: Columna 3



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 102: Columna 4



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 103:
Columna 5

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: C5 17X77

Material: Fc 280 kg/cm²

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.17 m

Width: 0.77 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK
Cancel

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 104:
Viga 1

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: V1 20X25

Material: Fc 280 kg/cm²

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.25 m

Width: 0.2 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK
Cancel

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 105:
Viga 2

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box for 'Viga 2'. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Property Name: V2 25X25; Material: Fe 280 kg/cm²; Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...; Display Color: Change...; Notes: Modify/Show Notes...
- Shape:** Section Shape: Concrete Rectangular
- Section Property Source:** Source: User Defined
- Section Dimensions:** Depth: 0.25 m; Width: 0.25 m
- Property Modifiers:** Modify/Show Modifiers... (Currently Default)
- Reinforcement:** Modify/Show Rebar...

At the bottom, there is a checkbox for 'Include Automatic Rigid Zone Area Over Column' (unchecked) and buttons for 'Show Section Properties...', 'OK', and 'Cancel'.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 106:
Viga 3

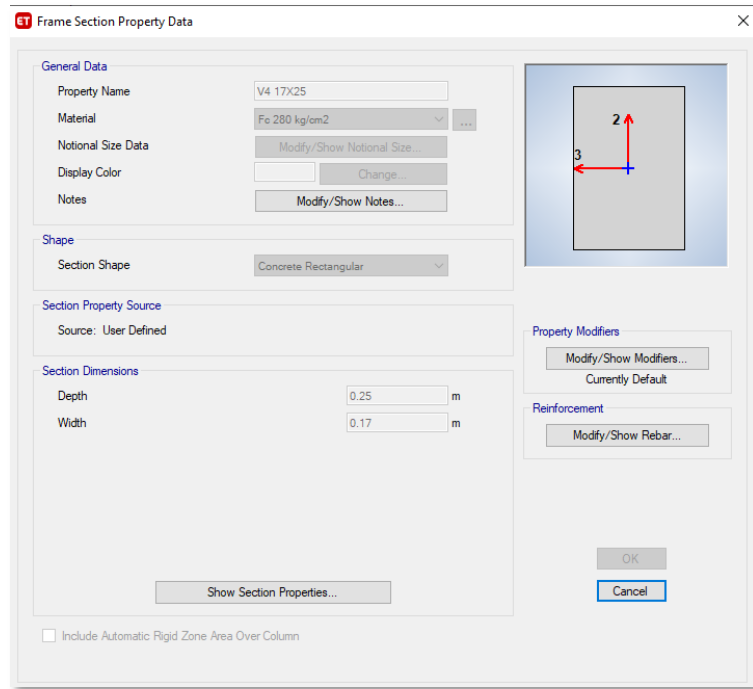
The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box for 'Viga 3'. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Property Name: V3 30X25; Material: Fe 280 kg/cm²; Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...; Display Color: Change...; Notes: Modify/Show Notes...
- Shape:** Section Shape: Concrete Rectangular
- Section Property Source:** Source: User Defined
- Section Dimensions:** Depth: 0.25 m; Width: 0.3 m
- Property Modifiers:** Modify/Show Modifiers... (Currently Default)
- Reinforcement:** Modify/Show Rebar...

At the bottom, there is a checkbox for 'Include Automatic Rigid Zone Area Over Column' (unchecked) and buttons for 'Show Section Properties...', 'OK', and 'Cancel'.

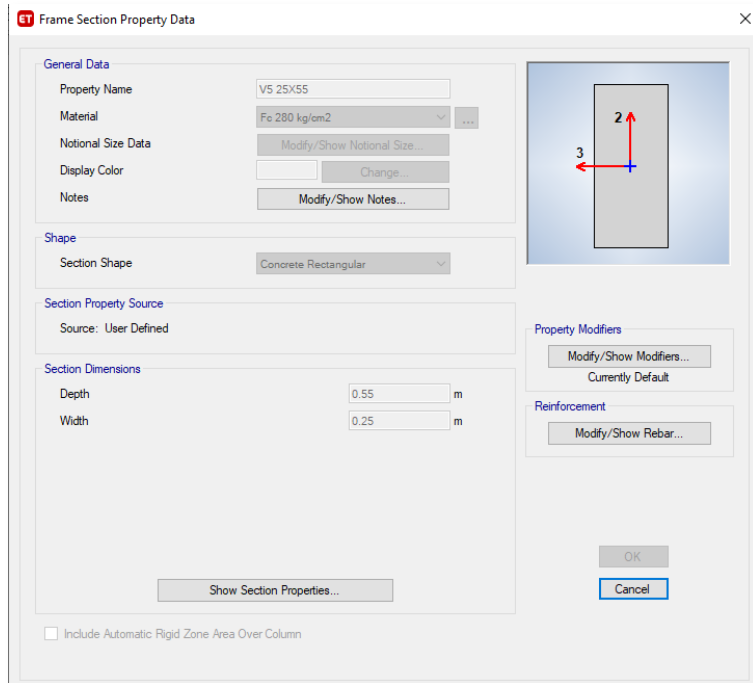
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 107:
Viga 4



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 108:
Viga 5



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 109:
Viga 6

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box for 'Viga 6'. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Property Name is 'V6 10X25', Material is 'Fe 280 kg/cm2', and Section Shape is 'Concrete Rectangular'. There are buttons for 'Modify/Show Notional Size...', 'Change...', and 'Modify/Show Notes...'.
- Section Property Source:** Source is 'User Defined'.
- Section Dimensions:** Depth is '0.25 m' and Width is '0.1 m'.
- Property Modifiers:** A button for 'Modify/Show Modifiers...' is present, with 'Currently Default' below it.
- Reinforcement:** A button for 'Modify/Show Rebar...' is present.
- Buttons:** 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom right. A 'Show Section Properties...' button is at the bottom center.
- Checkbox:** 'Include Automatic Rigid Zone Area Over Column' is unchecked.

A diagram on the right shows a vertical rectangular section with a coordinate system: '2' is the vertical axis pointing up, and '3' is the horizontal axis pointing left.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 110:
Viga 7

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box for 'Viga 7'. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Property Name is 'V7 30X55', Material is 'Fe 280 kg/cm2', and Section Shape is 'Concrete Rectangular'. There are buttons for 'Modify/Show Notional Size...', 'Change...', and 'Modify/Show Notes...'.
- Section Property Source:** Source is 'User Defined'.
- Section Dimensions:** Depth is '0.55 m' and Width is '0.3 m'.
- Property Modifiers:** A button for 'Modify/Show Modifiers...' is present, with 'Currently Default' below it.
- Reinforcement:** A button for 'Modify/Show Rebar...' is present.
- Buttons:** 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom right. A 'Show Section Properties...' button is at the bottom center.
- Checkbox:** 'Include Automatic Rigid Zone Area Over Column' is unchecked.

A diagram on the right shows a vertical rectangular section with a coordinate system: '2' is the vertical axis pointing up, and '3' is the horizontal axis pointing left.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 111:
Muro de Albañilería de 15cm

ET Wall Property Data

General Data

Property Name: Muro Alb. 15cm

Property Type: Specified

Wall Material: Albañilería

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 0.15 m

Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

OK Cancel

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 112:
Losa Aligerada en una Dirección de 25cm

ET Slab Property Data

General Data

Property Name: Aligerado 25cm

Slab Material: Fc 280 kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Membrane

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Use Special One-Way Load Distribution

Property Data

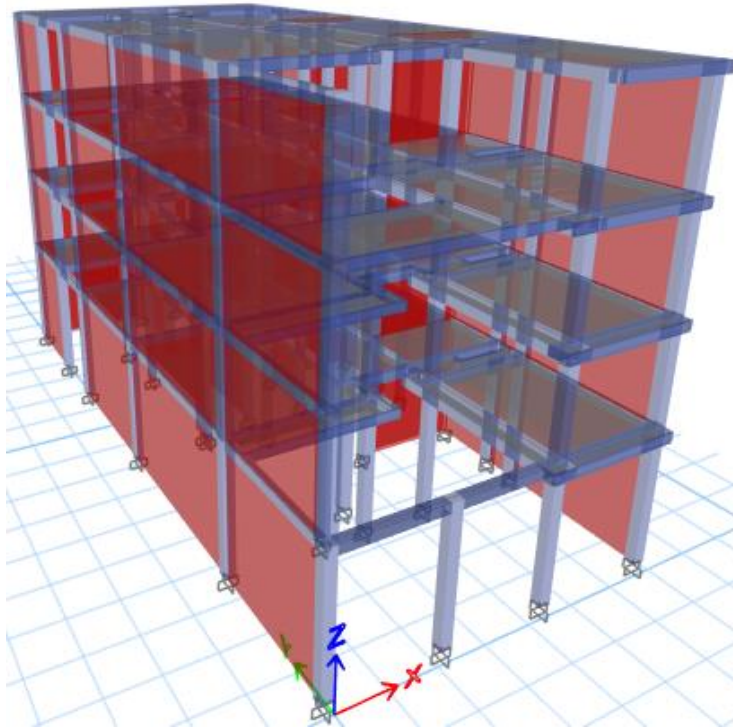
Type: Slab

Thickness: 0.0001 m

OK Cancel

Fuente: Elaboración propia.

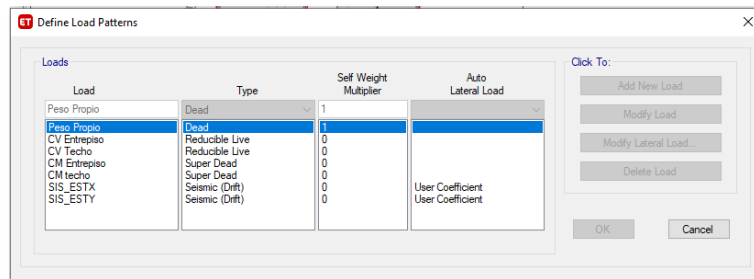
Ilustración 113:
Vista 3D de todo el Sistema Estructural



Fuente: Elaboración propia.

c.4) Definición de Cargas

Ilustración 114:
Peso Propio de la Estructura, Carga Muerta y Carga Viva



Fuente: Elaboración propia.

c.5) Definición del Espectro de Respuesta Sísmica

Usamos los coeficientes siguiendo la norma E.030 según corresponda a nuestro sistema estructural.

A continuación, se muestra los parámetros utilizados para la obtención del

espectro de respuesta:

Zonificación:

→ Zona = Zona 4, Z = 4

Parámetro del Sitio:

→ Perfil Tipo = S2

→ S = 1.05

→ T_p = 0.6

→ T_L = 2

Categoría del Edificio:

→ Categoría = Edificaciones Comunes, U = 1

Coefficiente de Reducción Básico

→ Albañilería = Sismo Moderado, $R_o = 6$

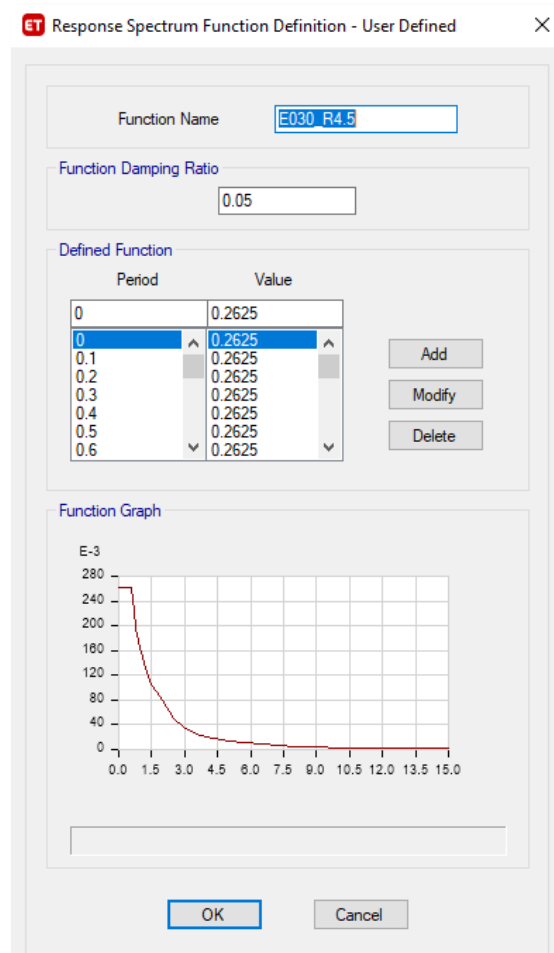
Factores de Irregularidad

→ Irregularidad en Altura = Regular, $I_a = 1$

→ Irregularidad en Planta = Torsional, $I_p = 0.75$

Coefficiente de Reducción Sísmica = $R_o * I_a * I_p$, R = 4.5

Ilustración 115:
Definición del Espectro de Respuesta Sísmico

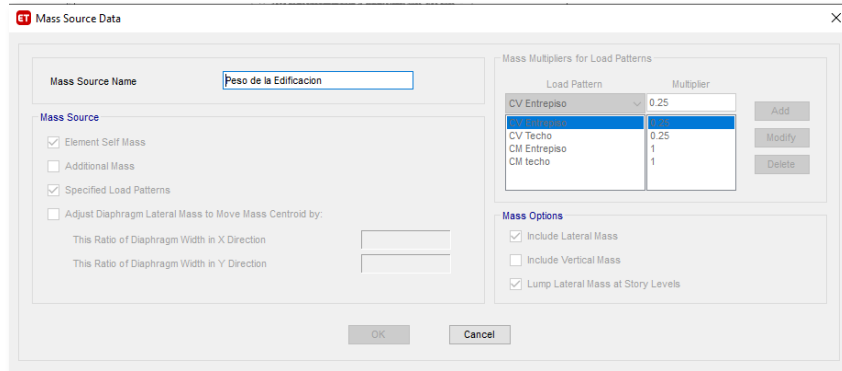


Fuente: Elaboración propia.

c.6) Definición de Peso de la Edificación

En la norma nos dice que para este tipo de edificaciones debemos considerar el 100% de la Carga Muerta (CM) y un 25% de la Carga Viva (CV).

Ilustración 116:
Definición del Peso de la Edificación



Fuente: Elaboración propia.

c.7) Análisis de Resultados

c.7.1) Modo de Vibración.

Para realizar el análisis dinámico es necesario tener un análisis modal, en la cual podamos observar los modos de vibración de la estructura para tener una idea de su comportamiento frente a la presencia de alguna excitación sísmica.

Tabla 49:
Modos de Vibración de la Vivienda 02

Caso	Modo	Periodo	UX	UY	RX	RY	RZ
Modal	1	0.347	0.721	0.001	0.000	0.234	0.131
Modal	2	0.167	0.031	0.006	0.002	0.000	0.065
Modal	3	0.157	0.064	0.320	0.088	0.036	0.416
Modal	4	0.150	0.028	0.556	0.141	0.026	0.295
Modal	5	0.105	0.123	0.002	0.000	0.524	0.005
Modal	6	0.077	0.001	0.000	0.000	0.008	0.000
Modal	7	0.059	0.009	0.000	0.000	0.022	0.010

Modal	8	0.052	0.016	0.022	0.121	0.110	0.058
Modal	9	0.050	0.003	0.079	0.597	0.021	0.009
Modal	10	0.043	0.000	0.001	0.005	0.000	0.000
Modal	11	0.043	0.003	0.000	0.000	0.013	0.000
Modal	12	0.032	0.002	0.000	0.000	0.005	0.009

Fuente: Elaboración propia.

c.7.2) Cortante Estático calculado

Ya realizado el análisis modal, observamos el cortante estático producido en la base. El programa también nos brinda la información del peso de la estructura para poder obtener la cortante basal.

Tabla 50:
Peso de la edificación

NIVELES	TON
PISO 4	137.08
PISO 3	176.90
PISO 2	169.33
PISO 1	183.47

Fuente: Elaboración propia.

Coefficientes para hallar el cortante:

$$\rightarrow Z = 0.45$$

$$\rightarrow U = 1$$

$$\rightarrow C = 2.5$$

$$\rightarrow S = 1.05$$

$$\rightarrow R = 4.5$$

Tabla 51:
Fuerzas Calculadas en los Entrepisos

H	Pi(hi)^k	α_i	Fi
12.20 m	1672.375	0.325	56.838
9.40 m	1662.898	0.323	56.516
6.60 m	1117.598	0.217	37.983
3.80 m	697.193	0.135	23.695

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52:
Cortante Estático en ambas direcciones

SIS_EST_X_R4.5	IS_EST_Y_R4.5
175.032	175.032

Fuente: Elaboración propia.

c.7.3) Cortante Dinámico

En la siguiente tabla podemos observar los cortantes dinámicos obtenidos del programa para cada dirección de la estructura.

Tabla 53:
Cortante Dinámico en ambas direcciones

SIS_DIN_X_R4.5	SIS_DIN_Y_R4.5
130.1573	148.7992

Fuente: Elaboración propia.

c.7.4) Derivas de Piso

Dentro de la Norma E.030, tabla N° 11, muestra los límites de distorsiones de entrepisos permitidas para cada sistema estructural, en el caso de “Albañilería” no debe exceder el 0.005.

Con el programa obtenemos Derivas Elásticas ante el espectro de

respuesta. Como la Estructura corresponde a una “Estructura Irregular” multiplicamos por **0.85R**.

Tabla 54:
Derivas en la Dirección X-X

Nivel	Derivas Elásticas X-X	Derivas Inelásticas X-X	Deriva Limite	X - X
Story4	0.002967	0.0113	0.005	No Cumple
Story3	0.001561	0.0060	0.005	No Cumple
Story2	0.001546	0.0059	0.005	No Cumple
Story1	0.001198	0.0046	0.005	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55:
Derivas en la Dirección Y-Y.

Nivel	Derivas Elásticas Y-Y	Derivas Inelásticas Y-Y	Deriva Limite	Y - Y
Story4	0.000133	0.0005	0.005	Cumple
Story3	0.000181	0.0007	0.005	Cumple
Story2	0.000203	0.0008	0.005	Cumple
Story1	0.000192	0.0007	0.005	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

En los resultados obtenidos del programa podemos observar que en la dirección X – X, todos los niveles exceden la deriva permitida de la norma correspondiente, mientras que en la dirección Y – Y todos los niveles están por debajo de la deriva permitida, así que calificamos a la Vivienda 02 con una vulnerabilidad “MEDIA-ALTA”.

2.3.3. Análisis de la VIVIENDA 03

Para esta vivienda se hizo uso de un programa computacional el cual nos permitirá realizar un modelado tridimensional de la estructura.

Los valores utilizados para la resistencia a la compresión del concreto se basaron en los ensayos de esclerometría realizados en las tres edificaciones, dando como resultado un $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Para el Análisis de la VIVIENDA 03, se tuvo en cuenta las siguientes características:

a) Materiales

Para concreto:

- Resistencia a la Compresión ($F'c$) = 280 kg/cm^2
- Módulo de Elasticidad ($E_c = 15000\sqrt{F'c}$) = $2509980.08 \text{ Ton/m}^2$
- Módulo de Poisson = 0.15

Para el Acero:

- Esfuerzo Fluencia = 4200 kg/cm^2
- Peso Específico del Acero = 7.849 Ton/m^3

Para la Albañilería:

- Resistencia a la Compresión ($f'm$) = 65 kg/cm^2
- Resistencia al Corte ($V'm$) = 8.1 kg/cm^2 (Asumido)
- Módulo de Elasticidad ($E_m = 500 f'm$) = 32500 kg/cm^2
- Módulo de Corte = 13000 kg/cm^2
- Módulo de Poisson = 0.25

b) Cargas Consideradas

Carga Muerta (1er – 3er piso)

→ Aligerado de 20cm = 0.3 ton/m²

→ Acabados = 0.1 ton/m²

→ Tabiquería = 0.12 ton/m²

Carga Muerta (4to Piso)

→ Aligerado de 20cm = 0.3 ton/m²

→ Acabados = 0.1 ton/m²

→ Parapeto en Azotea = 0.274 ton/ml

→ Muro de 2.4m de altura = 0.658 ton/ml

Carga Viva (1er – 3er piso)

→ Sobre Carga = 0.2 ton/m²

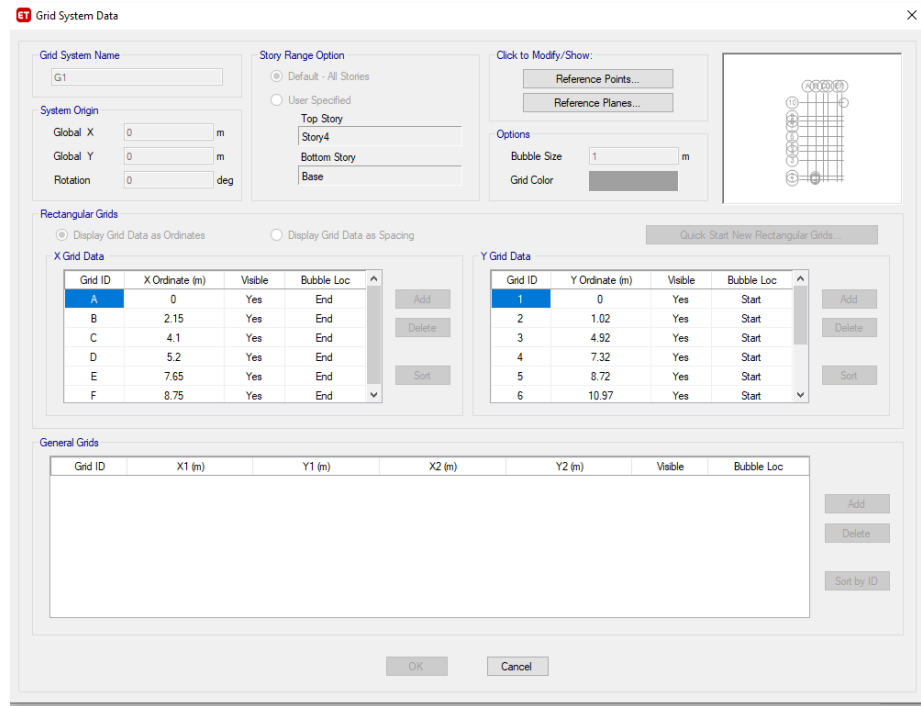
Carga Muerta (4to Piso)

→ Sobre Carga = 0.1 ton/m²

c) Modelado de la Estructura**c.1) Parámetros para el Modelado**

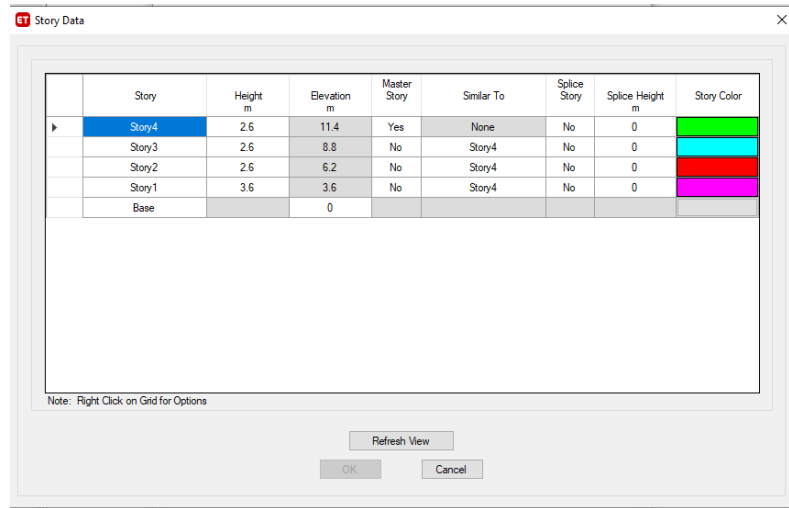
Definir la retícula respetando las alturas de piso y los espacios de eje a eje, esto nos sirve de ayuda para dibujar la estructura.

Ilustración 117:
Definición de grilla



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 118:
Definición de Altura de Entrepiso



Fuente: Elaboración propia

c.2) Definición de Materiales

Ilustración 119:
Características del Concreto

Material Property Data

General Data

Material Name: Concrete Fc= 280 kg/cm²

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Picker] Change...

Material Notes: [Text Area] Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s³/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2509980.08 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 1091295.69 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 120:
Características del Acero

Material Property Data

General Data

Material Name: Acero Fy=4200kg/cm²

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: [Blue] Change...

Material Notes: [Text Area] Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.849 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.800375 tonf-s³/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 121:
Características de la Albañilería

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box with the following settings:

- General Data:**
 - Material Name: Albañilería
 - Material Type: Masonry
 - Directional Symmetry Type: Isotropic
 - Material Display Color: Green
 - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:**
 - Specify Weight Density (selected):
 - Weight per Unit Volume: 1.8 tonf/m³
 - Mass per Unit Volume: 0.183549 tonf-s³/m³
 - Specify Mass Density: (unselected)
- Mechanical Property Data:**
 - Modulus of Elasticity, E: 325000 tonf/m²
 - Poisson's Ratio, U: 0.25
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000081 1/C
 - Shear Modulus, G: 130000 tonf/m²
- Design Property Data:**
 - Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data:**
 - Nonlinear Material Data...
 - Material Damping Properties...
 - Time Dependent Properties...

Buttons: OK, Cancel

Fuente: Elaboración propia.

c.3) Definición de los Elementos

Ilustración 122:
Columna 1

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box with the following settings:

- General Data:**
 - Property Name: C1 25X25
 - Material: Concreto Fc= 280 kg/cm²
 - Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
 - Display Color: Change...
 - Notes: Modify/Show Notes...
- Shape:**
 - Section Shape: Concrete Rectangular
- Section Property Source:**
 - Source: User Defined
- Section Dimensions:**
 - Depth: 0.25 m
 - Width: 0.25 m
- Reinforcement:**
 - Modify/Show Rebar...
- Property Modifiers:**
 - Modify/Show Modifiers...
 - Currently Default

Buttons: Show Section Properties..., OK, Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

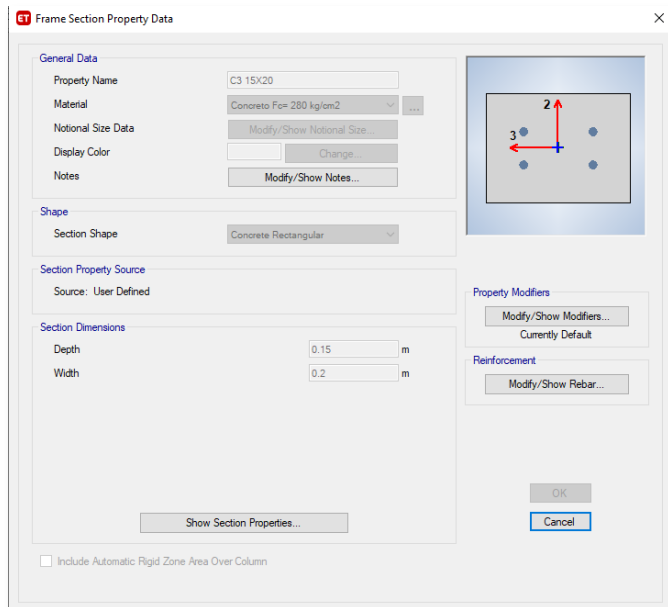
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 123:
Columna 2



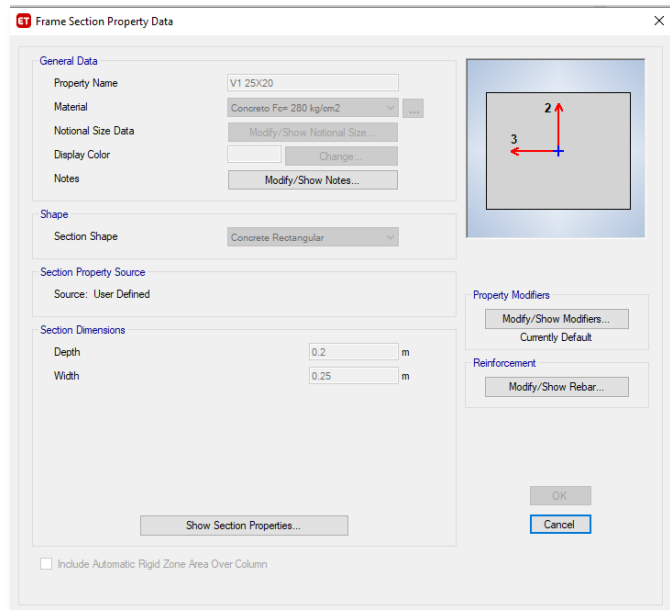
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 124:
Columna 3.



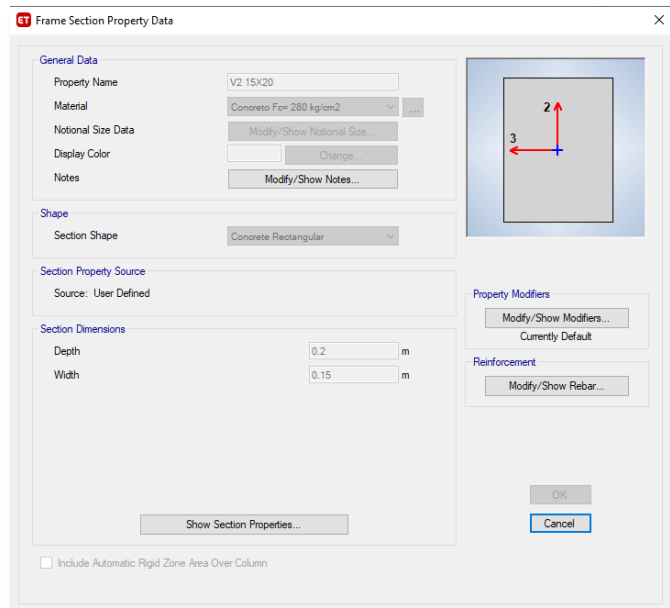
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 125:
Viga 1



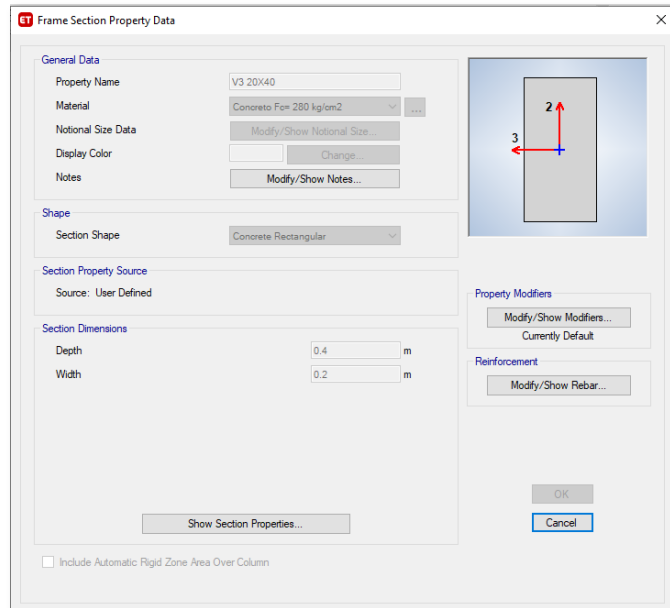
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 126:
Viga 2



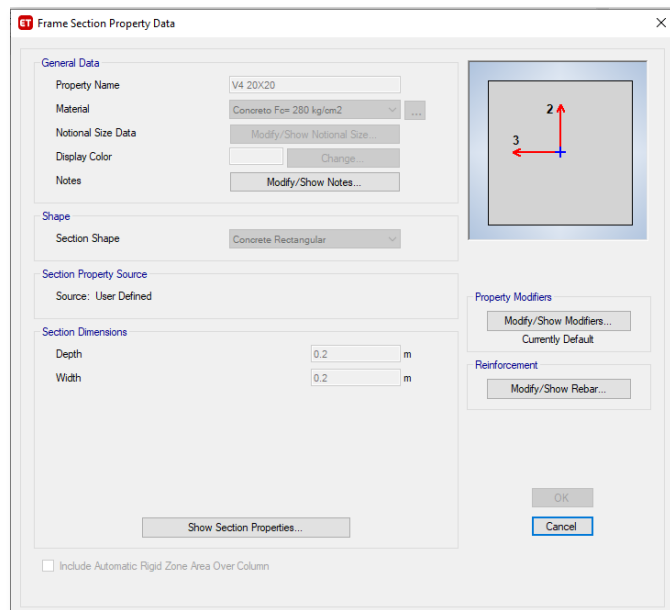
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 127:
Viga 3



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 128:
Viga 4



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 129:
Viga 5

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box for 'Viga 5'. The 'General Data' section includes: Property Name (VS 25X50), Material (Concreto Fc= 280 kg/cm2), National Size Data (Modify/Show National Size...), Display Color (Change...), and Notes (Modify/Show Notes...). The 'Shape' section shows Section Shape as Concrete Rectangular. The 'Section Property Source' is User Defined. The 'Section Dimensions' section shows Depth as 0.5 m and Width as 0.25 m. The 'Property Modifiers' section shows 'Currently Default' and a 'Modify/Show Modifiers...' button. The 'Reinforcement' section shows a 'Modify/Show Rebar...' button. The dialog also has 'Show Section Properties...', 'OK', and 'Cancel' buttons, and an unchecked checkbox for 'Include Automatic Rigid Zone Area Over Column'.

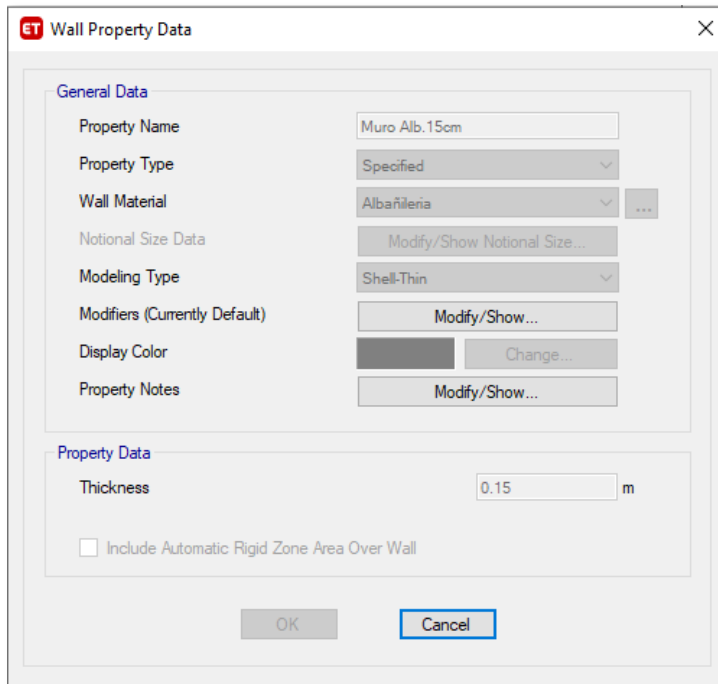
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 130:
Viga Chata

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box for 'Viga Chata'. The 'General Data' section includes: Property Name (VCH 25X20), Material (Concreto Fc= 280 kg/cm2), National Size Data (Modify/Show National Size...), Display Color (Change...), and Notes (Modify/Show Notes...). The 'Shape' section shows Section Shape as Concrete Rectangular. The 'Section Property Source' is User Defined. The 'Section Dimensions' section shows Depth as 0.2 m and Width as 0.25 m. The 'Property Modifiers' section shows 'Currently Default' and a 'Modify/Show Modifiers...' button. The 'Reinforcement' section shows a 'Modify/Show Rebar...' button. The dialog also has 'Show Section Properties...', 'OK', and 'Cancel' buttons, and an unchecked checkbox for 'Include Automatic Rigid Zone Area Over Column'.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 131:
Muro de Albañilería de 15cm



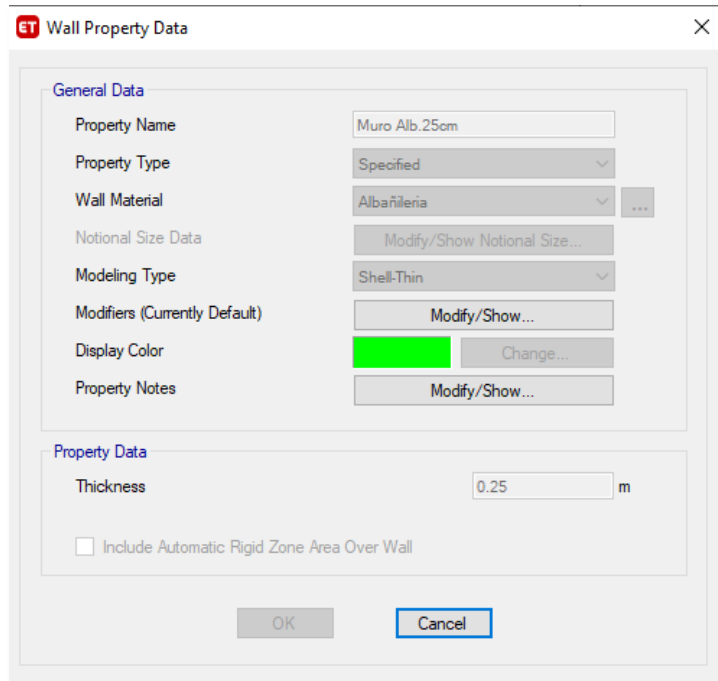
The screenshot shows the 'Wall Property Data' dialog box with the following settings:

- General Data:**
 - Property Name: Muro Alb.15cm
 - Property Type: Specified
 - Wall Material: Albañilería
 - Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
 - Modeling Type: Shell-Thin
 - Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
 - Display Color: (Dark Grey) Change...
 - Property Notes: Modify/Show...
- Property Data:**
 - Thickness: 0.15 m
 - Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

Buttons: OK, Cancel

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 132:
Muro de Albañilería de 25cm



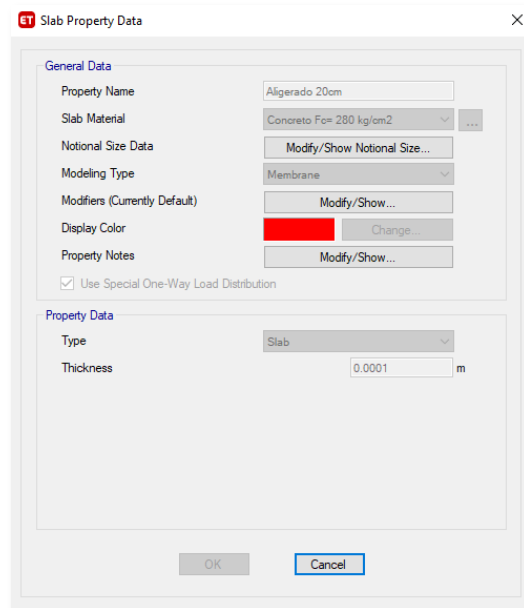
The screenshot shows the 'Wall Property Data' dialog box with the following settings:

- General Data:**
 - Property Name: Muro Alb.25cm
 - Property Type: Specified
 - Wall Material: Albañilería
 - Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
 - Modeling Type: Shell-Thin
 - Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
 - Display Color: (Bright Green) Change...
 - Property Notes: Modify/Show...
- Property Data:**
 - Thickness: 0.25 m
 - Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

Buttons: OK, Cancel

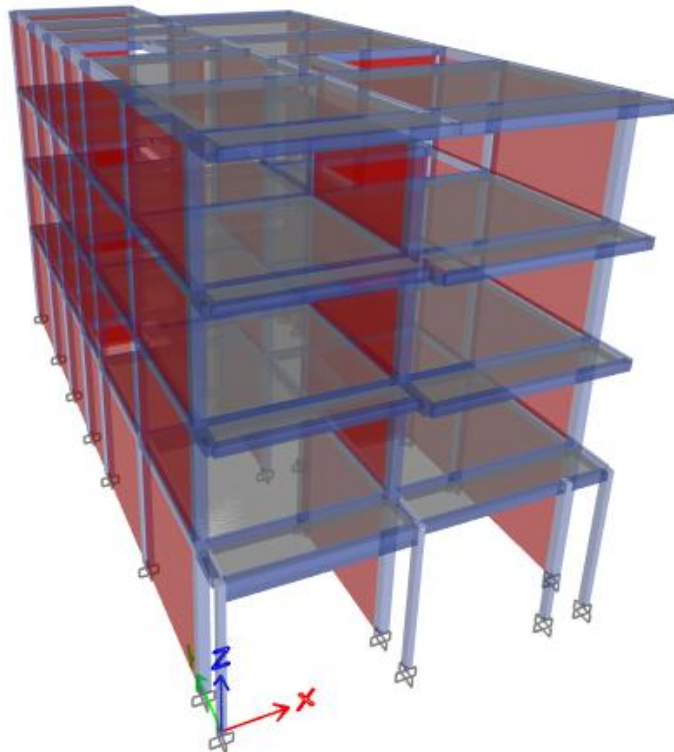
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 133:
Losa Aligerada en una Dirección de 20cm



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 134:
Vista 3D de todo el Sistema Estructural

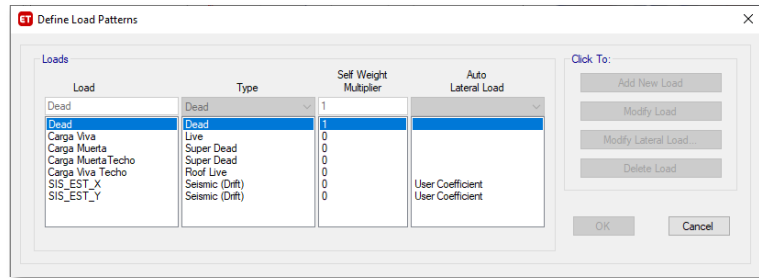


Fuente: Elaboración propia.

c.4) Definición de Cargas

Ilustración 135:

Peso Propio de la estructura, Carga Muerta y Carga Viva.



Fuente: Elaboración propia.

c.5) Definición del Espectro de Respuesta Sísmica

Para la definición del espectro usamos los coeficientes siguiendo la norma E.030 según corresponda a nuestro sistema estructural.

A continuación, se mostrará los parámetros utilizados para la obtención del espectro de respuesta:

Zonificación:

→ Zona = Zona 4, $Z = 0.45$

Parámetro del Sitio:

→ Perfil Tipo = S2

→ S = 1.05

→ T_p = 0.6

→ T_L = 2

Categoría del Edificio:

→ Categoría = Edificaciones Comunes, $U = 1$

Coeficiente de Reducción Básico

→ Albañilería = Sismo Moderado, $R_o = 6$

Factores de Irregularidad

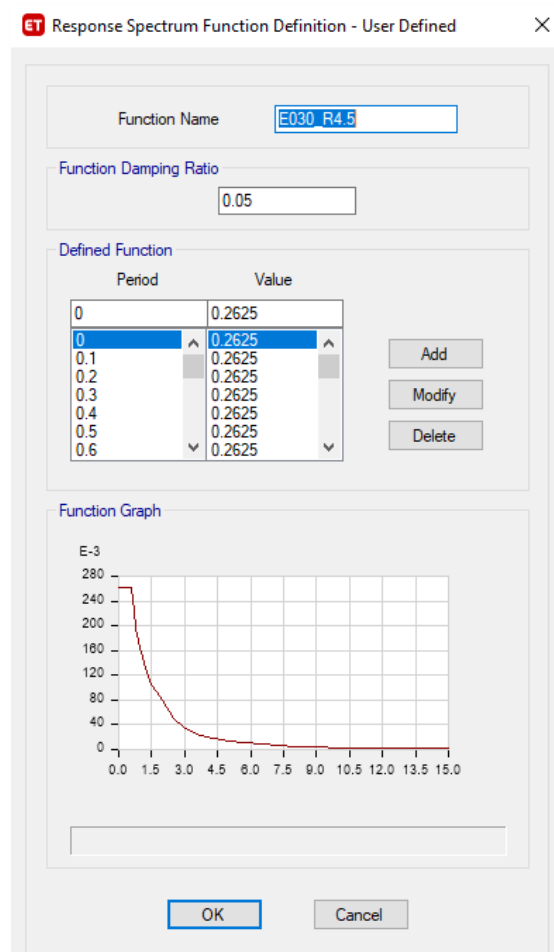
→ Irregularidad en Altura = Regular, $I_a = 1$

→ Irregularidad en Planta = Torsional, $I_p = 0.75$

Coefficiente de Reducción Sísmica = $R_o * I_a * I_p$, $R = 4.5$

Ilustración 136:

Definición del Espectro de Respuesta Sísmico



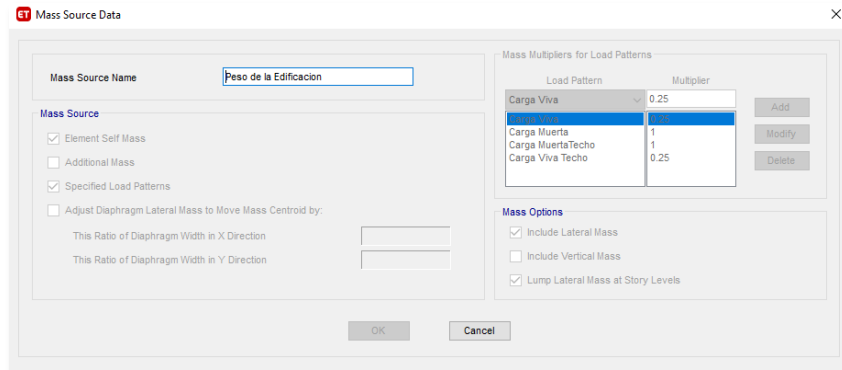
Fuente: Elaboración propia.

c.6) Definición de Peso de la Edificación

En la norma nos dice que para este tipo de edificaciones debemos considerar el 100% de la Carga Muerta (CM) y un 25% de la Carga Viva (CV).

Ilustración 137:

Definición del Peso de la Edificación



Fuente: Elaboración propia.

c.7) Análisis de Resultados

c.7.1) Modo de Vibración.

Para realizar el análisis dinámico es necesario contar con un análisis modal, en la cual podamos observar los modos de vibración de la estructura y tener una idea de su comportamiento frente a la presencia de alguna excitación sísmica.

Tabla 56:
Modos de Vibración de la Vivienda 03

Caso	Modo	Periodo	UX	UY	RX	RY	RZ
Modal	1	0.386	0.752	0.000	0.000	0.341	0.048
Modal	2	0.167	0.023	0.019	0.015	0.047	0.772
Modal	3	0.134	0.001	0.813	0.257	0.022	0.028
Modal	4	0.113	0.168	0.023	0.007	0.433	0.001
Modal	5	0.065	0.023	0.000	0.002	0.057	0.011
Modal	6	0.053	0.022	0.005	0.003	0.065	0.115
Modal	7	0.048	0.005	0.001	0.006	0.018	0.000

Modal	8	0.045	0.001	0.116	0.648	0.004	0.000
Modal	9	0.032	0.004	0.002	0.005	0.012	0.023
Modal	10	0.027	0.000	0.019	0.042	0.000	0.000
Modal	11	0.025	0.001	0.000	0.001	0.003	0.004
Modal	12	0.021	0.000	0.003	0.014	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

c.7.2) Cortante Estático calculado

Ya realizado el análisis modal, observamos el cortante estático producido en la base. El programa también nos brinda la información del peso de la estructura para poder obtener la cortante basal.

Tabla 57:
Peso de la Edificación

NIVELES	TON
PISO 4	119.24
PISO 3	139.85
PISO 2	139.85
PISO 1	160.57

Fuente: Elaboración propia.

Coefficientes para hallar el cortante:

$$\rightarrow Z = 0.45$$

$$\rightarrow U = 1$$

$$\rightarrow C = 2.5$$

$$\rightarrow S = 1.05$$

$$\rightarrow R = 4.5$$

Tabla 58:
Fuerzas Calculadas en los Entrepisos

H	Pi(hi)^k	oi	Fi
11.40 m	1359.373	0.337	49.478
8.80 m	1230.690	0.305	44.794
6.20 m	867.077	0.215	31.560
3.60 m	578.034	0.143	21.039

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59:
Cortante Estático en ambas direcciones.

SIS_EST_X_R4.5	SIS_EST_Y_R4.5
146.872	146.872

Fuente: Elaboración propia.

c.7.3) Cortante Dinámico

En la siguiente tabla podemos observar los cortantes dinámicos obtenidos del programa para cada dirección de la estructura.

Tabla 60:
Cortante Dinámico en ambas direcciones.

SIS_DIN_X_R4.5	SIS_DIN_Y_R4.5
113.5435	122.1934

Fuente: Elaboración propia.

c.7.4) Derivas de Piso

Dentro de la norma E.030 “Albañilería”, no debe exceder el 0.005. Con el programa obtenemos las Derivas Elásticas ante el espectro de respuesta. Como la estructura corresponde a una “Estructura Irregular” multiplicamos por **0.85R**.

Tabla 61:
Derivas en la dirección X-X

Nivel	Derivas Elásticas X-X	Derivas Inelásticas X-X	Deriva Limite	X - X
Story4	0.001498	0.0057	0.005	No Cumple
Story3	0.001851	0.0071	0.005	No Cumple
Story2	0.001865	0.0071	0.005	No Cumple
Story1	0.0011	0.0042	0.005	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62:
Derivas en la dirección Y-Y

Nivel	Derivas Elásticas Y-Y	Derivas Inelásticas Y-Y	Deriva Limite	Y-Y
Story4	0.000134	0.0005	0.005	Cumple
Story3	0.000172	0.0007	0.005	Cumple
Story2	0.000176	0.0007	0.005	Cumple
Story1	0.000166	0.0006	0.005	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

En los resultados obtenidos del programa podemos observar que en la dirección X – X todos los niveles exceden la deriva permitida según la Norma E.030 a diferencia de la dirección Y – Y en la cual todos los niveles están por debajo de la deriva permitida, así que calificamos a la VIVIENDA 03 con una vulnerabilidad “MEDIA-BAJA”.

3. Prueba de hipótesis

Inicialmente planteamos la probabilidad de que las edificaciones de la urb. Covicorti en la ciudad de Trujillo tendrían una vulnerabilidad de MEDIA A ALTA, idea tomada a raíz de una inspección rápida realizada por las calles notando una gran cantidad de inmuebles informales, en su mayoría viviendas.

El análisis cualitativo, Benedetti y Petrini, nos demuestra las características físicas que posee nuestra muestra, objeto de estudio. Desde la organización del sistema resistente hasta el estado de conservación, obtuvimos resultados de acorde a lo observado que al final se registraron en la tabla propuesta por los investigadores italianos. Las edificaciones estudiadas no presentan el mismo índice de vulnerabilidad, sin embargo, si los promediamos concluiremos con que las edificaciones de dicha urbanización tienen una vulnerabilidad de MEDIA A BAJA según el método aplicado.

Contrastando con el análisis cuantitativo, realizado a través de un programa computacional eficiente, obtenemos resultados más exactos y precisos, esto debido a que el cálculo no es descriptivo como el método planteado por Benedetti y Petrini, sino a través de un análisis proporcional a lo que demanda la investigación.

Dado que los resultados son más precisos con el análisis cuantitativo, y a criterio de los investigadores, probamos que la hipótesis cumple en su totalidad, conforme al estudio realizado y presentado en este informe.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Vulnerabilidad sísmica por el método cualitativo

1.1. Comparación de la normativa peruana con el método Benedetti – Petrini

El Reglamento Nacional de Edificaciones y los parámetros de evaluación planteados por los italianos Benedetti y Petrini, guardan cierta coherencia en la interpretación de los resultados obtenidos. Características geométricas como los parámetros 6 y 7 se asemejan a la normativa de Configuración estructural (Irregularidades estructurales en planta, norma E.030, Art 11) y el 8 al de Densidad de muros en las edificaciones (norma E.030 y E.070). Aspectos constructivos como Calidad de las juntas del mortero, Tipo de unidades de albañilería y Calidad de los materiales, abarcan al parámetro 2 en la normativa de Calidad del material y proceso constructivo (norma E.070). En los aspectos estructurales, los parámetros 1, 5 y 9 cubren a los Muros confinados y reforzados, Entrepiso, Vigas de amarre, Amarre de cubiertas y Columnas, componentes propuestos por el RNE como Asesoría técnica y criterios estructuración en adobe y albañilería (norma del 97), Consideraciones para diafragmas (norma E.030 y E.070) y Calidad en la unión de la cobertura liviana con el sistema resistente, respectivamente para cada parámetro mencionado. Y por último en las características para Suelos y Cimentaciones, congrega a los parámetros 3 y 4, los cuales obedecen a la normativa de Factores sismorresistentes (Z, U, C, S, R, Tp - norma E.070 – Cortante Basal) y Condiciones Geotécnicas: tipo de suelo muy rígido, intermedio y flexible (norma E.030), respectivamente con los parámetros. Por lo tanto, resulta fiable aplicar el método Benedetti – Petrini para la evaluación cualitativa de las edificaciones teniendo en cuenta estos aspectos normativos

establecidos en el RNE.

1.2. Evaluación del método cualitativo

Para la evaluación del método Benedetti – Petrini, primero procedimos a hacer una revisión general de la urbanización a simple vista y poder estimar cuántas edificaciones tienen como uso de “vivienda”. Segundo, inspeccionamos las tres edificaciones como muestra de estudio, apoyándonos con un formulario y capturando imágenes para trabajar al detalle. La vivienda más antigua es la VIVIENDA 03, construida en el año 1995, con parámetros constructivos más reservados que las otras edificaciones, mostrando signos de intenso deterioro en muros, vigas, columnas y losas; el propietario contaba con los planos pero estos no concordaba con la edificación real, por lo que tuvimos que hacer un levantamiento estructural. Seguida por la VIVIENDA 02 construida a finales del año 97, con base para 5 pisos, según el propietario, pero que mostraba ligeros signos de deterioro en algunos elementos estructurales; el propietario decía que su inmueble sí contaba con los planos pero que no los tenía consigo, así que tuvimos que realizar el levantamiento estructural. Por último, la VIVIENDA 01 fue construida hace 19 años, presenta ligeros signos de deterioro en los cielos rasos, muros y columnas; la vivienda contaba con planos del primer piso pero que no coincidían con lo ejecutado, por lo que era necesario un levantamiento estructural general.

Como pudimos ver en los resultados, la VIVIENDA 01, VIVIENDA 02 y VIVIENDA 03 tienen una vulnerabilidad de MEDIA A BAJA, BAJA y MEDIA A BAJA respectivamente, donde deducimos que, únicamente por el método cualitativo, la urbanización Covicorti tiene una vulnerabilidad de MEDIA A BAJA, significando

una vulnerabilidad de rango medio. Sin embargo, cabe precisar que están objetas a sufrir no el colapso pero sí daños significativos en sus estructuras más importantes. Es necesaria una revisión general por parte de expertos estructuralistas para brindar soluciones más exactas, rentables y que proporcione una seguridad óptima en las viviendas vulnerables.

2. Vulnerabilidad sísmica por el método cuantitativo

Con los análisis dinámicos realizados a las 3 viviendas obtenemos las distorsiones angulares de entrepiso las cuales podemos observar en las tablas: 47, 54 y 61. Las cuales corresponden a los ejes “X” de cada una de las viviendas estudiadas. En estas tablas podemos identificar que el eje “X” de las viviendas no cumplen con la Norma E.030 “Diseño Sismorresistente” (que estipula como deriva limite **0.005**) esto debido a la falta de rigidez en dicha dirección. Lo contrario pasa en el eje “Y” el cual está conformado por una mayor cantidad de muros portantes los cuales le dan mayor rigidez a la estructura, pero solo en esa dirección.

Los resultados del programa computacional han sido obtenidos considerando que es una estructura monolítica, lo cual no es cierto, sino que estas edificaciones fueron construidas en varios periodos de tiempo y, también a lo largo del mismo, las estructuras han sido dañadas por varios factores, así que si comparamos los resultados del programa computacional con los de la metodología de Benedetti y Petrini, puede que haya ciertas diferencias en lo que respecta a vulnerabilidad, pues esta metodología toma en cuenta varios parámetros y/o características actuales de la estructura.

2.1. Comparación del incremento de sollicitación sísmica de la norma actualizada al 2018 respecto a la a norma básica de diseño del 1977 y 1997

Tabla 63:

Comparación de la cortante basal entre las normas del 1997 y 2018 para la VIVIENDA 01

Norma sísmica	1997	2018	
Factor Z	0.4	0.45	
Factor U	1	1	
Factor S	1.2	1.05	
Factor C (periodos cortos)	2.5	2.5	
Factor de reducción sísmica (R)	4.5	4.5	
Peso de la edificación (P)	371.72	371.72	Porcentaje de diferencia (%)
Cortante basal (V)	99.125	97.577	101.587

Fuente: Elaboración propia.

Vemos cuanto se ha incrementado la sollicitación sísmica en función al tiempo:

$$V_{basal} = \frac{V_{basal}E.030 - 1997}{V_{basal}E.030 - 2018} = \frac{99.125}{97.577} = 1.016$$

Tabla 64:

Comparación de la cortante basal entre las normas del 1997 y 2018 para la VIVIENDA 02

Norma sísmica	1997	2018	
Factor Z	0.4	0.45	
Factor U	1	1	
Factor S	1.2	1.05	
Factor C (periodos cortos)	2.5	2.5	
Factor de reducción sísmica (R)	4.5	4.5	Porcentaje de diferencia (%)

Peso de la edificación (P)	666.78	666.78	
Cortante basal (V)	177.808	175.030	101.587

Fuente: Elaboración propia.

Vemos cuanto se ha incrementado la sollicitación sísmica en función al tiempo:

$$V_{basal} = \frac{V_{basal}E.030 - 1997}{V_{basal}E.030 - 2018} = \frac{177.808}{175.030} = 1.016$$

Tabla 65:

Comparación de la cortante basal entre las normas del 1977 y 2018 para la VIVIENDA 03

Norma sísmica	1977	2018	
Factor Z	0.4	0.45	
Factor U	1	1	
Factor S	1.2	1.05	
Factor C (periodos cortos)	2.5	2.5	
Factor de reducción sísmica (R)	4.5	4.5	
Peso de la edificación (P)	559.51	559.51	Porcentaje de diferencia (%)
Cortante basal (V)	149.203	146.871	101.587

Fuente: Elaboración propia.

Vemos cuanto se ha incrementado la sollicitación sísmica en función al tiempo:

$$V_{basal} = \frac{V_{basal}E.030 - 1977}{V_{basal}E.030 - 2018} = \frac{149.203}{146.871} = 1.016$$

De acuerdo a lo calculado, notamos un incremento de la sollicitación sísmica para la VIVIENDA 01 y VIVIENDA 02 de 1.016 veces más que la antigua norma del 1997, y para la VIVIENDA 03 de 1.016 veces más que la norma básica peruana del 1977. De esta forma, comprobamos el grado de susceptibilidad que poseen las edificaciones

de la urbanización Covicorti, que en su mayoría, tienen una antigüedad considerable.

3. Contrastación de resultados para el método cualitativo y cuantitativo

Tabla 66:

Resumen de vulnerabilidades en las tres edificaciones

VIVIENDAS	VULNERABILIDAD	
	Método cualitativo (Benedetti - Petrini)	Método cuantitativo (Programa computacional)
1	MEDIA - BAJA	ALTA
2	BAJA	MEDIA - ALTA
3	MEDIA - BAJA	MEDIA - BAJA

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 66 de este capítulo, los resultados no coinciden para ambos métodos por diversos motivos. Primero, el método cualitativo es un sistema de evaluación observacional, encargado de registrar conceptos constructivos de cada edificación, recolectando datos que proporcionen la información solicitada. Segundo, el cuantitativo procede de manera computacional, donde los datos son recolectados de los planos generados luego del levantamiento estructural; un procedimiento extenso pero preciso, pues evalúa el comportamiento de la estructura ante un evento sísmico moderado.

En el caso de la VIVIENDA 01 es la resistencia convencional, configuración en planta, densidad de muros y elementos no estructurales las que hacen que la estructura tenga una vulnerabilidad de media a baja, dado que no cuenta con estudios previos. Sin embargo, efectuando el análisis dinámico – lineal a través del programa computacional, vemos que la deriva máxima en el eje “x” es de 0.0209, 4.2 veces más que lo estipulado en la norma E.030, siendo una edificación muy vulnerable sobre todo por su forma geométrica y densidad de muros. Por lo tanto, conjugando estos resultados determinamos que la vivienda posee una vulnerabilidad ALTA.

La VIVIENDA 02 tiene deficiencias en la resistencia convencional y densidad de muros que, a diferencia de la anterior edificación, este sí cuenta con estudios previos, considerándose así una vulnerabilidad baja. Por otro lado, el programa proporciona resultados alarmantes para las derivas, pues en el eje “x” y último piso, la deriva es 2.2 veces más que el límite establecido en el RNE, esto debido a la escases de muros en esa dirección haciéndose menos rígida. Los tesisas determinamos que la vivienda tiene una vulnerabilidad de MEDIA A ALTA, por sus características geométricas (extrema irregularidad en planta) y falta de rigidez.

Para finalizar, la VIVIENDA 03 es la que más deficiencias tiene: Resistencia convencional, posición del edificio y cimentación, densidad de muros, tipo de cubierta, elementos no estructurales y sobre todo estado de conservación. El programa determinó que la deriva máxima en el eje “x” es de 0.0071, 1.5 veces más de lo que exige el reglamento. Sin embargo, deducimos que la edificación tiene una vulnerabilidad de MEDIA A ALTA por su terrible estado de conservación, mala distribución de muros tabiques, salinización en muros principales y cimentación, cubierta semi inestable y soporte de tanque elevado en deterioro.

CONCLUSIONES

- Se desarrolló un formulario de apoyo para hacer más fluido el análisis descriptivo en las tres edificaciones. Esta ficha permitió identificar características relevantes de cada vivienda y apuntar detalles nocivos de las mismas, siguiendo el lineamiento de los parámetros de Benedetti - Petrini.
- Procedimos a realizar las pruebas esclerométricas en las tres edificaciones en conjunto con el grupo de trabajo CCL S. A. C., sin antes prever la autorización inmediata de los propietarios (documento situado en Anexos). Se ejecutaron en vigas y columnas ubicadas en zonas importantes de las viviendas y se obtuvo como resultado una resistencia de $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para todos los elementos estructurales que fueron estudiados.
- Se determinó el estado en el que se encontraban a través de las fichas de evaluación y los parámetros planteados por los investigadores italianos, proceso realizado a través de la observación directa y la recopilación de información determinante proporcionada por los propietarios.
- Desarrollamos dos planos para cada vivienda (situado en Anexos): la primera ubicando los muros portantes y de tabiquería, la segunda describiendo las vigas, columnas y sentido de las losas. Ambos planos fueron de vital importancia para la investigación donde procedimos con cálculos respectivos, tanto para el análisis cualitativo como el cuantitativo.
- Calculamos el grado de vulnerabilidad sísmica mediante el método planteado por Benetetti y Petrini, teniendo como resultados: VIVIENDA 01 - $I_v = 112.5$, vulnerabilidad de MEDIA A BAJA; VIVIENDA 02 - $I_v = 92.5$, vulnerabilidad BAJA; VIVIENDA 03 - $I_v = 162.5$, vulnerabilidad de MEDIA A BAJA.
- Se realizó el modelamiento de la VIVIENDA 01 del cual se obtuvo resultados no favorables

para la estructura principalmente en sus modos de vibración 1, 2 y 3, presentando una masa de participación del 71.7%, 58.1% y 56.6% y periodos de 0.689, 0.225 y 0.187, siendo sus movimientos: Traslacional X, Rotacional y Rotacional respectivamente; indicando un comportamiento no adecuado ante un movimiento sísmico. Para la VIVIENDA 02 de igual manera se obtuvo resultados en sus modos de vibración 1, 2 y 3, presentando una masa de participación del 72.1%, 6.5% y 41.6% y periodos de 0.347, 0.167 y 0.157, siendo sus movimientos: Traslacional X con un porcentaje considerado Rotacional, Rotacional y Rotacional con Traslacional en Y respectivamente; lo que nos indica un comportamiento no adecuado ante un evento sísmico. Y para finalizar con la VIVIENDA 03, los modos de vibración 1,2 y 3 presentan una masa de participación del 75.2%, 77.2% y 81.3% y periodos de 0.386, 0.167, 0.134, siendo sus movimientos: Traslacional X, Rotacional y Traslacional Y respectivamente; lo que nos indica un comportamiento inadecuado ante un movimiento telúrico.

- El análisis sísmico realizado a la VIVIENDA 01 presenta notables problemas en el cumplimiento de derivas en la dirección X. Como podemos observar en la Tabla 47, las derivas para los pisos 1, 2, 3 y 4 son críticas: 0.0129, 0.0185, 0.0209, 0.0159 respectivamente sobrepasando lo permitido en la Norma E.030 que indica un máximo de 0.005. En la VIVIENDA 02, podemos observar que las derivas obtenidas por el programa muestran una edificación vulnerable en la dirección X, en la tabla 54 muestra que solo el PISO 1 cumple con la deriva permitida por la Norma E.030; En cuanto a los PISOS 2, 3 y 4 podemos ver que las derivas sobrepasan lo permitido siendo estas: 0.0059, 0.006 y 0.0113 respectivamente. Y en la VIVIENDA 03 podemos observar que las derivas obtenidas del programa muestran una edificación vulnerable en la dirección X, en la tabla 61 muestra al PISO 1 con una deriva de

0.0042 que cumple con la deriva permitida por la Norma E.030. En cuanto a los PISOS 2, 3 y 4 podemos ver que las derivas sobrepasan lo permitido siendo estas: 0.0071, 0.071 y 0.0057 respectivamente.

- Como respuesta al análisis realizado a la VIVIENDA 01, decimos que la estructura presenta problemas de Torsión y Rigidez, estas debido a la poca densidad de muros en la dirección X. De tal forma, calificamos a esa vivienda con una vulnerabilidad ALTA. La VIVIENDA 02 no es tan vulnerable en comparación a la primera, ya que las derivas que no cumplen ni poseen mucha diferencia con respecto a lo especificado en la Norma E.030. Por lo tanto, la calificación para esta edificación es de vulnerabilidad MEDIA-ALTA. Y para la VIVIENDA 03, no es tan vulnerable con respecto a las otras dos viviendas anteriores, ya que es la que presenta derivas menores y cercanas a la deriva límite de la Norma E.030. De tal manera, la calificación para esta vivienda es de VULNERABILIDAD MEDIA-BAJA.
- Contrastando los resultados obtenidos tanto en el método Benedetti – Petrini como con el programa computacional, concluimos que las edificaciones de la urbanización Covicorti, situada en la ciudad de Trujillo – La libertad, sí poseen una vulnerabilidad de MEDIA A ALTA.

RECOMENDACIONES

- Para el modelado de las estructuras es necesario obtener datos exactos, por ello es recomendable tener los ensayos y especificaciones técnicas de los materiales, realizar visitas técnicas a las viviendas y entrevistar a los residentes.
- Se recomienda utilizar la metodología cualitativa de Benedetti - Petrini adaptada a la normativa que se rige en el Perú, para así lograr un resultado que se acerque a la realidad descriptiva de la vulnerabilidad de la vivienda, además de ser sencillo y económico para quien realice la investigación.
- Al realizar el análisis dinámico a las viviendas por medio del programa computacional, se observó que estas presentan problemas de rigidez – torsión, y no cumplen con la deriva permitida para la normativa peruana, por lo que se le recomendaría que se le dé mayor rigidez en el sentido más débil de la estructura, para así lograr una buena distribución de carga sísmica y brindarle un comportamiento adecuado a la Estructura.
- Se puede tener en cuenta realizar una propuesta de reforzamiento con placas de concreto armado las cuales ayudarían en el comportamiento de la estructura. Sin embargo, no sería un método viable si hablamos de todo un conjunto habitacional, ya que económicamente no sería rentable. De tal manera, se recomienda ver otras opciones y elegir la más adecuada en tanto a seguridad, funcionalidad y economía.

REFERENCIAS


- ArquitecturaPura. (s.f.). *Arquitectura Pura*. Obtenido de <https://www.arquitecturapura.com/que-es-una-cornisa-y-cuantos/>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, M. d. (1988). *Comentarios al Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes CCCSR-84*. Bogotá, Colombia.
- Barbat, A. H. (1998). *El Riesgo Sísmico en el diseño de edificios*. Madrid: Calidad siderúrgica.
- Criollo Paucar, J. A., & Santisteban Jacinto, A. G. (2018). *Vulnerabilidad sísmica aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti Petrini) en la ciudad de San José, distrito de San José, provincia Lambayeque, departamento Lambayeque*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Garcés Mora, J. Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería. (*Trabajo de Grado*). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C.
- Gómez Rueda, O. J., & Maldonado Rondón, E. (2004). Estudio Analítico de los Efectos de la Torsión Natural en el Comportamiento de Edificios de Varios Pisos Torsionamente Desbalanceados ante Solicitaciones Sísmicas. *Revista de la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas*, 148.
- Guzmán Gómez de la Torre, M. F. (2015). *Diseño sísmo resistente de edificios de hormigón armado (cálculo de periodos de vibración y niveles de agrietamiento)*. Quito, Quito, Ecuador: Elaboración propia.
- IGP, I. G. (2014). *Re-evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú*. Lima: Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida - IGP.
- INDECI, & Universidad Nacional de Trujillo. (Julio de 2002). *INDECI*. Obtenido de http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_La_Libertad/trujillo/trujillo_mp.pdf

- Luján Silva, E. (2011). *Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo*. Lima: Guzlop, Editores.
- Luján Silva, E. F. (2020). *Microzonificación Sísmica del Distrito de Trujillo*. Trujillo, Perú: Fondo editorial de la Universidad Privada Antenor Orrego.
- M. T., A. (1989). *Metodología de la Observación en las Ciencias Humanas*.
- McCormac, J. C. (2011). *Análisis de estructuras*. New Jersey.
- Mena, U. Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas. (*Tesis de Doctorado*). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (s.f.).
- Ministerio de vivienda, C. y. (2018). Reglamento Nacional de Edificaciones. En C. y. Ministerio de vivienda, *Norma E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima.
- Municipalidad Provincial de Trujillo. (2003). Esquema director de Trujillo. *revisión y actualización*.
- Peralta Buriticá, H. A. (2002). *Escenarios de vulnerabilidad y daño sísmico en edificaciones de mampostería de uno y dos pisos en el barrio San Antonio-Cali*. San Antonio, Cali, Colombia.
- Romero Ortiz, C. (2017). Tipos y usos de parapetos en albañilería armada. 48.
- Sarriá, E., & Brioso, A. (1999). *Categorización y Observación de las funciones, morfología y características espacio-temporales de la comunicación intencional preverbal*. En Arguilaga, M. *Observación de conducta interactiva en contextos naturales: Aplicaciones*.
- Shearer, P. M. (2009). *Introduction to Seismology*. Cambridge.
- Silgado Ferro, E. (1978). *Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513 -1974)*. Lima: Instituto de Geología y Minas.

Tavera, H., & Buforn, E. (1998). Sismicidad y Sismotectonica de Peru. *Fisica de la Tierra*, 188-219.

ANEXO “A”

(DOCUMENTACIÓN Y FICHA DE TRABAJO)

PARÁMETROS		ELEMENTOS DE INSPECCIÓN			
EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES DE LA URBANIZACIÓN COVICORTI					
					
Ficha de evaluación para edificaciones de albañilería					
Nombre del propietario:					
Ubicación:		Cantidad de habitantes:			
Secuencia de construcción de los ambientes:					
Vivienda N°:		Fecha de evaluación:			
<i>Determinar según la inspección realizada</i>					
1	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	Cumple todos los requisitos de la E.070:	SI	NO	
		Cumple al menos un requisito de la E.070:	SI	NO	
		Deficiencias en el sistema constructivo:	SI	NO	
<i>Determinar de acuerdo a lo observado</i>					
2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	Ladrillo de buena calidad:	SI	NO	
		Buen amarre entre las unidades de albañilería:	SI	NO	
		Mortero de buena calidad de 10 a 15mm:	SI	NO	
<i>Especificar de acuerdo a lo observado en la vivienda</i>					
3	RESISTENCIA CONVENCIONAL	Número de pisos (N):	_____		
		Área total construida en planta (m2)	_____		
		Ax - Área de muros en "x" (m2):	_____		
		Ay - Área de muros en "y" (m2):	_____		
		Altura promedio de entrepiso (m):	_____		
<i>Determinar de acuerdo a lo observado</i>					
4	POSICIÓN DEL EDIFICIO Y CIMENTACIÓN	Tipo de suelo:	RÍGIDO	INTERMEDIO	FLEXIBLE
		Presencia de sales:	SI		NO
		Presencia de humedad:	SI		NO
<i>Determinar de acuerdo a lo observado</i>					
5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	Discontinuidades abruptas	SI	NO	
		Buena conexión Diafragma - Elemento vertical	SI	NO	
		Deflexión del diafragma	SI	NO	
<i>Especificar de acuerdo a lo observado en la vivienda</i>					
6	CONFIGURACIÓN EN PLANTA	a: _____	b: _____		
		L: _____	Xcg: _____		
		Ycg: _____	Xmin: _____		
		Xmax: _____	Ymin: _____		
		Ymax: _____	IR: _____		
<i>Especificar de acuerdo a lo observado en la vivienda</i>					
7	CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN	Aumento o reducción de masas o áreas:	_____		
		DA/A (%):	_____		
		Piso blando:	SI	NO	
		Irregularidad del sistema resistente:	SI	NO	
<i>Determinar de acuerdo a lo observado</i>					
8	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE COLUMNAS	L (espaciamiento de columnas en metros):	_____		
		S (espesor de la columna maestra en metros):	_____		
		Factor L/S:	_____		
<i>Determinar de acuerdo a lo observado</i>					
9	TIPO DE CUBIERTA	Cubierta estable:	SI	NO	
		Conexión Cubierta-Elemento vertical adecuada	SI	NO	
		Cubierta plana:	SI	NO	
		Material liviano:	SI	NO	
<i>Determinar de acuerdo a lo observado según conexión al sistema resistente</i>					
10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Corniza y parapetos:	BUENO	MALO	REGULAR
		Tanques de agua prefabricados:	BUENO	MALO	REGULAR
		Balcones y volados:	BUENO	MALO	REGULAR
		Pequeños elementos:	BUENO	MALO	REGULAR
		Sin elementos vinculados:	BUENO	MALO	REGULAR
<i>Estructuras de concreto armado en:</i>					
11	ESTADO DE CONSERVACIÓN	Muros sin fisuras visibles:	_____		
		Muros con fisuras menores a 02 mm:	_____		
		Muros con fisuras mayores a 02 mm:	_____		
		Muros con fuerte deterioro de sus componentes:	_____		



UPAO

FACULTAD DE INGENIERÍA
Ingeniería civil

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Trujillo, setiembre 7 del 2019

Sr. Eduard Arturo Saldaña Coral

Presente: Aplicación de esclerometría, visita técnica y entrevista personal realizada en base a la construcción de su vivienda ubicada en la Urbanización Covicorti, mz. "R1", lote 3.

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y pedir el permiso para la aplicación del ensayo esclerométrico y, ratificar la conformidad de visita técnica y entrevista realizada a su persona sobre el inmueble de propiedad suya, con el fin de validar y servir como documento de presentación en la tesis que venimos realizando denominada "EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI EN LAS EDIFICACIONES DE LA URBANIZACIÓN COVICORTI DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD".

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para una vez más mostrarle mi entera consideración y estima personal.

Atentamente,

Sr. Saldaña Coral, Eduard Arturo

DNI: 44856606

Br. Sabogal Díaz, Luis

DNI: 70747586

Br. Vásquez Pajares, Germán

DNI: 71510309



UPAO

FACULTAD DE INGENIERÍA
Ingeniería civil

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Trujillo, setiembre 7 del 2019

Sr. Oscar Sabogal Benites

Presente: Aplicación de esclerometría, visita técnica y entrevista personal realizada en base a la construcción de su vivienda ubicada en la Urbanización Covicorti, mz. "C", lote 5.

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y pedir el permiso para la aplicación del ensayo esclerométrico y, ratificar la conformidad de visita técnica y entrevista realizada a su persona sobre el inmueble de propiedad suya, con el fin de validar y servir como documento de presentación en la tesis que venimos realizando denominada "EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI EN LAS EDIFICACIONES DE LA URBANIZACIÓN COVICORTI DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD".

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para una vez más mostrarle mi entera consideración y estima personal.

Atentamente,

Sr. Sabogal Benites, Oscar

DNI: 18100059

Br. Sabogal Díaz, Luis

DNI: 70747586

Br. Vásquez Pajares, Germán

DNI: 71510309



UPAO

FACULTAD DE INGENIERÍA
Ingeniería civil

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Trujillo, setiembre 7 del 2019

Sr. Rubén Filomeno Cruz Calderón

Presente: Aplicación de esclerometría, visita técnica y entrevista personal realizada en base a la construcción de su vivienda ubicada en la Urbanización Covicorti, mz. "H", lote 3.

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y pedir el permiso para la aplicación del ensayo esclerométrico y ratificar la conformidad de visita técnica y entrevista realizada a su persona sobre el inmueble de propiedad suya, con el fin de validar y servir como documento de presentación en la tesis que venimos realizando denominada "EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI EN LAS EDIFICACIONES DE LA URBANIZACIÓN COVICORTI DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD".

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para una vez más mostrarle mi entera consideración y estima personal.

Atentamente,

Sr. Cruz Calderón, Rubén Filomeno

DNI: 18142055

Br. Sabogal Díaz, Luis

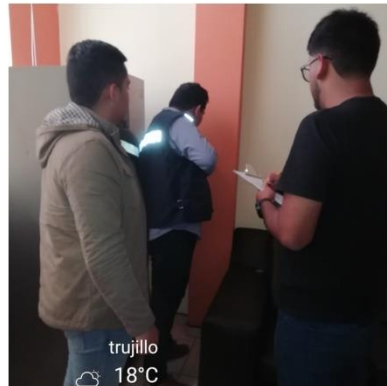
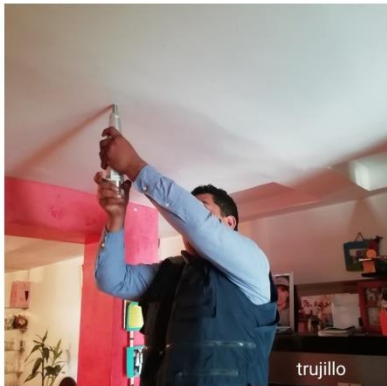
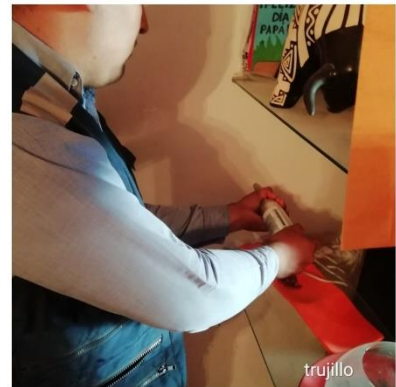
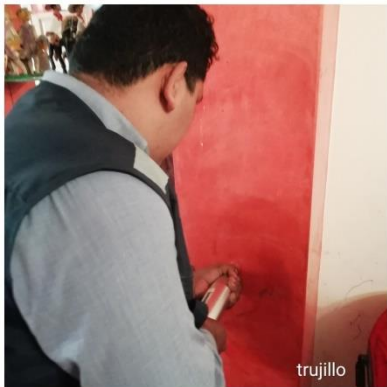
DNI: 70747586

Br. Vásquez Pajares, Germán

DNI: 71510309

ANEXO “B”

(PANEL FOTOGRAFICO Y PLANOS)

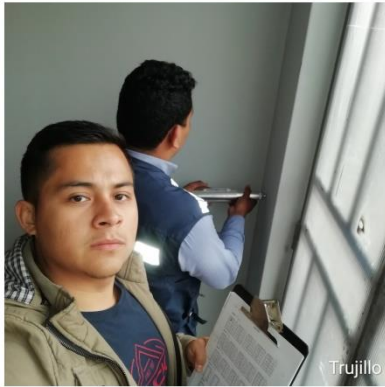


MUESTRA 1				
PROFUNDIDAD (cm)	RESISTENCIA (kg/cm²)	RESISTENCIA (kg/cm²)	RESISTENCIA (kg/cm²)	RESISTENCIA (kg/cm²)
10	100	100	100	100
20	100	100	100	100
30	100	100	100	100
40	100	100	100	100
50	100	100	100	100
60	100	100	100	100
70	100	100	100	100
80	100	100	100	100
90	100	100	100	100
100	100	100	100	100

Esclerometría para la VIVIENDA 01



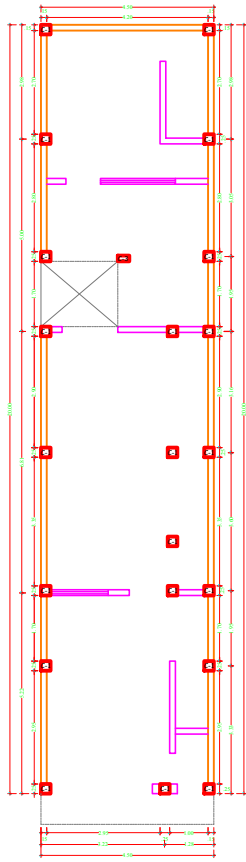
Esclerometría para la VIVIENDA 02



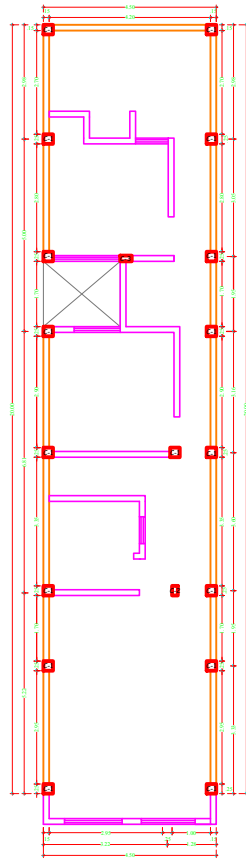
MUESTRA

GRUPO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
GRUPO 1	MUESTRA 1.1	MUESTRA 1.2	MUESTRA 1.3	MUESTRA 1.4	MUESTRA 1.5
	MUESTRA 1.6	MUESTRA 1.7	MUESTRA 1.8	MUESTRA 1.9	MUESTRA 1.10
	MUESTRA 1.11	MUESTRA 1.12	MUESTRA 1.13	MUESTRA 1.14	MUESTRA 1.15
	MUESTRA 1.16	MUESTRA 1.17	MUESTRA 1.18	MUESTRA 1.19	MUESTRA 1.20
	MUESTRA 1.21	MUESTRA 1.22	MUESTRA 1.23	MUESTRA 1.24	MUESTRA 1.25
GRUPO 2	MUESTRA 2.1	MUESTRA 2.2	MUESTRA 2.3	MUESTRA 2.4	MUESTRA 2.5
	MUESTRA 2.6	MUESTRA 2.7	MUESTRA 2.8	MUESTRA 2.9	MUESTRA 2.10
	MUESTRA 2.11	MUESTRA 2.12	MUESTRA 2.13	MUESTRA 2.14	MUESTRA 2.15
	MUESTRA 2.16	MUESTRA 2.17	MUESTRA 2.18	MUESTRA 2.19	MUESTRA 2.20
	MUESTRA 2.21	MUESTRA 2.22	MUESTRA 2.23	MUESTRA 2.24	MUESTRA 2.25
GRUPO 3	MUESTRA 3.1	MUESTRA 3.2	MUESTRA 3.3	MUESTRA 3.4	MUESTRA 3.5
	MUESTRA 3.6	MUESTRA 3.7	MUESTRA 3.8	MUESTRA 3.9	MUESTRA 3.10
	MUESTRA 3.11	MUESTRA 3.12	MUESTRA 3.13	MUESTRA 3.14	MUESTRA 3.15
	MUESTRA 3.16	MUESTRA 3.17	MUESTRA 3.18	MUESTRA 3.19	MUESTRA 3.20
	MUESTRA 3.21	MUESTRA 3.22	MUESTRA 3.23	MUESTRA 3.24	MUESTRA 3.25
GRUPO 4	MUESTRA 4.1	MUESTRA 4.2	MUESTRA 4.3	MUESTRA 4.4	MUESTRA 4.5
	MUESTRA 4.6	MUESTRA 4.7	MUESTRA 4.8	MUESTRA 4.9	MUESTRA 4.10
	MUESTRA 4.11	MUESTRA 4.12	MUESTRA 4.13	MUESTRA 4.14	MUESTRA 4.15
	MUESTRA 4.16	MUESTRA 4.17	MUESTRA 4.18	MUESTRA 4.19	MUESTRA 4.20
	MUESTRA 4.21	MUESTRA 4.22	MUESTRA 4.23	MUESTRA 4.24	MUESTRA 4.25

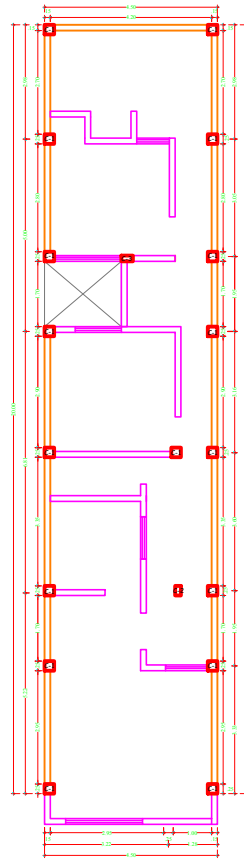
Esclerometría para la VIVIENDA 03



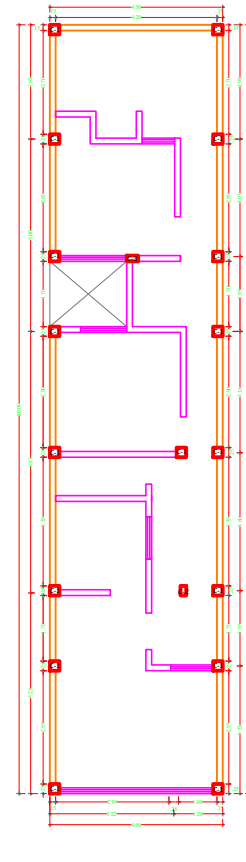
PRIMER NIVEL



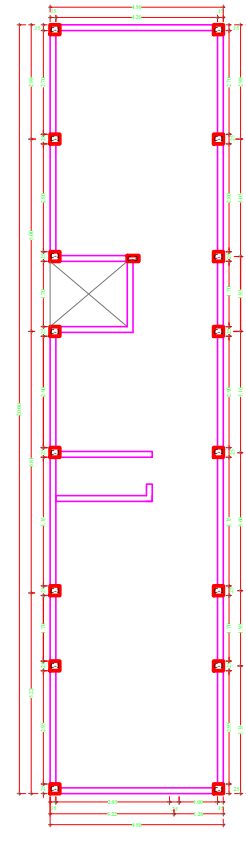
SEGUNDO NIVEL



TERCER NIVEL



CUARTO NIVEL

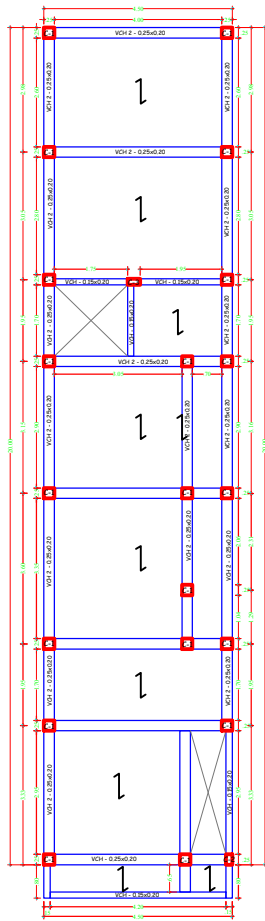


AZOTEA

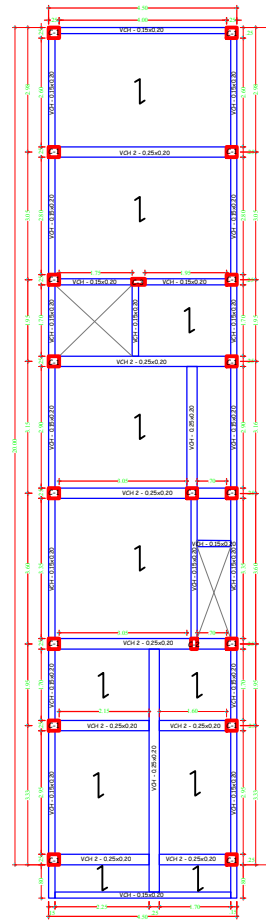


NOMBRE:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR
PLANO:	ARQUITECTURA
AUTOR:	LUIS ANTONY SABOGAL DÍAZ GERMAN VASQUEZ PAJARES
PROPIETARIO:	OSCAR SABOGAL BENITES
FECHA:	10/11/2020 N°: N/A

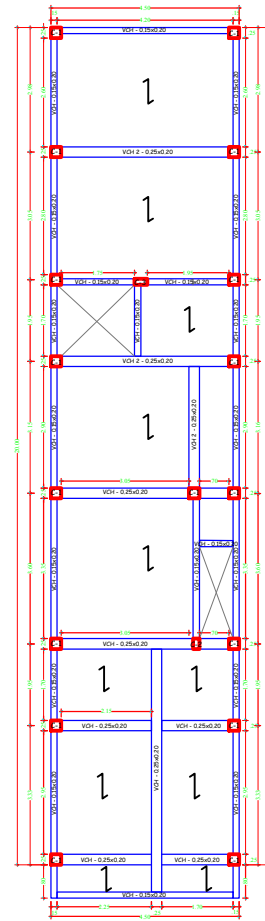
"EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI EN LAS EDIFICACIONES DE LA URBANIZACIÓN COVICORTI DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD"



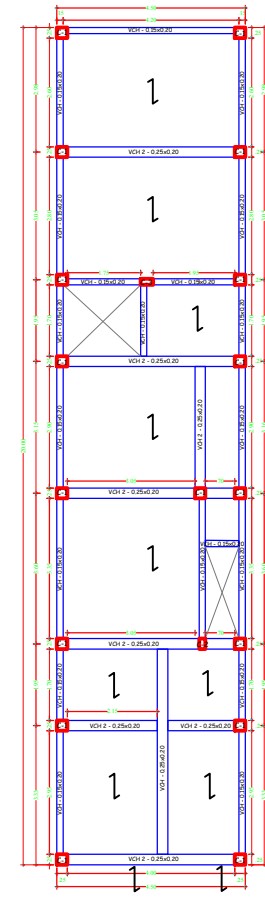
ALIGERADO PRIMER NIVEL



ALIGERADO SEGUNDO NIVEL



ALIGERADO TERCER NIVEL

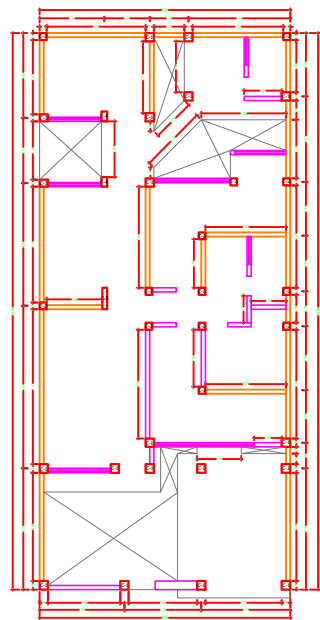


ALIGERADO CUARTO NIVEL

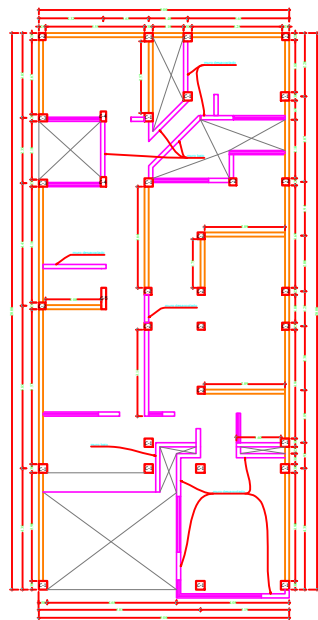
CUADRO DE VIGAS
VCH - 0.15x0.20
VCH 2 - 0.25x0.20

CUADRO DE COLUMNAS	
C-1 ±.25	C-2 ±.15
C-3 ±.30	

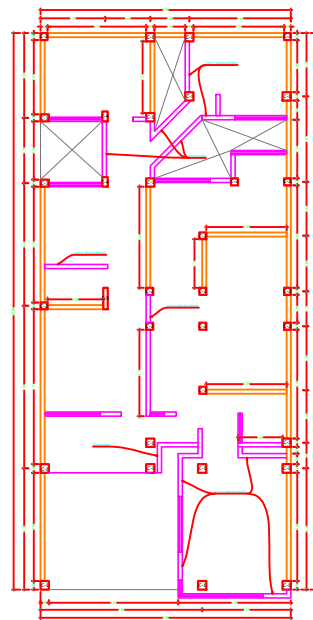
	NOMBRE: VIVIENDA MULTIFAMILIAR
	PLANO: ESTRUCTURAS
	AUTOR: LUIS ANTONY SABOGAL DÍAZ GERMAN VASQUEZ PAJARES
	PROPIETARIO: OSCAR SABOGAL BENITES
FECHA: 15/11/2020 N°: N/A	
<p>"EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI EN LAS EDIFICACIONES DE LA URBANIZACIÓN COVICORTI DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD"</p>	



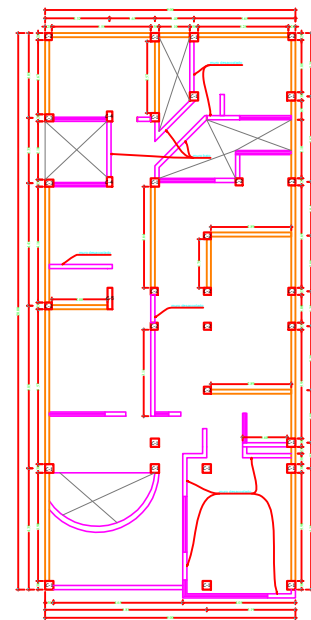
PRIMER NIVEL



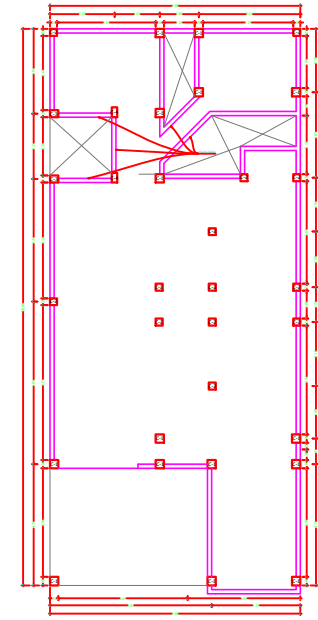
SEGUNDO NIVEL



TERCER NIVEL

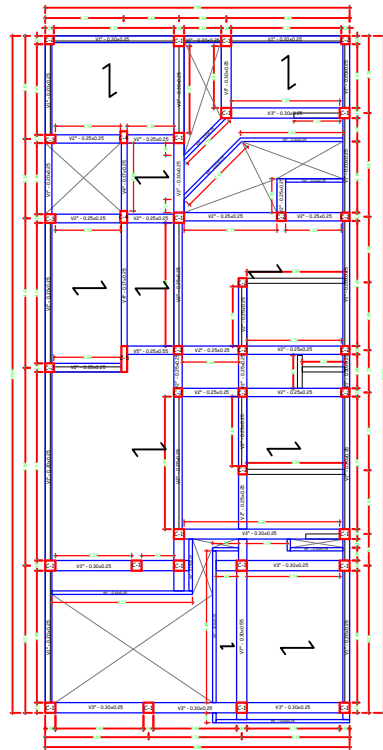


CUARTO NIVEL

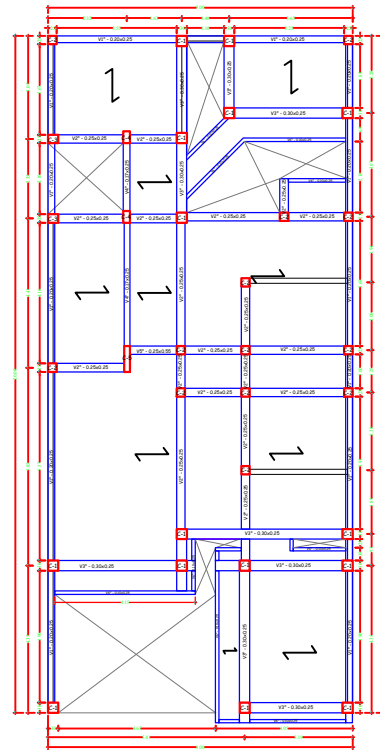


AZOTEA

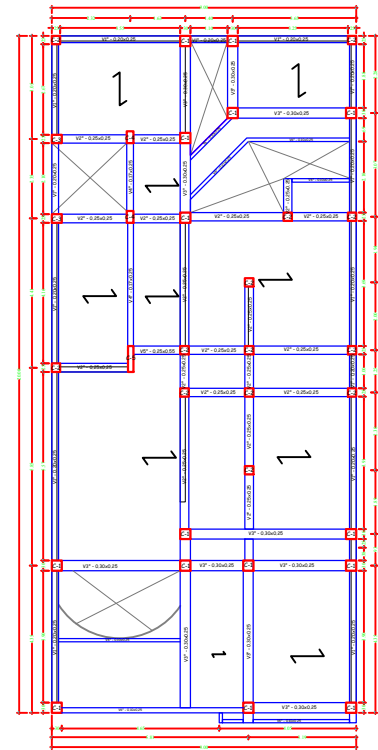
	NOMBRE: VIVIENDA MULTIFAMILIAR
	PLANO: ARQUITECTURA
	AUTOR: LUIS ANTONY SABOGAL DÍAZ GERMAN VASQUEZ PAJARES
	PROPIETARIO: RUBEN CRUZ
	FECHA: 15/11/2020 N°: N/A
<p align="center">"EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI EN LAS EDIFICACIONES DE LA URBANIZACIÓN COVICORTI DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD"</p>	



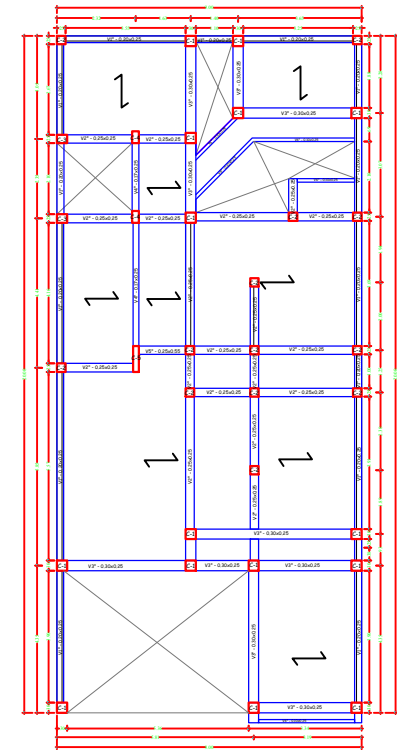
ALIGERADO PRIMER NIVEL



ALIGERADO SEGUNDO NIVEL



ALIGERADO TERCER NIVEL

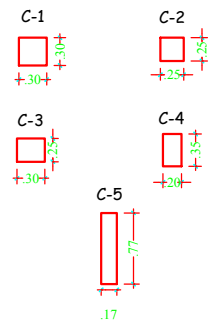


ALIGERADO CUARTO NIVEL

CUADRO DE VIGAS

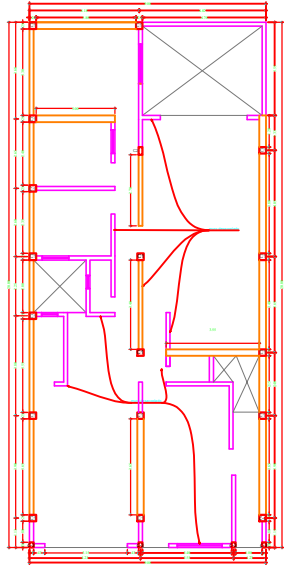
- V1° - 0.20x0.25
- V2° - 0.25x0.25
- V3° - 0.30x0.25
- V4° - 0.17x0.25
- V5° - 0.25x0.55
- V6° - 0.10x0.25
- V7° - 0.30x0.55

CUADRO DE COLUMNAS

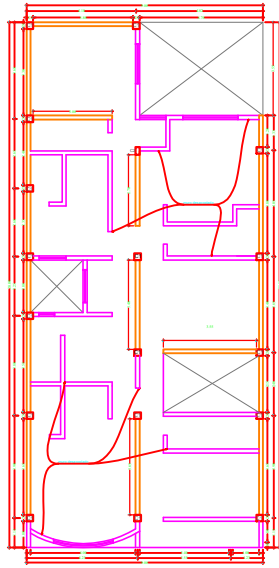


NOMBRE:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR
PLANO:	ESTRUCTURAS
AUTOR:	LUIS ANTONY SABOGAL DÍAZ GERMAN VASQUEZ PAJARES
PROPIETARIO:	RUBEN CRUZ
FECHA:	15/11/2020 N°: N/A

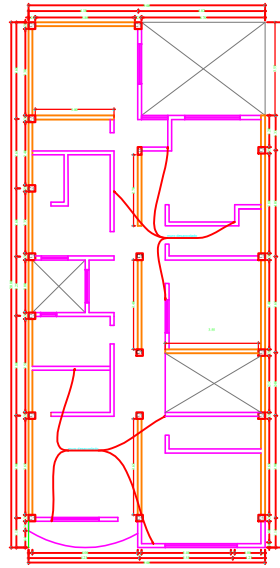
"EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI EN LAS EDIFICACIONES DE LA URBANIZACIÓN COVICORTI DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD"



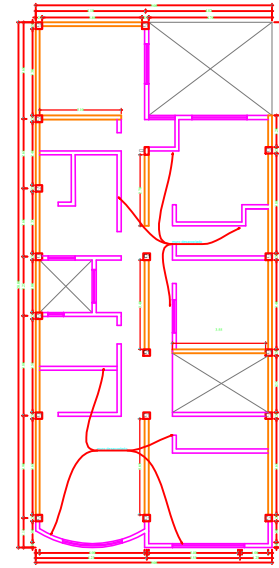
PRIMER NIVEL



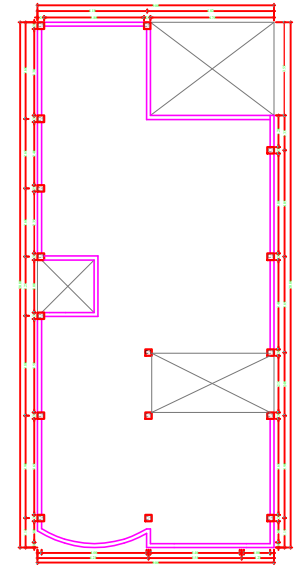
SEGUNDO NIVEL



TERCER NIVEL

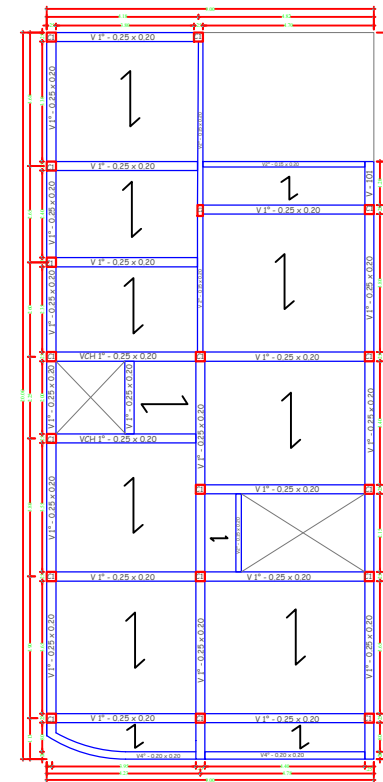
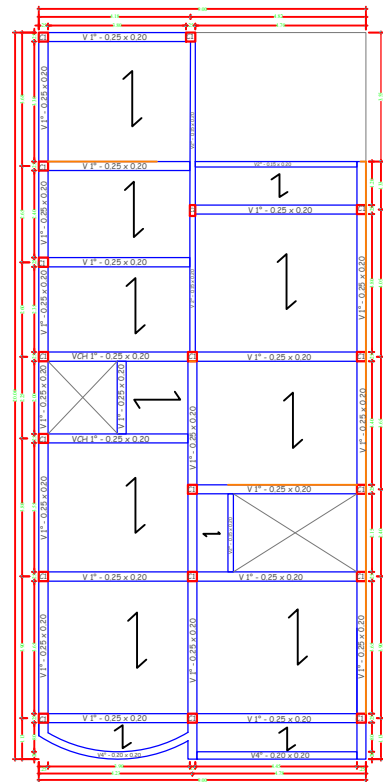
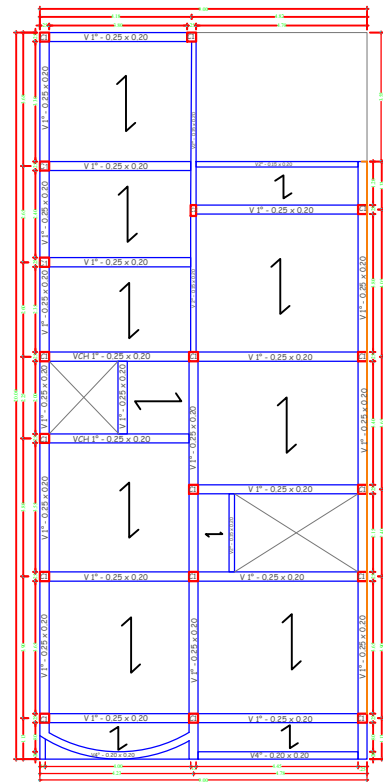
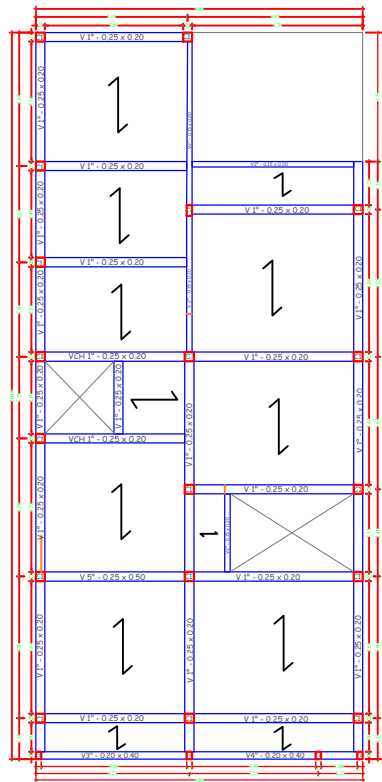


CUARTO NIVEL



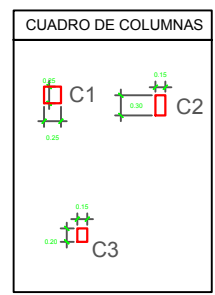
AZOTEA

	NOMBRE: VIVIENDA MULTIFAMILIAR
	PLANO: ARQUITECTURA
	AUTOR: LUIS ANTONY SABOGAL DÍAZ GERMAN VASQUEZ PAJARES
	PROPIETARIO: ARTURO SALDAÑA CORRAL
	FECHA: 05/11/2020 N°: N/A
"EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI EN LAS EDIFICACIONES DE LA URBANIZACIÓN COVICORTI DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD"	



CUADRO DE VIGAS

V1° - 0.25 x 0.20
V2° - 0.15 x 0.20
V3° - 0.20 x 0.40
V4° - 0.20 x 0.20
V5° - 0.25 x 0.50
VCH 1° - 0.25 x 0.20



	NOMBRE: VIVIENDA MULTIFAMILIAR
	PLANO: ESTRUCTURAS
	AUTOR: LUIS ANTONY SABOGAL DÍAZ GERMÁN VÁSQUEZ PAJARES
	PROPIETARIO: ARTURO SALDAÑA CORRAL
FECHA: 05/11/2020 N°: N/A	
<p align="center">“EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI EN LAS EDIFICACIONES DE LA URBANIZACIÓN COVICORTI DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD”</p>	