

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA



Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares en
la ciudad de Nueva Cajamarca – Rioja – San Martín

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR

Dilmer Silva Torres

ASESOR

Christian Edwar Ríos Paredes

Rioja, Perú

2022

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos del autor**

Nombres	DILMER
Apellidos	SILVA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	73596572
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	CHRISTIAN EDWARD
Apellidos	RIOS PAREDES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	43164616
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0002-6880-7009

Datos del Jurado**Datos del presidente del jurado**

Nombres	FELIX GERMAN
Apellidos	DELGADO RAMIREZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	22264222

Datos del segundo miembro

Nombres	MANUEL ISMAEL
Apellidos	LAURENCIO LUNA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	42362708

Datos del tercer miembro

Nombres	ALCIBIADES
Apellidos	BANCES MEZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	44127737

Datos de la obra

Materia	Pérdidas, probabilidad, sismo, vivienda
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: enlace	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Tesis
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil <input type="checkbox"/>
Grado académico o título profesional	Título Profesional <input type="checkbox"/>
Nombre del programa	Ingeniería Civil <input type="checkbox"/>
Código del programa Consultar el listado: enlace	732016



FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 006-2022-UCSS-FI/TPICIV

**SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL
FILIAL RIOJA: NUEVA CAJAMARCA**

Los Olivos, 13 de mayo de 2022

Siendo las 14:00 horas del 13 de mayo de 2022, utilizando los recursos para la videoconferencia disponibles en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se dio inicio a la sustentación de la Tesis:

“Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares en la ciudad de Nueva Cajamarca – Rioja – San Martín”

Por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

SILVA TORRES, DILMER

Ante el Jurado calificador conformado por el:

Dr. DELGADO RAMIREZ, FELIX GERMAN	Presidente
MSc. LAURENCIO LUNA, MANUEL ISMAEL	Secretario
Ing. BANCES MEZA, ALCIBÍADES	Miembro

Siendo las 15:00 horas, habiendo sustentado y atendido las preguntas realizadas por cada uno de los miembros del jurado; y luego de la respectiva deliberación, el jurado le otorgó la calificación de:

APROBADO

En mérito a la calificación obtenida se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller SILVA TORRES, DILMER el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

En señal de conformidad firmamos,

.....
Ing. BANCES MEZA, ALCIBÍADES
Miembro

.....
MSc. LAURENCIO LUNA, MANUEL ISMAEL
Secretario

.....
Dr. DELGADO RAMIREZ, FELIX GERMAN
Presidente

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con amor intenso a mis padres y hermanos por su constante apoyo económico y emocional durante el trayecto de mi vida estudiantil.

Dedico este trabajo a mis maestros y amigos con quienes e interactuado desde la escuela primaria hasta la universidad; a mis maestros por su enseñanza del cual he podido captar sus conocimientos que me permiten desarrollar la presente tesis y a su vez me sirven para desarrollar diferentes actividades en la vida diaria. A mis amigos por su compañerismo durante mi trayecto estudiantil.

Dedico este trabajo al ingeniero Christian Edwar Ríos Paredes, por su asesoramiento en la presente tesis y haber sido uno de mis maestros en la universidad.

AGRADECIMIENTO

A Dios porque habiendo yo, puesto la disponibilidad de mi vida en voluntad de Él, ha permitido concluir mi carrera profesional y seguir camino hacia adelante.

A mis padres y hermanos porque en su misión de verme concluir mi carrera profesional han luchado apoyándome económicamente hasta lograr mi objetivo.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares en la ciudad de Nueva Cajamarca – Rioja – San Martín, bajo un diseño de investigación no experimental, transversal descriptivo; teniendo como métodos del proyecto la ficha de verificación del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), estudio de mecánica de suelos, observación, estudio topográfico, ensayo de esclerometría, análisis sísmico estático y análisis sísmico dinámico. Del objetivo principal se concluyó que el 30,43 % de las viviendas multifamiliares de la ciudad mencionada tienen un nivel de vulnerabilidad sísmica muy alto, el 62,32 % un nivel alto y el 7,25 % un nivel moderado; evidenciando que un evento sísmico de magnitudes desde 5,0 en la escala de Richter con epicentro cercano a la ciudad de Nueva Cajamarca probablemente cause daños mayores de bienes materiales y por ende pérdidas de vidas humanas en el 92,75 % de viviendas multifamiliares sumados entre los niveles de vulnerabilidad alto y muy alto, dado que están construidas sin consideraciones de la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), tan sólo el 7,25 % de viviendas multifamiliares de la ciudad indicada tendrían daños leves.

Palabras clave: Pérdidas, probabilidad, sismo, vivienda.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to determine the level of seismic vulnerability of multi-family houses in the city of Nueva Cajamarca, Rioja into the San Martin department, under a non-experimental investigation design, descriptive transversal; using National Institute of civil defense (INDECI) verification sheets, soil mechanics study, observation, topographic study, sclerometry test, static seismic analysis and dynamic seismic analysis as methods of the project. Considering the main objective it is concluded that 30,43 % of the multi-family housing in the city mentioned above have a very high level of seismic vulnerability, 62,32 % a high level and 7,25 % a moderate level; indicating in a seismic event of magnitudes from 5,0 on the Richter scale with an epicenter near the city of Nueva Cajamarca would probably cause significant damage to material goods and loss of human lives in 92,75 % of multi-family homes between the high and very high levels of vulnerability, because they are built without consideration of the Standard E.030 of the National Building Regulations (RNE), only 7,25 % of multifamily housing in the city would have slight damage.

Key words: Loss, probability, earthquake, housing.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Formulación del problema.....	1
1.1.1. Problema principal.....	7
1.1.2. Problemas secundarios.....	7
1.2. Objetivos de la investigación.....	8
1.2.1. Objetivo principal.....	8
1.2.2. Objetivos secundarios.....	8
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	8
1.4. Delimitación del área de investigación.....	9
1.5. Limitaciones de la investigación.....	9
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Antecedentes nacionales e internacionales.....	10
Antecedentes internacionales.....	10
Antecedentes nacionales.....	11
Antecedente local.....	13
2.2. Bases Teóricas.....	13

Vulnerabilidad sísmica.....	13
Vivienda multifamiliar	18
2.3. Definición de términos básicos	26
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.1. Hipótesis principal	28
3.2. Hipótesis secundarias.....	28
3.3. Variables e indicadores	28
Variables.....	28
Indicadores	28
3.4. Operacionalización de las variables.....	28
CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	30
4.1. Metodología de la investigación	30
Enfoque de la investigación	30
Tipo de la investigación	30
Alcance de la investigación.....	30
Diseño de la investigación.....	31
4.2. Métodos y técnicas del proyecto.....	31
4.3. Diseño estadístico	32
Tipo de muestreo.....	32
Población.....	32
Muestra.....	33
Prueba chi-cuadrado de independencia aplicada a tablas 2xn.....	36
4.4. Técnicas y herramientas estadísticas	37
Observación.....	37
Entrevista.....	37

Muestreo.....	37
Análisis documental	37
CAPÍTULO 5. DESARROLLO EXPERIMENTAL	38
5.1. Proyecto piloto, pruebas, ensayos, prototipos, modelamiento.....	38
Pruebas de campo.....	38
Ensayos.....	52
Prototipo	55
Zonificación	81
Modelamiento.....	82
5.2. Aplicación estadística	141
CAPÍTULO 6. ANALISIS COSTO/BENEFICIO	145
6.1. Beneficios no financieros.....	145
6.2. Evaluación Económica - Financiera	145
Gastos en servicios	145
Gastos en materiales de oficina.....	146
CAPÍTULO 7. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
7.1. Resultados	147
Resultados de pruebas de campo.....	147
Resultados del estudio de mecánica de suelos.	151
Resultados de estudio topográfico.....	151
Resultados de prototipo.....	152
Resultados de modelamiento.....	153
7.2. Conclusiones	156
7.3. Recomendaciones	157
APÉNDICES Y ANEXOS	159

i.	Fuentes de información	159
ii.	Apéndices	164
iii.	Anexos	164

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sismos representativos de la historia de la humanidad	1
Tabla 2. Principales sismos ocurridos en el Perú entre los años 1513 y 1959	4
Tabla 3. Sismos ocurridos en la región San Martín entre los años 1926 y 1984	5
Tabla 4. Magnitud de la escala de Richter	18
Tabla 5. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales	20
Tabla 6. Granulometría de la arena	20
Tabla 7. Análisis granulométrico del agregado fino	21
Tabla 8. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto	22
Tabla 9. Requisitos químicos del cemento	23
Tabla 10. Requisitos físicos del cemento	23
Tabla 11. Requisitos de tiempo para ensayo	25
Tabla 12. Requisitos de tracción	25
Tabla 13. Designación de la barra corrugada	26
Tabla 14. Designación de la barra corrugada	26
Tabla 15. Operacionalización de variables	29
Tabla 16. Métodos, técnicas e instrumentos del proyecto	31
Tabla 17. Tipo de vivienda San Martín, Rioja, distrito: Nueva Cajamarca	33
Tabla 18. Componentes de la fórmula de cálculo de la muestra de estudio	33
Tabla 19. Ubicación de las viviendas multifamiliares muestra de estudio	34
Tabla 20. Formato de ensayo de análisis granulométrico	53
Tabla 21. Formato de ensayo de contenido de humedad	54
Tabla 22. Formato de ensayo de gravedad específica	54
Tabla 23. Material predominante de la edificación	58
Tabla 24. Participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción de la edificación	60
Tabla 25. Antigüedad de la edificación	61
Tabla 26. Representación de la identificación del tipo de suelo	64
Tabla 27. Tipo de suelo	64
Tabla 28. Topografía del terreno de la vivienda	68
Tabla 29. Topografía del terreno colindante a la vivienda y/o en área de influencia	69
Tabla 30. Configuración geométrica en planta	71
Tabla 31. Configuración geométrica en elevación	73
Tabla 32. Juntas de dilatación sísmica son acorde a la estructura	74
Tabla 33. Existe concentración de masas en niveles	75
Tabla 34. Principales elementos estructurales	76
Tabla 35. Otros factores que inciden en la vulnerabilidad de las edificaciones	77
Tabla 36. Nivel de vulnerabilidad de las viviendas multifamiliares por unidad	79

Tabla 37. Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares	80
Tabla 38. Centro de masa de las columnas de V-2.....	85
Tabla 39. Centro de masa de las vigas de V-2	86
Tabla 40. Centro de masa de la losa V-2	87
Tabla 41. Centro de masa en la tabiquería de V-2.....	88
Tabla 42. Centro de masa de la carga viva de V-2.....	89
Tabla 43. Centro de masa de V-2	89
Tabla 44. Tabla de cálculo del centro de rigidez (K) de V-2.....	91
Tabla 45. Centro de rigidez (K) de V-2.....	92
Tabla 46. Resumen de datos calculados de V-2.....	93
Tabla 47. Fuerza sísmica (F_i) distribuida en altura de V-2.....	94
Tabla 48. Momentos calculados y permitidos de V-2	95
Tabla 49. Desplazamientos laterales y distorsión angular de V-2.....	95
Tabla 50. Desplazamientos laterales permisibles de V-2	95
Tabla 51. Centro de masa de las columnas de V-13, primer piso	97
Tabla 52. Centro de masa de las columnas de V-13, segundo piso.....	98
Tabla 53. Centro de masa de las vigas de V-13, primer piso.....	99
Tabla 54. Centro de masa de las vigas de V-13, segundo piso	101
Tabla 55. Centro de masa de la losa de V-13, primer piso	103
Tabla 56. Centro de masa de la losa de V-13, segundo piso.....	104
Tabla 57. Centro de masa en la tabiquería de V-13, primer piso	105
Tabla 58. Centro de masa en la tabiquería de V-13, segundo piso	105
Tabla 59. Centro de masa de la carga viva de V-13, primer piso.....	105
Tabla 60. Centro de masa de la carga viva de V-13, segundo piso.....	106
Tabla 61. Centro de masa de V-13, primer piso.....	106
Tabla 62. Centro de masa de V-13, segundo piso	106
Tabla 63. Cálculo del centro de rigidez de V-13, primer piso	107
Tabla 64. Cálculo de centro de rigidez de V-13, segundo piso.....	108
Tabla 65. Centro de rigidez de V-13	109
Tabla 66. Valores de centro de masa y centro de rigidez de V-13.....	110
Tabla 67. Datos calculados de V-13.....	111
Tabla 68. Fuerza sísmica (F_i) distribuida en altura de V-13.....	112
Tabla 69. Momentos calculados y permitidos de V-13	113
Tabla 70. Desplazamientos laterales y distorsión angular de V-2.....	113
Tabla 71. Desplazamientos laterales permisibles de V-2	114
Tabla 72. Centro de masa de las columnas de V-34, primer piso	115
Tabla 73. Centro de masa de las columnas de V-34, segundo piso.....	116
Tabla 74. Centro de masa de las columnas de V-34, tercer piso.....	117

Tabla 75. Centro de masa de las vigas de V-34, primer, segundo y tercer piso	117
Tabla 76. Centro de masa de la losa de V-34, primer, segundo y tercer piso	118
Tabla 77. Centro de masa en la tabiquería de V-13, primer y segundo piso	119
Tabla 78. Centro de masa en la tabiquería de V-34, tercer piso.....	119
Tabla 79. Centro de masa de la carga viva de V-34, primer y segundo piso.....	119
Tabla 80. Centro de masa de la carga viva de V-34, tercer piso	120
Tabla 81. Centro de masa de V-34, primer piso.....	120
Tabla 82. Centro de masa de V-34, segundo piso	120
Tabla 83. Centro de masa de V-34, tercer piso	121
Tabla 84. Cálculo de centro de rigidez de V-34, primer piso	121
Tabla 85. Cálculo de centro de rigidez de V-34, segundo y tercer piso	122
Tabla 86. Centro de rigidez (CK) de V-34.....	123
Tabla 87. Valores de centro de masa, centro de rigidez de V-34.....	123
Tabla 88. Datos calculados de V-34.....	124
Tabla 89. Fuerza sísmica (F_i) distribuida en altura de V-34.....	126
Tabla 90. Momentos calculados y permitidos de V-34	126
Tabla 91. Desplazamientos laterales y distorsión angular de V-34.....	127
Tabla 92. Desplazamientos laterales permisibles de V-34	127
Tabla 93. Reporte del SAP2000 – porcentaje de masas participativas.....	132
Tabla 94. Reporte del SAP2000 – porcentaje de masas participativas.....	135
Tabla 95. Reporte del SAP2000 – porcentaje de masas participativas.....	139
Tabla 96. Aplicación de chi cuadrado: valores observados	141
Tabla 97. Distribución Chi Cuadrado X^2	142
Tabla 98. Aplicación de chi cuadrado: valores esperados	143
Tabla 99. Resultados del análisis documental.....	144
Tabla 100. Gastos en servicios	145
Tabla 101. Gastos en materiales de oficina.....	146
Tabla 102. Resumen de gastos	146
Tabla 103. Desplazamientos permisibles de la vivienda de un piso	153
Tabla 104. Desplazamientos permisibles de la vivienda de dos pisos	153
Tabla 105. Desplazamientos permisibles de la vivienda de tres pisos	154
Tabla 106. Resultados del análisis modal	155
Tabla 107. Resultados de la combinación de sismo en el eje X y combinación de sismo en el eje Y...155	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. División del área de la ciudad de Nueva Cajamarca.	34
Figura 2. Ficha de registro de muestreo en campo.	38
Figura 3. Hormigón, arena fina y piedra grande usado en construcción de vivienda.	40
Figura 4. Vaciado de zapatas en las viviendas de la ciudad de Nueva Cajamarca.	40
Figura 5. Hormigón usado en la construcción de viviendas.	41
Figura 6. Ubicación satelital de la Planta de Cemento Selva.	42
Figura 7. Uso de Aceros Sider Perú en la construcción de vivienda multifamiliar.	43
Figura 8. Uso de ladrillo pandereta en muros portantes y no portantes de viviendas.	43
Figura 9. Ladrillo pandereta elaborado en Ladrillera San Martín.	44
Figura 10. Ladrillo de techo usado en los aligerados de las viviendas de albañilería confinada.	44
Figura 11. Vivienda de albañilería confinada con techo final de calamina.	45
Figura 12. Vivienda de albañilería muestra de estudio.	45
Figura 13. Vivienda de madera.	46
Figura 14. Vivienda multifamiliar sin confinamiento de sus columnas en el último piso.	46
Figura 15. Vivienda con columna que tiene su base en voladizo.	47
Figura 16. Material de construcción con porcentaje de finos.	47
Figura 17. Elemento estructural (columna) agrietado de I.E. Manuel Gonzales Prada	48
Figura 18. Muros de vivienda multifamiliares afectados por sismo.	48
Figura 19. Entrevistado firmando la ficha de verificación.	49
Figura 20. Entrevistado proporcionando información.	50
Figura 21. Fotografías de calicatas de estudio de mecánica de suelos.	51
Figura 22. Plano topográfico de la ciudad de Nueva Cajamarca.	52
Figura 23. Vivienda multifamiliar número 40.	56
Figura 24. Frontis de vivienda multifamiliar número 27.	57
Figura 25. Interior de vivienda multifamiliar número 27.	57
Figura 26. Vivienda número 14.	58
Figura 27. Material predominante de la edificación.	59
Figura 28. Frontis de la vivienda multifamiliar número 11 (V-11).	59
Figura 29. Participación de un ingeniero civil en la edificación.	60
Figura 30. Interior de la vivienda multifamiliar número 2 (V-2).	61
Figura 31. Antigüedad de la edificación.	62
Figura 32. Representación de las calicatas más próximas a cada vivienda.	63
Figura 33. Tipo de suelo.	65
Figura 34. Vista satelital de la vivienda 01.	65
Figura 35. Cota en primer extremo de línea trazada V-1.	66
Figura 36. Cota en segundo extremo de línea trazada V-1.	66

Figura 37. Distancia horizontal de la línea trazada V-1	67
Figura 38. Topografía del terreno de la vivienda.	68
Figura 39. Trazo de línea que cruza significativamente la vivienda 1.	69
Figura 40. Topografía del terreno colindante a la vivienda y/o en área de influencia.	69
Figura 41. Forma de viviendas con configuración geométrica regular e irregular en planta.	70
Figura 42. Vivienda multifamiliar número 9 (V-9).....	71
Figura 43. Configuración geométrica en planta.	71
Figura 44. Formas de viviendas con configuración irregular en elevación.	72
Figura 45. Vivienda multifamiliar número 67 (V-67).....	72
Figura 46. Configuración geométrica en elevación.....	73
Figura 47. Frontis de la vivienda número 23 (V-23).....	74
Figura 48. Juntas de dilatación sísmica son acorde a la estructura.	74
Figura 49. Concentración de masas en niveles.	75
Figura 50. Vivienda multifamiliar 6 (V-6).	76
Figura 51. Estado de los principales elementos estructurales.....	77
Figura 52. Otros factores que inciden en la vulnerabilidad.	78
Figura 53. Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares.	81
Figura 54. Zonificación de resultados de vulnerabilidad sísmica.	82
Figura 55. Medición de la sección y separación de columnas (V-34).....	83
Figura 56. Medición frontal de la vivienda número 2 (V-2).....	84
Figura 57. Vivienda multifamiliar número 2 (V-2).....	84
Figura 58. Distribución de la fuerza sísmica en altura.	94
Figura 59. Tomando medidas métricas de la vivienda para su posterior análisis.	96
Figura 60. Frontis de la vivienda multifamiliar número 13 (V-13).....	96
Figura 61. Distribución de la fuerza sísmica en altura.	112
Figura 62. Medición de distancia entre elementos estructurales de V-34.	114
Figura 63. Frontis de la vivienda multifamiliar número 34 (V-34).....	115
Figura 64. Distribución de la fuerza sísmica en altura.	126
Figura 65. Dibujo de la vivienda de un piso en el SAP2000	128
Figura 66. Propiedades del concreto de los elementos estructurales	129
Figura 67. Seccionamiento de los elementos estructurales.....	129
Figura 68. Masas que ejercen en el centro de masa	130
Figura 69. Espectro sísmico de la vivienda	130
Figura 70. Combinación de sismo en el eje +X	131
Figura 71. Modos de simulación de venidas del sismo	131
Figura 72. Análisis modal – mayor desplazamiento relativo.....	132
Figura 73. Desplazamiento relativo según combinación en el eje X	133
Figura 74. Desplazamiento relativo según combinación en el eje Y	133

Figura 75. Dibujo en SAP2000 de la vivienda de 2 pisos	134
Figura 76. Masas que ejercen en el centro de masa del segundo piso.....	134
Figura 77. Espectro sísmico de la vivienda de 2 pisos.	135
Figura 78. Análisis modal - modo 1.....	136
Figura 79. Análisis de combinación de sismo en el eje X.....	136
Figura 80. Análisis de combinación de sismo en el eje Y	137
Figura 81. Dibujo en SAP2000 de la vivienda de 3 pisos	137
Figura 82. Masas que ejercen en el centro de masa de cada piso.	138
Figura 83. Espectro sísmico de la vivienda de 3 pisos.	138
Figura 84. Análisis modal – modo 1	139
Figura 85. Análisis de combinación de sismo en el eje X.....	140
Figura 86. Análisis de combinación de sismo en el eje Y	140
Figura 87. Resultados del análisis documental.	144
Figura 88. Resultados de pruebas de campo - material predominante.	147
Figura 89. Resultados de pruebas de campo - configuración geométrica en planta.	147
Figura 90. Resultados de pruebas de campo - configuración geométrica en elevación.	148
Figura 91. Resultados de pruebas de campo - juntas de dilatación de acorde a la estructura.....	148
Figura 92. Resultados de pruebas de campo - concentración de masas en niveles.....	148
Figura 93. Resultados de pruebas de campo - estado de principales elementos estructurales.....	149
Figura 94. Resultados de pruebas de campo - otros factores que inciden en la vulnerabilidad.....	149
Figura 95. Resultados de pruebas de entrevista - participación de un ingeniero civil.	150
Figura 96. Resultados de pruebas de entrevista - antigüedad de la edificación.....	150
Figura 97. Resultados de estudio de mecánica de suelos - tipo de suelo.....	151
Figura 98. Resultado del estudio topográfico - topografía del terreno de la vivienda	151
Figura 99. Resultado del estudio topográfico - topografía del terreno colindante a la vivienda.	152
Figura 100. Resultados de prototipo - nivel de vulnerabilidad sísmica.....	152
Figura 101. Fuerza distribuida en altura (vivienda de un piso).....	153
Figura 102. Fuerza distribuida en altura (vivienda de dos pisos).....	154
Figura 103. Fuerza distribuida en altura - vivienda de tres pisos.....	154

INTRODUCCIÓN

Los movimientos sísmicos suscitados durante el último siglo (antes del 2021) han sido los causantes de la pérdida de miles de vidas humanas y miles de millones de dólares en bienes materiales en el mundo; el Perú ha sido uno de los países víctima de estos fenómenos de la naturaleza, por el cual es necesario poner énfasis a estudios de vulnerabilidad sísmica en nuestro país, bajo ésta perspectiva se ha desarrollado la presente investigación que consta de 7 capítulos que abarca la investigación y desarrollo, tal como se detalla a continuación:

Capítulo 1. Trata sobre el Planteamiento del problema haciendo mención a los desastres ocurridos durante el último siglo a causa de los sismos tanto a nivel internacional, nacional y local, asimismo se formula el problema principal ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares en la ciudad de Nueva Cajamarca – Rioja – San Martín?, se formula también problemas secundarios, así como el objetivo principal y objetivos secundarios, justificación e importancia de la investigación.

Capítulo 2. Denominado Marco teórico, en la que se describe los antecedentes nacionales e internacionales; asimismo, las Bases teóricas concernientes al tema de vulnerabilidad sísmica, su clasificación, los métodos de evaluación, como también lo correspondiente a peligro sísmico, riesgo sísmico, vivienda multifamiliar y escala de Richter, y de esa manera tener la definición de los términos básicos que son claves en la investigación.

Capítulo 3. Trata del planteamiento de la Hipótesis y variables de la investigación en el cual se establece la hipótesis principal y las hipótesis específicas respecto a los objetivos planteados.

Capítulo 4. Consiste en el Diseño de la investigación, asimismo, se describió los métodos y técnicas de obtención de información, el diseño estadístico y las técnicas y herramientas estadísticas. Como técnicas se señaló que se aplicará la observación, la entrevista, el muestreo, análisis documental y como herramientas se elaborará tablas y gráficos en base al software Excel.

Capítulo 5. Referido al Desarrollo experimental de la presente tesis, en la cual se considera a las pruebas de campo, ensayos, prototipos y aplicación estadística. Como prueba de campo se ha desarrollado el muestreo, entrevista, estudio de mecánica de suelos en campo, estudio topográfico; como ensayos se ha desarrollado el estudio de mecánica de suelos en

gabinete; como prototipo se ha utilizado la ficha de verificación del INDECI, asimismo se tiene un plano de zonificación; como modelamiento se ha desarrollado el análisis sísmico estático de tres viviendas multifamiliares de uno, dos y tres pisos; como aplicación estadística se tiene la gráfica de resultados del nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares y la aplicación del chi cuadrado.

Capítulo 6. Se trata del Análisis costo/beneficio, en este capítulo se detalla la inversión económica realizada en la presente tesis tanto en servicios como en materiales de oficina, asimismo se detalla los beneficios no financieros que traerá dicha investigación.

Capítulo 7. Se explican los resultados, las conclusiones y las recomendaciones concernientes a la presente investigación.

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

Los terremotos de gran magnitud son los causantes de catástrofes naturales que han provocado más de catorce millones de víctimas en todo el mundo desde 1755, entre ellos se considera el sismo que destruyó Lisboa. Durante el siglo XX han ocurrido en el mundo más de 1 100 terremotos fuertes que tuvieron como consecuencia más de un millón y medio de víctimas, Barbat & Pujades (2004). A las pérdidas de vidas humanas deben añadirse también las cuantiosas pérdidas debidas a la interrupción de la actividad económica, de las líneas de comunicación y de los servicios públicos. La principal causa de pérdidas humanas y económicas que se producen en el mundo debido a los terremotos es el comportamiento sísmico inadecuado de las estructuras Barbat & Pujades (2004). Las pérdidas de vidas humanas y de materiales se pudo haber reducido si la humanidad hubiese estado preparado frente a dicho fenómeno natural, por ejemplo, con edificaciones sismorresistentes que se vienen construyendo en la actualidad en diferentes países del mundo o con la elaboración de un Plan de Contingencia y Simulacros donde se indique las acciones a tomar durante el suceso de un movimiento sísmico.

En la siguiente tabla podemos ver la información de algunos movimientos sísmicos suscitados entre 1906 y 1994; la fecha en la que sucedió el sismo, su magnitud, la ciudad en la que se suscitó y sus respectivas consecuencias.

Tabla 1

Sismos representativos de la historia de la humanidad

Fecha	Magnitud	Ciudades o Región	Consecuencias
1906, abril 18	8.3	Estados Unidos: California	700 muertos, llamado "Temblor de San Francisco". Ocasionó grandes daños; se observaron desplazamientos en el suelo.
1906, agosto 16	8.6	Chile Valparaíso, Santiago	20.000 muertos
1908, diciembre 28	7.5	Italia: Regio	29.980 muertos
1920, diciembre 16	8.5	China Kansu y Stransi	200.000 muertos
1923, septiembre 1	8.3	Tokio Yokojawa	99.330 muertos, conocido como el terremoto de Kwanto. Tuvo desplazamientos de hasta 4,5 m.
1927, mayo 22	8	China Nan Shan	200.000 muertos, grandes fallas, se sintió hasta Pekín.
1935, mayo 30	7.5	Paquistán Quetta	30.000 muertos, la ciudad de Quetta fue totalmente destruida.
1939, junio 25	8.3	Chile	28.000 muertos
1939, diciembre 26	7.9	Turquía Erzincan	30.000 muertos, se detectaron movimientos oscilatorios de 3,7 m de desplazamiento.
1960, febrero 29	5.8	Marruecos Agadir	De 10.000 a 15.000 muertos, es uno de los temblores que más muertes ha ocasionado a pesar de ser baja su magnitud.

1960, mayo 22	8.5	Chile Concepción Valparaíso	De 6.000 a 10.000 muertos, causó muchas víctimas y grandes daños en Concepción y áreas circunvecinas, dejando cerca de 2,000,000 de damnificados y daños cuantificados en más de 300 millones de dólares. Produjo un maremoto que causó daños en Hawái y Japón.
1964, marzo 28	9.2	Alaska Anchorage	173 muertos, destrucción en Alaska. Se abrieron grietas en las carreteras y los vehículos en movimiento fueron sacados de su curso. Se produjo un maremoto registrado en las costas de Hawái.
1970, mayo 31	7.7	Perú: Huara, Chimbote, Yungay	De 50.000 a 70.000 víctimas, derrumbes e inundaciones. La peor catástrofe registrada en Perú por un terremoto en este siglo.
1972, diciembre 23	5.6 6.2	Nicaragua Managua	De 4.000 a 6.000 muertos, miles de heridos.
1976, febrero 4	6.2 7.5	Guatemala Guatemala	3.000 muertos y se calculan 76.000 heridos.
1976, agosto 27	6.3 7.9	China Noreste	655.237 muertos cerca de 800.000 heridos y daños en el área de Tanshan. Este terremoto fue probablemente el más mortífero de los últimos 4 siglos y el 2º más fuerte que registra la historia moderna.
1978, septiembre 16	7.7	Irán	De 11.000 a 15.000 muertos, muchos heridos y daños considerables en Bozonabad y áreas circunvecinas.
1984, octubre	7.1	Estados Unidos San Francisco	El sismo azotó el área de la Bahía entera de San Francisco, causó el colapso de la autopista de Oakland y parte del puente de la Bahía de San Francisco.
1994, enero 17	6.6	Estados Unidos	Aprox. 76 muertos, sentido en el sureste de Estados Unidos y noroeste de México. Las ciudades más dañadas fueron los Ángeles y Santa Mónica, California.

Fuente: Díaz Quiroz. Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la casona espinach – ex palacio municipal de la ciudad de Cajamarca. (2015,pág.7).

Al observar la tabla 1 donde se muestra un listado de algunos sismos suscitados durante el último siglo, se interpreta que los sismos pueden causar miles de muertos en un instante, por ejemplo, se puede ver que el 27 de agosto de 1976 en el noreste de China un sismo causó la muerte de 655 237 personas y 800 mil personas heridas. También se observa que el 22 de mayo de 1960 un sismo suscitado en Concepción Valparaíso, Chile dejó daños cuantificados en más de 300 millones de dólares, 2 millones de damnificados y de entre 6 000 a 10 000 muertos. Si se hace una sumatoria de los daños que han ocasionado todos los sismos en el mundo, sumarían la pérdida de miles de millones de dólares y cientos de miles de pérdidas de vidas humanas a causa de dicho fenómeno natural. De lo descrito se afirma que los sismos son una inmensa amenaza o problema para la humanidad, que puede suceder en cualquier momento y para el cual la humanidad tiene que estar preparada con simulacros de sismo o edificaciones sismorresistentes.

El Perú, por encontrarse ubicado en el borde oriental del Cinturón de Fuego del Océano Pacífico, con la presencia de la Corriente Peruana, la proximidad a la Línea Ecuatorial, la influencia de la Amazonía y la topografía accidentada, así como la Cordillera de los Andes con una geomorfología variada, que cruza longitudinalmente el

territorio nacional, está expuesta a diversos peligros, como sismos, deslizamiento, derrumbe y erosión, así como a variaciones climáticas en determinadas regiones, como precipitaciones, vientos intensos, granizadas y heladas, entre otros (INDECI, 2006). El Cinturón de Fuego del Océano Pacífico tiene zonas de subducción, es decir zonas donde placas tectónicas se hunden por debajo de otras que ocasionan gran actividad sísmica y volcánica, es por esa razón que el Perú es un país con alta actividad sísmica.

En el país la información sobre la sismicidad histórica data del año 1500 y con ella se realiza la distribución y densidad poblacional de las regiones afectadas por dichos sismos. De estos eventos se conoce la fecha de ocurrencia, lo que permite evaluar la tasa de recurrencia y la sismicidad de una determinada región o zona geográfica. La recopilación de esta información fue hecha por Silgado (1978) y Dorbath et al (1990); siendo mayor para eventos ocurridos frente a la costa peruana con respecto a los que habrían ocurrido en el interior del país – Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2014). Según estos autores, los terremotos de mayor magnitud ocurridos frente a la costa son el de 1586 (primer gran terremoto con documentación histórica), 1687 y 1746 que destruyeron en gran porcentaje a la ciudad de Lima, además de producir tsunamis con olas que posiblemente alcanzaron alturas de 15 a 20 metros. En la región sur, los terremotos más notables fueron los ocurridos en 1604, 1784 y 1868, siendo este último el mejor documentado y descrito en detalle por Montessus de Ballores (1911) y Vargas (1922). Estos eventos produjeron daños importantes en las ciudades de Arequipa, Moquegua y Tacna; además de Arica e Iquique en Chile. El terremoto de 1868 habría generado tsunami con olas de 14 metros de altura afectando a los departamentos de Tacna -Perú, Arica e Iquique -Chile (IGP, 2014), como también se puede recordar los últimos sismos devastadores en el Perú ocurridos en la primera década del siglo XXI, el del año (2005) que perjudicó gravemente a la ciudad de Lamas y el sismo del año (2007) que perjudicó gravemente la ciudad de Pisco, luego de ocurrido el sismo gobernantes de diferentes países del mundo se solidarizaron con el Perú enviando toneladas de víveres para los damnificados. En la siguiente tabla se observa los parámetros de los principales sismos ocurridos en el Perú.

Tabla 2*Principales sismos ocurridos en el Perú entre los años 1513 y 1959*

Fecha	Latitud	Longitud	Intensidad (MM)	Magnitud
22-01-1582	-16.3	-73.3	X	7.9
09-07-1586	-12.2	-77.7	IX	8.1
24-11-1604	-18.0	-71.5	IX	8.4
14-02-1619	-8.0	-79.2	IX	7.8
31-05-1650	-13.8	-72.0	X	7.2
13-11-1655	-12.0	-77.4	IX	7.4
12-05-1664	-14.0	-76.0	X	7.8
20-10-1687	-13.0	-77.5	IX	8.2
28-10-1746	-11.6	-77.5	X	8.4
13-05-1784	-16.5	-72.0	X	8.0
07-12-1806	-12.0	-78.0	VIII	7.5
10-07-1821	-16.0	-73.0	VIII	7.9
13-08-1868	-18.5	-71.2	X	8.6
09-05-1877	-19.5	-71.0	VIII	7.5
28-07-1913	-17.0	-73.0	IX	7.0
06-08-1913	-17.0	-74.0	X	7.7
24-05-1940	-10.5	-77.6	VIII	8.2
24-08-1942	-15.0	-76.0	IX	8.4
10-11-1946	-8.3	-77.8	X	7.2
01-11-1947	-11.0	-75.0	IX	7.5
21-05-1950	-14.4	-72.1	VII	6.0
12-12-1953	-3.6	-80.5	VIII	7.7

Fuente: IGP. Evaluación de peligro sísmico en el Perú. (2014, pág. 13).

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID), por encargo del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) informó que en el Perú existen US\$ 450,000 millones en riesgo. Las pérdidas pueden ser superiores al terremoto de Chile (2010) en la que hubo pérdidas superiores a más de US\$ 30,000 millones (Kuroiwa H., 2016). La información del presente párrafo nos muestra el riesgo de pérdidas que existe en el Perú en caso de sismo, por el cual debemos poner énfasis a estudios de vulnerabilidad sísmica.

La sismicidad de la ciudad de Nueva Cajamarca está relacionada con las fallas geológicas superficiales de Angaiza y de Pucatambo (sismos superficiales que empezaron a afectar a esta ciudad en 1968), así como a la tectónica de placas (sismos de mayor profundidad) cuya manifestación más reciente afectó a toda la región amazónica el 25 de setiembre de 2005 (INDECI, 2006). El peligro sísmico lo inferimos a partir de la historia sísmica regional. La historia sísmica del área de estudio, es escasa, pero es uno de los

casos que más estudios realizados tiene; se registran terremotos destructores ocurridos: Moyobamba, junio-1968, VIII MM; Juanjuí, marzo-1972, VI MM; Rioja, Soritor, mayo-1990, VII MM; Moyobamba, abril-1991, VII MM. Si bien en la zona en estudio no se cuenta con mayores datos de Sismicidad por la falta de estaciones sismográficas, a partir del último sismo ocurrido (25-09-2005), tanto el Instituto Geofísico del Perú (IGP), como el Centro de Investigaciones Sísmicas y de Mitigación de Desastres (CISMID – UNI), han dejado instrumentos de medición en diferentes puntos de la Región. Los sismos más importantes que afectaron la Región y cuya historia data de los últimos años, han permitido conocer que la intensidad máxima, en la escala modificada de Mercalli (MMA-92), de los sismos que han ocurrido en esta zona, es del orden de VI a VII grados (Mapa Geológico Sismotectónico, INDECI, 2006), es importante recalcar que no existen en la web información respecto a algún sismo que haya afectado trágicamente a la ciudad de Nueva Cajamarca, pero sí existe información, de que en el año (2005) se suscitó un sismo cercano a Nueva Cajamarca donde 20 personas perdieron la vida en la Región San Martín entre ellas una persona de la Provincia de Rioja a la cual pertenece la ciudad de Nueva Cajamarca, dicho sismo tuvo una magnitud de 7.5 en la escala de Richter con epicentro a 90 km al Noreste de Moyobamba; por lo tanto Nueva Cajamarca tiene peligro sísmico toda vez que se encuentra dentro del efecto que pueden causar las fallas geológicas de Angaíza y Pucatanbo, como también del efecto que puede causar el Cinturón de Fuego del Océano Pacífico.

Tabla 3

Sismos ocurridos en la región San Martín entre los años 1926 y 1984

NºCS	Fecha	Hora	Lat. S	Long. O	Profundidad.	Magnitud	
		[tiemp.Univ]	(deg.)	(deg.)	(km)	mb	Ms
45	1926-03-07	20 33 38.0	5.00	76.50	150.0		6.5
62	1928-05-14	22 14 46.0	5.00	78.00			7.3
69	1928-07-18	19 05 00.0	5.50	79.00			7.0
84	1931-07-11	05 56 13.0	8.50	74.50	120.0		6.3
119	1934-10-29	23 25 23.0	5.00	78.00	110.0		6.3
131	1936-05-06	03 38 55.0	8.00	75.00	160.0		6.0
155	1938-01-16	21 41 47.0	6.00	75.00	100.0		6.0
213	1942-01-08	15 12 31.0	6.00	78.50	110.0		6.0
240	1942-11-06	13 31 10.0	6.00	77.00	130.0		6.8
265	1943-04-05	03 08 58.0	6.50	76.00	140.0		6.5
297	1945-08-06	23 02 10.0	6.00	76.50	100.0		
347	1950-03-14	03 10 2.0	8.00	74.00	150.0		6.8
433	1953-04-17	00 02 50.0	5.20	77.20			6.0
465	1954-06-15	13 29 59.0	5.00	77.00	100.0		6.6
922	1963-04-13	02 20 57.9	6.30	76.70	125.0	6.1	6.9
1183	1964-11-02	06 50 58.2	4.10	76.90	91.0	6.0	

1381	1965-11-29	17 07 2.0	6.00	78.60	37.0	5.5		
1934	1968-06-19	08 13 35.0	5.56	77.15	28.0	6.4	6.9	
1963	1968-06-20	02 38 38.4	5.59	77.33	33.0	5.8	5.7	
1968	1968-06-21	00 26 7.8	5.72	77.28	22.0	5.6		
2008	1968-07-07	23 48 8.2	5.76	77.14	27.0	5.5	5.2	
2048	1968-09-09	00 37 43.2	8.73	74.52	120.0	6.0		
2724	1972-03-20	07 33 49.6	6.77	76.79	64.0	6.1	6.9	
3105	1973-09-18	12 58 25.2	7.03	76.14	133.0	5.8		
3434	1974-12-05	11 57 31.3	7.69	74.45	162.0	6.0		
3484	1975-03-18	17 21 23.4	4.23	77.01	98.0	6.2	6.5	
3559	1975-08-16	00 53 53.7	5.38	76.08	123.0	5.7		
4093	1979-01-06	01 31 47.6	8.88	75.73	33.0	5.7	5.7	
4910	1982-08-10	04 51 48.6	5.35	77.37	33.0	5.5	4.5	
5076	1983-04-12	12 07 54.5	4.84	78.10	104.2	6.6		
5081	1983-04-15	10 08 20.5	5.98	75.66	118.0	5.6		
5153	1983-11-03	07 41 11.5	4.01	79.42	92.8	5.9		
5226	1984-06-05	04 15 24.4	7.82	76.71	33.0	5.8	5.1	
5268	1984-11-23	18 40 11.8	8.16	76.13	99.1	5.9		
	1990-05-30	02 34 01	6.25	77.16	33.0	NEIC	6.4	NEIC
	1990-05-30	14 49 00	6.21	77.30	33.0	NEIC	5.4	IGP
	1990-06-06	02 01 00	6.34	77.19			5.1	IGP
	1990-06-09	01 14 00	6.29	77.34			5.6	IGP
	1991-04-04	15 23 21	6.04	77.13	20.0	IGP	6.0	IGP
	1991-04-05	04 19 50	5.98	77.09	19.0	IGP	6.5	IGP
	2005-09-26	01 55 39	5.61	76.37	132.7	IRIS		7.5

Fuente: INDECI. Mapa de peligros de la ciudad de la ciudad de Nueva Cajamarca. (2006, pág. 45).

Los datos registrados, a partir del año (1906), indican que los movimientos sísmicos han ocasionado la suma de grandes pérdidas económicas valorizados en miles de millones de dólares, como también la pérdida de miles de vidas humanas, dichas pérdidas se han dado en instantes al margen de la duración de los terremotos o sismos y que a su vez pudo haberse reducido dichas pérdidas si es que la humanidad hubiese estado preparada con acciones que contrarresten a un evento sísmico; es importante indicar que en la actualidad al margen de las tragedias que ha ocasionado los sismos, existen diferentes normativas en el mundo bajo el cual se diseñan las edificaciones con parámetros sismorresistentes con la finalidad de frenar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, sin embargo es importante poner énfasis al estudio de vulnerabilidad de las edificaciones ya construidas para determinar si dichas viviendas cumplen con los parámetros establecidos en las normas sismorresistentes o como también si en caso tienen un alto nivel de vulnerabilidad plantear recomendaciones que permitan reducir el riesgo sísmico de las edificaciones frente a un peligro sísmico y por ende salvaguardar las vidas de las personas y las propiedades de alto valor económico. Por las razones descritas

anteriormente, es sumamente necesario conocer la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Nueva Cajamarca, dado que no se han realizado estudios de vulnerabilidad sísmica a las edificaciones de dicha ciudad y mucho más sabiendo que dicho distrito es uno de los más desarrollados dentro de la región San Martín con un alto movimiento comercial y un crecimiento poblacional acelerado. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) el crecimiento poblacional del distrito de Nueva Cajamarca al año (2017) respecto del (2007) ha sido de 17,84 %, ya que en el año (2007) registró 35 718 habitantes y en el año (2017) contaba con 443 473 habitantes; pero que a su vez dicha ciudad ha crecido desordenadamente, dado que sus zonas comerciales o industriales se encuentran junto a zonas residenciales u otras.

Asimismo, los estudios de vulnerabilidad sísmica permiten tener la posibilidad de reducir el riesgo de pérdidas de vidas humanas como también, el daño que pueden sufrir las edificaciones en un evento sísmico, teniendo en cuenta que Nueva Cajamarca se encuentra en una zona sísmica y que hasta la actualidad no tiene ningún estudio de vulnerabilidad sísmica de sus edificaciones, es necesario y de suma importancia llevar a cabo una investigación que tiene como fin conocer la vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares, es por ello que la investigación se denomina “Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares en la ciudad de Nueva Cajamarca – Rioja – San Martín”.

1.1.1. Problema principal.

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares en la ciudad de Nueva Cajamarca – Rioja – San Martín?

1.1.2. Problemas secundarios

- ¿Cuáles son las características de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca?
- ¿Cuál es el tipo de suelo en las que fueron construidas las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca?
- ¿Cuál es la topográfica del terreno en las que fueron construidas las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca?
- ¿Cómo comparar los resultados de la ficha de verificación del INDECI con los resultados del análisis sísmico de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo principal

Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares en la ciudad de Nueva Cajamarca – Rioja – San Martín.

1.2.2. Objetivos secundarios

- Evaluar las características de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca.
- Determinar el tipo de suelo en las que fueron construidas las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca.
- Determinar la topográfica del área de estudio de investigación de la ciudad de Nueva Cajamarca.
- Comparar los resultados de la ficha de verificación del INDECI con los resultados del análisis sísmico de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca.

1.3. Justificación e importancia de la investigación

El presente estudio es importante y se justifica en lo siguiente:

Justificación teórica. La presente tesis se elaboró con la utilización de la ficha de verificación del INDECI, lo que permite determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica; asimismo bajo lo establecido en la norma E.020 cargas y E.030 diseño sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones para realizar el análisis sísmico estático de tres viviendas; se complementa con estudio de mecánica de suelos para conocer el tipo de suelo, realizado bajo parámetros de diferentes normativas ASTM, tales como la normativa

ASTM D- 422, la normativa ASTM D – 2216 y la normativa ASTM D – 854.

Justificación práctica. La presente tesis se realiza debido a que no existe algún estudio que haya determinado el nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la ciudad de Nueva Cajamarca, a su vez se ha realizado bajo conceptos de estudios de vulnerabilidad sísmica desarrollado en otros lugares; Nueva Cajamarca una ciudad altamente comercial, con alto índice de crecimiento poblacional; su población a través de la presente investigación podrá conocer los riesgos sísmicos de su ciudad.

Justificación social. Los pobladores de la ciudad de Nueva Cajamarca tendrán acceso al conocimiento respecto a qué factores hacen vulnerable a las viviendas

multifamiliares de la ciudad, a partir del cual reformular la práctica desde el diseño hasta el proceso constructivo de una vivienda; por ejemplo, siendo conscientes que tienen que solicitar el servicio de un profesional de la construcción para el diseño de la vivienda y contar con su presencia en el proceso constructivo; de tal manera que se irá reduciendo el porcentaje del nivel de vulnerabilidad de las viviendas en dicha ciudad.

Justificación económica. Permitirá reducir el riesgo de pérdida de vidas humanas y daños de las viviendas multifamiliares de Nueva Cajamarca frente a un probable evento sísmico, dado que, después de determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas indicadas se planteará recomendaciones donde se dé a conocer cuáles son las acciones a tomar respecto a dicha vulnerabilidad.

Importancia. Radica en que se aplicará diferentes conceptos de normativas como los de la Norma E.030 del RNE; asimismo es el primer estudio de vulnerabilidad sísmica realizada a las edificaciones de la ciudad de Nueva Cajamarca, en éste caso a las viviendas multifamiliares; también permitirá conocer qué factores generan incremento de vulnerabilidad sísmica en las viviendas indicadas, en seguida se planteará recomendaciones respecto a la vulnerabilidad indicada que a su vez permitirá reducir el riesgo de pérdidas de vidas humanas y daños de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca frente a un probable evento sísmico.

1.4. Delimitación del área de investigación

Delimitación espacial. Esta investigación se realizó en la ciudad de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja, Región San Martín – Perú.

Delimitación temporal. Esta investigación se ha desarrollado durante los meses de diciembre del año (2020) y mayo del año (2021).

1.5. Limitaciones de la investigación

- La presencia del Covid – 19 y sus efectos dañinos en la salud, afectó el desarrollo oportuno de la presente investigación incrementando el tiempo de ejecución.
- Condiciones climatológicas adversas manifestado en lluvias al momento de la recolección de datos, lo que impidió la fluidez de dicha recolección.
- Temor de los propietarios de las viviendas multifamiliares a brindar información, el cual impidió recolectar dicha información de manera aleatoria.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes nacionales e internacionales.

Antecedentes internacionales

Sánchez Cárdenas (2013), en su investigación, “Vulnerabilidad sísmica de construcciones patrimoniales históricas de mampostería en Chile: Aplicación a los torreones españoles de Valdivia”, propuso como objetivo, Analizar y evaluar la vulnerabilidad sísmica de una construcción patrimonial histórica de mampostería, usando el caso del Torreón Los Canelos. Llegó a las conclusiones siguientes: La curva de capacidad resultante del análisis estático no lineal y el punto de desempeño obtenidos, revelaron la gran rigidez que posee el Torreón Los Canelos y un comportamiento esencialmente elástico. Esto se debe a diversas razones: el gran espesor de sus muros, su gran peso propio, una geometría simple y simétrica de baja altura, que está fundado en un suelo con buenas aptitudes para la construcción, y las reformas que se le han hecho, que, al parecer, le han otorgado una alta capacidad sismorresistente; asimismo el hecho de que el Torreón Los Canelos tenga una baja vulnerabilidad sísmica, se condice con los múltiples sismos que ha soportado durante su existencia, incluyendo el de (1960), encontrándose hoy en día en muy buen estado y sin daños estructurales visibles, con una alta probabilidad de que tenga un muy buen desempeño frente a los futuros eventos sísmicos.

Rivera Pastelín (2017), en su investigación “Estimación de la vulnerabilidad sísmica en estructuras con un primer piso débil”, propuso como objetivo, Estimar la vulnerabilidad estructuras en marcos representativos de la zona del lago de la CDMX con un primer piso débil. Llegó a las conclusiones siguientes: Se logró estimar la vulnerabilidad sísmica en cuatro marcos dúctiles de concreto reforzado considerando la irregularidad estructural por un primer piso débil, para lo cual se comparó el comportamiento de estos cuatro marcos con la presencia de un primer piso débil y sin la presencia de éste; *asimismo* los resultados obtenidos muestran que en todos los casos de estudio, la estructura que tenía un primer piso débil presentó mayores distorsiones y por lo tanto esto reflejó mayores daños esperados en las funciones de vulnerabilidad para una misma intensidad sísmica. Al comparar las curvas de vulnerabilidad de los casos de estudio, se tuvo como resultado que, para el caso del marco de cinco niveles, dichas curvas siguieron el mismo comportamiento, en otras palabras, la presencia de un piso débil no afectó de manera significativa el comportamiento de la estructura ante

intensidades menores a 1g. Por el contrario, en las estructuras de 15,25 y, particularmente, en el marco de 17 niveles, la presencia de un primer piso débil, afectó de manera negativa el comportamiento de cada marco ante acciones sísmicas, ya que se esperan mayores daños ante la misma intensidad sísmica y el mismo sismo.

Martínez Cuevas (2014), en su investigación, “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica urbana basada en tipologías constructivas y disposición urbana de la edificación. Aplicación en la ciudad de Lorca, Región de Murcia”, propuso como objetivo, Analizar la ordenación del territorio y el planeamiento urbanístico en zonas sísmicas para obtener una clasificación de los parámetros urbanísticos que hacen que las ciudades sean vulnerables. Este análisis debe ser eficaz para las comunidades autónomas, ayuntamientos, urbanistas y planificadores, para que se produzca un cambio de actitud hacia los problemas que pueden generarse por sus decisiones cuando no se tiene en cuenta el estado de conocimiento en el diseño de edificaciones sismorresistentes para establecer la normativa urbanística, construir nuevas edificaciones y actualizar el comportamiento sismorresistente de las existentes en ciudades situadas en zonas sísmicas. Llegó a las conclusiones siguientes: las tablas de tipologías de edificios y cartografía de habitabilidad nos permiten identificar, con un 65 % de fiabilidad, cuáles serán los edificios que se quedarían inhabitables y cuales no si ocurriera en Lorca un terremoto con las mismas características que el de mayo de (2011); es fundamental transferir los resultados obtenidos a los organismos con responsabilidad en planificar las ciudades y en gestión de la población civil y de emergencia, para desarrollar ciudades con menos riesgo sísmico y elaborar planes de emergencia viables.

Antecedentes nacionales

García Figueroa (2018), en su investigación, “Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Mochumí y líneas vitales aplicando índices de vulnerabilidad Benedetti-Petrini”, propuso como objetivo, Identificar las zonas de alta, media y baja vulnerabilidad sísmica en la Ciudad de Mochumí. Llegó a las conclusiones siguientes: La mayor parte de las edificaciones de adobe tienen un grado de vulnerabilidad alto, alcanzando la cifra del 95,72 %. Esto es debido a su antigüedad, y a que especialmente ofrecen una mala resistencia convencional, así como también carecen de ductilidad. Además, la presencia de humedad y sales en la gran mayoría origina un deficiente comportamiento sísmico; por otro lado, en la tipología de albañilería cerca de la mitad del número de viviendas

presentan un grado de vulnerabilidad medio (47,29 %). Sin embargo, también hay número importante de edificaciones que presentan un grado de vulnerabilidad baja (32,67 %).

Criollo Paucar, Santisteban Jacinto (2018), en su investigación, “Vulnerabilidad sísmica aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti Petrini) en la ciudad de San José, Distrito de San Jose, Provincia Lambayeque, Departamento Lambayeque”, propusieron como objetivo, Determinar las zonas de ALTA, MEDIA Y BAJA vulnerabilidad sísmica aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti Petrini) en la ciudad de San José, distrito de San José, provincia Lambayeque, departamento Lambayeque. Llegaron a las conclusiones siguientes: Se puede observar que casi la totalidad de viviendas de adobe 90,86 % (159 viviendas) presentan una vulnerabilidad alta, una de sus características es que estas edificaciones se han construido sin asesoramiento técnico y sus componentes están deteriorados por el tiempo, el adobe por su gran peso atrae considerable fuerza sísmica, la cual no puede resistir por ser un material que se comporta frágilmente ante movimientos horizontales; *asimismo* se puede observar que 50,17 % (897 viviendas) tiene vulnerabilidad media, la mayoría de los cuales son resultado de la construcción informal. Entre estos aspectos podemos resumir deficiente proceso constructivo, uso de materiales de mala calidad, falta de densidad de muros, ampliaciones, muros no confinados etc.

Medina Cruzado, Piminchumo Albites (2018), en su investigación, “Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Monsefú aplicando los índices de Benedetti – Petrini”, propusieron como objetivo: Reconocer las zonas de alta, media y baja vulnerabilidad sísmica, en la ciudad de Monsefú. Llegaron a las conclusiones siguientes: Las viviendas de adobe presentan una vulnerabilidad entre media (14,67 %) y alta (85,26 %), esto debido en parte a la antigüedad de estas y una mala resistencia convencional. A esto se suma la presencia de otros factores como las malas prácticas constructivas, mala calidad de los materiales utilizados, la presencia de humedad y sales, lo que origina un pésimo comportamiento sísmico de las viviendas de adobe; con respecto a las viviendas de albañilería se encontró que el 38,19 % tienen una vulnerabilidad baja; 55,39 % vulnerabilidad media y 6,41 % vulnerabilidad alta. La mayoría de las viviendas de albañilería tienen una vulnerabilidad de media a alta, esto se debe a que estas viviendas han sido construidas de manera informal, presentando deficiencias en el asentado de unidades de albañilería, inadecuado confinamiento de los muros, elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente, etc.

Antecedente local

A nivel de la ciudad de Nueva Cajamarca no se tiene a la fecha (2021) estudios de vulnerabilidad sísmica de sus edificaciones, sólo un estudio de peligros realizado por el INDECI. De la ciudad de Nueva Cajamarca se señala los siguientes: no existe construcción de viviendas que tengan más de 5 niveles o pisos; el suelo de la ciudad presenta humedad en diferentes sectores; existe un alto crecimiento poblacional; es un lugar altamente comercial que en caso de un sismo devastador en la ciudad afectaría varias familias de la región Costa, Sierra y Selva del Perú ya que por Nueva Cajamarca cruza una de las vías terrestres por donde se intercambia los productos entre dichas regiones; por lo que es sumamente necesario poner énfasis a estudios de vulnerabilidad con la finalidad de tener una respuesta rápida en caso de un sismo devastador.

2.2. Bases Teóricas

Vulnerabilidad sísmica

Sandi en (1986) afirmó que la vulnerabilidad sísmica es una propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su propio comportamiento ante la acción de un sismo descrito a través de una ley causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño (Safina Melone, 2002).

También se puede definir que:

La vulnerabilidad sísmica es la debilidad de las edificaciones que se manifiesta en un evento sísmico; inherentemente todas las edificaciones tienen una vulnerabilidad baja que se incrementa hasta muy alta en función a las condiciones de factores que alteran la vulnerabilidad tales como el diseño, el tipo de suelo donde fue construida, la configuración geométrica en planta como en elevación, las condiciones y tipo de sus materiales, las técnicas en el proceso constructivo, entre otros. Mientras se hayan respetado los parámetros establecidos de las normas existentes tanto en su diseño como en su construcción, la edificación va a tener menor nivel de vulnerabilidad sísmica y por ende va menor riesgo sísmico, caso contrario tiene el riesgo de sufrir daños mayores.

Métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica

Se tiene métodos analítico y cualitativo.

Método analítico

La evaluación de la vulnerabilidad de los edificios existentes por medio de métodos analíticos está fundamentada en los mismos principios existentes utilizados para

el diseño de construcciones sismo resistentes, Gómez Prado & Loayza Yañez (2014). En el Perú se efectúa bajo parámetros establecidos en la norma E.030 (Norma de diseño sismorresistente) del RNE.

Método cualitativo

Este método se basa en los conocimientos de expertos al observar el daño causado por un sismo. A partir del conocimiento de los factores que ocasionan una reducción en la seguridad estructural por algún tipo de daño, proporcionan una medida cualitativa del mismo, Gómez Prado & Loayza Yañez (2014). Una metodología en el cual se emplea un método cualitativo es el estudio de vulnerabilidad haciendo uso de la ficha de verificación del INDECI en el cual dicha vulnerabilidad está en función a las características de la edificación.

Metodología para la evaluación de vulnerabilidad sísmica

Entre las metodologías para la evaluación de vulnerabilidad sísmica se tiene el método ATC_14, métodos japoneses, método venezolano, método propuesto por Hurtado y Cardona, método de la AIS, método del índice de vulnerabilidad, método americano del ATC-21, Gómez Prado & Loayza Yañez (2014). A continuación, se describe a tres de las metodologías existentes que permiten evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica.

Método del ATC_14

Se basa en la identificación de los puntos débiles del edificio con base en la observación de daños en edificios ocurridos en eventos sísmicos previos limitaciones.

Inicialmente se identifican aquellos edificios que significan un riesgo para la vida humana. Es decir, aquellos edificios que se clasifican como edificaciones indispensables, que deben seguir con su normal funcionamiento durante y después de un sismo.

Evalúa los esfuerzos cortantes actuantes, los desplazamientos relativos en el entrepiso y ciertas características especiales del edificio. En el caso de muros estructurales se debe hacer una verificación de los esfuerzos de corte.

Los dos aspectos hacen que este método sea complejo ya que se necesitan de herramientas básicas de ingeniería para la adquisición y correcta interpretación de los datos, limitando la recolección a personas especializadas. Además, este no es un método para estimar la vulnerabilidad a gran escala VSG, en una zona o región ya que primero se hace una clasificación de las estructuras que van a hacer parte de la evaluación, para luego entrar al análisis respectivo.

Este método no tiene en cuenta el daño producido por uno o más sismos, Gómez Prado & Loayza Yañez (2014).

Método japonés

Ventajas

Evalúa la estructura, la forma del edificio y la peligrosidad de los elementos no estructurales. Este último aspecto es importante puesto que la mayoría de métodos sólo tienen en cuenta los elementos que hacen parte del sistema sismo resistente, olvidando la importancia que tiene los elementos no estructurales como muros, instalaciones eléctricas, sanitarias, etc. Su importancia radica, en que una de las mayores causas de muerte durante un evento sísmico es por el desprendimiento de estos elementos, muchas veces y aunque suene contradictorio, sin el daño de elementos estructurales considerables.

Limitaciones

Sólo es aplicable a edificaciones de concreto reforzado de mediana y baja altura construidas mediante métodos convencionales, Gómez Prado & Loayza Yañez (2014).

Método de la ficha de verificación del INDECI

Se trata de una metodología de tipo cualitativo la cual consiste en registrar características o información de las viviendas, dichas características adquieren un valor numérico de 1 a 4 en función a la condición favorable o desfavorable que pueda alterar o sujetar el nivel de vulnerabilidad. Luego de haber concluido con el registro de todas las características establecidas en dicha ficha se hace una sumatoria que determina la vulnerabilidad en un nivel muy alto, alto, moderado y bajo. El método de la ficha de verificación del INDECI se aplicó en la presente investigación.

Aspectos que afectan la vulnerabilidad sísmica

Aspectos geométricos

Se tienen irregularidades en planta de la edificación, cantidad de muros en las dos direcciones e irregularidad en la altura reforzado, Gómez Prado & Loayza Yañez (2014).

Aspectos constructivos

Se tiene calidad de las juntas de pega en mortero, tipo y disposición de los ladrillos, calidad de los materiales, Gómez Prado & Loayza Yañez (2014).

Aspectos estructurales

Se tienen muros confinados y reforzados, detalles de columnas y vigas de confinamiento, vigas de amarre y amarre de cubiertas, características de las aberturas, tipo y disposición del entrepiso, Gómez Prado & Loayza Yañez (2014).

Suelos

Se tienen blandos, intermedios y duros, Gómez Prado & Loayza Yañez (2014).

Entorno

Se tienen topografía y otros efectos, Gómez Prado & Loayza Yañez (2014).

Cimentación

Se tienen vigas de amarre en concreto reforzado, Gómez Prado & Loayza Yañez (2014).

Sismo

Son vibraciones de la corteza terrestre inducidas por el paso de las ondas sísmicas provenientes de un lugar o zona donde han ocurrido movimientos súbitos de la corteza terrestre (liberación de energía), Goytia Torrez & Villanueva Inca (2001).

Causas de los sismos

Varios fenómenos son los causantes de que la tierra tiemble, dependiendo a estos actualmente se reconocen tres clases de sismos: los sismos de origen tectónico, los de origen volcánico y los de artificialmente producidos por el hombre. Siendo más devastadores los sismos de origen tectónico, y por ende los de mayor interés dentro de la ingeniería, Goytia Torrez & Villanueva Inca (2001).

Peligro sísmico

El peligro sísmico es la probabilidad de ocurrencia de movimientos sísmicos de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo de exposición. El peligro también puede incluir otros efectos que el mismo sismo genera, como derrumbes y licuefacción de suelos (Bommer et al. 1998). El peligro sísmico se representa mediante parámetros simples como la intensidad, la aceleración del terreno o el espectro de respuesta, Balta Rivera & Meza Fernández (2015). Prácticamente todos los países de la tierra tienen peligro sísmico, unos más que otros sí, toda vez que la litósfera de la tierra está dividido en placas tectónicas que en su subducción generan los movimientos sísmicos donde la mayor fuerza sísmica se concentra en el límite de dichas placas, el Perú es un país con alto peligro sísmico dado que está ubicado geográficamente al límite del Cinturón de Fuego del Pacífico que consiste en placas tectónicas que se encuentran en subducción constante y que por ende generan constantes movimientos sísmicos.

Riesgo sísmico

El riesgo sísmico es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (Bonett 2003, Barbart 1998). También, el riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como: $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$ (Fourier d'Albe 1988, Kuroiwa 2002). Esta evaluación de riesgo es en forma individual para cada estructura, Mosqueira Moreno & Tarque Ruiz (2005), las pérdidas esperadas son directamente proporcional a la intensidad del sismo como también del nivel de vulnerabilidad de las edificaciones o de su resistencia para hacer frente al sismo.

La escala de Richter

La escala sismológica de Richter, conocida comúnmente como la escala de Richter o escala de magnitud local (ML), es una escala logarítmica de medición de la cantidad de energía liberada en la corteza terrestre durante un sismo o terremoto, que recibe su nombre en honor al sismólogo estadounidense Charles Francis Richter (1900-1985), que fue junto con el alemán Beno Gutenberg (1889-1960) su inventor. La escala de Richter es empleada mundialmente en la medición de la intensidad de los sismos que van desde valores de 2,0 y 6,9 en la escala y que ocurren entre 0 y 400 kilómetros de profundidad. Cuando los valores de un sismo son de 7,0 puntos o superiores, ya no se emplea el método de Richter, sino la escala sismológica de magnitud del momento (MW), más precisa para registros extremos y propuesta por Thomas Hanks y Hiroo Kanamori en (1979). Por lo que no puede haber terremotos de más de 6.9 en la escala de Richert, Raffino (2020).

Fórmula de la escala de Richter

La escala propuesta por Richter empleaba logaritmos, copiando la lógica de la escala de magnitud estelar de la astronomía. Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$M = \log A + 3\log(8\Delta t) - 2.92 = \log_{10} [(A \cdot (\Delta t)^3) / (1.62)]$$

Donde:

M = magnitud arbitraria pero constante de terremotos que liberan la misma energía

A = amplitud de las ondas sísmicas en milímetros, según lo registre el sismograma

Δt = tiempo en segundos desde el inicio de las ondas primarias (P) hasta las secundarias (S) (Raffino, 2020).

En la siguiente tabla se muestra la magnitud en la escala de Richter y sus efectos del movimiento sísmico.

Tabla 4
Magnitud de la escala de Richter

Magnitud*	Descripción	Efectos de un sismo	Frecuencia de ocurrencia
Menos de 2,0	Micro	Los microsismos no son perceptibles.	Alrededor de 8000 por día
2,0 - 2,9	Menor	Generalmente no son perceptibles.	Alrededor de 1000 por día
3,0 - 3,9		Perceptibles a menudo, pero rara vez provocan daños.	49 000 por año.
4,0 - 4,9	Ligero	Movimiento de objetos en las habitaciones que genera ruido. Sismo significativo, pero con daño poco probable.	6200 por año.
5,0 - 5,9	Moderado	Puede causar daños mayores en edificaciones débiles o mal construidas. En edificaciones bien diseñadas los daños son leves.	800 por año.
6,0 - 6,9	Fuerte	Pueden llegar a destruir áreas pobladas, en hasta unos 160 kilómetros a la redonda.	120 por año.
7,0 - 7,9	Mayor	Puede causar serios daños en extensas zonas.	18 por año.
8,0 - 8,9	Cataclismo	Puede causar graves daños en zonas de varios cientos de kilómetros.	1-3 por año.
9,0 - 9,9		Devastadores en zonas de varios miles de kilómetros.	1-2 en 20 años.
10,0 +	Legendario o apocalíptico	Nunca registrado.	Desde que se tienen registros históricos de los sismos, nunca ha sucedido uno de esta magnitud.
* ML=De 2,0 a 6,9		MW=Mayores de 6,9	

Fuente: J.A.T. Magnitud de los sismos (2020).

Vivienda multifamiliar

Edificación de dos a más unidades de vivienda en un edificio, cuyos bienes y servicios comunes que comparten son de propiedad común, así como comparten un solo acceso en común – Ministerio de Vivienda Construcción y saneamiento (MVCS, 2021).

La vivienda multifamiliar es un recinto donde unidades de viviendas superpuestas albergan un número determinado de familias, cuya convivencia no es una condición obligatoria. El espacio está bajo un régimen de condominio, con servicios y bienes compartidos, tales como: circulación (escaleras y ascensores), bajantes de basura, estacionamiento, acometidas de servicio, áreas verdes y sociales como salón de usos

múltiples, piscina, canchas deportivas, entre otros (Bazán Silva, 2016), asimismo se puede decir que una vivienda multifamiliar es aquella edificación donde habitan varias familias de manera independiente pero que pueden compartir ciertas áreas o servicios de la vivienda tales como pasadizos, escaleras, patios de recreación, servicios higiénicos, etc.

Tipología

Tipo flat

Vivienda constituida por una sola planta con acceso directo, puede ser de 1 a 3 dormitorios.

Tipo duplex

Vivienda constituida por la unión de dos pisos superpuestos, conectados interiormente por una escalera.

Tipos loft

Son viviendas de proporciones generosas, en la que se ha renunciado a la separación tradicional en habitaciones y consta de un solo cuarto multifuncional enorme y poseen alturas considerables, la división de espacios es creada por cambios de nivel, texturas y colores, estos a su vez pueden estar concentrados en apartamentos, y se pueden clasificar según el número de plantas.

Tipo bloque

Son edificios de 3 a 4 plantas, cuyos apartamentos poseen de 1 a 2 habitaciones.

Tipo torre

Son edificios de diez plantas a más con usos mixtos, tienen como elemento característico el uso de ascensores (Bazán Silva, 2016).

Especificaciones de los materiales predominantes utilizados en la construcción de viviendas multifamiliares

Especificación de la albañilería

En la tabla 5 se muestra lo establecido en la Norma E.070 “Albañilería” del RNE, en donde nos indica las clases de unidad de albañilería para fines estructurales; asimismo las características de bloques usado en la construcción de muros portantes y no portantes.

Tabla 5*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión f'_b mínimo en MPa (kg/cm^2) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fuente: MVCS. Norma Técnica E.070. (2006, pág. 13).

En cuanto al mortero para asentado de ladrillo se puede usar cemento portland tipo I y II. El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la tabla 6. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencia según lo especificado en los planos (MVCS, 2006). Es indispensable realizar y cumplir con el análisis granulométrico del agregado fino para mortero con la finalidad que su resistencia de los muros sea la esperada teniendo buena respuesta frente a un sismo.

Tabla 6*Granulometría de la arena*

Malla ASTM	% que pasa
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm)	Menos de 2

Fuente: MVCS. Norma Técnica E.070. (2006, pág. 16).

Especificaciones de los agregados

Agregado fino

El agregado fino deberá tener la granulometría indicada en la tabla 7, deberá estar libre de impurezas orgánicas. Los agregados sujetos a la prueba de impurezas orgánicas que produzcan un color más oscuro que el estándar deberán ser desechados. Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la resistencia requerida a satisfacción de las partes. Su módulo de fineza no será menor de 2,3 ni mayor de 3,1 (INDECOPI, 2014). Al momento de efectuar la adquisición del material es importante determinar de manera visual el estado del agregado fino, ya que nos puede permitir saber si cuenta con impurezas o determinar predeciblemente si cumple con la granulometría establecida en la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.037.

Tabla 7

Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (N° 4)	95 a 100
2,36 mm (N° 8)	80 a 100
1,18 mm (N° 16)	50 a 85
600 μm (N° 30)	25 a 60
300 μm (N° 50)	05 a 30
150 μm (N° 100)	0 a 10

Fuente: INDECOPI. Norma Técnica Peruana 400.037. (2014, pág. 08).

Especificaciones del agregado grueso

El agregado grueso consistirá en grava, piedra chancada, concreto reciclado, o la combinación de ellos (INDECOPI, 2014). Según la NTP 400.037, el agregado grueso tiene que tener las especificaciones que se muestran en la tabla 8, la cual nos indica que el tamaño máximo del agregado grueso va desde 90 mm hasta 1,18 mm; en cuanto al tamaño máximo nominal entre 90 mm a 37,5 mm por el tamiz de 100 mm debe pasar el 100 % de material, por el tamiz de 90 mm debe pasar del 90 % al 100 %, por el tamiz de 63 mm debe pasar entre 25 % a 60 %, por el tamiz de 37,5 mm debe pasar de 0 % a 5 % y por el tamiz de 19 mm debe pasar del 0 % al 5 %.

Tabla 8*Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*

HUSO	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 1/2 pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 1/2 pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	1,18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm a 37,5 mm (3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 1/2 pulg a 1 1/2 pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a N° 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 pulg a 3/4 pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg a N° 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg a 1/2 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	...
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (3/4 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a N° 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 [^]	4,75 mm a 1,18 mm (N° 4 a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: INDECOPI. Norma Técnica Peruana 400.037. (2014, pág. 13).

Especificaciones del cemento

Según la Norma Técnica Peruana 334.090 los requisitos químicos del cemento tienen que ser tal como se muestra en la tabla 9, asimismo sus requisitos físicos tienen que ser tal como se muestran en la tabla diez.

Tabla 9
Requisitos químicos del cemento

REQUISITOS QUÍMICOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPOS DE CEMENTO ^A			
		IS(<70) IT(P<S<70)	IS(≥70) IT(S≥70)	IP, I(PM) IT(P>S)	IC _o
Óxido de magnesio (MgO), máx. %	334.086	...	...	6,0	6,0
Azufre como trióxido de azufre (SO ₃), máx. ^B . %	334.086	3,0	4,0	4,0	4,0
Azufre (S), máx. %	334.086	2,0	2,0	...	....
Residuo insoluble, máx. %	334.086	1,0	1,0	...	....
Pérdida por ignición, máx.%	334.086	3,0	4,0	5,0	...

Fuente: INDECOPI. Norma Técnica Peruana 334.090. (2014, pág. 08).

^A Los requisitos químicos en esta tabla son aplicables a todos los cementos con aire incorporado equivalentes.

^B Puede permitirse superar los valores de contenido de SO₃ de esta tabla, a condición que se haya demostrado mediante el método de ensayo de la NTP 334.078 que el cemento con el SO₃ incrementado no desarrollará expansión superior a 0,020 % a los 14 días. Cuando el fabricante suministra el cemento bajo esta NTP, los datos de apoyo se les proporcionarán al comprador (INDECOPI, 2013).

Tabla 10
Requisitos físicos del cemento

REQUISITOS FÍSICOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPOS DE CEMENTO ^A				
		IS(<70), IP, I(PM) IT(P<S<70) IT(P>S) IC _o	IS(<70)(MS) IP(MS) IT(P<S<70)(MS) IT(P>S)(MS)	IS(<70)(HS) IT(P<S<70)(HS) IP(HS) IT(P>S)(HS)	IS(≥70), IT(S≥70)	IP(LH), ^B IT(P>S)(LH) ^B
Finura	334.002/334.045	C	C	C	C	C
Expansión en autoclave, máx. %	334.004	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Contracción en autoclave, máx. % ^D	334.004	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Tiempo de fraguado, ensayo Vicat: ^E	334.006					
Fraguado, minutos, no menos de		45	45	45	45	45
Fraguado, horas, no más de		7	7	7	7	7

Contenido de aire del mortero, volumen %, max. ^A	334.048	12	12	12	12	12
Resistencia a compresión, mín ^A , MPa	334.051					
3 días		13,0	11,0	11,0	...	...
7 días		20,0	18,0	18,0	5	11,0
28 días		25,0	25,0	25,0	11,0	21,0
Calor de hidratación, kJ/kg (Cal/g), ^G máx.	334.064					
7 días		290(70) ^F	290(70) ^F	290(70) ^F	...	250(60)
28 días		330(80) ^F	330(80) ^F	330(80) ^F	...	290(70)
Requerimiento de agua, % en peso del cemento, max.	334.051/334.165	...	...	...	...	64
Contracción por secado, % max.	334.067	...	...	...	...	0,15
Expansión del mortero: ^G						
14 días, % max.		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
8 semanas, % max.		0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Resistencia a los sulfatos, max. % ^H		----	0,10	0,05	----	---- ^I
Expansión a los 180 días, % max.	334.094	----	---	0,10	----	---- ^I
Expansión a 1 año						

Fuente: INDECOPI. *Norma Técnica Peruana 334.090*. (2014, pág. 16).

^C Los cementos con aire incorporado deben tener un contenido de aire del mortero de $19\% \pm 3\%$ en volumen y la resistencia a compresión mínima no debe ser menor al 80 % de la del tipo de cemento sin aire incorporado comparable.

^D Sólo son aplicables cuando no son requeridos resistencias mayores a edades tempranas o cuando se necesita bajo calor.

^E Se deben informar tanto la cantidad retenida por tamizado por vía húmeda en tamiz 45- μm (N° 325) como la superficie específica por el aparato de permeabilidad de aire, en m^2/kg , en todos los informes de ensayos en fábrica requeridos según el apartado 15.4.

^D Los especímenes deben permanecer firmes y duros y no mostrar señales de distorsión, agrietamiento, rajaduras, picaduras, o desintegración cuando son sometidos al ensayo de expansión en autoclave.

^E El tiempo de fraguado se refiere al tiempo de fraguado inicial en el método de ensayo NTP 334.006. El tiempo de fraguado de cementos que contienen un aditivo funcional de tipo acelerador o retardador requerido por el usuario, no necesita cumplir con los límites de esta tabla, pero debe ser declarado por el fabricante.

^F Aplicable sólo cuando se especifique un moderado (MH) calor de hidratación, en cuyo caso los requisitos de resistencia deben ser el 80 % de los valores mostrados en la tabla.

^G El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional a ser aplicado sólo a pedido del comprador y no es requerido a menos que el cemento vaya a ser utilizado con agregado álcálicoreactivo.

^H En el ensayo de cemento HS, no se requiere ensayar a un año cuando el cemento cumple el límite de 180 días. No se debe rechazar un cemento HS que no cumple el límite de 180 días a menos que tampoco cumpla el límite de un año.

^I Criterio opcional de la resistencia a los sulfatos que se aplica solo si es invocado específicamente, es aplicable para MS de un máximo de 0,10% de expansión a los 180 días y para HS es de un máximo de 0,05 % de expansión en 180 días o un máximo de 0,10 % de expansión en un año (véase la nota H) (INDECOPI, 2013).

La NTP 334.090 nos muestra también los requisitos de tiempo para ensayo del cemento, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 11

Requisitos de tiempo para ensayo

Tiempos de ensayo	Plazo de término
Ensayo a 3 días	8 días
Ensayo a 7 días	12 días
Ensayo a 14 días	19 días
Ensayo a 28 días	33 días
Ensayo a 8 semanas	61 días

Fuente: INDECOPI. Norma Técnica Peruana 334.090. (2014, pág. 19).

Especificaciones del acero

Según la Norma Técnica Peruana 341.031 “barras de acero al carbono, corrugadas, para refuerzo del concreto armado. Requisitos”; entre las especificaciones del acero se tiene lo indicado en las tablas 12, 13 y 14.

Tabla 12

Requisitos de tracción

Requisitos		Grado 280 (40)	Grado 420 (60)
Resistencia a la Tracción (RT) MPa (lbf/pulg ²).	Mínimo	420 (60 000)	620 (90 000)
Límite de Fluencia (LF) MPa (lbf/pulg ²).	Mínimo	280 (40 000)	420 (60 000)
	Máximo	405 (58 000)	540 (78 000)
Relación RT/LF	Mínimo	1,25	1,25

Fuente: INACAL. Barras de acero al Carbono, corrugadas, para refuerzo de concreto armado. Requisitos. (2018, pág. 17).

Tabla 13*Designación de la barra corrugada*

Designación de la barra de acero corrugada	Masa nominal, kg/m	Dimensiones nominales			Requisitos de las corrugas o resaltes en mm		
		Diámetro (d), mm	Área (An), mm ²	Perímetro, mm	Espaciamiento promedio (Cs), Máximo, mm	Altura promedio (h) Mínima, mm	Separación (Gap) Máxima (12,5 % del perímetro nominal), mm
6 mm	0,222	6,0	28	18,8	4,2	0,24	2,35
8 mm	0,395	8,0	50	25,1	5,6	0,32	3,14
10 mm	0,617	10,0	79	31,4	7,0	0,40	3,93
12 mm	0,888	12,0	113	37,7	8,4	0,48	4,71

Fuente: INACAL. Barras de acero al Carbono, corrugadas, para refuerzo de concreto armado. Requisitos. (2018, pág. 14).

Tabla 14*Designación de la barra corrugada*

Designación de la barra de acero corrugada (pulg.)	Masa nominal, (kg/m)	Dimensiones nominales			Requisitos de las corrugas o resaltes (mm)		
		Diámetro (d) pulg (mm)	Área, pulg (mm ²)	Perímetro, pulg (mm)	Espaciamiento promedio (Cs) Máximo, pulg (mm)	Altura promedio (h) Mínimo, pulg (mm)	Separación (Gap) Máxima (12,5 % del perímetro nominal), pulg (mm)
3/8	0,560	0,375 (9,5)	0,11 (71)	1,178 (29,9)	0,262 (6,7)	0,015 (0,38)	0,143 (3,6)
1/2	0,994	0,50 (12,7)	0,20 (129)	1,571 (39,9)	0,350 (8,9)	0,020 (0,51)	0,191 (4,9)
5/8	1,552	0,625 (15,9)	0,31 (199)	1,963 (49,9)	0,437 (11,1)	0,028 (0,71)	0,239 (6,1)
3/4	2,235	0,750 (19,1)	0,44 (284)	2,356 (59,8)	0,525 (13,3)	0,038 (0,97)	0,286 (7,3)
7/8	3,042	0,875 (22,2)	0,60 (387)	2,749 (69,8)	0,612 (15,5)	0,044 (1,12)	0,334 (8,5)
1.0	3,973	1,000 (25,4)	0,79 (510)	3,142 (79,8)	0,700 (17,8)	0,050 (1,27)	0,383 (9,7)
1 1/8	5,060	1,128 (28,7)	1,00 (645)	3,544 (90,0)	0,790 (20,1)	0,056 (1,42)	0,431 (10,9)
1 1/4	6,404	1,271 (32,3)	1,27 (819)	3,990 (101,3)	0,889 (22,6)	0,064 (1,63)	0,487 (12,4)
1 3/8	7,907	1,410 (35,8)	1,56 (1006)	4,43 (112,5)	0,987 (25,1)	0,071 (1,80)	0,540 (13,7)
1 3/4	11,38	1,693 (43,0)	2,25 (1452)	5,32 (135,1)	1,185 (30,1)	0,085 (2,16)	0,648 (16,5)
2 1/4	20,24	2,257 (57,3)	4,00 (2581)	7,09 (180,1)	1,58 (40,1)	0,102 (2,59)	0,864 (21,9)
2 1/2	24,84	2,50 (63,5)	4,91 (3167)	7,85 (199,5)	1,75 (44,5)	0,113 (2,86)	0,957 (24,3)

Fuente: INACAL. Barras de acero al Carbono, corrugadas, para refuerzo de concreto armado. Requisitos. (2018, pág. 15).

2.3. Definición de términos básicos

Bienes. Los bienes son todos aquellos objetos o propiedades utilizados por el ser humano para los intercambios comerciales, toda vez que tienen un valor en el mercado, es decir son mercancías. Por ejemplo, una vivienda, un lote de terreno, una movilidad motora, etc.

Catástrofe. Una catástrofe es una tragedia que genera los fenómenos naturales que trae como resultados pérdida de vidas humanas y económicas.

Por ejemplo, los movimientos sísmicos de gran escala que han dejado como consecuencia muerte de personas y pérdidas significativas de materiales en la historia de la humanidad.

Ciudad. Zona urbana o lugar en la tierra donde habita gran cantidad de población y por ende existe gran intercambio comercial e incluso producción industrial.

Por ejemplo, Nueva Cajamarca es una ciudad, ello no cuenta las comunidades que lo rodean que juntos hacen el distrito, sino que nos referimos a la propia ciudad urbana.

Desplazamientos permisibles. Es la medida hasta la cual puede ser permitido el cambio de posición de algo.

Por ejemplo, los desplazamientos permitidos de los pórticos de las viviendas en cada piso tanto en el eje “x” como en el eje “y” según la Norma E.030 del RNE es de 0.007, esto quiere decir que si en el análisis los desplazamientos resultan mayores entonces la vivienda no está cumpliendo con dicho parámetro establecido en la norma indicada.

Epicentro. Punto en la superficie de la tierra por donde se manifiesta la fuerza del sismo originado en el foco o hipocentro.

Multifamiliar. Se refiere a dos o más familias, por ejemplo, cuando se dice vivienda multifamiliar se refiere a la vivienda donde habitan dos o más familias.

Nivel de vulnerabilidad. Es el grado de daño que puede sufrir una vivienda frente a un movimiento sísmico.

Pérdida: Ausencia o carencia de algo que se poseía.

Plan de contingencia. Es la descripción del conjunto de medidas que se tienen que tomar frente a una emergencia, de tal forma que permita reducir o impedir los efectos perjudiciales que puede causar dicha emergencia.

Probabilidad. Intensidad de certeza de que algo suceda.

Súbito. Que se produce sin aviso.

Zonificación. Es la división de un área territorial en función a sus características, ya sean topográficas, sísmicas, de productividad, etc. Por ejemplo, en la presente investigación se presenta un plano de zonificación de la ciudad de Nueva Cajamarca en función al nivel de vulnerabilidad sísmica.

CAPÍTULO 3. HIPOTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Hipótesis principal

Es posible determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares en la ciudad de Nueva Cajamarca – Rioja – San Martín.

3.2. Hipótesis secundarias

- Es probable evaluar las características de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca.
- Es posible determinar el tipo de suelo en las que fueron construidas las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca.
- Es probable determinar la topografía del área de estudio de investigación de la ciudad de Nueva Cajamarca.
- Al comparar los resultados de la ficha de verificación del INDECI es posible obtener los resultados del análisis sísmico de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca.

3.3. Variables e indicadores

Variables

En la presente tesis se tiene las siguientes variables:

Variable independiente: viviendas multifamiliares.

Variable dependiente: vulnerabilidad sísmica.

Indicadores

Entre los indicadores de la presente tesis se tiene los siguientes: magnitud, características cualitativas, tiempo, área de influencia del terreno, entre otros que lo podemos visualizar en la tabla de operacionalización de variables.

3.4. Operacionalización de las variables

La operacionalización se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 15*Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Unidad de medida	Instrumento de medición
Vulnerabilidad sísmica	Sandi en 1986 afirmó que la vulnerabilidad sísmica es una propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su propio comportamiento ante la acción de un sismo descrito a través de una ley causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño (Safina Melone, 2002).	Intensidad	Magnitud	Escala de Richter	Sismógrafo
		Materiales de la edificación	Características cualitativas	Precarios Deterioro Regular Bueno	Observación directa
Viviendas multifamiliares	Edificación de dos a más unidades de vivienda en un edificio, cuyos bienes y servicios comunes que comparten son de propiedad común, así como comparten un solo acceso en común. (MVCS, 2021)	Antigüedad de la edificación	Tiempo	Años	Entrevista
		Tipo de suelo	Normas ASTM	Clasificación SUCS	Formatos de informe de mecánica de suelos
		Topografía del terreno	Área de influencia del terreno	Relieves del terreno	Plano altimétrico y planimétrico de la ciudad de Nueva Cajamarca
		Configuración geométrica	Distribución arquitectónica	Pórticos	Observación directa
		Normatividad E.030	Desplazamientos Excentricidades	Metro	Instrumento cuantitativo
		Población	Catastro urbano	Unidad	Censo 2017 del INEI

Fuente. Elaboración propia.

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Metodología de la investigación

Enfoque de la investigación

El enfoque de la presente investigación es **cuantitativo** dado que el estudio está sujeto a una población que a través de una aplicación estadística se ha obtenido una muestra y los resultados del nivel de vulnerabilidad sísmica a partir de la recolección de datos se ha obtenido a través de un cálculo numérico. “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población [...]” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2003)

Tipo de la investigación

Según la fuente. Según su fuente la investigación es **documental** por cuanto en su desarrollo se ha recurrido a información de estudios previos como el de mecánica de suelos de la ciudad de Nueva Cajamarca. “Este tipo de investigación es aquella que se realiza mediante la consulta de documentos [...]” (Arias Gonzáles, 2021).

Según su finalidad. Según su finalidad la presente investigación es **aplicada** por cuanto se ha utilizado conceptos y fórmulas ya establecidas tal es el caso del análisis sísmico. “Se abastece por el tipo básico o puro, ya que mediante, la teoría se encarga de resolver problemas prácticos, se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo del estudio [...]” (Arias Gonzáles, 2021).

Alcance de la investigación

El alcance del presente estudio es **descriptivo**, dado que en el desarrollo de la investigación se ha especificado las características de las viviendas, su tipo de suelo, su topografía, su ubicación, entre otros indicadores. “Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis [...]” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es **no experimental** dado que el resultado del nivel de vulnerabilidad sísmica se ha obtenido en función a las condiciones en la que se ha encontrado la variable independiente (viviendas multifamiliares). “En este diseño no hay estímulos o condiciones experimentales a las que se sometan las variables de estudio, los sujetos del estudio son evaluados en su contexto natural sin alterar ninguna situación; así mismo, no se manipulan las variables de estudio [...]” (Arias Gonzáles, 2021).

El tipo de diseño no experimental de la presente investigación es **transversal**, dado que el estudio se ha efectuado en un tiempo concreto, no de manera longitudinal. “Este diseño recoge los datos en un solo momento y solo una vez. Es como tomar una foto o una radiografía para luego describirlas en la investigación [...]” (Arias Gonzáles, 2021).

4.2. Métodos y técnicas del proyecto.

Para lograr el objetivo planteado se emplearán los métodos y técnicas que están detallados en la siguiente tabla con sus respectivos instrumentos:

Tabla 16

Métodos, técnicas e instrumentos del proyecto

Método	Técnicas	Instrumentos
Encuesta	Entrevista	Cuestionario (ficha de INDECI)
Estudio de mecánica de suelos	Exploración a cielo abierto	Resultado de las muestras de laboratorio
Observación	Muestreo	Tipo de edificación, material de construcción, antigüedad de la edificación, entre otros. Geodésica
Estudio topográfico	Levantamientos altimétricos y planimétricos	Software Google Earth Pro Software Civil 3d
Ensayo de esclerometría	Exploración	Esclerómetro
Análisis sísmico estático y dinámico	Modelamiento	Software Exel

Fuente. Elaboración propia.

4.3. Diseño estadístico

Tipo de muestreo

El tipo de muestro aplicado en la presente investigación es **no probabilístico intencional**, se ha aplicado este tipo de muestro debido a que no todas las manzanas de la ciudad de Nueva Cajamarca cuentan con viviendas multifamiliares por lo que ha impedido efectuar un muestreo probabilístico, asimismo no todos los propietarios de las viviendas multifamiliares han estado prestos a proporcionar información, en consecuencia se ha aplicado criterios personales en la asignación de viviendas muestra de estudio, es decir de manera intencional.

Muestro no Probabilístico. “Este tipo de muestreo se utiliza cuando se desea elegir a una población teniendo en cuenta sus características en común o por un juicio tendencioso por parte del investigador. En este caso no se utiliza algún método de muestreo estadístico, y no todos los miembros de la población tienen la misma oportunidad de ser seleccionados [...]” (Arias Gonzáles, 2021).

Muestro no probabilístico de tipo intencional. Se caracteriza por seguir los criterios personales del investigador [...]” (Arias Gonzáles, 2021).

Población

La población en la presente investigación es de 1 076 viviendas multifamiliares en la que se involucra a todo el distrito de Nueva Cajamarca.

Para definir el tamaño de la muestra de estudio de la presente investigación se ha recurrido al sitio web del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) donde se puede encontrar que en el distrito de Nueva Cajamarca según el censo del año 2017 efectuada por la mencionada institución existen 1 076 viviendas multifamiliares.

En la tabla 17 se muestra los tipos de vivienda de la ciudad de Nueva Cajamarca, de los cuales corresponden a viviendas multifamiliares: departamento en edificio (61 ud.), vivienda en quinta (814 ud.), vivienda en casa de vecindad (171 ud.), viviendas colectivas (27 ud.). Sumadas los tipos de vivienda en mención, equivale a 1 076 viviendas multifamiliares.

Tabla 17*Tipo de vivienda San Martín, Rioja, distrito: Nueva Cajamarca*

V: Tipo de vivienda	Casos	%	Acumulado %
Casa Independiente	11 515	90,86 %	90,86 %
Departamento en edificio	61	0,48 %	91,34 %
Vivienda en quinta	814	6,42 %	97,77 %
Vivienda en casa de vecindad (Callejón, solar o corralón)	171	1,35 %	99,12 %
Vivienda improvisada	75	0,59 %	99,71 %
Local no destinado para habitación humana	10	0,08 %	99,79 %
Viviendas colectivas	27	0,21 %	100,00 %
Total	12 673	100,00 %	100,00 %

*Fuente: INEI. Tipo de vivienda (2017).***Muestra**

Se ha determinado como muestra de estudio 69 viviendas multifamiliares, ya que se tiene como tipo de muestreo “no probabilístico” por conveniencia de la investigación, por decisión propia dado que existen factores de ubicación geográfica de las viviendas que impiden efectuar un muestro aleatorio.

Con la finalidad que las viviendas que forman parte de la muestra de estudio representen a toda el área de la ciudad de Nueva Cajamarca, se ha subdividido al área de la ciudad en mención en 4 sectores, y la selección de viviendas que se ha efectuado *in situ* en cada sector, se ha hecho de manera dispersa tal como se muestra en los planos anexados a la presente tesis. Las viviendas multifamiliares que conforman cada sector indica en la siguiente tabla:

Tabla 18*Componentes de la fórmula de cálculo de la muestra de estudio*

Sector	Descripción	Cantidad de viviendas
Zona 1	Formada por las viviendas del N° 01 al N° 17	17
Zona 2	Formada por las viviendas del N° 18 al N° 35	18
Zona 3	Formada por las viviendas del N° 36 al N° 52	17
Zona 4	Formada por las viviendas del N° 53 al N° 69	17

Fuente. Elaboración propia.

La división del área de la ciudad en mención en las zonas indicadas, se ha realizado antes de efectuar el muestreo en campo con ayuda del software Google Earth, dicha división se muestra en la figura siguiente:



Figura 1. División del área de la ciudad de Nueva Cajamarca.
Fuente: Google Earth Pro (2021).

En la tabla 19 se muestra la ubicación de las viviendas multifamiliares muestra de estudio seleccionadas *in situ*, dicha ubicación se puede observar también en los planos anexados a la presente investigación.

Tabla 19

Ubicación de las viviendas multifamiliares muestra de estudio

Vivienda multifamiliar	Ubicación según coordenadas UTM (Este, Norte)		Ubicación según jirón, avenida o pasaje	Barrio o sector
V-1	245385	9341044	AV. CAJAMARCA SUR N° 2002	-
V-2	245138	9341529	AV. CAJAMARCA SUR MZ 01A LOTE 01	-
V-3	244809	9342104	JR. NICARAGUA MZ 10 LOTE 07	BARRIO SATÉLITE
V-4	244710	9341980	JR. CUBA MZ 07 LOTE 02	BARRIO SATÉLITE
V-5	244586	9342215	JR. COMERCIO MZ 08 LOTE 01B1	BARRIO SATÉLITE
V-6	244674	9342371	JR. IQUITOS MZ 19 LOTE 10	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-7	244344	9342211	JR. LAS DELICIAS MZ 08 LOTE 19	BARRIO ALTO I ETAPA
V-8	244470	9342426	JR. TACNA MZ 28 LOTE 08	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-9	244399	9342287	JR. JAÉN MZ 01 LOTE 1A	BARRIOS ALTOS
V-10	244306	9342301	JR. LAS DELICIAS C-02 MZ 02 LOTE 14	BARRIOS ALTOS
V-11	244228	9342202	JR. IQUITOS C-02 MZ 03 LOTE 1-H	BARRIOS ALTOS
V-12	244532	9342557	JR. BOLOGNESI MZ 21 LOTE 07	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-13	244493	9342621	JR. BOLOGNESI C-03 MZ 22 LOTE 02 Y 03	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-14	243999	9342435	AV. RIOJA MZ 16 LOTE 04	BARRIOS ALTOS IV ETAPA
V-15	244246	9342637	JR. JAÉN C-02 MZ 38 LOTE 02	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA

V-16	244209	9342606	PJE. GALINDONA MZ 45 LOTE 01	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-17	244074	9342551	JR. JOSÉ OLAYA MZ 55 LOTE 03	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-18	245177	9341831	JR. SAN LUIS MZ 37 LOTE 06	LOS TRIUNFADORES
V-19	245495	9342319	JR. RICARDO PALMA MZ 35 LOTE 07	NUEVA CAJAMARCA III ETAPA
V-20	245229	9342203	JR. MICAELA BASTIDAS MZ 17 LOTE 10	LOS INCAS
V-21	244913	9342255	JR. SAN PABLO C-06 MZ 01 LOTE 08	LOS INCAS
V-22	245405	9342630	AV. UCRANEA MZ C LOTE 02	DON VASQUEZ
V-23	244936	9342357	JR. SAN LUIS C-08 MZ 02 LOTE 02	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-24	245125	9342601	JR. GARCILAZO DE LA VEGA MZ 14 LOTE 07	NUEVA CAJAMARCA II ETAPA
V-25	244985	9342515	JR. SANTA ROZA MZ 08 LOTE 1 REST.	NUEVA CAJAMARCA II ETAPA
V-26	245070	9342681	PJE. SAN PEDRO MZ 13 LOTE 14A	NUEVA CAJAMARCA II ETAPA
V-27	244793	9342504	JR. IQUITOS C- 06 MZ 13 LOTE 20	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-28	244990	9342807	JR. LIBERTAD MZ 12 LOTE 3RES	NUEVA CAJAMARCA II ETAPA
V-29	244879	9342728	JR. SANTA ROSA MZ 06 LOTE 03	NUEVA CAJAMARCA II ETAPA
V-30	244781	9342652	JR. SAN LUIS MZ 06 LOTE 4A	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-31	244666	9342625	AV. CAJAMARCA MZ 31 LOTE 05	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-32	244942	9342865	AV. UCRANEA, FRENTE A MERCADO JOSÉ OLAYA	NUEVA CAJAMARCA II ETAPA
V-33	244942	9342995	PJE. LOS PINOS MZ 26 LOTE 5A	NUEVA CAJAMARCA II ETAPA
V-34	244822	9342948	AV. UCRANEA C-01 MZ 03 LOTE 5B	NUEVA CAJAMARCA II ETAPA
V-35	244623	9342898	JR. PIURA MZ 16 LOTE 13	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-36	244286	9342819	JR. GRAU MZ 39 LOTE 20	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-37	243928	9342897	PJE. SAN JOSÉ MZ 58 LOTE 12C	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-38	243678	9342836	JR. IMPERIO	-
V-39	244373	9342962	JR. HUALLAGA MZ 24 LOTE 22	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-40	244157	9342903	JR. LIMA N° 278 MZ 41	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-41	244234	9343066	JR. 28 DE JULIO N° 160 MZ 33 LOTE 16	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-42	243677	9343177	JR. VILLA HERMOSA N° 669 MZ 27	LOS OLIVOS
V-43	244280	9343248	AV. CAJAMARCA NORTE N° 153 MZ 02 LOTE 15	LOS OLIVOS
V-44	244083	9343369	AV. LA FLORIDA MZ 12 LOTE 12	LOS OLIVOS
V-45	243704	9343288	AV. LA FLORIDA MZ 01 LOTE 03	LOS ÁNGELES
V-46	244078	9343637	AVENIDA CAJAMARCA NORTE N° 12	LOS OLIVOS IV ETAPA
V-47	243967	9343729	JR. SAN FERNANDO MZ 42 LOTE 04	LOS OLIVOS IV ETAPA
V-48	243735	9343612	JR. LOS ANDES MZ 05A LOTE 06	LOS ÁNGELES
V-49	243845	9343910	JR. AREQUIPA MZ 50 +LOTE 06 Y 07	LOS OLIVOS IV ETAPA
V-50	243780	9344237	AVENIDA CAJAMARCA NORTE km 470	-
V-51	243456	9344093	JR. ESPAÑA C - 04 MZ 04 LOTE 05	-
V-52	243664	9344443	JR. MOQUEGUA OESTE MZ B LOTE 04	LA AMISTAD
V-53	244583	9343031	JR. SAN LUIS MZ 09 LOTE 11A	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-54	244458	9343035	AV. CAJAMARCA SUR N° 173 MZ 18 LOTE 03 Y 04	NUEVA CAJAMARCA I ETAPA
V-55	244753	9343502	JR. JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI MZ 09 LOTE 02	-
V-56	244550	9343438	JR. JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI MZ 04 LOTE 07B"	MONTERREY II
V-57	244375	9343387	JR. JOSÉ OLAYA MZ 06 LOTE 11	MONTERREY I
V-58	244045	9343858	AV. CAJAMARCA MZ 01 LOTE 22	LA MOLINA I ETAPA
V-59	244110	9344007	JR. AREQUIPA MZ 03 LOTE 49	LA MOLINA I ETAPA
V-60	244110	9344161	JR. AMAUTA MZ 14 LOTE 14	LA MOLINA I ETAPA
V-61	244006	9344106	JR. JOSÉ OLYA MZ 12 LOTE 12	LA MOLINA I ETAPA
V-62	243948	9344173	JR. ICA MZ 12 LOTE 30	LA MOLINA I ETAPA
V-63	243895	9344180	JR. ICA MZ 19 LOTE 13	LA MOLINA I ETAPA
V-64	243955	9344326	JR. FRANCISCO PIZARRO C-02 MZ 22 LOTE 28A	LA MOLINA I ETAPA
V-65	243893	9344389	JR. APURIMAC C-07 MZ 22 LOTE 28A	LA MOLINA I ETAPA
V-66	243745	9344449	JR. MOQUEGUA MZ 29 LOTE 28,29 Y 30	LA MOLINA I ETAPA

V-67	243714	9344500	AV. CAJAMARCA NORTE	-
V-68	243749	9344698	AV. LINO MEGO MZ 32 LOTE 04	NUEVA YORK
V-69	243599	9344711	AV. CAJAMARCA NORTE	-

Fuente. Elaboración propia.

Prueba chi-cuadrado de independencia aplicada a tablas 2xn

La prueba chi-cuadrado (X^2) de Pearson es una de las técnicas estadísticas más usadas en la evaluación de datos de conteo o frecuencias, principalmente en los análisis de tablas de contingencia ($r \times c$) donde se resumen datos categóricos (Mendivelso & Rogríguez, 2018). En la presente investigación la prueba indicada nos permitirá determinar si existe dependencia o asociación entre las variables dependiente e independiente, es decir si el nivel de vulnerabilidad sísmica depende de las características de las viviendas, en este caso de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca. El análisis del chi cuadrado estará en función a las dimensiones de la tabla de operacionalización de variables (tabla 15).

Supuestos

Se considera que los datos provienen de una muestra aleatoria extraída de la población de interés. La muestra debe ser lo suficientemente grande (Mendivelso & Rogríguez, 2018), en este caso, proviene de una muestra aleatoria, toda vez que se tiene una cantidad conocida de viviendas existentes en la ciudad de Nueva Cajamarca bajo el cual se calculará la muestra de estudio, se ha subdividido en cuatro zonas el área de la ciudad, cada zona con su respectiva cantidad de viviendas multifamiliares y el muestreo en campo se ha efectuado de manera esparcida respetando los parámetros de un muestreo aleatorio.

Hipótesis

Ho: **No** hay asociación entre las variables A|B, entonces las variables son independientes.

H1: **Si** hay asociación entre las variables A|B, entonces las variables no son independientes (Mendivelso & Rogríguez, 2018).

Prueba estadística

Se tiene la siguiente fórmula.

$$X^2 = \sum_{t=1}^K \left[\frac{(O_t - E_t)^2}{E_t} \right]$$

4.4. Técnicas y herramientas estadísticas

Para la recolección de información se utilizaron técnicas estadísticas como la observación, entrevista, muestreo y análisis documental, que son los necesarios para los propósitos de la presente investigación.

Observación

Consistió en identificar a las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca, su ubicación y topografía.

Entrevista

La entrevista consistió en preguntas, los cuales se efectuaron a los usuarios de las viviendas multifamiliares muestra de estudio de la ciudad de Nueva Cajamarca y en función a los indicadores que se encuentran establecidos en la ficha de verificación del INDECI.

Muestreo

El muestreo sirvió para registrar ciertas características de las viviendas tal como lo requiere la ficha de verificación.

Análisis documental

Esta técnica sirvió para analizar las muestras recopiladas de campo registradas en la ficha de verificación, asimismo la información topográfica y el estudio de mecánica de suelos.


Los resultados de la investigación se expresaron a través de herramientas estadísticas como tablas y gráficos elaborados en el software Microsoft Excel que permitirá analizarlos e interpretarlos, en función a ello poder concluir y recomendar.

CAPÍTULO 5. DESARROLLO EXPERIMENTAL

5.1. Proyecto piloto, pruebas, ensayos, prototipos, modelamiento

Pruebas de campo

Muestreo



Ficha Nº 000001

Pág. 2 de 3

D.- CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA							
1. MATERIAL PREDOMINANTE DE LA EDIFICACION							
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Adobe ()	4	6 Adobe reforzado ()	3	8 Albanilería confinada ()	2	9 Concreto Armado ()	1
2 Quincha ()		7 Albanilería ()		10 Acero ()			
3 Mampostería ()							
4 Madera ()							
5 Otros ()							
2. LA EDIFICACION CONTO CON LA PARTICIPACION DE INGENIERO CIVIL EN EL DISEÑO Y/O CONSTRUCCION							
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 No ()	4	2 Solo Construcción ()	3	3 Solo diseño ()	3	4 Si, totalmente ()	1
3. ANTIGUEDAD DE LA EDIFICACION							
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Mas de 50 años ()	4	2 De 20 a 49 años ()	3	3 De 3 a 19 años ()	2	4 De 0 a 2 años ()	1
4. TIPO DE SUELO							
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Rellenos ()	4	4 Deposito de suelos finos ()	3	6 Granular fino y arenoso ()	2	7 Suelos rocosos ()	1
2 Depósitos marinos ()		5 Arena de gran espesor ()					
3 Pantanosos, turba ()							
5. TOPOGRAFIA DEL TERRENO DE LA VIVIENDA							
Muy Pronunciada	Valor	Pronunciada	Valor	Moderada	Valor	Plana o Ligera	Valor
1 Mayor a 45% ()	4	2 Entre 45% a 20% ()	3	3 Entre 20% a 10% ()	2	4 Hasta 10% ()	1
6. TOPOGRAFIA DEL TERRENO COLINDANTE A LA VIVIENDA Y/O EN AREA DE INFLUENCIA							
Muy Pronunciada	Valor	Pronunciada	Valor	Moderada	Valor	Plana o Ligera	Valor
1 Mayor a 45% ()	4	2 Entre 45% a 20% ()	3	3 Entre 20% a 10% ()	2	4 Hasta 10% ()	1
7. CONFIGURACION GEOMETRICA EN PLANTA				8. CONFIGURACION GEOMETRICA EN ELEVACION			
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Irregular ()	4	2 Regular ()	1	1 Irregular ()	4	2 Regular ()	1
9. JUNTAS DE DILATACION SISMICA SON ACORDES A LA ESTRUCTURA				10. EXISTE CONCENTRACION DE MASAS EN NIVELES			
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 No / No Existen ()	4	2 Si ()	1	1 Superiores ()	4	2 Inferiores ()	1
11. EN LOS PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES SE OBSERVA							
11.1 No existen/son Precarios	Valor	11.2 Detenido y/o humedad	Valor	11.3 Regular estado	Valor	11.4 Buen estado	Valor
1 Cimiento ()	4	1 Cimiento ()	3	1 Cimiento ()	2	1 Cimiento ()	1
2 Columnas ()		2 Columnas ()		2 Columnas ()		2 Columnas ()	
3 Muros portantes ()		3 Muros portantes ()	3 Muros portantes ()	3 Muros portantes ()			
4 Vigas ()		4 Vigas ()	4 Vigas ()	4 Vigas ()			
5 Techos ()		5 Techos ()	5 Techos ()	5 Techos ()			
12. OTROS FACTORES QUE INCIDEN EN LA VULNERABILIDAD POR							
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Humedad ()	4	4 Debilitamiento por modificaciones ()	4	5 Densidad de muros inadecuada ()	4	8 No aplica: ()	0
2 Cangas laterales del entorno ()		5 Debilitamiento por sobrecarga ()		7 Otros:..... ()			
3 Colapso elementos del entorno ()							

Figura 2. Ficha de registro de muestreo en campo.

Fuente: INDECI (2010).

En el desarrollo del muestreo, se ha seleccionado en campo las viviendas multifamiliares muestra de estudio de manera dispersa, en función a la cantidad de viviendas en cada sector (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4).

Las viviendas muestra de estudio visitadas suman 69. En dicho muestreo se ha podido registrar características de las viviendas tales como el material predominante con las que fueron construidas, su configuración geométrica tanto en planta como elevación, si dichas viviendas cuentan con juntas de dilatación sísmica de acorde a la estructura, en qué niveles existe concentración de masas, estado de los elementos estructurales y otros factores que inciden en la vulnerabilidad. En la siguiente figura 2 se muestra sombreado las características registradas en la ficha de verificación durante el muestro.

Descripción de los principales materiales de las viviendas multifamiliares de Nueva Cajamarca

Materiales en viviendas de albañilería confinada

El 95,65 % de viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca corresponde a albañilería confinada (66 viviendas muestran de estudio), de las cuales sus principales materiales se detallan a continuación.

La preparación del concreto en la ciudad de Nueva Cajamarca se efectúa empleando como agregados en su mayoría hormigón, cemento y agua no potable; en poco porcentaje se utiliza arena gruesa y piedra chancada. Esto debido al alto costo que estiman los constructores genera utilizar piedra chancada.

En la figura 3 se observa una muestra del material que están utilizando para el concreto a vaciar en zapatas y columnas de una vivienda, el cual corresponde al hormigón, cemento y agua. La arena fina que se observa se utilizará en el mortero para tarrajeo y asentado de ladrillo, el cual es una arena de cerro que a simple vista presenta un considerable porcentaje de finos; la piedra grande de río lo incorporan a la mezcla en la zapata lo cual no es una buena práctica ya que vulnerara la resistencia de dicho elemento estructural.



Figura 3. *Hormigón, arena fina y piedra grande usado en construcción de vivienda.*

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4 se observa que parte de la zapata está siendo llenada con piedra grande, toda la piedra que se observa es utilizada para llenar zapatas con concreto elaborado a base de hormigón, cemento y agua no potable.



Figura 4. *Vaciado de zapatas en las viviendas de la ciudad de Nueva Cajamarca.*

Fuente: Elaboración propia.

Se describe a continuación los materiales utilizados para el concreto.

a. Hormigón

El hormigón utilizado para la construcción de las viviendas de Nueva Cajamarca es traído principalmente de las canteras del río Yuracyacu, Naranjillo y San Francisco que se encuentran cercanos a la ciudad de Nueva Cajamarca.

Guerrero Vargas (2020) en su tesis “Estudio de las propiedades de los agregados de las Canteras: Río Yuracyacu, Naranjillo y San Francisco, y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles en el Distrito de Nueva Cajamarca”, en sus conclusiones muestra que los agregados que alcanza mayor resistencia es de la cantera del río Naranjillo, seguida por la del río San Francisco y por último la del río Yuracyacu. En la tesis se ha efectuado un diseño de concreto $f'c$ 210 kg/cm² en el que de la cantera del río Naranjillo arrojó por encima del valor del diseño, la de Yuracyacu por debajo y la de San Francisco por debajo de la Yuracyacu.



Figura 5. *Hormigón usado en la construcción de viviendas.*
Fuente: Elaboración propia.

b. Cemento

El cemento utilizado generalmente es tipo I, traídos en su mayoría de la planta de cemento Selva de la ciudad de Segunda Jerusalén que está a un promedio de 8.0 km de la ciudad de Nueva Cajamarca.



Figura 6. *Ubicación satelital de la Planta de Cemento Selva.*
Fuente: Elaboración propia.

c. Agua

El agua utilizada no es potable, es evacuada del río Yuracyacu que en tiempos de lluvia fluye con considerable cantidad de finos que al utilizarlo en la elaboración de concreto vulnera su resistencia. Un tramo del río Yuracyacu cruza por la ciudad de Nueva Cajamarca y las viviendas construidas cercanas a dicho río están expuestas a inundaciones.

Nota. El f^c promedio del concreto según el ensayo de esclerometría efectuado a columnas y vigas de las viviendas muestras de estudio V-2, V-13, V-34 es **238 kg/cm²**, valor de resistencia promedio que podría servir como referencia del f^c que tiene los elementos estructurales de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca.

Acero

En la ciudad de Nueva Cajamarca se utiliza mayormente acero corrugado grado 60, con un límite mínimo de fluencia de 4200 kg/cm² ya sea de la marca Aceros Arequipa o Aceros Siderperú. Se observa a continuación una fotografía como muestra de la observación realizada.



Figura 7. *Uso de Aceros Sider Perú en la construcción de vivienda multifamiliar.*
Fuente: Elaboración propia.

Ladrillos

Ladrillo en muros

En la siguiente figura se muestra el uso de ladrillo pandereta en la construcción con un sistema de albañilería confinada de una vivienda para uso multifamiliar en la ciudad de Nueva Cajamarca. Según el estudio realizado el 95.65 % de las viviendas Multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca son de albañilería confinada.



Figura 8. *Uso de ladrillo pandereta en muros portantes y no portantes de viviendas.*
Fuente: Elaboración propia.

El asentado de ladrillos generalmente es de tipo soga, con **mortero** elaborado a base de arena fina de cerro y cemento, el ladrillo tiene un ancho promedio de 13 cm los cuales son

traídos de industrias de ladrillo ubicados en el trayecto entre la ciudad de Rioja y Nueva Cajamarca. Por ejemplo, en la siguiente imagen podemos ver que el ladrillo pandereta utilizado en la vivienda de la figura 8 es de la fabricadora Ladrillera San Martín - Rioja.



Figura 9. Ladrillo pandereta elaborado en Ladrillera San Martín.
Fuente: Elaboración propia.

Ladrillo en techo

Los techos de las viviendas multifamiliares de albañilería confinada generalmente son de losa aligerado, en el cual se utiliza ladrillo de techo. En la siguiente figura se puede ver el tipo de ladrillo que se usa en el aligerado el cual tiene dimensiones promedio de 24 cm x 24 cm x 12 cm.



Figura 10. Ladrillo de techo usado en los aligerados de las viviendas de albañilería confinada.
Fuente: Elaboración propia.

También se tiene viviendas de albañilería con techo último de calamina, lo hacen generalmente con la finalidad de cubrir la azotea de las lluvias o el sol. En la siguiente imagen se observa una vivienda multifamiliar con techo de calamina.



Figura 11. *Vivienda de albañilería confinada con techo final de calamina.*
Fuente: Elaboración propia.

Materiales en viviendas de albañilería

El 2,90 % de viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca corresponde a albañilería (2 viviendas muestran de estudio).

En cuanto al concreto simple o armado, ladrillo para muro, ladrillo para techo, acero y mortero se utiliza el mismo material que para las viviendas de albañilería confinada. La madera es utilizada de origen de lugares aledaños a la ciudad de Nueva Cajamarca.



Figura 12. *Vivienda de albañilería muestra de estudio.*
Fuente: Elaboración propia.

Materiales en viviendas de madera

También se tiene viviendas multifamiliares construidas de material de madera de la zona, y techo de calamina. El cual corresponde al 1,45 % (01 vivienda muestra de estudio). Se muestra a continuación una imagen de una vivienda multifamiliar de madera correspondiente a la vivienda N° 12 muestra de estudio.



Figura 13. *Vivienda de madera.*
Fuente: Elaboración propia.

Problemas en el proceso constructivo que vulneran a las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca.

Columnas y muros no confinados en el último piso. En la siguiente imagen se observa una vivienda multifamiliar en la que sus columnas del último piso no han sido confinadas.



Figura 14. *Vivienda multifamiliar sin confinamiento de sus columnas en el último piso.*
Fuente: Elaboración propia.

Columnas que no tienen su base en zapata sino en el extremo de viga de voladizo. En la siguiente figura se observa que la columna de la vivienda multifamiliar no tiene su base en zapata sino en la viga de voladizo.



Figura 15. Vivienda con columna que tiene su base en voladizo.

Fuente: Elaboración propia.

Compra de materiales de construcción con presencia de finos. En la siguiente figura se observa una instalación de venta de agregados ubicada al costado de la carrera Fernando Belaunde Terry entre Nueva Cajamarca y Segunda Jerusalén, instalación del cual se compra material para construir las viviendas multifamiliares de Nueva Cajamarca, el cual presenta porcentaje de finos.



Figura 16. Material de construcción con porcentaje de finos.

Fuente: Elaboración propia.

El 100 % de viviendas multifamiliares no cuenta con juntas de dilatación, asimismo el concreto es elaborado en su mayoría a base de hormigón, cemento y agua, del cual su resistencia es menor al concreto elaborado a base de arena gruesa, piedra chancada, cemento y agua.

Viviendas afectadas en Nueva Cajamarca por sismo de 7,5 en la escala de Richter suscitado en noviembre del año 2021 con epicentro en Santa María de Nieva

En la siguiente imagen se observa una vivienda correspondiente a la I.E. N° 00614 – Nueva Cajamarca, de la cual su columna ha sido fisurada por el sismo indicado.



Figura 17. Elemento estructural (columna) agrietado de I.E. Manuel Gonzales Prada
Fuente: Elaboración propia.



Figura 18. Muros de vivienda multifamiliares afectados por sismo.
Fuente: Elaboración propia.

Nota. Las viviendas multifamiliares afectadas por sismo evidencian que existe vulnerabilidad sísmica en dichas viviendas, que según el estudio realizado el 30,43 % tienen un nivel de vulnerabilidad muy alto, el 62,32 % un nivel alto, el 7,27 % un nivel moderado.

Entrevista

Durante la recopilación de información se ha efectuado la entrevista a un propietario o conocedor de cada vivienda multifamiliar muestra de estudio, gracias al que se ha podido registrar características de las viviendas, como por ejemplo si la edificación contó con la participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción y la antigüedad de la vivienda, dicha información se ha registrado en la ficha de verificación elaborada por el INDECI.

En la figura 20 se muestra el momento en que el propietario de la vivienda 10 (V-10), después de haber proporcionado en la respectiva entrevista la información requerida está firmando la ficha de verificación como constancia de la veracidad de dicha información proporcionada. Asimismo, en la parte inferior derecha de la figura se observa un GPS WGS84 que se ha utilizado para identificar la posición de cada vivienda en el sistema de coordenadas UTM.



Figura 19. Entrevistado firmando la ficha de verificación.
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se observa el momento en el que el entrevistado de la vivienda multifamiliar 21 está proporcionando la información requerida en la ficha de verificación.



Figura 20. *Entrevistado proporcionando información.*

Fuente: Elaboración propia.

Estudio de mecánica de suelos en campo

Para determinar el tipo de suelo en la que han sido construidas las viviendas multifamiliares muestras de estudio, se ha adquirido el estudio de mecánica de suelos realizado para el proyecto: Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado con conexiones domiciliarias en la ciudad de Nueva Cajamarca, provincia Rioja, región San Martín; se ha visto que en dicho estudio han efectuado calicatas a lo largo del área de captación, desarenador, sedimentador, reservorio, PTAR, línea de conducción, línea de aducción y red de agua y desagüe; las profundidades de dichas calicatas oscilan los 2 m como también existen calicatas con profundidades de hasta 4 m. En la siguiente figura se muestra imágenes que muestran ciertas calicatas que comprenden a la red de agua y desagüe y que lo podemos encontrar en la página 561 de dicho estudio que se adjunta a la presente tesis.



Ubicacion de la calicata C-115



Estratigrafia de la calicata C-115



Ubicacion de la calicata C-116



Estratigrafia calicata C-116

Figura 21. *Fotografías de calicatas de estudio de mecánica de suelos.*
Fuente: Goservig (2016).

Estudio topográfico

Durante el recorrido en campo se ha observado que el relieve del terreno de la ciudad de Nueva Cajamarca es plano, dicha observación se ha corroborado al momento de elaborar el plano topográfico con la ayuda del software Google Earth Pro, del cual se ha descargado coordenadas UTM con sus respectivas cotas de elevación que ha permitido elaborar el plano mencionado y ver que las pendientes en las que fueron construidas las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca son menores al 10 %. El plano topográfico se adjunta a la presente tesis.

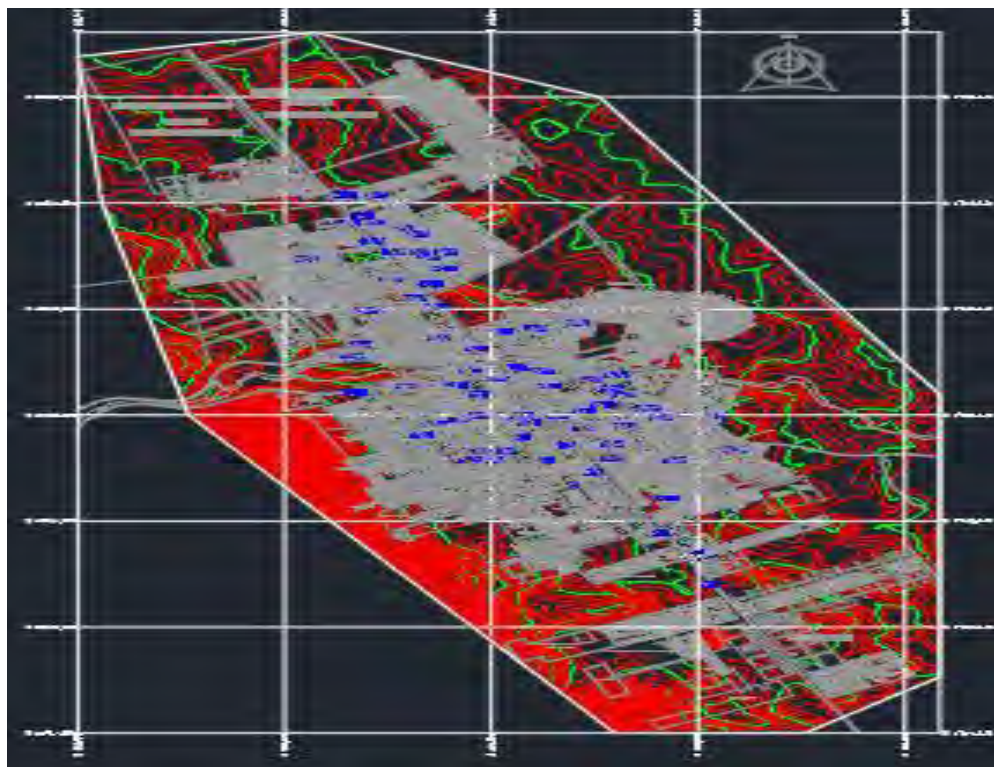


Figura 22. Plano topográfico de la ciudad de Nueva Cajamarca.
Fuente: Elaboración propia.

Ensayos

Estudio de mecánica de suelos en gabinete

Acuerdo N° 63-2020-MDNC/CM - Aprobar, la Contratación Directa para la Adquisición de dos (02) Predios Rurales, para la Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales (PTAR), en la ejecución de la Obra denominada “Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado con Conexiones Domiciliarias en la Ciudad de Nueva Cajamarca, Distrito de Nueva Cajamarca, Rioja, San Martín” – SNIP 32271, el cual asciende a la suma de S/ 90, 000 (MDNC, 2020). Para la determinación del tipo de suelos de las viviendas multifamiliares muestra de estudio se ha recurrido al estudio de mecánica de suelos que se ha efectuado para el proyecto citado en el presente párrafo.

En dicho estudio de mecánica de suelos realizado por la empresa GEOSERVIG E.I.R.L. solicitado por la Municipalidad Distrital de Nueva Cajamarca han desarrollado ensayos de humedad, granulometría, peso específico, bajo las normativas del Instituto Americano de Testigos de Materiales (ASTM) con las cuales se ha determinado el tipo de suelo que corresponde a la ciudad de Nueva Cajamarca.

A continuación, se detallan los ensayos realizados:

Ensayo de análisis granulométrico

Consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos. La clasificación de partícula mayores que 75 μm (retenido en el tamiz N° 200) se efectúa por tamizado, en tanto que la determinación de las partículas menores que 75 μm se realiza mediante un proceso de sedimentación basada en la ley de Stokes utilizando un densímetro adecuado (INDECOPI, 1999, pág. 2).

El análisis granulométrico por tamizado en el estudio de suelos se ha realizado bajo la normativa ASTM D- 422. En la siguiente tabla se observa el formato que se ha utilizado para realizar el ensayo granulométrico del estudio de suelos indicado anteriormente.

Tabla 20

Formato de ensayo de análisis granulométrico

		Peso retenido (g)	Peso ret. Corrg. (g)	Parcial ret. (g)	Acum. Retenido (%)	Acum que pasa (%)
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	75,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2"	50,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	1 1/2"	37,500	0,00	0,00	0,00	100,00
	1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	3/4"	19,000	17,29	17,29	8,22	91,78
	3/8"	9,500	7,42	7,42	11,75	88,25
	N° 004	4,750	4,84	4,84	14,05	85,95
	N°010	2,000	5,74	5,74	16,77	83,23
	N° 020	0,850	12,50	12,50	22,72	77,28
	N° 040	0,425	12,25	12,25	28,54	71,46
	N° 060	0,250	9,68	9,68	33,14	66,86
N° 140	0,150	8,90	8,90	37,37	62,23	
N° 200	0,075	0,40	0,40	37,56	62,44	

Fuente: Goservig. Informe de estudio de mecánica de suelos para proyecto de agua y desague de Nueva Cajamarca. (2016, pág. 99).

Ensayo de contenido de humedad

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Se determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como

el peso del agua (INDECOPI, 1998, pág. 2). El análisis de contenido de humedad en el estudio de suelos se ha realizado bajo la normativa ASTM D – 2216. En la siguiente tabla se observa el formato que se ha utilizado para realizar el ensayo de contenido de humedad del estudio de suelos indicado anteriormente.

Tabla 21

Formato de ensayo de contenido de humedad

Contenido de Humedad (%)	40,99		Grava (%)	12,72
Límite Líquido (LL) (%)	58,45	Material	Arena (%)	32,31
Límite Plástico (LP) (%)	37,47		Finos (%)	54,97
Índice Plástico (IP) (%)	20,98	Descripción		
Clasificación (S.U.C.S.)	MH	Limo de alta plasticidad arenoso		

Fuente: Goservig. Informe de estudio de mecánica de suelos para proyecto de agua y desagüe de Nueva Cajamarca. (2016, pág.100).

Peso específico

Peso específico relativo de las partículas sólidas (G): Es la relación entre el peso en aire del volumen de un material, a una temperatura indicada y el peso en aire de idéntico volumen de agua destilada a la misma temperatura (INDECOPI, 1999, pág. 2).

El ensayo de gravedad específica se hace bajo la normativa ASTM D854. En la siguiente tabla se observa el formato que se ha utilizado para realizar el ensayo de gravedad específica en el estudio de suelos indicado anteriormente.

Tabla 22

Formato de ensayo de gravedad específica

N° del frasco	1	2	3
Peso de tara + Hg (g)	526,3	474,55	
Peso de tara (g)	15,6	48,8	
Peso de Hg (g)	510,7	425,75	
Peso de Hg (restante) + Tara (g)	389,06	327,89	
Densidad del Hg (g/cc)	13,06	13,6	
Peso de la roca (g)	34	28,96	
Volumen (cc)	12,5	10,78	
Densidad (g/cc)	2,72	2,69	
Promedio (g/cc)		2,70	

Fuente: Goservig. Informe de estudio de mecánica de suelos para proyecto de agua y desagüe de Nueva Cajamarca. (2016, pág.255).

Prototipo

Ficha de verificación.

Denominamos ficha de verificación en la presente tesis, a la ficha (ficha N° 000001) creada por el INDECI, ficha con la cual se pudo determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca.

La ficha está formada por 7 indicadores (A, B, C, D, E, F, G), de las cuales los datos que se llenarán en el indicador D (página 2 de la ficha) son los que determinarán los resultados en el indicador E y por ende con dichos datos se determinará el nivel de vulnerabilidad. La ficha indicada se adjunta en el anexo N° 01 de esta tesis

La ficha de verificación cuenta con un manual denominado manual del verificador, el cual forma parte de los apéndices de la presente tesis.

La ficha de verificación y su manual han sido contemplados en la resolución jefatural N° 125-2010-INDECI el 24 de mayo del año 2010, resolución que resuelve aprobar la Directiva N° 006-2010-INDECI/10.2 “Directrices y lineamientos para la implementación de la fase IV del Plan Nacional de prevención por sismos 2010”.

La ficha da como resultado el nivel la vulnerabilidad de las viviendas clasificado en 4 niveles y en la cual cada nivel de vulnerabilidad está conceptualizado tal como se muestra a continuación:

- a. Muy alto (rango del valor mayor a 24). En las condiciones actuales no es posible acceder a una zona de seguridad dentro de la edificación (INDECI, 2010).
- b. Alto (rango del valor entre 18 a 24). En las condiciones actuales no es posible acceder a una zona de seguridad dentro de la edificación, requiere cambios drásticos en la estructura (INDECI, 2010).
- c. Moderado (entre 15 a 17). Requiere reforzamiento en potencial zona de seguridad interna (INDECI, 2010).
- d. Bajo (rango del valor hasta 14). En las condiciones actuales es posible acceder a una zona de seguridad dentro de la edificación (INDECI, 2010).

Aplicación del prototipo (ficha de verificación)

A continuación, se muestra cada uno de los indicadores establecidos en la ficha de verificación con su respectivo procedimiento de aplicación que permitirá determinar el nivel de vulnerabilidad.

a. Material predominante de la edificación.

Para conocer el material predominante de las viviendas multifamiliares muestra de estudio se ha hecho una observación directa a cada una de ellas.

En la observación hecha a las viviendas muestra de estudio se ha visto que el material predominante con las que fueron construidas es la albañilería confinada, como también existen viviendas construidas de albañilería, asimismo de madera.

En la siguiente figura se muestra a la vivienda multifamiliar 40 (V-40), en la cual podemos observar que el material predominante es la albañilería confinada.



Figura 23. Vivienda multifamiliar número 40.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 24 se muestra el frontis de la vivienda multifamiliar 27 (V-27) en la cual podemos ver que está construida de material noble, se observa al propietario de la vivienda firmando la ficha de vulnerabilidad como constancia de la veracidad de su información proporcionada en la respectiva entrevista efectuada, asimismo en la figura 25 se muestra la parte interna de la vivienda en mención en donde podemos ver que la vivienda cuenta también con cuartos de madera en la cual residen diferentes familias, por lo que el material predominante en dicha vivienda multifamiliar es la albañilería, ya que tiene combinación tanto de albañilería confinada y madera.



Figura 24. *Frontis de vivienda multifamiliar número 27.*
Fuente: Elaboración propia.



Figura 25. *Interior de vivienda multifamiliar número 27.*
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 26 podemos ver el frontis de la vivienda 14 (V-14) la cual ha sido construida de material de madera, pero en la que residen varias familias; asimismo se observa a la representante de la vivienda al momento de firmar la ficha de vulnerabilidad como constancia de la veracidad proporcionada a la respectiva entrevista.



Figura 26. Vivienda número 14.
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23 se muestra el tipo de material con las que están construidas las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca, donde los resultados nos indican que el 1,45 % están construidas de madera, el 2,90 % de albañilería y el 95,65 % de albañilería confinada.

Tabla 23

Material predominante de la edificación

Características	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)
1. Adobe	0	4	0,00
2. Quincha	0	4	0,00
3. Mampostería	0	4	0,00
4. Madera	1	4	1,45
5. Otros	0	4	0,00
6. Adobe reforzado	0	3	0,00
7. Albañilería	2	3	2,90
8. Albañilería confinada	66	2	95,65
9. Concreto armado	0	1	0,00
10. Acero	0	1	0,00
Total	69		100

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 23 se representan en la figura siguiente:

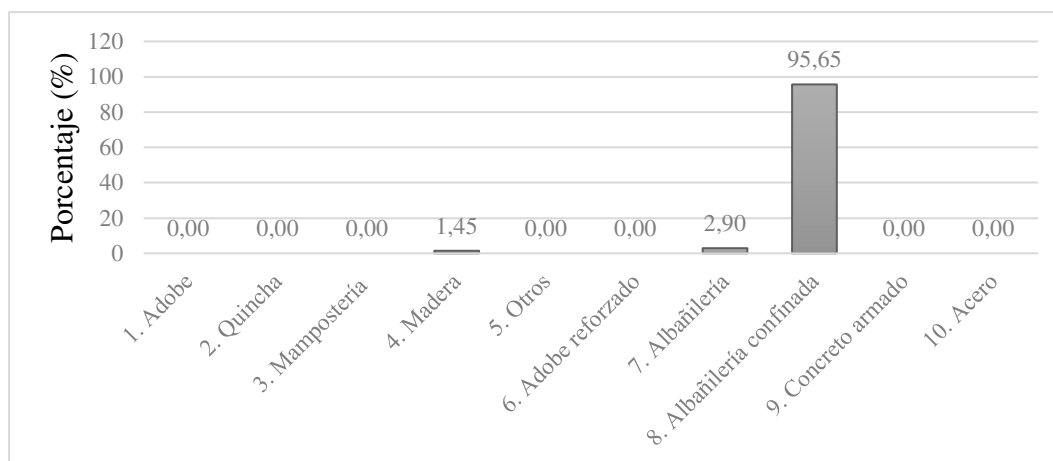


Figura 27. Material predominante de la edificación.
Fuente: Elaboración propia.

b. La edificación contó con la participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción

La presente información se ha obtenido a través de la entrevista al propietario o conocedor de la construcción de la vivienda multifamiliar.

En la figura 28 se muestra al propietario de la vivienda multifamiliar 11 (V-11) firmando la ficha de vulnerabilidad como constancia de la veracidad de su información proporcionada en la respectiva entrevista efectuada. Por ejemplo, el propietario ha indicado que su vivienda contó con la participación de un ingeniero civil sólo en la construcción.



Figura 28. Frontis de la vivienda multifamiliar número 11 (V-11).
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 24 se muestra los resultados respecto a si la edificación contó con la participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción, en donde se observa que el 34,78 % de viviendas no contó con la participación de dicho profesional, el 10,14 % contó sólo en la construcción, el 34,78 % sólo en el diseño y sólo el 20,29 % contó totalmente con la participación del profesional en mención.

Tabla 24

Participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción de la edificación

Características	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)
1. No	24	4	34,78
2. Sólo construcción	7	3	10,14
3. Sólo diseño	24	3	34,78
4. Sí, totalmente	14	1	20,29
Total	69		100

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 24 se muestra en la siguiente figura:

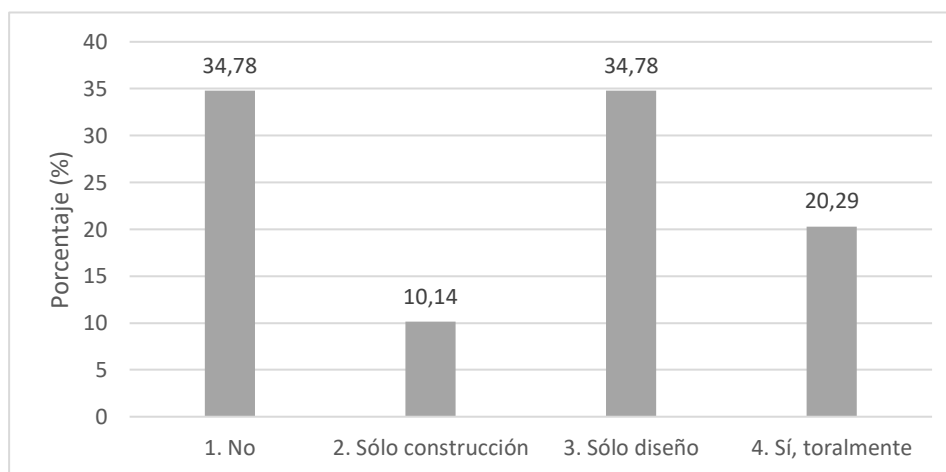


Figura 29. *Participación de un ingeniero civil en la edificación.*

Fuente: Elaboración propia.

c. Antigüedad de la edificación

La información de la antigüedad de la vivienda se ha obtenido a través de la entrevista al propietario o conocedor de la vivienda multifamiliar muestra de estudio.

En la figura 30 se observa el interior de la vivienda multifamiliar 2 (V-2), asimismo se puede ver al propietario de la vivienda firmando la ficha de vulnerabilidad como muestra de su información proporcionada a la respectiva entrevista, en la cual ha indicado que la vivienda multifamiliar en mención tiene entre 3 a 19 años de antigüedad.



Figura 30. Interior de la vivienda multifamiliar número 2 (V-2).
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 25 se muestra la antigüedad de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca, en donde se observa que el 26,09 % tiene entre 20 y 49 años, el 65,22 % entre 3 a 19 años y el 8,70 % entre 0 y 2 años.

Tabla 25
Antigüedad de la edificación

Características	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)
1. Más de 50 años	0	4	0,00
2. De 20 a 49 años	18	3	26,09
3. De 3 a 19 años	45	2	65,22
4. De 0 a 2 años	6	1	8,70
Total	69		100,00

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 25 se muestra en la figura siguiente:

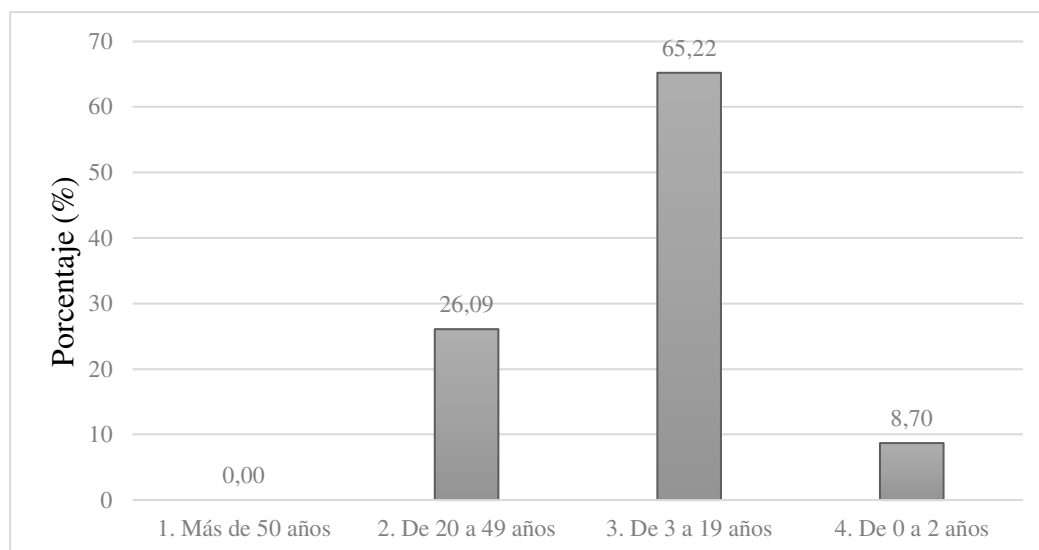


Figura 31. Antigüedad de la edificación.

Fuente: Elaboración propia.

d. Tipo de suelo

El estudio de mecánica de suelos de la ciudad de Nueva Cajamarca se ha obtenido de la Municipalidad Distrital, tal estudio se ha efectuado para el proyecto de saneamiento de agua y desagüe de la ciudad en mención y que a la vez está anexado en la presente investigación.

El tipo de suelo para cada vivienda multifamiliar se ha identificado después de haber consignado *in situ* las viviendas multifamiliares muestra de estudio para la presente tesis. En el proceso *in situ* se han localizado coordenadas en cada vivienda haciendo uso del GPS – WGS84 con la finalidad de identificar el tipo de suelo a partir de la consideración de la calicata más cercana a cada vivienda, toda vez que en el estudio de mecánica de suelos realizados para la ejecución del proyecto de saneamiento de agua y desagüe para Nueva Cajamarca cada calicata tiene sus coordenadas, las cuales nos permiten conocer qué calicata se encuentra más próxima a cada vivienda multifamiliar y por ende identificar el tipo de suelo correspondiente bajo la modalidad redactada en el presente párrafo.

La calicata más próxima a cada vivienda se evidencia en el plano anexado a la presente tesis. En la figura 32 por ejemplo, que es una fracción del plano de identificación del tipo de suelo de las viviendas multifamiliares, se observa que a la vivienda 20 la calicata 41 se encuentra más próxima, a la vivienda 23 la calicata 31 se encuentra más próxima y así sucesivamente.



Figura 32. Representación de las calicatas más próximas a cada vivienda.
 Fuente: Elaboración propia.

Después de haber identificado las calicatas más próximas a cada vivienda y por ende el material predominante en cada calicata, se ha visto a qué tipo de suelo dentro de la clasificación de la ficha de vulnerabilidad se adecúa tal material predominante.

En la tabla 26 se muestra la forma cómo se ha identificado el tipo de suelo para cada vivienda multifamiliar, por ejemplo, a la vivienda 2 (V-2) la calicata de la red de agua y desagüe de la ciudad de Nueva Cajamarca más cercana es el número 16 (C-16 RAD) con clasificación SUCS CL, nombre de material predominante (Terreno arcilloso con ripio), dicho suelo clasificándolo en la ficha de vulnerabilidad se adecúa a un suelo **depósitos de suelos finos**. Por lo que el tipo de suelo en la vivienda 2 (V-2) es depósitos de suelos finos. El mismo criterio se ha utilizado para la identificación del tipo de suelo de todas las viviendas de muestra de estudio en la presente tesis.

Tabla 26*Representación de la identificación del tipo de suelo*

IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES DE ESTUDIO CALICATAS DE LA RED DE AGUA Y DESAGUE (RAD) MÁS CERCANAS A LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES DE ESTUDIO								
VIVIENDA MULTIFAMILIAR								
VIVIENDA	COORDENADAS		CALICATA MAS CERCANA	COORDENADAS		CLASIF. SUCS	NOMBRE DEL MATERIAL PREDOMINANTE	CLASIFICACIÓN EN LA FICHA DE VULNERABILIDAD
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE			
V-1	245385	9341044	C-18 RAD	245280	9341005	GM	Grava limosa, color beige.	Granular fino y arcilloso
V-2	245138	9341529	C-16 RAD	244982	9341600	CL	Terreno arcilloso con ripio.	Depósitos de suelos finos
V-3	244809	9342104	C-15 RAD	244794	9341999	CL	Arcilla poco plástica con arena, consistencia media, húmeda, color beige claro.	Depósitos de suelos finos
V-4	244710	9341980	C-15 RAD	244794	9341999	CL	Arcilla poco plástica con arena, consistencia media, húmeda, color beige claro.	Depósitos de suelos finos
V-5	244586	9342215	C-14 RAD	244649	9342257	SC	Arena arcillosa, compacidad media, húmeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos

Fuente. Elaboración propia.

La información completa de la identificación del tipo de suelo de todas las viviendas multifamiliares en mención se encuentra en el plano de identificación de tipo de suelo de la presente tesis.

En la tabla 27 se muestra el tipo de suelo en las que fueron construidas las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca; en donde se observa que el 71,01 % han sido construidas en depósitos de suelos finos, el 28,99 % en terreno granular fino y arcilloso.

Tabla 27*Tipo de suelo*

Características	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)
1. Rellenos	0	4	0,00
2. Depósitos marinos	0	4	0,00
3. Pantanosos, turba	0	4	0,00
4. Depósitos de suelos finos	49	3	71,01
5. Arena de gran espesor	0	3	0,00
6. Granular fino y arcilloso	20	2	28,99
7. Suelos rocosos	0	1	0,00
Total	69		100,00

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 27 se representa en la siguiente figura:

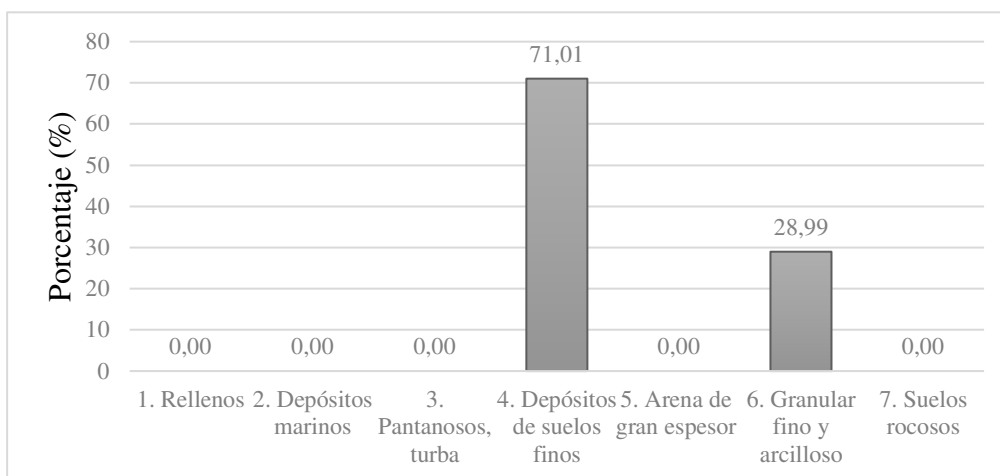


Figura 33. Tipo de suelo.

Fuente: Elaboración propia.

e. Topografía del terreno de la vivienda

Para determinar la topografía de las viviendas multifamiliares se ha utilizado el software Google Earth, en la cual se ha localizado las viviendas muestra de estudio, luego en cada vivienda localizada se ha trazado dos líneas donde cada línea cruza de manera ligera y perpendicular dos lados de la vivienda, y a partir del cual se definirá la pendiente del terreno de la vivienda considerando la pendiente de la línea con inclinación más crítica, es decir la línea que tiene mayor pendiente.

En la siguiente figura se muestra el trazo de las líneas para la vivienda 1.



Figura 34. Vista satelital de la vivienda 01.

Fuente: Elaboración propia.

Después de trazar las líneas se determina la pendiente de cada una de ellas, para lo cual en el programa mencionado tenemos que dirigirnos a la visualización en perfil de cada línea para ver las cotas de cada uno de sus extremos, así mismo dirigimos a propiedades de cada línea para ver la distancia horizontal de extremo a extremo y poder remplazar dichos valores en la fórmula de la pendiente (Pendiente = diferencia de altura/longitud horizontal = $S = \Delta h/L$).

En la siguiente figura se muestra que la cota en el primer extremo de la línea perpendicular al lado más corto de la vivienda es 853 m s. n. m.



Figura 35. Cota en primer extremo de línea trazada V-1.
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se observa que la cota en el segundo extremo de la línea trazada perpendicular al lado más corto de la vivienda es 852 m s. n. m., es decir un metro de desnivel respecto al primer extremo.



Figura 36. Cota en segundo extremo de línea trazada V-1.
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se observa que la longitud horizontal de extremo a extremo de la línea trazada perpendicular al lado más corto de la vivienda es 24,7 m.

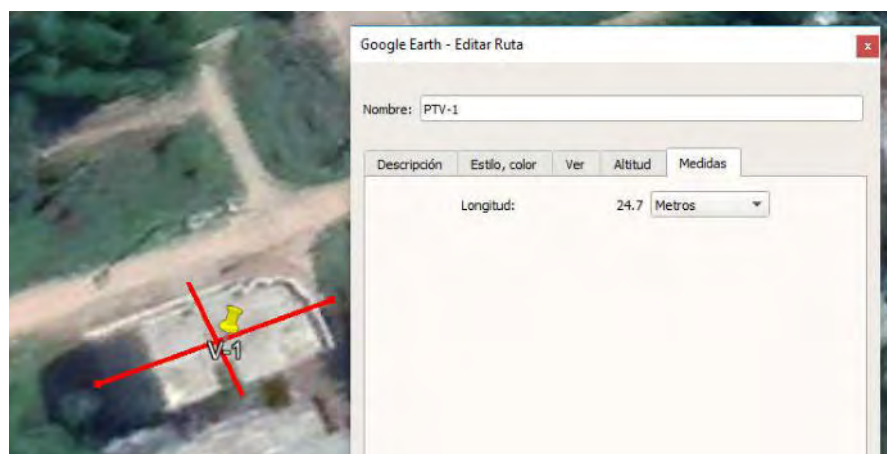


Figura 37. Distancia horizontal de la línea trazada V-1
Fuente: Elaboración propia.

Al remplazar en la fórmula los valores obtenidos de la línea perpendicular al lado más corto de la vivienda se tiene lo siguiente:

$$S = \frac{\Delta h}{L} = \frac{1}{24,7} = 0,0405 = 4,05 \%$$

De lo remplazado para el lado más largo de la vivienda se tiene una pendiente de terreno de 4,0 %.

Se ha efectuado el mismo proceso para la línea perpendicular al lado más largo de la vivienda, la cual tiene en ambos extremos 853 m s. n. m., es decir cero metros de desnivel, asimismo tiene una longitud horizontal entre sus extremos de 15,5 m. con lo cual su pendiente es 0 %, tal como se muestra a continuación:

$$S = \frac{\Delta h}{L} = \frac{0}{15,5} = 0 = 0 \%$$

En conclusión, la pendiente más crítica del terreno de la vivienda es 4,05 %.

NOTA: El criterio detallado anteriormente se ha utilizado para determinar la pendiente del terreno de las 69 viviendas multifamiliares que se tiene como muestra, la base de datos de la determinación de las respectivas pendientes está quedando en el software Google Earth para ser mostrados si fuera necesario al momento de la sustentación de la presente tesis.

En la siguiente tabla se muestra la topografía del terreno de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca, en donde se observa que el 100 % de las viviendas tienen una topografía de hasta el 10 %.

Tabla 28

Topografía del terreno de la vivienda

Características	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)
1. Mayor a 45 %	0	4	0,00
2. Entre 45 % a 20 %	0	3	0,00
3. Entre 20 % a 10 %	0	2	0,00
4. Hasta 10 %	69	1	100,00
Total	69		100,00

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 28 se representa en la siguiente figura:

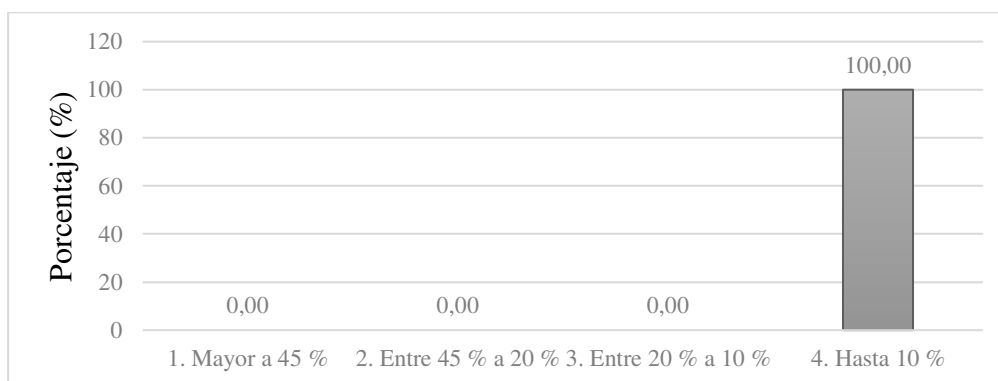


Figura 38. *Topografía del terreno de la vivienda.*

Fuente: Elaboración propia.

f. Topografía del terreno colindante a la vivienda y/o área de influencia

Para determinar la topografía del terreno colindante y/o área de influencia, en el software Google Earth se ha trazado dos líneas que cada una de ellas cruza significativamente dos lados de la vivienda multifamiliar. Luego se ha obtenido la pendiente siguiendo el proceso utilizado para el ítem anterior (topografía del terreno de la vivienda), es decir el proceso con el cual se obtuvo la topografía del terreno de la vivienda.

En la siguiente figura se observa las líneas trazadas en la vivienda multifamiliar 1 (V-1), donde cada línea cruza significativamente dos lados de la vivienda.



Figura 39. Trazo de línea que cruza significativamente la vivienda 1.

Fuente: Elaboración propia.

Después de haber seguido el proceso de cálculo mencionado, se determinó que la pendiente más crítica del terreno colindante a la vivienda multifamiliar 1 es 1,95 %.

En la tabla 29 se muestra la topografía del terreno colindante a la vivienda y/o en área de influencia de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca, en donde se observa que el 100 % de dichas viviendas tienen una topografía de hasta el 10 %.

Tabla 29

Topografía del terreno colindante a la vivienda y/o en área de influencia

Características	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)
1. Mayor a 45 %	0	4	0,00
2. Entre 45 % a 20 %	0	3	0,00
3. Entre 20 % a 10 %	0	2	0,00
4. Hasta 10 %	69	1	100,00
Total	69		100,00

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 29 se representa en la siguiente figura:

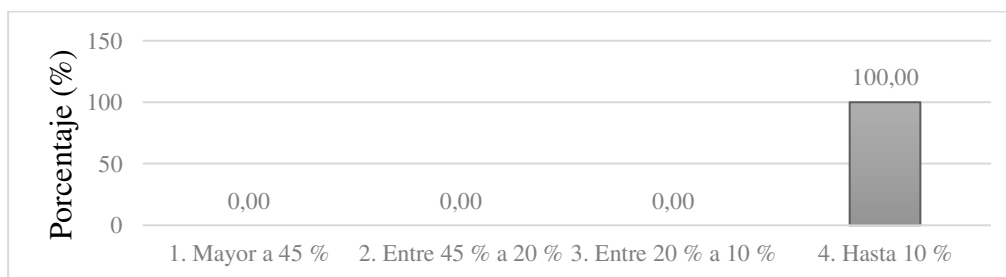


Figura 40. Topografía del terreno colindante a la vivienda y/o en área de influencia.

Fuente: Elaboración propia.

g. Configuración geométrica en planta

La configuración geométrica en planta de cada vivienda se ha determinado con la observación directa a cada una de ellas y en función a los criterios establecidos en la página 16 del manual de la ficha de vulnerabilidad en donde nos indica la forma de la configuración regular e irregular en planta de las viviendas.

En la siguiente figura podemos ver las formas que suele tener la sección de una vivienda considerados en el manual de la ficha de vulnerabilidad que nos permite conocer la configuración regular e irregular en planta de las viviendas.

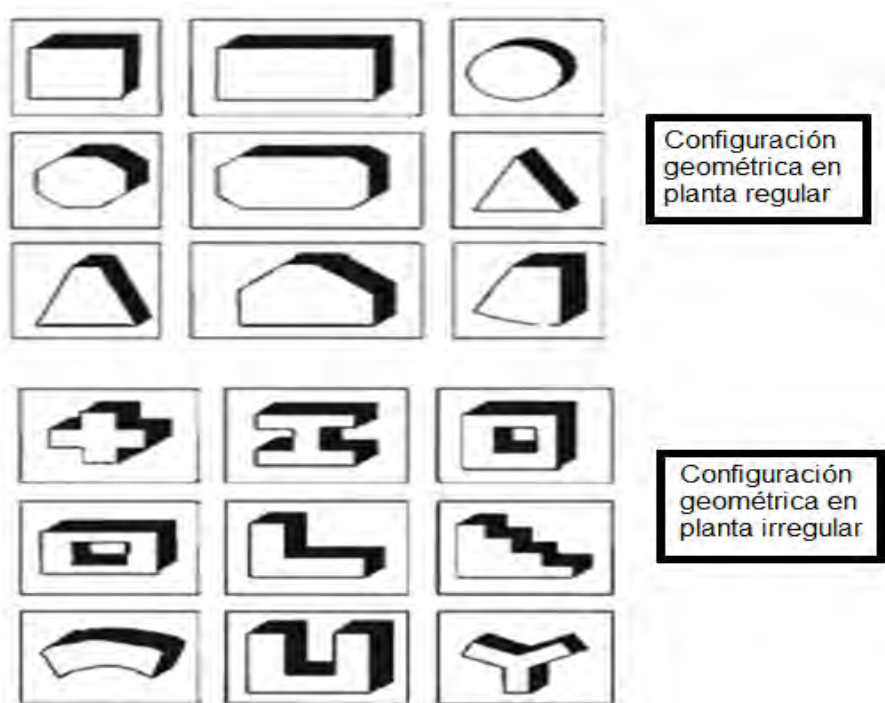


Figura 41. Forma de viviendas con configuración geométrica regular e irregular en planta.
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura podemos ver a la vivienda multifamiliar 9 (V-9), la cual tiene una configuración geométrica regular en planta dado que su perímetro es de forma rectangular.



Figura 42. Vivienda multifamiliar número 9 (V-9).
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 30 se muestra los resultados respecto a la configuración geométrica en planta de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca, en la cual se observa que el 34,78 % tienen una configuración irregular y el 65,22 % tiene una configuración regular.

Tabla 30

Configuración geométrica en planta

Características	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)
1. Irregular	24	4	34,78
2. Regular	45	1	65,22
Total	69		100,00

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 30 se representa en la siguiente figura:

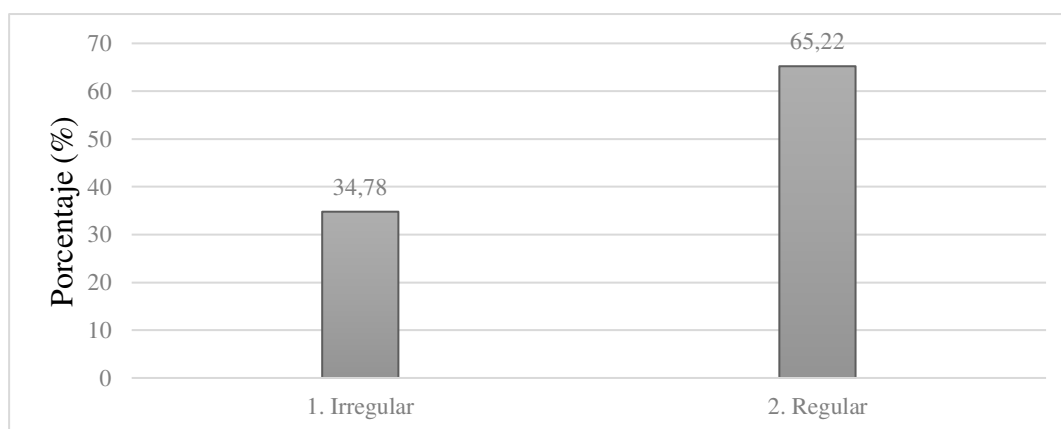


Figura 43. Configuración geométrica en planta.
Fuente: Elaboración propia.

h. Configuración geométrica en elevación

La configuración geométrica en elevación de cada vivienda muestra de estudio se ha determinado con la observación directa a cada una de ellas y en función a los criterios establecidos en la página 17 del Manual de la Ficha de Vulnerabilidad en donde nos indica la forma de la configuración geométrica regular e irregular en elevación de las viviendas.

En la siguiente figura se observa las formas que suele tener la sección de una vivienda considerados en el manual de la ficha de vulnerabilidad que nos permite conocer la configuración regular e irregular en elevación de las viviendas.

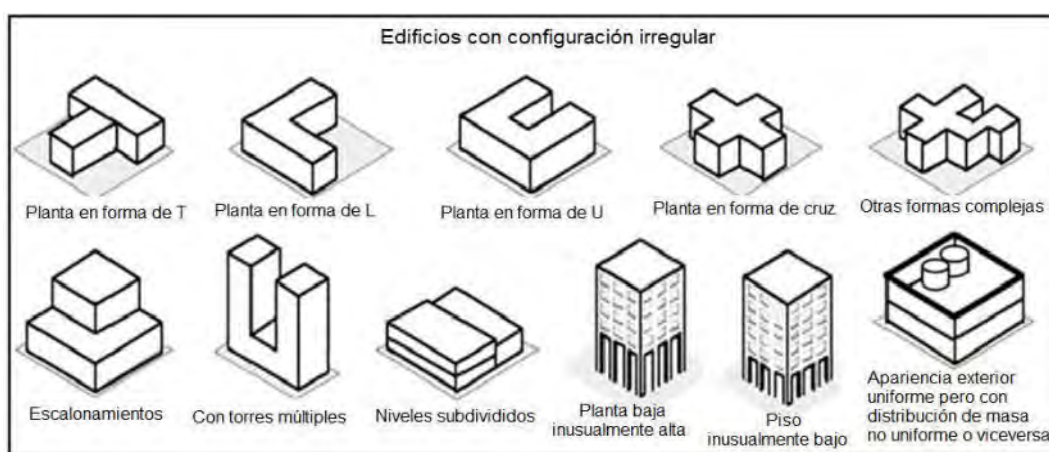


Figura 44. Formas de viviendas con configuración irregular en elevación.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 45 podemos ver a la vivienda multifamiliar 67 (V-67), la cual tiene una configuración geométrica irregular en elevación por cuanto en la medida que va incrementando sus niveles va reduciendo la sección de área construida.



Figura 45. Vivienda multifamiliar número 67 (V-67).

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 31 se muestra los resultados respecto a la configuración geométrica en elevación de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca, en la cual se observa que el 49,28 % tienen una configuración irregular y el 50,72 % tiene una configuración regular.

Tabla 31

Configuración geométrica en elevación

Características	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)
1. Irregular	34	4	49,28
2. Regular	35	1	50,72
Total	69		100,00

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 31 se representa en la siguiente figura:

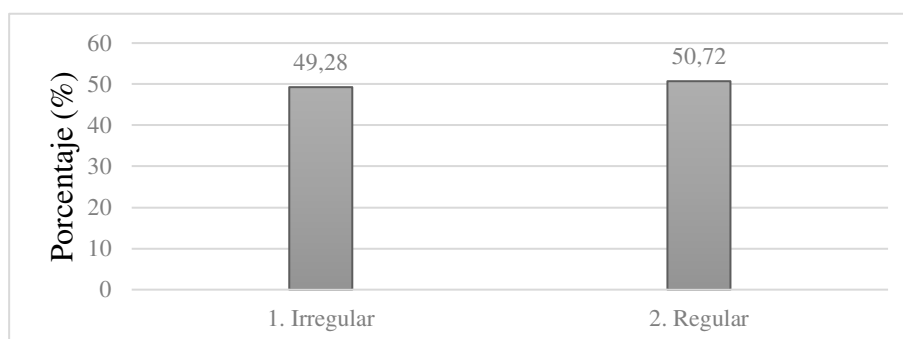


Figura 46. *Configuración geométrica en elevación.*

Fuente: Elaboración propia.

i. Juntas de dilatación sísmica son acorde a la estructura

Para conocer si las juntas de dilatación sísmica de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca son acorde a la estructura, se observó directamente a las estructuras de cada vivienda muestra de estudio y se consultó si es que en el interior de la viviendas sus estructuras cuentan con dichas juntas de dilatación, con la cual se ha podido determinar que todas las viviendas multifamiliares no cuentan con juntas de dilatación sísmica eso hace que altere el grado de vulnerabilidad.

En la figura 47 se observa que la vivienda multifamiliar 23 (V-23) en el límite con la vivienda de su costado (parte encerrada con línea continua color rojo) no contaba con junta de

dilatación sísmica, lugar donde es indispensable dicha junta. Al mismo tiempo podemos ver a la propietaria de la vivienda firmando la ficha de vulnerabilidad como constancia de su información proporcionada.

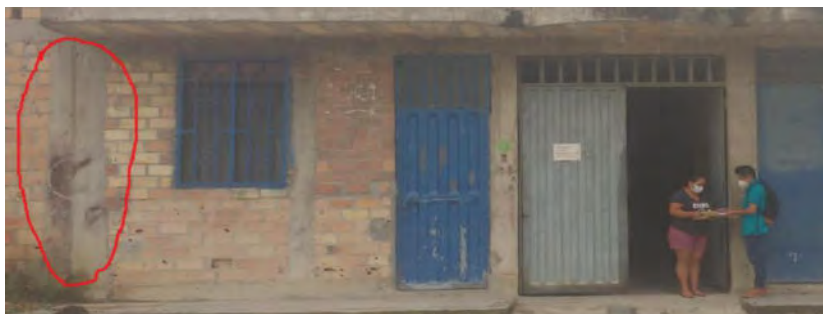


Figura 47. *Frontis de la vivienda número 23 (V-23).*
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 32 se muestran los resultados respecto a las juntas de dilatación sísmica son acorde a la estructura, en la cual se observa que el 100 % de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca no cuenta con dichas juntas por lo que no se pueden determinar si están o no de acuerdo a la estructura de la vivienda.

Tabla 32

Juntas de dilatación sísmica son acorde a la estructura

Características	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)
1. No/No existen	69	4	100,00
2. SÍ	0	1	0,00
Total	69		100,00

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 32 se representa en la siguiente figura:

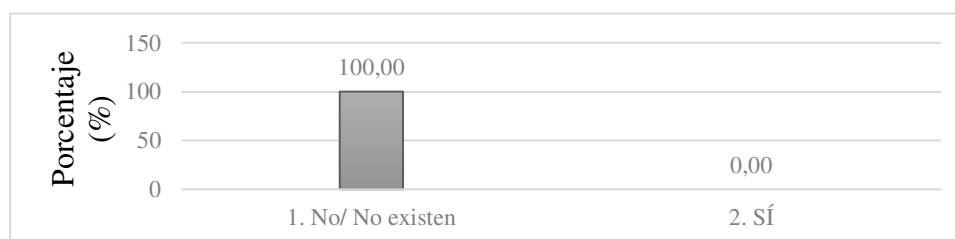


Figura 48. *Juntas de dilatación sísmica son acorde a la estructura.*
Fuente: Elaboración propia.

j. Existe concentración de masas en niveles

Esta información se ha podido determinar con la versión proporcionada por el propietario o concedor de la vivienda multifamiliar, la cual ha sido corroborada con la observación directa en la visita física a cada vivienda.

En la tabla 33 se muestra los resultados referentes a la concentración de masas en niveles, en la cual de los resultados se puede observar que existe concentración de masas en un 14,49 % en niveles superiores y en un 85,51 % en niveles inferiores.

Tabla 33

Existe concentración de masas en niveles

Características	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)
1. Superiores	10	4	14,49
2. Inferiores	59	1	85,51
Total	69		100,00

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 33 se representa en la siguiente figura:



Figura 49. *Concentración de masas en niveles.*

Fuente: Elaboración propia.

k. En los principales elementos estructurales se observa

La determinación de las condiciones físicas de los elementos estructurales de las viviendas multifamiliares muestra de estudio se ha hecho a través de la observación directa a cada vivienda, se determinó que los elementos estructurales de la mayoría de viviendas multifamiliares se encuentran en buen estado, pero también existe un porcentaje mínimo que está en deterioro.

En la figura 50 se observa la vivienda multifamiliar 6 (V-6), en las partes circuladas con línea color rojo podemos ver la humedad que presenta los muros de dicha vivienda eso implica que sus cimientos también están siendo perjudicados por la humedad.



Figura 50. Vivienda multifamiliar 6 (V-6).

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 34 se observa que según los resultados en cuanto a las condiciones en las que se encuentran las columnas, muros portantes, vigas y techos el 1,45 % se encuentran en deterioro y/o humedad, el 2,90 % se encuentra en regular estado y el 95,65 % se encuentra en buen estado.

Tabla 34

Principales elementos estructurales

En los principales elementos estructurales se observa						
11.1	No existen/son precarios	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)		
	1. Cimiento	0	4	0,00		
	2. Columnas	0	4	0,00		
	3. Muros portantes	0	4	0,00		
	4. Vigas	0	4	0,00		
	5. Techos	0	4	0,00		
11.2	Deterioro y/o humedad	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)		
	1. Cimiento	0	3	0,00		
	2. Columnas	1	3	1,45		
	3. Muros portantes	1	3	1,45		
	4. Vigas	1	3	1,45		
	5. Techos	1	3	1,45		
11.3	Regular estado	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)		
	1. Cimiento	0	2	0,00		
	2. Columnas	2	2	2,90		
	3. Muros portantes	2	2	2,90		
	4. Vigas	2	2	2,90		
	5. Techos	2	2	2,90		

11.4 Buen estado	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)
1. Cimiento	0	1	0,00
2. Columnas	66	1	95,65
3. Muros portantes	66	1	95,65
4. Vigas	66	1	95,65
5. Techos	66	1	95,65

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 34 se representa en la siguiente figura:

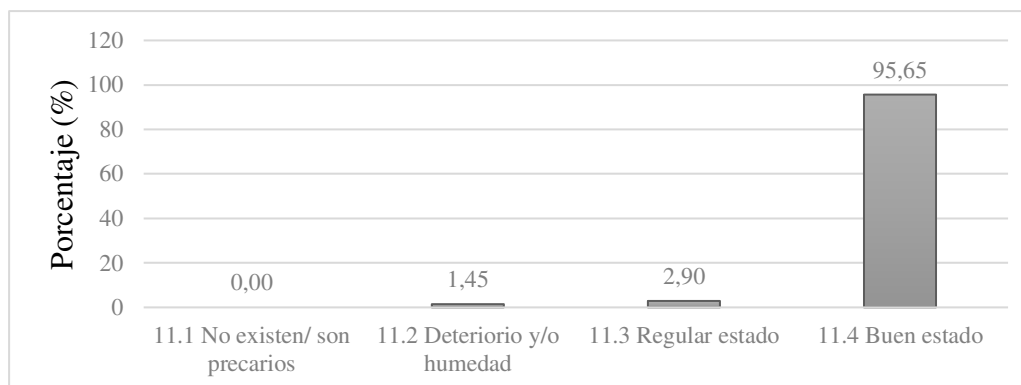


Figura 51. Estado de los principales elementos estructurales.

Fuente: Elaboración propia.

I. Otros factores que inciden en la vulnerabilidad de las edificaciones

La determinación de algún otro factor que incide en la vulnerabilidad se ha hecho a través de la observación directa a cada vivienda.

En la tabla 35 se muestra los resultados respecto a otros factores que inciden en la vulnerabilidad, en la cual se observa que el 1,45 % de viviendas está expuesto a inundaciones y el 98,55 % de viviendas no aplica otros factores de vulnerabilidad indicados en la tabla en mención.

Tabla 35

Otros factores que inciden en la vulnerabilidad de las edificaciones

Características	Cantidad de viviendas	Valor	Porcentaje (%)
1. Humedad	0	4	0,00
2. Cargas laterales	0	4	0,00
3. Colapso elementos del entorno	0	4	0,00
4. Debilitamiento por modificaciones	0	4	0,00
5. Debilitamiento por sobrecarga	0	4	0,00

6. Densidad de muros inadecuada	0	4	0,00
7. Otros: Área expuesta a inundaciones	1	4	1,45
8. No aplica	68	0	98,55
Total	69		100,00

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 35 se representa en la siguiente figura:

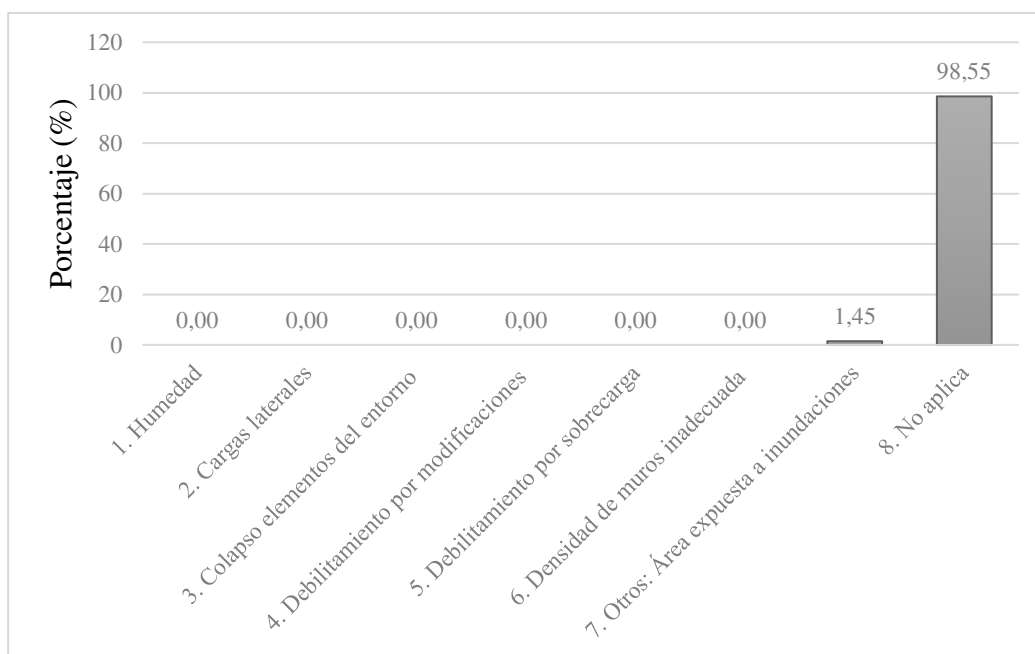


Figura 52. Otros factores que inciden en la vulnerabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis documental de la información obtenida

En la tabla 36 se muestra el resultado de la sumatoria de cada valor de indicador de la ficha de vulnerabilidad el cual a su vez permite determinar el nivel de vulnerabilidad de cada vivienda multifamiliar tal como se observa a continuación:

Tabla 36*Nivel de vulnerabilidad de las viviendas multifamiliares por unidad*

N° DE VIVIENDA	Valor de indicador de ficha de vulnerabilidad que depende de la condición física de la vivienda												Sumatoria de valores	Nivel de vulnerabilidad
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	2	3	2	2	1	1	4	4	4	1	1	0	25	Muy alto
2	2	4	2	3	1	1	1	1	4	1	1	0	21	Alto
3	2	3	3	3	1	1	1	1	4	1	1	0	21	Alto
4	2	1	1	3	1	1	1	1	4	1	1	0	17	Moderado
5	2	3	2	3	1	1	1	1	4	1	1	0	20	Alto
6	3	4	3	3	1	1	4	4	4	1	3	0	31	Muy alto
7	2	1	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	24	Alto
8	2	3	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	26	Muy alto
9	2	3	2	3	1	1	1	4	4	1	1	0	23	Alto
10	2	1	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	24	Alto
11	2	4	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	27	Muy alto
12	2	4	2	3	1	1	1	4	4	4	1	0	27	Muy alto
13	2	4	3	3	1	1	4	4	4	1	1	0	28	Muy alto
14	4	4	3	3	1	1	1	1	4	1	2	0	25	Muy alto
15	2	3	1	3	1	1	1	1	4	1	1	0	19	Alto
16	2	3	2	3	1	1	1	1	4	1	1	0	20	Alto
17	2	4	2	3	1	1	1	1	4	1	1	0	21	Alto
18	2	3	2	2	1	1	1	4	4	1	1	0	22	Alto
19	2	3	2	3	1	1	1	1	4	1	1	0	20	Alto
20	2	3	2	2	1	1	1	1	4	1	1	0	19	Alto
21	2	4	2	2	1	1	1	1	4	4	1	4	27	Muy alto
22	2	4	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	27	Muy alto
23	2	3	2	3	1	1	1	4	4	1	1	0	23	Alto
24	2	1	1	3	1	1	1	1	4	1	1	0	17	Moderado
25	2	3	2	3	1	1	1	1	4	1	1	0	20	Alto
26	2	3	2	3	1	1	1	1	4	4	1	0	23	Alto
27	3	4	3	3	1	1	4	4	4	4	1	0	32	Muy alto
28	2	1	2	3	1	1	1	1	4	1	1	0	18	Alto
29	2	3	3	3	1	1	1	1	4	1	1	0	21	Alto
30	2	3	3	3	1	1	1	1	4	1	1	0	21	Alto
31	2	3	3	3	1	1	4	4	4	1	1	0	27	Muy alto
32	2	4	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	27	Muy alto
33	2	3	3	2	1	1	1	1	4	1	1	0	20	Alto
34	2	3	2	2	1	1	1	1	4	1	1	0	19	Alto
35	2	1	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	24	Alto
36	2	3	2	3	1	1	1	1	4	1	1	0	20	Alto
37	2	3	3	3	1	1	4	4	4	1	1	0	27	Muy alto
38	2	4	3	3	1	1	1	1	4	1	1	0	22	Alto
39	2	1	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	24	Alto
40	2	3	2	3	1	1	1	1	4	1	1	0	20	Alto
41	2	3	2	2	1	1	1	1	4	4	1	0	22	Alto
42	2	4	2	2	1	1	1	1	4	4	1	0	23	Alto
43	2	4	3	3	1	1	1	1	4	4	2	0	26	Muy alto

44	2	3	3	3	1	1	4	4	4	1	1	0	27	Muy alto
45	2	4	2	3	1	1	1	1	4	1	1	0	21	Alto
46	2	4	3	3	1	1	1	1	4	1	1	0	22	Alto
47	2	1	2	3	1	1	1	4	4	1	1	0	21	Alto
48	2	4	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	27	Muy alto
49	2	1	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	24	Alto
50	2	4	2	2	1	1	1	1	4	1	1	0	20	Alto
51	2	3	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	26	Muy alto
52	2	1	2	2	1	1	4	4	4	1	1	0	23	Alto
53	2	1	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	24	Alto
54	2	3	3	3	1	1	1	1	4	1	1	0	21	Alto
55	2	1	1	3	1	1	1	1	4	1	1	0	17	Moderado
56	2	3	3	2	1	1	1	4	4	1	1	0	23	Alto
57	2	4	2	2	1	1	1	1	4	1	1	0	20	Alto
58	2	3	2	2	1	1	1	4	4	1	1	0	22	Alto
59	2	3	2	3	1	1	1	4	4	1	1	0	23	Alto
60	2	3	2	3	1	1	4	4	4	1	1	0	26	Muy alto
61	2	3	1	2	1	1	4	4	4	1	1	0	24	Alto
62	2	4	2	2	1	1	1	4	4	1	1	0	23	Alto
63	2	1	2	2	1	1	1	1	4	1	1	0	17	Moderado
64	2	4	2	2	1	1	4	4	4	4	1	0	29	Muy alto
65	2	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	0	16	Moderado
66	2	4	3	2	1	1	4	4	4	1	1	0	27	Muy alto
67	2	3	2	2	1	1	1	4	4	1	1	0	22	Alto
68	2	4	2	3	1	1	1	1	4	4	1	0	24	Alto
69	2	4	3	3	1	1	1	1	4	4	1	0	25	Muy alto

Fuente. Elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados de los estudios realizados a las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca, en la cual se observa que el 30,43 % tienen un nivel de vulnerabilidad sísmica muy alto, el 62,32 % un nivel alto y el 7,25 % un nivel moderado.

Tabla 37

Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares

Nivel de vulnerabilidad	Cantidad de viviendas multifamiliares	Porcentaje (%)
Muy alto	21	30,43
Alto	43	62,32
Moderado	5	7,25
Total	69	100

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 37 se muestran en la figura siguiente:

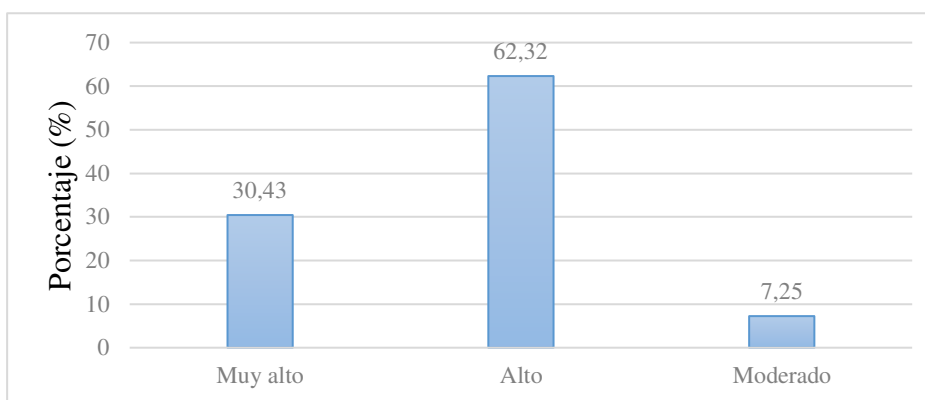


Figura 53. Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares.
Fuente: Elaboración propia.

Zonificación

En la presente tesis se adjunta un plano de zonificación que muestra los resultados del nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca expresados en un nivel muy alto, alto, moderado y bajo; dicho plano de zonificación se trata a su vez del plano catastral de la ciudad en mención dentro del cual se ha identificado la posición del lote de cada vivienda multifamiliar muestra de estudio y que se ha zonificado en función a los resultados del nivel de vulnerabilidad en la que se encuentran.

En la siguiente figura podemos ver una captura de pantalla del plano de zonificación de resultados.

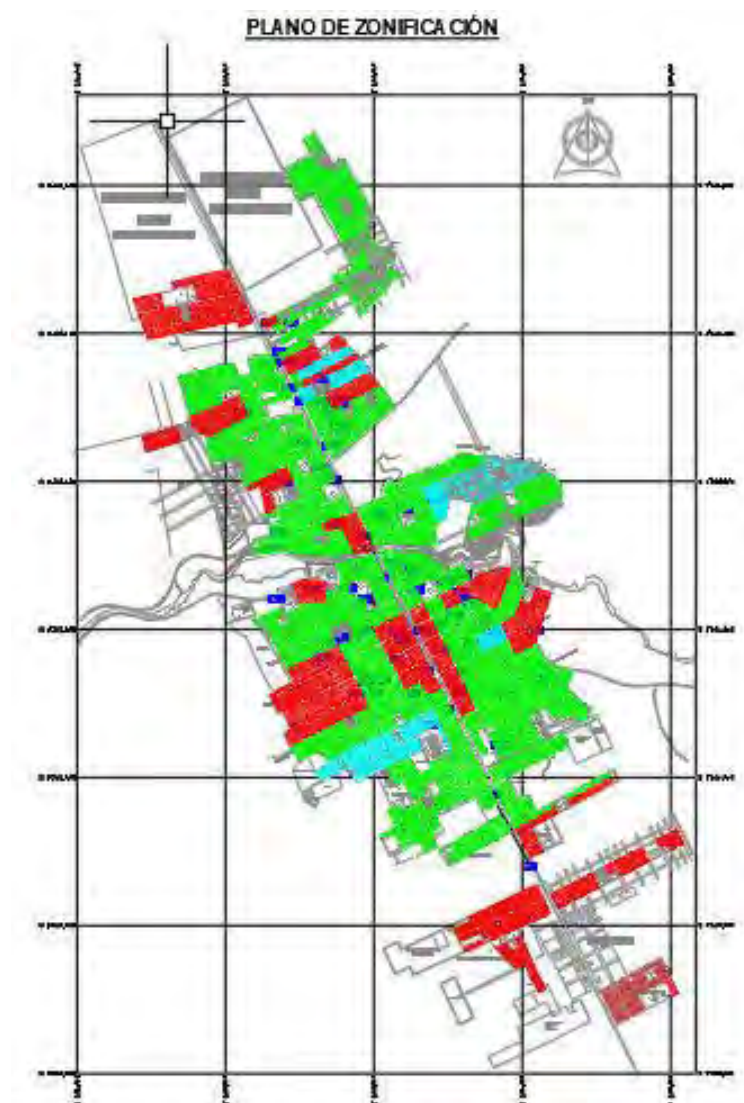


Figura 54. Zonificación de resultados de vulnerabilidad sísmica.
Fuente: Elaboración propia.

Modelamiento

En la presente tesis se ha efectuado un modelamiento que consiste en un análisis sísmico estático y dinámico de tres edificaciones multifamiliares que han sido tomadas como muestra de estudio: edificación de un nivel, dos y tres niveles respectivamente; dicho análisis se ha hecho con la finalidad de corroborar con los resultados de la ficha de verificación, según los resultados se puede saber que las tres viviendas multifamiliar no cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.030 del RNE.

Para estimar la resistencia del concreto se ha realizado un ensayo de esclerometría. Del ensayo con esclerómetro se tiene que la resistencia ($f'c$) del concreto en las columnas de la vivienda de un piso (V-2) es de 284 kg/cm^2 , de la vivienda de dos pisos (V-13) es de 124 kg/cm^2 , y de la vivienda de tres pisos (V-34) es de 349 kg/cm^2 . Con los resultados del ensayo se ha calculado la rigidez de las columnas de cada vivienda indica, dicho ensayo se adjunta en el anexo 01 de la presente tesis.

Análisis sísmico estático

Para el respectivo análisis se ha verificado in situ las respectivas secciones de áreas y elementos estructurales de cada vivienda con los cuales se ha dibujado los respectivos planos de pórticos de cada vivienda, tanto en planta como elevación, dichos planos están siendo adjuntados.

En la siguiente figura se observa el momento en el que se está efectuando la medición de la sección de las respectivas áreas y elementos estructurales de la vivienda multifamiliar 34, a la cual se le ha realizado un análisis sísmico con la finalidad de evaluar si cumple con los parámetros establecidos en la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.



Figura 55. *Medición de la sección y separación de columnas (V-34).*

Fuente: Elaboración propia.

Análisis sísmico estático de la vivienda multifamiliar de un piso

Se trata del análisis sísmico de la vivienda multifamiliar número 2 (V-2) ubicada en la avenida Cajamarca sur manzana 01A - lote 01. En la siguiente figura se muestra el preciso momento en el que se está efectuando las respectivas medidas métricas de la vivienda a analizar.



Figura 56. Medición frontal de la vivienda número 2 (V-2).
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 57 se observa a la vivienda número 2, que como se indicaba anteriormente es de un piso.



Figura 57. Vivienda multifamiliar número 2 (V-2).
Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento de análisis:

a. Cálculo del centro de masa de la vivienda.

(Sandónis Ruiz, 2013), esta es una ecuación vectorial, cada uno de los componentes de la posición del centro de masas vendrá dada por:

$$X_{C.M.} = \frac{\sum_i m_i * x_i}{\sum_i m_i} = \frac{\sum_i m_i * x_i}{M}$$

$$Y_{C.M.} = \frac{\sum_i m_i * y_i}{\sum_i m_i} = \frac{\sum_i m_i * y_i}{M}$$

$$Z_{C.M.} = \frac{\sum_i m_i * z_i}{\sum_i m_i} = \frac{\sum_i m_i * z_i}{M}$$

Para el cálculo del centro de masa respecto a las fórmulas anteriores, se está remplazando m (masa) por P , asimismo $X_{C.M}$ (centro de masa en eje x) por CM_x y $Y_{C.M}$ (centro de masa en y) por CM_y .

Tabla 38*Centro de masa de las columnas de V-2*

EN LAS COLUMNAS, NIVEL: 1°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	P. Espf. (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	a (m)	b (m)				Xi (m)	Yi (m)		
C1: EJE 1-A	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	0,125	1,400	0,060	0,672
C2: EJE 1-B	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	0,125	5,200	0,060	2,496
C2: EJE 1-C	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	0,125	9,200	0,060	4,416
C1: EJE 1-D	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	0,125	13,000	0,060	6,240
C2: EJE 2-A	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	4,700	1,400	2,256	0,672
C3: EJE 2-B	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	4,700	5,200	2,256	2,496
C3: EJE 2-C	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	4,700	9,200	2,256	4,416
C2: EJE 2-D	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	4,700	13,000	2,256	6,240
C2: EJE 3-A	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	9,400	1,400	4,512	0,672
C3: EJE 3-B	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	9,400	5,200	4,512	2,496
C3: EJE 3-C	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	9,400	9,200	4,512	4,416
C2: EJE 3-D	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	9,400	13,000	4,512	6,240
C2: EJE 4-A	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	14,100	1,400	6,768	0,672
C3: EJE 4-B	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	14,100	5,200	6,768	2,496
C3: EJE 4-C	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	14,100	9,200	6,768	4,416
C2: EJE 4-D	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	14,100	13,000	6,768	6,240
C2: EJE 5-A	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	18,800	1,400	9,024	0,672
C3: EJE 5-B	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	18,800	5,200	9,024	2,496
C3: EJE 5-C	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	18,800	9,200	9,024	4,416
C2: EJE 5-D	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	18,800	13,000	9,024	6,240
C2: EJE 6-A	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	23,500	1,400	11,280	0,672
C3: EJE 6-B	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	23,500	5,200	11,280	2,496
C3: EJE 6-C	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	23,500	9,200	11,280	4,416
C2: EJE 6-D	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	23,500	13,000	11,280	6,240
C2: EJE 7-A	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	28,075	1,400	13,476	0,672
C3: EJE 7-B	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	28,075	5,200	13,476	2,496
C3: EJE 7-C	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	28,075	9,200	13,476	4,416
C2: EJE 7-D	0,25	0,40	2,00	2,40	0,480	28,075	13,000	13,476	6,240
				SUMATORIA	13,440			189,504	96,768
								CM_x	CM_y
								14,10	7,20

Fuente. Elaboración propia

Tabla 39*Centro de masa de las vigas de V-2*

EN LAS VIGAS, NIVEL: 1°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	P. Espf. (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	a (m)	b (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE 1-1/A'-A	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	0,125	0,600	0,018	0,086
EJE 1-1/A'-B	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	0,125	3,300	0,102	2,693
EJE 1-1/B'-C	0,25	3,60	0,40	2,40	0,864	0,125	7,200	0,108	6,221
EJE 1-1/C'-D	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	0,125	11,100	0,102	9,058
EJE 2-2/A'-A	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	4,700	0,600	0,677	0,086
EJE 2-2/A'-B	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	4,700	3,300	3,835	2,693
EJE 2-2/B'-C	0,25	3,60	0,40	2,40	0,864	4,700	7,200	4,061	6,221
EJE 2-2/C'-D	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	4,700	11,100	3,835	9,058
EJE 3-3/A'-A	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	9,400	0,600	1,354	0,086
EJE 3-3/A'-B	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	9,400	3,300	7,670	2,693
EJE 3-3/B'-C	0,25	3,60	0,40	2,40	0,864	9,400	7,200	8,122	6,221
EJE 3-3/C'-D	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	9,400	11,100	7,670	9,058
EJE 4-4/A'-A	0,25	1,20	0,40	2,40	0,288	14,100	0,600	4,061	0,173
EJE 4-4/A'-B	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	14,100	3,300	11,506	2,693
EJE 4-4/B'-C	0,25	3,60	0,20	2,40	0,432	14,100	7,200	6,091	3,110
EJE 4-4/C'-D	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	14,100	11,100	11,506	9,058
EJE 5-5/A'-A	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	18,800	0,600	2,707	0,086
EJE 5-5/A'-B	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	18,800	3,300	15,341	2,693
EJE 5-5/B'-C	0,25	3,60	0,40	2,40	0,864	18,800	7,200	16,243	6,221
EJE 5-5/C'-D	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	18,800	11,100	15,341	9,058
EJE 6-6/A'-A	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	23,500	0,600	3,384	0,086
EJE 6-6/A'-B	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	23,500	3,300	19,176	2,693
EJE 6-6/B'-C	0,25	3,60	0,40	2,40	0,864	23,500	7,200	20,304	6,221
EJE 6-6/C'-D	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	23,500	11,100	19,176	9,058
EJE 7-7/A'-A	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	28,075	0,600	4,043	0,086
EJE 7-7/A'-B	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	28,075	3,300	22,909	2,693
EJE 7-7/B'-C	0,25	3,60	0,40	2,40	0,864	28,075	7,200	24,257	6,221
EJE 7-7/C'-D	0,25	3,40	0,40	2,40	0,816	28,075	11,100	22,909	9,058
EJE A'-A'/1-2	0,20	4,33	0,20	2,40	0,415	2,413	0,100	1,002	0,042
EJE A'-A'/2-3	0,20	4,45	0,20	2,40	0,427	7,050	0,100	3,012	0,043
EJE A'-A'/3-4	0,20	4,45	0,20	2,40	0,427	11,750	0,100	5,020	0,043
EJE A'-A'/4-5	0,20	4,45	0,20	2,40	0,427	16,450	0,100	7,027	0,043
EJE A'-A'/5-6	0,20	4,45	0,20	2,40	0,427	21,150	0,100	9,035	0,043
EJE A'-A'/6-7	0,20	4,33	0,20	2,40	0,415	25,788	0,100	10,707	0,042
EJE A-A/1-2	0,25	4,33	0,45	2,40	1,168	2,413	1,325	2,818	1,547
EJE A-A/2-3	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	7,050	1,325	8,471	1,592
EJE A-A/3-4	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	11,750	1,325	14,118	1,592

EJE A-A/4-5	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	16,450	1,325	19,765	1,592
EJE A-A/5-6	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	21,150	1,325	25,412	1,592
EJE A-A/6-7	0,25	4,33	0,45	2,40	1,168	25,788	1,325	30,114	1,547
EJE B-B/1-2	0,25	4,33	0,45	2,40	1,168	2,413	5,200	2,818	6,072
EJE B-B/2-3	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	7,050	5,200	8,471	6,248
EJE B-B/3-4	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	11,750	5,200	14,118	6,248
EJE B-B/4-5	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	16,450	5,200	19,765	6,248
EJE B-B/5-6	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	21,150	5,200	25,412	6,248
EJE B-B/6-7	0,25	4,33	0,45	2,40	1,168	25,788	5,200	30,114	6,072
EJE C-C/1-2	0,25	4,33	0,45	2,40	1,168	2,413	9,200	2,818	10,743
EJE C-C/2-3	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	7,050	9,200	8,471	11,054
EJE C-C/3-4	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	11,750	9,200	14,118	11,054
EJE C-C/4-5	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	16,450	9,200	19,765	11,054
EJE C-C/5-6	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	21,150	9,200	25,412	11,054
EJE C-C/6-7	0,25	4,33	0,45	2,40	1,168	25,788	9,200	30,114	10,743
EJE D-D/1-2	0,25	4,33	0,45	2,40	1,168	2,413	13,075	2,818	15,268
EJE D-D/2-3	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	7,050	13,075	8,471	15,710
EJE D-D/3-4	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	11,750	13,075	14,118	15,710
EJE D-D/5-5	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	16,450	13,075	19,765	15,710
EJE D-D/5-6	0,25	4,45	0,45	2,40	1,202	21,150	13,075	25,412	15,710
EJE D-D/6-7	0,25	4,33	0,45	2,40	1,168	25,788	13,075	30,114	15,268
					SUMATORIA	49,297		695,096	329,308
								CMx	CMy
								14,10	6,68

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 40

Centro de masa de la losa V-2

EN LA LOSA, NIVEL: 1°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	Peso (t/m ²)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A'-A/1-2	1,00	4,33		0,30	1,298	2,413	0,600	3,131	0,779
EJE A'-A/2-3	1,00	4,45		0,30	1,335	7,050	0,600	9,412	0,801
EJE A'-A/3-4	1,00	4,45		0,30	1,335	11,750	0,600	15,686	0,801
EJE A'-A/4-5	1,00	4,45		0,30	1,335	16,450	0,600	21,961	0,801
EJE A'-A/5-6	1,00	4,45		0,30	1,335	21,150	0,600	28,235	0,801
EJE A'-A/6-7	1,00	4,33		0,30	1,298	25,788	0,600	33,460	0,779
EJE A-B/1-2	3,63	4,33		0,30	4,703	2,413	3,300	11,349	15,521
EJE A-B/2-3	3,63	4,45		0,30	4,839	7,050	3,300	34,118	15,970
EJE A-B/3-4	3,63	4,45		0,30	4,839	11,750	3,300	56,863	15,970
EJE A-B/4-5	3,63	4,45		0,30	4,839	16,450	3,300	79,608	15,970

EJE A-B/5-6	3,63	4,45	0,30	4,839	21,150	3,300	102,353	15,970
EJE A-B/6-7	3,63	4,33	0,30	4,703	25,788	3,300	121,292	15,521
EJE B-C/1-2	3,75	4,33	0,30	4,866	2,413	7,200	11,741	35,033
EJE B-C/2-3	3,75	4,45	0,30	5,006	7,050	7,200	35,294	36,045
EJE B-C/3-4	3,75	4,45	0,30	5,006	11,750	7,200	58,823	36,045
EJE B-C/4-5	3,75	4,45	0,30	5,006	16,450	7,200	82,353	36,045
EJE B-C/5-6	3,75	4,45	0,30	5,006	21,150	7,200	105,882	36,045
EJE B-C/6-7	3,75	4,33	0,30	4,866	25,788	7,200	125,475	35,033
EJE C-D/1-2	3,63	4,33	0,30	4,703	2,413	11,100	11,349	52,208
EJE C-D/2-3	3,63	4,45	0,30	4,839	7,050	11,100	34,118	53,717
EJE C-D/3-4	3,63	4,45	0,30	4,839	11,750	11,100	56,863	53,717
EJE C-D/4-5	3,63	4,45	0,30	4,839	16,450	11,100	79,608	53,717
EJE C-D/5-6	3,63	4,45	0,30	4,839	21,150	11,100	102,353	53,717
EJE C-D/6-7	3,63	4,33	0,30	4,703	25,788	11,100	121,292	52,208
			SUMATORIA	95,220			1342,62	633,213
							CMx	CMy
							14,10	6,65

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 41

Centro de masa en la tabiquería de V-2

EN LA TABIQUERÍA, NIVEL: 1°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	Peso (t/m ²)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A'-A/1-2	1,20	4,70		0,06	0,338	2,413	0,600	0,817	0,203
EJE A'-A/2-3	1,20	4,70		0,06	0,338	7,050	0,600	2,386	0,203
EJE A'-A/3-4	1,20	4,70		0,06	0,338	11,750	0,600	3,976	0,203
EJE A'-A/4-5	1,20	4,70		0,06	0,338	16,450	0,600	5,567	0,203
EJE A'-A/5-6	1,20	4,70		0,06	0,338	21,150	0,600	7,157	0,203
EJE A'-A/6-7	1,20	4,70		0,06	0,338	25,788	0,600	8,727	0,203
EJE A-B/1-2	4,00	4,70		0,06	1,128	2,413	3,300	2,722	3,722
EJE A-B/2-3	4,00	4,70		0,06	1,128	7,050	3,300	7,952	3,722
EJE A-B/3-4	4,00	4,70		0,06	1,128	11,750	3,300	13,254	3,722
EJE A-B/4-5	4,00	4,70		0,06	1,128	16,450	3,300	18,556	3,722
EJE A-B/5-6	4,00	4,70		0,06	1,128	21,150	3,300	23,857	3,722
EJE A-B/6-7	4,00	4,70		0,06	1,128	25,788	3,300	29,089	3,722
EJE B-C/1-2	4,00	4,70		0,06	1,128	2,413	7,200	2,722	8,122
EJE B-C/2-3	4,00	4,70		0,06	1,128	7,050	7,200	7,952	8,122
EJE B-C/3-4	4,00	4,70		0,06	1,128	11,750	7,200	13,254	8,122
EJE B-C/4-5	4,00	4,70		0,06	1,128	16,450	7,200	18,556	8,122
EJE B-C/5-6	4,00	4,70		0,06	1,128	21,150	7,200	23,857	8,122

EJE B-C/6-7	4,00	4,70	0,06	1,128	25,788	7,200	29,089	8,122
EJE C-D/1-2	4,00	4,70	0,06	1,128	2,413	11,100	2,722	12,521
EJE C-D/2-3	4,00	4,70	0,06	1,128	7,050	11,100	7,952	12,521
EJE C-D/3-4	4,00	4,70	0,06	1,128	11,750	11,100	13,254	12,521
EJE C-D/4-5	4,00	4,70	0,06	1,128	16,450	11,100	18,556	12,521
EJE C-D/5-6	4,00	4,70	0,06	1,128	21,150	11,100	23,857	12,521
EJE C-D/6-7	4,00	4,70	0,06	1,128	25,788	11,100	29,089	12,521
			SUMATORIA	22,334			314,919	147,407
							CMx	CMy
							14,10	6,60

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 42

Centro de masa de la carga viva de V-2

CARGA VIVA EN AZOTEA (SOBRE CARGA S/C), NIVEL: 1°									
Referencia de elementos	Lados		Factor de incidencia	Peso (t/m ²)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A'-D/1-7	13,20	28,20	0,25	0,10	9,306	14,100	6,600	131,215	61,420
			SUMATORIA		9,306			131,215	61,420
								CMx	CMy
								14,10	6,60

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 43

Centro de masa de V-2

Centro de masa de la vivienda multifamiliar número 2 (V-2)						
Descripción de elementos	P (t)	P*Xi (t/m)	P*Yi (t/m)	Centro de masa de la vivienda (m)		
				CMx	CMy	
				$(\sum P*Xi (t/m))/\sum P (t)$	$(\sum P*Yi (t/m))/\sum P (t)$	
Columnas	13,440	189,504	96,768			
Vigas	49,297	695,096	329,308			
Losa	95,220	1342,618	633,213			
Tabiquería	22,334	314,919	147,407	14,10	6,69	
S/C azotea	9,306	131,215	61,420			
Sumatoria	189,598	2673,351	1268,116			

Fuente. Elaboración propia.

De la tabla anterior se observa que el centro de masa de la vivienda es 14,10 m en el eje (X) y 6,69 m en el eje (Y).

b. Cálculo del centro de rigidez (K)

(Anil K, 2014), la rigidez lateral del marco puede determinarse fácilmente para dos casos extremos: si la viga es infinitamente rígida (es decir la rigidez a la flexión $EI_b = \infty$).

$$K = \sum_{\text{columna}} \frac{12EI_C}{h^3}$$

Por otra parte, para una viga sin rigidez (es decir, $EI_b = 0$)

$$K = \sum_{\text{columna}} \frac{3EI_C}{h^3}$$

(Santana Tapia, 2014), el centro de rigidez para cada piso se determina respecto a un sistema de coordenadas referencial X-Y, mediante la siguiente expresión:

$$X_{CR} = \frac{\sum K_{yi} * X_i}{\sum K_{yi}} \quad Y_{CR} = \frac{\sum K_{xi} * Y_i}{\sum K_{xi}}$$

K_{xi} : Rigidez lateral del muro "i" en la dirección "X".

K_{yi} : Rigidez lateral del muro "i" en la dirección "Y".

X_i, Y_i : Ubicación de cada muro respecto a un eje de referencias.

A partir de las fórmulas indicadas anteriormente se ha calculado los centros de rigidez de la vivienda, para el cual se ha elaborado tablas de cálculo que se muestran a continuación.

Tabla 44

Tabla de cálculo del centro de rigidez (K) de V-2

Cálculo del centro de rigidez, nivel: 1°												
Referencia de columna	Lados		H	Ix	Iy	Elasticidad	Rigidez		Coordenada		Ky*Xi	Kx*Yi
	L	L					Kx	Ky	Xi	Yi		
C1: EJE 1-A	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	0,125	1,400	30,86	884,75
C2: EJE 1-B	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	0,125	5,200	30,86	3286,20
C2: EJE 1-C	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	0,125	9,200	30,86	5814,04
C1: EJE 1-D	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	0,125	13,000	30,86	8215,50
C2: EJE 2-A	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	4,700	1,400	1160,24	884,75
C3: EJE 2-B	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	4,700	5,200	1160,24	3286,20
C3: EJE 2-C	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	4,700	9,200	1160,24	5814,04
C2: EJE 2-D	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	4,700	13,000	1160,24	8215,50
C2: EJE 3-A	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	9,400	1,400	2320,48	884,75
C3: EJE 3-B	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	9,400	5,200	2320,48	3286,20
C3: EJE 3-C	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	9,400	9,200	2320,48	5814,04
C2: EJE 3-D	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	9,400	13,000	2320,48	8215,50
C2: EJE 4-A	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	14,100	1,400	3480,72	884,75
C3: EJE 4-B	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	14,100	5,200	3480,72	3286,20
C3: EJE 4-C	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	14,100	9,200	3480,72	5814,04
C2: EJE 4-D	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	14,100	13,000	3480,72	8215,50
C2: EJE 5-A	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	18,800	1,400	4640,97	884,75
C3: EJE 5-B	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	18,800	5,200	4640,97	3286,20
C3: EJE 5-C	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	18,800	9,200	4640,97	5814,04
C2: EJE 5-D	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	18,800	13,000	4640,97	8215,50
C2: EJE 6-A	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	23,500	1,400	5801,21	884,75
C3: EJE 6-B	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	23,500	5,200	5801,21	3286,20
C3: EJE 6-C	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	23,500	9,200	5801,21	5814,04
C2: EJE 6-D	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	23,500	13,000	5801,21	8215,50
C2: EJE 7-A	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	28,075	1,400	6930,59	884,75
C3: EJE 7-B	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	28,075	5,200	6930,59	3286,20
C3: EJE 7-C	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	28,075	9,200	6930,59	5814,04
C2: EJE 7-D	0,25	0,40	4,0	0,0013	0,0005	2527844,932	631,96	246,86	28,075	13,000	6930,59	8215,50
						Sumat, (Σ)	17694,91	6912,08			97460,27	127403,38
											CKx	CKy
											14,10	7,20

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 45*Centro de rigidez (K) de V-2*

Centro de rigidez de la vivienda (m)	
CKx (m)	CKy (m)
$\sum K_y * X_i / \sum K_y$	$\sum K_x * Y_i / \sum K_x$
14,10	7,20

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 45 se observa el valor del centro de rigidez tanto en el eje X como en el eje Y.

c. Cálculo de excentricidades

Excentricidad accidental (excentricidad permitida E_p)

Según la Norma E.030 del RNE, para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel (e_i), se considera como 0,05 la dimensión del edificio en dirección perpendicular a la dirección de análisis. Quedando de la siguiente manera:

$$E_{px} = 0,05 * 28,20 = 1,41 \text{ m} \quad E_p = \sqrt{E_{px}^2 + E_{py}^2} = 1,53 \text{ m}$$

$$E_{py} = 0,05 * 12,00 = 0,60 \text{ m}$$

Excentricidad de piso (excentricidad calculada E_c)

(Mendoza Carvajal, 2007), es la distancia entre el CM, y el correspondiente CT para cada una de las direcciones X e Y de la estructura, esto es:

$$e_s = X_{CM} - X_{CT} \text{ ó } e_s = X_{CT} - X_{CM}$$

$$e_s = Y_{CM} - Y_{CT} \text{ ó } e_s = Y_{CT} - Y_{CM}$$

En las fórmulas anteriores las variables CM se refiere al centro de masa y CT se refiere al centro de rigidez. En el presente cálculo la excentricidad de piso se está representando por E_{cx} , E_{cy} ; quedando de la siguiente manera:

$$E_c = CM - CR$$

$$E_{cx} = CM_x - CR_x = 14,10 - 14,10 = 0,00 \text{ m}$$

$$E_{cy} = CM_y - CR_y = 6,69 - 7,20 = -0,51 \text{ m}$$

$$E_{ct} = \sqrt{E_{cx}^2 + E_{cy}^2} = 0,51 \text{ m}$$

0,51 < 1,53  Cumple

Como la excentricidad calculada 0,51 m es menor que la excentricidad permitida 1,53 m, se concluye que las excentricidades de la vivienda en análisis cumplen con lo establecido en la Norma E.030 del RNE.

Tabla 46

Resumen de datos calculados de V-2

NIVEL	Peso (t)	$\sum K_x$	$\sum K_y$	CMx	CMy	CKx	CKy	Ecx	Ecy	Ect	Epx	Epy	Ep
1° piso	189,60	17694,91	6912,08	14,10	6,69	14,10	7,20	0,00	-0,51	0,51	1,41	0,60	1,53

Fuente. Elaboración propia.

d. Fuerza cortante en la base

Según la Norma E.030 para el cálculo de la fuerza basal se tiene la siguiente fórmula:

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

Donde:

V = Fuerza cortante base	= ?
Z = factor de zona	= 0,35
U = Uso o importancia	= 1
C = Coeficiente de amplificación sísmica	= 2,5
R = Coeficiente de reducción sísmica	= 8
P = Peso total de la edificación	= 189,60
S = Factor de suelo	= 1,2

Para C se tiene que si $T < T_p$ entonces $C = 2,5$.

$$T = \frac{hn}{Ct} = \frac{4}{35} = 0,114 \text{ s, como } T < T_p (T_p = 1) \text{ entonces } C = 2,5$$

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} * P = \left(\frac{0,35 * 1 * 2,5 * 1,2}{8} \right) * 189,60 = 24,88 \text{ t}$$

Del cálculo se tiene que la fuerza cortante basal es 24,88 toneladas.

e. Distribución de la fuerza sísmica en altura

De la Norma E.030 se tiene la siguiente fórmula y condición.

$$F_i = a_i \cdot V$$

$$a_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^j}$$

- a) Para T menor o igual a 0.5 segundos $K = 1,0$.
 b) Para T mayor que 0.5 segundos: $K = (0,75+0,5T) \leq 2,0$.

Como del cálculo anterior $T < 0,5$, entonces $K = 1$, con el cual la fórmula de fuerza sísmica distribuida en altura queda expresada de la siguiente manera:

$$F_i = \left(\frac{P_i * h_i}{\sum P_i * h_i} \right) * V$$

Tabla 47

Fuerza sísmica (Fi) distribuida en altura de V-2

Nivel	Peso (t)	hi	Pi*hi	ai	Vi	Fi (t)
1° piso	189,60	4	758,39	1,00	24,88	24,88
		Σ	758,39			

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 47 se observa que la fuerza sísmica en el primer piso de la vivienda en análisis es de 24,88 t, asimismo en la figura siguiente se observa la distribución de la fuerza sísmica en altura de la vivienda número 2 (V-2).

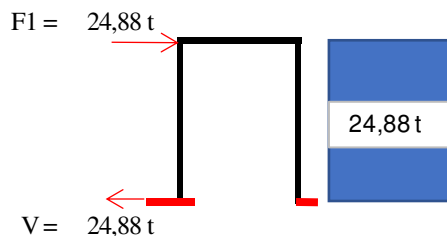


Figura 58. *Distribución de la fuerza sísmica en altura.*

Fuente: Elaboración propia.

f. Efectos de torsión

Según la norma E.030 del RNE, en el centro de masas de cada nivel, además de la fuerza lateral estática actuante se aplica un momento torsor accidental (M_{ti}) que se calcula como:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$$

La fórmula anterior nos permite calcular el momento torsor tanto en direcciones x,y tal como se muestra en siguiente tabla, para el presente cálculo M_{ti} se ha remplazado por M_p .

Tabla 48

Momentos calculados y permitidos de V-2

Cálculo de momentos calculados y permitidos													
Nivel	Fi (t)	Excentricidad calculada (m)			Momento calculado (t*m)			Excentricidad permitida (m)			Momento permitido (t*m)		
		Exc	Ecy	Ect	Mcx	Mcy	Mct	Epx	Epy	Ept	Mpx	Mpy	Mpt
1° piso	24,88	0,00	-0,51	0,51	0,00	-12,7	12,73	1,41	0,6	1,53	35,09	14,93	38,13

Fuente. Elaboración propia.

g. Desplazamientos laterales y distorsión angular

Para el cálculo de los desplazamientos laterales se tiene las siguientes fórmulas.

$$F_i = K_i * U_i$$

$$U_x = \frac{F_x}{K_x} \quad U_y = \frac{F_y}{K_y} \quad \Delta_1 = \left(\frac{U_1}{H_1} \right) * R \quad \Delta_2 = \left(\frac{U_2 - U_1}{H_2} \right) * R \quad \Delta_3 = \left(\frac{U_3 - U_2}{H_3} \right) * R$$

Tabla 49

Desplazamientos laterales y distorsión angular de V-2

Nivel	Fi	$\sum K_x$	$\sum K_y$	H	Ux	Uy	Δ_x	$\sum \Delta_x$	Δ_y	$\sum \Delta_y$
1° piso	24,88	17694,91	6912,08	4,0	0,00141	0,00360	0,00281	0,00281	0,00720	0,00720

Fuente. Elaboración propia.

h. Desplazamientos laterales permisibles < 0,007

Como la edificación es una estructura regular se amplificará el resultado anterior por $0,75 * R$ dado que así lo establece la Norma E.030, con el cual se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 50

Desplazamientos laterales permisibles de V-2

Desplazamientos laterales permisibles < 0.007					
Nivel	0,75*R	Dirección X-X		Dirección Y-Y	
		Ux	0,75*R*Ux	Uy	0,75*R*Uy
1° piso	6	0,0014	0,00844	0,0036	0,02160

Fuente. Elaboración propia.

De los resultados, en la tabla 50 se observa que los desplazamientos relativos laterales tanto la dirección X-X y en la dirección Y-Y es mayor que 0,007; por lo tanto, se concluye que la vivienda no cumple con los parámetros establecidos en la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Análisis sísmico estático de la vivienda multifamiliar de dos pisos

Se trata del análisis sísmico de la vivienda multifamiliar número 13 (V-13) ubicada en el jirón Bolognesi - manzana 22 - lote 02 y 03 – sector Nueva Cajamarca primera etapa. En la siguiente figura se muestra el preciso momento en el que se está efectuando las respectivas medidas métricas de la vivienda a analizar.



Figura 59. Tomando medidas métricas de la vivienda para su posterior análisis.
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se observa el frontis de la vivienda número 13 (V-13), que como se indicaba anteriormente es de dos pisos.



Figura 60. Frontis de la vivienda multifamiliar número 13 (V-13).
Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento de análisis:

a. Cálculo del centro de masa de la vivienda

Las fórmulas para el cálculo del centro de masa se pueden encontrar en el análisis sísmico de la vivienda anterior. A continuación, se muestra el cálculo del centro de masa.

Tabla 51

Centro de masa de las columnas de V-13, primer piso

EN LAS COLUMNAS, NIVEL: 1°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	P. Espf. (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	a (m)	b (m)				Xi (m)	Yi (m)		
C1: EJE 1-A	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	1,350	0,125	0,851	0,079
C2: EJE 1-B	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	1,350	3,350	0,851	2,111
C2: EJE 1-C	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	1,350	8,100	1,021	6,124
C2: EJE 1-D	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	1,350	10,850	0,851	6,836
C1: EJE 1-E	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	1,350	15,100	1,021	11,416
C2: EJE 2-A	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	4,600	0,125	2,898	0,079
C3: EJE 2-B	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	4,600	3,350	2,898	2,111
C3: EJE 2-C	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	4,600	8,100	3,478	6,124
C3: EJE 2-D	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	4,600	10,850	2,898	6,836
C2: EJE 2-E	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	4,600	15,100	3,478	11,416
C2: EJE 3-A	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	8,000	0,125	5,040	0,079
C3: EJE 3-B	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	8,000	3,350	5,040	2,111
C3: EJE 3-C	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	8,000	8,100	6,048	6,124
C3: EJE 3-D	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	8,000	10,850	5,040	6,836
C2: EJE 3-E	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	8,000	15,100	6,048	11,416
C2: EJE 4-A	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	11,100	0,125	6,993	0,079
C3: EJE 4-B	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	11,100	3,350	6,993	2,111
C3: EJE 4-C	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	11,100	8,100	8,392	6,124
C3: EJE 4-D	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	11,100	10,850	6,993	6,836
C2: EJE 4-E	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	11,100	15,100	8,392	11,416
C2: EJE 5-A	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	14,100	0,125	8,883	0,079
C3: EJE 5-B	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	14,100	3,350	8,883	2,111
C3: EJE 5-C	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	14,100	8,100	10,660	6,124
C3: EJE 5-D	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	14,100	10,850	8,883	6,836
C2: EJE 5-E	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	14,100	15,100	10,660	11,416
C2: EJE 6-A	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	16,800	0,125	10,584	0,079
C3: EJE 6-B	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	16,800	3,350	10,584	2,111
C3: EJE 6-C	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	16,800	8,100	12,701	6,124
C3: EJE 6-D	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	16,800	10,850	10,584	6,836
C2: EJE 6-E	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	16,800	15,100	12,701	11,416
C2: EJE 7-A	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	20,500	0,125	12,915	0,079
C3: EJE 7-B	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	20,500	3,350	12,915	2,111
C3: EJE 7-C	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	20,500	8,100	15,498	6,124
C3: EJE 7-D	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	20,500	10,850	12,915	6,836
C2: EJE 7-E	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	20,500	15,100	15,498	11,416
C2: EJE 8-A	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	24,000	0,125	15,120	0,079
C3: EJE 8-B	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	24,000	3,350	15,120	2,111

C3: EJE 8-C	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	24,000	8,100	18,144	6,124
C3: EJE 8-D	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	24,000	10,850	15,120	6,836
C2: EJE 8-E	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	24,000	15,100	18,144	11,416
C2: EJE B-B/8'	0,15	0,30	3,50	2,40	0,378	26,313	3,357	9,946	1,269
C3: EJE 9-C	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	27,500	8,107	20,790	6,129
C3: EJE 9-D	0,25	0,30	3,50	2,40	0,630	27,500	10,857	17,325	6,840
C2: EJE 9-E	0,30	0,30	3,50	2,40	0,756	27,500	15,107	20,790	11,421
C2: EJE C-C/9'	0,15	0,30	3,50	2,40	0,378	29,536	8,107	11,165	3,064
C2: EJE E-E/10	0,15	0,30	3,50	2,40	0,378	31,000	15,175	11,718	5,736
C2: EJE D-D/10'	0,15	0,30	3,50	2,40	0,378	31,403	10,857	11,870	4,104
C1: EJE E-E/11	0,19	0,30	3,50	2,40	0,469	34,25	15,084	16,054	7,070
					SUMATORIA	31,339		461,389	258,145
								CMx	CMy
								14,72	8,24

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 52

Centro de masa de las columnas de V-13, segundo piso

EN LAS COLUMNAS, NIVEL: 2°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	P. Espf. (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	a (m)	b (m)				Xi (m)	Yi (m)		
C1: EJE 1-A	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	1,350	0,125	0,365	0,034
C2: EJE 1-B	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	1,350	3,350	0,365	0,905
C2: EJE 1-C	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	1,350	8,100	0,437	2,624
C2: EJE 1-D	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	1,350	10,850	0,365	2,930
C1: EJE 1-E	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	1,350	15,100	0,437	4,892
C2: EJE 2-A	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	4,600	0,125	1,242	0,034
C3: EJE 2-B	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	4,600	3,350	1,242	0,905
C3: EJE 2-C	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	4,600	8,100	1,490	2,624
C3: EJE 2-D	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	4,600	10,850	1,242	2,930
C2: EJE 2-E	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	4,600	15,100	1,490	4,892
C2: EJE 3-A	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	8,000	0,125	2,160	0,034
C3: EJE 3-B	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	8,000	3,350	2,160	0,905
C3: EJE 3-C	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	8,000	8,100	2,592	2,624
C3: EJE 3-D	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	8,000	10,850	2,160	2,930
C2: EJE 3-E	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	8,000	15,100	2,592	4,892
C2: EJE 4-A	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	11,100	0,125	2,997	0,034
C3: EJE 4-B	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	11,100	3,350	2,997	0,905
C3: EJE 4-C	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	11,100	8,100	3,596	2,624
C3: EJE 4-D	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	11,100	10,850	2,997	2,930
C2: EJE 4-E	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	11,100	15,100	3,596	4,892
C2: EJE 5-A	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	14,100	0,125	3,807	0,034
C3: EJE 5-B	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	14,100	3,350	3,807	0,905
C3: EJE 5-C	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	14,100	8,100	4,568	2,624
C3: EJE 5-D	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	14,100	10,850	3,807	2,930
C2: EJE 5-E	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	14,100	15,100	4,568	4,892
C2: EJE 6-A	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	16,800	0,125	4,536	0,034
C3: EJE 6-B	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	16,800	3,350	4,536	0,905
C3: EJE 6-C	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	16,800	8,100	5,443	2,624

C3: EJE 6-D	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	16,800	10,850	4,536	2,930
C2: EJE 6-E	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	16,800	15,100	5,443	4,892
C2: EJE 7-A	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	20,500	0,125	5,535	0,034
C3: EJE 7-B	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	20,500	3,350	5,535	0,905
C3: EJE 7-C	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	20,500	8,100	6,642	2,624
C3: EJE 7-D	0,25	0,30	1,50	2,40	0,270	20,500	10,850	5,535	2,930
C2: EJE 7-E	0,30	0,30	1,50	2,40	0,324	20,500	15,100	6,642	4,892
				SUMATORIA	10,206			111,464	79,692
								CMx	CMy
								10,92	7,81

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 53

Centro de masa de las vigas de V-13, primer piso

EN LAS VIGAS, NIVEL: 1°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	P. Espf. (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	a (m)	b (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE 1'-1'/A-B	0,20	2,98	0,20	2,40	0,286	0,100	1,738	0,029	0,496
EJE 1'-1'/B-C	0,20	4,50	0,20	2,40	0,432	0,100	5,713	0,043	2,468
EJE 1'-1'/C-D	0,20	2,50	0,20	2,40	0,240	0,100	9,488	0,024	2,277
EJE 1'-1'/D-E	0,20	4,03	0,20	2,40	0,386	0,100	12,963	0,039	5,009
EJE 1-1/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	1,325	1,738	1,064	1,396
EJE 1-1/B-C	0,25	4,50	0,45	2,40	1,215	1,325	5,713	1,610	6,941
EJE 1-1/C-D	0,25	2,50	0,45	2,40	0,675	1,325	9,488	0,894	6,404
EJE 1-1/D-E	0,25	4,03	0,45	2,40	1,087	1,325	12,963	1,440	14,088
EJE 2-2/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	4,600	1,738	3,695	1,396
EJE 2-2/B-C	0,25	4,50	0,45	2,40	1,215	4,600	5,713	5,589	6,941
EJE 2-2/C-D	0,25	2,50	0,45	2,40	0,675	4,600	9,488	3,105	6,404
EJE 2-2/D-E	0,25	4,03	0,45	2,40	1,087	4,600	12,963	4,999	14,088
EJE 3-3/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	8,000	1,738	6,426	1,396
EJE 3-3/B-C	0,25	4,50	0,45	2,40	1,215	8,000	5,713	9,720	6,941
EJE 3-3/C-D	0,25	2,50	0,45	2,40	0,675	8,000	9,488	5,400	6,404
EJE 3-3/D-E	0,25	4,03	0,45	2,40	1,087	8,000	12,963	8,694	14,088
EJE 4-4/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	11,100	1,738	8,916	1,396
EJE 4-4/B-C	0,25	4,50	0,45	2,40	1,215	11,100	5,713	13,487	6,941
EJE 4-4/C-D	0,25	2,50	0,45	2,40	0,675	11,100	9,488	7,493	6,404
EJE 4-4/D-E	0,25	4,03	0,45	2,40	1,087	11,100	12,963	12,063	14,088
EJE 5-5/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	14,100	1,738	11,326	1,396
EJE 5-5/B-C	0,25	4,50	0,45	2,40	1,215	14,100	5,713	17,132	6,941
EJE 5-5/C-D	0,25	2,50	0,45	2,40	0,675	14,100	9,488	9,518	6,404
EJE 5-5/D-E	0,25	4,03	0,45	2,40	1,087	14,100	12,963	15,323	14,088
EJE 6-6/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	16,800	1,738	13,495	1,396
EJE 6-6/B-C	0,25	4,50	0,45	2,40	1,215	16,800	5,713	20,412	6,941
EJE 6-6/C-D	0,25	2,50	0,45	2,40	0,675	16,800	9,488	11,340	6,404
EJE 6-6/D-E	0,25	4,03	0,45	2,40	1,087	16,800	12,963	18,257	14,088
EJE 7-7/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	20,525	1,738	16,487	1,396
EJE 7-7/B-C	0,25	4,50	0,45	2,40	1,215	20,525	5,713	24,938	6,941
EJE 7-7/C-D	0,25	2,50	0,45	2,40	0,675	20,525	9,488	13,854	6,404
EJE 7-7/D-E	0,25	4,03	0,45	2,40	1,087	20,525	12,963	22,306	14,088

EJE 8-8/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	24,000	1,738	19,278	1,396
EJE 8-8/B-C	0,25	4,50	0,45	2,40	1,215	24,000	5,713	29,160	6,941
EJE 8-8/C-D	0,25	2,50	0,45	2,40	0,675	24,000	9,488	16,200	6,404
EJE 8-8/D-E	0,25	4,03	0,45	2,40	1,087	24,000	12,963	26,082	14,088
EJE 9-9/C-D	0,25	2,50	0,45	2,40	0,675	27,500	9,488	18,563	6,404
EJE 9-9/D-E	0,25	4,03	0,45	2,40	1,087	27,500	12,963	29,886	14,088
EJE 7'-11'/A-B	Area=	0,56	0,30	2,40	0,169	25,177	1,682	4,244	0,284
EJE 7'-11'/B-C	0,15	5,44	0,30	2,40	0,588	27,925	5,732	16,410	3,368
EJE 7'-11'/C-D	0,15	3,02	0,30	2,40	0,327	30,482	9,500	9,955	3,103
EJE 7'-11'/D-E	0,15	4,81	0,30	2,40	0,519	32,837	12,970	17,051	6,735
EJE A-A/1'-1	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	0,600	0,125	0,086	0,018
EJE A-A/1-2	0,25	2,95	0,35	2,40	0,620	2,975	0,125	1,843	0,077
EJE A-A/2-3	0,25	3,10	0,35	2,40	0,651	6,300	0,125	4,101	0,081
EJE A-A/3-4	0,25	2,80	0,35	2,40	0,588	9,475	0,125	5,571	0,074
EJE A-A/4-5	0,25	2,70	0,35	2,40	0,567	12,725	0,125	7,215	0,071
EJE A-A/5-6	0,25	2,40	0,35	2,40	0,504	15,725	0,125	7,925	0,063
EJE A-A/6-7	0,25	3,40	0,35	2,40	0,714	18,650	0,125	13,316	0,089
EJE A-A/7-8	0,25	2,23	0,35	2,40	0,467	22,263	0,125	10,402	0,058
EJE B-B/1'-1	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	0,600	3,350	0,086	0,482
EJE B-B/1-2	0,25	2,95	0,35	2,40	0,620	2,975	3,350	1,843	2,075
EJE B-B/2-3	0,25	3,10	0,35	2,40	0,651	6,300	3,350	4,101	2,181
EJE B-B/3-4	0,25	2,80	0,35	2,40	0,588	9,475	3,350	5,571	1,970
EJE B-B/4-5	0,25	2,70	0,35	2,40	0,567	12,725	3,350	7,215	1,899
EJE B-B/5-6	0,25	2,40	0,35	2,40	0,504	15,725	3,350	7,925	1,688
EJE B-B/6-7	0,25	3,40	0,35	2,40	0,714	18,650	3,350	13,316	2,392
EJE B-B/7-8	0,25	2,23	0,35	2,40	0,467	22,263	3,350	10,402	1,565
EJE B-B/8-8'	Area=	0,31	0,35	2,40	0,109	25,184	3,351	2,733	0,364
EJE C-C/1'-1	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	0,600	8,100	0,086	1,166
EJE C-C/1-2	0,25	2,95	0,35	2,40	0,620	2,975	8,100	1,843	5,018
EJE C-C/2-3	0,25	3,10	0,35	2,40	0,651	6,300	8,100	4,101	5,273
EJE C-C/3-4	0,25	2,80	0,35	2,40	0,588	9,475	8,100	5,571	4,763
EJE C-C/4-5	0,25	2,70	0,35	2,40	0,567	12,725	8,100	7,215	4,593
EJE C-C/5-6	0,25	2,40	0,35	2,40	0,504	15,725	8,100	7,925	4,082
EJE C-C/6-7	0,25	3,40	0,35	2,40	0,714	18,650	8,100	13,316	5,783
EJE C-C/7-8	0,25	2,23	0,35	2,40	0,467	22,263	8,100	10,402	3,785
EJE C-C/8-9	0,25	3,20	0,35	3,40	0,952	25,750	8,100	24,514	7,711
EJE C-C/9-9'	Area=	0,27	0,35	2,40	0,094	28,546	8,101	2,685	0,762
EJE D-D/1'-1	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	0,600	10,850	0,086	1,562
EJE D-D/1-2	0,25	2,95	0,35	2,40	0,620	2,975	10,850	1,843	6,722
EJE D-D/2-3	0,25	3,10	0,35	2,40	0,651	6,300	10,850	4,101	7,063
EJE D-D/3-4	0,25	2,80	0,35	2,40	0,588	9,475	10,850	5,571	6,380
EJE D-D/4-5	0,25	2,70	0,35	2,40	0,567	12,725	10,850	7,215	6,152
EJE C-D/5-6	0,25	2,40	0,35	2,40	0,504	15,725	10,850	7,925	5,468
EJE D-D/6-7	0,25	3,40	0,35	2,40	0,714	18,650	10,850	13,316	7,747
EJE D-D/7-8	0,25	2,23	0,35	2,40	0,467	22,263	10,850	10,402	5,070
EJE D-D/8-9	0,25	3,20	0,35	3,40	0,952	25,750	10,850	24,514	10,329
EJE D-D/9-10'	Area=	0,55	0,35	2,40	0,192	29,479	10,850	5,660	2,083
EJE E-E/1'-1	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	0,600	15,125	0,086	2,178
EJE E-E/1-2	0,25	2,95	0,35	2,40	0,620	2,975	15,125	1,843	9,370
EJE E-E/2-3	0,25	3,10	0,35	2,40	0,651	6,300	15,125	4,101	9,846
EJE E-E/3-4	0,25	2,80	0,35	2,40	0,588	9,475	15,125	5,571	8,894
EJE E-E/4-5	0,25	2,70	0,35	2,40	0,567	12,725	15,125	7,215	8,576
EJE E-E/5-6	0,25	2,40	0,35	2,40	0,504	15,725	15,125	7,925	7,623

EJE E-E/6-7	0,25	3,40	0,35	2,40	0,714	18,650	15,125	13,316	10,799
EJE E-E/7-8	0,25	2,23	0,35	2,40	0,467	22,263	15,175	10,402	7,091
EJE E-E/8-9	0,15	3,20	0,35	3,40	0,571	25,750	15,175	14,708	8,668
EJE E-E/9-10	0,15	3,20	0,35	2,40	0,403	29,250	15,175	11,794	6,119
EJE E-E/10-11	Area=	0,46	0,35	2,40	0,160	32,675	15,175	5,231	2,429
SUMATORIA					59,655			820,087	473,120
								CMx	CMy
								13,75	7,93

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 54

Centro de masa de las vigas de V-13, segundo piso

EN LAS VIGAS, NIVEL: 2°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	P. Espf. (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	a (m)	b (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE 1'-1'/A-B	0,20	2,98	0,20	2,40	0,286	0,100	1,738	0,029	0,496
EJE 1'-1'/B-C	0,20	4,50	0,20	2,40	0,432	0,100	5,713	0,043	2,468
EJE 1'-1'/C-D	0,20	2,50	0,20	2,40	0,240	0,100	9,488	0,024	2,277
EJE 1'-1'/D-E	0,20	4,03	0,20	2,40	0,386	0,100	12,963	0,039	5,009
EJE 1-1/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	1,325	1,738	1,064	1,396
EJE 1-1/B-C	0,25	4,48	0,45	2,40	1,208	1,325	5,713	1,601	6,903
EJE 1-1/C-D	0,25	2,48	0,45	2,40	0,668	1,325	9,488	0,885	6,340
EJE 1-1/D-E	0,25	3,98	0,45	2,40	1,073	1,325	12,963	1,422	13,913
EJE 2-2/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	4,600	1,738	3,695	1,396
EJE 2-2/B-C	0,25	4,48	0,45	2,40	1,208	4,600	5,713	5,558	6,903
EJE 2-2/C-D	0,25	2,48	0,45	2,40	0,668	4,600	9,488	3,074	6,340
EJE 2-2/D-E	0,25	3,98	0,45	2,40	1,073	4,600	12,963	4,937	13,913
EJE 3-3/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	8,000	1,738	6,426	1,396
EJE 3-3/B-C	0,25	4,48	0,45	2,40	1,208	8,000	5,713	9,666	6,903
EJE 3-3/C-D	0,25	2,48	0,45	2,40	0,668	8,000	9,488	5,346	6,340
EJE 3-3/D-E	0,25	3,98	0,45	2,40	1,073	8,000	12,963	8,586	13,913
EJE 4-4/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	11,100	1,738	8,916	1,396
EJE 4-4/B-C	0,25	4,48	0,45	2,40	1,208	11,100	5,713	13,412	6,903
EJE 4-4/C-D	0,25	2,48	0,45	2,40	0,668	11,100	9,488	7,418	6,340
EJE 4-4/D-E	0,25	3,98	0,45	2,40	1,073	11,100	12,963	11,913	13,913
EJE 5-5/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	14,100	1,738	11,326	1,396
EJE 5-5/B-C	0,25	4,48	0,45	2,40	1,208	14,100	5,713	17,036	6,903
EJE 5-5/C-D	0,25	2,48	0,45	2,40	0,668	14,100	9,488	9,422	6,340
EJE 5-5/D-E	0,25	3,98	0,45	2,40	1,073	14,100	12,963	15,133	13,913
EJE 6-6/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	16,800	1,738	13,495	1,396
EJE 6-6/B-C	0,25	4,48	0,45	2,40	1,208	16,800	5,713	20,299	6,903
EJE 6-6/C-D	0,25	2,48	0,45	2,40	0,668	16,800	9,488	11,227	6,340
EJE 6-6/D-E	0,25	3,98	0,45	2,40	1,073	16,800	12,963	18,031	13,913
EJE 7-7/A-B	0,25	2,98	0,45	2,40	0,803	20,525	1,738	16,487	1,396
EJE 7-7/B-C	0,25	4,48	0,45	2,40	1,208	20,525	5,713	24,799	6,903
EJE 7-7/C-D	0,25	2,48	0,45	2,40	0,668	20,525	9,488	13,716	6,340
EJE 7-7/D-E	0,25	3,98	0,45	2,40	1,073	20,525	12,963	22,028	13,913
EJE A-A/1'-1	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	0,600	0,125	0,086	0,018
EJE A-A/1-2	0,25	2,95	0,35	2,40	0,620	2,975	0,125	1,843	0,077

EJE A-A/2-3	0,25	3,10	0,35	2,40	0,651	6,300	0,125	4,101	0,081
EJE A-A/3-4	0,25	2,80	0,35	2,40	0,588	9,475	0,125	5,571	0,074
EJE A-A/4-5	0,25	2,70	0,35	2,40	0,567	12,725	0,125	7,215	0,071
EJE A-A/5-6	0,25	2,40	0,35	2,40	0,504	15,725	0,125	7,925	0,063
EJE A-A/6-7	0,25	3,40	0,35	2,40	0,714	18,650	0,125	13,316	0,089
EJE B-B/1'-1	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	0,600	3,350	0,086	0,482
EJE B-B/1-2	0,25	2,95	0,35	2,40	0,620	2,975	3,350	1,843	2,075
EJE B-B/2-3	0,25	3,10	0,35	2,40	0,651	6,300	3,350	4,101	2,181
EJE B-B/3-4	0,25	2,80	0,35	2,40	0,588	9,475	3,350	5,571	1,970
EJE B-B/4-5	0,25	2,70	0,35	2,40	0,567	12,725	3,350	7,215	1,899
EJE B-B/5-6	0,25	2,40	0,35	2,40	0,504	15,725	3,350	7,925	1,688
EJE B-B/6-7	0,25	3,40	0,35	2,40	0,714	18,650	3,350	13,316	2,392
EJE C-C/1'-1	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	0,600	8,100	0,086	1,166
EJE C-C/1-2	0,25	2,95	0,35	2,40	0,620	2,975	8,100	1,843	5,018
EJE C-C/2-3	0,25	3,10	0,35	2,40	0,651	6,300	8,100	4,101	5,273
EJE C-C/3-4	0,25	2,80	0,35	2,40	0,588	9,475	8,100	5,571	4,763
EJE C-C/4-5	0,25	2,70	0,35	2,40	0,567	12,725	8,100	7,215	4,593
EJE C-C/5-6	0,25	2,40	0,35	2,40	0,504	15,725	8,100	7,925	4,082
EJE C-C/6-7	0,25	3,40	0,35	2,40	0,714	18,650	8,100	13,316	5,783
EJE D-D/1'-1	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	0,600	10,850	0,086	1,562
EJE D-D/1-2	0,25	2,95	0,35	2,40	0,620	2,975	10,850	1,843	6,722
EJE D-D/2-3	0,25	3,10	0,35	2,40	0,651	6,300	10,850	4,101	7,063
EJE D-D/3-4	0,25	2,80	0,35	2,40	0,588	9,475	10,850	5,571	6,380
EJE D-D/4-5	0,25	2,70	0,35	2,40	0,567	12,725	10,850	7,215	6,152
EJE D-D/5-6	0,25	2,40	0,35	2,40	0,504	15,725	10,850	7,925	5,468
EJE D-D/6-7	0,25	3,40	0,35	2,40	0,714	18,650	10,850	13,316	7,747
EJE E-E/1'-1	0,25	1,20	0,20	2,40	0,144	0,600	15,125	0,086	2,178
EJE E-E/1-2	0,25	2,95	0,35	2,40	0,620	2,975	15,125	1,843	9,370
EJE E-E/2-3	0,25	3,10	0,35	2,40	0,651	6,300	15,125	4,101	9,846
EJE E-E/3-4	0,25	2,80	0,35	2,40	0,588	9,475	15,125	5,571	8,894
EJE E-E/4-5	0,25	2,70	0,35	2,40	0,567	12,725	15,125	7,215	8,576
EJE E-E/5-6	0,25	2,40	0,35	2,40	0,504	15,725	15,125	7,925	7,623
EJE E-E/6-7	0,25	3,40	0,35	2,40	0,714	18,650	15,125	13,316	10,799
					46,553			487,344	352,333
								CMx	CMy
								10,47	7,57

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 55*Centro de masa de la losa de V-13, primer piso*

EN LA LOSA, NIVEL: 1°									
Referencia de elementos	Lados			Peso (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)	Área m ²			Xi (m)	Yi (m)		
EJE A-B/1'-1			2,975	0,30	0,893	0,700	1,738	0,625	1,551
EJE B-C/1'-1			4,500	0,30	1,350	0,700	5,725	0,945	7,729
EJE C-D/1'-1			2,500	0,30	0,750	0,700	9,475	0,525	7,106
EJE D-E/1'-1			4,025	0,30	1,208	0,700	12,988	0,845	15,682
EJE A-B/1-2			8,999	0,30	2,700	2,963	1,738	7,998	4,691
EJE B-C/1-2			13,611	0,30	4,083	2,963	5,725	12,097	23,375
EJE C-D/1-2			7,561	0,30	2,268	2,963	9,475	6,720	21,492
EJE D-E/1-2			12,172	0,30	3,652	2,963	12,987	10,819	47,423
EJE A-B/2-3			9,371	0,30	2,811	6,300	1,738	17,712	4,885
EJE B-C/2-3			14,174	0,30	4,252	6,300	5,725	26,788	24,342
EJE C-D/2-3			7,874	0,30	2,362	6,300	9,475	14,881	22,381
EJE D-E/2-3			12,676	0,30	3,803	6,300	12,987	23,958	49,389
EJE A-B/3-4			8,479	0,30	2,544	9,550	1,738	24,292	4,420
EJE B-C/3-4			12,824	0,30	3,847	9,550	5,725	36,740	22,024
EJE C-D/3-4			7,124	0,30	2,137	9,550	9,475	20,409	20,250
EJE D-E/3-4			11,469	0,30	3,441	9,550	12,987	32,858	44,684
EJE A-B/4-5			8,181	0,30	2,454	12,600	1,738	30,925	4,264
EJE B-C/4-5			12,374	0,30	3,712	12,600	5,725	46,773	21,251
EJE C-D/4-5			6,874	0,30	2,062	12,600	9,475	25,983	19,539
EJE D-E/4-5			11,066	0,30	3,320	12,600	12,987	41,831	43,116
EJE A-B/5-6			7,289	0,30	2,187	15,450	1,738	33,783	3,799
EJE B-C/5-6			11,024	0,30	3,307	15,450	5,725	51,095	18,932
EJE C-D/5-6			6,124	0,30	1,837	15,450	9,475	28,383	17,407
EJE D-E/5-6			9,859	0,30	2,958	15,450	12,987	45,696	38,411
EJE A-B/6-7			10,338	0,30	3,101	18,663	1,738	57,880	5,389
EJE B-C/6-7			15,636	0,30	4,691	18,662	5,725	87,539	26,853
EJE C-D/6-7			8,686	0,30	2,606	18,662	9,475	48,628	24,690
EJE D-E/6-7			13,983	0,30	4,195	18,662	12,987	78,287	54,480
EJE A-B/7-8			9,594	0,30	2,878	22,263	1,738	64,079	5,001
EJE B-C/7-8			14,512	0,30	4,354	22,262	5,725	96,921	24,924
EJE C-D/7-8			8,062	0,30	2,419	22,262	9,475	53,843	22,916
EJE D-E/7-8			13,299	0,30	3,990	22,262	13,037	88,821	52,015
EJE A-B/8-9			3,069	0,30	0,921	24,806	2,272	22,838	2,092
EJE B-C/8-9			16,854	0,30	5,056	26,088	6,027	131,906	30,473
EJE C-D/8-9			8,124	0,30	2,437	25,750	9,475	62,756	23,092
EJE D-E/8-9			13,399	0,30	4,020	25,750	13,036	103,506	52,402
EJE C-D/9-11			7,145	0,30	2,144	29,048	9,614	62,263	20,608
EJE D-E/9-11			21,493	0,30	6,448	30,265	13,203	195,145	85,134
			SUMATORIA		113.195			1697,09	918,209
								CMx	CMy
								14,99	8,11

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 56*Centro de masa de la losa de V-13, segundo piso*

EN LA LOSA, NIVEL: 2°									
Referencia de elementos	Lados		Área m ²	Peso (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A-B/1'-1			2,975	0,30	0,893	0,700	1,738	0,625	1,551
EJE B-C/1'-1			4,500	0,30	1,350	0,700	5,725	0,945	7,729
EJE C-D/1'-1			2,500	0,30	0,750	0,700	9,475	0,525	7,106
EJE D-E/1'-1			4,025	0,30	1,208	0,700	12,988	0,845	15,682
EJE A-B/1-2			8,999	0,30	2,700	2,963	1,738	7,998	4,691
EJE B-C/1-2			13,611	0,30	4,083	2,963	5,725	12,097	23,375
EJE C-D/1-2			7,561	0,30	2,268	2,963	9,475	6,720	21,492
EJE D-E/1-2			12,172	0,30	3,652	2,963	12,987	10,819	47,423
EJE A-B/2-3			9,371	0,30	2,811	6,300	1,738	17,712	4,885
EJE B-C/2-3			14,174	0,30	4,252	6,300	5,725	26,788	24,342
EJE C-D/2-3			7,874	0,30	2,362	6,300	9,475	14,881	22,381
EJE D-E/2-3			12,676	0,30	3,803	6,300	12,987	23,958	49,389
EJE A-B/3-4			8,479	0,30	2,544	9,550	1,738	24,292	4,420
EJE B-C/3-4			12,824	0,30	3,847	9,550	5,725	36,740	22,024
EJE C-D/3-4			7,124	0,30	2,137	9,550	9,475	20,409	20,250
EJE D-E/3-4			11,469	0,30	3,441	9,550	12,987	32,858	44,684
EJE A-B/4-5			8,181	0,30	2,454	12,600	1,738	30,925	4,264
EJE B-C/4-5			12,374	0,30	3,712	12,600	5,725	46,773	21,251
EJE C-D/4-5			6,874	0,30	2,062	12,600	9,475	25,983	19,539
EJE D-E/4-5			11,066	0,30	3,320	12,600	12,987	41,831	43,116
EJE A-B/5-6			7,289	0,30	2,187	15,450	1,738	33,783	3,799
EJE B-C/5-6			11,024	0,30	3,307	15,450	5,725	51,095	18,932
EJE C-D/5-6			6,124	0,30	1,837	15,450	9,475	28,383	17,407
EJE D-E/5-6			9,859	0,30	2,958	15,450	12,987	45,696	38,411
EJE A-B/6-7			10,338	0,30	3,101	18,663	1,738	57,880	5,389
EJE B-C/6-7			15,636	0,30	4,691	18,662	5,725	87,539	26,853
EJE C-D/6-7			8,686	0,30	2,606	18,662	9,475	48,628	24,690
EJE D-E/6-7			13,983	0,30	4,195	18,662	12,987	78,287	54,480
					SUMATORIA	78.529		815,02	599,553
								CMx	CMy
								10,38	7,63

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 57*Centro de masa en la tabiquería de V-13, primer piso*

EN LA TABIQUERÍA, NIVEL: 1°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	Peso (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A-E/1'-8	15,25	24,125		0,12	44,149	12,063	7,625	532,544	336,634
EJE A-E/8-11	Area	78,907		0,12	9,469	27,574	10,166	261,094	96,259
				SUMATORIA	53,618			793,638	432,893
								CMx	CMy
								14,80	8,07

*Fuente. Elaboración propia.***Tabla 58***Centro de masa en la tabiquería de V-13, segundo piso*

EN LA TABIQUERÍA, NIVEL: 2°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	Peso (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A-E/1'-8	15,25	20,65		0,06	18,895	10,325	7,625	195,088	144,072
				SUMATORIA	18,895			195,088	144,072
								CMx	CMy
								10,33	7,63

*Fuente. Elaboración propia.***Tabla 59***Centro de masa de la carga viva de V-13, primer piso*

CARGA VIVA (S/C), NIVEL: 1°									
Referencia de elementos	Lados		Factor de incidencia	Peso (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A-E/1'-8	15,25	24,125	0,5	0,25	45,988	12,063	7,625	554,734	350,661
EJE A-E/8-11	Area	78,907	0,5	0,25	9,863	27,574	10,166	271,973	100,270
				SUMATORIA	55,852			826,706	450,931
								CMx	CMy
								14,80	8,07

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 60*Centro de masa de la carga viva de V-13, segundo piso*

CARGA VIVA EN AZOTEA (S/C), NIVEL: 2°									
Referencia de elementos	Lados		Factor de incidencia	Peso (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A-E/1'-8	15,25	20,65	0,25	0,10	7,873	10,325	7,625	81,287	60,030
				SUMATORIA	7,873			81,287	60,030
								CMx	CMy
								10,33	7,63

Fuente. Elaboración propia.**Tabla 61***Centro de masa de V-13, primer piso*

Cálculo del centro de masa					
Descripción de elementos	P (t)	P*Xi (t/m)	P*Yi (t/m)	Centro de masa de la vivienda (m)	
				CMx	CMy
				$(\sum P*Xi (t/m))/\sum P (t)$	$(\sum P*Yi (t/m))/\sum P (t)$
Columnas	31,34	461,39	473,12		
Vigas	59,65	820,09	473,12		
Losa	113,19	1697,09	918,21		
Tabiquería	53,62	793,64	432,89	14,66	8,76
S/C	55,85	826,71	450,93		
Sumatoria	313,66	4598,91	2748,27		

Fuente. Elaboración propia.**Tabla 62***Centro de masa de V-13, segundo piso*

Cálculo del centro de masa					
Descripción de elementos	P (t)	P*Xi (t/m)	P*Yi (t/m)	Centro de masa de la vivienda (m)	
				CMx	CMy
				$(\sum P*Xi (t/m))/\sum P (t)$	$(\sum P*Yi (t/m))/\sum P (t)$
Columnas	10,21	111,46	79,69		
Vigas	46,55	487,34	352,33		
Losa	78,53	815,02	599,55		
Tabiquería	18,89	195,09	144,07	10,43	7,63
S/C	7,87	81,29	60,03		
Sumatoria	162,06	1690,20	1235,68		

Fuente. Elaboración propia.

De las tablas de cálculo se observa que el centro de masa de la vivienda multifamiliar número 13, en el primer piso es 14,66 m en el eje (X) y 8,76 m en el eje (Y) y en el segundo piso es 10,43 en el eje (X) y 7,63 en el eje (Y).

b. Cálculo del centro de rigidez (K)

Las fórmulas para el cálculo del centro de rigidez se pueden encontrar en el análisis sísmico de la vivienda anterior (vivienda de un piso). A continuación, se muestra las tablas de cálculo del centro de rigidez de la vivienda.

Tabla 63

Cálculo del centro de rigidez de V-13, primer piso

Cálculo del centro de rigidez, nivel: 1°												
Referencia de columna	Lados		H	Ix	Iy	Elasticidad E (t/m ³)	Rigidez		Coordenada		Ky*Xi	Kx*Yi
	L (m)	L (m)					Kx (t/m)	Ky (t/m)	Xi	Yi		
C1: EJE 1-A	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	1,350	0,125	165,16	22,02
C2: EJE 1-B	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	1,350	3,350	165,16	590,16
C2: EJE 1-C	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	1,350	8,100	285,39	1712,35
C2: EJE 1-D	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	1,350	10,850	165,16	1911,42
C1: EJE 1-E	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	1,350	15,100	285,39	3192,16
C2: EJE 2-A	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	4,600	0,125	562,76	22,02
C3: EJE 2-B	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	4,600	3,350	562,76	590,16
C3: EJE 2-C	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	4,600	8,100	972,44	1712,35
C3: EJE 2-D	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	4,600	10,850	562,76	1911,42
C2: EJE 2-E	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	4,600	15,100	972,44	3192,16
C2: EJE 3-A	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	8,000	0,125	978,71	22,02
C3: EJE 3-B	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	8,000	3,350	978,71	590,16
C3: EJE 3-C	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	8,000	8,100	1691,21	1712,35
C3: EJE 3-D	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	8,000	10,850	978,71	1911,42
C2: EJE 3-E	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	8,000	15,100	1691,21	3192,16
C2: EJE 4-A	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	11,100	0,125	1357,96	22,02
C3: EJE 4-B	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	11,100	3,350	1357,96	590,16
C3: EJE 4-C	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	11,100	8,100	2346,55	1712,35
C3: EJE 4-D	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	11,100	10,850	1357,96	1911,42
C2: EJE 4-E	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	11,100	15,100	2346,55	3192,16
C2: EJE 5-A	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	14,100	0,125	1724,97	22,02
C3: EJE 5-B	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	14,100	3,350	1724,97	590,16
C3: EJE 5-C	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	14,100	8,100	2980,75	1712,35
C3: EJE 5-D	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	14,100	10,850	1724,97	1911,42
C2: EJE 5-E	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	14,100	15,100	2980,75	3192,16
C2: EJE 6-A	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	16,800	0,125	2055,29	22,02
C3: EJE 6-B	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	16,800	3,350	2055,29	590,16
C3: EJE 6-C	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	16,800	8,100	3551,54	1712,35

C3: EJE 6-D	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	16,800	10,850	2055,29	1911,42
C2: EJE 6-E	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	16,800	15,100	3551,54	3192,16
C2: EJE 7-A	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	20,500	0,125	2507,94	22,02
C3: EJE 7-B	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	20,500	3,350	2507,94	590,16
C3: EJE 7-C	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	20,500	8,100	4333,72	1712,35
C3: EJE 7-D	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	20,500	10,850	2507,94	1911,42
C2: EJE 7-E	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	20,500	15,100	4333,72	3192,16
C2: EJE 8-A	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	24,000	0,125	2936,13	22,02
C3: EJE 8-B	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	24,000	3,350	2936,13	590,16
C3: EJE 8-C	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	24,000	8,100	5073,63	1712,35
C3: EJE 8-D	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	24,000	10,850	2936,13	1911,42
C2: EJE 8-E	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	24,000	15,100	5073,63	3192,16
C2: EJE B-B/8'	0,15	0,30	4,0	0,0003	0,0001	1670329,309	59,36	21,86	26,313	3,357	575,33	199,26
C3: EJE 9-C	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	27,500	8,107	5813,53	1713,83
C3: EJE 9-D	0,25	0,30	4,0	0,0006	0,0004	1670329,309	176,17	122,34	27,500	10,857	3364,31	1912,65
C2: EJE 9-E	0,30	0,30	4,0	0,0007	0,0007	1670329,309	211,40	211,40	27,500	15,107	5813,53	3193,64
C2: EJE C-C/9'	0,15	0,30	4,0	0,0003	0,0001	1670329,309	59,36	21,86	29,536	8,107	645,80	481,21
C2: EJE E-E/10	0,15	0,30	4,0	0,0003	0,0001	1670329,309	105,70	26,43	31,000	15,175	819,18	1604,01
C2: EJE D-D/10'	0,15	0,30	4,0	0,0003	0,0001	1670329,309	59,36	21,86	31,403	10,857	686,63	644,45
C1: EJE E-E/11	0,19	0,30	4,0	0,0003	0,0001	1670329,309	73,60	41,69	34,277	15,084	1428,95	1110,24
						Sumat, Σ	8566,79	6997,39			98484,46	70284,12
											CKx	CKy
											14,07	8,20

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 64

Cálculo de centro de rigidez de V-13, segundo piso

Cálculo del centro de rigidez, nivel: 2°												
Referencia de columna	Lados		H	Ix	Iy	Elasticidad E (t/m ²)	Rigidez		Coordenada		Ky*Xi	Kx*Yi
	L	L					Kx	Ky	Xi	Yi		
C1: EJE 1-A	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	1,350	0,125	391,48	52,20
C2: EJE 1-B	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	1,350	3,350	391,48	1398,90
C2: EJE 1-C	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	1,350	8,100	676,48	4058,90
C2: EJE 1-D	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	1,350	10,850	391,48	4530,77
C1: EJE 1-E	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	1,350	15,100	676,48	7566,59
C2: EJE 2-A	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	4,600	0,125	1333,94	52,20
C3: EJE 2-B	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	4,600	3,350	1333,94	1398,90
C3: EJE 2-C	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	4,600	8,100	2305,05	4058,90
C3: EJE 2-D	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	4,600	10,850	1333,94	4530,77
C2: EJE 2-E	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	4,600	15,100	2305,05	7566,59
C2: EJE 3-A	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	8,000	0,125	2319,90	52,20
C3: EJE 3-B	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	8,000	3,350	2319,90	1398,90
C3: EJE 3-C	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	8,000	8,100	4008,79	4058,90

C3: EJE 3-D	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	8,000	10,850	2319,90	4530,77
C2: EJE 3-E	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	8,000	15,100	4008,79	7566,59
C2: EJE 4-A	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	11,100	0,125	3218,86	52,20
C3: EJE 4-B	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	11,100	3,350	3218,86	1398,90
C3: EJE 4-C	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	11,100	8,100	5562,20	4058,90
C3: EJE 4-D	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	11,100	10,850	3218,86	4530,77
C2: EJE 4-E	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	11,100	15,100	5562,20	7566,59
C2: EJE 5-A	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	14,100	0,125	4088,83	52,20
C3: EJE 5-B	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	14,100	3,350	4088,83	1398,90
C3: EJE 5-C	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	14,100	8,100	7065,49	4058,90
C3: EJE 5-D	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	14,100	10,850	4088,83	4530,77
C2: EJE 5-E	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	14,100	15,100	7065,49	7566,59
C2: EJE 6-A	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	16,800	0,125	4871,79	52,20
C3: EJE 6-B	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	16,800	3,350	4871,79	1398,90
C3: EJE 6-C	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	16,800	8,100	8418,46	4058,90
C3: EJE 6-D	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	16,800	10,850	4871,79	4530,77
C2: EJE 6-E	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	16,800	15,100	8418,46	7566,59
C2: EJE 7-A	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	20,500	0,125	5944,75	52,20
C3: EJE 7-B	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	20,500	3,350	5944,75	1398,90
C3: EJE 7-C	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	20,500	8,100	10272,53	4058,90
C3: EJE 7-D	0,25	0,30	3,0	0,0006	0,0004	1670329,309	417,58	289,99	20,500	10,850	5944,75	4530,77
C2: EJE 7-E	0,30	0,30	3,0	0,0007	0,0007	1670329,309	501,10	501,10	20,500	15,100	10272,53	7566,59
						Σ	15784,61	13105,13			143126,69	123251,51
											CKx	CKy
											10,92	7,81

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 65

Centro de rigidez de V-13

Cálculo del centro de rigidez (CKx, CKy)						
Nivel	ΣKx	ΣKy	ΣKy*Xi	ΣKx*Yi	CKx (m) ΣKy*Xi / ΣKy	CKy (m) ΣKx*Yi / ΣKx
1° piso	8566,79	6997,39	98484,46	70284,12	14,07	8,20
2° piso	15784,61	13105,13	143126,69	123251,51	10,92	7,81

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa que el centro de rigidez de V-13 en el primer piso es 14,07 m en el eje (X) y 8,20 m en el eje (Y) y en el segundo piso es 10,92 m en el eje (X) y 7,81 m en el eje (Y).

Tabla 66

Valores de centro de masa y centro de rigidez de V-13

NIVEL	CMx	CMy	CKx	CKy
1° piso	14,66	8,76	14,07	8,20
2° piso	10,43	7,63	10,92	7,81

Fuente. Elaboración propia.

c. Cálculo de excentricidades**Excentricidad accidental (excentricidad permitida E_p)**

Según la Norma E.030 del RNE, para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel (e_i), se considera como 0,05 la dimensión del edificio en dirección perpendicular a la dirección de análisis. Quedando de la siguiente manera

Primer piso:

$$E_{px} = 0,05 * 34,25 = 1,71 \text{ m} \quad E_p = \sqrt{E_{px}^2 + E_{py}^2} = 1,87 \text{ m}$$

$$E_{py} = 0,05 * 15,25 = 0,76 \text{ m}$$

Segundo piso:

$$E_{px} = 0,05 * 20,65 = 1,03 \text{ m} \quad E_p = \sqrt{E_{px}^2 + E_{py}^2} = 1,28 \text{ m}$$

$$E_{py} = 0,05 * 15,25 = 0,76 \text{ m}$$

Se observa que la excentricidad permitida para la vivienda número 13 en el primer piso es de 1,87 m y en el segundo piso de 1,28 m.

Excentricidad de piso (excentricidad calculada E_c)

La fuente de la cual se ha extraído las fórmulas para el cálculo de la excentricidad de piso se encuentra en el análisis sísmico de la vivienda anterior (un piso), quedando de la siguiente manera:

$$E_c = CM - CR$$

Primer piso

$$E_{cx} = CM_x - CR_x = 14,66 - 14,07 = 0,59 \text{ m}$$

$$E_{cy} = CM_y - CR_y = 8,76 - 8,20 = 0,56 \text{ m}$$

$$E_{ct} = \sqrt{E_{cx}^2 + E_{cy}^2} = 0,81 \text{ m}$$

$$0,81 < 1,87 \quad \longrightarrow \quad \text{Cumple}$$

Segundo piso

$$E_{cx} = CM_x - CR_x = 10,43 - 10,92 = -0,49 \text{ m}$$

$$E_{cy} = CM_y - CR_y = 7,63 - 7,81 = -0,18 \text{ m}$$

$$E_{ct} = \sqrt{E_{cx}^2 + E_{cy}^2} = 0,52 \text{ m}$$

$$0,52 < 1,28 \longrightarrow \text{Cumple}$$

Como la excentricidad calculada en ambos pisos es menor que la excentricidad permitida, se concluye que las excentricidades de la vivienda en análisis cumplen con lo establecido en la Norma E.030 del RNE.

Tabla 67

Datos calculados de V-13

Nivel	Peso (t)	ΣK_x	ΣK_y	CMx	CMy	CKx	CKy	Ecx	Ecy	Ect	Epx	Epy	EP
1° piso	313,66	8566,79	6997,39	14,66	8,76	14,07	8,20	0,59	0,56	0,81	1,71	0,76	1,87
2° piso	162,06	15784,61	13105,13	10,43	7,63	10,92	7,81	-0,49	-0,18	0,52	1,03	0,76	1,28
Σ	475,71	24351,40	20102,52										

Fuente. Elaboración propia.

d. Fuerza cortante en la base

Según la Norma E.030 para el cálculo de la fuerza basal se tiene la siguiente fórmula:

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

Donde:

V = Fuerza cortante base	= ?
Z = factor de zona	= 0,35
U = Uso o importancia	= 1
C = Coeficiente de amplificación sísmica	= 2,5
R = Coeficiente de reducción sísmica	= 8
P = Peso total de la edificación	= 475,71
S = Factor de suelo	= 1,2

Para C se tiene que si $T < T_p$ entonces $C = 2,5$.

$$T = \frac{hn}{Ct} = \frac{7}{35} = 0,20 \text{ s, como } T < T_p (T_p = 1) \text{ entonces } C = 2,5$$

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} * P = \left(\frac{0,35 * 1 * 2,5 * 1,2}{8} \right) * 475,61 = 62,44 \text{ t}$$

Del cálculo se tiene que la fuerza cortante basal es 62.43 toneladas.

e. Distribución de la fuerza sísmica en altura

De la Norma E.030 se tiene la siguiente fórmula y condición.

$$F_i = a_i \cdot V$$

$$a_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^j}$$

c) Para T menor o igual a 0,5 segundos $K = 1,0$.

d) Para T mayor que 0,5 segundos: $K = (0,75+0,5T) \leq 2,0$.

Como del cálculo anterior $T < 0,5$, entonces $K = 1$, con el cual la fórmula de fuerza sísmica distribuida en altura queda expresada de la siguiente manera:

$$F_i = \left(\frac{P_i * h_i}{\sum P_i * h_i} \right) * V$$

Tabla 68

Fuerza sísmica (Fi) distribuida en altura de V-13

Nivel	Peso (t)	hi	Pi*hi	ai	Vi	Fi (t)
1° piso	313,66	4	1254,63	0,53	62,44	32,79
2° piso	162,06	7	1134,39	0,47	29,65	29,65
Σ	475,71		2389,02			62,44

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa que la fuerza sísmica en el primer piso de la vivienda en análisis es de 32,79 t y en el segundo piso 29,65 t; asimismo en la siguiente figura se observa la distribución de la fuerza sísmica en altura de la vivienda número 13 (V-13).

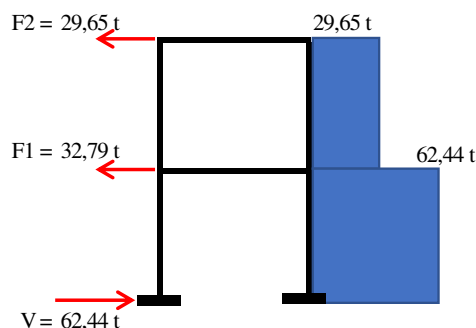


Figura 61. *Distribución de la fuerza sísmica en altura.*

Fuente: Elaboración propia.

f. Efectos de torsión

Según la norma E.030 en el centro de masas de cada nivel, además de la fuerza lateral estática actuante se aplica un momento torsor accidental (M_{ti}) que se calcula como:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$$

La fórmula anterior nos permite calcular el momento torsor tanto en direcciones x,y tal como se muestra en siguiente tabla, para el presente cálculo M_{ti} se ha remplazado por M_p .

Tabla 69

Momentos calculados y permitidos de V-13

Cálculo de momentos calculados y permitidos													
Nivel	Fi (t)	Excentricidad calculada (m)			Momento calculado (t*m)			Excentricidad permitida (m)			Momento permitido (t*m)		
		Ecx	Ecy	Ect	Mx	My	Mt	Epx	Epy	Ept	Mpx	Mpy	Mpt
1° piso	32,79	0,59	0,56	0,81	19,27	18,3	26,57	1,71	0,76	1,87	56,15	25,00	61,47
2° piso	29,65	-0,49	-0,18	0,52	-14,58	-5,4	15,56	1,03	0,76	1,28	30,61	22,61	38,05

Fuente. Elaboración propia.

g. Desplazamientos laterales y distorsión angular

Las fórmulas para el cálculo de los desplazamientos laterales y distorsión angular lo podemos encontrar en el análisis sísmico de la vivienda anterior (vivienda multifamiliar de un piso).

Tabla 70

Desplazamientos laterales y distorsión angular de V-2

Nivel	Fi	$\sum K_x$	$\sum K_y$	H (m)	Ux (m)	Uy (m)	Δx (m)	$\sum \Delta x$ (m)	Δy (m)	$\sum \Delta y$ (m)
1° piso	32,79	8566,79	6997,39	4,0	0,00383	0,00469	0,00766	0,00980	0,00937	0,01196
2° piso	29,65	15784,61	13105,13	7,0	0,00188	0,00226	0,00215		0,00259	

Fuente. Elaboración propia.

h. Desplazamientos laterales permisibles < 0.007

Como la edificación tiene una estructura irregular se amplificará el resultado anterior por $0,85 \cdot R$ dado que así lo establece la Norma E.030, con el cual se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 71*Desplazamientos laterales permisibles de V-2*

Desplazamientos laterales permisibles < 0.007					
Nivel	0,85*R	Dirección X-X		Dirección Y-Y	
		U_x	0.85R*U_x	U_y	0.85*R*U_y
1° piso	6.8	0.00383	0.02603	0.00469	0.03186
2° piso	6.8	0.00188	0.01277	0.00226	0.01538

Fuente. Elaboración propia.

De los resultados, en la tabla 71 se observa que en ambas direcciones de la vivienda el desplazamiento es mayor a 0,007; por lo tanto, se concluye que la dicha vivienda no cumple con los parámetros establecidos en la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Análisis sísmico estático de la vivienda multifamiliar de tres pisos.

Se trata del análisis sísmico de la vivienda multifamiliar número 34 (V-24) ubicada en la avenida Ucrania - manzana 03 - lote 5B– sector Nueva Cajamarca II etapa, con coordenadas UTM 244822,9342948. En la siguiente figura se muestra el preciso momento en el que se está efectuando las respectivas medidas métricas de la vivienda a analizar.



Figura 62. *Medición de distancia entre elementos estructurales de V-34.*

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se observa el frontis de la vivienda número 34 (V-34), que como se indicaba anteriormente es de tres pisos.



Figura 63. Frontis de la vivienda multifamiliar número 34 (V-34).

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento de análisis:

a. Cálculo del centro de masa de la vivienda

Las fórmulas para el cálculo del centro de masa se pueden encontrar en el análisis sísmico de la vivienda multifamiliar de un piso, en la presente tesis.

Tabla 72

Centro de masa de las columnas de V-34, primer piso

EN LAS COLUMNAS, NIVEL: 1°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	P. Espf. (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	a (m)	b (m)				Xi (m)	Yi (m)		
C1: EJE 1-A	0,30	0,300	3,50	2,40	0,756	0,150	0,150	0,113	0,113
C2: EJE 1-B	0,30	0,300	3,50	2,40	0,756	0,150	3,900	0,113	2,948
C2: EJE 1-C	0,30	0,300	3,50	2,40	0,756	0,150	7,900	0,113	5,972
C2: EJE 1-D	0,30	0,300	3,50	2,40	0,756	0,150	11,900	0,113	8,996
C2: EJE 1-E	0,30	0,300	3,50	2,40	0,756	0,150	15,800	0,113	11,945
C1: EJE 1-F	0,30	0,300	3,50	2,40	0,756	0,150	18,650	0,113	14,099
C1: EJE 2-A	0,30	0,300	3,50	2,40	0,756	5,300	0,150	4,007	0,113
C2: EJE 2-B	0,30	0,300	3,50	2,40	0,756	5,300	3,900	4,007	2,948
C2: EJE 2-C	0,30	0,300	3,50	2,40	0,756	5,300	7,900	4,007	5,972
C2: EJE 2-D	0,30	0,300	3,50	2,40	0,756	5,300	11,900	4,007	8,996
C2: EJE 2-E	0,30	0,300	3,50	2,40	0,756	5,300	15,800	4,007	11,945
C1: EJE 2-F	0,30	0,300	3,50	2,40	0,756	5,300	18,650	4,007	14,099
C1: EJE 3-A	0,15	0,300	3,50	2,40	0,378	6,625	0,150	2,504	0,057
C2: EJE 3-B	0,15	0,300	3,50	2,40	0,378	6,625	3,900	2,504	1,474

C2: EJE 3-C	0,15	0,300	3,50	2,40	0,378	6,625	7,900	2,504	2,986
C2: EJE 3-D	0,15	0,300	3,50	2,40	0,378	6,625	11,900	2,504	4,498
C2: EJE 3-E	0,15	0,300	3,50	2,40	0,378	6,625	15,800	2,504	5,972
C1: EJE 3-F	0,15	0,300	3,50	2,40	0,378	6,625	18,650	2,504	7,050
					Sumatoria (Σ)	11,340		39,747	110,187
								CMx	CMy
								3,51	9,72

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 73

Centro de masa de las columnas de V-34, segundo piso

EN LAS COLUMNAS, NIVEL: 2°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	P. Espf. (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	a (m)	b (m)				Xi (m)	Yi (m)		
C1: EJE 1-A	0,30	0,300	3,00	2,40	0,648	0,150	0,150	0,097	0,097
C2: EJE 1-B	0,30	0,300	3,00	2,40	0,648	0,150	3,900	0,097	2,527
C2: EJE 1-C	0,30	0,300	3,00	2,40	0,648	0,150	7,900	0,097	5,119
C2: EJE 1-D	0,30	0,300	3,00	2,40	0,648	0,150	11,900	0,097	7,711
C2: EJE 1-E	0,30	0,300	3,00	2,40	0,648	0,150	15,800	0,097	10,238
C1: EJE 1-F	0,30	0,300	3,00	2,40	0,648	0,150	18,650	0,097	12,085
C1: EJE 2-A	0,30	0,300	3,00	2,40	0,648	5,300	0,150	3,434	0,097
C2: EJE 2-B	0,30	0,300	3,00	2,40	0,648	5,300	3,900	3,434	2,527
C2: EJE 2-C	0,30	0,300	3,00	2,40	0,648	5,300	7,900	3,434	5,119
C2: EJE 2-D	0,30	0,300	3,00	2,40	0,648	5,300	11,900	3,434	7,711
C2: EJE 2-E	0,30	0,300	3,00	2,40	0,648	5,300	15,800	3,434	10,238
C1: EJE 2-F	0,30	0,300	3,00	2,40	0,648	5,300	18,650	3,434	12,085
C1: EJE 3-A	0,15	0,300	3,00	2,40	0,324	6,625	0,150	2,147	0,049
C2: EJE 3-B	0,15	0,300	3,00	2,40	0,324	6,625	3,900	2,147	1,264
C2: EJE 3-C	0,15	0,300	3,00	2,40	0,324	6,625	7,900	2,147	2,560
C2: EJE 3-D	0,15	0,300	3,00	2,40	0,324	6,625	11,900	2,147	3,856
C2: EJE 3-E	0,15	0,300	3,00	2,40	0,324	6,625	15,800	2,147	5,119
C1: EJE 3-F	0,15	0,300	3,00	2,40	0,324	6,625	18,650	2,147	6,043
					Sumatoria (Σ)	9,720		34,069	94,446
								CMx	CMy
								3,51	9,72

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 74*Centro de masa de las columnas de V-34, tercer piso*

EN LAS COLUMNAS, NIVEL: 3°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	P. Espf. (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	a (m)	b (m)				Xi (m)	Yi (m)		
C1: EJE 1-A	0,30	0,300	1,50	2,40	0,324	0,150	0,150	0,049	0,049
C2: EJE 1-B	0,30	0,300	1,50	2,40	0,324	0,150	3,900	0,049	1,264
C2: EJE 1-C	0,30	0,300	1,50	2,40	0,324	0,150	7,900	0,049	2,560
C2: EJE 1-D	0,30	0,300	1,50	2,40	0,324	0,150	11,900	0,049	3,856
C2: EJE 1-E	0,30	0,300	1,50	2,40	0,324	0,150	15,800	0,049	5,119
C1: EJE 1-F	0,30	0,300	1,50	2,40	0,324	0,150	18,650	0,049	6,043
C1: EJE 2-A	0,30	0,300	1,50	2,40	0,324	5,300	0,150	1,717	0,049
C2: EJE 2-B	0,30	0,300	1,50	2,40	0,324	5,300	3,900	1,717	1,264
C2: EJE 2-C	0,30	0,300	1,50	2,40	0,324	5,300	7,900	1,717	2,560
C2: EJE 2-D	0,30	0,300	1,50	2,40	0,324	5,300	11,900	1,717	3,856
C2: EJE 2-E	0,30	0,300	1,50	2,40	0,324	5,300	15,800	1,717	5,119
C1: EJE 2-F	0,30	0,300	1,50	2,40	0,324	5,300	18,650	1,717	6,043
C1: EJE 3-A	0,15	0,300	1,50	2,40	0,162	6,625	0,150	1,073	0,024
C2: EJE 3-B	0,15	0,300	1,50	2,40	0,162	6,625	3,900	1,073	0,632
C2: EJE 3-C	0,15	0,300	1,50	2,40	0,162	6,625	7,900	1,073	1,280
C2: EJE 3-D	0,15	0,300	1,50	2,40	0,162	6,625	11,900	1,073	1,928
C2: EJE 3-E	0,15	0,300	1,50	2,40	0,162	6,625	15,800	1,073	2,560
C1: EJE 3-F	0,15	0,300	1,50	2,40	0,162	6,625	18,650	1,073	3,021
				Sumatoria (Σ)	4,860			17,034	47,223
								CMx	CMy
								3,51	9,72

*Fuente. Elaboración propia.***Tabla 75***Centro de masa de las vigas de V-34, primer, segundo y tercer piso*

EN LAS VIGAS, NIVEL: 1°, 2° y 3°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	P. Espf. (t/m ³)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	a (m)	b (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE 1-1/A'-A	0,25	3,450	0,40	2,40	0,828	0,125	2,025	0,104	1,677
EJE 1-1/A'-B	0,25	3,700	0,40	2,40	0,888	0,125	5,900	0,111	5,239
EJE 1-1/B'-C	0,25	3,700	0,40	2,40	0,888	0,125	9,900	0,111	8,791
EJE 1-1/C'-D	0,25	3,600	0,40	2,40	0,864	0,125	13,850	0,108	11,966
EJE 1-1/D'-E	0,25	2,550	0,40	2,40	0,612	0,125	17,225	0,077	10,542
EJE 1-1/E'-F	0,25	1,200	0,20	2,40	0,144	0,125	19,400	0,018	2,794
EJE 2-2/A'-A	0,25	3,450	0,40	2,40	0,828	5,300	2,025	4,388	1,677
EJE 2-2/A'-B	0,25	3,700	0,40	2,40	0,888	5,300	5,900	4,706	5,239
EJE 2-2/B'-C	0,25	3,700	0,40	2,40	0,888	5,300	9,900	4,706	8,791
EJE 2-2/C'-D	0,25	3,600	0,40	2,40	0,864	5,300	13,850	4,579	11,966
EJE 2-2/D'-E	0,25	2,550	0,40	2,40	0,612	5,300	17,225	3,244	10,542
EJE 2-2/E'-F	0,25	1,200	0,20	2,40	0,144	5,300	19,400	0,763	2,794
EJE 3-3/A'-A	0,15	3,450	0,40	2,40	0,497	6,625	2,025	3,291	1,006

EJE 3-3/A-B	0,15	3,700	0,40	2,40	0,533	6,625	5,900	3,530	3,144
EJE 3-3/B-C	0,15	3,700	0,40	2,40	0,533	6,625	9,900	3,530	5,275
EJE 3-3/C-D	0,15	3,600	0,40	2,40	0,518	6,625	13,850	3,434	7,180
EJE 3-3/D-E	0,15	2,550	0,40	2,40	0,367	6,625	17,225	2,433	6,325
EJE 3-3/E-F	0,15	1,200	0,20	2,40	0,086	6,625	19,400	0,572	1,676
EJE A'-A'/1-2	0,25	4,850	0,50	2,40	1,455	2,725	0,125	3,965	0,182
EJE A'-A'/2-3	0,25	1,100	0,50	2,40	0,330	6,000	0,125	1,980	0,041
EJE A-A/1-2	0,25	4,850	0,50	2,40	1,455	2,725	3,900	3,965	5,675
EJE A-A/2-3	0,25	1,100	0,50	2,40	0,330	6,000	3,900	1,980	1,287
EJE B-B/1-2	0,25	4,850	0,50	2,40	1,455	2,725	7,900	3,965	11,495
EJE B-B/2-3	0,25	1,100	0,50	2,40	0,330	6,000	7,900	1,980	2,607
EJE C-C/1-2	0,25	4,850	0,50	2,40	1,455	2,725	11,900	3,965	17,315
EJE C-C/2-3	0,25	1,100	0,50	2,40	0,330	6,000	11,900	1,980	3,927
EJE D-D/1-2	0,25	4,850	0,50	2,40	1,455	2,725	15,800	3,965	22,989
EJE D-D/2-3	0,25	1,100	0,50	2,40	0,330	6,000	15,800	1,980	5,214
EJE E-E/1-2	0,25	4,850	0,50	2,40	1,455	2,725	18,675	3,965	27,172
EJE E-E/2-3	0,25	1,100	0,50	2,40	0,330	6,000	18,675	1,980	6,163
EJE F-F/1-2	0,20	4,925	0,20	2,40	0,473	2,713	19,900	1,283	9,409
EJE F-F/2-3	0,20	1,125	0,20	2,40	0,108	5,988	19,900	0,647	2,149
Sumatoria (Σ)					22,273			77,304	222,246
								CMx	CMy
								3,47	9,98

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 76

Centro de masa de la losa de V-34, primer, segundo y tercer piso

EN LA LOSA, NIVEL: 1°, 2° y 3°									
Referencia de elementos	Lados		Área m ²	Peso (t/m ²)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A'-A/1-2			17,36	0,30	5,207	2,713	2,013	14,124	10,479
EJE A'-A/2-3			3,96	0,30	1,189	5,988	2,013	7,120	2,394
EJE A-B/1-2			18,47	0,30	5,540	2,713	5,900	15,027	32,683
EJE A-B/2-3			4,22	0,30	1,265	5,988	5,900	7,576	7,465
EJE B-C/1-2			18,47	0,30	5,540	2,713	9,900	15,027	54,841
EJE B-C/2-3			4,22	0,30	1,265	5,988	9,900	7,576	12,526
EJE C-D/1-2			17,97	0,30	5,392	2,713	13,850	14,626	74,676
EJE C-D/2-3			4,11	0,30	1,232	5,988	13,850	7,374	17,056
EJE D-E/1-2			12,92	0,30	3,877	2,713	17,237	10,517	66,825
EJE D-E/2-3			2,95	0,30	0,885	5,988	17,237	5,302	15,262
EJE E-F/1-2			4,93	0,30	1,478	2,713	19,300	4,008	28,516
EJE E-F/2-3			1,13	0,30	0,338	5,988	19,300	2,021	6,514
Sumatoria (Σ)					33.206			110,30	329,236
								CMx	CMy
								3,32	9,92

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 77*Centro de masa en la tabiquería de V-13, primer y segundo piso*

EN LA TABIQUERÍA, NIVEL: 1° y 2°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	Peso (t/m ²)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A'-F/1'-8	6,70	20,00		0,12	16,080	3,35	10,00	53,868	160,800
				Sumatoria (Σ)	16,080			53,868	160,800
								CMx	CMy
								3,35	10,00

Fuente. Elaboración propia.**Tabla 78***Centro de masa en la tabiquería de V-34, tercer piso*

EN LA TABIQUERÍA, NIVEL: 3°									
Referencia de elementos	Lados		Altura h (m)	Peso (t/m ²)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A'-F/1'-8	6,70	20,00		0,06	8,040	3,35	10,00	26,934	80,400
				Sumatoria (Σ)	8,040			26,934	80,400
								Xcm	Ycm
								3,35	10,00

Fuente. Elaboración propia.**Tabla 79***Centro de masa de la carga viva de V-34, primer y segundo piso*

CARGA VIVA (S/C), NIVEL: 1° y 2°									
Referencia de elementos	Lados		Factor de incidencia	Peso (t/m ²)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A'-F/1'-8	6,70	20,00	0,50	0,25	16,750	3,35	10,00	56,113	167,500
				Sumatoria (Σ)	16,750			56,113	167,500
								Xcm	Ycm
								3,35	10,00

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 80*Centro de masa de la carga viva de V-34, tercer piso*

CARGA VIVA EN AZOTEA (S/C), NIVEL: 3°									
Referencia de elementos	Lados		Factor de incidencia	Peso (t/m ²)	P (t)	Coordenada		P*Xi	P*Yi
	A (m)	L (m)				Xi (m)	Yi (m)		
EJE A'-F/1'-8	6,70	20,00	0,25	0,10	3,350	3,35	10,00	11,223	33,500
Sumatoria (Σ)					3,350			11,223	33,500
								Xcm	Ycm
								3,35	10,00

Fuente. Elaboración propia.**Tabla 81***Centro de masa de V-34, primer piso*

Cálculo del centro de masa					
Descripción de elementos	P (t)	P*Xi (t/m)	P*Yi (t/m)	Centro de masa de la vivienda (m)	
				Xcm (Σ P*Xi (t/m))/Σ P (t)	Ycm (Σ P*Yi (t/m))/Σ P (t)
Columnas	11,34	39,75	110,19		
Vigas	17,06	77,30	222,25		
Losa	33,21	110,30	329,24		
Tabiquería	16,08	53,87	160,80	3,39	9,93
S/C	16,75	56,11	167,50		
Sumatoria	99,65	337,33	989,97		

Fuente. Elaboración propia.**Tabla 82***Centro de masa de V-34, segundo piso*

Cálculo del centro de masa					
Descripción de elementos	P (t)	P*Xi (t/m)	P*Yi (t/m)	Centro de masa de la vivienda (m)	
				CMx (Σ P*Xi (t/m))/Σ P (t)	CMy (Σ P*Yi (t/m))/Σ P (t)
Columnas	9,72	34,07	94,45		
Vigas	22,27	77,30	222,25		
Losa	33,21	110,30	329,24		
Tabiquería	16,08	53,87	160,80	3,38	9,94
S/C	16,75	56,11	167,50		
Sumatoria	98,03	331,65	974,23		

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 83*Centro de masa de V-34, tercer piso*

Cálculo del centro de masa					
Descripción de elementos	P (t)	P*Xi (t/m)	P*Yi (t/m)	Centro de masa de la vivienda (m)	
				CMx ($\sum P*Xi (t/m))/\sum P$ (t)	CMy ($\sum P*Yi (t/m))/\sum P$ (t)
Columnas	4.86	17.03	47.22		
Vigas	22.27	77.30	222.25		
Losa	33.21	110.30	329.24		
Tabiquería	8.04	26.93	80.40	3,38	9,93
S/C	3.35	11.22	33.50		
Sumatoria	71.73	242.79	712.60		

Fuente. Elaboración propia.

De las tablas de cálculo se observa que el centro de masa de la vivienda multifamiliar número 34; en el primer piso es 3,39 m en el eje (X) y 9,93 m en el eje (Y); en el segundo piso es 3,38 m en el eje (X) y 9,94 m en el eje (Y) y en el tercer piso es 3,38 m en el eje (X) y 9,93 m en el eje (Y).

b. Cálculo del centro de rigidez (K)

Las fórmulas para el cálculo de rigidez se pueden encontrar en el análisis sísmico de la vivienda de un piso, en la presente tesis.

Tabla 84*Cálculo de centro de rigidez de V-34, primer piso*

Cálculo del centro de rigidez, nivel: 1°													
Referencia de columna	Lados		H (m)	Ix (m ⁴)		Iy (m ⁴)	Elasticidad E (t/m ²)	Rigidez (t/m)		Coordenada		Ky*Xi	Kx*Yi
	L (m)	L (m)		Ix (m ⁴)	Iy (m ⁴)			Kx (t/m)	Ky (t/m)	Xi	Yi		
C1: EJE 1-A	0,30	0,30	4,00	0,0007	0,0007	2802231,254	354,66	354,66	0,150	0,150	53,20	53,20	
C2: EJE 1-B	0,30	0,30	4,00	0,0007	0,0007	2802231,254	354,66	354,66	0,150	3,900	53,20	1383,16	
C2: EJE 1-C	0,30	0,30	4,00	0,0007	0,0007	2802231,254	354,66	354,66	0,150	7,900	53,20	2801,79	
C2: EJE 1-D	0,30	0,30	4,00	0,0007	0,0007	2802231,254	354,66	354,66	0,150	11,900	53,20	4220,42	
C2: EJE 1-E	0,30	0,30	4,00	0,0007	0,0007	2802231,254	354,66	354,66	0,150	15,800	53,20	5603,59	
C1: EJE 1-F	0,30	0,30	4,00	0,0007	0,0007	2802231,254	354,66	354,66	0,150	18,650	53,20	6614,36	
C1: EJE 2-A	0,30	0,30	4,00	0,0007	0,0007	2802231,254	354,66	354,66	5,300	0,150	1879,68	53,20	
C2: EJE 2-B	0,30	0,30	4,00	0,0007	0,0007	2802231,254	354,66	354,66	5,300	3,900	1879,68	1383,16	
C2: EJE 2-C	0,30	0,30	4,00	0,0007	0,0007	2802231,254	354,66	354,66	5,300	7,900	1879,68	2801,79	
C2: EJE 2-D	0,30	0,30	4,00	0,0007	0,0007	2802231,254	354,66	354,66	5,300	11,900	1879,68	4220,42	

C2: EJE 2-E	0,30	0,30	4,00	0,0007	0,0007	2802231,254	354,66	354,66	5,300	15,800	1879,68	5603,59
C1: EJE 2-F	0,30	0,30	4,00	0,0007	0,0007	2802231,254	354,66	354,66	5,300	18,650	1879,68	6614,36
C1: EJE 3-A	0,15	0,30	4,00	0,0003	0,0001	2802231,254	177,33	44,33	6,625	0,150	293,70	26,60
C2: EJE 3-B	0,15	0,30	4,00	0,0003	0,0001	2802231,254	177,33	44,33	6,625	3,900	293,70	691,58
C2: EJE 3-C	0,15	0,30	4,00	0,0003	0,0001	2802231,254	177,33	44,33	6,625	7,900	293,70	1400,90
C2: EJE 3-D	0,15	0,30	4,00	0,0003	0,0001	2802231,254	177,33	44,33	6,625	11,900	293,70	2110,21
C2: EJE 3-E	0,15	0,30	4,00	0,0003	0,0001	2802231,254	177,33	44,33	6,625	15,800	293,70	2801,79
C1: EJE 3-F	0,15	0,30	4,00	0,0003	0,0001	2802231,254	177,33	44,33	6,625	18,650	293,70	3307,18
						Sumat, Σ	5319,86	4521,88			13359,50	51691,32
											CKx	CKy
											2,95	9,72

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 85

Cálculo de centro de rigidez de V-34, segundo y tercer piso

Cálculo del centro de rigidez, nivel: 2° y 3°												
Referencia de columna	Lados		H (m)	Ix (m ⁴)	Iy (m ⁴)	Elasticidad E (t/m ²)	Rigidez		Coordenada		Ky*Xi	Kx*Yi
	L (m)	L (m)					Kx (t/m)	Ky (t/m)	Xi	Yi		
C1: EJE 1-A	0,30	0,30	3,00	0,0007	0,0007	2802231,254	840,67	840,67	0,150	0,150	126,10	126,10
C2: EJE 1-B	0,30	0,30	3,00	0,0007	0,0007	2802231,254	840,67	840,67	0,150	3,900	126,10	3278,61
C2: EJE 1-C	0,30	0,30	3,00	0,0007	0,0007	2802231,254	840,67	840,67	0,150	7,900	126,10	6641,29
C2: EJE 1-D	0,30	0,30	3,00	0,0007	0,0007	2802231,254	840,67	840,67	0,150	11,900	126,10	10003,97
C2: EJE 1-E	0,30	0,30	3,00	0,0007	0,0007	2802231,254	840,67	840,67	0,150	15,800	126,10	13282,58
C1: EJE 1-F	0,30	0,30	3,00	0,0007	0,0007	2802231,254	840,67	840,67	0,150	18,650	126,10	15678,48
C1: EJE 2-A	0,30	0,30	3,00	0,0007	0,0007	2802231,254	840,67	840,67	5,300	0,150	4455,55	126,10
C2: EJE 2-B	0,30	0,30	3,00	0,0007	0,0007	2802231,254	840,67	840,67	5,300	3,900	4455,55	3278,61
C2: EJE 2-C	0,30	0,30	3,00	0,0007	0,0007	2802231,254	840,67	840,67	5,300	7,900	4455,55	6641,29
C2: EJE 2-D	0,30	0,30	3,00	0,0007	0,0007	2802231,254	840,67	840,67	5,300	11,900	4455,55	10003,97
C2: EJE 2-E	0,30	0,30	3,00	0,0007	0,0007	2802231,254	840,67	840,67	5,300	15,800	4455,55	13282,58
C1: EJE 2-F	0,30	0,30	3,00	0,0007	0,0007	2802231,254	840,67	840,67	5,300	18,650	4455,55	15678,48
C1: EJE 3-A	0,15	0,30	3,00	0,0003	0,0001	2802231,254	420,33	105,08	6,625	0,150	696,18	63,05
C2: EJE 3-B	0,15	0,30	3,00	0,0003	0,0001	2802231,254	420,33	105,08	6,625	3,900	696,18	1639,31
C2: EJE 3-C	0,15	0,30	3,00	0,0003	0,0001	2802231,254	420,33	105,08	6,625	7,900	696,18	3320,64
C2: EJE 3-D	0,15	0,30	3,00	0,0003	0,0001	2802231,254	420,33	105,08	6,625	11,900	696,18	5001,98
C2: EJE 3-E	0,15	0,30	3,00	0,0003	0,0001	2802231,254	420,33	105,08	6,625	15,800	696,18	6641,29
C1: EJE 3-F	0,15	0,30	3,00	0,0003	0,0001	2802231,254	420,33	105,08	6,625	18,650	696,18	7839,24
						Sumat, Σ	12610,04	10718,53			31666,96	122527,56
											CKx	CKy
											2,95	9,72

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 86*Centro de rigidez (CK) de V-34*

Cálculo del centro de rigidez (CKx, CKy)						
Nivel	ΣK_x	ΣK_y	$\Sigma K_y * X_i$	$\Sigma K_x * Y_i$	CKx (m) $\Sigma K_y * X_i / \Sigma K_y$	CKy (m) $\Sigma K_x * Y_i / \Sigma K_x$
1° piso	5319,86	4521,88	13359,50	51691,32	2,95	9,72
2° piso	12610,04	10718,53	31666,96	122527,56	2,95	9,72
3° piso	12610,04	10718,53	31666,96	122527,56	2,95	9,72

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 86 se observa que el centro de rigidez de V-34 tanto en el primer, segundo y tercer piso es 2.95 m en el eje (X) y 10,92 m en el eje (Y).

Tabla 87*Valores de centro de masa, centro de rigidez de V-34*

Nivel	CMx	CMy	CRx	CRy
1° piso	3.39	9.93	2.95	9.72
2° piso	3.38	9.94	2.95	9.72
3° piso	3.38	9.93	2.95	9.72

Fuente. Elaboración propia.**c. Cálculo de excentricidades****Excentricidad accidental (excentricidad permitida E_p)**

Según la Norma E.030 del RNE, para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel (e_i), se considera como 0,05 la dimensión del edificio en dirección perpendicular a la dirección de análisis. Quedando de la siguiente manera:

Primer, segundo y tercer piso:

$$E_{px} = 0,05 * 6,70 = 0,34 \text{ m} \quad E_p = \sqrt{E_{px}^2 + E_{py}^2} = 1,00 \text{ m}$$

$$E_{py} = 0,05 * 18,80 = 0,94 \text{ m}$$

Se observa que la excentricidad permitida para la vivienda número 34, tanto en el primer, segundo y tercer piso es de 1,0 m.

Excentricidad de piso (excentricidad calculada Ec)

La fuente de la cual se ha extraído las fórmulas para el cálculo de la excentricidad de piso se encuentra en el análisis sísmico de la vivienda de un piso en la presente tesis, quedando de la siguiente manera:

$$Ec = CM - CR$$

Primer piso

$$Ec_x = CM_x - CR_x = 3,39 - 2,95 = 0,44 \text{ m}$$

$$Ec_y = CM_y - CR_y = 9,93 - 9,72 = 0,21 \text{ m}$$

$$Ect = \sqrt{Ec_x^2 + Ec_y^2} = 0,48 \text{ m}$$

$$0,48 < 1,00 \longrightarrow \text{Cumple}$$

Segundo piso

$$Ec_x = CM_x - CR_x = 3,38 - 2,95 = 0,43 \text{ m}$$

$$Ec_y = CM_y - CR_y = 9,94 - 9,72 = 0,22 \text{ m}$$

$$Ect = \sqrt{Ec_x^2 + Ec_y^2} = 0,48 \text{ m}$$

$$0,65 < 1,00 \longrightarrow \text{Cumple}$$

Tercer piso

$$Ec_x = CM_x - CR_x = 3,38 - 2,95 = 0,43 \text{ m}$$

$$Ec_y = CM_y - CR_y = 9,93 - 9,72 = 0,21 \text{ m}$$

$$Ect = \sqrt{Ec_x^2 + Ec_y^2} = 0,48 \text{ m}$$

$$0,48 < 1,00 \longrightarrow \text{Cumple}$$

Como la excentricidad calculada en los tres pisos es menor que la excentricidad permitida, se concluye que las excentricidades de la vivienda en análisis cumplen con lo establecido en la Norma E.030 del RNE.

Tabla 88

Datos calculados de V-34

Nivel	Peso (t)	$\sum K_x$	$\sum K_y$	CMx	CMy	CRx	CRy	Ec _x	Ec _y	Ect	E _{px}	E _{py}	EP
1° piso	99,65	5319,86	4521,88	3,39	9,93	2,95	9,72	0,43	0,22	0,48	0,34	0,94	1,00
2° piso	98,03	12610,04	10718,53	3,38	9,94	2,95	9,72	0,43	0,22	0,48	0,34	0,94	1,00
3° piso	71,73	12610,04	10718,53	3,38	9,93	2,95	9,72	0,43	0,22	0,48	0,34	0,94	1,00
Σ	269,41	30539,94	25958,95										

Fuente. Elaboración propia.

d. Fuerza cortante en la base

Según la Norma E.030 para el cálculo de la fuerza basal se tiene la siguiente fórmula:

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

Donde:

V = Fuerza cortante base	= ?
Z = factor de zona	= 0,35
U = Uso o importancia	= 1
C = Coeficiente de amplificación sísmica	= 2,5
R = Coeficiente de reducción sísmica	= 8
P = Peso total de la edificación	= 269,41
S = Factor de suelo	= 1,2

Para C se tiene que si $T < T_p$ entonces $C = 2.5$.

$$T = \frac{hn}{Ct} = \frac{7}{35} = 0,20 \text{ s, como } T < T_p (T_p = 1) \text{ entonces } C = 2,5$$

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} * P = \left(\frac{0,35 * 1 * 2,5 * 1,2}{8} \right) * 269,41 = 35.36 \text{ t}$$

Del cálculo se tiene que la fuerza cortante basal es 33,31 toneladas.

e. Distribución de la fuerza sísmica en altura

De la Norma E.030 se tiene la siguiente fórmula y condición.

$$F_i = a_i \cdot V$$

$$a_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^j}$$

e) Para T menor o igual a 0,5 segundos $K = 1,0$.

f) Para T mayor que 0,5 segundos: $K = (0,75+0,5T) \leq 2,0$.

Como del cálculo anterior $T < 0,5$, entonces $K = 1$, con el cual la fórmula de fuerza sísmica distribuida en altura queda expresada de la siguiente manera:

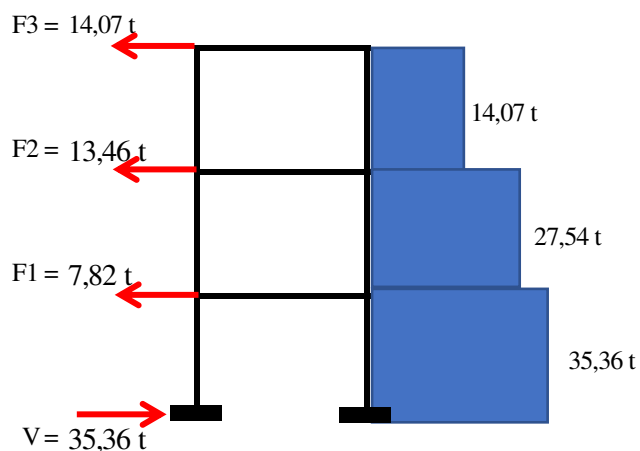
$$F_i = \left(\frac{P_i * h_i}{\sum P_i * h_i} \right) * V$$

Tabla 89*Fuerza sísmica (Fi) distribuida en altura de V-34*

Nivel	Peso (t)	hi	Pi*hi	ai	Vi	Fi (t)
1° piso	99,65	4	398,59	0,22	35,36	7,82
2° piso	98,03	7	686,20	0,38	27,54	13,46
3° piso	71,73	10	717,29	0,40	14,07	14,07
Σ	269,41		1802,08			35,36

Fuente. Elaboración propia.

De los resultados, en la tabla 89 se observa que la fuerza sísmica en el primer piso de la vivienda en análisis es de 7,82 t, en el segundo piso 13,46 t y en el tercer piso 14,07 t; asimismo en la siguiente figura se observa la distribución de la fuerza sísmica en altura de la vivienda número 34 (V-34).

**Figura 64.** Distribución de la fuerza sísmica en altura.*Fuente:* Elaboración propia.

f. Efectos de torsión

Según la norma E.030 en el centro de masas de cada nivel, además de la fuerza lateral estática actuante se aplica un momento torsor accidental (M_{ti}) que se calcula como:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$$

La fórmula anterior nos permite calcular el momento torsor tanto en direcciones x,y tal como se muestra en siguiente tabla, para el presente cálculo M_{ti} se ha remplazado por M_p .

Tabla 90

Momentos calculados y permitidos de V-34

Cálculo de momentos calculados y permitidos													
Nivel	Fi (t)	Excentricidad calculada (m)			Momento calculado (t*m)			Excentricidad permitida (m)			Momento permitido (t*m)		
		Exc _x	Exc _y	Exc _t	M _x	M _y	M _t	E _{px}	E _{py}	E _{pt}	M _{px}	M _{py}	M _{pt}
1° piso	7,8	0,43	0,22	0,48	3,37	1,7	3,78	0,34	0,94	1,00	2,62	7,35	7,80
2° piso	13,46	0,43	0,22	0,48	5,77	3,0	6,50	0,34	0,94	1,00	4,51	12,66	13,44
3° piso	14,07	0,43	0,22	0,48	6,06	3,1	6,79	0,34	0,94	1,00	4,71	13,23	14,04

Fuente. Elaboración propia.

g. Desplazamientos laterales y distorsión angular

Las fórmulas para el cálculo de los desplazamientos laterales y distorsión angular se puede encontrar en el análisis sísmico de la vivienda multifamiliar de un piso, en la presente tesis.

Tabla 91

Desplazamientos laterales y distorsión angular de V-34

Nivel	Fi	$\sum K_x$	$\sum K_y$	H (m)	U _x	U _y	Δx	$\sum \Delta x$	Δy	$\sum \Delta y$
1° piso	7,82	5319,86	4521,88	4,0	0,00147	0,00173	0,00294	0,00505	0,0034592	0,00595
2° piso	13,46	12610,04	10718,53	7,0	0,00107	0,00126	0,00122		0,0014356	
3° piso	14,07	12610,04	10718,53	10,0	0,00112	0,00131	0,00089		0,00105	

Fuente. Elaboración propia.

Desplazamientos laterales permisibles < 0.007

Como la edificación tiene una estructura irregular se amplificará el resultado anterior por R dado que así lo establece la Norma E.030, con el cual se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 92

Desplazamientos laterales permisibles de V-34

Desplazamientos laterales permisibles < 0.007					
Nivel	0,75*R	Dirección X-X		Dirección Y-Y	
		U _x	0,75*R*U _x	U _y	0,75*R*U _y
1° piso	6	0,00147	0,00882	0,00173	0,01038
2° piso	6	0,00107	0,00641	0,00126	0,00754
3° piso	6	0,00112	0,00670	0,00131	0,00788

Fuente. Elaboración propia.

De los resultados, en la tabla 92 se observa que los desplazamientos relativos laterales tanto en la dirección X - X como en la dirección Y - Y son mayores que 0,007; por lo tanto, se concluye que dicha vivienda V-34 no cumple con los parámetros establecidos en la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Análisis sísmico dinámico en el software SAP2000

Análisis sísmico dinámico de la vivienda de un piso (V-2)

Para el análisis sísmico dinámico se tiene diferentes parámetros que han permitido determinar el estado sísmico de la vivienda, se detalla a continuación.

En la siguiente figura se observa el dibujo de la vivienda en función a su longitud, sección y propiedades de sus elementos estructurales. En la parte derecha se puede observar ligeramente su longitud insertada en el software de dichos elementos.

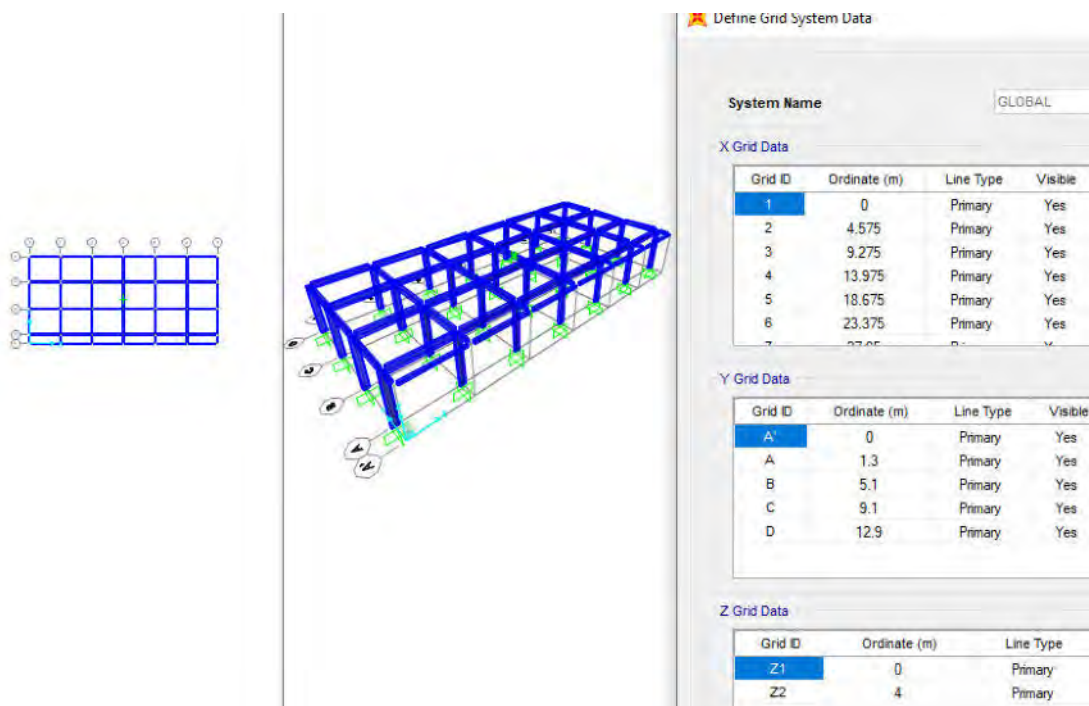


Figura 65. Dibujo de la vivienda de un piso en el SAP2000

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 66 se observa las propiedades del concreto de los elementos estructurales de la vivienda ($f'c = 284 \text{ kg/cm}^2$; $E = 2527844,9 \text{ T/m}^2$), $f'c$ determinado con el ensayo de esclerómetro.

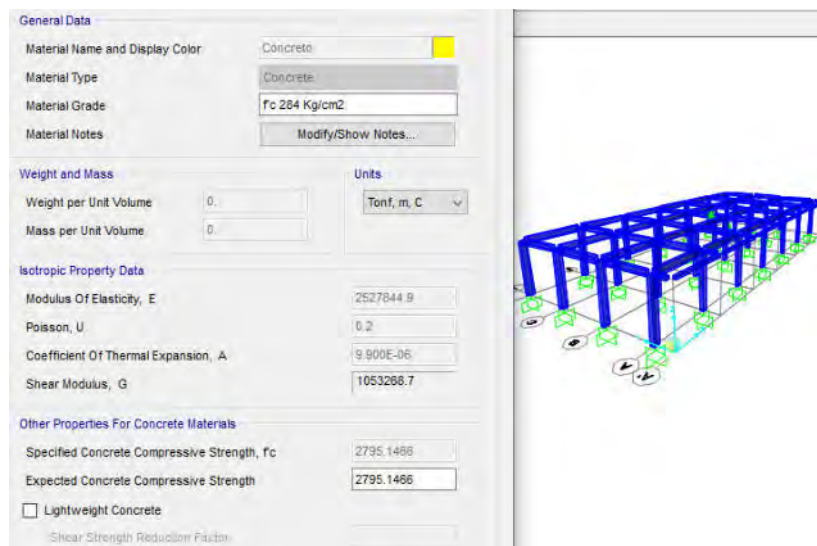


Figura 66. Propiedades del concreto de los elementos estructurales
Fuente: Elaboración propia.

Ingreso de los valores de la sección de los elementos estructurales de la vivienda. En la figura 67 se observa la inserción de una sección de columna de $0,25 \text{ m} * 0,45 \text{ m}$.

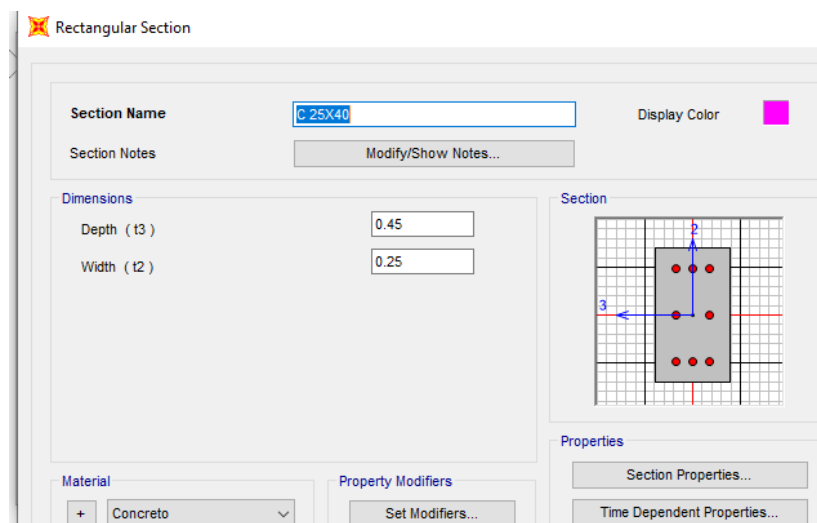


Figura 67. Seccionamiento de los elementos estructurales
Fuente: Elaboración propia.

Valores de las masas ejercidas en el centro de masa de la vivienda X, Y y a su vez su masa rotacional en Z (19,327; 9,327; 1581,428).

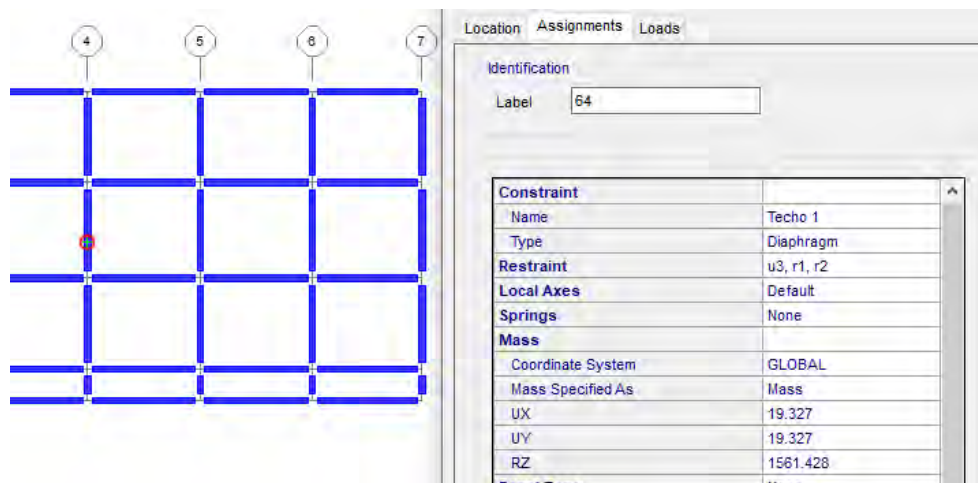


Figura 68. Masas que ejercen en el centro de masa
Fuente: Elaboración propia.

Espectro sísmico de la vivienda, $C = 2.5$ hasta $T = 1$.

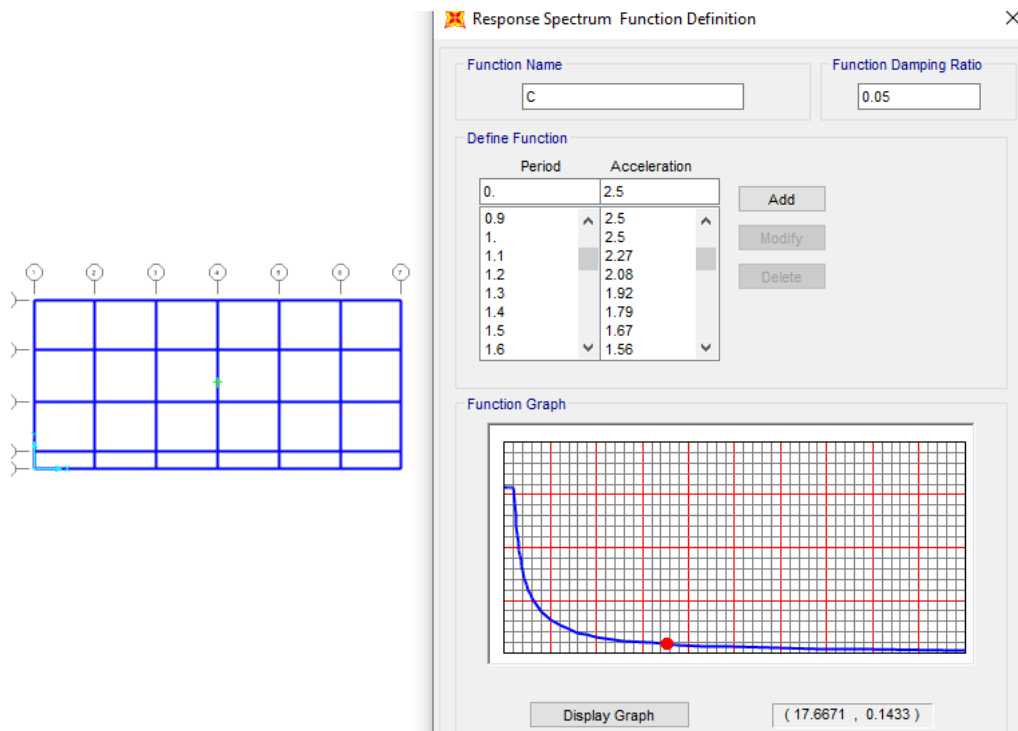


Figura 69. Espectro sísmico de la vivienda
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 70 se observa la combinación de sismo, amplificado en función a una vivienda regular ($0,75R = 6$).

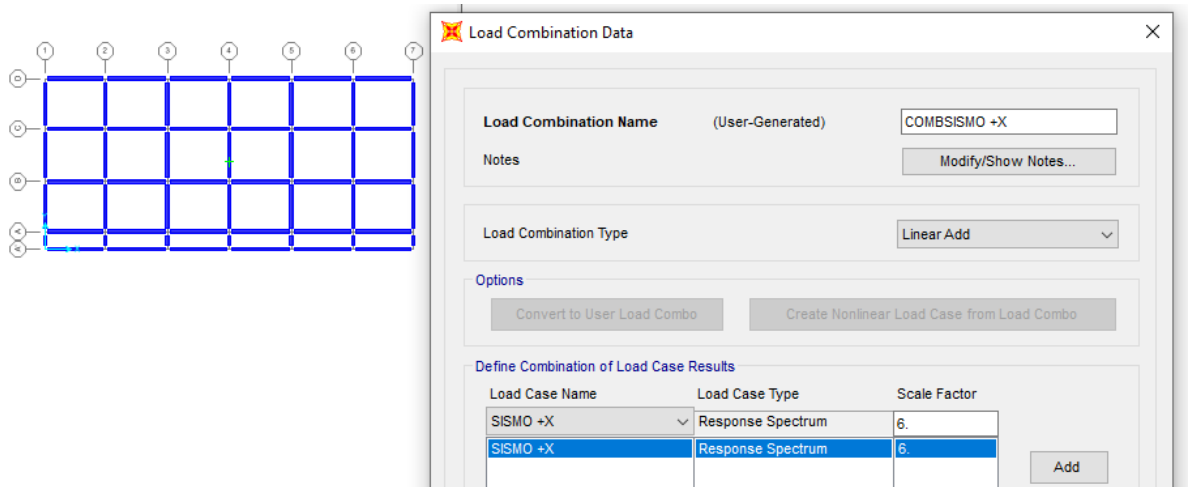


Figura 70. *Combinación de sismo en el eje +X*
Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente se observa los modos considerados para simulación de venida del sismo (modal, sismo +X, sismo +Y, combinación en +X, combinación en +Y).

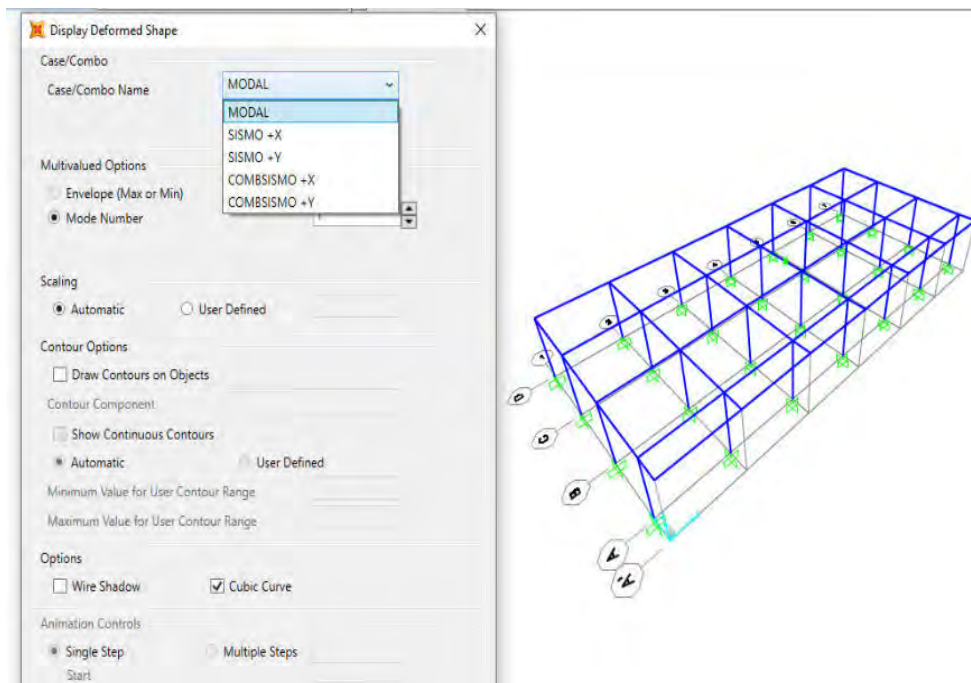


Figura 71. *Modos de simulación de venidas del sismo*
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 93 se observa que la sumatoria de las masas participativas de los modos tanto en el eje X y Y suman el 100 %, con la cual se verifica que el presente análisis es aceptable dado que la sumatoria del porcentaje de sus masas está por encima del 90 % que indica la norma E.030, asimismo la mayor masa participativa en el eje X se da en el modo 3 y en el eje Y se da en el modo 1.

Tabla 93

Reporte del SAP2000 – porcentaje de masas participativas

Análisis	Tipo	Número de modo	Periodo	% de masa en X	% de masa en Y	% de masa en Z
Modal	Modo	1	0,3072	0.00	100	0
Modal	Modo	2	0,2336	2,24	0	0
Modal	Modo	3	0,1843	97,76	0	0
				$\Sigma = 100$	$\Sigma = 100$	$\Sigma = 0$

Fuente. Elaboración propia.

A continuación, se observa el mayor desplazamiento relativo (0,2275) respecto al centro de masa en cuanto al modo 1 del análisis modal, dado en el eje Y, con un periodo de 0,3072 y una frecuencia de 3,255; tal como se observa en la siguiente figura.

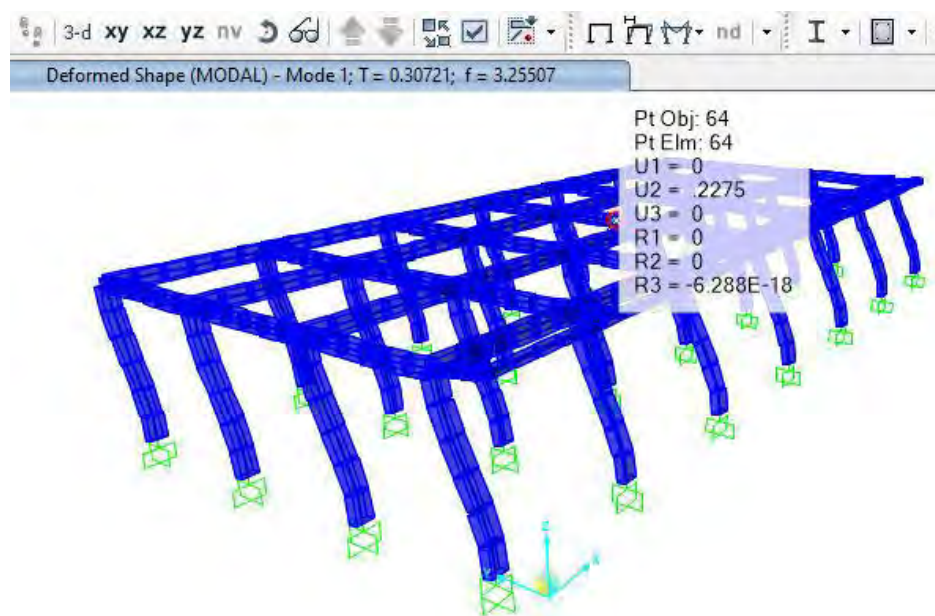


Figura 72. *Análisis modal – mayor desplazamiento relativo*

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 73 se observa que el desplazamiento relativo respecto al centro de masa según en el análisis de combinación de sismo en el eje X es de 0,0065.

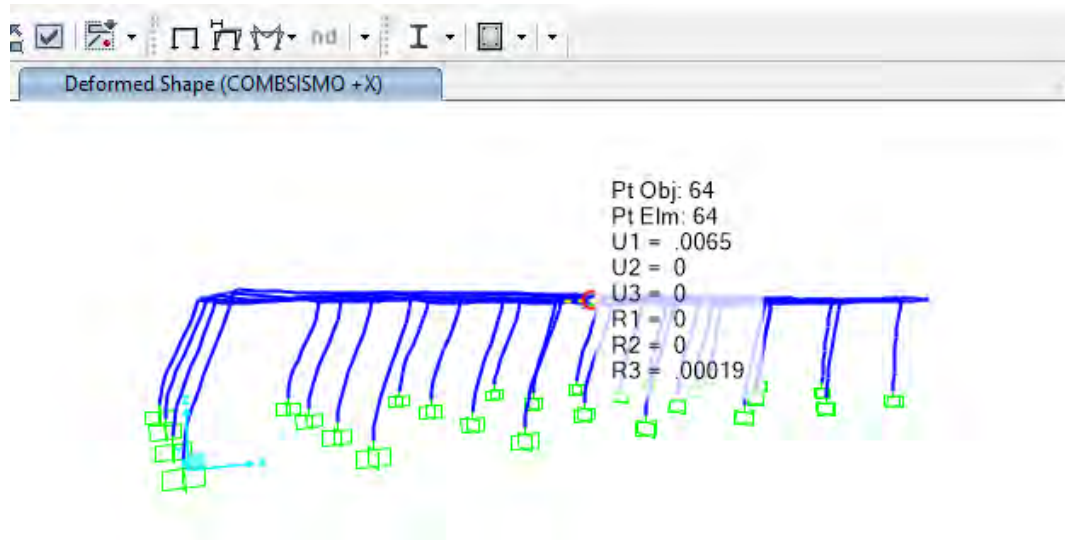


Figura 73. Desplazamiento relativo según combinación en el eje X
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 74 se observa que el desplazamiento relativo respecto al centro de masa según el análisis de combinación de sismo en el eje Y es de 0,0185.

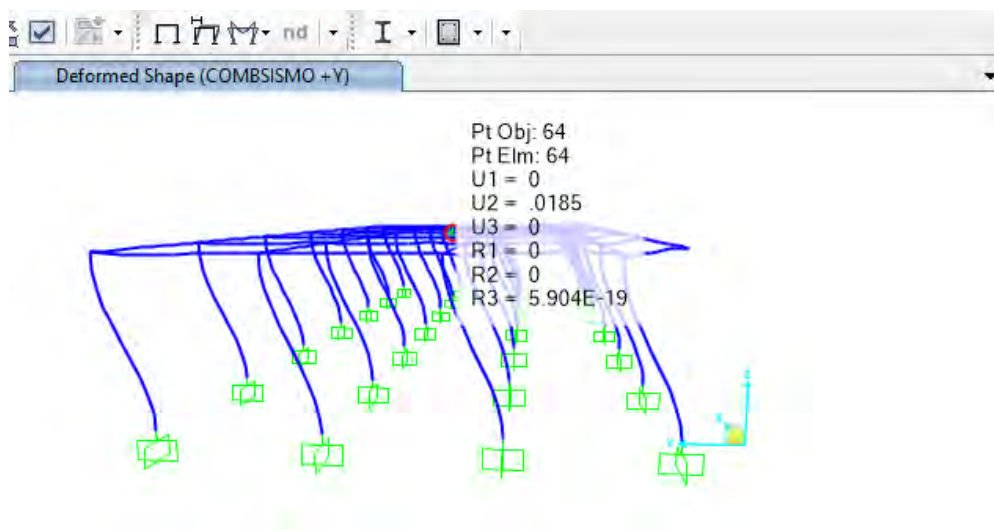


Figura 74. Desplazamiento relativo según combinación en el eje Y
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se concluye que la vivienda no cumple con los establecido en la norma E.030 del RNE, dado que existe valores de desplazamiento relativo que sobrepasan el valor de 0,007.

Análisis sísmico dinámico de la vivienda de 2 pisos (V-13)

Dibujo de la vivienda en el SAP2000 en función a las medidas y propiedades de sus elementos estructurales.

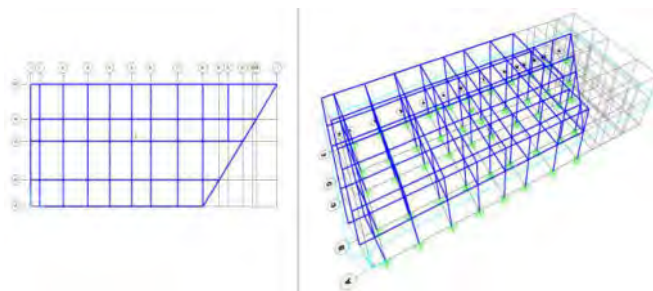


Figura 75. Dibujo en SAP2000 de la vivienda de 2 pisos
Fuente: Elaboración propia.

Se observa los valores de las masas que ejercen en el centro de masa X, Y del segundo piso de la vivienda y a su vez su masa rotacional en Z (16,52; 16,52; 907,203). De la misma manera se a insertado sus masas correspondientes que ejercen en el centro de masa del primer piso.

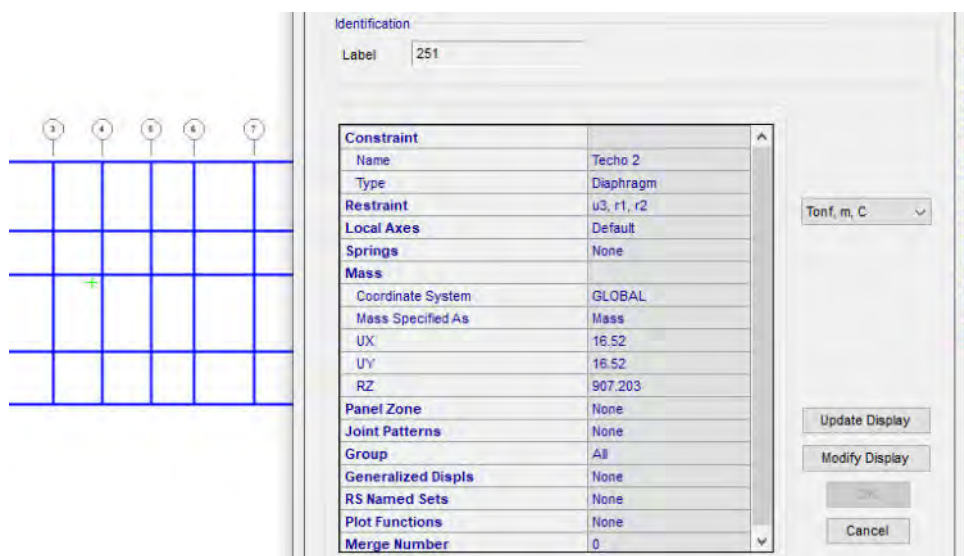


Figura 76. Masas que ejercen en el centro de masa del segundo piso
Fuente: Elaboración propia.

Espectro sísmico de la vivienda, $C = 2,5$ hasta $T = 1$.

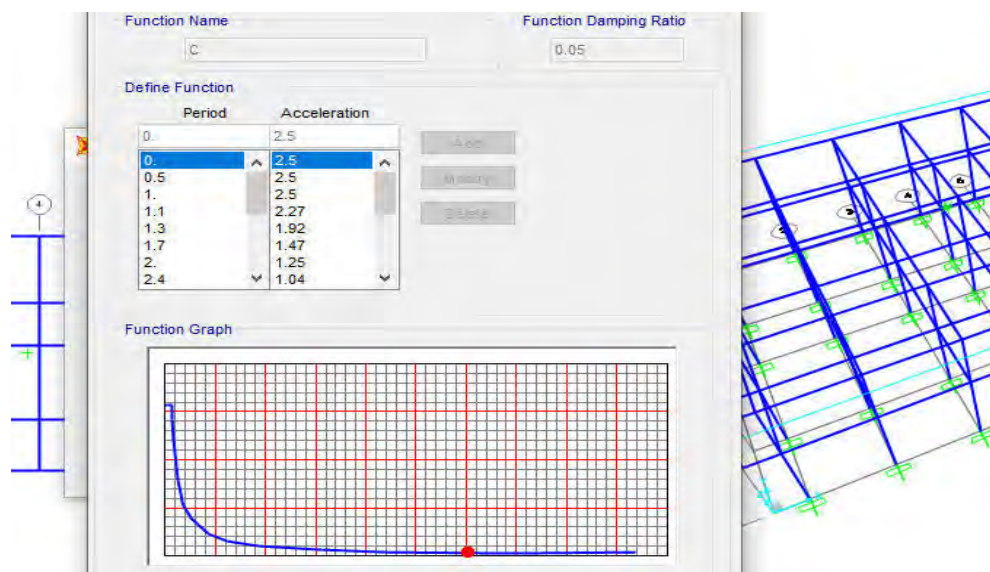


Figura 77. Espectro sísmico de la vivienda de 2 pisos.
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 94 se observa que la sumatoria de las masas participativas de los modos tanto en el eje X y Y suman el 100 %, con la cual se verifica que el presente análisis es aceptable dado que la sumatoria del porcentaje de sus masas está por encima del 90 % que indica la norma E.030, asimismo la mayor masa participativa en el eje X se da en el modo 1 y en el eje Y se da en el modo 2.

Tabla 94

Reporte del SAP2000 – porcentaje de masas participativas

Análisis	Tipo	Número de modo	Periodo	% de masa en X	% de masa en Y	% de masa en Z
Modal	Modo	1	0,5757	88,500	4,030	0
Modal	Modo	2	0,5545	7,650	79,020	0
Modal	Modo	3	0,4874	2,040	15,700	0
Modal	Modo	4	0,1932	1,660	0,060	0
Modal	Modo	5	0,1746	0,100	1,090	0
Modal	Modo	6	0,161	0,040	0,110	0
				$\Sigma = 100$	$\Sigma = 100$	$\Sigma = 0$

Fuente. Elaboración propia.

A continuación, se observa el modo1 del análisis modal, en dicho modo según la tabla anterior se tiene el 88,5% de masa participativa en el eje X. Se observa un periodo de 0,5757 y

una frecuencia de 1,7369, asimismo que el desplazamiento relativo en el eje X respecto al centro de masa en el primer piso es de -0,1237.

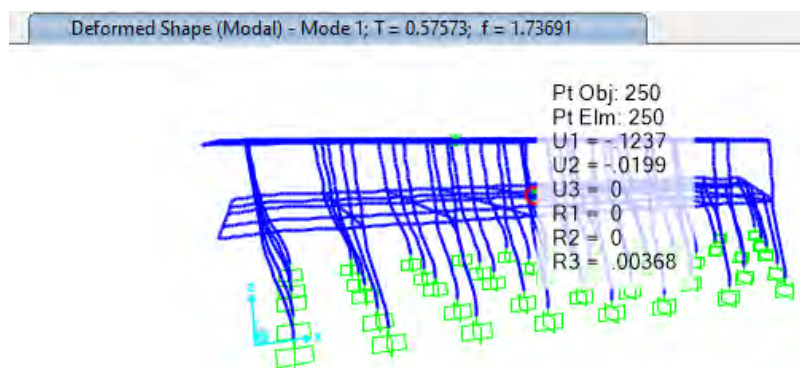


Figura 78. Análisis modal - modo 1.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 79 se observa los resultados de la combinación de sismo ($0,85 \cdot R$ por ser una vivienda irregular) en el eje X, donde su desplazamiento relativo respecto al centro de masa en el segundo piso sumado al primero es de 0,0822. En el primer piso su desplazamiento es de 0,0637.

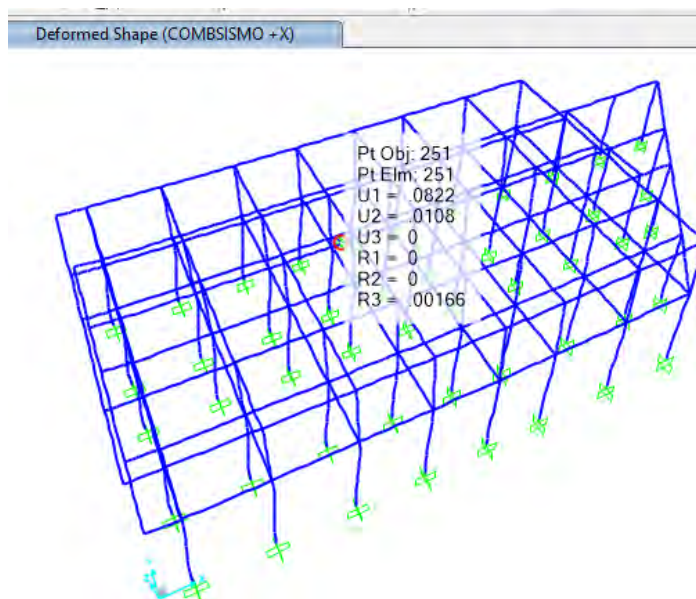


Figura 79. Análisis de combinación de sismo en el eje X
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 80 se observa los resultados de la combinación de sismo ($0,85 \cdot R$ por ser una vivienda irregular) en el eje Y, donde su desplazamiento relativo respecto al centro de masa en el segundo piso sumado al primero es de 0,0749. En el primer piso su desplazamiento es de 0,0527.

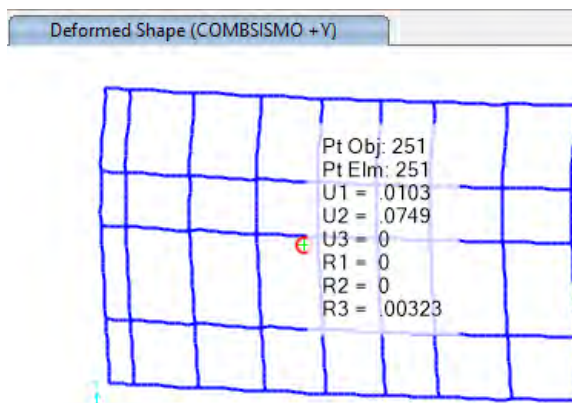


Figura 80. *Análisis de combinación de sismo en el eje Y*
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se concluye que la vivienda no cumple con lo establecido en la norma E.030 del RNE, dado que existen valores de desplazamientos relativos que sobrepasan el valor de 0,007.

Análisis sísmico dinámico de la vivienda de 3 pisos (V-34)

Dibujo de la vivienda en SAP2000 en función a su longitud, sección y propiedades de sus elementos estructurales.

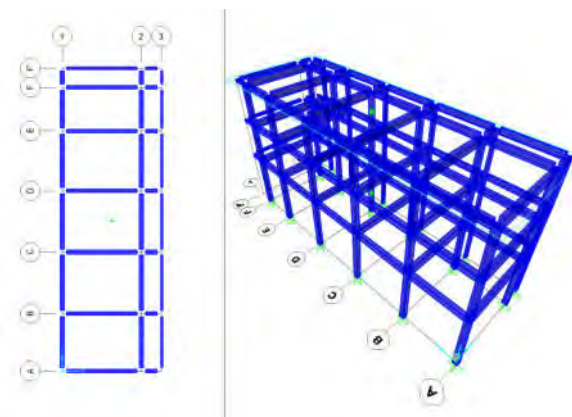


Figura 81. *Dibujo en SAP2000 de la vivienda de 3 pisos*
Fuente: Elaboración propia.

Se observa los valores de las masas que ejercen en el centro de masa X, Y del tercer piso de la vivienda y a su vez su masa rotacional en Z (6,78; 6,78; 251,363); tal como se observa en la siguiente figura. De la misma manera se ha aplicado sus respectivas masas en el centro de masa del primer y segundo piso de la vivienda.

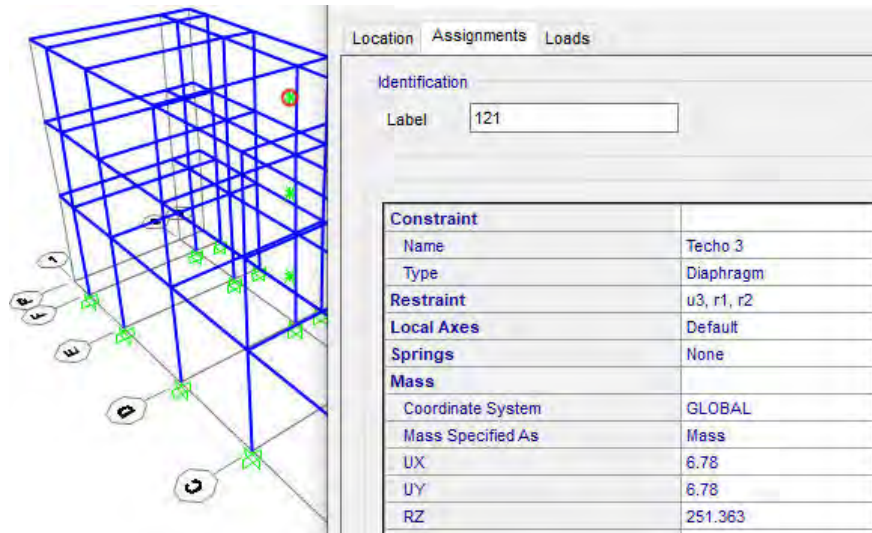


Figura 82. Masas que ejercen en el centro de masa de cada piso.
Fuente: Elaboración propia.

Espectro sísmico de la vivienda. $C = 2,5$ hasta $T = 1$.

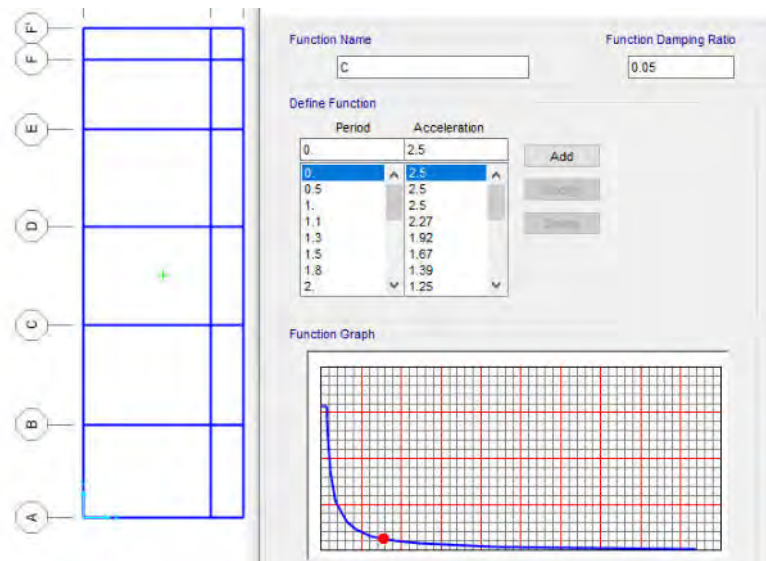


Figura 83. Espectro sísmico de la vivienda de 3 pisos.
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 95 se observa que la sumatoria de las masas participativas de los modos tanto en el eje X y Y suman el 100 %, con la cual se verifica que el presente análisis es aceptable dado que la sumatoria del porcentaje de sus masas está por encima del 90 % que indica la norma E.030, asimismo la mayor masa participativa en el eje X se da en el modo 2 y en el eje Y se da en el modo 1.

Tabla 95

Reporte del SAP2000 – porcentaje de masas participativas

Análisis	Tipo	Número de modo	Periodo	% de masa en X	% de masa en Y	% de masa en Z
Modal	Modo	1	0,5897	0,04	94,44	0
Modal	Modo	2	0,5358	94,37	0,10	0
Modal	Modo	3	0,4642	1,08	1,04	0
Modal	Modo	4	0,1868	0,00	4,02	0
Modal	Modo	5	0,171	4,17	0,01	0
Modal	Modo	6	0,1482	0,05	0,05	0
Modal	Modo	7	0,1156	0,00	0,34	0
Modal	Modo	8	0,1053	0,28	0,00	0
Modal	Modo	9	0,0916	0,00	0,01	0
				$\Sigma = 100$	$\Sigma = 100$	$\Sigma = 0$

Fuente. Elaboración propia.

En la figura 84, se observa el modo1 del análisis modal, en dicho modo según la tabla anterior se tiene el 94,44% de masa participativa en el eje Y. Se observa un periodo de 0,5897 y una frecuencia de 1,7957, asimismo que el desplazamiento relativo en el eje X respecto al centro de masa en el tercer piso es de -0,2398 sumado al primer y segundo.

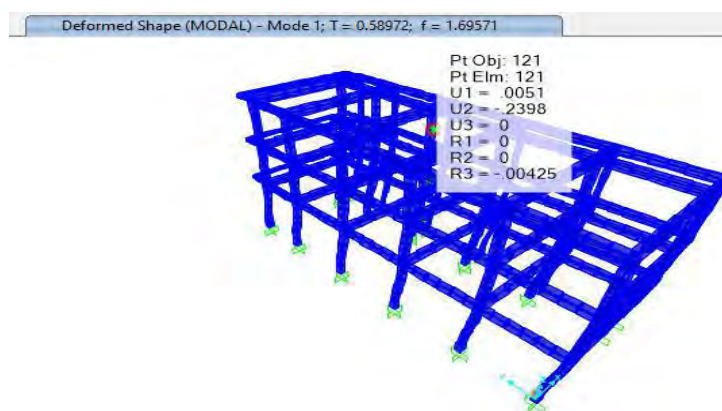


Figura 84. Análisis modal – modo 1

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 85 se observa los resultados de la combinación de sismo ($0,75 \cdot R$ por ser una vivienda irregular) en el eje X, donde su desplazamiento relativo respecto al centro de masa en el primer piso es de 0,039.

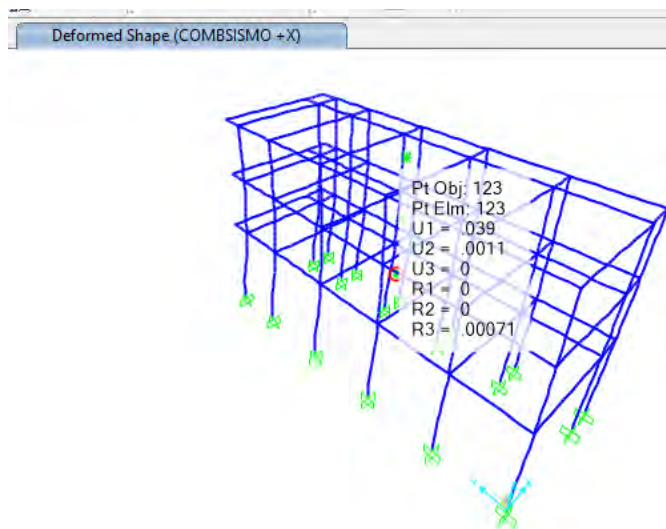


Figura 85. Análisis de combinación de sismo en el eje X
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 86 se observa los resultados de la combinación de sismo ($0,75 \cdot R$ por ser una vivienda irregular) en el eje Y, donde su desplazamiento relativo respecto al centro de masa en el primer piso es de 0,0473.

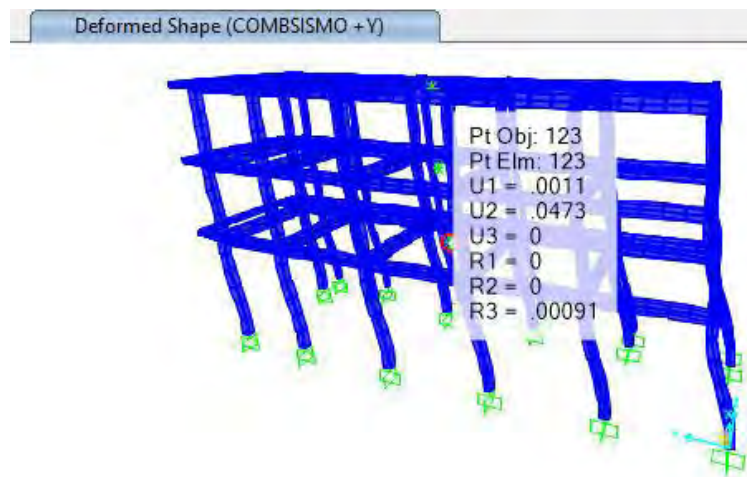


Figura 86. Análisis de combinación de sismo en el eje Y
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se concluye que la vivienda no cumple con los establecido en la norma E.030 del RNE, dado que existe valores de desplazamiento relativo que sobrepasan el valor de 0,007.

5.2. Aplicación estadística

Aplicación del chi – cuadrado

En la siguiente tabla se tiene los niveles de vulnerabilidad, asimismo las variables correspondientes a la presente tesis, la variable vulnerabilidad sísmica categorizada en niveles muy alto, alto y moderado según los resultados que se tiene y la variable vivienda multifamiliar con sus respectivos indicadores o características. Se necesita conocer o calcular si las características de las viviendas multifamiliares tienen una asociación con el nivel de vulnerabilidad, es decir conocer si el nivel de vulnerabilidad sísmica depende de las condiciones en las que se encuentran las características de la vivienda. Dicho cálculo se efectuará con un nivel de significancia del 1 %.

Tabla 96

Aplicación de chi cuadrado: valores observados

Vulnerabilidad sísmica	Variables y su aplicación														Σ		
	Cantidad	Antigüedad de la edificación			Su configuración geométrica en planta es regular		Su configuración geométrica en elevación es regular		Vivienda multifamiliar		Tipo de suelo			Condiciones de los materiales		Topografía	
		De 0 a 2 años	De 3 a 19 años	De 20 a 49 años	Si	No	Si	No	Granular fino y arcilloso	Depósito de suelos finos	Bueno estado	Regular estado	Deterioro	Hasta 10 %			
Nivel																	
Muy alto	21	1	10	10	5	16	2	19	4	17	18	1	2	21	147		
Alto	42	6	28	8	34	8	25	17	13	29	42	0	0	42	294		
Moderado	6	4	2	0	6	0	6	0	3	3	6	0	0	6	42		
Σ	69	11	40	18	45	24	33	36	20	49	66	1	2	69	483		

Fuente. Elaboración propia.

A continuación, se define las hipótesis de trabajo.

Ho: **No** hay dependencia o asociación entre las características de las viviendas multifamiliares y el nivel de vulnerabilidad sísmica.

H1: **Si** hay dependencia o asociación entre las características de las viviendas multifamiliares y el nivel de vulnerabilidad sísmica.

A continuación, se calcula los grados de libertad:

$$gl = (r-1)(c-1) = (3-1) * (13-1) = 24$$

De la tabla siguiente que consiste en la distribución Chi Cuadrado X^2 se tiene que el valor crítico de rechazo de H_0 para 24 grados de libertad con una significancia del 1 % es igual a 51,1790.

Tabla 97

Distribución Chi Cuadrado X^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193

28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612

Fuente. Salgado. *Tabla de distribución de chi cuadrado* (2014).

En la tabla a continuación se muestra los valores esperados:

Tabla 98

Aplicación de chi cuadrado: valores esperados

Variables y sus elementos															
Vulnerabilidad sísmica	Cantidad	Vivienda multifamiliar												Σ	
		Antigüedad de la edificación			Su configuración geométrica en planta es regular		Su configuración geométrica en elevación es regular		Tipo de suelo		Condiciones de los materiales				Topografía
		De 0 a 2 años	De 3 a 19 años	De 20 a 49 años	Si	No	Si	No	Granular fino y arcilloso	Depósito de suelos finos	Bueno estado	Regular estado	Deterioro		Hasta 10 %
Muy alto	21	3,35	12,17	5,48	13,70	7,30	10,04	10,96	6,09	14,91	20,09	0,30	0,61	21,00	147
Alto	42	6,70	24,35	10,96	27,39	14,61	20,09	21,91	12,17	29,83	40,17	0,61	1,22	42,00	294
Moderado	6	0,96	3,48	1,57	3,91	2,09	2,87	3,13	1,74	4,26	5,74	0,09	0,17	6,00	42
Σ	69	11,00	40,00	18,00	45,00	24,00	33,00	36,00	20,00	49,00	66,00	1,00	2,00	69,00	483

Fuente. Elaboración propia.

A continuación, se calcula el X^2 , siguiendo la secuencia de los dos primeros términos para cada celda de nivel de vulnerabilidad versus características:

$$X^2 = \frac{(1-3,35)^2}{3,35} + \frac{(6-6,70)^2}{6,70} + 9,68+0,39+0,55+0,63+3,7+0,8+1,6+5,52+1,59+1,11+10,35+2,99+2,087+6,44+1,2+3,42+5,9+1,1+3,13+0,72+0,06+0,91+0,29+0,02+0,37+0,22+0,08+0,01+1,59+0,61+0,09+3,18+1,22+0,17+0+0+0 = 73,46.$$

$$X^2 = 73,46$$

Como el valor calculado de X^2 es 73,46 y previamente se estableció que el punto crítico para la distribución X^2 con una significancia de 1 % y 24 grados de libertad es igual a 51,1790 podemos afirmar que nuestro valor estadístico está dentro de la zona de rechazo de H_0 .

Nivel de vulnerabilidad de las viviendas multifamiliares

En la tabla 99 se muestran los resultados del análisis documental de la presente tesis, donde nos indica que el 30,43 % de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva

Cajamarca tiene un nivel de vulnerabilidad muy alto, el 60,87 % un nivel alto y el 8,70 % un nivel moderado.

Tabla 99

Resultados del análisis documental

Nivel de vulnerabilidad	Cantidad de viviendas multifamiliares	Porcentaje (%)
Muy alto	21	30,43
Alto	43	62,32
Moderado	5	7,25
Total	69	100

Fuente. Elaboración propia

En la figura siguiente se muestra la representación gráfica de la tabla 99.

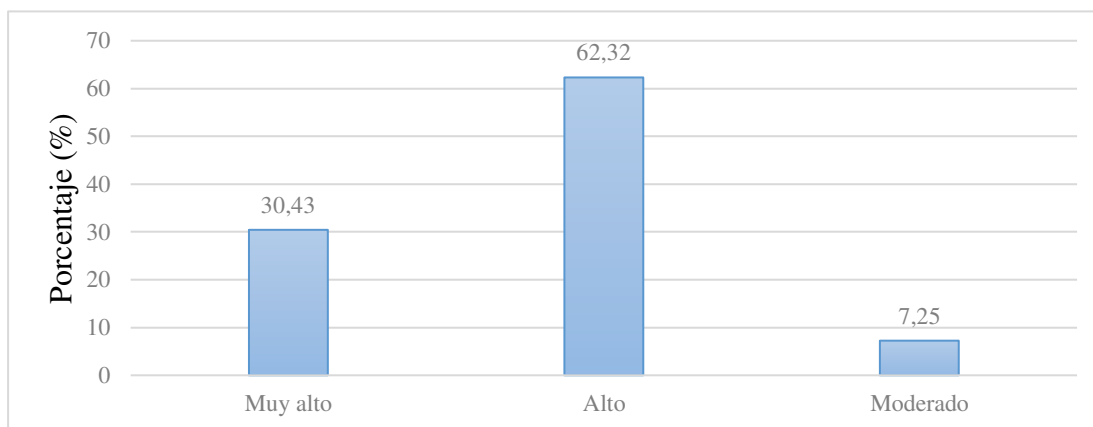


Figura 87. *Resultados del análisis documental.*

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 6. ANALISIS COSTO/BENEFICIO

6.1. Beneficios no financieros.

La presente tesis al ser alcanzada a Instituciones como la Municipalidad Distrital o el PEAM entre otras, permite a dichas instituciones tener la facilidad de tomar medidas, informar y preparar a los ciudadanos ante la posible ocurrencia de un sismo en base a los resultados del nivel de vulnerabilidad sísmica que se tiene en la presente tesis, que son desfavorables para la ciudad de Nueva Cajamarca por cuanto indican que tienen nivel de vulnerabilidad sísmica entre alto y muy alto el 91,30 % de viviendas multifamiliares de la ciudad mencionada, es decir existe un alto riesgo de probabilidad de pérdidas significativas de vidas humanas y económicas ante el posible suceso de un fuerte sismo por el cual se tiene que minimizar dicho riesgo elaborando por ejemplo un plan de contingencia donde se informe a los ciudadanos cuales son los lugares apropiados a acudir y qué medidas tomar en caso de la ocurrencia de un sismo fijándose en el plano de zonificación de vulnerabilidad que se tiene en la presente tesis.

6.2. Evaluación Económica - Financiera

En la presente tesis se tiene gastos en servicios y gastos en materiales de oficina, tal como se detalla a continuación.

Gastos en servicios

En la siguiente tabla se muestran los gastos en servicio que se ha tenido para la elaboración de la presente tesis.

Tabla 100

Gastos en servicios

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Transporte terrestre	mes	3	S/ 120,00	S/ 360,00
2	Servicio de internet	mes	3	S/ 30,00	S/ 90,00
3	Hospedaje	mes	3	S/ 160,00	S/ 480,00
4	Alimentación	mes	3	S/ 450,00	S/ 1 350,00
5	Asesoramiento	global	1	S/ 750,00	S/ 750,00
Sumatoria					S/ 3,030.00

Fuente. Elaboración propia.

Gastos en materiales de oficina

En la siguiente tabla se muestran los gastos en materiales de oficina que se ha tenido para la elaboración de la presente tesis:

Tabla 101

Gastos en materiales de oficina

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Impresiones	global	1	S/ 150,00	S/ 150,00
2	Fotocopias	global	1	S/ 50,00	S/ 50,00
3	Útiles de oficina	global	1	S/ 20,00	S/ 20,00
4	Anillado de folios	unidad	2	S/ 30,00	S/ 60,00
Sumatoria					S/ 280,00

Fuente. Elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los gastos que se ha tenido en la presente tesis.

Tabla 102

Resumen de gastos

Ítem	Descripción	Precio total
1	Gastos en servicios	S/ 3 030,00
2	Gastos en materiales de oficina	S/ 280,00
Sumatoria		S/ 3 310,00

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 7. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Resultados

Resultados de pruebas de campo

Muestreo

Se ha logrado efectuar el muestreo de las 69 viviendas multifamiliares muestra de estudio del cual se tiene los siguientes resultados.

El 95,65 % han sido construidas de albañilería confinada, 2,90 % de albañilería y 1,45 % de madera. En la siguiente figura podemos ver la representación gráfica de resultados:

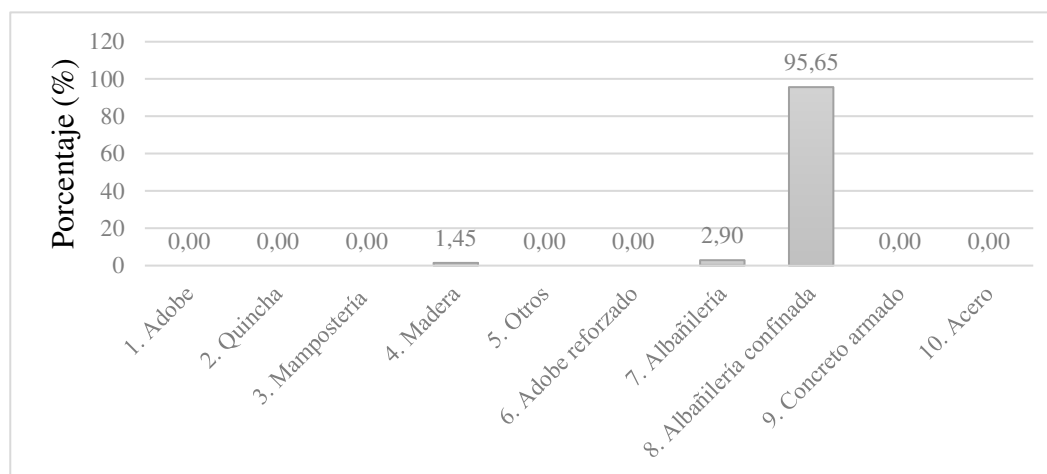


Figura 88. Resultados de pruebas de campo - material predominante.

Fuente: Elaboración propia.

El 34,78 % tiene configuración irregular en planta y el 49,28 % en elevación. En las siguientes figuras podemos ver la representación gráfica de resultados:

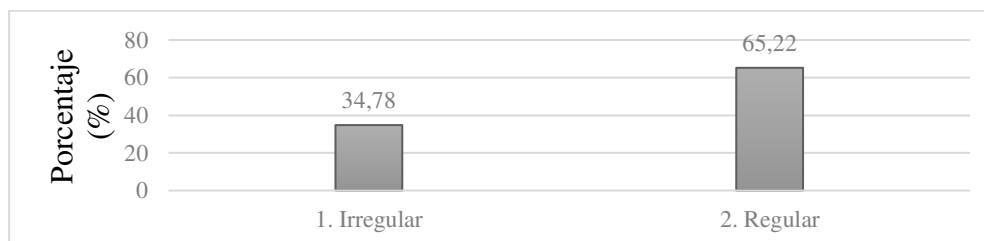


Figura 89. Resultados de pruebas de campo - configuración geométrica en planta.

Fuente: Elaboración propia.

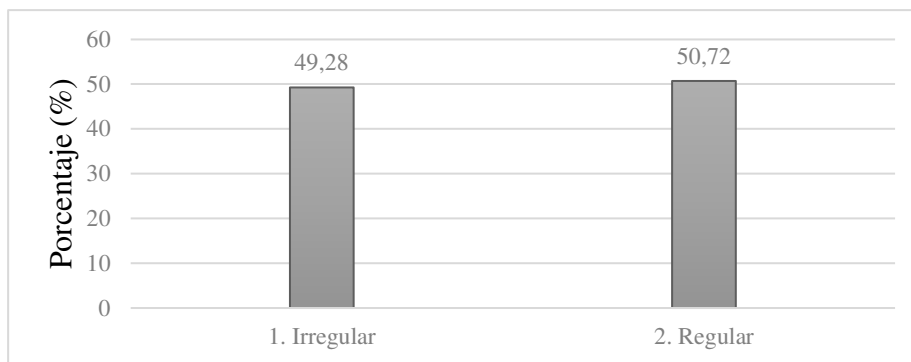


Figura 90. Resultados de pruebas de campo - configuración geométrica en elevación.
Fuente: Elaboración propia.

El 100 % de viviendas no cuentan con juntas de dilatación de acorde a la estructura.

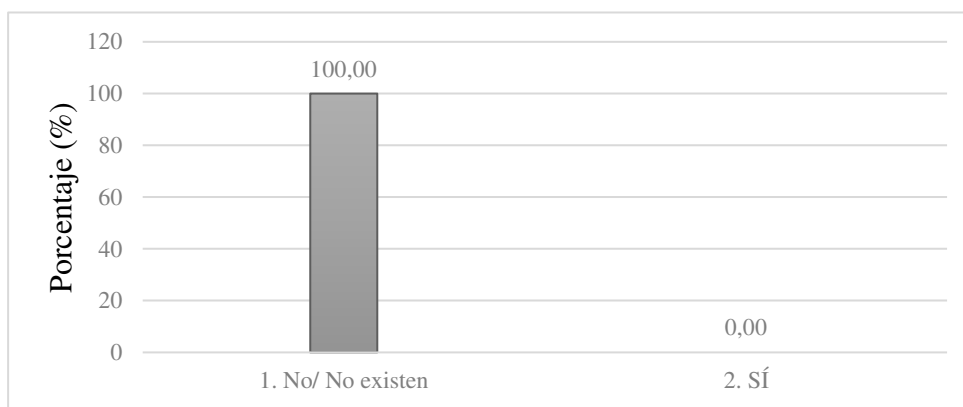


Figura 91. Resultados de pruebas de campo - juntas de dilatación de acorde a la estructura.
Fuente: Elaboración propia.

El 14,49 % de viviendas multifamiliares tienen concentración de masa en niveles superiores.

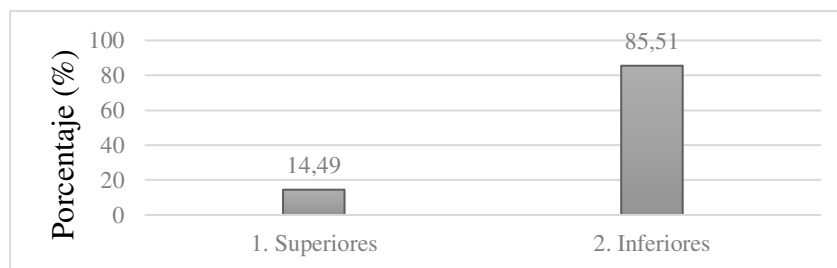


Figura 92. Resultados de pruebas de campo - concentración de masas en niveles.
Fuente: Elaboración propia.

El 95,65 % de viviendas presenta condiciones de buen estado de sus principales elementos estructurales. Los resultados se muestran en la siguiente representación gráfica:

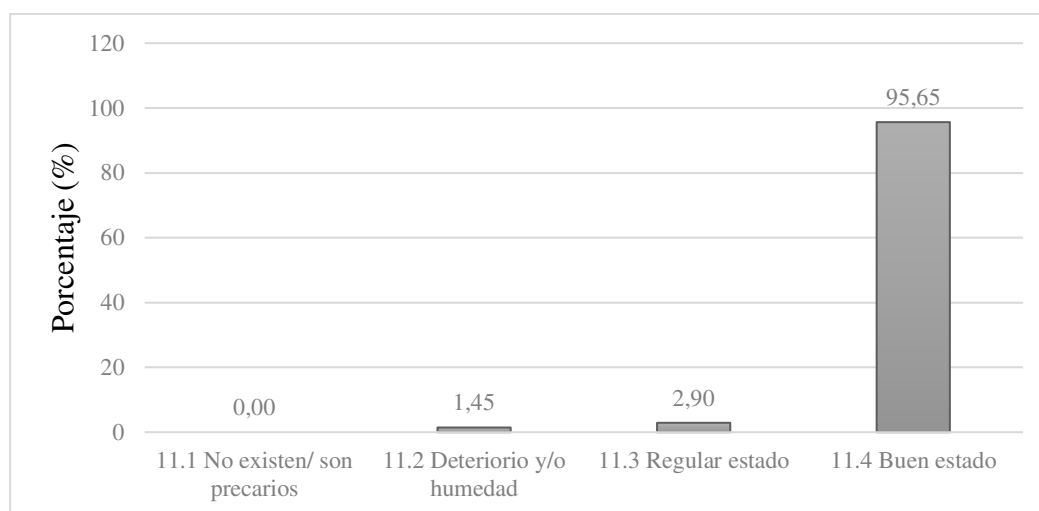


Figura 93. Resultados de pruebas de campo - estado de principales elementos estructurales.
Fuente: Elaboración propia.

El 1,45 % de viviendas está expuesto a inundaciones. En la siguiente figura podemos ver la representación gráfica de resultados.

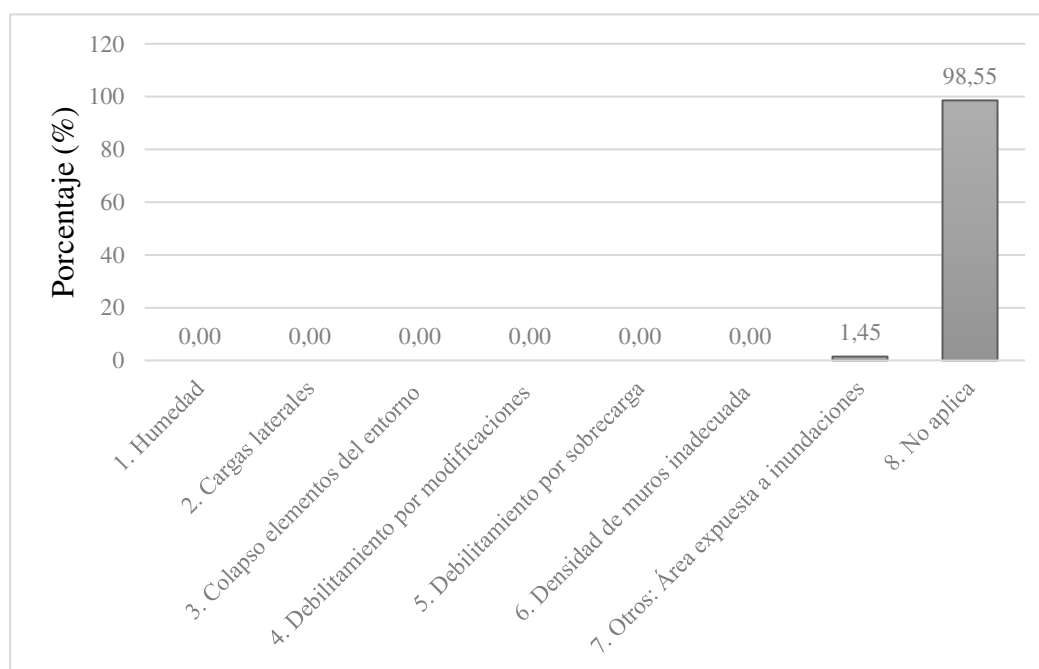


Figura 94. Resultados de pruebas de campo - otros factores que inciden en la vulnerabilidad.
Fuente: Elaboración propia.

Entrevista

A través de la entrevista a los propietarios o usuarios concedores de las 69 viviendas multifamiliares muestra de estudio se ha podido determinar lo siguiente:

Sólo el 34,78 % de viviendas multifamiliares no contó con la participación de un ingeniero civil durante su diseño y construcción. En la siguiente figura se muestra la representación gráfica de resultados.

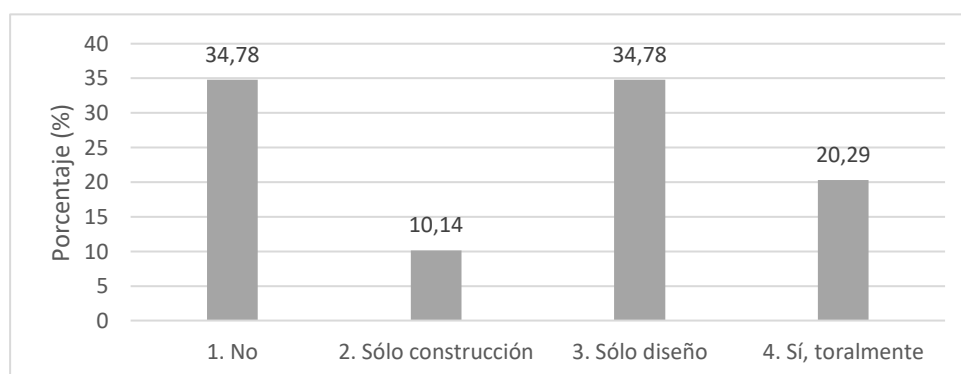


Figura 95. Resultados de pruebas de entrevista - participación de un ingeniero civil.
Fuente: Elaboración propia.

El 26,09 % de viviendas multifamiliares tienen entre 20 y 49 años de antigüedad, 65,22 % entre 13 y 19 años y el 8,70 % entre 0 y 2 años. En la siguiente figura podemos ver la representación gráfica de resultados:

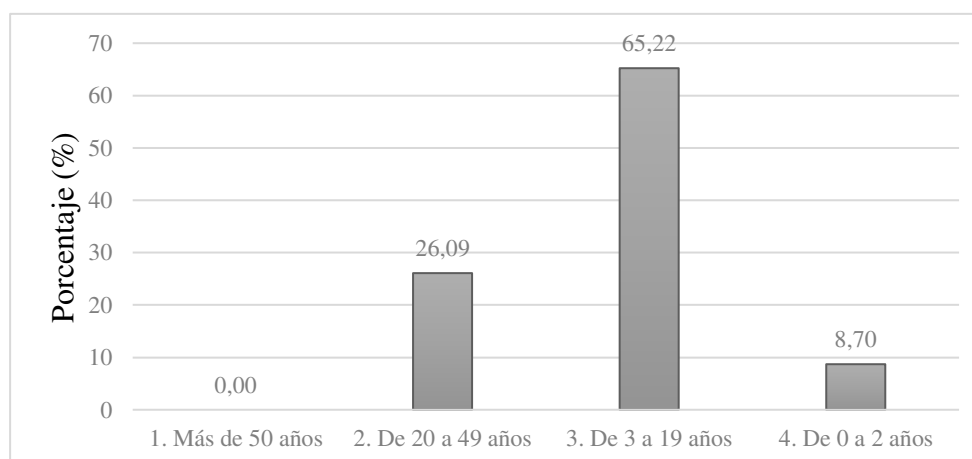


Figura 96. Resultados de pruebas de entrevista - antigüedad de la edificación.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados del estudio de mecánica de suelos.

A través del estudio de mecánica de suelos se ha podido determinar que el 71,01 % de viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca han sido construidas en depósitos de suelos finos el cual según la clasificación SUCS comprende suelos CL, ML, SC, SP-SM y el 28,99 % en suelo granular fino y arcilloso el cual según la clasificación SUCS comprende suelos GM, GP, GC, GP-GM, GW-GM. En la siguiente figura podemos ver la representación gráfica de los resultados:

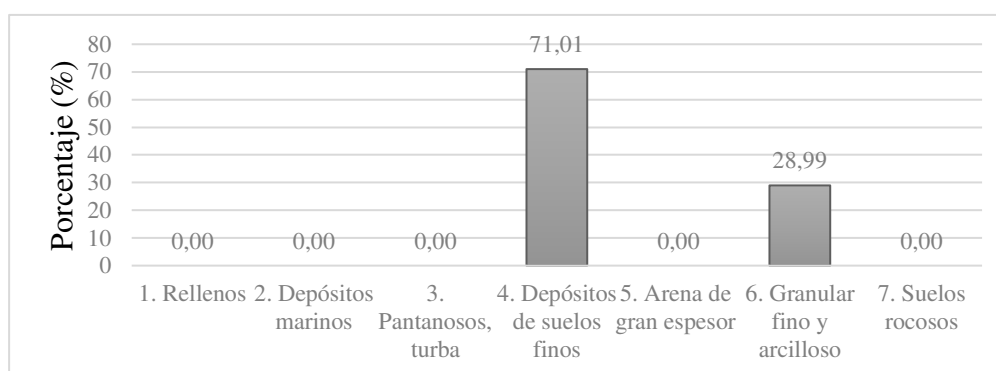


Figura 97. Resultados de estudio de mecánica de suelos - tipo de suelo.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de estudio topográfico.

El estudio topográfico nos ha permitido determinar que la topografía del terreno de las viviendas multifamiliares y la topografía del terreno colindante a las viviendas multifamiliares o área de influencia tienen pendientes menores del 10 %, es decir dicho terreno es prácticamente plano. En las siguientes representaciones gráficas podemos ver los resultados del estudio topográfico:

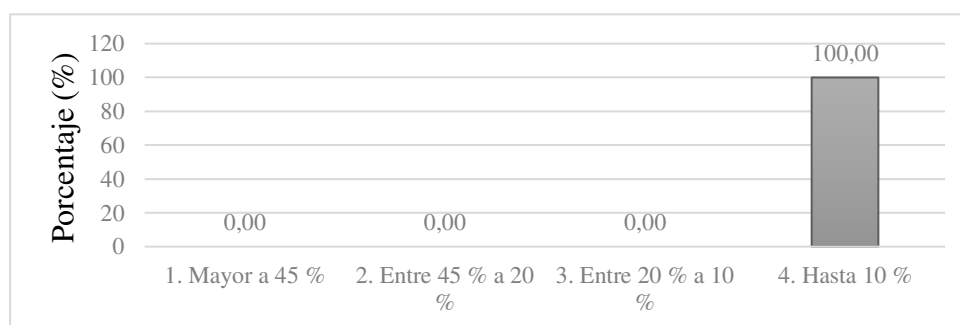


Figura 98. Resultado del estudio topográfico - topografía del terreno de la vivienda

Fuente: Elaboración propia.

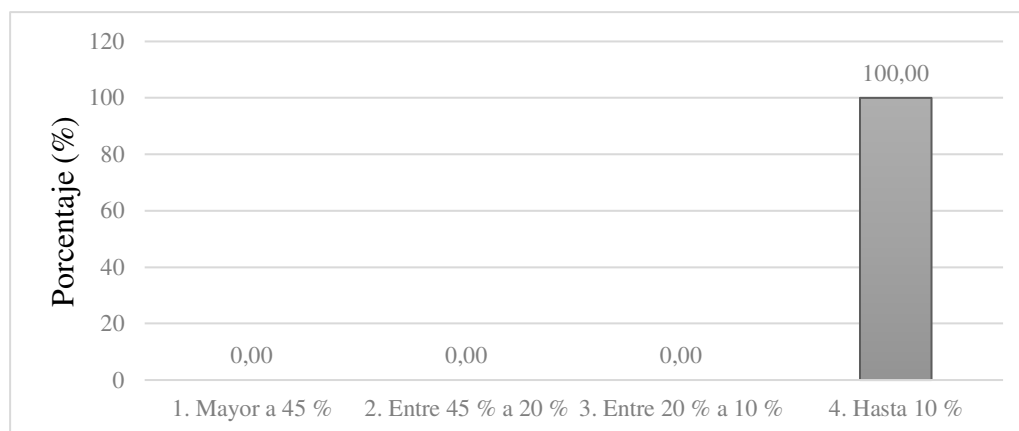


Figura 99. Resultado del estudio topográfico - topografía del terreno colindante a la vivienda.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de prototipo

A través del prototipo (ficha de verificación) se ha determinado que el 30,43 % de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca tienen un nivel de vulnerabilidad sísmica muy alto, el 60,87 % un nivel alto, el 8,70 % un nivel moderado y el 0,00 % un nivel de vulnerabilidad sísmica bajo. En la siguiente figura podemos ver la representación gráfica de resultados:

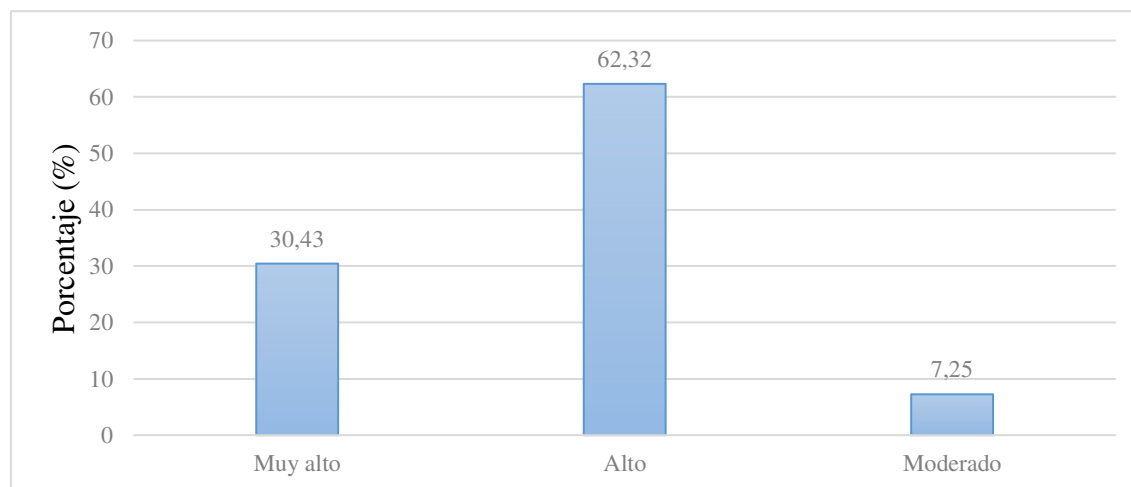


Figura 100. Resultados de prototipo - nivel de vulnerabilidad sísmica.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de modelamiento

Del análisis sísmico se tiene que los desplazamientos relativos de la vivienda de uno (V-2), dos (V-13) y tres (V-34) pisos no cumplen con lo permitido en la Norma E.030 del RNE, por ende, son viviendas sísmicamente vulnerables; igual lo define los resultados de la ficha de verificación en donde las tres viviendas tiene un nivel de vulnerabilidad entre alto y muy alto.

Resultados del análisis sísmico estático

Tabla 103

Desplazamientos permisibles de la vivienda de un piso

Desplazamientos laterales permisibles < 0,007					
Nivel	0,75*R	Dirección X-X		Dirección Y-Y	
		U _x	0,75*R*U _x	U _y	0,75*R*U _y
1° piso	6	0.0014	0.00844	0.0036	0.02160

Fuente. Elaboración propia.

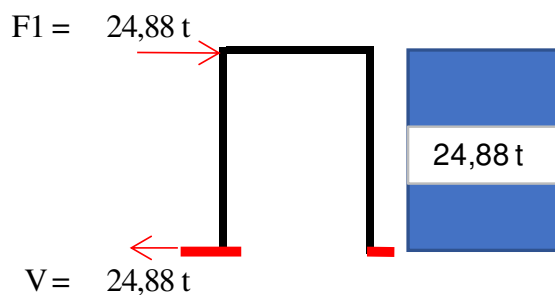


Figura 101. Fuerza distribuida en altura (vivienda de un piso).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 104

Desplazamientos permisibles de la vivienda de dos pisos

Desplazamientos laterales permisibles < 0.007					
Nivel	0,85*R	Dirección X-X		Dirección Y-Y	
		U _x	0,85*R*U _x	U _y	0,85*R*U _y
1° piso	6.8	0.00383	0.02603	0.00469	0.03186
2° piso	6.8	0.00188	0.01277	0.00226	0.01538

Fuente. Elaboración propia.

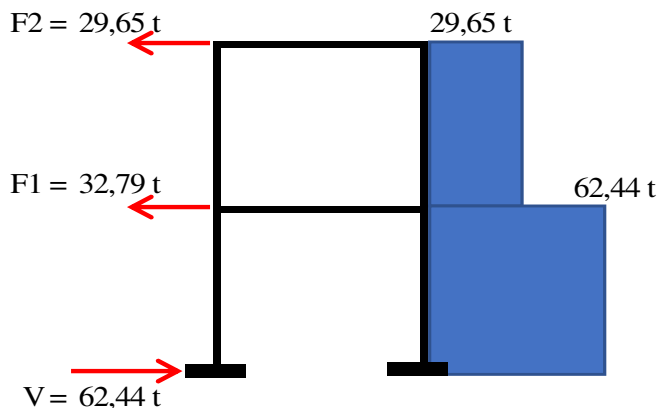


Figura 102. Fuerza distribuida en altura (vivienda de dos pisos).
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 105

Desplazamientos permisibles de la vivienda de tres pisos

Desplazamientos laterales permisibles < 0.007					
Nivel	0,75*R	Dirección X-X		Dirección Y-Y	
		U _x	0,75*R*U _x	U _y	0,75*R*U _y
1° piso	6	0.00147	0.00882	0.00173	0.01038
2° piso	6	0.00107	0.00641	0.00126	0.00754
3° piso	6	0.00112	0.00670	0.00131	0.00788

Fuente. Elaboración propia.

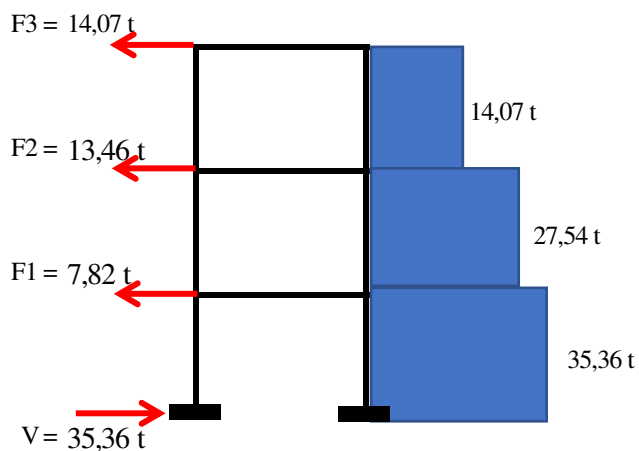


Figura 103. Fuerza distribuida en altura - vivienda de tres pisos.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados del análisis sísmico dinámico

Tabla 106

Resultados del análisis modal

Vivienda	% de mayor masa participativa		Modo	T (X)	f (X)	T (Y)	f (Y)	Mayor desplazamiento (U)/N° de piso	
	X	Y						U X	U Y
	Vivienda de un piso (V-2)	97,76 %						100,00 %	3	0,1843	5,4267			-0,2249/1	0,2275/1
Vivienda de dos pisos (V-13)	88,50 %	79,02 %	1	0,5757	1,7369	0,3072	3,2550	-0,1237/1	
Vivienda de tres pisos (V-34)	94,37 %	94,44 %	2	0,5358	1,8663	0,5545	1,8035	0,1401/1	-0,1083/1
			1			0,5897	1,6957		-0,1402/1

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 107

Resultados de la combinación de sismo en el eje X y combinación de sismo en el eje Y

Vivienda	Desplazamiento mayor según la combinación de sismo/N° Piso	
	X	Y
Vivienda de un piso (V-2)	0,0065/1	0,0185/1
Vivienda de dos pisos (V-13)	0,0637/1	0,0527/1
Vivienda de tres pisos (V-34)	0,0672/1	0,0808/1

Fuente. Elaboración propia.

7.2. Conclusiones

Del estudio realizado se tiene que el 30,43 % de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca tienen un nivel de vulnerabilidad sísmica muy alto, el 62,32 % un nivel alto y el 7,25 % un nivel moderado; evidenciando que un evento sísmico de magnitudes desde 5,0 en la escala de Richter con epicentro cercano a la ciudad de Nueva Cajamarca probablemente cause daños mayores de bienes materiales y por ende pérdidas de vidas humanas en el 92,75 % de viviendas multifamiliares sumandos entre los niveles de vulnerabilidad alto y muy alto, dado que están construidas sin consideraciones de la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, tan sólo el 7,25 % de viviendas multifamiliares de la ciudad indicada tendrían daños leves.

Las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca se caracterizan por lo siguiente: el 95,65 % tienen como material predominante la albañilería confinada; el 34,78 % no contó con la participación de un ingeniero civil durante su diseño y construcción, el 65,22 % tiene una antigüedad entre los 3 y 19 años, el 34,78 % tienen configuración geométrica irregular en planta, el 49,28 % tienen configuración geométrica irregular en elevación, el 85,51 % tiene concentrado sus masas en los niveles inferiores y el 100 % de viviendas no cuenta con juntas de dilatación sísmica de acorde a la estructura. Cada una de las características descritas han influido en el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas que depende de la condición en las que se han encontrado, por ejemplo el hecho de que el 100 % de viviendas multifamiliares no cuenten con juntas de dilatación sísmica es un indicador que ha incrementado significativamente el nivel de vulnerabilidad, asimismo la configuración geométrica irregular que se hubiese esperado que todas tengan configuración regular ya que son indicadores controlables en el diseño, pero sin embargo existe un gran porcentaje de viviendas con configuración irregular tanto en planta como elevación que hacen que dichas viviendas multifamiliares incrementen su nivel de vulnerabilidad sísmica.

El 71,01 % de viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca fueron construidas en depósitos de suelos finos y el 28,99 % en suelo granular fino y arcilloso. Según la clasificación SUCS, depósitos de suelos finos corresponde a suelos CL, ML, SC, SP-SM, asimismo el suelo granular fino y arcilloso según la clasificación SUCS comprende a suelos GM, GP, GC, GP-GM, GW-GM. Estos resultados no son favorables por cuanto incrementa significativamente el nivel de vulnerabilidad de las viviendas dado que el suelo en las que han

sido construidas las viviendas indicadas es de baja capacidad de resistencia, pese a ello el suelo que sostiene la cimentación de la vivienda en ningún caso han sido estabilizados, es decir remplazados por otro material de mayor resistencia.

La topografía del terreno en las que fueron construidas las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca, asimismo la topografía del terreno colindante o área de influencia de dichas viviendas son menores al 10 %, en tal sentido el factor topográfico es favorable o no incrementa significativamente el nivel de vulnerabilidad, toda vez que el hecho de ser un terreno prácticamente plano, ante la posible venida de un sismo las viviendas tienen poca probabilidad de sufrir fuerzas laterales por cargas de terreno.

A través del análisis sísmico de las viviendas multifamiliares se ha podido determinar que los resultados que arroja el prototipo (ficha de verificación) van de acorde a la realidad, dado que según la ficha de verificación las viviendas V-2 y V-34 tienen vulnerabilidad alta, la V-13 tiene vulnerabilidad muy alta y según el análisis sísmico las tres viviendas no cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.030 del RNE, por lo tanto existe coincidencia entre la ficha de verificación y el análisis sísmico

7.3. Recomendaciones

La Municipalidad Distrital de Nueva Cajamarca por medio del área de Defensa Civil debe mitigar el riesgo de probables daños materiales y pérdidas de vidas humanas ante un posible sismo de magnitud desde 5,0 en la escala de Richter que se suscite como epicentro cercano a la ciudad en mención, dicha mitigación lo haría efectuando continuos simulacros de sismo y a su vez elaborando un plan de contingencia que permita conocer cuáles son las áreas apropiadas que los ciudadanos pueden acudir en un evento sísmico y difundirlo por los medios de comunicación, de tal manera que estén preparados; asimismo para otorgar la licencia de construcción primero debe solicitar el diseño estructural de las viviendas multifamiliares donde hayan considerado los parámetros estipulados en la Norma E.030 y así reducir su porcentaje de vulnerabilidad sísmica.

La Municipalidad Distrital de Nueva Cajamarca debe tomar un control exhaustivo en la construcción de nuevas viviendas multifamiliares, por ejemplo exigiendo que no se construyan viviendas si es que no cuentan con la presencia de un ingeniero civil durante su diseño y construcción, dado que esta acción puede reducir significativamente el nivel de vulnerabilidad

sísmica ya que un ingeniero civil con sus conocimientos evitará el diseño y construcción de una vivienda que tengan configuración geométrica irregular tanto en planta como elevación. Asimismo, tiene que promover y exigir en la construcción de viviendas la utilización de juntas de dilatación sísmica de acorde a la estructura de la vivienda, ya que en el estudio se ha visto que ninguna vivienda multifamiliar de la ciudad de Nueva Cajamarca cuentan con juntas de dilatación sísmica.

La Municipalidad Distrital de Nueva Cajamarca tiene que impedir la construcción de viviendas multifamiliares sin que no exista una previa estabilización de suelos o sin que se conozca que dichas viviendas van a ser construidas con cimentaciones continuas, dado que, según el estudio de mecánica de suelos, los suelos de la ciudad de Nueva Cajamarca son suaves con baja capacidad de resistencia.

Se tiene que efectuar una limpieza permanente de las calles o cauces por donde el cual evacúa las aguas de lluvia, toda vez que el relieve del terreno de la ciudad de Nueva Cajamarca es prácticamente plano, de tal manera que en casos de fuertes lluvias el agua fluya con normalidad y no se quede retenida causando probable humedad en las cimentaciones de las viviendas multifamiliares, que puede alterar la vulnerabilidad sísmica de dichas viviendas.

Las instituciones públicas y privadas de Nueva Cajamarca como la Municipalidad Distrital, la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el PEAM entre otras deben promover más proyectos de investigación respecto al nivel de vulnerabilidad sísmica de las construcciones de la ciudad de Nueva Cajamarca, dicha investigación debe hacerse con la utilización de la ficha que se ha usado en la presente tesis, toda vez que con el modelamiento realizado se ha demostrado que la información que arroja dicha ficha va de acorde a la realidad.

APÉNDICES Y ANEXOS

i. Fuentes de información

- Anil K, C. (2014). *Dinámica de estructuras*. Obtenido de file:///c:/users/usuario/desktop/dinamica_de_estructuras_4ed_anil_k_chopr.pdf
- Arias Gonzáles, J. L. (2021). Diseño y Metodología de la investigación. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/352157132_DISENO_Y_METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION
- Balta Rivera, J. J., & Meza Fernández, J. F. (2015). *Sistematización de la información estructural de edificaciones en una plataforma geomática para la elaboración de mapas de riesgo sísmico en el Distrito de Huaral*. Tesis para optar el título profesional de ingenieros civiles, Universidad Ricardo Palma, Lima. Obtenido de https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2233/balta_jj-meza_jf.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barbat, A. H., & Pujades, L. (2004). Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico en zonas urbanas. Aplicación barcelona. *6º Congreso Nacional de Sismología e Engenharia Sísmica*. Obtenido de http://www.hms.civil.uminho.pt/events/sismica2004/229-252%20Alex%20Barbat%20e%20Luis%20Pujades%20_24%20p_.pdf
- Bazán Silva, A. E. (2016). *Vivienda multifamiliar*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/AnaELisaS/vivienda-multifamiliar-definicin-y-tipologa>
- 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 Jose, Provincia Lambayeque, Departamento Lambayeque*. Tesis para optar el título profesional de ingenieros civiles, Univesidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3153/bc-tes-tmp-1944.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Díaz Quiroz, A. (2015). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la casona espinach – ex palacio municipal de la ciudad de Cajamarca*. Tesis para optar el título profesional de ingeniera civil, Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/6651/D%c3%adaz%20Quiroz%20Alicia%20Yajaira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- García Figueroa, J. D. (2018). *Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Mochumí y líneas vitales aplicando índices de vulnerabilidad Benedetti-Petrini*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque .
Obtenido de file:///c:/users/usuario/downloads/bc-tes-tmp-2937.pdf
- Gómez Prado, W., & Loayza Yañez, A. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de centros de salud del distrito de Ayacucho, página 09*. Huancavelica. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/241/TP%20%20UNH%20CIVIL%200025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Google Earth Pro. (2021). *Google Earth*. Obtenido de https://earth.google.com/web/@-5.94846931,-77.29312187,1472.6780449a,7152.1851447d,35y,-0.48507648h,23.67539488t,359.3419r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419
- Goservig. (2016). *Estudio de mecánica de suelos para el proyecto de agua y desagüe de Nueva Cajamarca* . Informe de estudio de mecánica de suelos para proyecto de saneamiento de agua y desagüe de la ciudad de Nueva Cajamarca, Nueva Cajamarca.
- Goytia Torrez, I. R., & Villanueva Inca, R. (2001). *Modernización de la Enseñanza Aprendizaje en la Asignatura de Ingeniería Antisísmica*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/JoshetR/texto-gua-de-ingenieria-antissmica-felipe-ramiro-saavedra>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2003). *Metodología de la investigación*. Mexico. Obtenido de <http://metodos-comunicacion sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/219/2014/04/Hernandez-Sampieri-Cap-1.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico.
- Herrera Aldaz, D. E. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del casco urbano de Namballe - San Ignacio - Cajamarca*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/81/T%20551.22%20H565%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- IGP. (2014). *Evaluación de peligro sísmico en el Perú*. Lima, Perú. Obtenido de http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/para%20publicar/igp/mapa_peligro_sismico_peru_2015_version_preliminar.pdf
- INACAL. (2018). Barras de acero al carbono, corrugadas, para refuerzo de concreto armado. Requisitos.
- INDECI. (2006). *Manual básico para la estimación de riesgo*. Lima. Obtenido de http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/man_bas_est_riesgo.pdf
- INDECI. (2006). *Mapa de peligros de la ciudad de la ciudad de Nueva Cajamarca*. INDECI, Nueva Cajamarca. Obtenido de http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/rioja/nuevacajamarca.pdf
- INDECI. (2010). *Ficha de verificación*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/391514043/201012111855563>
- INDECOPI. (1998). *NTP 339.127 - Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. Lima - Perú. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/316683627/ntp-339-127-suelos-metodo-de-ensayo-para-determinar-el-contenido-de-humedad-de-un-suelo-ntp-pdf>
- INDECOPI. (1999). *NTP 339.128 - Método de ensayo para el análisis granulométrico*. Lima - Perú. Obtenido de [file:///c:/users/usuario/downloads/ntp-339128-1999%20\(1\).pdf](file:///c:/users/usuario/downloads/ntp-339128-1999%20(1).pdf)
- INDECOPI. (1999). *NTP 339.131- Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo*. Lima - Perú. Obtenido de file:///c:/users/usuario/downloads/toaz.info-ntp-339131-1999-gravedad-o-peso-especifico-relativo-de-suelos-pr_efbbe66d3d6e7371a9199e8598c2bf06.pdf
- INDECOPI. (2013). *Cemento Portland adicionados. Requisitos*. Lima. Obtenido de <https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/norma-tecnica-peruana-cementos-334090>
- INDECOPI. (2014). *Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. Lima. Obtenido de <https://es.slideshare.net/hersacs/ntp-400-037-2014especificacionesagregados>
- INEI. (2017). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística e Informática: <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

- J.A.T. (2020). *Magnitud de los sismos*. Obtenido de <https://www.todocalidad.es/sabias-que/terremotos-2/>
- Kuroiwa H., J. (2016). *Gestión del riesgo de desastres en las ciudades del Perú*. Lima. Obtenido de <file:///c:/users/usuario/downloads/gesti%c3%93n%20del%20riesgo%20de%20desastres%20en%20las%20ciudades%20del%20per%c3%9a.%20julio%20kuroiwa%20h..pdf>
- Martínez Cuevas, s. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica urbana basada en tipologías constructivas y disposición urbana de la edificación, aplicación en la ciudad de Lorca, región de Murcia*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Murcia - España. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148669897.pdf>
- MDNC. (2020). *Acuerdo N° 63-2020-MDNC/CM*. Nueva Cajamarca - Rioja. Obtenido de http://www.nuevacajamarca.gob.pe/docs/2020/aconsejo/ACUERDO_CONCEJO_063_2020.pdf
- Medina Cruzado, J., & Piminchumo Albites, C. A. (2018). *Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Monsefú aplicando los índices de Benedetti – Petrini*. Tesis de grado para optar el título de ingeniero civil, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque - Perú. Obtenido de [file:///c:/users/usuario/downloads/bc-tes-1937%20medina%20cruzado%20-%20piminchumo%20albites%20\(1\).pdf](file:///c:/users/usuario/downloads/bc-tes-1937%20medina%20cruzado%20-%20piminchumo%20albites%20(1).pdf)
- Mendivelso, F., & Rogrigez, M. (2018). *Tópicos en investigación clínica y epidemiológica*. Obtenido de https://www.unisanitas.edu.co/Revista/67/05Rev_Medica_Sanitas_21-2_FMendivelso_et_al.pdf
- Mendoza Carvajal, R. C. (2007). *Evaluación de métodos para estimar la excentricidad de estructuras a partir de pruebas dinámicas*. Tesis para optar el grado de maestro en ingeniería , Universidad Nacional Autónoma de Mexico . Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2027/mendozaacarvajal.pdf?sequence=1>
- Mosqueira Moreno, M. A., & Tarque Ruiz, S. N. (2005). *Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería*. Tesis para optar el grado académico de magister en ingeniería civil, Pontificia Universidad Católica del Perú , Lima. Obtenido de

- http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/850/mosqueira_moreno_miguel_seguridad_sismica_costa_peruana.pdf?sequence=1&isallowed=y
- MVCS. (2006). *Norma Técnica E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima.
- MVCS. (2021). *Norma Técnica G.040 del RNE*. Lima - Perú. Obtenido de https://cdn-web.construccion.org/normas/files/vivienda/RM_029-2021-Vivienda.pdf
- Raffino, M. E. (2020). *Escala de Richter*. Obtenido de <https://concepto.de/escala-de-richter/>
- Rivera Pastelín, J. Á. (2017). *Estimación de la vulnerabilidad sísmica en estructuras con un primer piso débil*. Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2017/marzo/0757055/Index.html>
- Safina Melone, S. (2002). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93538>
- Salgado, R. M. (2014). *Tabla de distribución chi cuadrado*. Obtenido de https://www.slideshare.net/RonaldMayhuascaSalgado/tabla-chi-cuadrado-36982469?from_action=save
- Sánchez Cárdenas, M. I. (2013). *Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería de bloques de hormigón del norte de Chile*. Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Austral de Chile, Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmfcs211v/doc/bmfcs211v.pdf>
- Sandonís Ruiz, J. J. (2013). *Cálculo de centro de masa*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ptovarmalasquez/teoria-centros-demasa>
- Santana Tapia, R. (2014). *Fuerza cortante debido a la torsión*. Obtenido de https://es.slideshare.net/JosRemuzgo/1-cortante-x-torsion?from_action=save

ii. Apéndices

Se tiene como apéndice lo siguiente:

Apéndice 1. informe del estudio de mecánica de suelos de la ciudad de Nueva Cajamarca.

Apéndice 2. Manual de la ficha de verificación.

Apéndice 3. Fichas de verificación del INDECI llenadas.

iii. Anexos

Se tiene como anexos en la presente tesis lo siguiente:

Anexo 01. Ensayo con esclerómetro.

Anexo 02. Ficha de verificación del INDECI.

Anexo 03. Plano de ubicación y localización de las viviendas multifamiliares muestra de estudio.

Anexo 04. Plano de planta general de los lotes de las viviendas de estudio.

Anexo 05. Plano de división de planta general de los lotes de las viviendas de estudio en zonas 1, 2, 3 y 4.

Anexo 06. Plano de identificación del tipo de suelo de las viviendas multifamiliares muestra de estudio.

Anexo 07. Plano topográfico de la ciudad de Nueva Cajamarca.

Anexo 08. Plano de planta y corte de pórtico de la vivienda de un piso (V-2).

Anexo 09. Plano de planta y corte de pórtico de la vivienda de dos pisos (V-13).

Anexo 10. Plano de planta y corte de pórtico de la vivienda de tres pisos (V-34).

Anexo 11. Plano de zonificación del nivel vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca.

Anexo 01. Ensayo con esclerómetro

A continuación, se muestra las tablas que contienen el ensayo con esclerómetro realizada a las viviendas muestra de estudio V-2, V-13, V-34; lo cual se ha efectuado con la finalidad de estimar su resistencia del concreto en sus columnas y vigas y con dichos valores calcular su rigidez en el análisis sísmico. En la tablas 2, 3 y 4 la columna de **f'c (Kg/cm²)** se refiere a la resistencia del concreto obtenida a partir del valor promedio de rebote del esclerómetro y de los valores de resistencia para cada valor de rebote indicados en la tabla 1, la columna de **f'c definido**, se refiere a la resistencia final, obtenida de descontar el 19.39 % del f'c ya que Zambrano Rojas (2019) en su tesis “comparación de los ensayos de diamantina y esclerometría de la pavimentación de los jirones Japón, Portugal y Brasil – Cajamarca” concluye que el ensayo con esclerómetro Zhejiang Tugong Instrument Co es mayor en 19.39% al ensayo con diamantina, por dicha razón en este ensayo se aplica esa conclusión con la finalidad de tener un valor estimado más cercano a la realidad, la columna de **f'c promedio** se refiere al valor promedio de resistencia para columnas y vigas. Se tiene también en la tabla 5 un valor promedio de resistencia del concreto de las 3 viviendas el cual podría servir como referencia de la resistencia que tiene los elementos estructurales de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca.

Tabla 1. Valores de la resistencia del concreto (Kg/cm²) según el valor de rebote del esclerómetro.

R	$\alpha - 90^\circ$	$\alpha - 45^\circ$	$\alpha - 0^\circ$	$\alpha +45^\circ$	$\alpha + 90^\circ$
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445

Fuente: Pinzuar. *Manual del usuario esclerómetro* (2021, pág.10)

Nota. Para el ensayo se ha tenido en consideración lo establecido en la Norma Técnica Peruana 339.181 – 2013, la cual indica que la desviación estándar debe ser menor a 2.5, y se observa que en el procedimiento de cálculo de las tablas 2, 3 y 4 los valores de desviación estándar están por debajo de 2.5.

Tabla 2

Ensayo con esclerómetro de la vivienda V-2 ubicada en las coordenadas UTM 245138, 9652325 – de 8 años de antigüedad.

N° vivienda	Referencia	Piso	N° ensayo	Elemento	Número de golpes y valor de rebote (R)															Promedio de R	α	Desviación estándar	F'c Kg/cm ²	f'c definido	f'c promedio
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
V-2	C1: EJE 1-A	1	1	Columna	40	40	42	39	42	39	41	41	40	39	42	42	40	41	0°	1.20	370	298	284		
V-2	C3: EJE 3-B	1	2	Columna	40	40	42	38	36	38	41	41	42	42	39	43	42	40	0°	2.06	350	282			
V-2	C3: EJE 5-C	1	3	Columna	39	36	38	39	40	38	41	40	38	40	41	40	41	39	0°	1.49	340	274			
V-2	C2: EJE 7-D	1	4	Columna	40	41	39	38	40	41	39	39	41	40	41	38	40	40	0°	1.09	350	282			
V-2	EJE A-A/3-4	1	5	Viga	39	38	37	40	40	39	40	36	41	40	41	41	40	39	+90°	1.56	280	226	238		
V-2	EJE B-B/4-5	1	6	Viga	38	39	39	40	41	42	40	40	40	40	42	38	39	40	+90°	1.28	295	238			
V-2	EJE C-C/5-6	1	7	Viga	42	42	42	44	40	41	41	41	41	40	41	39	38	39	41	+90°	1.59	310		250	
V-2	EJE D-D/6-7	1	8	Viga	40	41	42	39	40	41	40	40	41	39	40	40	41	40	+90°	0.85	295	238			
																			Prom.			261	261		

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 3

Ensayo con esclerómetro de la vivienda V-13 ubicada en las coordenadas UTM 244493, 9342621 – de 31 años de antigüedad

N° vivienda	Referencia	Piso	N° ensayo	Elemento	Número de golpes y valor de rebote (R)															Promedio de R	α	Desviación estándar	F'c Kg/cm ²	f'c definido	f'c promedio
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
V-13	C1: EJE 1-A	1	1	Columna	26	25	25	24	23	25	26	27	27	26	26	27	26	26	0°	1.19	158	127	124		
V-13	C3: EJE 3-B	1	2	Columna	25	25	26	27	26	25	24	25	25	24	25	26	25	25	0°	0.83	140	113			
V-13	C3: EJE 5-C	2	3	Columna	27	26	27	26	27	26	24	25	25	29	28	27	26	26	0°	1.33	158	127			
V-13	C2: EJE 8-E	2	4	Columna	26	26	27	25	24	27	25	26	24	25	26	28	24	26	0°	1.26	158	127			
V-13	EJE A-A/1-2	2	5	Viga	25	26	25	26	23	25	23	27	27	25	25	27	26	25	0°	1.33	140	113	114		
V-13	EJE C-C/4-5	2	6	Viga	26	25	26	23	27	24	25	26	25	28	26	24	27	26	0°	1.39	158	127			
V-13	EJE 9-9/C-D	1	7	Viga	23	24	25	24	23	22	24	25	24	22	23	22	25	24	0°	1.13	130	105			
V-13	EJE 6-6/D-E	1	8	Viga	22	26	23	24	26	25	26	27	23	25	24	25	26	25	0°	1.48	140	113			
																			Prom.			119	119		

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4

Ensayo con esclerómetro de la vivienda V-34 ubicada en las coordenadas UTM 244822, 9342948 – de 11 años de antigüedad

N° vivienda	Referencia	Piso	N° ensayo	Elemento	Número de golpes y valor de rebote (R)															Promedio de R	α	Desviación estándar	F'c Kg/cm ²	f'c definido	f'c promedio
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
V-34	C1: EJE 1-A	1	1	Columna	47	46	48	45	44	46	43	48	42	40	46	45	47	45	0°	2.38	430	346.623	349		
V-34	C2: EJE 2-C	1	2	Columna	45	46	44	45		47	46	42	42		43	40	46	47	44	0°	2.24	420		338.562	
V-34	C2: EJE 1-E	2	3	Columna	42	45		46	47	43	44	45	45	46	44	43	44		45	45	0°	1.39		430	346.623
V-34	C1: EJE 2-F	3	4	Columna	46		46	46	45	44		42	46	47	47	46	46	46	46	46	0°	1.33		450	362.745
V-34	EJE A-A/1-2	1	5	Viga	43	44		42	43	42	43	45	42		43	44	46	44	43	43	0°	1.19	400	322.44	318
V-34	EJE 2-2/C-D	2	6	Viga	46	45	44	44	45	44	48	42		42	41	41	40	45		44	0°	2.29	420	338.562	
V-34	EJE 1-1/E-F	3	7	Viga	42	41	40		42	41	45	44	44	41	44	40	45		40	42	0°	1.92	380	306.318	
V-34	EJE D-D/1-2	3	8	Viga	39		44	43		42	39	43	42	41	46	45	45	42	39	42	0°	2.36	380	306.318	
																			Prom.		333.52388	334			

Fuente. Elaboración propia.

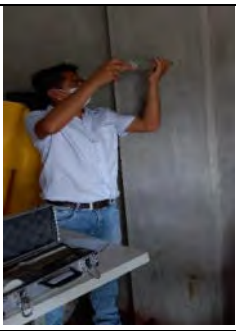

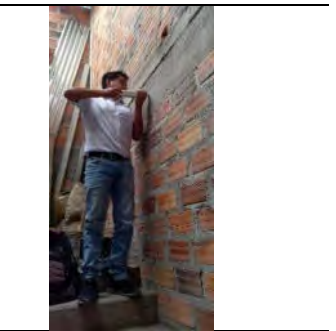



Tabla 5

Promedio general de la resistencia del concreto de las viviendas multifamiliares de la ciudad de Nueva Cajamarca estimada con el ensayo de esclerómetro

Vivienda	Elementos	Promedio f'c de elementos
V-2	Columna	284
	Viga	238
V-13	Columna	124
	Viga	114
V-34	Columna	349
	Viga	318
Promedio general		238

Fuente. Elaboración propia.

Panel fotográfico del ensayo con esclerómetro

Fotografía							
Descripción	En la fotografía se observa el momento en el que se está posicionando el esclerómetro para luego presionarlo y obtener el valor de rebote de una columna de la V-2.		En la fotografía se observa el momento en el que se está posicionando el esclerómetro, luego se ha presionado para obtener el valor de rebote de una viga de la V-2.		En la fotografía se observa el momento en el que se está leyendo el valor del rebote que indica el esclerómetro respecto a una columna de la V-13.		En la fotografía se observa el momento en el que se está ejerciendo presión al esclerómetro para obtener el valor de rebote de una viga de la V-13.
Fotografía							
Descripción	En la fotografía se observa el momento en que en una viga de la V-34, con plumón se está marcando los puntos donde se posicionará la barra del esclerómetro en distancias de 2.5 cm. La plantilla de cartón permite marcar 15 puntos.		En la fotografía se observa el momento en el que se está leyendo el valor del rebote indicado por el esclerómetro de una columna de la vivienda V-34.		En la fotografía se observa el momento en que se está verificando los valores registrados del rebote del esclerómetro.		En la fotografía se observa el momento en que se está sosteniendo el equipo de esclerómetro con el cual se ha realizado el ensayo descrito.



DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD DE LA VIVIENDA PARA CASOS DE SISMO FICHA DE VERIFICACION

A.- UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA VIVIENDA

1. UBICACIÓN GEOGRAFICA		2. UBICACION CENSAL <small>(Fuente INEI)</small>			3. FECHA y HORA		
1 Departamento		1 Zona	Nº				
2 Provincia		2 Manzana	Nº		dd	mm	aa
3 Distrito		3 Lote	Nº		Hora	:	horas

4. DIRECCION DE LA VIVIENDA							
1 Avenida ()	2 Jirón ()	3 Pasaje ()	4 Carretera ()	5 Otro: ()			
Nombre de la Calle, Av, Jr, etc.		Puerta Nº	Interior	Piso	Mz	Lote	Km
Nombre de la Urbanización / Asentamiento Humano /Asoc. de vivienda /otros							
Referencia:							

5. APELLIDOS Y NOMBRES DEL JEFE(A) DE HOGAR O ENTREVISTADO(A)							
Apellido Paterno							
Apellido Materno							
Nombres			6. DNI				

B.- INFORMACIÓN DEL INMUEBLE POR OBSERVACIÓN DIRECTA

1. DESDE EL EXTERIOR SE PUEDE OBSERVAR QUE :	2. LA VIVIENDA SE ENCUENTRA ...
1 En caso de colapso, por el predominante deterioro, SI compromete al área colindante ()	1 Habitada ()
2 Ante posible colapso, por el predominante deterioro, NO compromete al área colindante ()	2 No habitada ()
3 No muestra precariedad ()	3 Habitada, pero sin ocupantes ()
4 No fue posible observar el estado general de la vivienda ()	

En caso la respuesta corresponda a La Vivienda se encuentra NO habitada se deberá pasar al campo N° 6 de la sección "C" y CONCLUIR LA VERIFICACIÓN

C.- CARACTERISTICAS DEL TIPO DE VIVIENDA

1. CUENTA CON PUERTA INDEPENDIENTE	2. FORMA PARTE DE UN COMPLEJO	3. TOTAL DE OCUPANTES <small>(Cantidad de personas)</small>
1 SI cuenta con puerta de calle ()	1 Multifamiliar horizontal ()	1 De la vivienda
2 NO es parte de un complejo multifamiliar ()	2 Multifamiliar vertical ()	2 Del complejo multifamiliar <small>(aproximado)</small>
	3 No Aplica ()	

4. CANTIDAD DE PISOS DE LA VIVIENDA	5. CANTIDAD DE PISOS DEL COMPLEJO MULTIFAMILIAR
1 Cantidad de niveles superiores (incluido el 1º piso)	1 Cantidad de niveles superiores (incluido el 1º piso)
2 Cantidad de niveles inferiores (sótanos)	2 Cantidad de niveles inferiores (sótanos)
3 No aplica por ser vivienda multifamiliar	3 No aplica por ser vivienda unifamiliar

6. FACTORES CRITICOS PARA LA DETERMINACION DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD "MUY ALTO" o "ALTO":	
1 El inmueble se encuentra en un terreno inapropiado para edificar	()
2 Encontrarse el inmueble en una ubicación expuesta a derrumbes y/o deslizamientos	()
3 Otro:	()
4 Otro:	()
5 No aplica	()

De ser necesario, se deberá especificar los factores y tener en consideración esta información para la evaluación de las edificaciones colindantes.

*La Vulnerabilidad será determinada considerando la posibilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud;
Las labores de reforzamiento recomendadas son de responsabilidad del jefe(a) de hogar. Para estas tareas deberán ser asistidos por profesionales de la materia;
Las consultas podrán ser absueltas en la Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad de su jurisdicción.*

Mayor información en www.indeci.gob.pe



D.- CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA

1. MATERIAL PREDOMINANTE DE LA EDIFICACION											
Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor
1 Adobe	()	4	6 Adobe reforzado	()	3	8 Albañilería confinada	()	2	9 Concreto Armado	()	1
2 Quincha	()		7 Albañilería	()		10 Acero	()				
3 Mampostería	()										
4 Madera	()										
5 Otros	()										
2. LA EDIFICACION CONTÓ CON LA PARTICIPACION DE INGENIERO CIVIL EN EL DISEÑO Y/O CONSTRUCCION											
Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor
1 No	()	4	2 Solo Construcción	()	3	3 Solo diseño	()	3	4 Si, totalmente	()	1
3. ANTIGUEDAD DE LA EDIFICACION											
Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor
1 Mas de 50 años	()	4	2 De 20 a 49 años	()	3	3 De 3 a 19 años	()	2	4 De 0 a 2 años	()	1
4. TIPO DE SUELO											
Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor
1 Rellenos	()	4	4 Depósito de suelos finos	()	3	6 Granular fino y arcilloso	()	2	7 Suelos rocosos	()	1
2 Depósitos marinos	()		5 Arena de gran espesor	()							
3 Pantanosos, turba	()										
5. TOPOGRAFIA DEL TERRENO DE LA VIVIENDA											
Muy Pronunciada		Valor	Pronunciada		Valor	Moderada		Valor	Plana o Ligera		Valor
1 Mayor a 45%	()	4	2 Entre 45% a 20%	()	3	3 Entre 20% a 10%	()	2	4 Hasta 10%	()	1
6. TOPOGRAFIA DEL TERRENO COLINDANTE A LA VIVIENDA Y/O EN AREA DE INFLUENCIA											
Muy Pronunciada		Valor	Pronunciada		Valor	Moderada		Valor	Plana o Ligera		Valor
1 Mayor a 45%	()	4	2 Entre 45% a 20%	()	3	3 Entre 20% a 10%	()	2	4 Hasta 10%	()	1
7. CONFIGURACION GEOMETRICA EN PLANTA						8. CONFIGURACION GEOMETRICA EN ELEVACION					
Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor
1 Irregular	()	4	2 Regular	()	1	1 Irregular	()	4	2 Regular	()	1
9. JUNTAS DE DILATACION SISMICA SON ACORDES A LA ESTRUCTURA						10. EXISTE CONCENTRACION DE MASAS EN NIVELES ...					
Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor
1 No / No Existen	()	4	2 Si	()	1	1 Superiores	()	4	2 Inferiores	()	1
11. EN LOS PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES SE OBSERVA											
11.1 No existen/son Precarios		Valor	11.2 Deterioro y/o humedad		Valor	11.3 Regular estado		Valor	11.4 Buen estado		Valor
1 Cimiento	()	4	1 Cimiento	()	3	1 Cimiento	()	2	1 Cimiento	()	1
2 Columnas	()		2 Columnas	()		2 Columnas	()		2 Columnas	()	
3 Muros portantes	()		3 Muros portantes	()		3 Muros portantes	()		3 Muros portantes	()	
4 Vigas	()		4 Vigas	()		4 Vigas	()		4 Vigas	()	
5 Techos	()		5 Techos	()		5 Techos	()		5 Techos	()	
12. OTROS FACTORES QUE INCIDEN EN LA VULNERABILIDAD POR ...											
Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor	Características		Valor
1 Humedad	()	4	4 Debilitamiento por modificaciones	()	4	6 Densidad de muros inadecuada	()	4	8 No aplica:	()	0
2 Cargas laterales	()		5 Debilitamiento por sobrecarga	()		7 Otros:.....	()				
3 Colapso elementos del entorno	()										

E.- DETERMINACION DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD DE LA VIVIENDA

Llevar los valores más críticos de cada uno de los campos de la Sección D

E.1.- SUMATORIA DE VALORES DE LA SECCION "D" CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA														
Σ													=	Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	=	Total

E.2.- Calificación del Nivel de Vulnerabilidad de la vivienda

Nivel de Vulnerabilidad	Rango del Valor	Características del Nivel de Vulnerabilidad	Calificación Según E.1 (marcar con "X")
MUY ALTO	Mayor a 24	En las condiciones actuales NO es posible acceder a una Zona de Seguridad dentro de la edificación.	
ALTO	Entre 18 a 24	En las condiciones actuales NO es posible acceder a una Zona de Seguridad dentro de la edificación, requiere cambios drásticos en la estructura.	
MODERADO	Entre 15 a 17	Requiere reforzamiento en potencial Zona de Seguridad Interna.	
BAJO	Hasta 14	En las condiciones actuales es posible acceder a una Zona de Seguridad dentro de la edificación.	

La Vulnerabilidad será determinada considerando la posibilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud; Las labores de reforzamiento recomendadas son de responsabilidad del jefe(a) de hogar. Para estas tareas deberán ser asistidos por profesionales de la materia; Las consultas podrán ser absueltas en la Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad de su jurisdicción.

Mayor información en www.indeci.gob.pe



F.- RECOMENDACIONES DE CARÁCTER INMEDIATO PARA JEFE(A) DE HOGAR

Calificación viene de la sección "E"

Nivel de Vulnerabilidad	Recomendaciones Generales para caso de SISMOS (*)	Calificación (marcar con "X")
MUY ALTO	La Vivienda NO DEBE SER HABITADA Muy Importante: * Si el Nivel de Vulnerabilidad responde a factores inherentes al Tipo de Suelo, Ubicación y/o normas vigentes, la restricción del uso del terreno es Definitiva * Si el Nivel de Vulnerabilidad corresponde a elementos estructurales de la vivienda considerar reconstrucción si el uso del terreno es adecuado.	()
ALTO	En caso de Sismo se debe EVACUAR la edificación en forma inmediata ; Reconocer la vía de evacuación , eliminar los elementos suspendidos que puedan caer y los obstáculos; Reforzar los elementos de la vía de evacuación, en caso de ser factible; Reconocer la Zona de Seguridad Exterior ; Practicar los simulacros para casos de sismos, tanto municipales como familiares.	()
MODERADO	Determinar y/o REFORZAR la potencial Zona de Seguridad Interna ; Reconocer la vía de evacuación , eliminar los elementos suspendidos que puedan caer y los obstáculos; REFORZAR la vía de evacuación; Después de un Sismo se debe evacuar la edificación lo antes posible ; Reconocer la Zona de Seguridad Exterior ; Practicar los simulacros para casos de sismos, tanto municipales como familiares.	()
BAJO	Determinar la Zona de Seguridad Interna ; Determinar la vía de evacuación ; Reconocer la vía de evacuación , eliminar los elementos suspendidos que puedan caer y los obstáculos; Después de un Sismo se debe evacuar la edificación lo antes posible ; Reconocer la Zona de Seguridad Exterior ; Practicar los simulacros para casos de sismos, tanto municipales como familiares.	()

Otras recomendaciones:

* Para viviendas cercanas al mar, tener en cuenta las recomendaciones para caso de tsunami

G.- RECOMENDACION REFERIDA A LA POTENCIAL "ZONA DE SEGURIDAD" Y/O "VIA DE EVACUACION"

El Nivel de Vulnerabilidad viene de la sección "E"

Nivel de Vulnerabilidad	Recomendaciones para la ZONA DE SEGURIDAD y/o VIA DE EVACUACION
MUY ALTO	NO aplica , la Vivienda NO ES HABITABLE
ALTO	NO aplica recomendar zona de seguridad interna Vía de evacuación recomendada: Hacer uso de la Cartilla de recomendaciones para el hogar en caso de sismos
MODERADO	REFORZAR potencial Zona de Seguridad Interna recomendada: Area aproximada: m2 Total de ocupantes: Zona de Seguridad para personas aprox. <i>Si la Zona de Seguridad no es suficiente para la cantidad de personas que la requieren, para el uso de esta área se deberá dar prioridad a las personas vulnerables (Ejemplo: Adulto Mayor, Niños, Madre Gestante y Personas con capacidades diferentes),</i> Vía de evacuación recomendada: Hacer uso de la Cartilla de recomendaciones para el hogar en caso de sismos
BAJO	Potencial Zona de Seguridad Interna recomendada: Area aproximada: m2 Total de ocupantes: Zona de Seguridad para personas aprox. <i>Si la Zona de Seguridad no es suficiente, para el uso de ésta área se deberá priorizar a personas vulnerables (Ejemplo: Adulto Mayor, Niños, Madre Gestante y Personas con capacidades diferentes),</i> Vía de evacuación recomendada: Hacer uso de la Cartilla de recomendaciones para el hogar en caso de sismos

..... de 2010
Lugar y fecha de recepción de la copia de la ficha

.....
Firma
.....
Nombres y APELLIDOS de Jefe(a) de hogar o entrevistado(a)
DNI Nº:

.....
Firma
.....
Nombres y APELLIDOS de Verificador(a)
DNI Nº:

La Vulnerabilidad será determinada considerando la posibilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud; Las labores de reforzamiento recomendadas son de responsabilidad del jefe(a) de hogar. Para estas tareas deberán ser asistidos por profesionales de la materia; Las consultas podrán ser absueltas en la Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad de su jurisdicción.

Mayor información en www.indeci.gob.pe

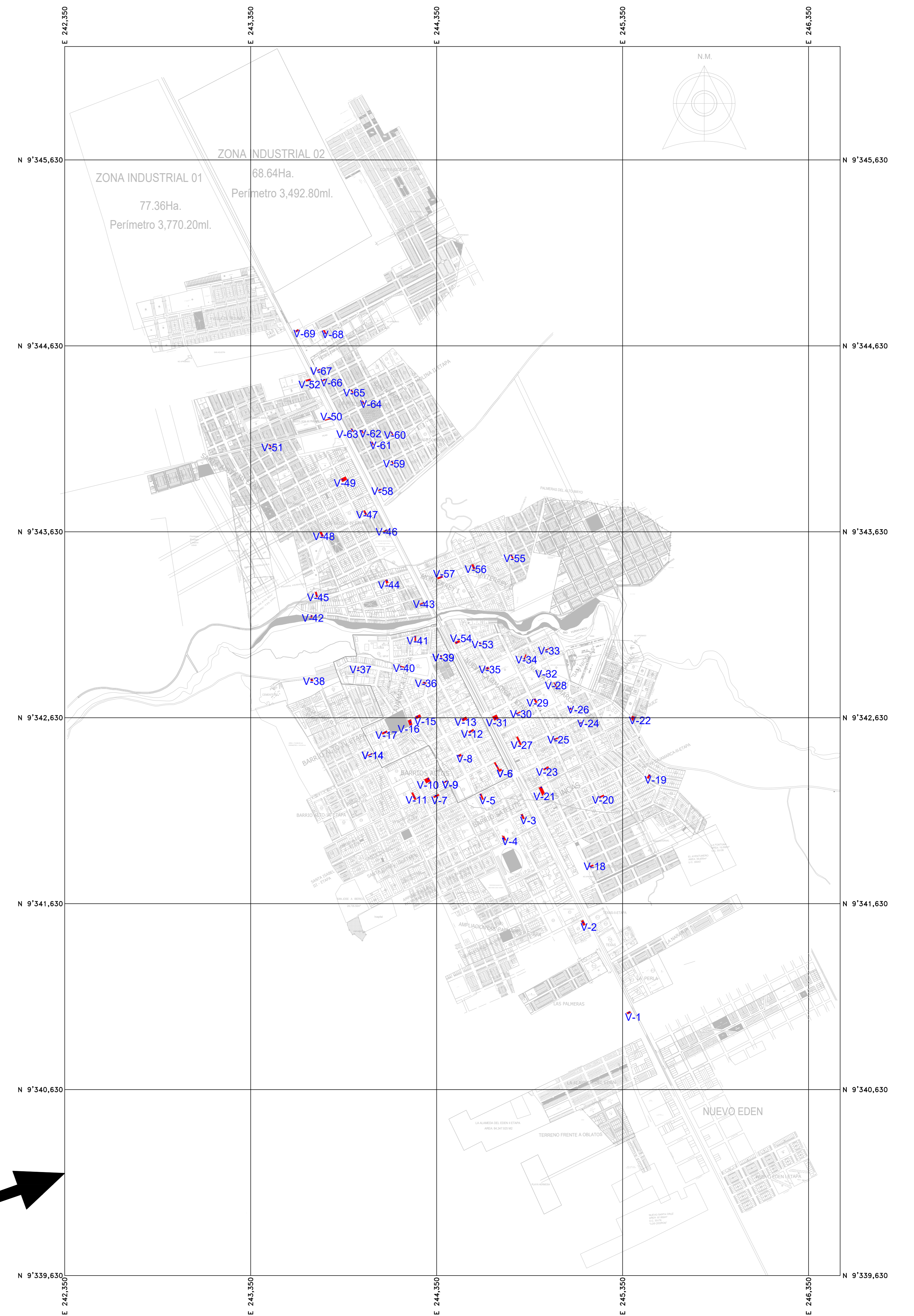
UBICACIÓN EN EL PAÍS



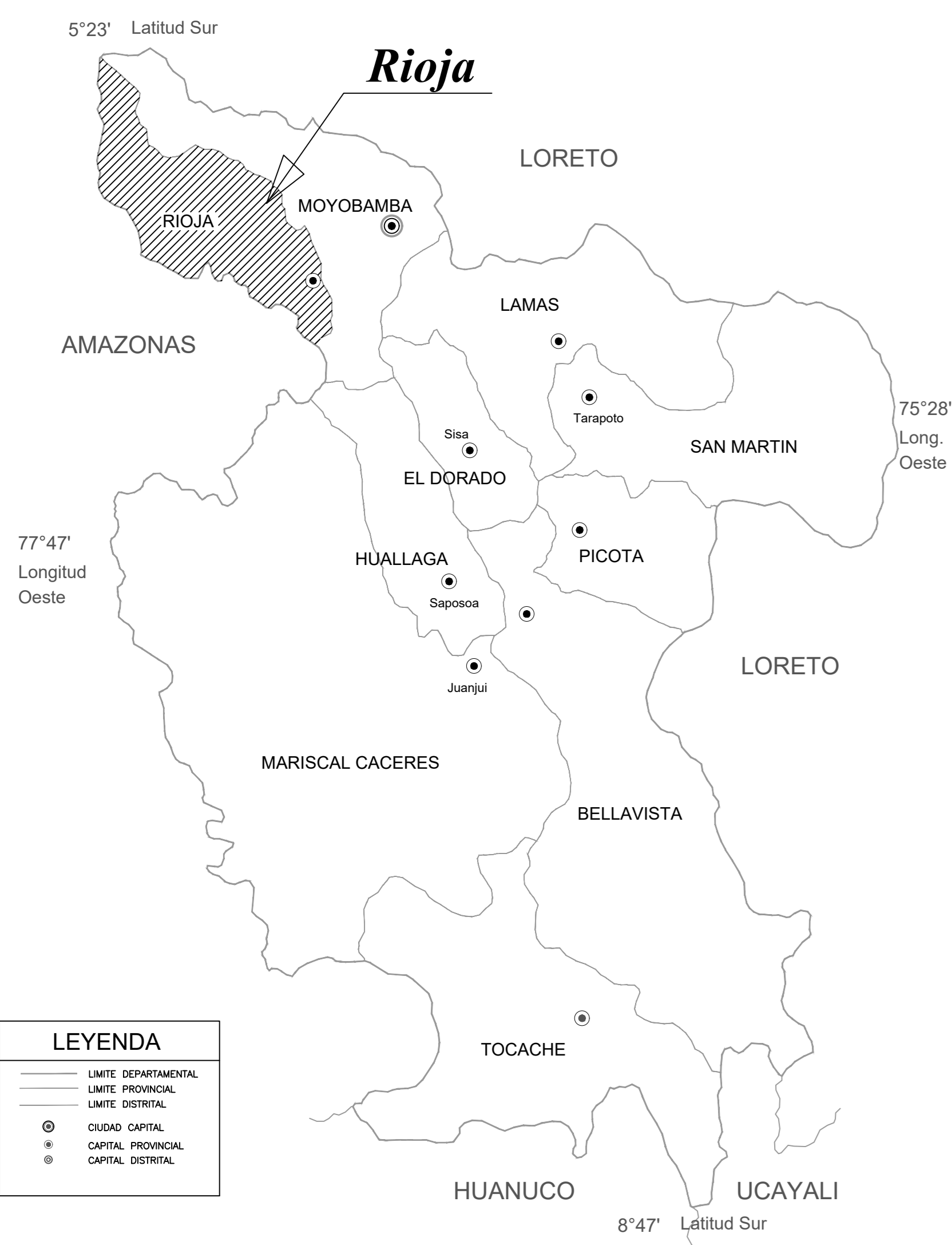
UBICACIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES TOMADAS COMO MUESTRA DE ESTUDIO

VIVIENDA MULTIFAMILIAR	UBICACIÓN SEGÚN COORDENADAS UTM		UBICACIÓN SEGÚN JIRÓN, AVENIDA O PASAJE	BARRIO O SECTOR
	ESTE	NORTE		
V-1	245385	9341044	AV. CAJAMARCA SUR N° 2002	-
V-2	245138	9341529	AV. CAJAMARCA SUR MZ 01A LOTE 01	-
V-3	244809	9342104	JR. NICARAGUA MZ 10 LOTE 07	BARRIO SATELITE
V-4	244710	9341980	JR. CUBA MZ 07 LOTE 02	BARRIO SATELITE
V-5	245586	9342215	JR. COMERCIO MZ 08 LOTE 01B1	BARRIO SATELITE
V-6	244674	9342371	JR. IQUITOS MZ 19 LOTE 10	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-7	244344	9342211	JR. LAS DELICIAS MZ 08 LOTE 19	BARRIO ALTO I ETAPA
V-8	244470	9342426	JR. TACNA MZ 28 LOTE 08	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-9	244399	9342287	JR. JAÉN MZ 01 LOTE 1A	BARRIOS ALTOS
V-10	244306	9342301	JR. LAS DELICIAS MZ 02 LOTE 14	BARRIOS ALTOS
V-11	244228	9342202	JR. IQUITOS MZ 03 LOTE 141	BARRIOS ALTOS
V-12	244532	9342557	JR. BOLOGNESI MZ 21 LOTE 07	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-13	244493	9342621	JR. BOLOGNESI MZ 22 LOTE 02 Y 03	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-14	243999	9342435	AV. RIOJA MZ 16 LOTE 04	BARRIOS ALTOS IV ETAPA
V-15	244246	9342637	JR. JAÉN MZ 38 LOTE 02	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-16	244209	9342606	PJE. GALINDONA MZ 45 LOTE 01	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-17	244074	9342551	JR. JOSÉ OLAYA MZ 55 LOTE 03	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-18	245177	9341831	JR. SAN LUIS MZ 37 LOTE 06	LOS TRIUNFADORES
V-19	245495	9342319	JR. RICARDO PALMA MZ 35 LOTE 07	NUOVA CAJAMARCA III ETAPA
V-20	245229	9342203	JR. MICELA BASTIDAS MZ 17 LOTE 10	LOS INCAS
V-21	244913	9342255	JR. SAN PABLO MZ 01 LOTE 08	LOS INCAS
V-22	245405	9342630	CARRETERA UCRAÑA MZ C LOTE 02	DON VASQUEZ
V-23	244936	9342357	JR. SAN LUIS MZ 02 LOTE 02	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-24	245125	9342601	JR. GARCILAZO DE LA VEGA MZ 14 LOTE 07	NUOVA CAJAMARCA II ETAPA
V-25	244985	9342515	JR. SANTA ROZA MZ 08 LOTE I REST.	NUOVA CAJAMARCA II ETAPA
V-26	245070	9342681	PJE. SAN PEDRO MZ 13 LOTE 14A	NUOVA CAJAMARCA II ETAPA
V-27	244793	9342504	JR. IQUITOS MZ 13 LOTE 20	NUOVA CAJAMARCA II ETAPA
V-28	244990	9342807	JR. LIBERTAD MZ 12 LOTE 3RES	NUOVA CAJAMARCA II ETAPA
V-29	244879	9342728	JR. SANTA ROSA MZ 06 LOTE 03	NUOVA CAJAMARCA II ETAPA
V-30	244781	9342652	JR. SAN LUIS MZ 06 LOTE 4A	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-31	244666	9342625	AV. CAJAMARCA MZ 31 LOTE 05	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-32	244942	9342865	AV. UCRAÑA, FRENTE A MERCADO JOSÉ OLA YA	NUOVA CAJAMARCA II ETAPA
V-33	244942	9342995	PJE. LOS PINO MZ 26 LOTE 5A	NUOVA CAJAMARCA II ETAPA
V-34	244822	9342948	AV. UCRAÑA MZ 03 LOTE 5B	NUOVA CAJAMARCA II ETAPA
V-35	244623	9342898	JR. PIURA MZ 16 LOTE 13	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-36	244286	9342819	JR. GRAU MZ 39 LOTE 20	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-37	243928	9342897	PJE. SAN JOSÉ MZ 58 LOTE 12C	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-38	243678	9342836	JR. IMPERIO	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-39	244373	9342962	JR. HUALLAGA MZ 24 LOTE 22	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-40	244157	9342903	JR. LIMA N° 278 MZ 41	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-41	244234	9343066	JR. 28 DE JULIO MZ 33 LOTE 16	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-42	243677	9343177	JR. VILLA HERMOSA N° 669 MZ 27	LOS OLIVOS
V-43	244280	9343248	AV. CAJAMARCA MZ 02 LOTE 15	LOS OLIVOS
V-44	244083	9343369	AV. LA FLORIDA MZ 12 LOTE 12	LOS OLIVOS
V-45	243704	9343288	AV. LA FLORIDA MZ 01 LOTE 03	LOS ANGELES
V-46	244078	9343637	AVENIDA CAJAMARCA NORTE N° 12	LOS OLIVOS IV ETAPA
V-47	243967	9343729	JR. SAN FERNANDO MZ 42 LOTE 04	LOS OLIVOS IV ETAPA
V-48	243735	9343612	JR. LOS ANDES MZ 05A LOTE 06	LOS ANGELES
V-49	243845	9343910	JR. AREQUIPA MZ 50 LOTE LOTE 06 Y 07	LOS OLIVOS IV ETAPA
V-50	243780	9344237	AVENIDA CAJAMARCA NORTE Km 470	-
V-51	243456	9344093	JR. ESPAÑA C 04 MZ 04 LOTE 05	-
V-52	243664	9344443	JR. MOQUEGUA OESTE MZ B LOTE 04	LA AMISTAD
V-53	244583	9343031	JR. SAN LUIS MZ 09 LOTE 11A	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-54	244458	9343035	AV. CAJAMARCA MZ 18 LOTE 03 Y 04	NUOVA CAJAMARCA I ETAPA
V-55	244753	9343502	JR. JOSÉ CARLOS MARÍA TEGUI MZ 09 LOTE 02	-
V-56	244550	9343438	JR. JOSÉ CARLOS MARÍA TEGUI MZ 04 LOTE 07B*	MONTERREY II
V-57	244375	9343387	JR. JOSÉ OLAYA MZ 06 LOTE 11	MONTERREY I
V-58	244045	9343858	AV. CAJAMARCA MZ 01 LOTE 22	LA MOLINA I ETAPA
V-59	244110	9344007	JR. AREQUIPA MZ 03 LOTE 49	LA MOLINA I ETAPA
V-60	244110	9344161	JR. AMAUTA MZ 14 LOTE 14	LA MOLINA I ETAPA
V-61	244006	9344106	JR. JOSÉ OLAYA MZ 12 LOTE 12	LA MOLINA I ETAPA
V-62	243948	9344173	JR. ICA MZ 12 LOTE 30	LA MOLINA I ETAPA
V-63	243895	9344180	JR. ICA MZ 19 LOTE 13	LA MOLINA I ETAPA
V-64	243955	9344236	JR. FRANCISCO PIZARRO MZ 22 LOTE 28A	LA MOLINA I ETAPA
V-65	243893	9344389	JR. APURIMAC MZ 22 LOTE 28A	LA MOLINA I ETAPA
V-66	243745	9344449	JR. MOQUEGUA MZ 29 LOTE 28,29 Y 30	LA MOLINA I ETAPA
V-67	243714	9344500	AV. CAJAMARCA NORTE	LA MOLINA I ETAPA
V-68	243749	9344698	AV. LINO MEGO MZ 32 LOTE 04	-
V-69	243599	9344711	AV. CAJAMARCA NORTE	-

PLANO CATASTRAL DE LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA



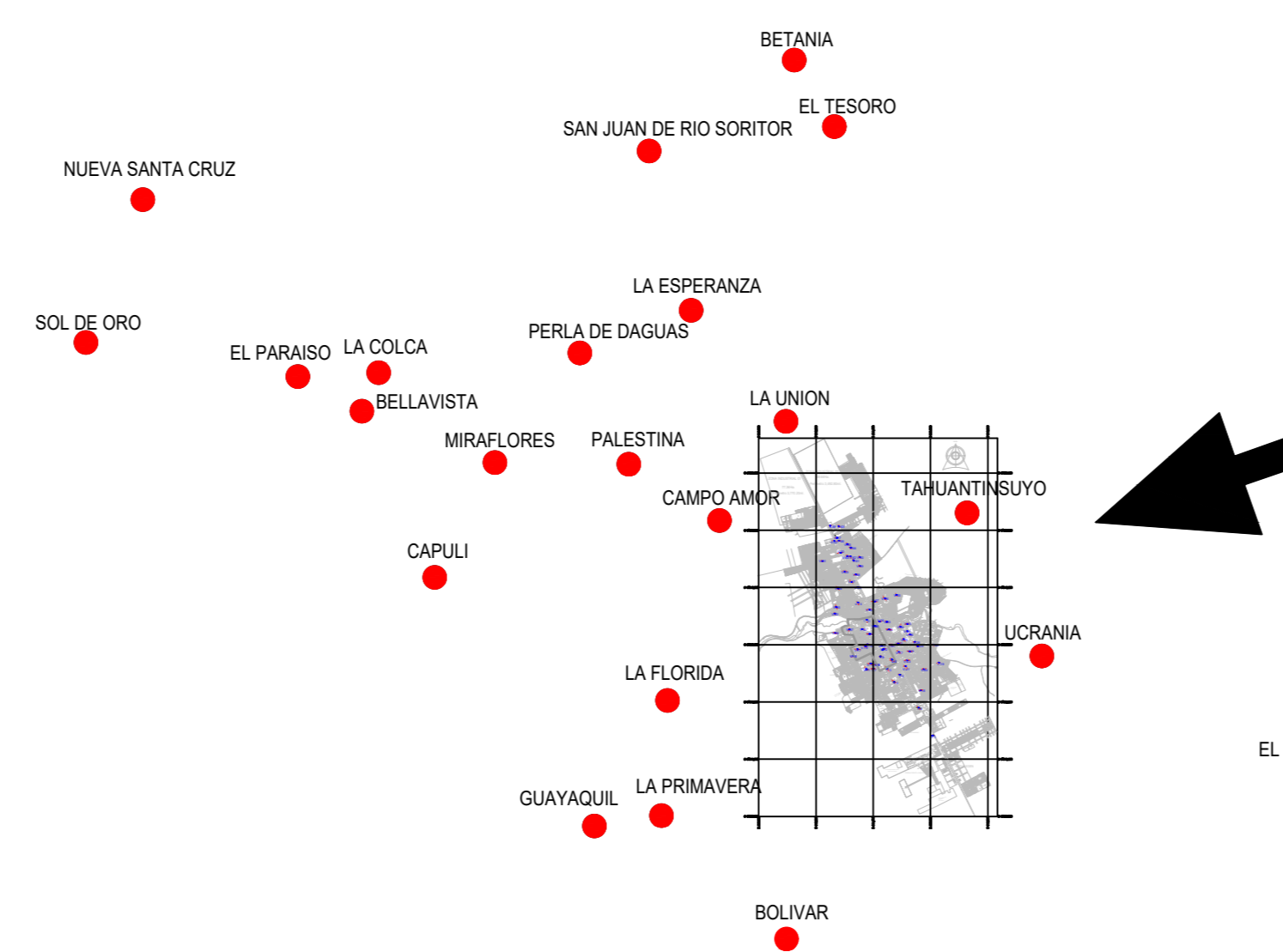
UBICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO



UBICACIÓN EN LA PROVINCIA

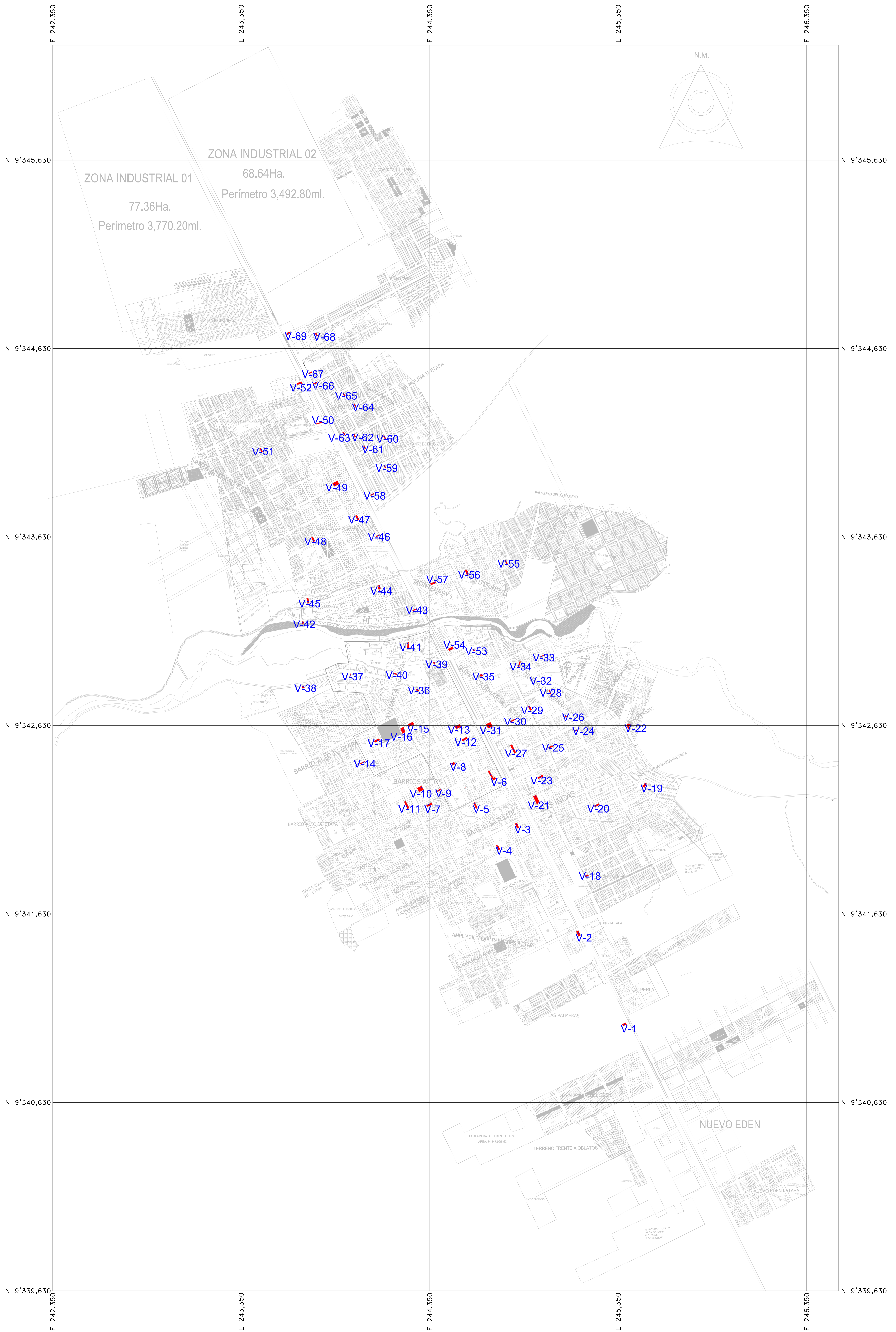


UBICACIÓN EN EL DISTRITO



**PLANTA GENERAL
ESC: 1/280 000**

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES MUESTRA DE ESTUDIO.		INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE	
TESIS: "NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA - RIOJA - SAN MARTÍN".		TESISTA: BACH. DILMER SILVA TORRES ASESOR: ING. CHRISTIAN EDUAR RÍOS PAREDES	
LEYENDA		ESCALA: INDICADA	
<p>■ LOTE DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES MUESTRA DE ESTUDIO</p> <p>● UBICACIÓN DE COORDENADAS UTM DEL LOTE DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES MUESTRA DE ESTUDIO</p> <p>V-n° NÚMERO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR</p>		FECHA: AÑO 2022	
UBICACIÓN		ANEXO 03	
DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN PROVINCIA: RIOJA DISTRITO: NUEVA CAJAMARCA CIUDAD: NUEVA CAJAMARCA			



PLANO DE PLANTA GENERAL DE LOS LOTES DE LAS VIVIENDAS DE ESTUDIO.

TESIS: "NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA - RIOJA - SAN MARTÍN".

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

TESISTA: BACH. DILMER SILVA TORRES

ASESOR: ING. CHRISTIAN EDUAR RÍOS PAREDES

LEYENDA

- LOTE DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES MUESTRA DE ESTUDIO
- UBICACIÓN DE COORDENADAS UTM DEL LOTE DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES MUESTRA DE ESTUDIO
- V-n° NÚMERO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR

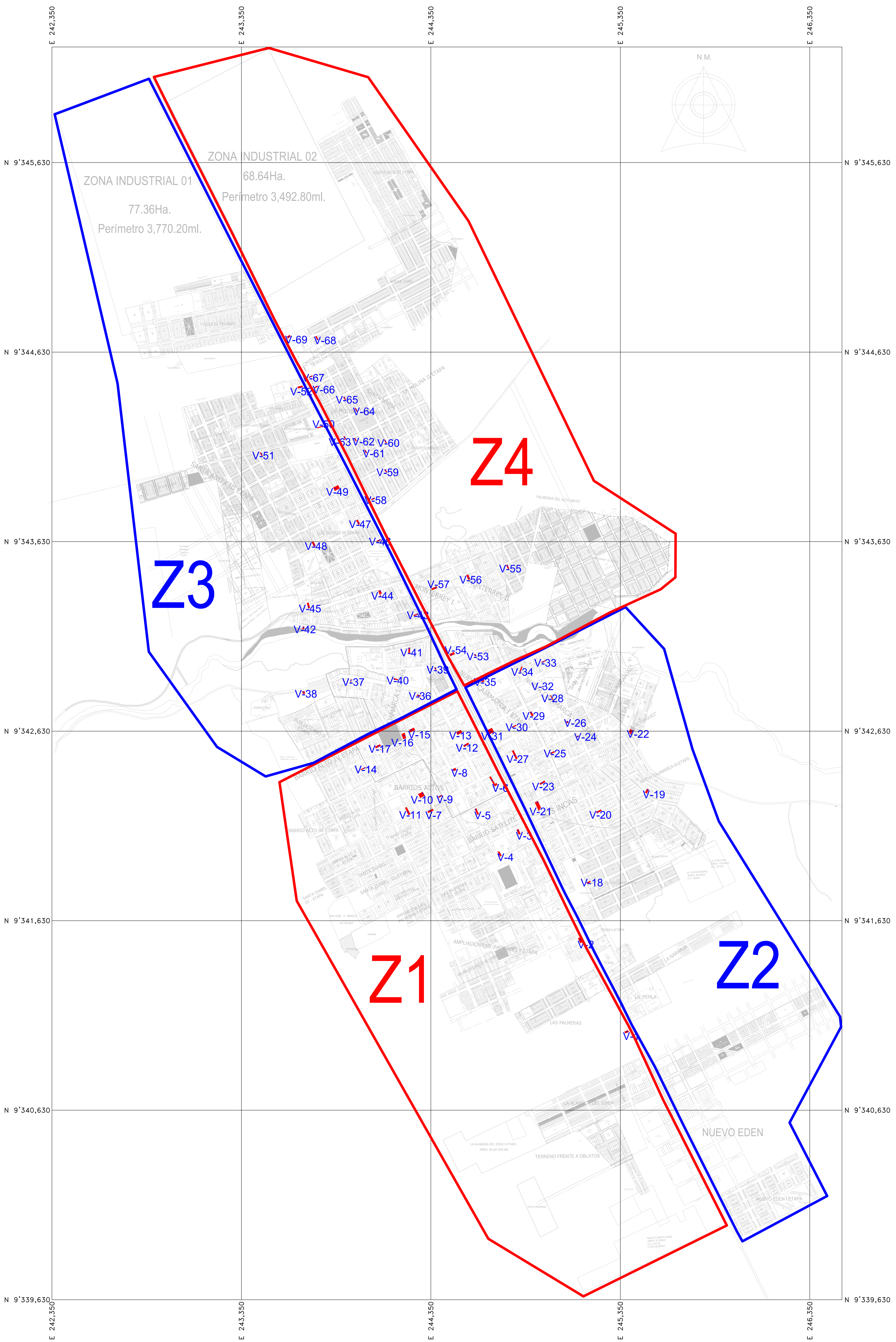
UBICACIÓN




DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: NUEVA CAJAMARCA
CIUDAD: NUEVA CAJAMARCA

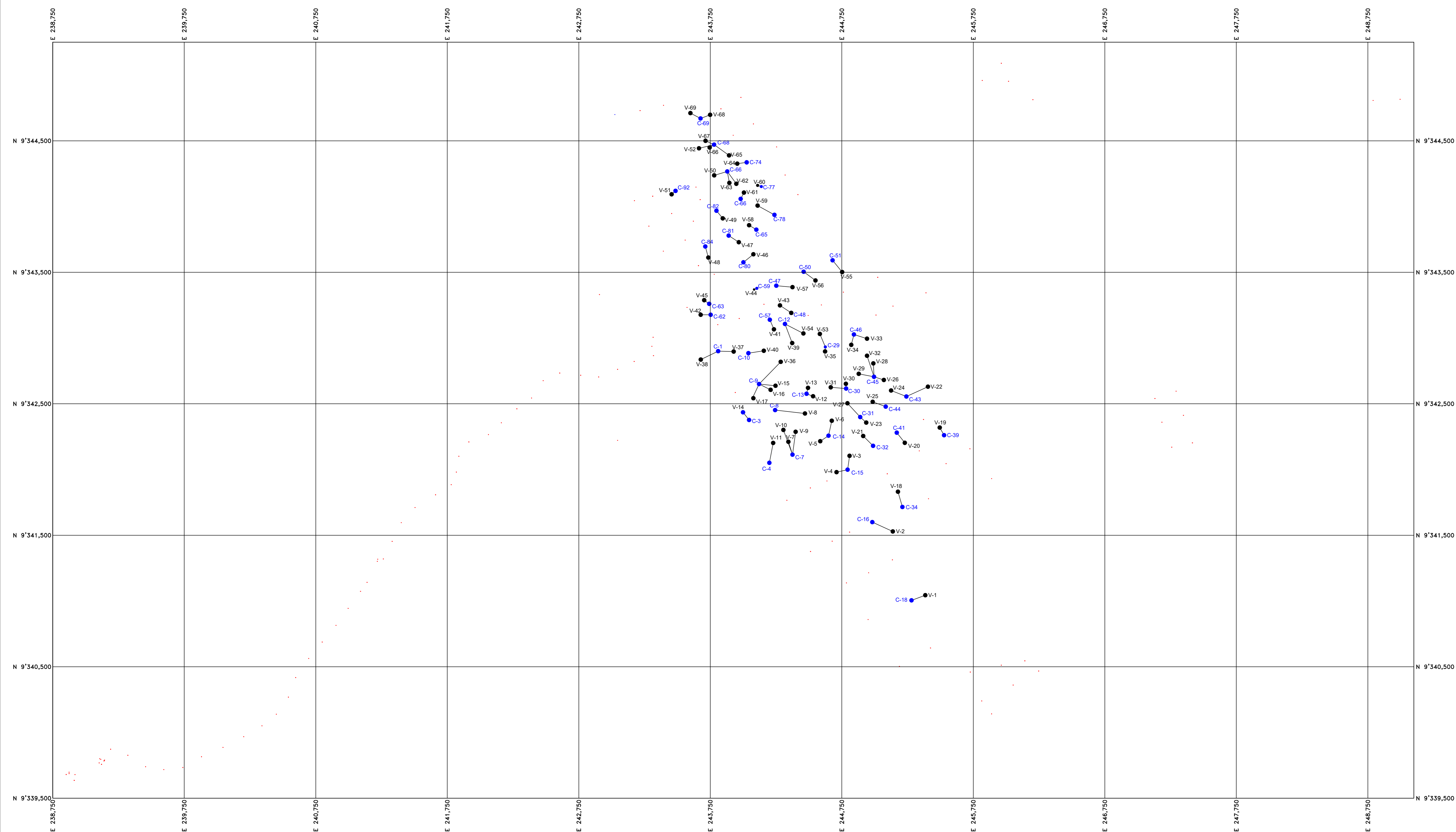
ESCALA: 1/170 000

FECHA: AÑO 2022

ANEXO 04

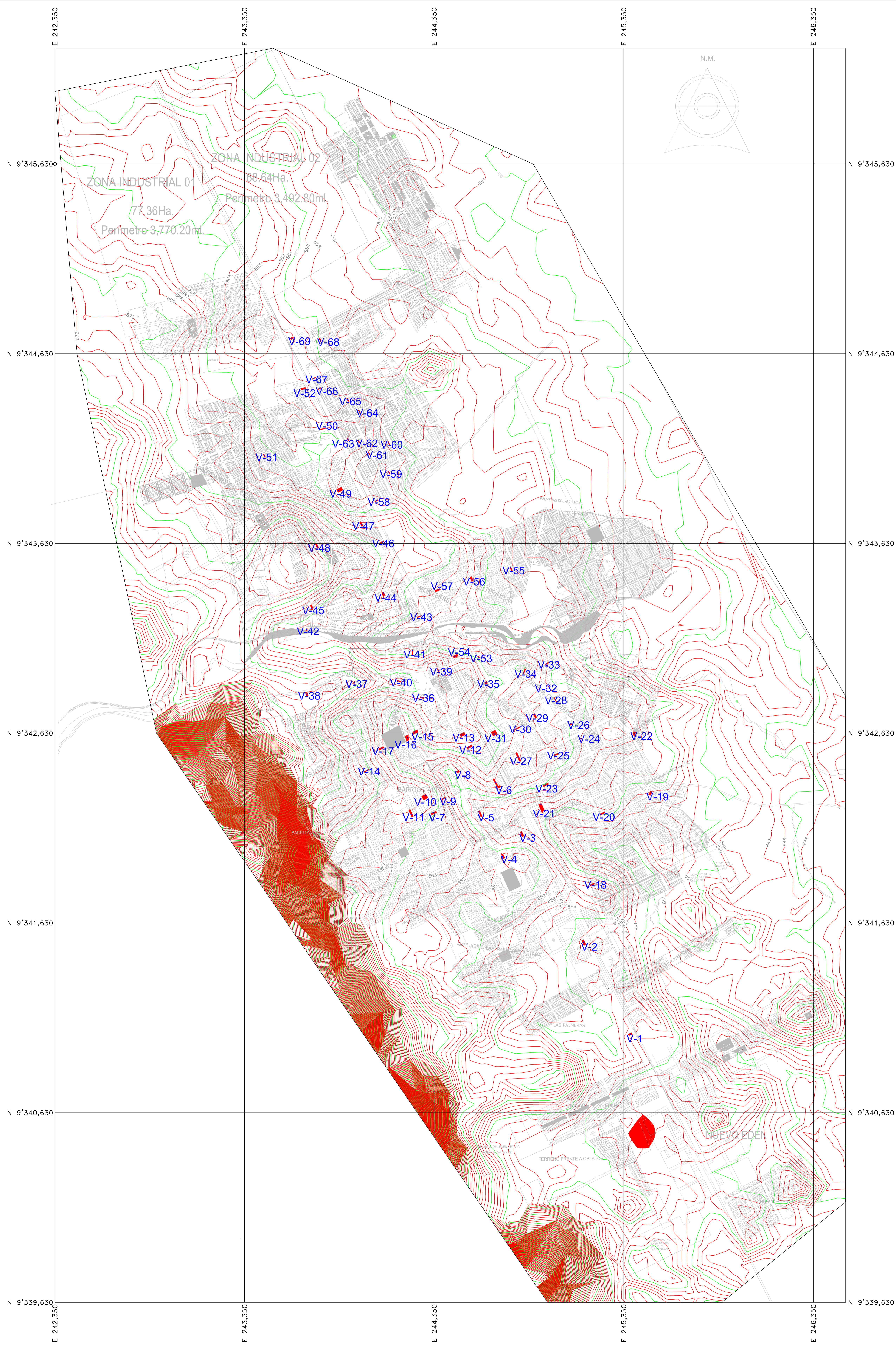


<p>PLANO DE DIVISIÓN DE PLANTA GENERAL DE LOS LOTES DE LAS VIVIENDAS DE ESTUDIO EN ZONAS 1, 2, 3 Y 4.</p>	<p>INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</p>	<p>LEYENDA</p>	<p>UBICACIÓN</p>	<p>ESCALA: 1/170 000</p>	<p>ANEXO 05</p>
<p>TESIS: "NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA - RIOJA - SAN MARTÍN".</p>	<p>TESISTA: BACH. DILMER SILVA TORRES ASESOR: ING. CHRISTIAN EDWAR RÍOS PAREDES</p>	<p>  LOTE DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES MUESTRA DE ESTUDIO  UBICACIÓN DE COORDENADAS UTM DEL LOTE DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES MUESTRA DE ESTUDIO  V-n* NÚMERO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR </p>	<p> DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN PROVINCIA: RIOJA DISTRITO: NUEVA CAJAMARCA CIUDAD: NUEVA CAJAMARCA </p>	<p>FECHA: AÑO 2022</p>	



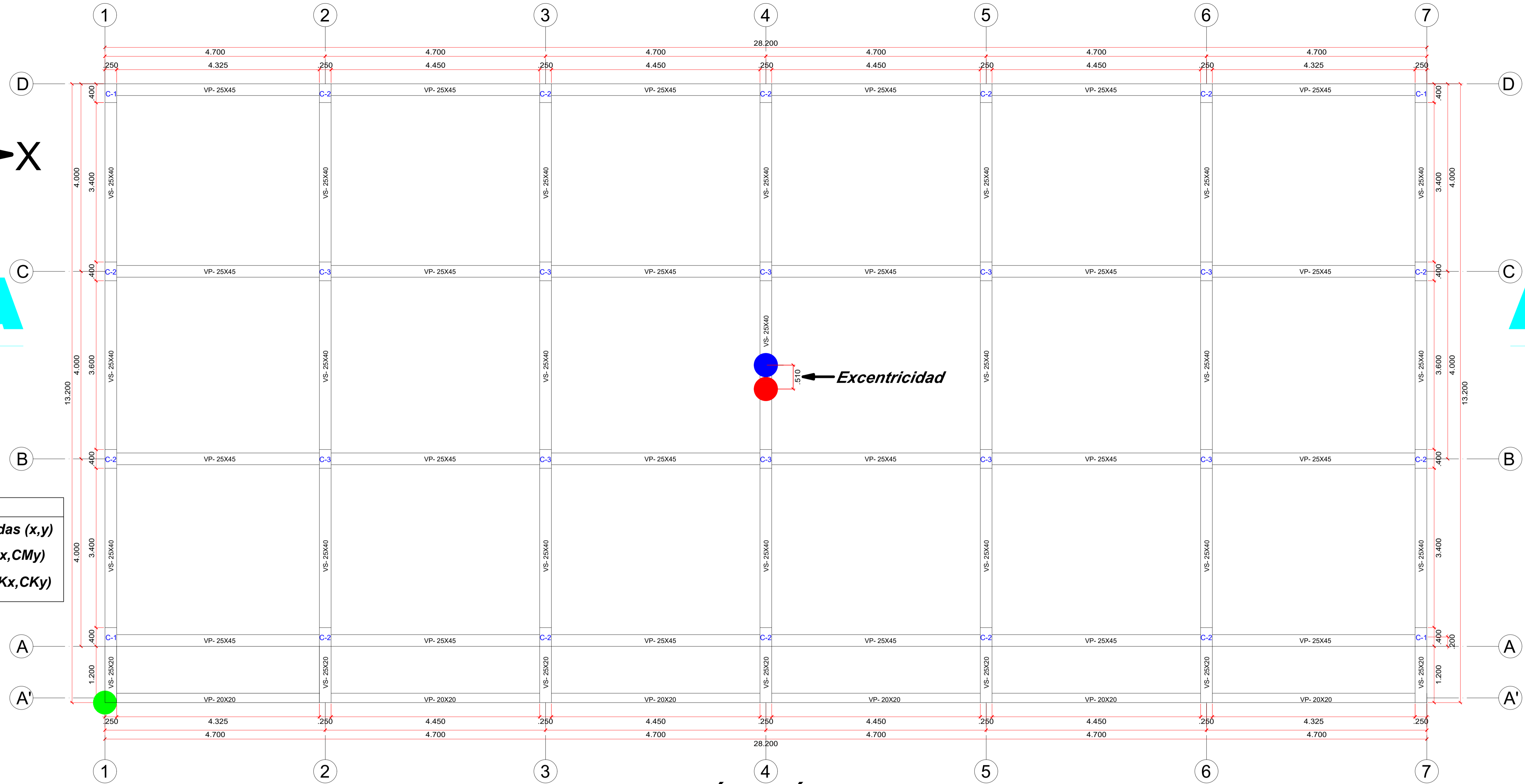
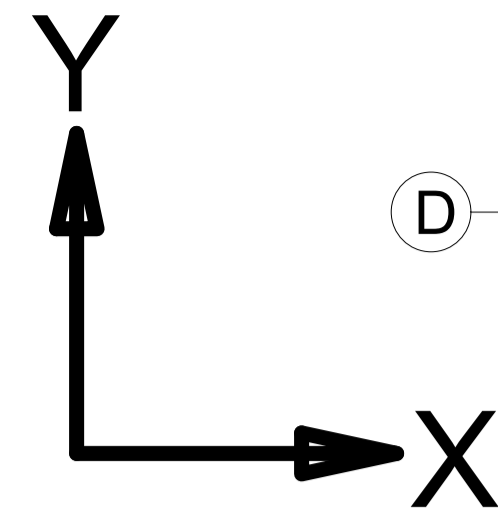
IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES DE ESTUDIO						
VIVIENDA	COORDENADAS ESTE NORTE	CALICATA MAS CERCANA	COORDENADAS ESTE NORTE	CLASIF. SUCS	NOMBRE DEL MATERIAL PREDOMINANTE	CLASIFICACION FN LA FICHA DE VULNERABILIDAD
V-1	245385 934104	C-18 RAD	245280 9341005	GM	Grava limosa, color beige.	Granular fino y arcilloso
V-2	245138 934159	C-16 RAD	244982 9341600	CL	Terreno arcilloso con ripio.	Depósitos de suelos finos
V-3	244809 934104	C-15 RAD	244794 9341999	CL	Arcilla poco plastica con arena, consistencia media, humeda, color beige claro.	Depósitos de suelos finos
V-4	244710 9341980	C-15 RAD	244794 9341999	CL	Arcilla poco plastica con arena, consistencia media, humeda, color beige claro.	Depósitos de suelos finos
V-5	244586 9342215	C-14 RAD	244649 9342257	SC	Arena arcillosa, compactad media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-6	244674 9342371	C-15 RAD	244794 9341999	CL	Arcilla poco plastica con arena, consistencia media, humeda, color beige claro.	Depósitos de suelos finos
V-7	244344 9342211	C-7 RAD	244375 9342113	CL	Arcilla poco plastica con arena, consistencia media, humeda color beige.	Depósitos de suelos finos
V-8	244470 9342426	C-8 RAD	244243 9342452	CL	Arcilla con hormigon, humedo.	Depósitos de suelos finos
V-9	244399 9342287	C-7 RAD	244375 9342113	CL	Arcilla poco plastica con arena, consistencia media, humeda color beige.	Depósitos de suelos finos
V-10	244386 9342391	C-7 RAD	244375 9342113	CL	Arcilla poco plastica con arena, consistencia media, humeda color beige.	Depósitos de suelos finos
V-11	244228 9342252	C-4 RAD	244199 9342051	ML	Limo poco plastico con arena, consistencia media, humeda, color gris claro.	Depósitos de suelos finos
V-12	244532 9342557	C-13 RAD	244482 9342576	CL	Arcilla poco plastica con arena, consistencia media, humeda, color beige.	Depósitos de suelos finos
V-13	244493 9342921	C-13 RAD	244482 9342576	CL	Arcilla poco plastica con arena, consistencia media, humeda, color beige.	Depósitos de suelos finos
V-14	243999 9343435	C-3 RAD	244045 9343277	ML	Limo poco plastico con arena, consistencia media, humeda, color beige.	Depósitos de suelos finos
V-15	244246 9342637	C-9 RAD	244121 9342650	G	Terreno arcilloso humedo con hormigon barroso.	Depósitos de suelos finos
V-16	244209 9342666	C-9 RAD	244121 9342650	G	Terreno arcilloso humedo con hormigon barroso.	Depósitos de suelos finos
V-17	244074 9342551	C-9 RAD	244121 9342650	G	Terreno arcilloso humedo con hormigon barroso.	Depósitos de suelos finos
V-18	245177 9341831	C-34 RAD	245211 9341715	GM	Grava limosa, humeda, color gris claro a beige, terreno normal.	Granular fino y arcilloso
V-19	245495 9342319	C-39 RAD	245528 9342261	CL	Arcilla poco plastica con arena, humeda, color gris claro.	Depósitos de suelos finos
V-20	245229 9342203	C-41 RAD	245168 9342280	GM	Grava limosa arenosa, humeda, color gris claro.	Granular fino y arcilloso
V-21	244913 9342255	C-32 RAD	244988 9342180	GC	Terreno tipo hormigon barroso con pedras de 15"	Granular fino y arcilloso
V-22	245405 9342630	C-43 RAD	245241 9342555	CL	Arcilla poco plastica con pedras aisladas, humeda color beige.	Depósitos de suelos finos
V-23	244936 9342587	C-31 RAD	244890 9342399	ML	Limo poco plastico con pedras de 5", humeda, color gris claro. Terreno normal.	Depósitos de suelos finos
V-24	245175 9342601	C-43 RAD	245241 9342555	CL	Arcilla poco plastica con pedras aisladas, humeda, color beige.	Depósitos de suelos finos
V-25	244985 9342515	C-44 RAD	245084 9342478	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-26	245070 9342681	C-45 RAD	244995 9342705	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-27	244793 9342934	C-31 RAD	244890 9342399	ML	Limo poco plastico con pedras de 5", humeda, color gris claro. Terreno normal.	Depósitos de suelos finos
V-28	244990 9343807	C-45 RAD	244995 9342705	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-29	244879 9342728	C-45 RAD	244995 9342705	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-30	244781 9342652	C-30 RAD	244783 9342616	CL	Arcilla poco plastica con arena y grava aislada, consistencia media, humeda, color beige.	Depósitos de suelos finos
V-31	244666 9342625	C-30 RAD	244783 9342616	CL	Arcilla poco plastica con arena y grava aislada, consistencia media, humeda, color beige.	Depósitos de suelos finos
V-32	244942 9342865	C-45 RAD	244995 9342705	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-33	244942 9342865	C-45 RAD	244995 9342705	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-34	244942 9342865	C-45 RAD	244995 9342705	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-35	244942 9342865	C-45 RAD	244995 9342705	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-36	244942 9342865	C-45 RAD	244995 9342705	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-37	244942 9342865	C-45 RAD	244995 9342705	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-38	244942 9342865	C-45 RAD	244995 9342705	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-39	244942 9342865	C-45 RAD	244995 9342705	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-40	244942 9342865	C-45 RAD	244995 9342705	ML	Limo poco plastico con arena y pedras de 2" a 5", consistencia media, humeda, color gris oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-41	244234 9343066	C-57 RAD	244203 9343139	GP-GM	Grava mal gradada limosa, pedras de 2" a 7", baja humedad, compactad media, color beige oscuro. Terreno Semirocoso.	Granular fino y arcilloso
V-42	243677 9343177	C-62 RAD	243753 9343177	GW-GM	Grava limosa arenosa, pedras de 10", ligera humedad, compactad media, color beige oscuro. Terreno Semirocoso.	Granular fino y arcilloso
V-43	244280 9343248	C-48 RAD	244366 9343191		Terreno con material organico y arcilloso.	Depósitos de suelos finos
V-44	244083 9343369	C-59 RAD	244104 9343378	SP-SM	Arena limosa gravosa de 2" a 5", humeda, compactad media, color beige oscuro. Terreno normal.	Depósitos de suelos finos
V-45	243704 9343288	C-63 RAD	243742 9343260	SP-SM	Arena mal gradada con limo gravoso, ligera humedad, compactad media, color beige oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-46	244078 9343637	C-80 RAD	244002 9343576	CL	Arcilla poco plastica, humeda, color beige claro. Terreno Normal	Depósitos de suelos finos
V-47	243967 9343729	C-81 RAD	243890 9343779	CL	Arcilla poco plastica con pedras aislada de 5" a 10", humeda, color beige. Terreno normal.	Depósitos de suelos finos
V-48	243735 9343612	C-84 RAD	243712 9343696	CL	Arcilla poco plastica con arena, consistencia media, humeda, color beige claro.	Depósitos de suelos finos
V-49	243845 9343910	C-82 RAD	243797 9343968	CL	Arcilla poco plastica, humeda, color beige claro. Terreno Normal.	Depósitos de suelos finos
V-50	243780 9344227	C-67 RAD	243879 9344267	GC	Grava arcillosa, humeda, color beige oscuro.	Granular fino y arcilloso
V-51	243456 9344093	C-92 RAD	243486 9344119	CL	Arcilla poco plastica con arena, consistencia media, humeda, color gris claro.	Depósitos de suelos finos
V-52	243664 9344443	C-68 RAD	243779 9344471	GC	Grava arcillosa, humeda, color beige oscuro.	Granular fino y arcilloso
V-53	244583 9343031	C-29 RAD	244625 9342932	CL	Arcilla poco plastica con arena, consistencia media, humeda, color beige.	Depósitos de suelos finos
V-54	244458 9343035	C-12 RAD	244318 9343107	CL	Arcilla poco plastica con arena, consistencia media, humeda, color beige oscuro.	Depósitos de suelos finos
V-55	244753 9343502	C-51 RAD	244680 9343591	CL	Arcilla poco plastica con arena, humeda, color marron.	Depósitos de suelos finos
V-56	244850 9343438	C-50 RAD	244460 9343504	GM	Grava limosa, ligera humedad, color beige oscuro.	Granular fino y arcilloso
V-57	244375 9343387	C-47 RAD	244252 9343398	GP-GM	Grava limosa con arena, pedras de 2" a 12", ligera humedad, compactad media, color beige oscuro.	Granular fino y arcilloso
V-58	244045 9343858	C-65 RAD	244100 9343824	GM	Grava limosa, ligera humedad, color beige oscuro.	Granular fino y arcilloso
V-59	244110 9344007	C-78 RAD	244238 9343937	CL	Arcilla poco plastica, humeda, color beige claro.	Depósitos de suelos finos
V-60	244110 9344161	C-77 RAD	244138 9344152	CL	Arcilla poco plastica con arena, humeda, color beige claro. Terreno Normal	Depósitos de suelos finos
V-61	244006 9344106	C-66 RAD	243981 9344058	GM	Grava limosa, humeda, color beige. Terreno semirocoso	Granular fino y arcilloso
V-62	243948 9344173	C-67 RAD	243879 9344267	GC	Grava arcillosa, humeda, color beige oscuro.	Granular fino y arcilloso
V-63	243895 9344180	C-67 RAD	243879 9344267	GC	Grava arcillosa, humeda, color beige oscuro.	Granular fino y arcilloso
V-64	243955 9344326	C-74 RAD	244027 9344336	GM	Grava limosa arenosa, humeda, color gris.	Granular fino y arcilloso
V-65	243893 9344389	C-68 RAD	243779 9344471	GC	Grava arcillosa, humeda, color beige oscuro.	Granular fino y arcilloso
V-66	243745 9344449	C-68 RAD	243779 9344471	GC	Grava arcillosa, humeda, color beige oscuro.	Granular fino y arcilloso
V-67	243714 9344500	C-68 RAD	243779 9344471	GC	Grava arcillosa, humeda, color beige oscuro.	Granular fino y arcilloso
V-68	243749 9344698	C-69 RAD	243676 9344670	CL	Arcilla arenosa, humeda, color marron oscuro. Terreno normal.	Depósitos de suelos finos
V-69	243899 9344711	C-69 RAD	243676 9344670	CL	Arcilla arenosa, humeda, color marron oscuro. Terreno normal.	Depósitos de suelos finos

PLANO DE IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES DE ESTUDIO.		INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE	
TESIS: "NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA - RIOJA - SAN MARTÍN".		TESISTA: BACH. DILMER SILVA TORRES ASESOR: ING. CHRISTIAN EDUAR RÍOS PAREDES	
LEYENDA	UBICACIÓN	ESCALA: 1/ 14 000	ANEXO 06
<ul style="list-style-type: none"> ● UBICACIÓN DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES DE ESTUDIO ● UBICACIÓN DE CALICATA DE LA RED DE AGUA Y DESAGUE DE NUEVA CAJAMARCA 	DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN PROVINCIA : RIOJA DISTRITO : NUEVA CAJAMARCA CIUDAD : NUEVA CAJAMARCA	FECHA: AÑO 2022	



PLANO TOPOGRÁFICO
ESCALA 1/7 000

<p>- PLANO TOPOGRÁFICO DE LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA - NOTA: COORDENADAS Y COTAS EXTRAIDAS DE GOOGLE HERART PRO</p>	<p>INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</p>	<p>UBICACIÓN</p>	<p>ESCALA: INDICADA</p>	<p align="center">ANEXO 07</p>
<p>TESIS: "NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA - RIOJA - SAN MARTÍN".</p>	<p>TESISTA: BACH. DILMER SILVA TORRES ASESOR: ING. CHRISTIAN EDWAR RÍOS PAREDES</p>	<p>DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN PROVINCIA: RIOJA DISTRITO: NUEVA CAJAMARCA CIUDAD: NUEVA CAJAMARCA</p>	<p>FECHA: AÑO 2022</p>	



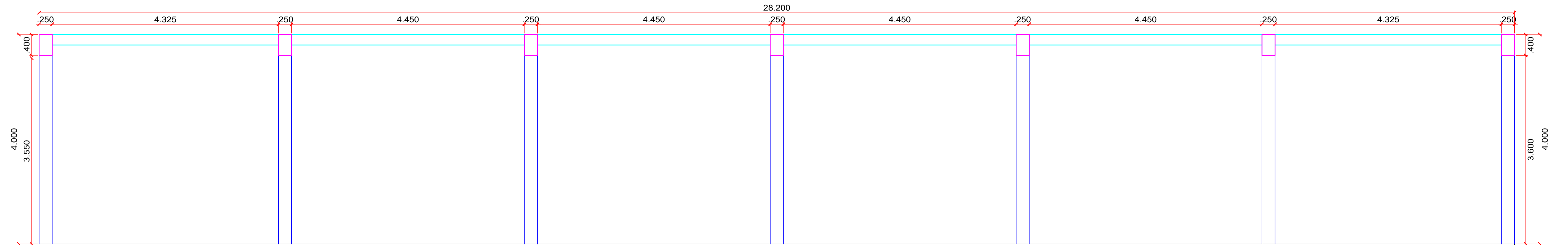
LEYENDA

- Origen de coordenadas (x,y)
- Centro de masa (CMx,CMy)
- Centro de rigidez (CKx,CKy)

TABLA DE DATOS

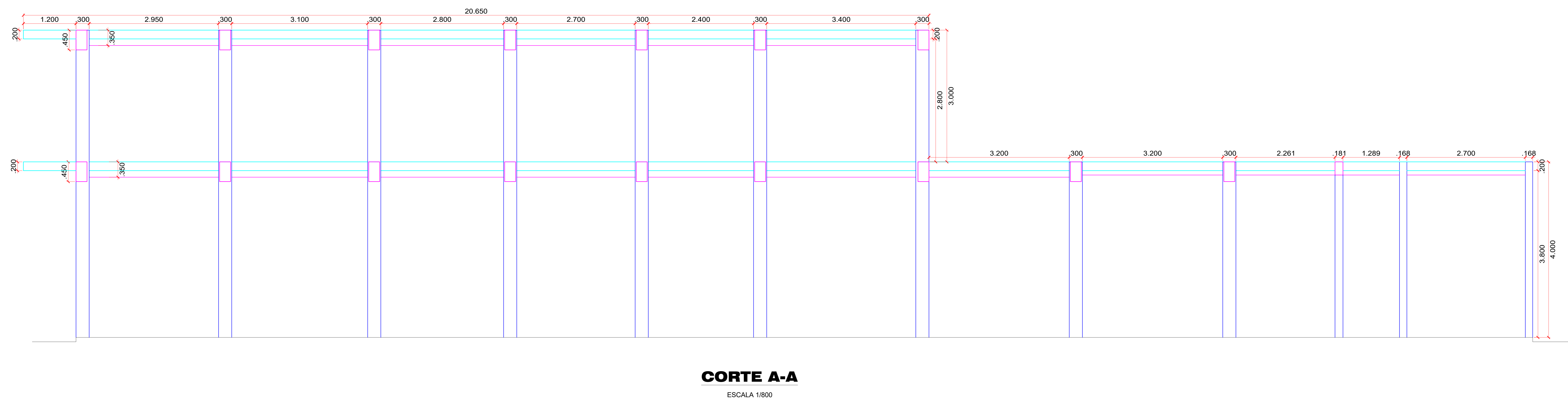
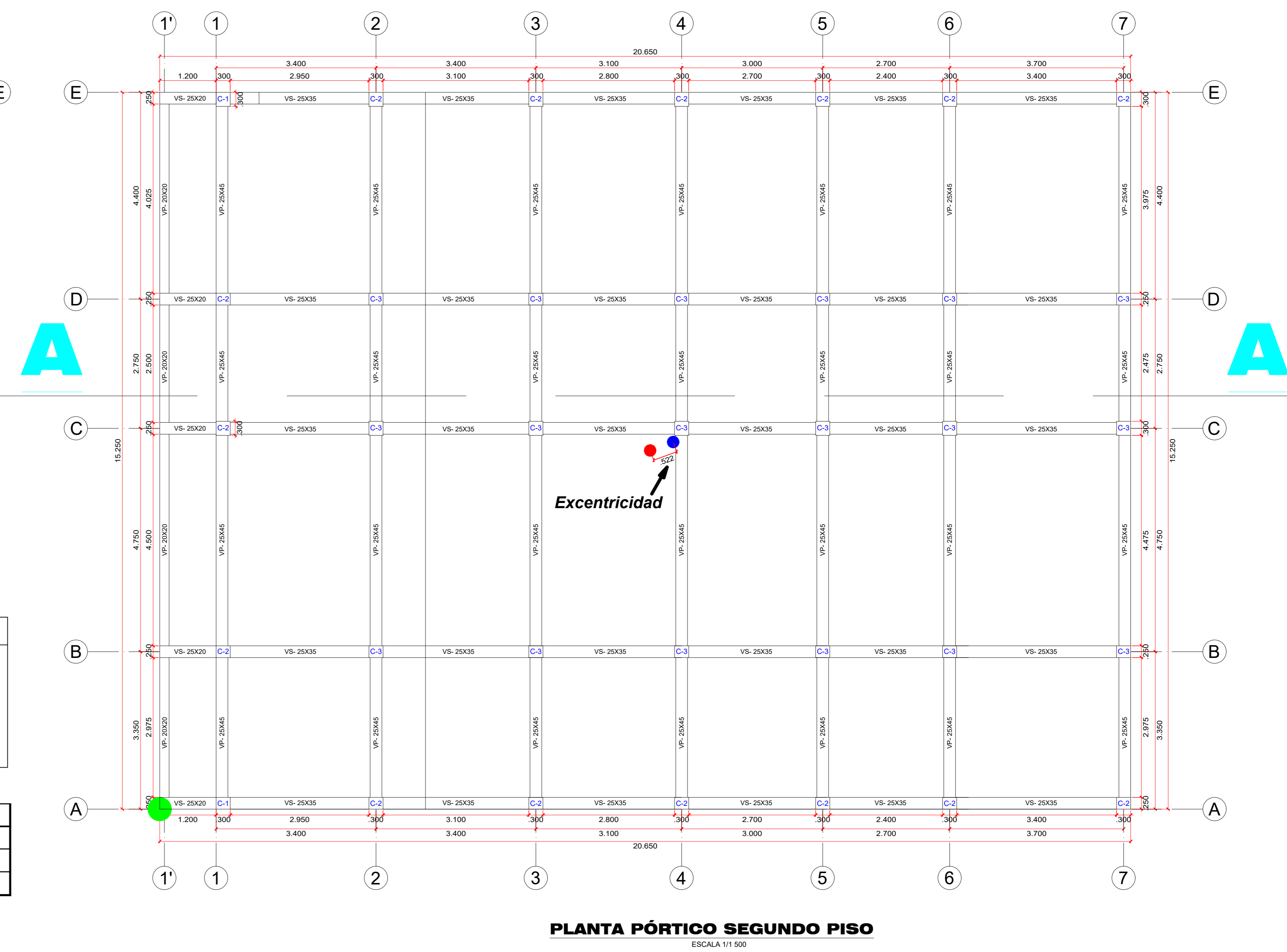
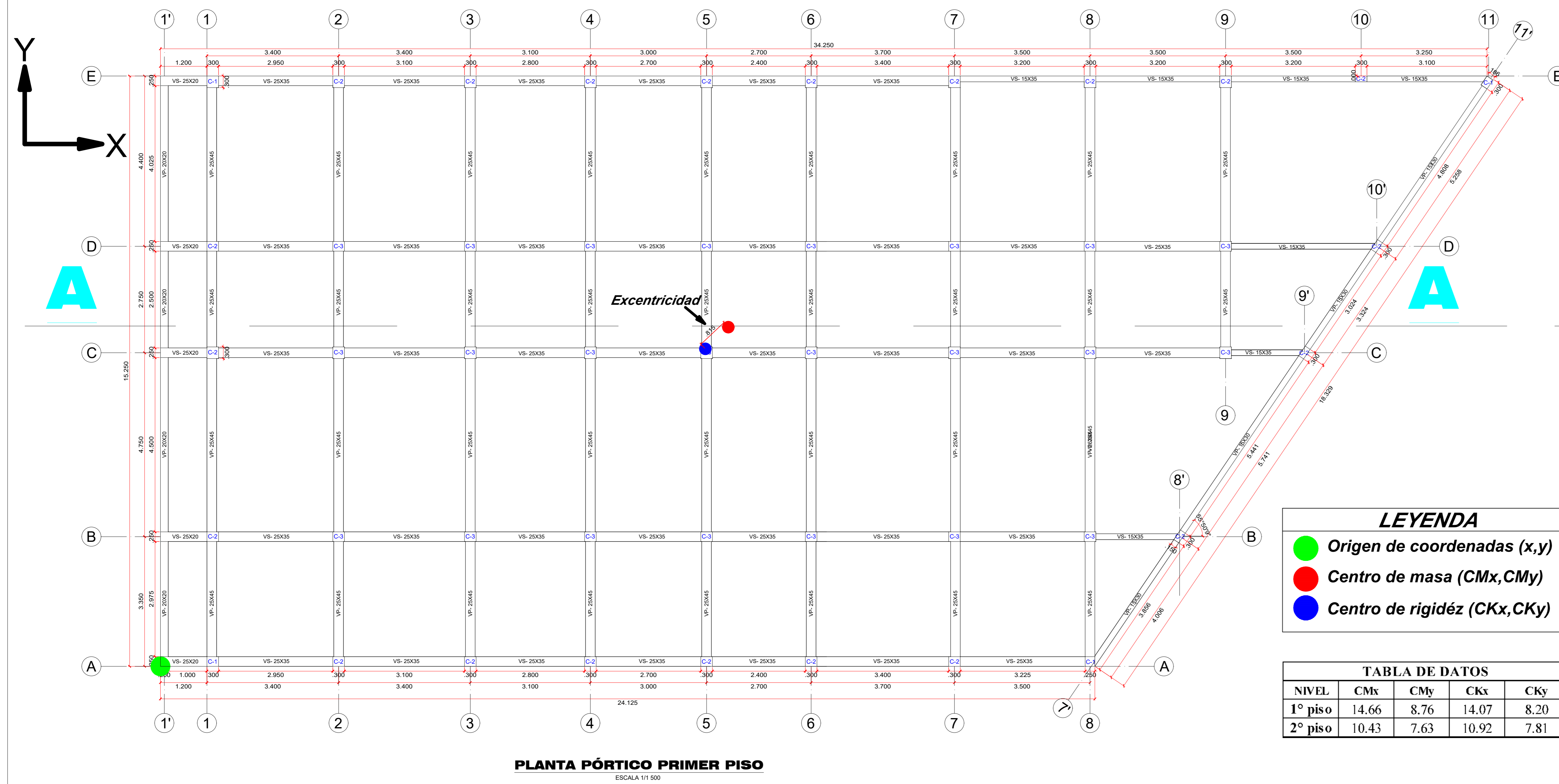
NIVEL	CMx	CMy	CKx	CKy
I° Piso	14.10	6.69	14.10	7.20

PLANTA PÓRTICO ÚNICO PISO
ESCALA 1/1 200



CORTE A-A
ESCALA 1/1 200

<p>PLANO DE PLANTA Y CORTE DE PÓRTICO DE LA VIVIENDA DE 1 PISO (V-2)</p> <p>TESIS: "NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA - RIOJA - SAN MARTÍN".</p>	<p>INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</p> <p>TESISTA: BACH. DILMER SILVA TORRES</p> <p>ASESOR: ING. CHRISTIAN EDWAR RÍOS PAREDES</p>	<p>UBICACIÓN</p> <p>DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN</p> <p>PROVINCIA : RIOJA</p> <p>DISTRITO : NUEVA CAJAMARCA</p> <p>CIUDAD : NUEVA CAJAMARCA</p>	<p>ESCALA: INDICADA</p>	<p>ANEXO 08</p>
		<p>FECHA: AÑO 2022</p>		



PLANO DE PLANTA Y CORTE DE PÓRTICO DE LA VIVIENDA 2 PISOS (V-13)

TESIS: "NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA - RIOJA - SAN MARTÍN".

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

TESISTA: BACH. DILMER SILVA TORRES

ASESOR: ING. CHRISTIAN EDUAR RÍOS PAREDES

UBICACIÓN

DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN

PROVINCIA: RIOJA

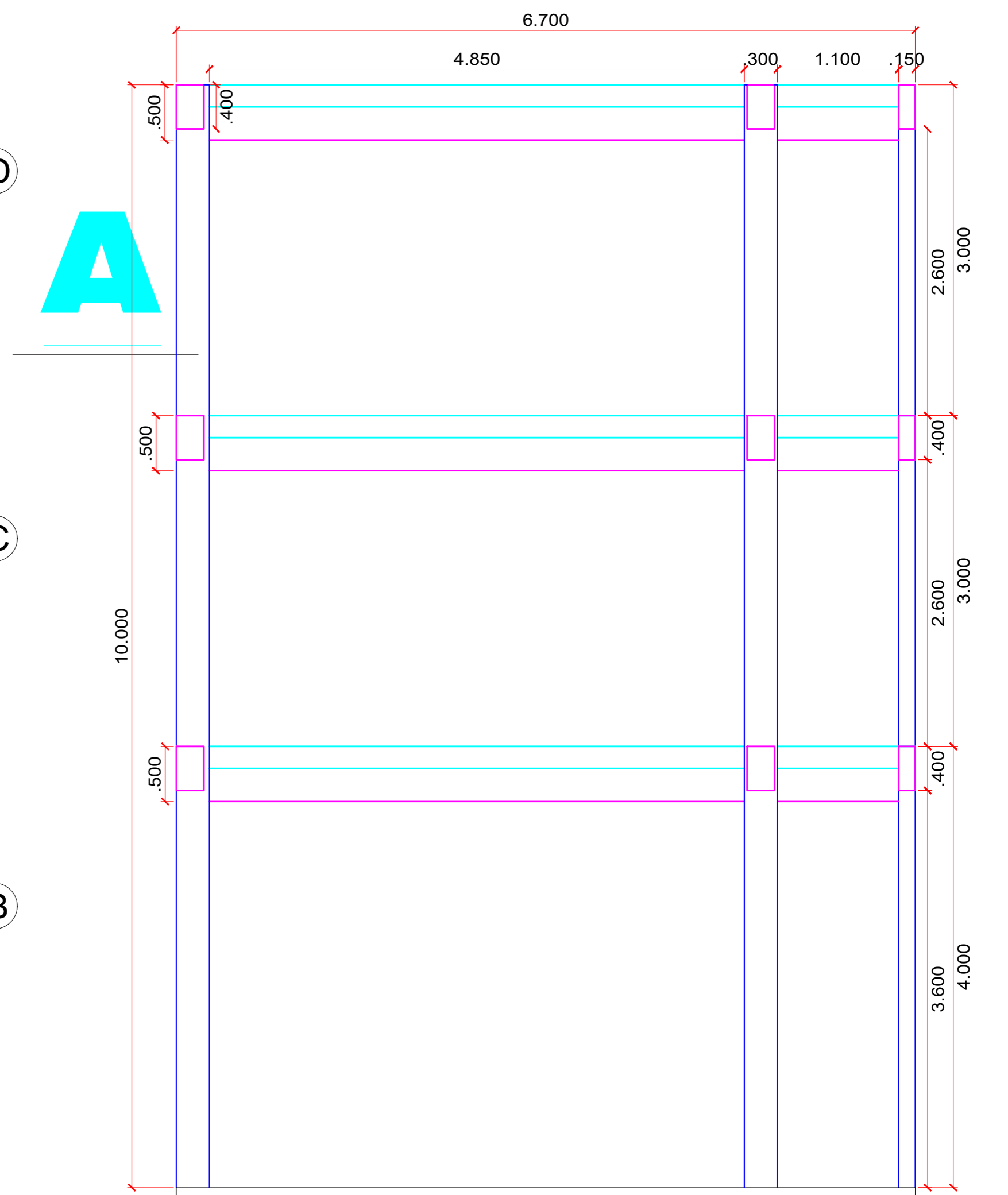
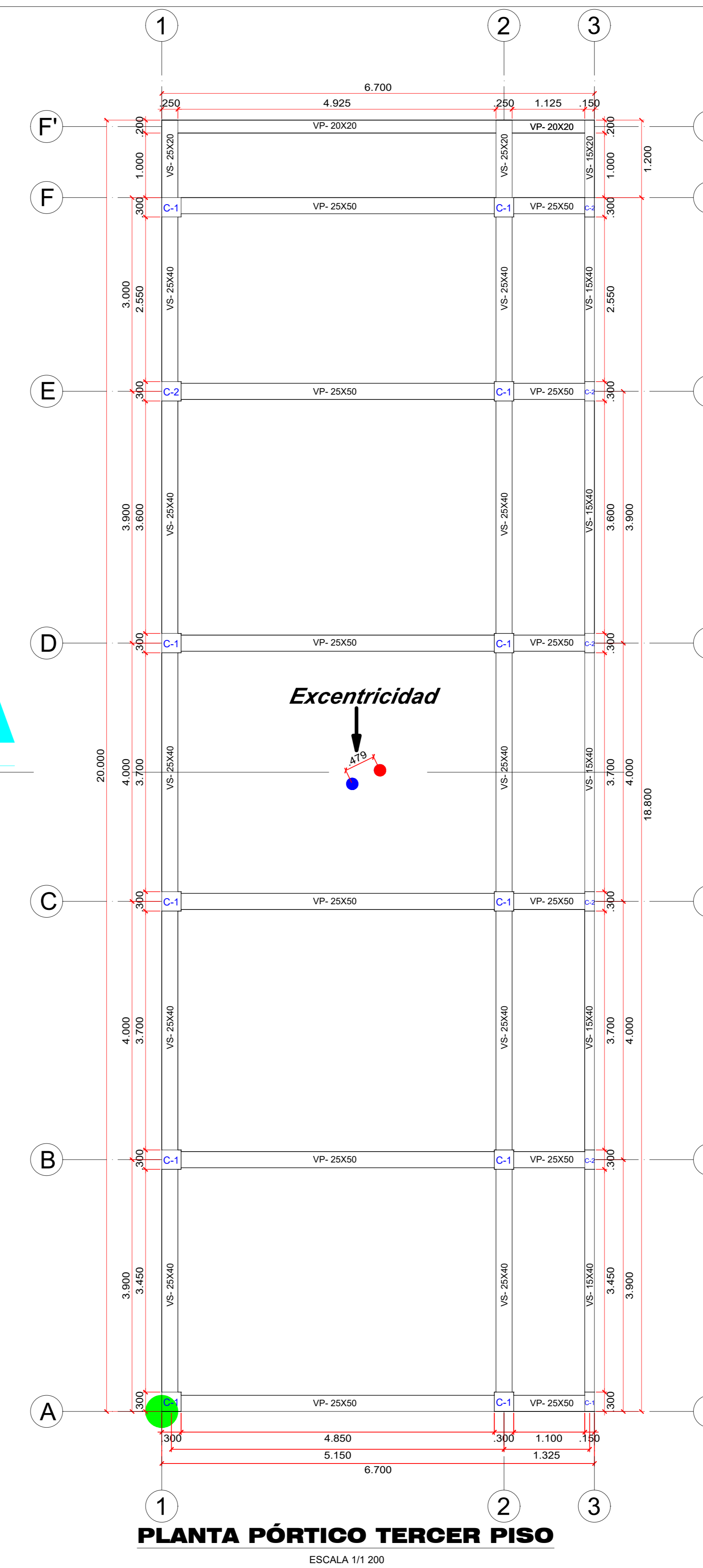
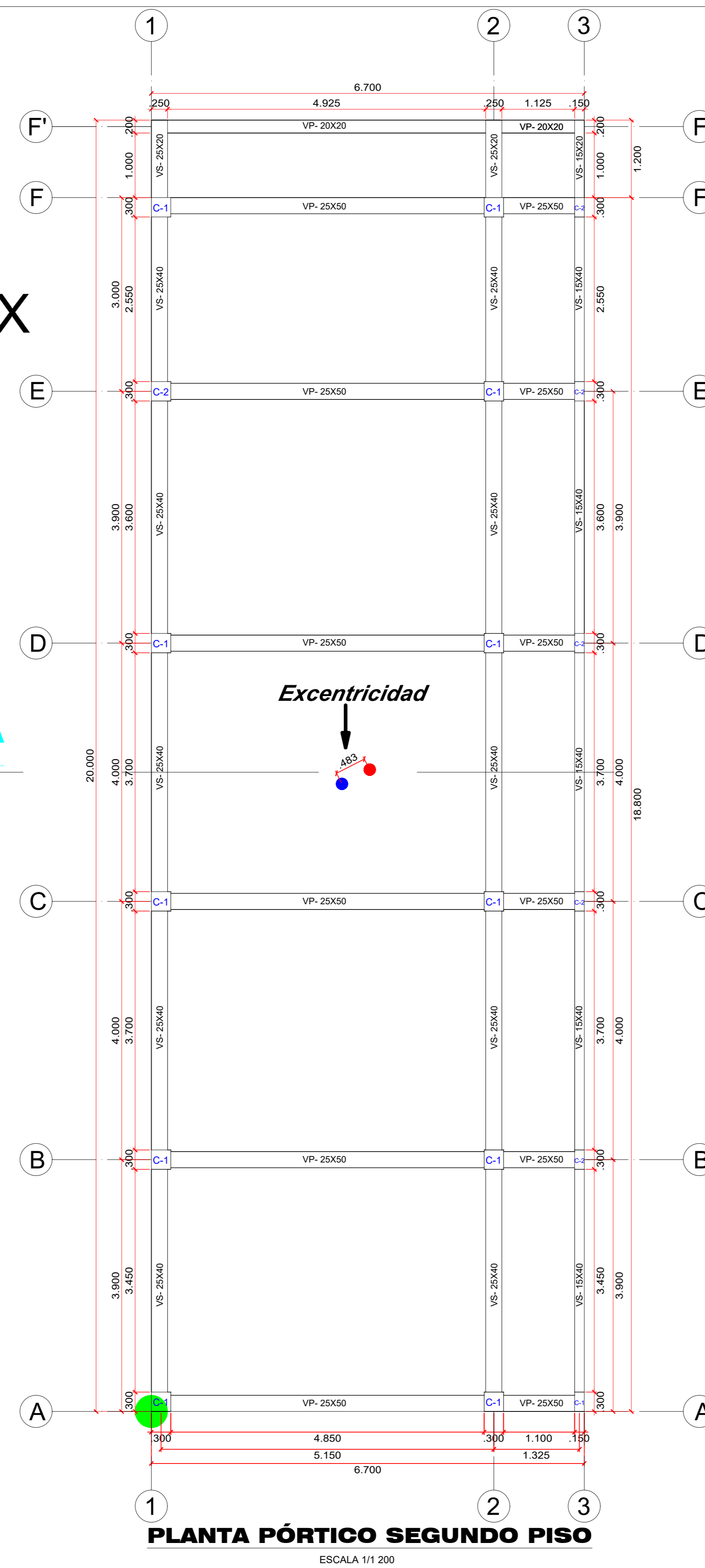
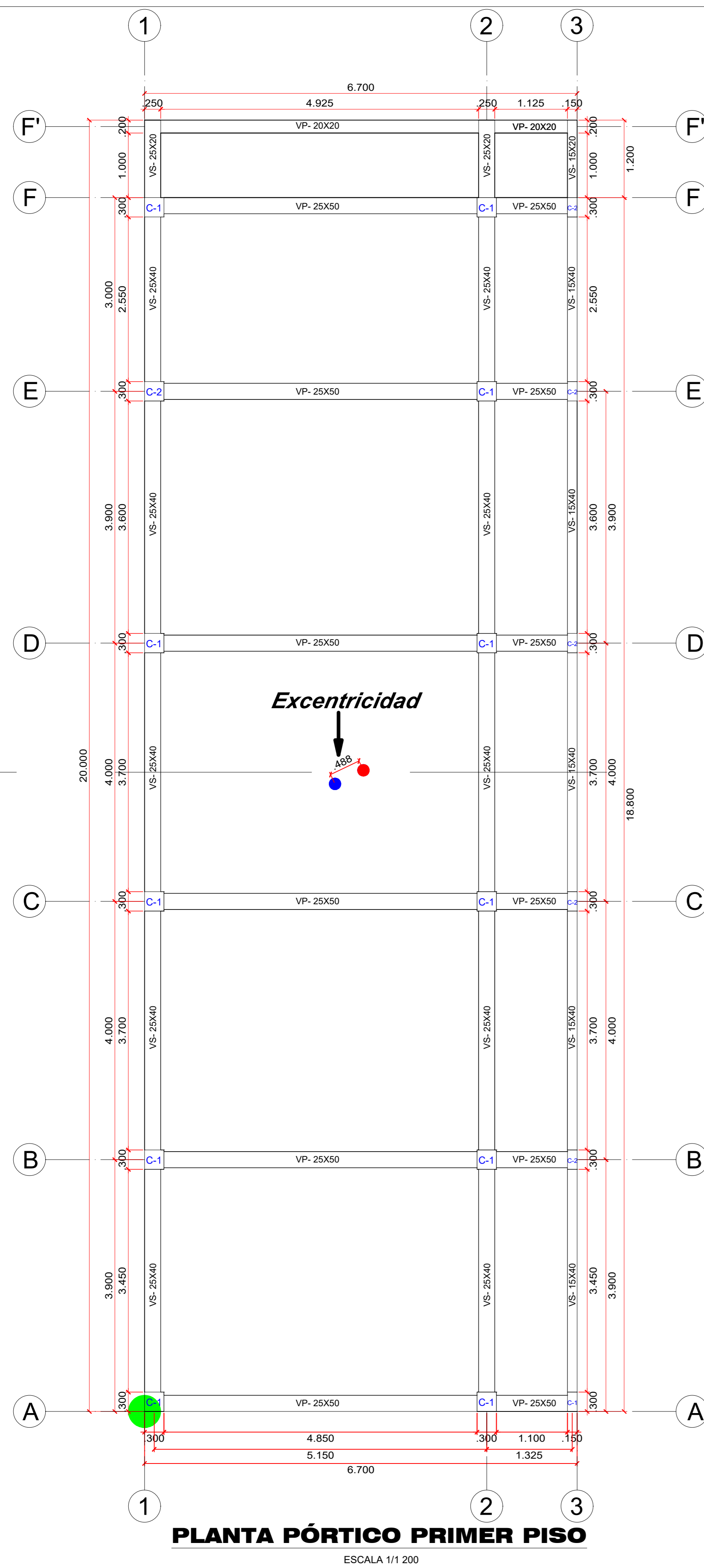
DISTRITO: NUEVA CAJAMARCA

CIUDAD: NUEVA CAJAMARCA

ESCALA: INDICADA

FECHA: AÑO 2022

ANEXO 09



LEYENDA

- Origen de coordenadas (x,y)
- Centro de masa (CMx, CMy)
- Centro de rigidez (CKx, CKy)

Tabla de datos

NIVEL	CMx	CMy	CRx	CRy
1° piso	3.39	9.93	2.95	9.72
2° piso	3.38	9.94	2.95	9.72
3° piso	3.38	9.93	2.95	9.72

PLANO DE PLANTA Y CORTE DE PÓRTICO DE LA VIVIENDA 3 PISOS (V-34)

TESIS: "NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA - RIOJA - SAN MARTÍN".

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

TESISTA: BACH. DILMER SILVA TORRES
ASESOR: ING. CHRISTIAN EDUAR RÍOS PAREDES

UBICACIÓN

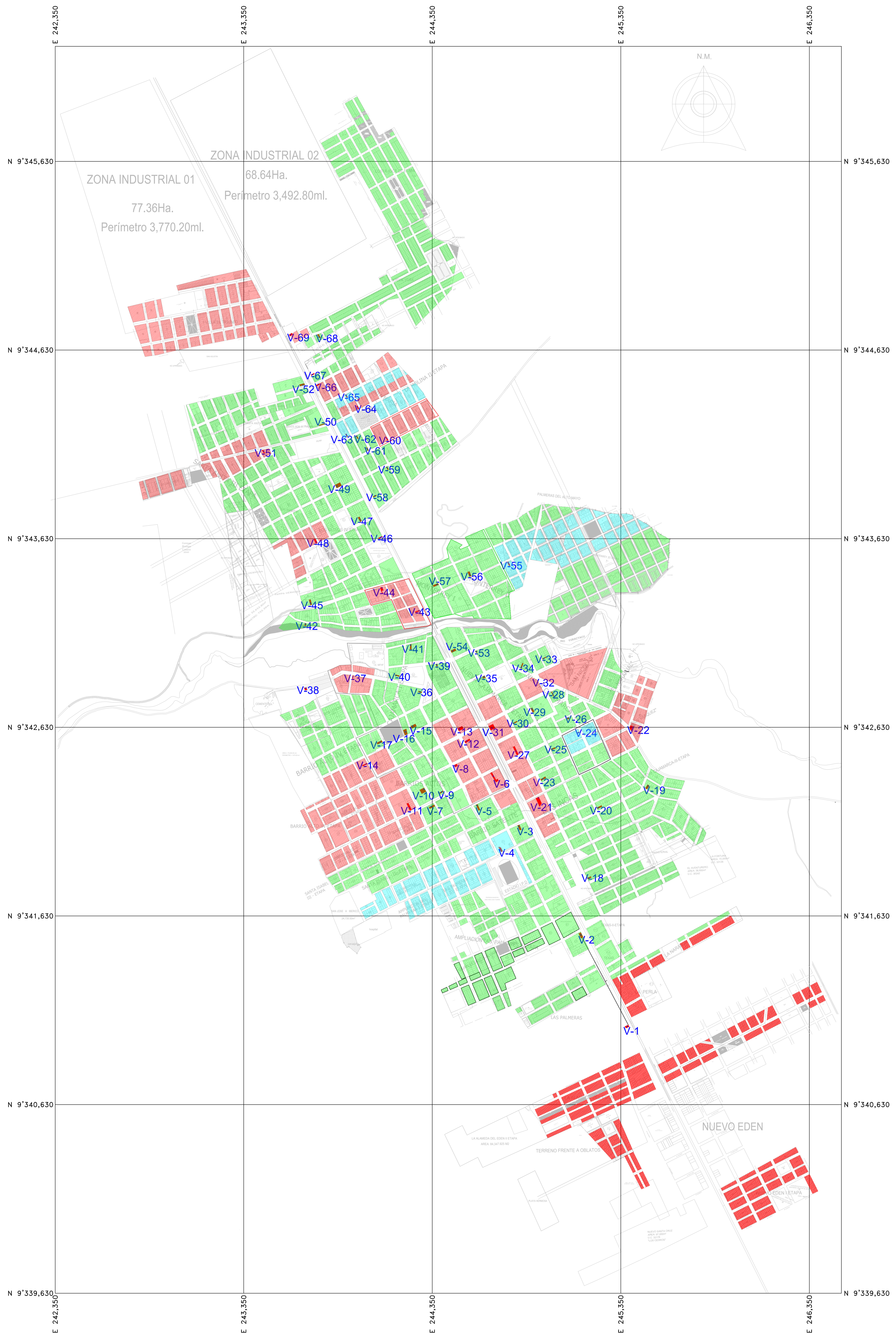
DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN
PROVINCIA : RIOJA
DISTRITO : NUEVA CAJAMARCA
CIUDAD : NUEVA CAJAMARCA

ESCALA: INDICADA

FECHA: AÑO 2022

ANEXO 10

PLANO DE ZONIFICACIÓN



LEYENDA

- MANZANAS DONDE EXISTE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES CON NIVEL DE VULNERABILIDAD MUY ALTA.
- MANZANAS DONDE EXISTE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES CON NIVEL DE VULNERABILIDAD ALTA.
- MANZANAS DONDE EXISTE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES CON NIVEL DE VULNERABILIDAD MODERADA.

PLANO DE ZONIFICACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES DE LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA.

TESIS: "NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA - RIOJA - SAN MARTÍN".

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

TESISTA: BACH. DILMER SILVA TORRES

ASESOR: ING. CHRISTIAN EDWAR RÍOS PAREDES

UBICACIÓN

DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: NUEVA CAJAMARCA
CIUDAD: NUEVA CAJAMARCA

ESCALA: 1/8 000

FECHA: AÑO 2022

**ANEXO
11**



FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 006-2022-UCSS-FI/TPICIV

**SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL
FILIAL RIOJA: NUEVA CAJAMARCA**

Los Olivos, 13 de mayo de 2022

Siendo las 14:00 horas del 13 de mayo de 2022, utilizando los recursos para la videoconferencia disponibles en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se dio inicio a la sustentación de la Tesis:

“Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas multifamiliares en la ciudad de Nueva Cajamarca – Rioja – San Martín”

Por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

SILVA TORRES, DILMER

Ante el Jurado calificador conformado por el:

Dr. DELGADO RAMIREZ, FELIX GERMAN	Presidente
MSc. LAURENCIO LUNA, MANUEL ISMAEL	Secretario
Ing. BANCES MEZA, ALCIBÍADES	Miembro

Siendo las 15:00 horas, habiendo sustentado y atendido las preguntas realizadas por cada uno de los miembros del jurado; y luego de la respectiva deliberación, el jurado le otorgó la calificación de:

APROBADO

En mérito a la calificación obtenida se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller SILVA TORRES, DILMER el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

En señal de conformidad firmamos,

.....
Ing. BANCES MEZA, ALCIBÍADES
Miembro

.....
MSc. LAURENCIO LUNA, MANUEL ISMAEL
Secretario

.....
Dr. DELGADO RAMIREZ, FELIX GERMAN
Presidente