

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS
AUTOCONSTRUIDAS (SIN INGENIERÍA) EN EL DISTRITO DE
PUNTA NEGRA**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Cesar Gabriel Rojas Motta

ASESOR:

Luis Miguel Moran Yañez


Lima, mayo, 2024

Informe de Similitud

Yo, Luis Miguel Moran Yañez, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas (sin ingeniería) en el distrito de Punta Negra”, del autor Cesar Gabriel Rojas Motta, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 16%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 27/05/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Av. Universitaria 1801, San Miguel, 27 de mayo de 2024.

| | |
|--|--|
| Apellidos y nombres del asesor: Moran Yañez, Luis Miguel | |
| DNI: 06118148 | Firma  |
| ORCID: 0000-0003-0695-8829 | Dr. Ing. LUIS M. MORAN YAÑEZ Reg. CIP No. 31818 |

Resumen

En la actualidad, el porcentaje de viviendas autoconstruidas (sin orientación ingenieril) es superior a las construidas respetando todos los procesos constructivos establecidos. Se conoce que, el 70% de hogares han sido construidos informalmente y son probablemente altamente vulnerables frente a un sismo. Punta Negra es un distrito donde se evidencia mucho la autoconstrucción teniendo como causas principales la baja posibilidad económica de los pobladores y desconocimiento de procesos constructivos. El objetivo en la presente investigación es aplicar el método de Benedetti-Petrini para determinar el grado de vulnerabilidad sísmica en las viviendas del distrito de Punta Negra. Con tal finalidad, se distribuyó al distrito en 10 Sectores, lo cual permitió evaluar aspectos estructurales, constructivos y geométricos de las viviendas de manera ordenada. Para cada vivienda, se realizó la toma de datos para los 11 parámetros del método Benedetti-Petrini, dichos parámetros determinaran el índice de vulnerabilidad de los hogares.

La obtención de un mapa de vulnerabilidad sísmica del distrito será otro objetivo de la investigación. El mapa de vulnerabilidad obtenido servirá para poder tomar conciencia a las autoridades y poder realizar estudios mucho más profundos. Así, se pueda tomar medidas preventivas frente a algún sismo de alta magnitud.

Finalmente, se concluye con los valores hallados para el índice de vulnerabilidad, que el distrito de Punta Negra es medianamente vulnerable frente a sismos. La gran mayoría de viviendas alcanzan el grado de altamente vulnerables debido a que no tuvieron asesoría de algún especialista para su construcción.

Dedicatoria

Deseo dedicar la presente tesis a mi familia, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida universitaria.

A mis padres que con sus consejos supieron encaminarme en la culminación de mis proyectos, por enseñarme a ser una persona perseverante y cada día motivarme a luchar por mis sueños. Sobre todo, por ser mi ejemplo a seguir como buena persona y exitoso profesional.

A mis hermanos Fabricio y Luana por su compañía, comprensión y cariño.

A mi abuelo Jorge Motta, mis tíos Ronald Rojas y Julián Flores que desde el cielo guían mis pasos.

Un agradecimiento especial a mi asesor, el Ing. Luis Moran por sus consejos y apoyo a lo largo de todo este proceso.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| Introducción | 10 |
| Capítulo I ANTECEDENTES Y OBJETIVOS | 11 |
| 1.1 Antecedentes | 11 |
| 1.1.1. Precedentes internacionales..... | 11 |
| 1.1.2. Antecedentes nacionales..... | 12 |
| 1.2 Planteamiento del problema | 14 |
| 1.3 Objetivos | 15 |
| Capítulo II LA AUTOCONSTRUCCIÓN..... | 16 |
| 2.1. Reseña histórica..... | 16 |
| 2.2. Contexto socioeconómico..... | 17 |
| 2.3. Proceso de autoconstrucción..... | 18 |
| 2.3.1. Ocupación, lotización y habitación | 18 |
| 2.3.2. Construcción de cimentaciones y columnas..... | 18 |
| 2.3.3. Construcción de muros y vaciado de columnas/placas. | 19 |
| 2.3.4. Construcción de vigas y techo..... | 19 |
| 2.4. Definiciones sobre tipos de vivienda de albañilería..... | 19 |
| 2.4.3 Albañilería Confinada..... | 20 |
| 2.4.4 Albañilería sin Refuerzo..... | 20 |
| 2.5. Materiales y características | 20 |
| 2.5.1. Materiales empleados en Albañilería confinada | 21 |
| 2.6. Requisitos estructurales mínimos | 22 |
| 2.5.1. Muros Portantes..... | 22 |
| 2.5.2. Estructura en planta | 23 |
| 2.5.3. Requisitos en Albañilería Confinada..... | 24 |
| 2.6. Método Benedetti – Petrini | 25 |
| 2.6.1 Índice de vulnerabilidad para edificaciones de albañilería | 26 |
| Capítulo III METODOLOGÍA DEL TRABAJO..... | 33 |
| 3.1 Recolección de datos característicos de las viviendas..... | 33 |
| 3.1.1 Sectorización de viviendas según su tipo..... | 33 |
| 3.1.2 Estudio de suelos..... | 33 |
| 3.1.4 Propiedades mecánicas de los materiales | 34 |
| 3.2 Diseño metodológico Benedetti-Petrini | 35 |
| 3.2.1 Diseño..... | 35 |
| 3.2.2 Población y proceso muestral | 36 |
| 3.1.3 Técnicas e instrumentos | 40 |
| 3.1.4 Procedimiento | 41 |
| Capítulo IV Desarrollo y procesamiento de datos | 42 |
| 4.1 Recolección de información..... | 42 |

| | |
|---|------------|
| 4.2 Reconocimiento de la zona de estudio | 42 |
| 4.3 Trabajo de Campo..... | 43 |
| 4.3.1 Aplicación de la encuesta de Benedetti-Petrini..... | 43 |
| 4.4 Trabajo de gabinete..... | 47 |
| 4.4.1 Procesamiento de datos..... | 47 |
| 4.4.2 Asignación de clases A, B, C y D | 47 |
| 4.4.3 Normalización del índice de vulnerabilidad sísmica..... | 58 |
| 4.4.4 Ejemplo de aplicación y adaptación del método Benedetti para viviendas de albañilería | 58 |
| Capítulo V Evaluación Estructural con ETABS..... | 69 |
| 5.1 Modelamiento de vivienda usando el software ETABS | 69 |
| 5.2 Características de la vivienda representativa..... | 69 |
| 5.3 Definición de materiales de vivienda representativa | 69 |
| 5.4 Consideraciones según el Reglamento Nacional de Edificaciones | 73 |
| 5.4.1 Consideraciones de carga..... | 73 |
| 5.4.2 Derivas entrepiso (Límites para distorsión)..... | 74 |
| 5.5 Análisis Dinámico Modal Espectral..... | 75 |
| 5.5.1 Aceleración Espectral | 75 |
| 5.5.1 Parámetros y Espectro Inelástico..... | 75 |
| 5.6 Resultados de análisis con ETABS..... | 77 |
| Capítulo VI Resultados | 79 |
| 6.1 Resultados de las edificaciones..... | 79 |
| 6.1.1 Edificaciones de Albañilería | 79 |
| 6.1.2 Resultados de los Parámetros del Método Benedetti | 80 |
| 6.1.3 Resultados de evaluación de daños/problemas en elementos estructurales | 93 |
| 6.2 Índice de vulnerabilidad sísmica | 95 |
| 6.2.1 Índice de vulnerabilidad sísmica por sectores | 95 |
| 6.3 Resultados de Vulnerabilidad | 116 |
| 6.3.1 Vulnerabilidad de los sectores del distrito de Punta Negra | 116 |
| 6.3.2 Vulnerabilidad del distrito de Punta Negra | 117 |
| 6.4. Mapa de vulnerabilidad..... | 119 |
| Capítulo VII Conclusiones y Recomendaciones | 120 |
| 7.1 Conclusiones | 120 |
| 7.2 Recomendaciones..... | 122 |
| 7.2.1 Recomendaciones para futuras construcciones | 122 |
| 7.2.2 Recomendaciones generales | 123 |
| Bibliografía | 124 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Resistencia característica de muros de albañilería..... | 20 |
| Tabla 2. Adaptación de parámetros del método Benedetti-Petrini según el RNE..... | 25 |
| Tabla 3. Clases y pesos de los Parámetros del método Benedetti y clasificaciones..... | 27 |
| Tabla 4. Propiedades mecánicas de mampostería en edificios..... | 28 |
| Tabla 5. Resistencia al corte de acuerdo al material..... | 28 |
| Tabla 6. Valores para el cálculo del peso resistido por la estructura (W)..... | 29 |
| Tabla 7. Pesos por tipo de losa..... | 29 |
| Tabla 8. Espesor óptimo de muro maestro de arcilla y adobe..... | 32 |
| Tabla 9. Peligro sísmico según zonas geotécnicas..... | 34 |
| Tabla 10. Propiedades mecánicas del suelo y del acero para la investigación..... | 35 |
| Tabla 11. Procedimiento muestral..... | 39 |
| Tabla 12. Tabla para técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 40 |
| Tabla 13. Tabla técnicas y programas para procesamiento de datos..... | 40 |
| Tabla 14. Clasificación del tipo y organización del sistema resistente..... | 47 |
| Tabla 15. Características de la Calidad del sistema resistente..... | 48 |
| Tabla 16. Factor de zona..... | 50 |
| Tabla 17. Factor de suelo..... | 50 |
| Tabla 18. Factor de uso..... | 50 |
| Tabla 19. Periodo corto (TP) y periodo largo (TL)..... | 51 |
| Tabla 20. Ct de acuerdo a la Norma E.030..... | 51 |
| Tabla 21. Factor de amplificación sísmica (C), según NTE E.030..... | 51 |
| Tabla 22. Ro de acuerdo al sistema estructural..... | 52 |
| Tabla 23. Clasificación de Resistencia Convencional..... | 52 |
| Tabla 24. Clasificación de la posición del edificio y de la cimentación..... | 53 |
| Tabla 25. Clasificación de Diafragmas horizontales..... | 53 |
| Tabla 26. Clasificación de configuración en planta..... | 55 |
| Tabla 27. Clasificación de configuración en elevación..... | 56 |
| Tabla 28. Clasificación de distancia máxima entre los muros y conexiones entre los elementos críticos..... | 56 |
| Tabla 29. Clasificación del Tipo de cubierta..... | 57 |
| Tabla 30. Clasificación de elementos no estructurales..... | 57 |
| Tabla 31. Clasificación del estado de conservación..... | 57 |
| Tabla 32. Clasificación del índice normalizado de vulnerabilidad sísmica..... | 58 |
| Tabla 33. Resumen de características y medidas tomadas de vivienda encuestada..... | 59 |
| Tabla 34. Resultados obtenidos para vivienda evaluada..... | 66 |
| Tabla 35. Resistencia característica de la albañilería Mpa (kg/cm ²)..... | 70 |
| Tabla 36. Derivas máximas permitidas..... | 74 |
| Tabla 37. Parámetros sísmicos utilizados para calculo en ETABS..... | 75 |
| Tabla 38. Valores de T y C usados para la elaboración de espectro de diseño..... | 76 |
| Tabla 39. Verificación de derivas en la dirección X..... | 78 |
| Tabla 40. Verificación de derivas en la dirección Y..... | 78 |
| Tabla 41. Resumen de clasificación de parámetro 1 de viviendas analizadas..... | 80 |
| Tabla 42. Resumen de clasificación de parámetro 2 de viviendas analizadas..... | 82 |
| Tabla 43. Resumen de clasificación de parámetro 3 de viviendas analizadas..... | 83 |
| Tabla 44. Resumen de clasificación de parámetro 4 de viviendas analizadas..... | 84 |
| Tabla 45. Resumen de clasificación de parámetro 5 de viviendas analizadas..... | 86 |
| Tabla 46. Resumen de clasificación de parámetro 6 de viviendas analizadas..... | 87 |
| Tabla 47. Resumen de clasificación de parámetro 7 de viviendas analizadas..... | 88 |

| | | |
|------------------|---|-----|
| Tabla 48. | Resumen de clasificación de parámetro 8 de viviendas analizadas | 89 |
| Tabla 49. | Resumen de clasificación de parámetro 9 de viviendas analizadas | 90 |
| Tabla 50. | Resumen de clasificación de parámetro 10 de viviendas analizadas | 91 |
| Tabla 51. | Resumen de clasificación de parámetro 11 de viviendas analizadas | 92 |
| Tabla 52. | Problemas más comunes presentes en vigas de viviendas estudiadas | 93 |
| Tabla 53. | Problemas más comunes presentes en columnas de viviendas estudiadas | 93 |
| Tabla 54. | Problemas más comunes presentes en losas de viviendas estudiadas..... | 94 |
| Tabla 55. | Problemas más comunes presentes en la construcción de muros de viviendas estudiadas | 94 |
| Tabla 56. | Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 1 | 95 |
| Tabla 57. | Vulnerabilidad de viviendas del sector 1 | 96 |
| Tabla 58. | Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 1 | 96 |
| Tabla 59. | Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 2..... | 97 |
| Tabla 60. | Vulnerabilidad de viviendas del sector 2 | 98 |
| Tabla 61. | Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 2..... | 99 |
| Tabla 62. | Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 3 | 99 |
| Tabla 63. | Vulnerabilidad de viviendas del sector 3 | 100 |
| Tabla 64. | Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 3..... | 101 |
| Tabla 65. | Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 4..... | 101 |
| Tabla 66. | Vulnerabilidad de viviendas del sector 4 | 102 |
| Tabla 67. | Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 4..... | 103 |
| Tabla 68. | Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 5..... | 103 |
| Tabla 69. | Vulnerabilidad de viviendas del sector 5 | 104 |
| Tabla 70. | Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 5..... | 105 |
| Tabla 71. | Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 6..... | 105 |
| Tabla 72. | Vulnerabilidad de viviendas del sector 6 | 106 |
| Tabla 73. | Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 6..... | 107 |
| Tabla 74. | Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 7 | 107 |
| Tabla 75. | Vulnerabilidad de viviendas del sector 7 | 108 |
| Tabla 76. | Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 7..... | 109 |
| Tabla 77. | Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 8..... | 109 |
| Tabla 78. | Vulnerabilidad de viviendas del sector 8 | 110 |
| Tabla 79. | Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 8..... | 111 |
| Tabla 80. | Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 9..... | 111 |
| Tabla 81. | Vulnerabilidad de viviendas del sector 9 | 112 |
| Tabla 82. | Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 9..... | 112 |
| Tabla 83. | Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 10..... | 113 |
| Tabla 84. | Vulnerabilidad de viviendas del sector 10 | 114 |
| Tabla 85. | Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 10..... | 114 |
| Tabla 86. | Vulnerabilidad del distrito de Punta Negra..... | 117 |
| Tabla 87. | Índice de Vulnerabilidad del distrito de Punta Negra por sectores..... | 120 |

Índice de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Cimentaciones en construcciones Informales | 19 |
| Figura 2. Requisitos mínimos para un muro confinado | 21 |
| Figura 3. Esquema estructural albañilería confinada | 22 |
| Figura 4. Configuración en planta de viviendas | 31 |
| Figura 5. Esquema diseño metodológico | 35 |
| Figura 6. Ubicación geográfica del distrito de Punta Negra | 36 |
| Figura 7. Zonificación de sectores evaluados en el distrito de Punta Negra | 36 |
| Figura 8. Datos obtenidos del Sigrid “Material predominante en viviendas en Punta Negra” | 37 |
| Figura 9. Criterios de inclusión y exclusión de viviendas a analizar | 38 |
| Figura 10. Esquema del procedimiento a seguir en el análisis de vulnerabilidad | 41 |
| Figura 11: Vivienda de albañilería de dos pisos, encuestada en el sector 2 | 43 |
| Figura 12: Viviendas cercanas a la playa, ubicadas en el sector 5 | 43 |
| Figura 13: Viviendas cercanas a la pista, ubicadas en el sector 8..... | 43 |
| Figura 14: Cimentaciones de viviendas encontradas en el sector 10..... | 43 |
| Figura 15: Primera vivienda encuestada de 1 piso con tanque de agua aéreo. | 44 |
| Figura 16: Toma de medidas en vivienda de dos pisos, del sector 6 | 44 |
| Figura 17. Ficha de encuesta realizada para toma de datos de viviendas. | 46 |
| Figura 18: Vivienda de 1 piso usada para aplicación y adaptación del método | 58 |
| Figura 19: Propiedades de la albañilería en el modelado | 71 |
| Figura 20: Propiedades de la losa aligerada en el modelado | 72 |
| Figura 21: Propiedades del concreto en el modelado | 72 |
| Figura 22: Asignación de carga muerta en el modelo de Etabs..... | 73 |
| Figura 23: Asignación de carga viva en el modelo de Etabs..... | 74 |
| Figura 24: Espectro de Diseño | 77 |
| Figura 25: Vivienda Modelada | 77 |
| Figura 26. Número de viviendas analizadas en Punta Negra..... | 79 |
| Figura 27. Resultados Parámetro 1 de acuerdo al número de pisos..... | 81 |
| Figura 28. Resultados Parámetro 2 de acuerdo al número de pisos..... | 82 |
| Figura 29. Resultados Parámetro 3 de acuerdo al número de pisos..... | 84 |
| Figura 30. Resultados Parámetro 4 de acuerdo al número de pisos..... | 85 |
| Figura 31. Resultados Parámetro 5 de acuerdo al número de pisos..... | 86 |
| Figura 32. Resultados Parámetro 6 de acuerdo al número de pisos..... | 87 |
| Figura 33. Resultados Parámetro 7 de acuerdo al número de pisos..... | 88 |
| Figura 34. Resultados Parámetro 8 de acuerdo al número de pisos..... | 89 |
| Figura 35. Resultados Parámetro 9 de acuerdo al número de pisos..... | 90 |
| Figura 36. Resultados Parámetro 10 de acuerdo al número de pisos..... | 91 |
| Figura 37. Resultados Parámetro 11 de acuerdo al número de pisos..... | 92 |
| Figura 38. Nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas del distrito de Punta Negra..... | 116 |
| Figura 39. Porcentaje de vulnerabilidad sísmica en las viviendas del distrito de Punta Negra | 118 |

Introducción

Actualmente en el país, el uso de materiales poco dúctiles y frágiles como es la mampostería sigue siendo superior al concreto armado. Perú es considerado un país altamente sísmico por ubicarse dentro del cinturón de Fuego del Pacífico aumentando el riesgo sísmico en las viviendas.

En Lima, la construcción de una vivienda se complica cada vez más por los altos costos. Debido a esto, las familias de nivel socioeconómico bajo no tienen los recursos suficientes para construir una casa con la calidad adecuada. Por esta razón, las familias limeñas recurren a la construcción sin ingeniería o más conocida como construcción informal. Este tipo de construcción es muy recurrente en las distintas ciudades del mundo y Lima no es la excepción. Según el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento se conoce que, el 70% de hogares han sido construidos informalmente y son probablemente altamente vulnerables frente a un sismo.

La construcción (sin ingeniería) no requiere de altos gastos y su proceso constructivo no necesita de profesionales en área de la construcción. Sin embargo, carece de los procesos y diseños necesarios para la construcción de una vivienda con óptimas condiciones estructurales, debido a que estas se construyen con el apoyo de un maestro o albañil local. Además, la ausencia de conocimiento técnico ha generado que dichas viviendas sean afectadas estructuralmente ante cualquier sismo, poniendo en peligro el bienestar de las familias.

El distrito de Punta Negra es un distrito de Lima con población de un nivel socio económico vulnerable. Por este motivo, la autoconstrucción es el método predominante en este distrito. La presente tesis tiene el objetivo de evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Punta Negra. La obtención del Mapa de vulnerabilidad del distrito facilitará programar medidas de protección frente a algún desastre sísmico futuro.

Capítulo I ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes

1.1.1. Precedentes internacionales

Según la investigación de Martínez (2014), la creciente frecuencia de sismos y la gran influencia que tiene el comportamiento de las viviendas frente a la cantidad de pérdidas humanas y económicas, hace necesario poder identificar los elementos más vulnerables frente a estos desastres. Martínez (2014), desarrolla la investigación en la ciudad de Lorca, Región de Murcia; identificando y clasificando a las viviendas según parámetros geológicos, estructurales y arquitectónicos. Dentro del estudio se puede analizar la relación que tuvieron estos parámetros frente al sismo ocurrido el 11 de mayo de 2011. Con los resultados se obtuvo el índice de vulnerabilidad de 4 barrios de la ciudad de Lorca basándose en los documentos de ATC- Applied Technology Council, denominando como viviendas habitables o con bajo/regular nivel de vulnerabilidad a las que no tienen daño estructural, y nombrando como viviendas no habitables a las que tuvieron un mal desempeño sísmico en términos estructurales.

De acuerdo, a lo mencionado en la investigación de Barrera y Nieves (2015), acerca de conocer los factores que influyen en un análisis de vulnerabilidad, se concluyó que el poder localizar y caracterizar la corrosión y humedad en la edificación será muy necesario para establecer el parámetro que medirá el estado de habitabilidad de la vivienda. La mayoría de hogares estudiados contaban con buenas uniones entre los elementos estructurales a pesar de ser viviendas antiguas, lo cual dio más seguridad a la edificación. Estos factores fueron importantes para realizar un análisis de vulnerabilidad en la estructura. Aplicando la metodología de vulnerabilidad cualitativa el poblado de San Diego (Colombia) se pudo conocer que esta zona tiene un grado de vulnerabilidad de 40.33 % considerándose alto, excediendo el límite de 35% que especifica el método. Con estos resultados, se refleja y demuestra la efectividad de un

análisis cualitativo para poder establecer de mejor manera el nivel de desempeño en las viviendas y no solo basar nuestra metodología en un análisis cuantitativo (Barrera Ramos y Nieves Corredor, 2015).

Problemas de configuración estructural aumentan la vulnerabilidad de las edificaciones y a causa del terremoto suscitado en Manta (Ecuador) en el 2016 se desplomaron varios edificios debido a que la gran mayoría de ellos presentaba por lo menos una irregularidad en su construcción (Otavalo Alba, 2017). Se comprobó que el mal uso de materiales y poca adecuada cuantía de acero son el principal problema en construcciones que fueron realizadas sin la verificación de un especialista. Se recogió los datos que dejaron los movimientos sísmicos de Chile (2010) y Perú (2007) y se pudo realizar comparaciones evaluando los daños que ocasionaron cada sismo.

1.1.2. Antecedentes nacionales

Según la investigación de Laucata (2013), para poder determinar el peligro sísmico en viviendas autoconstruidas en los distritos de Víctor Larco Herrera y el Porvenir de la ciudad de Trujillo, fue importante poder analizar errores constructivos, estructurales y arquitectónicos. La autoconstrucción tiene generalmente malos diseños arquitectónicos y estructurales, se construyen con materiales de mala calidad, mayoritariamente son construcciones realizada por los mismos pobladores; cuyo conocimiento es casi nulo y tampoco poseen los medios económicos para construir una vivienda segura. La metodología para poder calcular el grado de vulnerabilidad de las viviendas de albañilería se basó en realizar encuestas, medidas en campo y trabajo de análisis de datos en gabinete. Los datos más importantes a tomar fueron si los pobladores fueron asesorados por expertos o no para la construcción de sus viviendas, procesos constructivos usados, dimensiones de las viviendas y tipos de materiales usados. Con los datos recolectados y el trabajo en gabinete se determinó el grado de vulnerabilidad de las construcciones y se elaboró una cartilla de prevención y mantenimiento de viviendas de

albañilería confinada ubicadas en la costa que presenten un alto nivel de riesgo sísmico. De igual manera Laucata (2013), en su investigación pudo reconocer los principales problemas constructivos en viviendas autoconstruidas son los malos encofrados, aceros de refuerzo expuestos y la mala ubicación de juntas sísmicas.

El estudio de Alva Velasquez y Bendezu Roberto (2015), se realizó con el objetivo de lograr una relación de vulnerabilidad sísmica en construcciones de albañilería confinada. La investigación inicio con entrevistas a lugareños, mediante fichas elaboradas con el fin de poder conocer la técnica utilizada en el levantamiento de muros de las viviendas y los elementos usados en las estructuras y uniones de las edificaciones a estudiar. Se utilizaron métodos cuantitativos y cualitativos para conocer el índice de vulnerabilidad que se presentaba en la zona PPJJ La Libertad. Los resultados concluyeron que el 61% de las viviendas tenía un índice de vulnerabilidad alto y el 39 % una vulnerabilidad media. La antigüedad de las construcciones y la falta conocimiento sísmico fueron las causas más importantes de los resultados. De la misma manera, la presencia de fallas en los elementos estructurales, el poco mantenimiento de las estructuras y la no aplicación de las normas para diseño de edificaciones evidenciaron la escasez de ayuda ingenieril en la construcción de estas edificaciones. Los autores pudieron comprobar que usar el índice de vulnerabilidad presenta buenos resultados para estudios a gran escala y su uso se hace mucho más factible en zonas urbanas donde se cuente con información para poder evaluar el diseño sismorresistente de las edificaciones a estudiar. La investigación tuvo como fin poder tomar acciones preventivas para futuros eventos sísmicos, ya que se obtuvo un detallado informe de la condición en las cuales se encontraban las viviendas.

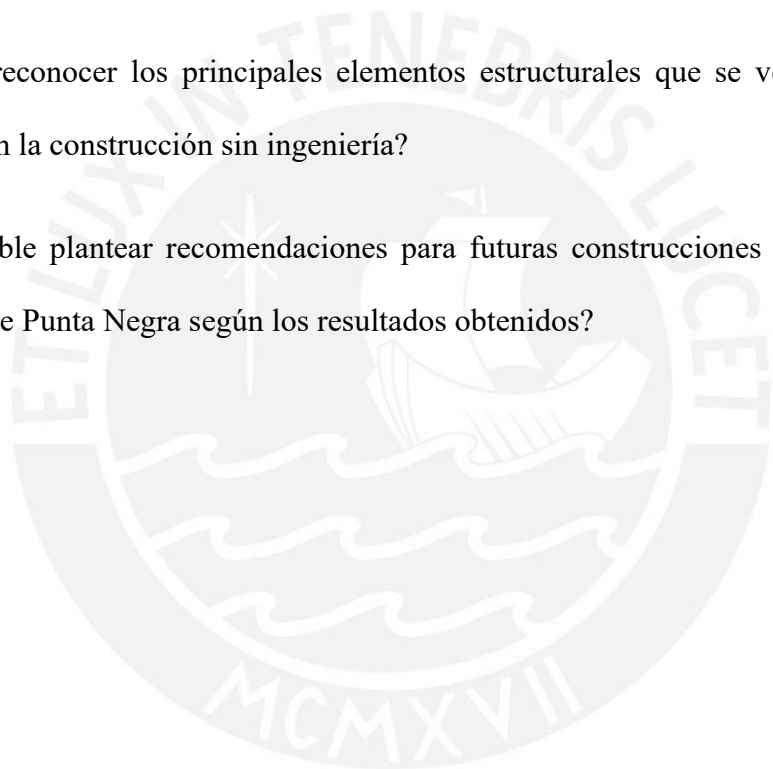
1.2 Planteamiento del problema

Pregunta General:

- ¿Como evaluar mediante el método Benedetti-Petrini la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas (construcción sin ingeniería) del distrito de Punta Negra?

Preguntas Específicas:

- ¿De qué manera analizar el comportamiento estructural de casas autoconstruidas en el distrito de Punta Negra utilizando el método Benedetti-Petrini?
- ¿Cómo reconocer los principales elementos estructurales que se ven afectados por sismos en la construcción sin ingeniería?
- ¿Es posible plantear recomendaciones para futuras construcciones de viviendas del distrito de Punta Negra según los resultados obtenidos?



1.3 Objetivos

Objetivos General:

- Evaluar la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas (construcción sin ingeniería) del distrito de Punta Negra mediante el método Benedetti-Petrini.

Objetivos Específicos:

- Obtener un mapa de vulnerabilidad sísmica del distrito de Punta Negra.
- Analizar el comportamiento estructural de las edificaciones autoconstruidas en el distrito de Punta Negra utilizando el método Benedetti-Petrini.
- Analizar los resultados obtenidos con el método Benedetti-Petrini.
- Reconocer cuales son los elementos estructurales con más daños en viviendas construidas sin apoyo ingenieril.
- Plantear recomendaciones para la construcción de futuras viviendas del distrito de Punta Negra según los resultados obtenidos.

Capítulo II LA AUTOCONSTRUCCIÓN

En el Perú, el 70% de viviendas son autoconstruidas, no cumplen con ninguna supervisión profesional ni tampoco están construidas acorde al Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). En Lima, el 75% de hogares son informales y solo el 8% de viviendas han tenido apoyo profesional para su construcción (ADI Perú, 2019). Debido a este problema latente es importante tener conocimiento acerca del estado de las construcciones y como se comportarán frente a un sismo. Con este entendimiento se puede intervenir con el fin de reducir la gravedad de los riesgos que puedan ocurrir en un futuro. La gran mayoría de viviendas no tienen la capacidad para reducir daños a las estructuras causados por factores externos ni proteger la vida de sus habitantes. En este sentido es obligatorio estudiar el grado de vulnerabilidad de las viviendas y determinar qué tan susceptibles son a los sismos. Con la revisión de bibliografía, se adopta ciertos trabajos que sirvan para delimitar los cimientos de la investigación. De esta manera, podremos entender la problemática de autoconstrucción en el Perú y el extranjero.

2.1. Reseña histórica

La mayoría de familias en Lima pertenece a los niveles socioeconómicos C y D (Ipsos, 2021), no contando con ingresos suficientes para poder vivir holgadamente. No obstante, buscan de todas maneras satisfacer su necesidad de un techo donde vivir. La autoconstrucción es la manera más rápida y económica de construir una vivienda. Sin embargo, la autoconstrucción no satisface las necesidades estructurales ni arquitectónicas y no brinda la seguridad necesaria. Desde los años 50 se presentó un acercamiento del gobierno a la autoconstrucción; se realizaron programas de concientización, capacitaciones y construcción de módulos. Se deja en evidencia que el estado no destinó los recursos necesarios para dichos programas y no se tuvo el éxito esperado. La urgencia por una vivienda generó que muchas familias optaran por la opción de la autoconstrucción, sin tomar en cuenta ninguno de los riesgos externos (amenazas naturales), poniendo en riesgo la integridad de su familia.

2.2. Contexto socioeconómico

El distrito de Punta Negra se fundó un 7 de abril del año 1954 a manos del gobierno del presidente Manuel A. Odría. Este distrito abarca una superficie de 130,5 kilómetros cuadrados y posee una población de aproximadamente 8000 residentes, que suele aumentar a los 11000 pobladores en las temporadas de verano. Gran parte del distrito no está poblado y tiene una superficie desértica. Además, las principales actividades económicas del distrito son los servicios y comercios a pequeña escala. (Municipalidad Distrital de Punta Negra, 2012)

El censo del 2017 en Punta Negra ha demostrado que hay 2589 viviendas clasificadas en viviendas particulares y colectivas. Sin embargo, solo 1079 logran condiciones de nivel óptimo; es decir, paredes de ladrillo, pisos de loseta, laminados y techo de concreto. Además, el 80% de la población de Punta Negra está dentro del nivel socioeconómico de clase baja, el 19.5% clase media y el 0.5% clase alta. (Bernaes Ruiz, 2019).

De acuerdo a la Municipalidad distrital de Punta Negra existen una serie de problemas socioeconómicos que dificultan el progreso tanto social como económico del distrito. En primer lugar, la principal actividad económica es el comercio y este se ve afectado, ya que solo las temporadas altas surgen en verano. En segundo lugar, existe un problema de vivienda al no haber saneamiento lo que sugiere que el saneamiento de los terrenos sea efectuado con urgencia. En tercer lugar, el servicio de agua, desagüe y alcantarillado es inexistente; es por ello que, los habitantes suelen adquirir agua potable de cisternas. Por último, la delincuencia en las épocas de invierno suele ser frecuente, ya que son las temporadas donde los residentes se retiran de Punta Negra para ir a habitar en otras partes de Lima. (Municipalidad Distrital de Punta Negra, 2012).

2.3. Proceso de autoconstrucción

El proceso de autoconstrucción no siempre es el mismo, ya que depende de los alcances económicos que tenga cada familia. Sin embargo, suelen seguir una serie de pasos para construir sus viviendas. Por lo general, las familias adoptan un terreno en asentamientos humanos no habitado previamente. Seguidamente, se juntan o provee materiales de construcción y se recluta personal local. Existe la posibilidad de que haya un maestro local que dirija la construcción de la vivienda (Flores De los Santos, 2002).

La construcción de una vivienda sin ingeniería consta de una serie de etapas y suele demorar muchos años hasta su culminación. Las etapas son las siguientes:

2.3.1. Ocupación, lotización y habitación

La ocupación de la zona para la vivienda la realiza la familia en conjunto. Las familias buscan zonas donde habitar en asentamientos humanos o poblaciones de bajos recursos. Después de la ocupación la familia procede a nivelar la zona lo mejor posible. Posteriormente, se delimita dicha zona con estacas, trazos de yeso o cercos vivos.

2.3.2. Construcción de cimentaciones y columnas

Normalmente se debería escoger cual es la mejor opción de cimentación para cada tipo de vivienda, según el suelo, según la cantidad de pisos y el uso que se dará el predio a construir. En el caso de las viviendas autoconstruidas muy pocas cuentan con cimentaciones correctas, es común excavar zanjas y tratar de acondicionar refuerzos para las columnas o placas nacientes.



Figura 1. Cimentaciones en construcciones Informales
Adaptada de “Manual de autoconstrucción y mejoramiento de vivienda, 2012”.

2.3.3. Construcción de muros y vaciado de columnas/placas.

La albañilería confinada es el sistema más usado para la autoconstrucción de hogares. Se comienza delimitando los muros principales con el asentado de ladrillos. Posteriormente se vacían las columnas o columnetas de amarre.

2.3.4. Construcción de vigas y techo.

El vaciado de vigas y techo normalmente se realiza al mismo tiempo, por desconocimiento en distintas ocasiones se vacían por separado generando problemas futuros a la vivienda. Muchas viviendas autoconstruidas no llegan a esta etapa de construcción; es común la utilización de calaminas o esteras como techo de los hogares.

2.4. Definiciones sobre tipos de vivienda de albañilería

De acuerdo a la “Norma de Edificaciones E.070 Albañilería”:2.4.1 Albañilería o Mampostería.

Se refiere al “Material estructural compuesto por unidades de albañilería asentadas con mortero o por unidades de albañilería apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido” (SENCICO, 2020, p. 15).

2.4.3 Albañilería Confinada.

Según la Norma es “Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel” (SENCICO, 2020, p. 15).

2.4.4 Albañilería sin Refuerzo.

La albañilería no reforzada se define como “Albañilería no reforzada (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple los requisitos mínimos de esta Norma” (SENCICO, 2020, p. 15).

2.5. Materiales y características

De acuerdo a la Norma E.070 Albañilería (2020):

El estudio se basará en analizar edificaciones construidas mediante el sistema de albañilería confinada debido a que es lo más utilizado en distrito de Punta Negra. En la siguiente tabla podremos observar las resistencias características de la albañilería considerando materias primas de arcilla, sílice-cal y concreto. En la tabla 1, se indica los valores para resistencia característica de muros de albañilería:

Tabla 1.

Resistencia característica de muros de albañilería

| RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (Kg/cm ²) | | | | |
|--|----------------------|------------|------------|------------|
| Materia Prima | Denominación | UNIDAD | PILAS | MURETES |
| | | fb | fm | Vm |
| Arcilla | King Kong Artesanal | 5,4 (55) | 3,4(35) | 0,5 (5,1) |
| | King Kong Industrial | 14,2 (145) | 6,4 (65) | 0,8 (8,1) |
| | Rejilla Industrial | 21,2 (215) | 8,3 (85) | 0,9 (9,2) |
| Sílice - cal | King Kong Natural | 15,7 (160) | 1,08 (110) | 1,0 (9,7) |
| | Dédalo | 14,2 (160) | 9,3 (95) | 1,0 (9,7) |
| | Estándar y mecano | 14,2 (160) | 10,8 (110) | 0,9 (9,2) |
| Concreto | Bloque Tipo P | 4,9 (50) | 7,3 (74) | 0,8 (8,6) |
| | | 6,4 (65) | 8,3 (85) | 0,9 (9,2) |
| | | 7,4 (75) | 9,3 (95) | 1,0 (9,7) |
| | | 8,3 (85) | 11,8 (120) | 1,1 (10,9) |

Nota. Tomado de “Norma E.070 Albañilería”, por SENCICO, 2020.

- fb: elementos de albañilería.
- fm: Muretes o muros de albañilería.
- Vm: Cortante de ensayos de compresión de muros

Los muros confinados son muy difíciles de evaluar, la existencia de muchos materiales con especificaciones distintas hace que sean complejos de analizar. Las experiencias encontradas en otras investigaciones serán la base para tomar un patrón ideal del comportamiento de los materiales.

2.5.1. Materiales empleados en Albañilería confinada

Según lo escrito en el libro del Ingeniero San Bartolomé (1994), titulado Construcciones de albañilería indica: “La albañilería confinada está caracterizada por tener un muro de albañilería simple enmarcado por una cadena de concreto armado, vaciada después a la construcción del muro. La mayoría de veces, se emplea una conexión entrelazada entre la albañilería y las columnas.”. Se observa los requisitos mínimos para muros confinados y un esquema de albañilería confinada, en la figura 2 y 3 respectivamente.

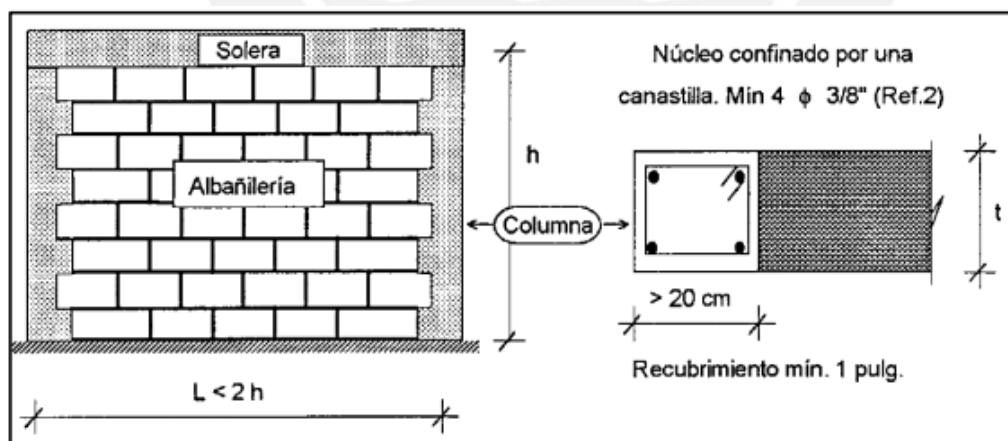


Figura 2. Requisitos mínimos para un muro confinado
Adaptada de “Requisitos mínimos para que un muro se considere confinado, tomado de “Construcciones de Albañilería”, por San Bartolomé, 1999.

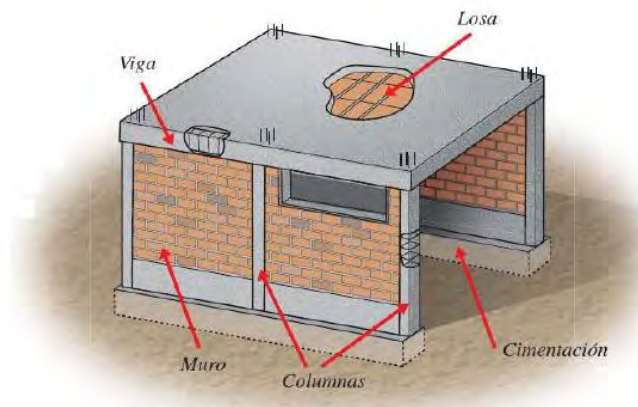


Figura 3. Esquema estructural albañilería confinada
Adaptada “Esquema estructural albañilería confinada”, tomado de “Aceros Arequipa”

2.6. Requisitos estructurales mínimos

Según el capítulo 7 de la Norma E.070 Albañilería (2020), podemos obtener la información de muros portantes, estructuración en planta, consideraciones en albañilería confinada y consideraciones en albañilería armada.

2.5.1. Muros Portantes

a) **Espesor efectivo “t”**, tendremos en cuenta para el espesor mínimo:

- $t \geq h/20$, para Zonas Sísmicas 2, 3 y 4
- $t \geq h/25$, para Zonas Sísmicas 1

“h” = altura libre entre los arriostres horizontales

b) **Esfuerzo Máximo Axial**. Se tendrá en cuenta la máxima carga en servicio por gravedad (P_m) teniendo en consideración la sobrecarga completa para producir el esfuerzo axial máximo (σ_m), este valor deberá ser menor a:

- $\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0.2 f'_m$

- En esta expresión: “L” representará la longitud total del muro.

También, se tendrá en cuenta la opción de usar losas aligeradas o macizas en dos direcciones para poder reducir la carga actuante

c) **Aplastamiento:** El esfuerzo de servicio no deberá sobrepasar $0.35 f'_m$ cuando en plano actúen cargas de gravedad concentradas. Para hallar el área comprimida se debe tener en cuenta dos veces la medida del espesor de muro y el ancho donde interactúa la carga concentrada.

2.5.2. Estructura en planta

a) **Refuerzo de muros.** En el caso de llevar más del 10% de la carga sísmica se reforzará en áreas sísmicas de tipo 2 (Zona 2), tipo 3 (Zona 3) y tipo 4 (Zona 4). Y solo se reforzará muros en el perímetro en el área sísmica de tipo 1 (Zona 1).

b) **Mínima densidad de Muros Reforzados.** De la siguiente expresión se obtendrá la densidad mínima que se tendrá que reforzar en cada dirección:

$$\frac{\text{Área de corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la planta típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

Teniendo en cuenta la norma E.O30 Diseño Sismorresistente, se considerarán los factores de zona sísmica “Z”, “U”, “S”.

- Z: Aceleración máxima horizontal.
- U: Factor de uso.
- S: Factor de sitio.
- N: # de pisos.
- L: Longitud total muro.
- T: espesor efectivo muro.
- Ap: Área de la planta típica.

En el caso donde la expresión no se cumpliera, se buscará la solución colocando mayor dimensión en las placas o variando el espesor de los muros. Para poder colocar placas de mayor dimensión se hará uso de la relación E_c/E_{alb} . Siendo (E_c) el módulo de elasticidad del concreto y (E_{alb}) albañilería respectivamente.

2.5.3. Requisitos en Albañilería Confinada

Para que se considere muro portante confinado, tiene que desempeñar también las condiciones de muro portante y además las siguientes condiciones:

- i. Para muros ubicados en el primer nivel de la edificación, se tendrá que ubicar un marco de concreto armado considerando columnas y vigas, de esta manera se considerará la estructura como elemento de confinamiento horizontal.
- ii. La capacidad de tracción de los empalmes y anclajes este asegurado según indica la norma E060.
- iii. Se debe utilizar en el concreto mínimo $f'_c = 175 \text{Kg/cm}^2$ para los elementos de confinamiento.
- iv. Los elementos usados para la construcción tengan un buen desempeño usando solo elementos de albañilería.
- v. Para refuerzos en los tabiques, se colocarán varillas dentro de los elementos verticales unos 13 cm y 11 cm verticalmente, también contarán con un gancho de noventa grados.
- vi. Los paños de albañilería que no cuenten con una armadura en el interior no tendrán soporte ante cargas concentradas.

- vii. El espesor mínimo de elementos verticales y horizontales coincidirá con el espesor efectivo del muro.

2.6. Método Benedetti – Petrini

El método del índice de vulnerabilidad se desarrolló en 1976 después de terremoto en Italia. Es un método cualitativo, se caracteriza por analizar los parámetros más relevantes que pueden afectar a una estructura ante un sismo. Este método se basa en el análisis y cálculo de 11 parámetros, a los cuales se les asignará un valor de acuerdo a su vulnerabilidad, ya sea alta, media o baja. La suma de todos los valores resultará el valor del índice de la vulnerabilidad el cual permitirá saber que tan vulnerable es una estructura ante un sismo. (Quiroga Medina, 2012).

Sin embargo, para que el método sea utilizado correctamente en las viviendas de Punta Negra se realizó una adaptación de acuerdo a la norma peruana basándonos en la investigación de Cajan y Falla, 2020. En dicha adaptación, se comparan los parámetros del método Benedetti-Petrini original y los parámetros del Reglamento Nacional de Edificaciones. La tabla 2 muestra los criterios usados en los parámetros del método Benedetti original adaptados según el RNE.

Tabla 2.

Adaptación de parámetros del método Benedetti-Petrini según el RNE

| Metodo de Benedetti - Petrini | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|--|
| Parámetro | Descripción | Criterio Propuesto por el RNE |
| 1 | Organización del sistema resistente | Asesoría técnica |
| 2 | Calidad del sistema | Calidad y proceso constructivo (Norma E.070) |
| 3 | Resistencia convencional | Factores Sismorresistentes (Norma E.070) |
| 4 | Posición del edificio y cimentación | Condiciones geotécnicas (Norma E.030) |
| 5 | Diafragmas horizontales | Consideraciones para diafragma |
| 6 | Configuración en planta | Irregularidades en planta (Norma E.030) |
| 7 | Configuración en elevación | Irregularidades en altura (Norma E.030) |
| 8 | Distancia máxima entre muros | Densidad de muros en las viviendas (Norma E.070) |
| 9 | Tipo de cubierta | Conexión de la unión de la cubierta con la estructura |
| 10 | Elementos no estructurales | Conexiones de elementos no estructurales (Norma E.070) |
| 11 | Estado de conservación | Aspecto actual de la vivienda |

Nota. Tomado de “Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti – Petrini de las edificaciones categoría C”, por Cajan y Falla, 2020.

2.6.1 Índice de vulnerabilidad para edificaciones de albañilería

El método de Benedetti- Petrini mide la vulnerabilidad de las viviendas basándose en el índice de vulnerabilidad sísmica, este se obtiene con la suma ponderada de valores numéricos que expresan la “calidad sísmica” de cada parámetro estructural y no estructural. Cada parámetro tiene una alta importancia en el comportamiento de las viviendas de albañilería frente a un sismo.

Durante el trabajo de campo y gabinete, a cada uno de los parámetros se le asignará una de cuatro clases A, B, C y D, de acuerdo a la apreciación visual o cálculo numérico. Cada clase tendrá instrucciones o características a evaluar y poder clasificar cada parámetro minimizando diferencias en la apreciación.

A cada una de estas clases le corresponde un valor numérico “Ki” que tendrá rangos entre 0 y 45, como se observa en la Tabla 3. Tomaremos como ejemplo lo siguiente, si el parámetro número 6 "configuración en planta" corresponde a una configuración no tan segura desde el punto de vista sísmico, se le asigna la clase D y el valor numérico $K_6 = 45$.

Por otro lado, cada parámetro se ve afectado por un coeficiente de peso W_i , que varía entre 0.25 y 1.5. Este coeficiente muestra la importancia de cada uno de los parámetros dentro del sistema resistente de la vivienda. Se deben evaluar los 11 parámetros que resultan en un índice entre 0 y 360. Para un mejor manejo del índice de vulnerabilidad, se realizará una escalación de forma logarítmica para poder normalizar con rangos más manejables que van de 0 a 100.

Tabla 3.*Clases y pesos de los Parámetros del método Benedetti y clasificaciones*

| Metodo de Benedetti - Petrini | | Clases | | | | Peso (Wi) |
|-------------------------------|-------------------------------------|--------|---|----|----|-----------|
| Parámetro | Descripción | A | B | C | D | |
| 1 | Organización del sistema resistente | 0 | 5 | 20 | 45 | 1,00 |
| 2 | Calidad del sistema | 0 | 5 | 20 | 45 | 0,25 |
| 3 | Resistencia convencional | 0 | 5 | 20 | 45 | 1,50 |
| 4 | Posición del edificio y cimentación | 0 | 5 | 20 | 45 | 0,75 |
| 5 | Diafragmas horizontales | 0 | 5 | 20 | 45 | 1,00 |
| 6 | Configuración en planta | 0 | 5 | 20 | 45 | 0,50 |
| 7 | Configuración en elevación | 0 | 5 | 20 | 45 | 1,00 |
| 8 | Distancia máxima entre muros | 0 | 5 | 20 | 45 | 0,25 |
| 9 | Tipo de cubierta | 0 | 5 | 20 | 45 | 1,00 |
| 10 | Elementos no estructurales | 0 | 5 | 20 | 45 | 0,25 |
| 11 | Estado de conservación | 0 | 5 | 20 | 45 | 1,00 |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Parámetro 1: Organización y tipo del sistema resistente

De acuerdo con Aguiar (1994), En las viviendas de mampostería se considera de mayor valor la organización estructural, sin tomar en cuenta los materiales. En otras palabras, los aspectos más importantes para la clasificación de este parámetro son la continuidad y calidad de los amarres de los elementos estructurales horizontales y verticales.

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente

Este parámetro en las viviendas de albañilería se considera mucho la calidad del material, ya que con esto se evalúa si el ligamento es homogéneo, resistente y de calidad.

Parámetro 3: Resistencia convencional

En las viviendas de albañilería se asume una conducta estructural perpendicular tipo cajón; es decir, cerrada, y se analiza la resistencia de las viviendas ante cargas horizontales.

a. Área de los muros portantes en dirección X y Y:

“Ax” y “Ay” son aquellas áreas totales resistentes de muros en dirección X e Y respectivamente

b. Resistencia cortante (VR):

$$VR = \min ("Ax", " Ay") * v$$

Donde:

- Mínimo (“Ax”, “Ay”): área mínima de los muros portantes en la dirección X o Y (m2).
- v: Resistencia cortante para los muros (tn/m2).

Si la cantidad no se obtiene de manera experimental, se recurre a las siguientes tablas 4 y 5:

Tabla 4.

Propiedades mecánicas de mampostería en edificios

| Propiedades mecánicas de mampostería en edificios | | | |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Material | Resistencia a compresión (kg/cm2) | Resistencia cortante (kg/cm2) | Módulo de elasticidad (kg/cm2) |
| Adobe | 2 - 5 | 0,5 | 3000 |
| Bloque de tepetape con mortero de lodo | 5 - 10 | 0,5 | 5000 |
| Ladrillo con mortero de lodo | 5 - 10 | 1 | 5000 |
| Ladrillo con mortero de cal | 15 - 20 | 2 | 10000 |
| Mampostería de piedra irregular con mortero de cal | 10 - 20 | 0,5 | 5000 |
| Mampostería de piedra de buena calidad | 30 | 2 | 20000 |

Nota. Tomado de “Ingeniería Estructural de edificios Históricos”, Capítulo IV. Edificios de Mampostería”, por Meli, 2016.

Tabla 5.

Resistencia al corte de acuerdo al material

| Material | Resistencia cortante (Tn/m2) |
|--|------------------------------|
| Ladrillo macizo, calidad regular | 6 a 12 |
| Piedra mal tallada | 2 |
| Piedra bien tallada | 7 a 9 |
| Ladrillo macizo, buena calidad | 18 |
| Bloqueo macizo, mortero-cemento | 18 |
| Mampostería nueva. Ladrillo macizo | 20 |
| Mampostería nueva. Bloque macizo | 20 |
| Mampostería nueva. Ladrillo/Bloque hueco | 18 |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Para la investigación se utilizará para albañilería simple, resistencia cortante (v) =2 kg/cm2.

c. Peso resistido por la estructura (W):

$$W = N * (Ax + Ay) * h * Pm + M * Ps * At + Aot * Pot + Ac * Pc$$

Donde:

- h: Altura entrepiso de cada vivienda
- Pm: W de la mampostería de cada vivienda
- M: # de diafragmas horizontales de cada vivienda
- Ps: W de la losa de cada vivienda
- Ac: Área de cubierta de cada vivienda
- Pc: Peso de cubierta de cada vivienda
- Ax y Ay: Área de muros en el eje X y Y
- N: # de pisos

En la tabla 6 y 7, se muestran los valores para el cálculo del peso resistido por la estructura (W) y los pesos por tipo de Losa.

Tabla 6.

Valores para el cálculo del peso resistido por la estructura (W)

| | |
|------------|---|
| Pm | Para ladrillo solido de arcilla se usara 1.8 ton/m3 |
| Ps | Para losas de concreto se usará 0.5 ton/m3 |
| Pot | Para techos de madera o de caña se utilizara 0.12 ton/m3 |
| Pc | Para coberturas de teja y barro se utilizara 0.025 ton/m3 |

Nota. Tomado de “Norma E.020 Cargas”, por SENCICO, 2020.

Tabla 7.

Pesos por tipo de losa

| Tipo de Losa | Peso (kg/m2) |
|-----------------------------------|---------------------|
| Aligerado unidireccional, h=0.17m | 280 |
| Aligerado unidireccional, h=0.20m | 300 |
| Aligerado unidireccional, h=0.25m | 350 |
| Aligerado bidireccional, h=0.20m | 345 |

Nota. Tomado de “Norma E.020 Cargas”, por SENCICO, 2020.

d. Coeficientes sísmicos resistente (CSR): Sera el cociente entre la resistencia cortante (VR) y el peso resistido por la estructura (W).

$$CSR = \frac{VR}{W}$$

e. Coeficiente sísmico exigido (CSE):

• Para albañilería (Norma E.030), se calcular el CSE usando los parámetros sísmicos establecidos para la investigación.

$$CSE = \frac{ZUCS}{R}$$

f. Demanda de ductilidad (DD): Servirá para poder evaluar el desempeño de las viviendas.

$$DD = \frac{CSE}{CSR}$$

Parámetro 4: Posición del edificio y de la Cimentación

Según Aguiar (1994), el parámetro se evalúa por un control visual, la influencia de la cimentación y el terreno en el movimiento sísmico.

Parámetro 5: Diafragmas horizontales

“La calidad de los diafragmas horizontales tiene mucha importancia para garantizar el adecuado funcionamiento de los elementos resistentes verticales” (Aguiar, et. al., 1994). Los diafragmas horizontales tendrán que mantener una correcta conexión al sistema resistente vertical, para así poder enviar correctamente las cargas verticales a la cimentación soportan a la estructura y las horizontales que se generan por los sismos.

Parámetro 6: Configuración en planta

Es importante considerar la simetría de la estructura. Cuando la sección se asemeja a secciones cuadradas se clasifican con valores altos y si se alejan de este tipo de secciones se clasifican con valores bajos, ya que estos son propensos a generar torsión y pueden concentrar esfuerzos. La siguiente figura 4 nos da a conocer las formas en planta tomadas en cuenta, $b_1 = a/L$ y $b_2 = b/L$, donde:

a: Lado menor (m).

- L: Lado mayor (m).
- b: Lado que sobresale (m).

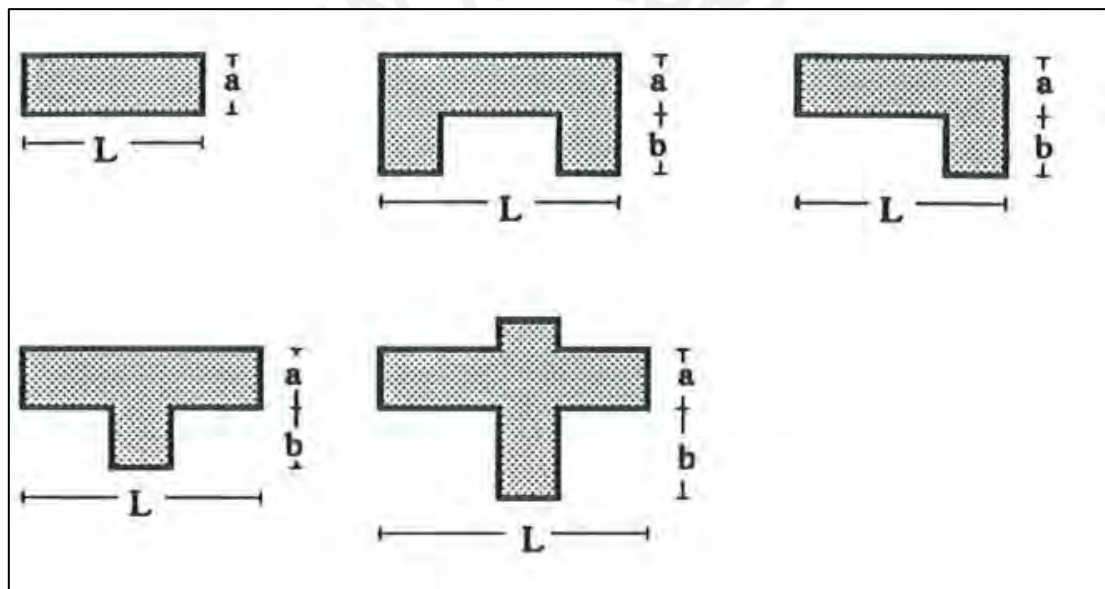


Figura 4. Configuración en planta de viviendas

Adaptada de “Requisitos mínimos para que un muro se considere confinado, tomado de “Construcciones de Albañilería”, por San Bartolomé, 999.

Parámetro 7: Configuración en elevación

De acuerdo a Aguiar (1994), para viviendas de albañilería se analiza la modificación de masa, la cual se expresa en porcentaje, $\pm DA/A$. Cabe mencionar, que se emplea entre 2 pisos consecutivos, donde “A” es el área del nivel inferior.

- DA: Diferencia de alturas

- A: Alturas

Parámetro 8: Distancia máxima entre los muros

Es importante considerar el espacio entre los muros transversales a los longitudinales. La clasificación se calcula con la siguiente relación L/S, donde “S” viene a ser el espesor del muro maestro y “L” es el máximo espaciamiento entre muros transversales. La tabla 8 muestra el espesor óptimo para muros de arcilla y adobe.

Tabla 8.

Espesor óptimo de muro maestro de arcilla y adobe

| | | |
|---------|---------|---------------|
| Espesor | Arcilla | 0.23m y 0.13m |
| | Adobe | 0.4m y 0.2m |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Parámetro 9: Tipo de cubierta

Analiza la capacidad del techo para resistir sismos. Donde se considera el tipo y peso de cubierta para el cálculo del índice de vulnerabilidad.

Parámetro 10: Elementos no estructurales

El parámetro 10 considera todo elemento no estructural de la vivienda. Por ejemplo, parapetos, las cornisas, los balcones, los distintos volados, etc.

Parámetro 11: Estado de conservación

Finalmente, Aguiar (1994), menciona que es importante evaluar visualmente las imperfecciones estructurales tanto internas como externas. Cabe mencionar que, la antigüedad de la casa es muy influyente para la clasificación.

Capítulo III METODOLOGÍA DEL TRABAJO

En el balneario de Punta Negra la construcción de albañilería confinada es la más predominante. Para cada vivienda estudiada se calculará mediante el método de Benedetti - Petrini la vulnerabilidad sísmica, método que está enfocado en obtener el índice de vulnerabilidad mediante datos geométricos, topográficos y zonificación.

Se decidió tomar esta metodología, ya que nos permite tener mayor exactitud para poder evaluar y determinar la vulnerabilidad sísmica de cada vivienda. Para el desarrollo y estudio del método Benedetti se desarrollan una serie de pasos previos para su evolución.

3.1 Recolección de datos característicos de las viviendas

3.1.1 Sectorización de viviendas según su tipo.

Se tendrá como universo las viviendas ubicadas en Punta Negra, las cuales serán distribuidas en grupos donde se considerará su similitud ya sea número de pisos, tipo de estructuras, característica de los materiales usados para su construcción y tipo de construcción. Se priorizará las viviendas construidas de forma precaria. Todo esto con el fin de poder tener dos o tres tipos de viviendas comunes que representen la mayor cantidad de hogares y así poder analizar la estructura de los modelos típicos más comunes entre las viviendas. Se procederá a tomar un área de estudio y sectorizar en un mapa asignando el grupo de vivienda típica o más común que será observadas en las visitas que se realizará a la zona de la investigación.

La sectorización servirá para obtener las características de cada zona elegida, cada zona podrá tener diferentes parámetros y datos de entrada que se deba de considerar

3.1.2 Estudio de suelos.

El balneario de Punta Negra cuenta con una tipología de suelo blando, ya que se encuentra cerca al mar y tiene distintas pendientes. La mayoría de viviendas fueron construidas sin

realizar un estudio de suelos, pero con el pasar de los años se tienen varias investigaciones realizadas en la zona donde se muestran y observan datos necesarios para considerar en nuestro trabajo. Según datos de estudios del proyecto SIRAD (2010), se tiene al distrito de Punta Negra en la Zona II, III y IV lo cual indica que la mayoría de suelos son suelos granulares finos, arcillosos y arenas de gran espesor teniendo un peligro sísmico medio y alto como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9.

Peligro sísmico según zonas geotécnicas

| Zonas geotécnicas sísmicas | Suelos correspondientes | Peligro sísmico |
|----------------------------|--|-----------------|
| Zona I | Afloramientos rocosos | Bajo |
| Zona II | Granulares finos y arcillosos | Medio |
| Zona III | Suelos finos y arenas de gran espesor | Alto |
| Zona IV | Arena eólica (con agua), suelos pantanosos, depósitos fluviales y marinos. | Muy alto |
| Zona V | Rellenos | |

Nota. Tomada de “Peligro sísmico según zona geotécnica” por Proyecto SIRAD (2010)

Lo resaltante de la tabla 9 es que según la investigación de peligro sísmico realizada por el proyecto (SIRAD, 2010), el 65% del territorio de Punta Negra se encuentra sobre la Zona II, e indica textualmente: “Esta zona está conformada por suelos granulares y arcillosos, para la evaluación de peligro sísmico se considera el periodo natural del suelo $T_s = 0.6$ seg y el factor de amplificación sísmica de $S = 1.2$ ”.

3.1.4 Propiedades mecánicas de los materiales

Basándonos en la investigación de peligro sísmico realizada por el proyecto (SIRAD, 2010), se pudo obtener las propiedades mecánicas del concreto y acero más usadas en las viviendas autoconstruidas, que serán usadas para el análisis que se planteará. En la tabla 10 podemos observar las propiedades mecánicas obtenidas para el concreto y el acero.

Tabla 10.

Propiedades mecánicas del suelo y del acero para la investigación

| Concreto | | Acero | |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Características | Propiedades | Características | Propiedades |
| Resistencia a compresión | $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ | Resistencia a compresión | $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ |
| Módulo de elasticidad | $E = 194142.209 \text{ kg/cm}^2$ | Módulo de elasticidad | $E = 2000000 \text{ kg/cm}^2$ |
| Módulo de Poison | $n = 0.15$ | Módulo de Poison | $n = 0.25$ |
| Peso específico | $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$ | Peso específico | $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$ |

Nota. Tomada de “Peligro sísmico según zona geoté nica” por Proyecto SIRAD (2010)

3.2 Diseño metodológico Benedetti-Petrini

3.2.1 Diseño

El trabajo de investigación se realizará con el índice de vulnerabilidad será de tipo aplicativo, se tomará como lugar de estudio el balneario de Punta Negra y será aplicado a un total de 1844 viviendas. El nivel de la investigación será del modo descriptivo. Para determinar la vulnerabilidad sísmica se consideró detalles de estructuras, procesos constructivos y características geométricas de los predios. Estos datos fueron recopilados mediante encuestas, observación y medidas realizadas en campo. Mediante el uso de métodos estadísticos se le dio un enfoque cuantitativo. En la figura 5, se muestra un diagrama de la metodología a usar para la investigación.

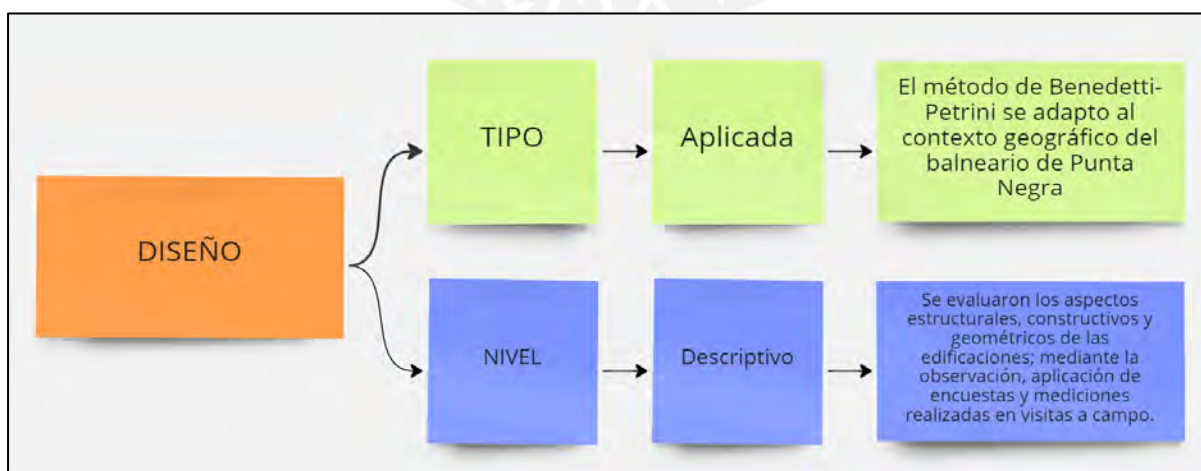


Figura 5. Esquema diseño metodológico

3.2.2 Población y proceso muestral

3.2.2.1 Población

Se tiene 1844 viviendas todas de categoría C, pertenecientes a los 10 sectores del balneario de Punta Negra.

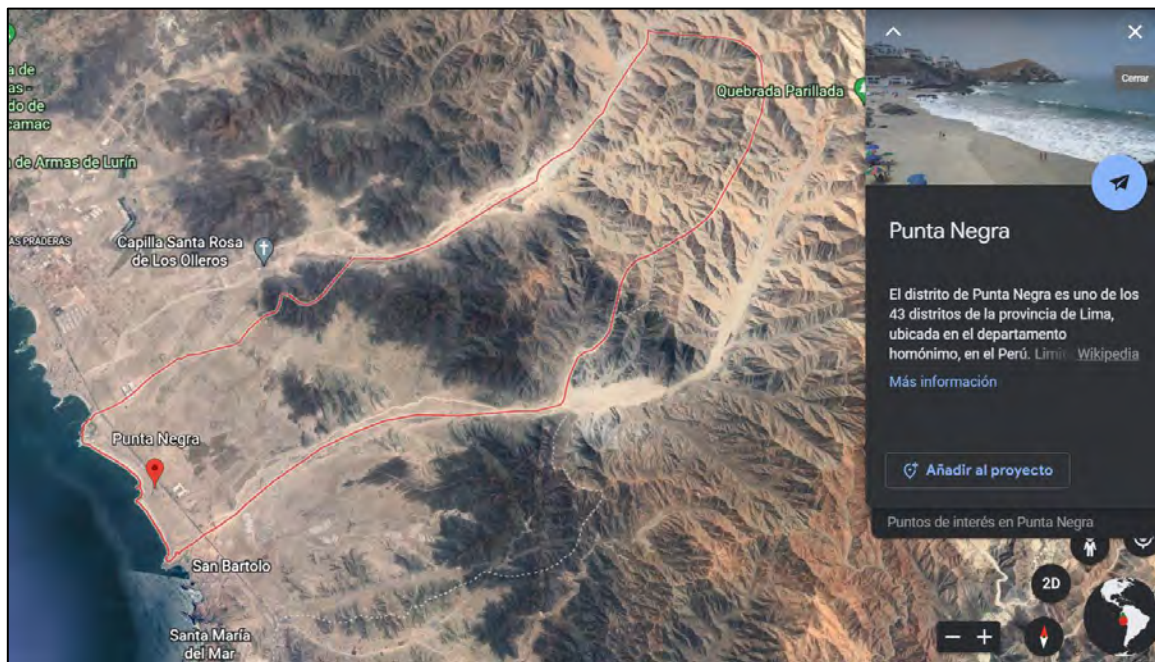


Figura 6. Ubicación geográfica del distrito de Punta Negra

Tomada de "Navegador Google MAPS".

Los sectores serán distribuidos de la siguiente manera para poder analizar de manera más detallada el distrito. En la figura 7, se muestra los 10 sectores usados para la zonificación del distrito.

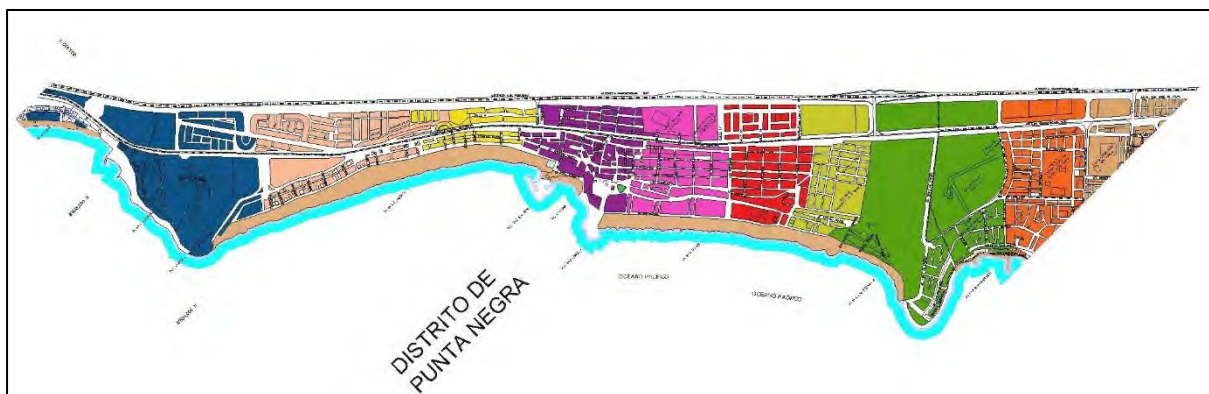
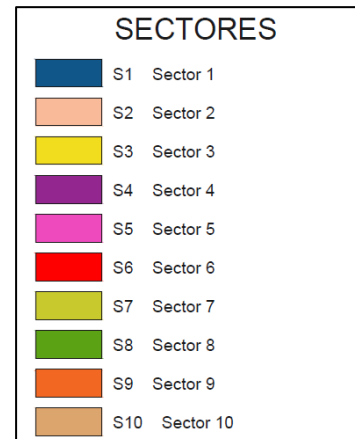


Figura 7. Zonificación de sectores evaluados en el distrito de Punta Negra

- Zona 1 COLOR AZUL
- Zona 2 COLOR PIEL
- Zona 3 COLOR AMARILLO
- Zona 4 COLOR VIOLETA
- Zona 5 COLOR ROSADO
- Zona 6 COLOR ROJO
- Zona 7 COLOR VERDE CLARO
- Zona 8 COLOR VERDE OSCURO
- Zona 9 COLOR NARANJA
- Zona 10 COLOR CREMA



Según los datos obtenidos por el SIGRID (Sistema de Información para la Gestión de Riesgos) considerando el material con el cual fueron construidos las viviendas tenemos 1597 viviendas construidas con ladrillo o bloque de cemento, 145 viviendas de madera, 68 de triplay/calamina/estera, 18 de piedra o sillar con cal, 8 viviendas de adobe y 8 viviendas de otros materiales. Para la investigación solo se tomarán en cuenta las viviendas construidas con ladrillo.

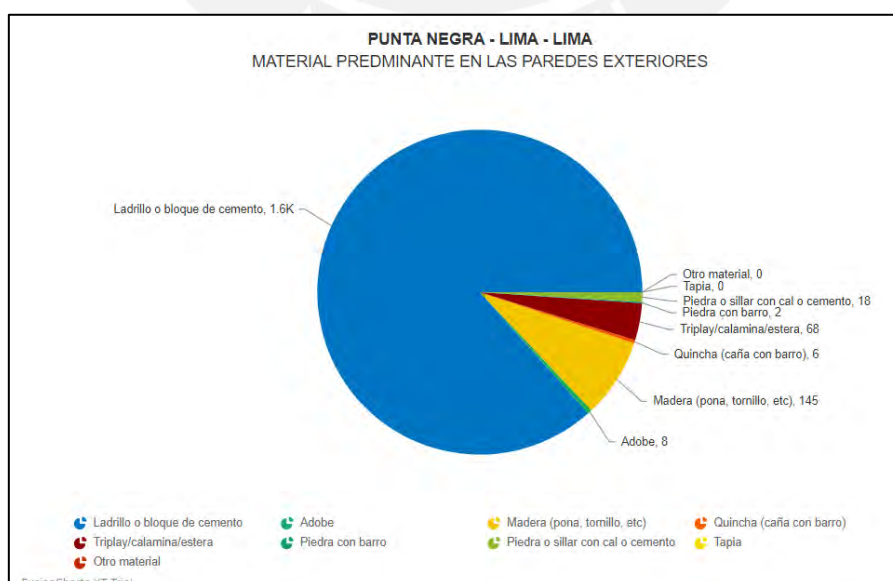


Figura 8. Datos obtenidos del Sigrid “Material predominante en viviendas en Punta Negra”

Para poder tomar como muestra una vivienda se tomaron algunos criterios de inclusión y exclusión. Las características más importantes para la inclusión de viviendas serán que sean viviendas de categoría C (precarias), viviendas construidas solo con albañilería y sean viviendas que estén ubicadas dentro de los 10 sectores seleccionados en el distrito de Punta Negra. En la figura 9, se especifican los principales criterios para la inclusión o exclusión de viviendas.

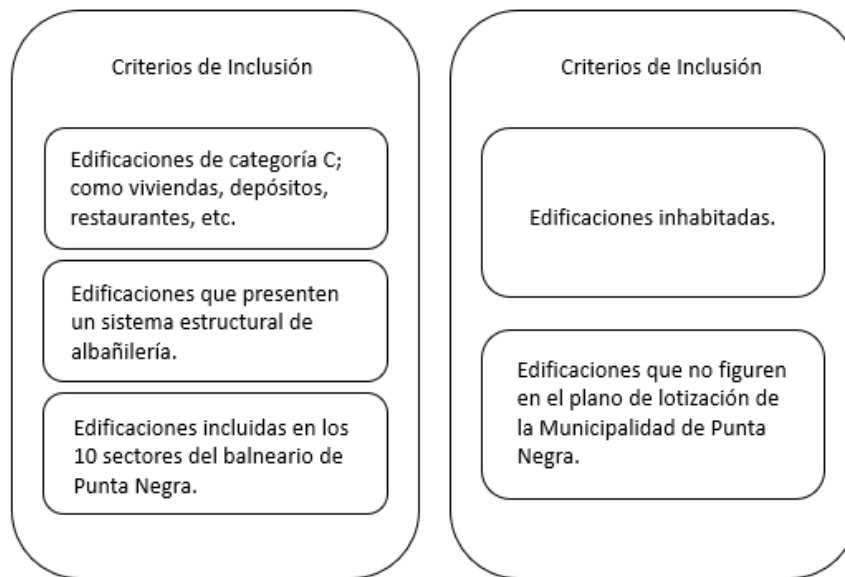


Figura 9. Criterios para inclusión o exclusión de viviendas a analizar

3.1.2.1 Procedimiento muestral

Se usó un procedimiento probabilístico, para realizar el procedimiento muestral.

Para empezar, se consideró el error estándar (σ_x), el cual es 0.025. Posteriormente, se indicó el nivel de confianza (p) y resultó 0.9.

Luego, se obtuvo la varianza de la muestra al cuadrado (s^2):

$$s^2 = p * (x - p)$$

Donde:

x = valor promedio = 1

Los resultados fueron s^2 es 0.09. Y se procedió a obtener la varianza de la población al cuadrado:

$$V^2 = \sigma_x^2 = 0.000625$$

Se calculó el tamaño provisional de muestra (n^p):

$$n^p = \frac{s^2}{V^2} = 144$$

Finalmente, para poder hallar la muestra (n) se utiliza:

$$n = \frac{n^p}{1 + \frac{n^p}{N}} = 132.09$$

El resultado redondeado que se obtuvo fue 133 muestras. Con este resultado, podemos calcular la desviación estándar:

$$\sigma = \frac{n}{N} = 0.083$$

Donde:

N = Total viviendas

Los resultados obtenidos en el procedimiento muestral se resumen en la tabla 11:

Tabla 11.
Procedimiento muestral

| Procedimiento muestra | | |
|-----------------------|---|------------|
| N | Total de viviendas | 1597 |
| x | Valor promedio | 1 |
| σ_x | Error estándar | 0,025 |
| p | Confianza | 0,9 |
| s^2 | Varianza de la muestra al cuadrado | 0,09 |
| V^2 | Varianza del total de viviendas al cuadrado | 0,000625 |
| n^p | Tamaño provisional de muestra | 144 |
| n | Muestra | 132,09 |
| | | 133 |
| σ | Desviación estándar | 0,083 |

De esta manera, la muestra incluye a **133** viviendas de categoría C de 10 sectores del balneario de Punta Negra.

3.1.3 Técnicas e instrumentos

Recolección de datos:

- Encuesta para la clasificación de parámetros: Esta evaluó cada aspecto de cada parámetro para así poder clasificarlos de acuerdo a los criterios de cada parámetro.
- Análisis documental: Permitió documentar los principales aspectos de las edificaciones. Esto gracias a una base de datos

Procesamiento de datos:

- **Tabulación de resultados:** Mediante el programa Excel se realizó una hoja de cálculo para el cálculo de la vulnerabilidad
- **Mapa de zonificación sísmica:** Se empleó un mapa de zonificación del distrito de Punta Negra para así poder visualizar de manera más eficiente los sectores más afectados.

Las técnicas e instrumentos se detallan en la tabla 12 y tabla 13:

Tabla 12.

Tabla para técnicas e instrumentos de recolección de datos

| Recolección de datos | |
|----------------------|---------------|
| Técnicas | Instrumentos |
| Encuestas | Cuestionario |
| Análisis documental | Base de datos |

Tabla 13.

Tabla técnicas y programas para procesamiento de datos

| Procesamiento de datos | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Técnicas | Instrumentos |
| Tabulación de datos | Microsoft Excel |
| Mapa de sectorización | AutoCAD y Google Maps |
| Mapa vulnerabilidad sísmica | AutoCAD y Google Maps |

3.1.4 Procedimiento

Primero se recolectó información acerca del distrito mediante la ayuda de la Municipalidad de Punta Negra, la cual nos brindó antecedentes y planos del distrito. Seguidamente, mediante el programa SIGRID se determinó la cantidad de población activa, número de viviendas habitadas y los tipos de sistemas estructurales en el distrito. Se seleccionó 13 viviendas para 7 sectores y 14 viviendas para 3 sectores así poder llegar a tener las 133 necesarias como muestra confiable de la investigación. Estas viviendas fueron escogidas por tener las características más adecuadas para el análisis, se consideró como criterio que sean viviendas de albañilería, no cuenten con planos y estén siendo habitadas al momento de la toma de datos.

Acabando con la recolección de datos, se realizó la adaptación de las encuestas al contexto geográfico del balneario de Punta Negra. Después, se tomaron las encuestas a cada vivienda dentro del distrito, según su sistema estructural, las cuales contemplaban todos los parámetros descritos previamente. Al finalizar la recolección de datos se procedió a calcular el índice de vulnerabilidad sísmica (Iv). Es importante mencionar que luego de este cálculo se tiene que normalizar el valor del Iv en un rango de 0 a 100 para evaluar el nivel de vulnerabilidad. Se presenta en la figura 10 un esquema para el procedimiento que se realizará para la investigación.

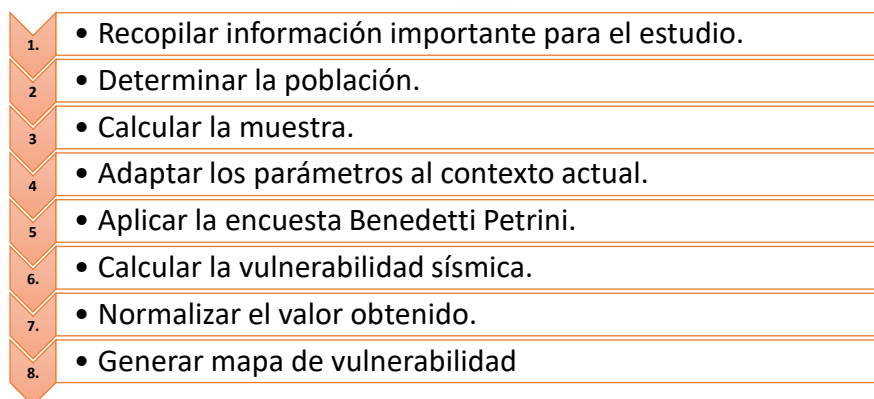


Figura 10. Esquema del procedimiento a seguir en el análisis de vulnerabilidad

Capítulo IV Desarrollo y procesamiento de datos

4.1 Recolección de información

Se recopiló datos e información sobre la autoconstrucción de viviendas y vulnerabilidad sísmica en distritos de la ciudad de Lima. El contenido de esta investigación proviene de fuentes como SENCICO y la biblioteca de la PUCP, etc.

Seguidamente, se investigó sobre los antecedentes sísmicos del balneario de Punta Negra, a través del Instituto Geofísico del Perú. Se consideró utilizar la metodología Benedetti - Petrini, que tiene como base encuestas donde se clasifica y estudia 11 parámetros, de acuerdo a las características de las estructuras, procesos constructivos y dimensiones geométricas.

Finalmente, con ayuda de la Municipalidad de Punta Negra y el programa SIGRID, se obtuvo el plano de zonificación del distrito.

4.2 Reconocimiento de la zona de estudio

En múltiples visitas al balneario de Punta Negra, se identificaron y delimitaron diez sectores con similitud en sistemas constructivos, albañilería y el mal procedimiento constructivo que se utilizó para cada vivienda. Quedando en evidencia que es una zona donde se puede realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica de la zona. Seguidamente, se realizó un conteo de los inmuebles en la población, donde se observó que la mayor parte de viviendas son de albañilería confinada. En las figuras 11, 12, 13 y 14 se muestran algunas viviendas que fueron encuestadas e imágenes del reconocimiento de la zona de Punta Negra.



Figura 11: Vivienda de albañilería de dos pisos, encuestada en el sector 2

Figura 12: Viviendas cercanas a la playa, ubicadas en el sector 5



Figura 14: Cimentaciones de viviendas encontradas en el sector 10.

Figura 13: Viviendas cercanas a la pista, ubicadas en el sector 8

4.3 Trabajo de Campo

4.3.1 Aplicación de la encuesta de Benedetti-Petrini

Se tomo una encuesta para las viviendas seleccionas del distrito de Punta Negra. Esta encuesta se realizó durante las diversas visitas en campo. Cada encuesta fue desarrollada con ayuda de información de los propietarios de cada vivienda y Google Maps. También, se midieron y tomaron datos de las propiedades. En las figuras 15 y 16 se muestran imágenes de la toma de datos y la primera vivienda encuestada del sector 1.



Figura 16: Toma de medidas en vivienda de dos pisos, del sector 6

Figura 15: Primera vivienda encuestada de 1 piso con tanque de agua aéreo.

Se explica la información tomada y necesaria de cada parámetro:

- **Parámetro 1 (Tipo y organización del sistema resistente):** Recopilar información de si hubo o no asesoría técnica en la construcción, tiempo de antigüedad de la construcción, existencia de arriostres horizontales y verticales (columnetas), deficiencia en el proceso de construcción y confinamiento de muros. Dicha información será sintetizada para poder tener respuestas de SI o No en la encuesta.
- **Parámetro 2 (Calidad del sistema resistente):** Características visuales de los muros de albañilería, apuntando los materiales empleados.
- **Parámetro 3 (Resistencia convencional):** Longitud y espesor de muros principales en la dirección “X” y “Y”, altura de entrepiso, área total construida y cantidad de los diafragmas (se considerará viviendas de un solo diafragma). Dichos datos servirán para poder calcular en gabinete la demanda de ductilidad (DD).
- **Parámetro 4 (Posición de la vivienda y estado de la cimentación):** Se evaluará el terreno sobre el cual esta cimentado la vivienda de manera visual, tomando en consideración si existe pendientes pronunciadas o existencia de rocas sueltas. También se tomará en cuenta la presencia alguna filtración o presencia de humedad.

- **Parámetro 5 (Diafragma horizontales):** Se evaluarán la variación en los niveles de la losa, existencia de deformaciones de diafragma y estado de las conexiones de muro con la losa.
- **Parámetros 6 (Configuración en planta):** Medidas de ancho y largo de la vivienda con las cuales en gabinete se calculará el IR (Regularidad de la estructura).
- **Parámetros 7 (Configuración en elevación):** Medidas de altura entrepiso y área total de piso (A) anterior de la vivienda con las cuales en gabinete se calculará DA/A.
- **Parámetros 8 (Distancia máxima entre los muros):** Medidas espesor de muro (S) y longitud máxima de espaciamiento de muros (L) de la vivienda con las cuales en gabinete se calculará L/S.
- **Parámetro 9 (Tipo de cubierta):** Se evaluará visualmente el estado de la cubierta, la calidad del material usado para el techo, y existencia de correctas conexiones de cubiertas y los muros.
- **Parámetro 10 (Elementos no estructurales):** Se revisará la existencia, estado y conexión de elementos no estructurales (parapetos, volados simples, cornisas, balcones, tanques de agua).
- **Parámetro 11 (Estado de conservación):** Evaluación de condiciones de muros con la presencia de fisuras o deterioro en general.

La encuesta utilizada en las viviendas se presenta a continuación en la figura 17, dicho formato fue utilizado para la toma de datos en el Distrito de Punta Negra. Se realizaron 133 encuestas, se presentará el resumen de estas en los anexos finales.

| FICHA ENCUESTA: Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en Punta Negra | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|-------|-----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| Nº de vivienda: | | Manzana | | Fecha | / / | | | | | | | | |
| Sector | | Lote | | | | | | | | | | | |
| Parámetro | Criterios a evaluar | | | Clase | | | | | | | | | |
| 1 | Organización y Tipo del S.R. | <u>Marcar SI o NO según lo observado:</u> Tuvo Asesoría Técnica <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Vivienda restaurada según RNE <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Deficiencia en la construcción <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Muros sin confinar <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> | | | SI | NO | SI | NO | SI | NO | SI | NO | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Calidad del S.R. | <u>Encerrar SI o NO según lo observado:</u> Mampostería de buena calidad <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Buen amarre entre muros y ladrillos <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Espesor de juntas entre 10 y 15 mm <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> | | | SI | NO | SI | NO | SI | NO | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Resistencia Convencional | Lx: _____ tx: _____ # Pisos: _____ Ly: _____ ty: _____ h: _____ | | | | | | | | | | | |
| 4 | Posición del edificio y la cimentación | <u>Encerrar SI o NO según lo observado:</u> Cimentada en suelo rígido <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Ausencia de Pendientes pronunciadas <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Presencia de humedad y sales en muros <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> | | | SI | NO | SI | NO | SI | NO | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Diafragmas Horizontales | <u>Marcar SI o NO según lo observado:</u> Desniveles en la losa <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Deformaciones mínimas de diafragma <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Buen estado y conexión entre losas y muros <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> | | | SI | NO | SI | NO | SI | NO | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Configuración en planta | Se considera X_{min} y $Y_{min} = 0$ a: _____ X_{max} : _____ Y_{max} : _____ b: _____ | | | | | | | | | | | |
| 7 | Configuración en elevación | Calcular área del Piso más alto y Piso anterior A: _____ Aant: _____ | | | | | | | | | | | |
| 8 | Distancia máxima entre muros | Mayor Espaciamiento entre muros (L): _____ Espesor de muro principal (S): _____ | | | | | | | | | | | |
| 9 | Tipo de cubierta | <u>Marcar SI o NO según lo observado:</u> Estable y debidamente amarrada a muros <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Correcto arriostamiento en vigas <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Distancia aceptable entre vigas <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Material liviano y en buenas condiciones <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> | | | SI | NO | SI | NO | SI | NO | SI | NO | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Elementos no estructurales | <u>Encerrar SI o NO según lo observado:</u> Ningún elemento no estructural <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Elemento no estructurales bien conectados al Sistema Resistente. <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> | | | SI | NO | SI | NO | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Estado de conservación | <u>Marcar SI o NO según lo observado:</u> Muros en buenas condiciones <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Muros con fisuras menores a 2 mm <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Componentes estructurales presentan deterioro <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> Muros con graves deterioros <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table> | | | SI | NO | SI | NO | SI | NO | SI | NO | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | | | | | | | | | | | | |

Figura 17. Ficha de encuesta realizada para toma de datos de viviendas.

4.4 Trabajo de gabinete

4.4.1 Procesamiento de datos

Para el procesar los datos se recolectaron fotos y encuestas de las viviendas en hojas de Microsoft Excel, las cual permitía comparar y almacenar los resultados totales.

4.4.2 Asignación de clases A, B, C y D

Todos los parámetros del método Benedetti-Petrini se evalúan asignándolos a las clases A, B, C o D, de acuerdo a las dimensiones y aspectos de elementos tanto estructurales, como geométricos de cada inmueble. Para las construcciones de albañilería se explicará las características tomadas en cuenta para ser asignadas en cada clasificación.

Parámetro 1: Tipo y organización del sistema resistente

De acuerdo a los datos obtenidos en las encuestas podremos asignar el parámetro 1, según las características descritas en la Tabla 14.

Tabla 14.

Clasificación del tipo y organización del sistema resistente

| | |
|----------------|---|
| Clase A | Tuvo asesoría técnica certificada y cumple NTE. E.070 Albañilería |
| Clase B | Vivienda nueva o reparada pero no cumple con NTE. E070 Albañilería |
| Clase C | Existe deficiencia en la construcción o vigas y muros confinan parcialmente muros |
| Clase D | Muros sin confinar o autoconstrucción. |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente

En la clasificación del segundo parámetro, tomaremos en cuenta 3 características principales, se asignará la clase correspondiente según el cumplimiento de la cantidad de estas características:

1. La vivienda está construida de mampostería de buena resistencia y calidad.
2. Existe un ideal y conveniente amarre entre muros de los ladrillos.
3. El espesor es de 10 - 15 mm entre las juntas.

Se obtendrá la clasificación de acuerdo a lo explicado en la Tabla 15:

Tabla 15.

Características de la Calidad del sistema resistente

| | |
|----------------|-------------------------------------|
| Clase A | Cumple el total de características. |
| Clase B | Solo cumple 2 características. |
| Clase C | Solo cumple 1 características. |
| Clase D | No cumple ninguna característica. |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Parámetro 3: Resistencia convencional

Para la clasificación del parámetro 3 es necesario obtener la Demanda de ductilidad (DD), con este dato podremos clasificar la vivienda de acuerdo a su resistencia. Para obtener la DD se explicará el proceso para su cálculo y se menciona las tablas con valores usados en el proceso.

a. Área de muros portantes (Ax y Ay):

- Obtenemos el área para el eje X en viviendas de albañilería:

$$Ax = Lx * tx * N$$

- Obtenemos el área para el eje Y en viviendas de albañilería:

$$Ay = Ly * ty * N$$

- Ai=Área de muros portantes
- Li= Longitud de muros portantes
- ti = espesor de muros portantes
- N = # de Pisos

b. Resistencia cortante (VR):

VR, se determina mediante:

$$VR = \min("Ax", "Ay") * v$$

Donde: v = Resistencia a cortante en los muros. Según las tablas 4 y 5 (Propiedades de la mampostería), para esta albañilería usaremos $2.0 \frac{Kg}{cm^2}$.

c. Peso resistido por el inmueble (W):

W se calculara con la siguiente fórmula:

$$W = N * (Ax + Ay) * h * Pm + M * Ps * At + Ac * Pc$$

Datos:

- h : Altura entrepiso de cada vivienda
- Pm : Peso de la mampostería de cada vivienda
- M : # de diafragmas horizontales de cada vivienda
- Ps : Peso de la losa de cada vivienda
- Ac : Área de cubierta de cada vivienda
- At : Área total de planta
- Pc : Peso de cubierta de cada vivienda

d. Coeficiente sísmico resistente (CSR):

CSR se obtiene con la siguiente fórmula:

$$CSR = \frac{VR}{W}$$

e. Coeficiente sísmico exigido (CSE):

CSE se obtiene con la siguiente fórmula:

$$CSE = \frac{ZUCS}{R}$$

Usando la Norma E.030 obtenemos los siguientes datos:

- **Z (Factor de zona):** Los datos se obtienen de la Tabla 16:

Tabla 16.
Factor de zona

| Factores de zona | |
|------------------|------|
| ZONA | Z |
| Z4 | 0,45 |
| Z3 | 0,35 |
| Z2 | 0,25 |
| Z1 | 0,10 |

Nota. Tomado de “Norma E.030 Diseño Sismorresistente”, por SENCICO, 2020.

- **S (Factor de suelo):** Los datos se obtienen de la Tabla 17:

Tabla 17.
Factor de suelo

| Factor de suelo "S" | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|
| | S0 | S1 | S2 | S3 |
| Z4 | 0,80 | 1,00 | 1,05 | 1,10 |
| Z3 | 0,80 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |
| Z2 | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 |
| Z1 | 0,80 | 1,00 | 1,60 | 2,00 |

Nota. Tomado de “Norma E.030 Diseño Sismorresistente”, por SENCICO, 2020.

- **U (Factor de uso):** Los datos se obtienen de la Tabla 18:

Tabla 18.
Factor de uso

| Categoría | Descripción | U |
|----------------------------------|--|--------------------------|
| A (Edificaciones esenciales) | A: Establecimientos del sector salud, edificaciones esenciales aeropuertos, estaciones de bomberos, fuerzas armadas y policía. | $U > 1.5$ |
| B (Edificaciones importantes) | Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas. | 1,3 |
| C (Edificaciones comunes) | Edificaciones comunes: viviendas, oficinas, restaurantes, depósitos, etc. | 1 |
| D (Edificaciones temporales) | Construcciones provisionales para depósitos o casetas | Criterio del proyectista |

Nota. Tomado de “Norma E.030 Diseño Sismorresistente”, por SENCICO, 2020.

- **Periodo corto (TP) y periodo largo (TL):** Los datos se obtienen de la Tabla 19:

Tabla 19.

Periodo corto (TP) y periodo largo (TL)

| PERIODOS T_p y T_L | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | S0 | S1 | S2 | S3 |
| T_p (s) | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1,0 |
| T_L (s) | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,6 |

Nota. Tomado de “Norma E.030 Diseño Sismorresistente”, por SENCICO, 2020.

- **T (Periodo Fundamental de Vibración):**

Se usará la siguiente fórmula: $T = h / C_t$. C_t se calcula con la tabla 20:

Tabla 20.

Ct de acuerdo a la Norma E.030

| C_t | Tipo de edificación |
|-------|---|
| 35 | Pórticos de concreto armado sin muros de corte o dúctiles de acero sin arriostramiento |
| 45 | Pórticos de concreto armado con muros en ascensores y escaleras o de acero arriostrados |
| 60 | Edificios de albañilería, de concreto armado duales, de muros estructurales o muros de ductilidad limitada. |

Nota. Tomado de “Norma E.030 Diseño Sismorresistente”, por SENCICO, 2020.

- **C (Factor de amplificación sísmica):**

Tabla 21.

Factor de amplificación sísmica (C), según NTE E.030

| Relación entre periodos | |
|-------------------------|---------------------------|
| $T < T_p$ | 2.5 |
| $T_p < T < T_L$ | $2.5 * (T_p/T)$ |
| $T_L < T$ | $2.5 * (T_p * T_L / T^2)$ |

Nota. Tomado de “Norma E.030 Diseño Sismorresistente”, por SENCICO, 2020.

- **R0 (Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas):**

Tabla 22.

Ro de acuerdo al sistema estructural

| Sistema estructural | Ro |
|---------------------------------------|----------|
| Concreto armado: | |
| Pórticos | 8 |
| Dual | 7 |
| De muros estructurales | 6 |
| Muros de ductilidad limitada | 4 |
| Albañilería armada o confinada | 3 |
| Madera | 7 |

Nota. Tomado de “Norma E.030 Diseño Sismorresistente”, por SENCICO, 2020.

- **R (Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas):**

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$R = R_o * I_a * I_p$$

Donde:

- $I_a = 1$, no contiene irregularidades en elevación
- $I_p = 1$, no contine irregularidad en los planos en planta

Usando todos los valores en la fórmula de CSE:

$$CSE = \frac{ZUCS}{R}$$

- f. **Demanda de ductilidad (DD):**

DD se obtiene mediante:

$$DD = \frac{CSE}{CSR}$$

Con el valor obtenido de DD, se usará la tabla 23 para poder clasificar el parámetro 3.

Tabla 23.

Clasificación de Resistencia Convencional

| | |
|----------------|-----------------------|
| Clase A | $DD < 0.5$ |
| Clase B | $0.5 \leq DD < 1.00$ |
| Clase C | $1.00 \leq DD < 1.50$ |
| Clase D | $1.5 \leq DD$ |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método BP del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Parámetro 4: Posición del edificio y de la cimentación

La clasificación se basó en los siguientes criterios descritos en la clasificación A en la Tabla

24. Serán clasificadas las viviendas de acuerdo al cumplimiento o no de dichos criterios.

Tabla 24.

Clasificación de la posición del edificio y de la cimentación

| | |
|----------------|---|
| Clase A | Viviendas cimentadas en suelo rígido, ausencia de pendientes pronunciadas, sin presencia de humedad o sales en muros. |
| Clase B | No cumple 1 de las características mencionadas en la clase A. |
| Clase C | No cumple 2 de las características mencionadas en la clase A. |
| Clase D | No cumple ninguna de las características mencionadas en la clase A. |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método BP del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Parámetro 5: Diafragmas horizontales

El quinto parámetro dependerá de las siguientes 3 características que se podrán reconocer en la visita técnica a las viviendas, el cumplimiento o no de estas particularidades asignará la clase de este parámetro.

- Ausencia de variaciones en los niveles de las losas.
- Que haya o no una pequeña deformación de la losa.
- Buen estado y conexión entre losas y muros.

Tabla 25.

Clasificación de Diafragmas horizontales

| | |
|----------------|--|
| Clase A | Ausencia de desniveles en la losa, deformación mínima de diafragma y eficaz conexión entre losa y muros/vigas. |
| Clase B | No cumple con 1 de 3 características de la clase A |
| Clase C | No cumple con 2 de 3 características de la clase A |
| Clase D | No tiene ninguna característica de la clase A |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método BP del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Parámetro 6: Configuración en planta

Para poder calcular IR (Regularidad de la estructura), se tiene que realizar unos pasos previos con los datos obtenidos en campo. Con el IR obtenido se podrá clasificar la vivienda según el parámetro 6 utilizando la Tabla 26.

a. Puntos más distantes de la edificación

- “Xmin” e “Ymin”
- “Xmáx” e “Ymáx”

b. Puntos medios de la edificación (xm, ym)

Emplearemos las siguientes ecuaciones:

$$x_m = \frac{x_{min} + x_{max}}{2}$$

$$y_m = \frac{y_{min} + y_{max}}{2}$$

c. Centro geométrico (xg, yg)

Se obtiene con las siguientes fórmulas:

$$X_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$Y_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Al ser una edificación casi rectangular, podemos usar:

$$xg = \frac{xmax}{2}$$

$$yg = \frac{ymax}{2}$$

d. Regularidad de la estructura en X (IRx) y Y (IRy)

Se obtiene con las siguientes formulas:

$$Irx = \frac{[Xg - Xm]}{\frac{1}{2}[Xmax - Xmin]}$$

$$Iry = \frac{[Yg - Ym]}{\frac{1}{2}[Ymax - Ymin]}$$

e. Regularidad de la estructura (IR)

Se obtiene con la siguiente formula:

$$IR = \text{maximo entre } (IRx, IRy)$$

Tabla 26.

Clasificación de configuración en planta

| | |
|----------------|---------------------|
| Clase A | $IR \leq 0.1$ |
| Clase B | $0.1 < IR \leq 0.5$ |
| Clase C | $0.5 \leq IR < 1.0$ |
| Clase D | $1.0 > IR$ |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método BP del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Parámetro 7: Configuración en elevación

Este parámetro se estudiará mediante el porcentaje de variación de masa $\pm DA/A$ entre dos pisos sucesivos. “A” es el área del piso inferior. En el caso que la edificación sea de 1 piso el porcentaje de variación de masa será 0. Este parámetro se clasificará según la Tabla 27.

Tabla 27.

Clasificación de configuración en elevación

| | |
|---|---|
| A | $\pm \frac{\Delta DA}{A} < 10$ |
| B | $10\% < \pm \frac{\Delta DA}{A} < 20\%$ |
| C | $20\% < \pm \frac{\Delta DA}{A} < 50\%$ |
| D | $50\% < \pm \frac{\Delta DA}{A}$ |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método BP del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Parámetro 8: Distancia máxima entre los muros

La clasificación del parámetro 8 se define en función del factor L/S, donde “S” es el espesor del muro más largo o principal y “L” es el espaciamiento máximo entre los muros. Con el resultado se podrá clasificar el parámetro según la Tabla 28.

Tabla 28.

Clasificación de distancia máxima entre los muros

| | |
|---|-------------------------|
| A | $\frac{L}{S} < 15$ |
| B | $15 < \frac{L}{S} < 18$ |
| C | $18 < \frac{L}{S} < 25$ |
| D | $\frac{L}{S} < 25$ |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método BP del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Parámetro 9: Tipo de cubierta

Para evaluar el parámetro 9, se considerará 3 características principales. La clasificación se realizará de acuerdo al cumplimiento de estas características como se muestra en la Tabla 29.

1. Cubierta en buenas condiciones y hecha con material liviano.

2. Cubierta con conexiones adecuadas y amarrada debidamente a los muros.
3. Correcto arriostramiento en vigas y no mucha distancia entre vigas.

Tabla 29.

Clasificación del Tipo de cubierta

| | |
|----------------|---|
| Clase A | La vivienda cumple con las 3 características descritas. |
| Clase B | No cumple con 1 de 3 características descritas. |
| Clase C | No cumple con 2 de 3 características descritas. |
| Clase D | No tiene ninguna característica descrita. |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método BP del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Parámetro 10: Elementos no estructurales

Se realiza una inspección a los elementos que no forman parte del esquema estructural resistente. Elementos cuya caída pueda provocar daños, tales como balcones, tanques de agua y parapetos. Según los elementos encontrados se podrán clasificar según la Tabla 30.

Tabla 30.

Clasificación de elementos no estructurales

| | |
|----------------|---|
| Clase A | Vivienda sin elementos no estructurales |
| Clase B | Vivienda con elementos no estructurales aceptablemente conectadas al sistema resistente |
| Clase C | Vivienda con elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente |
| Clase D | Vivienda con elementos no estructurales mal construidos |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método BP del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

Parámetro 11: Estado de conservación

Se calificará de una manera visual la presencia de desperfectos descritos en la Tabla 31, y se le asignará la clase correspondiente al parámetro 11.

Tabla 31.

Clasificación del estado de conservación

| | |
|----------------|---|
| Clase A | Muros en buenas condiciones, sin fisuras visibles |
| Clase B | Muros en buena condición, pero con fisuras menores a 2 milímetros |
| Clase C | Viviendas con fisuras y cuyos componentes estructurales presenten deterioro |
| Clase D | Muros con fuerte deterioro en sus componentes |

Nota. Tomado de “Evaluación del riesgo sísmico, Capítulo III. Método BP del Índice de vulnerabilidad”, por Mena, 2002.

4.4.3 Normalización del índice de vulnerabilidad sísmica

Luego del análisis de cada parámetro y de la obtención de cada índice de vulnerabilidad sísmica para cada vivienda analizada del distrito de Punta Negra se procedió a la normalización de los resultados. Debido a que estos resultados se encuentran en un intervalo de 0 a 360, se llevó la normalización a un rango de 0 a 100. Finalmente, con los rangos vistos en la Tabla 32, se puede determinar si la vulnerabilidad de una vivienda es alta, media o baja.

Tabla 32.

Clasificación del índice normalizado de vulnerabilidad sísmica

| | |
|--------------|---|
| Baja | Ivn mayor o igual a 0, pero menor a 20. |
| Media | Ivn mayor o igual a 20, pero menor a 40. |
| Alta | Ivn mayor o igual a 40, pero menor a 100. |

4.4.4 Ejemplo de aplicación y adaptación del método Benedetti para viviendas de albañilería



Figura 18: Vivienda de 1 piso usada para aplicación y adaptación del método

Tabla 33.*Resumen de características y medidas tomadas de vivienda encuestada*

| Características de la vivienda | | Medidas de la vivienda | |
|--------------------------------|-------------|------------------------------|---------|
| Sector | 1B | Medida X de la vivienda | 11.80 m |
| Lote | 8 | Medida Y de la vivienda | 6.40 m |
| Sistema estructural | Albañilería | Longitud Total de Muros en X | 22.30 m |
| Nº Pisos | 1 | Longitud Total de Muros en Y | 12.40 m |
| | | Espesor de muro (t) | 0.15 m |
| | | Área total de vivienda | 75.52 m |

Parámetro 1: Organización y tipo del sistema resistente

Para diseñar y construir la vivienda se utilizó la Norma E.070 y se tuvo asesoramiento de profesionales. Por lo tanto, siguiendo cumpliendo con las características de la tabla 14, obtiene el tipo A.

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente

La vivienda analizada tiene muros de ladrillo industrial que tienen buena calidad y resistencia, presenta también correctos amarres y el espesor de las juntas esta entre los rangos óptimos.

La vivienda cumple con los 3 requerimientos principales de este parámetro, por esta razón, según lo descrito en la Tabla 15 le asigna el tipo A.

Parámetro 3: Resistencia convencional**g. Área de los muros portantes en X (A_x) y Y (A_y):**

Calcularemos el área de los muros portantes, se usará los datos tomados en campo que se muestran en el resumen de la Tabla 33.

- Obtenemos el área para el eje X en viviendas de albañilería de 1 piso:

$$A_x = L_x * t_x * N$$

$$\text{Reemplazando: } L_x = 22.3 \text{ m, } t_x = 0.15 \text{ m y } N = 1$$

$$A_x = 3.34 \text{ m}^2$$

- Obtenemos el área para el eje Y en viviendas de albañilería de 1 piso:

$$A_y = L_y * t_y * N$$

$$\text{Reemplazando: } L_y = 12.40 \text{ m, } t_y = 0.15 \text{ m y } N = 1$$

$$A_y = 1.86 \text{ m}^2$$

h. Resistencia cortante (VR):

VR se determina por:

$$VR = \min (A_x, A_y)$$

Donde: $v = \text{Resistencia a cortante en los muros } \left(\frac{\text{tn}}{\text{m}^2}\right)$. Para albañilería estructural $v = 20 \frac{\text{tn}}{\text{m}^2}$

$$VR = 1.86 * 20$$

$$VR = 37.2 \text{ tn}$$

i. Peso resistido por el inmueble (W):

W se calcula con la siguiente fórmula:

$$W = N * (A_x + A_y) * h * P_m + M * P_s * A_t + A_c * P_c$$

Datos:

- h: Altura entrepiso de cada vivienda = 2.50 m
- P_m: Peso de la mampostería de cada vivienda = 1.80 tn/m³
- M: # de diafragmas horizontales de cada vivienda = 1
- P_s: Peso de la losa de cada vivienda = 0.50 tn/m²
- A_c: Área de cubierta de cada vivienda = 0 m²
- A_t: Área total de planta = 75.52 m²
- P_c: Peso de cubierta de cada vivienda = 0 tn/m²

Usando los siguientes datos:

$$W = 61.2 \text{ tn}$$

j. Coeficiente sísmico resistente (CSR):

CSR se obtiene con la siguiente fórmula:

$$CSR = \frac{VR}{W}$$

Reemplazando:

$$CSR = 0.61$$

k. Coeficiente sísmico exigido (CSE):

CSE se obtiene con la siguiente fórmula:

$$CSE = \frac{ZUCS}{R}$$

Usando la Norma E.030 obtenemos los siguientes datos:

- **Z (Factor de zona):** Según los datos del distrito de Punta Negra y utilizando la Tabla 16 se obtiene.

El balneario de Punta Negra se ubica en una zona sísmica tipo 4, con la Tabla 16 se obtiene que **Z = 0.45**

- **S (Factor de suelo):**

De la Tabla 17 se obtiene que **S = 1.05**, porque el balneario de Punta Negra se ubica en la zona sísmica tipo 4 y ofrece un perfil de suelo tipo S2, lo que quiere decir, que predominan los suelos blandos.

- **U (Factor de uso):** Utilizando la Tabla 18.

Se identifica que **U = 1.0**, porque la edificación es una vivienda unifamiliar.

- **Periodo corto (TP) y periodo largo (TL):** Con los datos y la Tabla 19 se puede concluir lo siguiente:

Como el distrito de Punta Negra tiene un suelo S3 se obtiene que **TP = 0.60** y **TL = 2.00**.

- **T (Periodo Fundamental de Vibración):**

Se usa la siguiente fórmula: $T = h / Ct$.

- Ct se obtiene de la Tabla 20.
- h = altura entre piso 2.5 m.

Siendo la vivienda una edificación de albañilería entonces $Ct = 60$, Reemplazando: **T = 0.042**

- **C (Factor de amplificación sísmica):** Según los datos obtenidos de T y TP, haciendo uso de la Tabla 21 se obtendrá el valor de C.

Según nuestros datos $T < TP$, $C = 2.50$.

- **R0 (Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas):** Según la Tabla 22 obtenemos lo siguiente.

R0 = 3, la vivienda es de albañilería confinada.

- **R (Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas):**

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$R = R0 * Ia * Ip$$

Donde:

- $Ia = 1$, no contiene irregularidades en elevación
- $Ip = 1$, no contiene irregularidad en los planos en planta

Usando todos los datos obtenidos: **R = 3**

Usando todos los valores en la fórmula de CSE:

$$CSE = 0.394$$

I. Demanda de ductilidad (DD):

DD se obtiene mediante:

$$DD = \frac{CSE}{CSR}$$

Reemplazando:

$$DD = 0.65$$

De acuerdo a la Tabla 23, la Demanda de Ductilidad se encuentra en el rango de $0.5 < DD < 1.00$, entonces obtiene la **clase B**.

Parámetro 4: Posición del edificio y de la cimentación

La vivienda se encuentra construida sobre un suelo blando y no rígido. Se observa también la presencia de sales y humedad en las paredes.

Según los resultados de la vivienda, con la Tabla 24 se le asigna la **clase C**.

Parámetro 5: Diafragmas horizontales

La vivienda tiene un diafragma aligerado en buenas condiciones, no se observa ninguna deformación o desnivel en la losa. La construcción cumple con todas las características, usando la Tabla 25 se le asigna **tipo A**.

Parámetro 6: Configuración en planta

a) Puntos más distantes de la edificación

Para toda la investigación se considerará X_{min} y Y_{min} como 0 debido a que el origen será el punto inicial de las edificaciones.

- $x_{min} = 0.00$ m
- $y_{min} = 0.00$ m
- $x_{máx} = 11.80$ m, medida de la fachada de la vivienda.
- $y_{máx} = 6.40$ m, medida de la fachada de la vivienda.

b) Puntos medios de la edificación (x_m , y_m)

Emplearemos las siguientes ecuaciones:

$$x_m = \frac{x_{min} + x_{max}}{2}$$

$$y_m = \frac{y_{min} + y_{max}}{2}$$

Reemplazando:

$$X_m = 5.9 \text{ m}$$

$$Y_m = 3.2 \text{ m}$$

c) Centro geométrico (x_g , y_g)

Se obtiene con las siguientes fórmulas:

$$X_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$Y_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Al ser una edificación casi rectangular, podemos usar:

$$X_g = \frac{x_{max}}{2}$$

$$Yg = \frac{ymax}{2}$$

Utilizando la fórmula:

$$Xm = 5.9 m$$

$$Ym = 3.2 m$$

d) Regularidad de la estructura en X (IRx) y Y (IRy)

Se obtiene con las siguientes formulas:

$$Irx = \frac{[Xg - Xm]}{\frac{1}{2}[Xmax - Xmin]}$$

$$Iry = \frac{[Yg - Ym]}{\frac{1}{2}[Ymax - Ymin]}$$

Utilizando la fórmula:

$$IRx = 0$$

$$IRy = 0$$

e) Regularidad de la estructura (IR)

Se obtiene con la siguiente formula:

$$IR = \text{maximo entre } (IRx, IRy)$$

Utilizando la fórmula:

$$IR = 0$$

Como en la vivienda la regularidad de la estructura es menor 0.1, usando la Tabla 26 se obtiene la **clase A** para la vivienda.

Parámetro 7: Configuración en elevación

La vivienda es solo de 1 nivel. Según las características del parámetro 7, el resultado de \pm DA/A es menor al 10%, según la Tabla 27 se obtiene **tipo A**.

Parámetro 8: Distancia máxima entre los muros y conexiones críticas

Procedemos a calcular L/S, donde:

- S = 0.15 m corresponde al espesor del muro más grande.
- L = 6.1 m es el espaciamiento máximo entre muros de la edificación.

Utilizando los datos obtenemos: **L/S = 19.6**

De acuerdo a la Tabla 28, como L/S es mayor a 18 y menor a 25, obtiene **tipo C**.

Parámetro 9: Tipo de cubierta

La vivienda cuenta con una losa aligerada de una dirección, se observa en buen estado y tiene una correcta conexión entre losa y muros. De acuerdo a la Tabla 29, cumple las 3 características principales del parámetro y se asigna **tipo A**.

Parámetro 10: Elementos no estructurales

Se puede observar un pequeño volado dentro de la edificación que se encuentra en óptimas condiciones. Siguiendo con la Tabla 30, se le asigna **tipo A**.

Parámetro 11: Estado de conservación

En la vivienda no se observa ninguna grieta ni fisura, se encuentra en óptimas condiciones. Según la Tabla 31 del estado de conservación, se le asigna **tipo A**.

Índice de vulnerabilidad sísmica (Iv)

Presentamos en la Tabla 34, con todos los resultados obtenidos para esta vivienda:

Tabla 34.

Resultados obtenidos para vivienda evaluada

| Resultados de vivienda evaluada | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------|-------------------|------------------------|
| Parámetro | Descripción | Clase | (K _i) | Peso (W _i) |
| 1 | Organización del sistema resistente | A | 0 | 1,00 |
| 2 | Calidad del sistema resistente | A | 0 | 0,25 |
| 3 | Resistencia convencional | B | 5 | 1,50 |
| 4 | Posición del edificio | C | 25 | 0,75 |
| 5 | Diafragmas horizontales | A | 0 | 1,00 |
| 6 | Configuración en planta | A | 0 | 0,50 |
| 7 | Configuración en elevación | A | 0 | 1,00 |
| 8 | Separación máxima entre muros | C | 25 | 0,25 |
| 9 | Tipo de cubierta | A | 0 | 1,00 |
| 10 | Elementos no estructurales | A | 0 | 0,25 |
| 11 | Estado de conservación | A | 0 | 1,00 |

La fórmula que se utilizará para hallar el índice de vulnerabilidad sísmica es:

$$Iv = \sum_{i=1}^{11} K_i(W_i)$$

Reemplazando:

$$Iv = 32.5$$

Normalizando el índice de vulnerabilidad sísmica (I_{vn})

Normalizaremos en un rango de 0 a 100 el índice de vulnerabilidad sísmica, usando la siguiente ecuación:

$$I_{vn} = 100 - \left(\frac{I_{v\text{máx}} - Iv}{I_{v\text{máx}}} \right) * 100$$

Se sabe que el I_v máx. para las edificaciones de mampostería es de 360.

Reemplazando:

$$I_{vn} = 9.03$$

Vulnerabilidad sísmica

Nuestro índice de vulnerabilidad es menor a 20, la vivienda obtiene una **vulnerabilidad sísmica baja**.



Capítulo V Evaluación Estructural con ETABS

5.1 Modelamiento de vivienda usando el software ETABS

Para modelar la vivienda representativa se utilizará el software Etabs v.20. Se usará los criterios comprendidos en las normas E.070 Albañilería, E.030 Diseño Sismorresistente y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Se considero el modelamiento de todos los elementos expuestos a la acción de fuerzas sísmicas y de gravedad como muros, vigas, columnas, dinteles, parapetos y losas aligeradas.

5.2 Características de la vivienda representativa

Para la validación del cálculo del índice de vulnerabilidad, se analizará una vivienda con las características más típicas encontradas dentro de la investigación.

La mayoría de muros portantes encontrados fueron de 0.15 m, estos soportaran los esfuerzos cortantes tanto en el eje X y Y. Se recalca que la mayoría de viviendas encuestadas son de albañilería confinada. Las losas aligeradas se considerarán de 0.2 m que son comúnmente las más usadas en este tipo de viviendas. Por lo tanto, también el peralte de las vigas soleras serán de esta dimensión. La mayoría de columnas poseen el mismo espesor del muro portante, se considera el espesor igual al muro correspondiente.

Las viviendas de Punta Negra se encuentran en la Zona IV y presentan un tipo de suelo S2, tratándose de suelos flexibles.

5.3 Definición de materiales de vivienda representativa

Albañilería:

La mayoría de viviendas analizadas uso ladrillo pandereta para la construcción de muros y tabiques. Según la Tabla 35, se considerará la resistencia axial de albañilería $f'_m = 36 \frac{kg}{cm^2}$

Tabla 35.*Resistencia característica de la albañilería Mpa (kg/cm²)*

| RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (Kg/cm ²) | | | | |
|--|----------------------|------------|------------|------------|
| Materia Prima | Denominación | UNIDAD fb | PILAS fm | MURETES Vm |
| Arcilla | King Kong Artesanal | 5,4 (55) | 3,4(35) | 0,5 (5,1) |
| | Pandereta Industrial | 5,4 (55) | 3,5 (36) | 0,4 (4,1) |
| | King Kong Industrial | 14,2 (145) | 6,4 (65) | 0,8 (8,1) |
| | Rejilla Industrial | 21,2 (215) | 8,3 (85) | 0,9 (9,2) |
| Sílice - cal | King Kong Natural | 15,7 (160) | 1,08 (110) | 1,0 (9,7) |
| | Dédalo | 14,2 (160) | 9,3 (95) | 1,0 (9,7) |
| | Estándar y mecano | 14,2 (160) | 10,8 (110) | 0,9 (9,2) |
| Concreto | Bloque Tipo P | 4,9 (50) | 7,3 (74) | 0,8 (8,6) |
| | | 6,4 (65) | 8,3 (85) | 0,9 (9,2) |
| | | 7,4 (75) | 9,3 (95) | 1,0 (9,7) |
| | | 8,3 (85) | 11,8 (120) | 1,1 (10,9) |

Nota. Tomado de “Norma E.070 Albañilería”, por SENCICO, 2020.

Se añadió la segunda fila “Pandereta Industrial”, basándonos en los datos de la ficha técnica de Ladrillos Lark.

- fb: elementos de albañilería.
- fm: Muretes o muros de albañilería.
- Vm: Cortante de ensayos de compresión de muros

Con este valor podemos calcular el módulo de Elasticidad (E_m) y módulo de corte (G_m) de albañilería.

$$E_m = 500 * f'_m$$

$$G_m = 0.4 * E_m$$

Para los muros de la vivienda típica se usarán los siguientes valores:

$$E_m = 18000 \frac{kg}{cm^2} = 180000 \frac{ton}{m^2}$$

$$G_m = 72000 \frac{kg}{cm^2} = 720000 \frac{ton}{m^2}$$

Resumen de propiedades de la albañilería:

- $Peso\ esp = 0.00180 \frac{kg}{cm^2}$
- $E_m = 18000 \frac{kg}{cm^2}$
- $G_m = 72000 \frac{kg}{cm^2}$
- $Poisson = 0.25$

En las imágenes 19, 20 y 21 se presentan las propiedades de los materiales usados para la investigación:

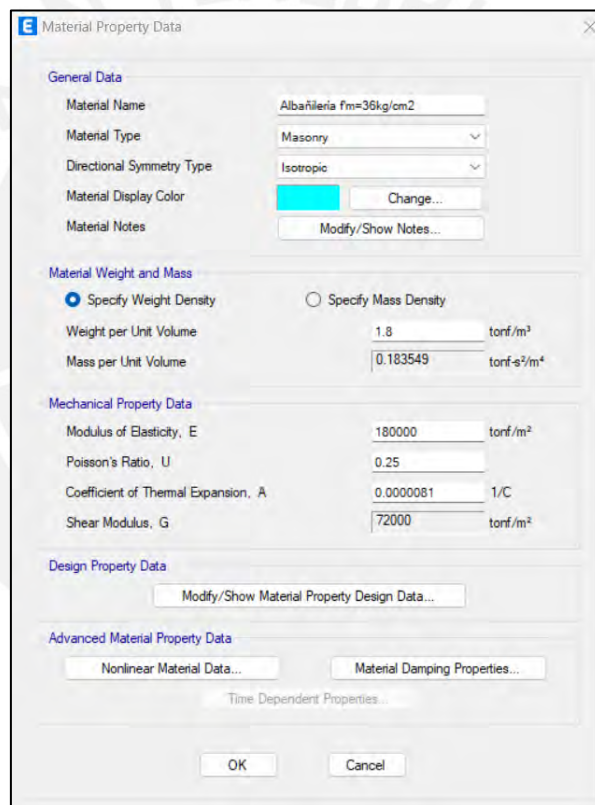


Figura 19: Propiedades de la albañilería en el modelado

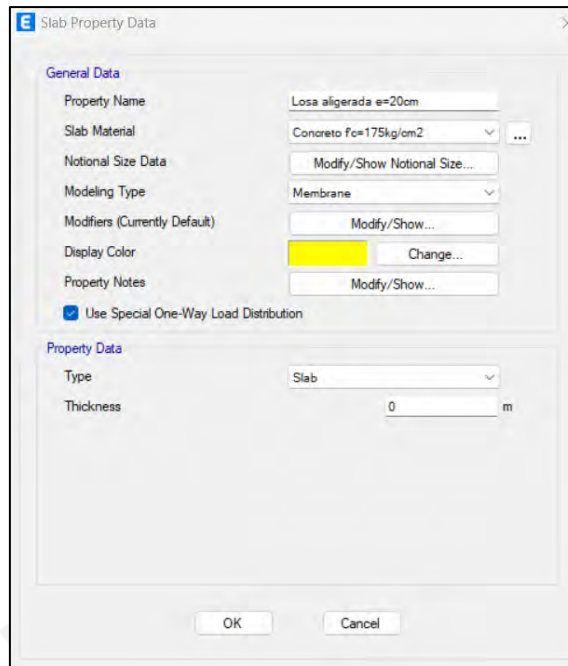


Figura 20: Propiedades de la losa aligerada en el modelado

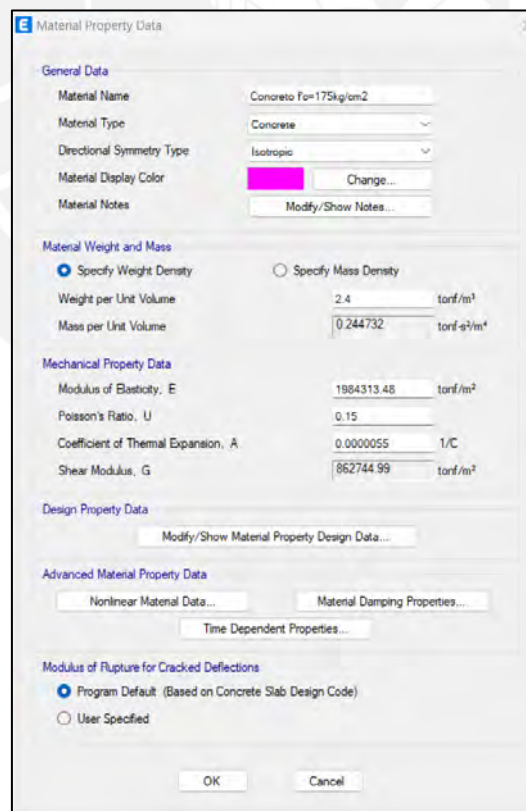


Figura 21: Propiedades del concreto en el modelado

5.4 Consideraciones según el Reglamento Nacional de Edificaciones

5.4.1 Consideraciones de carga

Se tomarán algunas consideraciones de acuerdo a las NTP E.020 DE Cargas. Para las losas aligeradas analizadas se considera el espesor de 0.2m, adquiriendo una carga muerta según la NTP de 300 kg/m².

Para estimar el peso total de la estructura según la NTP E.030 de Diseño Sismorresistente, en edificaciones de categoría C, consideraremos la totalidad de la carga muerta (CM) y se añadirá el 25% de la carga viva (CV).

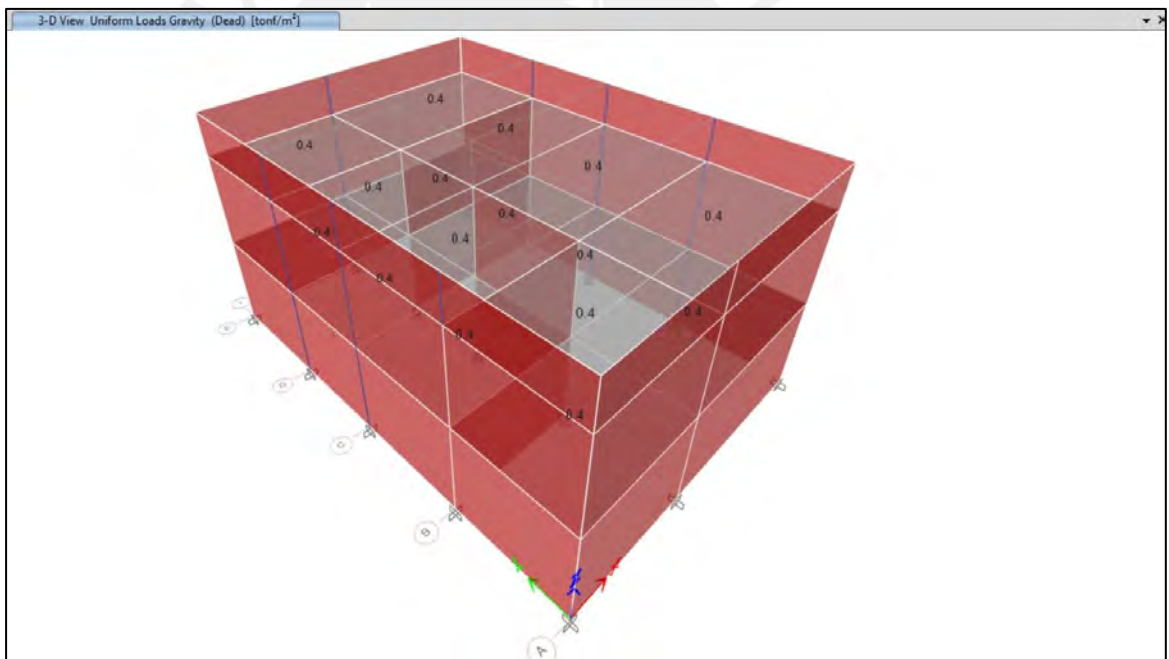


Figura 22: Asignación de carga muerta en el modelo de Etabs

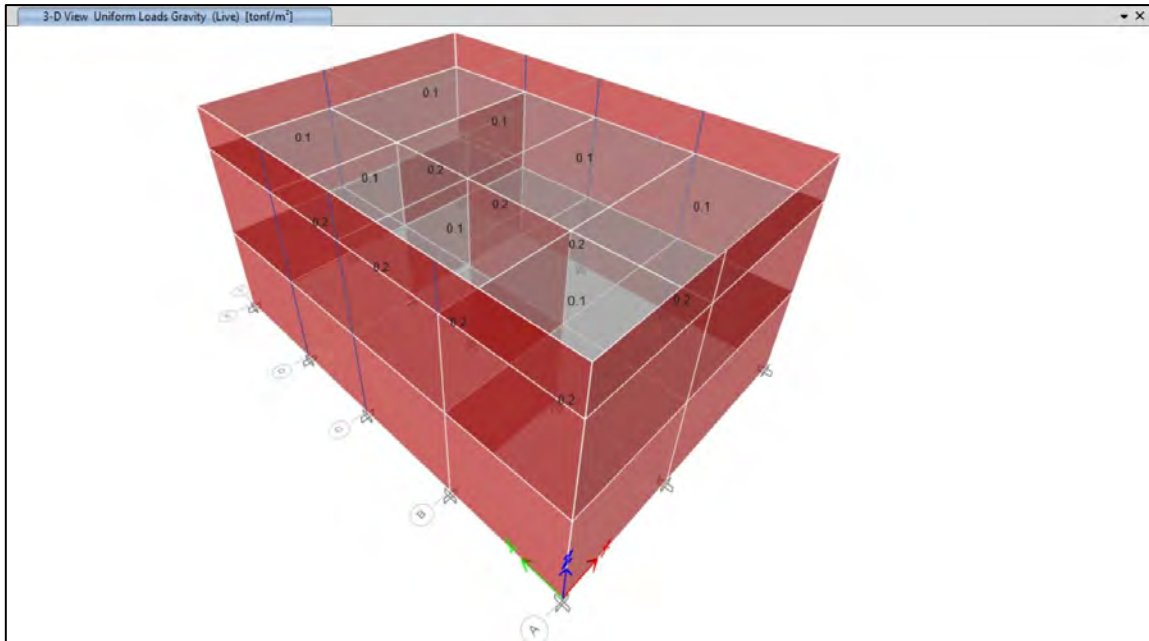


Figura 23: Asignación de carga viva en el modelo de Etabs

5.4.2 Derivas entrepiso (Límites para distorsión)

Los valores límites de derivas dependerán del material utilizado, para este caso la deriva límite será el 0.005 de albañilería. Dichos valores son obtenidos de la NTP E.030 y están detallados en la Tabla 36.

Tabla 36.

Derivas máximas permitidas

| Material predominante | Δ_i/h_{ei} |
|--|-------------------|
| Concreto Armado | 0,007 |
| Acero | 0,01 |
| Albañilería | 0,005 |
| Concreto Armado con muros de ductilidad limitada | 0,005 |

5.5 Análisis Dinámico Modal Espectral

Según la NTP E.030 Diseño Sismorresistente, el análisis espectral representa solicitaciones sísmicas mediante fuerzas que actúan en el centro de masa de cada nivel de la edificación.

El espectro sísmico tiene una relación entre el periodo de vibración y la pseudo-aceleración espectral. Dicha aceleración se calcula iterando el valor del periodo y utilizando los parámetros sísmicos definidos. Con ello, podremos generar el espectro de diseño.

5.5.1 Aceleración Espectral

Para cada dirección analizada se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleración:

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

5.5.1 Parámetros y Espectro Inelástico

Los parámetros para calcular la aceleración espectral (S_a) son los mismos considerados para el cálculo del parámetro #3 del método de Benedetti.

En la Tabla 37 se presenta un resumen de los parámetros sísmicos utilizados.

Tabla 37.

Parámetros sísmicos utilizados para calculo en ETABS

| Parámetros utilizados | |
|-----------------------|---------|
| Zonificación | Z4 |
| Z | 0,45 |
| Uso/Categoría | C Común |
| Perfil de suelo | S2 |
| Factor de suelo "S" | 1,05 |
| Factor de Uso "U" | 1 |
| Factor Reducción "Ro" | 3 |
| T_p (s) | 0,6 |
| T_L (s) | 2 |

Estos valores serán colocados en el programa ETABS.

Con el uso del factor de amplificación sísmica (C) y los periodos (T) se construye el siguiente espectro el cual será introducido en el programa según indica la norma E.030. Se tomo en cuenta las siguientes características:

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

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

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

En la Tabla 38 podemos observar los valores usados y obtenidos del periodo (T) y la pseudo-aceleración (Sa) que servirán para poder construir el espectro de diseño.

Tabla 38.
Valores de T y C usados para la elaboración de espectro de diseño

| T(s) | C | Sa (g) |
|------|-------|--------|
| 0,2 | 2,500 | 0,394 |
| 0,4 | 2,500 | 0,394 |
| 0,6 | 2,500 | 0,394 |
| 0,8 | 1,875 | 0,295 |
| 1 | 1,500 | 0,236 |
| 1,2 | 1,250 | 0,197 |
| 1,4 | 1,071 | 0,169 |
| 1,6 | 0,938 | 0,148 |
| 1,8 | 0,833 | 0,131 |
| 2 | 0,750 | 0,118 |
| 2,2 | 0,620 | 0,098 |
| 2,4 | 0,521 | 0,082 |
| 2,6 | 0,444 | 0,070 |
| 2,8 | 0,383 | 0,060 |
| 3 | 0,333 | 0,053 |

En la figura 24, se muestra el espectro de diseño utilizado para la investigación, con este espectro podremos observar la respuesta elástica de la estructura.

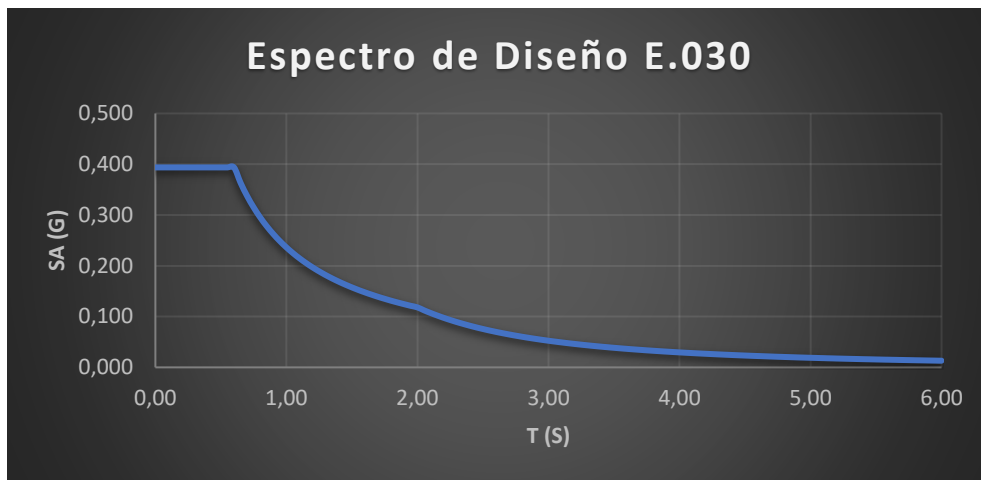


Figura 24: Espectro de Diseño

5.6 Resultados de análisis con ETABS

En la figura 25, se muestra la vista en planta, elevación y de perfil de la vivienda modelada para la verificación.

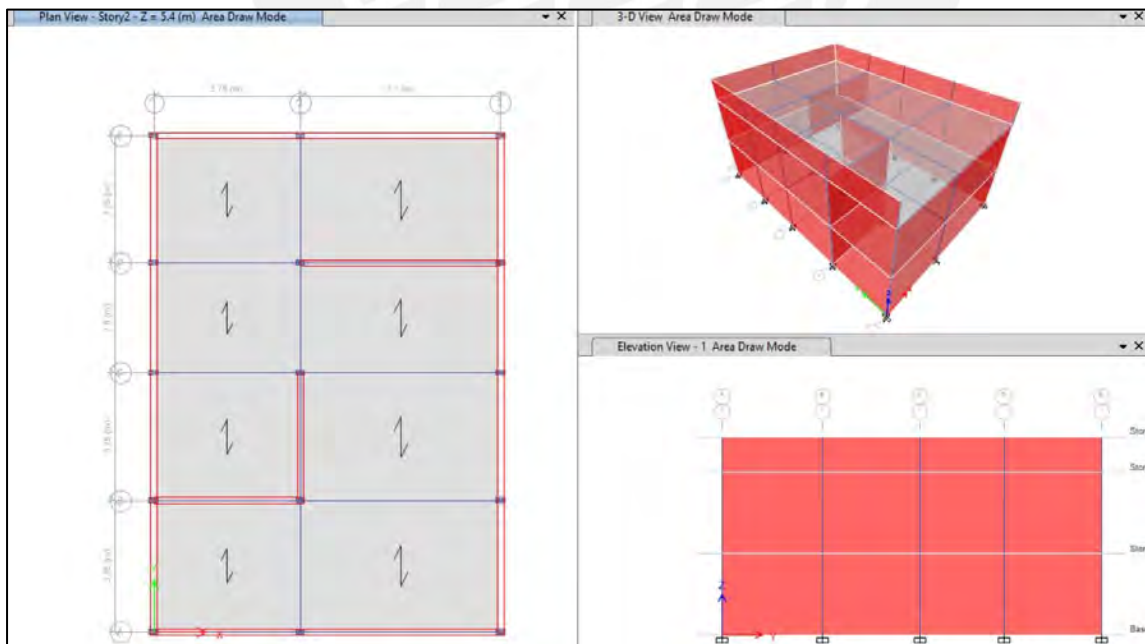


Figura 25: Vivienda Modelada

La norma peruana de diseño sismorresistente controla la rigidez lateral de la edificación limitando la deriva inelástica máxima permitida a 0.005 para edificios de albañilería confinada. El análisis que se realizó en el ETABS es un análisis elástico, para poder hallar las derivas inelásticas usaremos la simplificación aprobada por la norma para estructuras regulares. Las derivas inelásticas se calcularán multiplicando las derivas elásticas por 0.75R, mientras que, para estructuras irregulares, se deberá de multiplicar por 0.85R.

Se procede a verificar las derivas entrepiso. Notando que en el eje X no se cumple con el límite permisible para el nivel 3, haciéndola vulnerables frente a sismos. Este resultado valida nuestros resultados obtenidos para las viviendas de más de 2 pisos que son las más numerosas dentro de nuestra evaluación de vulnerabilidad. En el eje Y si se cumple con el límite para todos los niveles. En las Tablas 39 y 40, se muestra los desplazamientos de cada nivel y las verificaciones de las derivas del eje X y Y de la vivienda.

Tabla 39.
Verificación de derivas en la dirección X

| Story | Carga | Desplazamiento mm | Deriva Elástica | 0,75R | Deriva Inelástica | ¿Cumple con el límite? |
|---------|----------|----------------------|--------------------|-------|----------------------|---------------------------|
| Nivel 3 | Sismo XX | 8,702 | 0,0026 | 2,25 | 0,00587 | NO CUMPLE |
| Nivel 2 | Sismo XX | 5,833 | 0,0017 | 2,25 | 0,00373 | CUMPLE |
| Nivel 1 | Sismo XX | 1,685 | 0,0007 | 2,25 | 0,00152 | CUMPLE |

Tabla 40.
Verificación de derivas en la dirección Y

| Story | Carga | Desplazamiento mm | Deriva Elástica | 0,75R | Deriva Inelástica | ¿Cumple con el límite? |
|---------|----------|----------------------|--------------------|-------|----------------------|---------------------------|
| Nivel 3 | Sismo YY | 5,863 | 0,0019 | 2,25 | 0,0043 | CUMPLE |
| Nivel 2 | Sismo YY | 3,781 | 0,0012 | 2,25 | 0,0026 | CUMPLE |
| Nivel 1 | Sismo YY | 0,895 | 0,0004 | 2,25 | 0,0008 | CUMPLE |

Capítulo VI Resultados

6.1 Resultados de las edificaciones

6.1.1 Edificaciones de Albañilería

Dentro del balneario de Punta Negra el gran porcentaje de viviendas existentes son de albañilería, por lo tanto, se procedió a revisar solo viviendas construidas con mampostería industrial o artesanal. Se pudieron evaluar 133 viviendas distribuidas en los distintos sectores asignados estratégicamente. De estas 133 viviendas, 23 viviendas (17%) son de un piso, 53 viviendas (40%) de dos pisos y 57 viviendas (43%) de más de dos pisos.

En la figura 26, se presenta un gráfico circular con la cantidad de viviendas analizadas según la cantidad de pisos que tenían, podemos notar que la mayoría de hogares estudiados tiene más de 2 pisos.

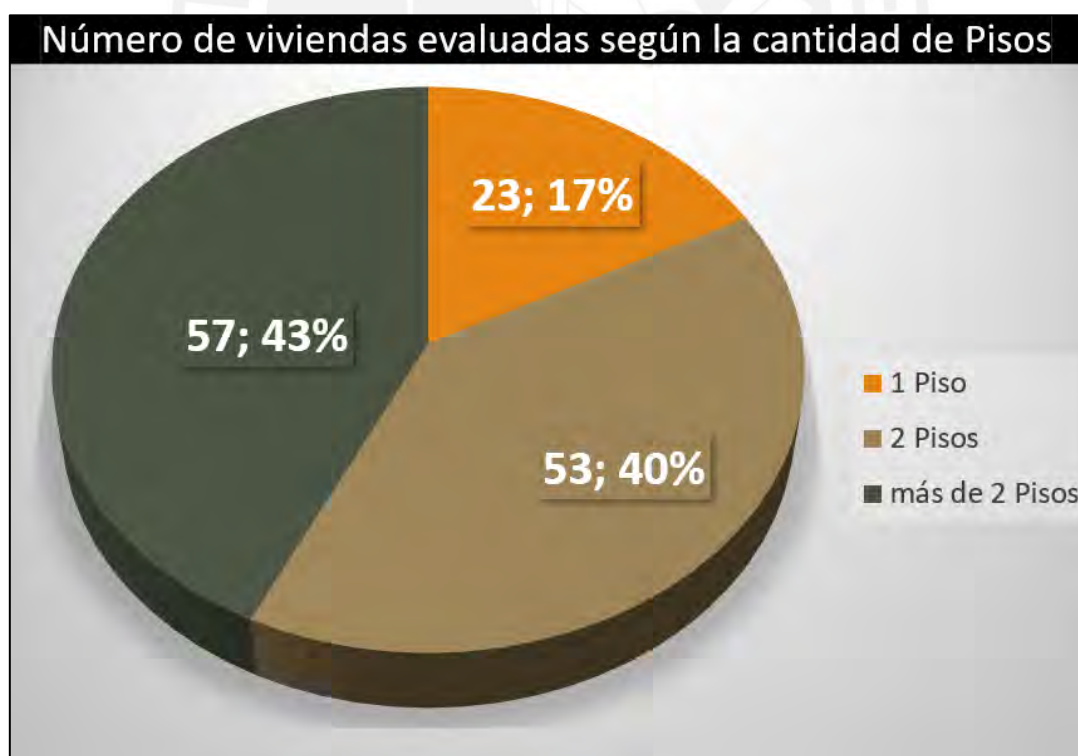


Figura 26. Número de viviendas analizadas en Punta Negra

6.1.2 Resultados de los Parámetros del Método Benedetti

6.1.2.1 Parámetro 1: Organización del sistema resistente

Para las viviendas evaluadas, se obtuvo 56 viviendas (41%) de clase B, hallando dentro de estas viviendas que la gran mayoría no tuvo asesoría de un profesional a la hora de su construcción o tienen columnas y vigas que solo confinan parcialmente los muros; 47 viviendas (35%) son de clase C presentando varias deficiencias en su construcción; 21 viviendas (16%) son de clase A cumpliendo la mayoría de recomendaciones del RNE y la NTE. E030; el resto de viviendas (8%) son de clase D siendo viviendas muy precarias no contando con vigas ni columnas bien definidas.

En la Tabla 41 se presenta el resumen de la clasificación del parámetro 1 para las construcciones analizadas.

Tabla 41.

Resumen de clasificación de parámetro 1 de viviendas analizadas

| Parámetro 1 | | A | B | C | D |
|--------------------|------|----------|------------|----------|----------|
| # Total viviendas | 133 | 21 | 55 | 47 | 10 |
| Porcentaje | 100% | 16% | 41% | 35% | 8% |

Se pudo también obtener los resultados de cada tipo de clasificación de acuerdo al número de pisos de cada vivienda analizada. Según los resultados de la Figura 27, el 77% de viviendas obtiene una clasificación entre B y C lo cual indica que son medianamente vulnerables evaluando el parámetro 1. De igual forma podemos ver que 32 viviendas (24%) de 2 o más pisos tienen tendencia a tener clasificación Tipo B, siendo este número el más representativo dentro de las viviendas analizadas para este parámetro.

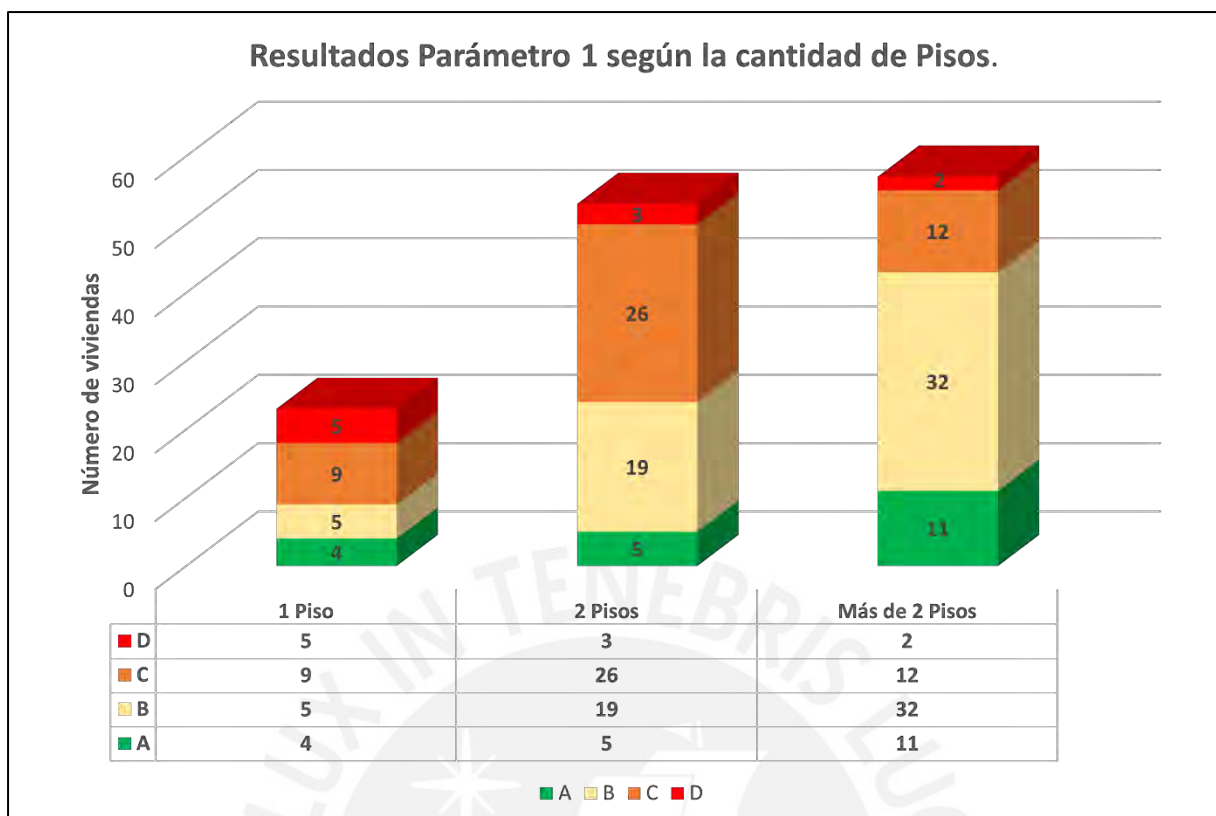


Figura 27. Resultados Parámetro 1 de acuerdo al número de pisos.

6.1.2.2 Parámetro 2: Calidad del sistema resistente

Dentro de las viviendas evaluadas, se obtuvo 42 viviendas (32%) de clase C, hallando dentro de estas viviendas que no cuentan con mampostería de buena calidad y tampoco un correcto amarre entre los ladrillos; 41 viviendas (31%) son de clase B debido a que si tienen un buen mortero y de calidad pero no el correcto amarre; 33 viviendas (25%) son de clase A, cumplen con las diversas características que especifica el parámetro de calidad del sistema resistente; el resto de viviendas (12%) son de clase D siendo viviendas mal construidas utilizando mampostería y mortero de baja calidad.

En la Tabla 42 se presenta el resumen de la clasificación del parámetro 2 para las construcciones analizadas.

Tabla 42.

Resumen de clasificación de parámetro 2 de viviendas analizadas

| Parámetro 2 | A | B | C | D | |
|-------------------|------|-----|-----|------------|-----|
| # Total viviendas | 133 | 33 | 41 | 42 | 17 |
| Porcentaje | 100% | 25% | 31% | 32% | 12% |

De igual forma para cada parámetro se pudo obtener los resultados de cada tipo de clasificación de acuerdo al número de pisos de cada vivienda analizada. Según los resultados de la Figura 28, 53 (40%) viviendas de 1 y de 2 pisos obtienen una clasificación entre B y C, o lo cual indica que son medianamente vulnerables evaluando el parámetro 2. De igual forma podemos ver que 21 viviendas (16%) de 2 o más pisos tienen tendencia a tener clasificación Tipo A, lo cual representa un buen uso de mampostería en estas construcciones, buen amarre de muros y ladrillos.

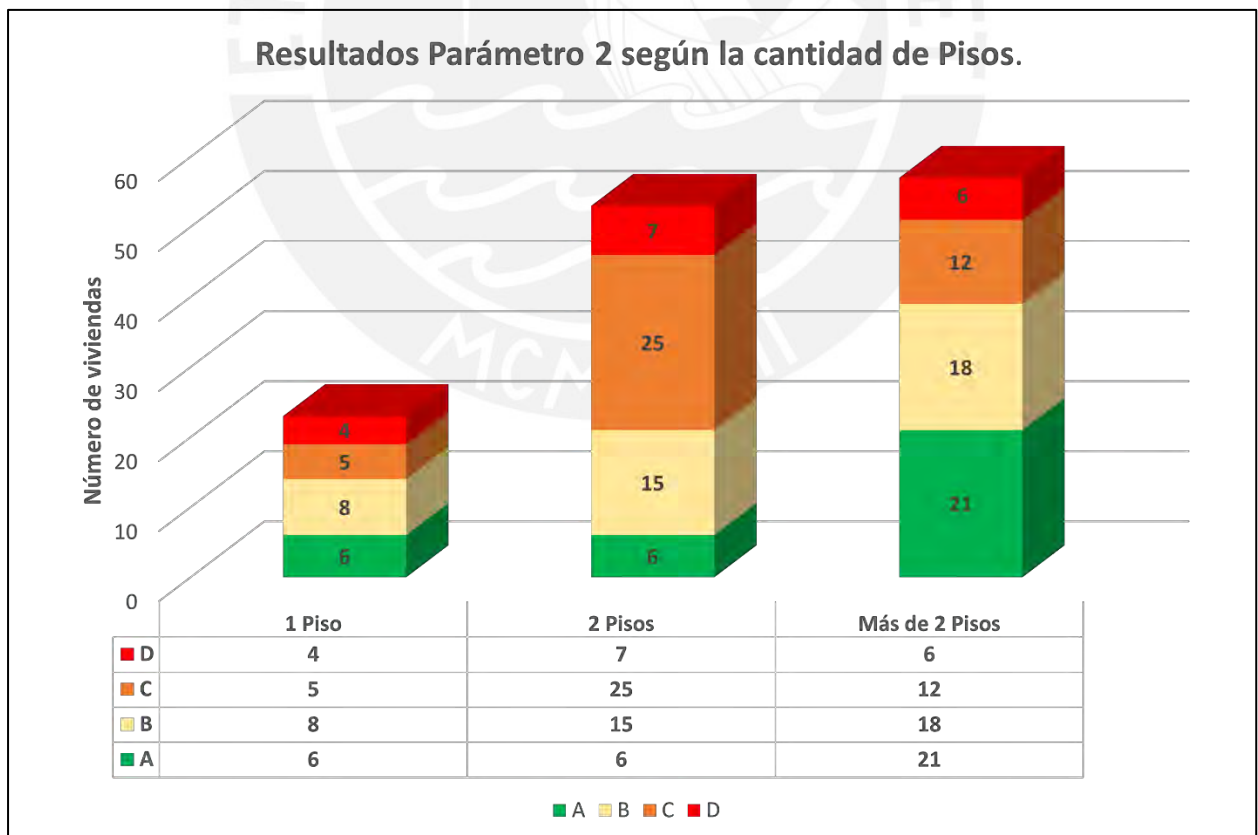


Figura 28. Resultados Parámetro 2 de acuerdo al número de pisos.

6.1.2.3 Parámetro 3: Resistencia Convencional

Para las viviendas evaluadas, se obtuvo 50 viviendas (34%) de clase B, hallando dentro de estas viviendas que cumplen de manera media con las características exigidas por el parámetro de resistencia convencional y la demanda de ductilidad; 40 viviendas (30%) obtuvieron la clase C teniendo una resistencia un poco menor a la medianamente aceptable según los parámetros analizados; 26 viviendas (20%) son de clase A debido a que los resultados demostraron buena resistencia en su estructura; el resto de viviendas (12%) son de clase D siendo construcciones que no lograron obtener un valor para obtener una buena resistencia.

En la Tabla 43 se presenta el resumen de la clasificación del parámetro 3 para las para las construcciones analizadas.

Tabla 43.

Resumen de clasificación de parámetro 3 de viviendas analizadas

| Parámetro 3 | | A | B | C | D |
|-------------------|------|-----|-----|-----|-----|
| # Total viviendas | 133 | 26 | 50 | 40 | 17 |
| Porcentaje | 100% | 20% | 38% | 30% | 12% |

Se pudo obtener los resultados de cada tipo de clasificación de acuerdo al número de pisos de cada vivienda analizada, 60% viviendas de 2 o más de 2 pisos obtiene las clases B y C, que son las más predominantes para la clasificación de este parámetro. Lo cual indica que dichas viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad media de acuerdo al análisis del parámetro de resistencia convencional.

Es para recalcar, que se encontraron 26 viviendas que alcanzan una clasificación de tipo A, obteniendo un grado de vulnerabilidad bajo. De las 26 viviendas 10 son de 1 piso, lo cual va de la mano con la cantidad de Pisos para el cálculo de la demanda de ductilidad que se usa para poder clasificar este parámetro.

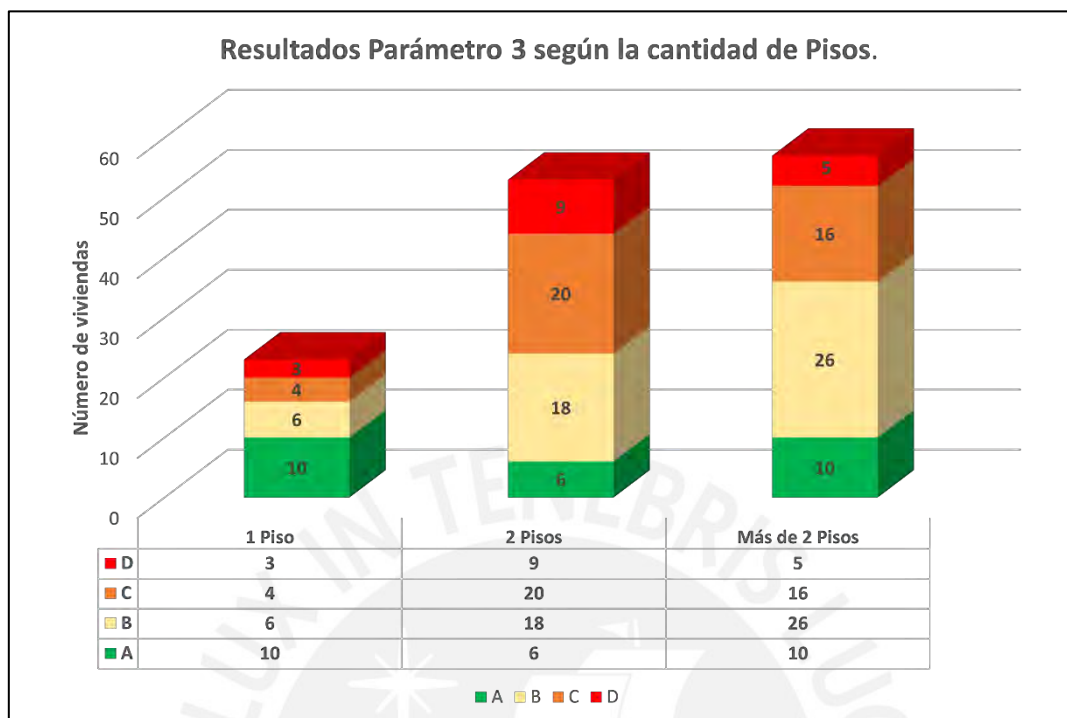


Figura 29. Resultados Parámetro 3 de acuerdo al número de pisos.

6.1.2.4 Parámetro 4: Posición del edificio y de la cimentación.

Para las viviendas evaluadas, se obtuvo 50 viviendas (38%) de clase C, hallando que estas viviendas se encuentran edificadas sobre terreno suelto o pendiente muy pronunciada mayor a 30%; 34 viviendas (26%) son de clase D debido a que están edificadas presentan humedad y sales en los muros además de las pendientes pronunciadas; 30 viviendas (23%) son de clase A, son edificaciones construidas en un terreno estable; el resto de viviendas (13%) son de clase B.

Tabla 44.

Resumen de clasificación de parámetro 4 de viviendas analizadas

| Parámetro 4 | A | B | C | D | |
|-------------------|------|-----|-----|------------|-----|
| # Total viviendas | 133 | 30 | 19 | 50 | 34 |
| Porcentaje | 100% | 23% | 13% | 38% | 26% |

De igual forma para cada parámetro se pudo obtener los resultados de cada tipo de clasificación de acuerdo al número de pisos de cada vivienda analizada, 25 y 21 viviendas de 2 y más de 2 pisos respectivamente llegan a obtener la clase C lo cual indicaría que son mediana a altamente vulnerables evaluando el parámetro 4. De igual forma podemos ver que 34 viviendas (26%) obtienen la clase D, lo que indica que son altamente vulnerables frente a sismos evaluando el parámetro 4. La mayoría de viviendas 13 de 23 viviendas estudiadas de 1 piso son poco vulnerables analizando el parámetro de posición del edificio y cimentación.

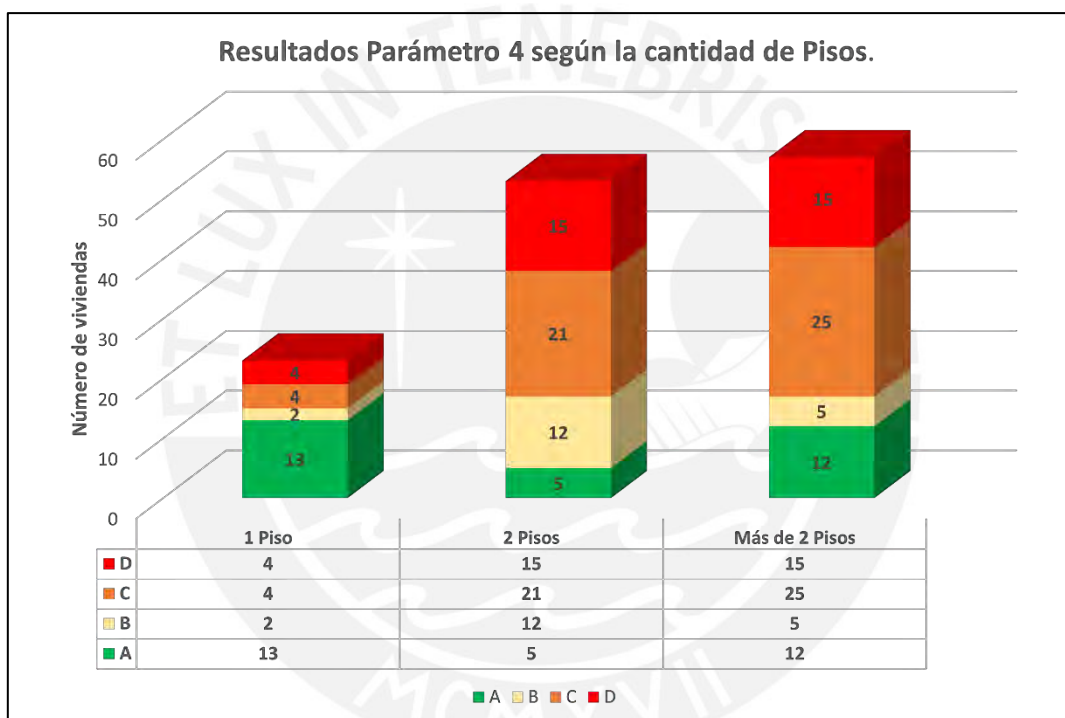


Figura 30. Resultados Parámetro 4 de acuerdo al número de pisos.

6.1.2.5 Parámetro 5: Diafragma Horizontal

Para las viviendas evaluadas, se obtuvo 48 viviendas (36%) de clase C, hallando que estas viviendas la deformidad del diafragma es notable; 36 viviendas (27%) son de clase D debido a las conexiones entre el diafragma y los muros no son eficaces; 31 viviendas (23%) son de clase A, son edificaciones construidas con diafragmas que satisfacen las condiciones del parámetro

5; el resto de viviendas (14%) son de clase B siendo viviendas donde la deformidad del diafragma es levemente despreciable.

En la Tabla 45 se presenta el resumen de la clasificación del parámetro 5 para las viviendas analizadas.

Tabla 45.

Resumen de clasificación de parámetro 5 de viviendas analizadas

| Parámetro 5 | | A | B | C | D |
|-------------------|------|-----|-----|------------|-----|
| # Total viviendas | 133 | 31 | 18 | 48 | 36 |
| Porcentaje | 100% | 23% | 14% | 36% | 27% |

De igual forma para cada parámetro se pudo obtener los resultados de cada tipo de clasificación de acuerdo al número de pisos de cada vivienda analizada, 84 (63%) viviendas obtienen la clasificación C y D lo cual indicaría que son mediana a altamente vulnerables evaluando el parámetro 5.

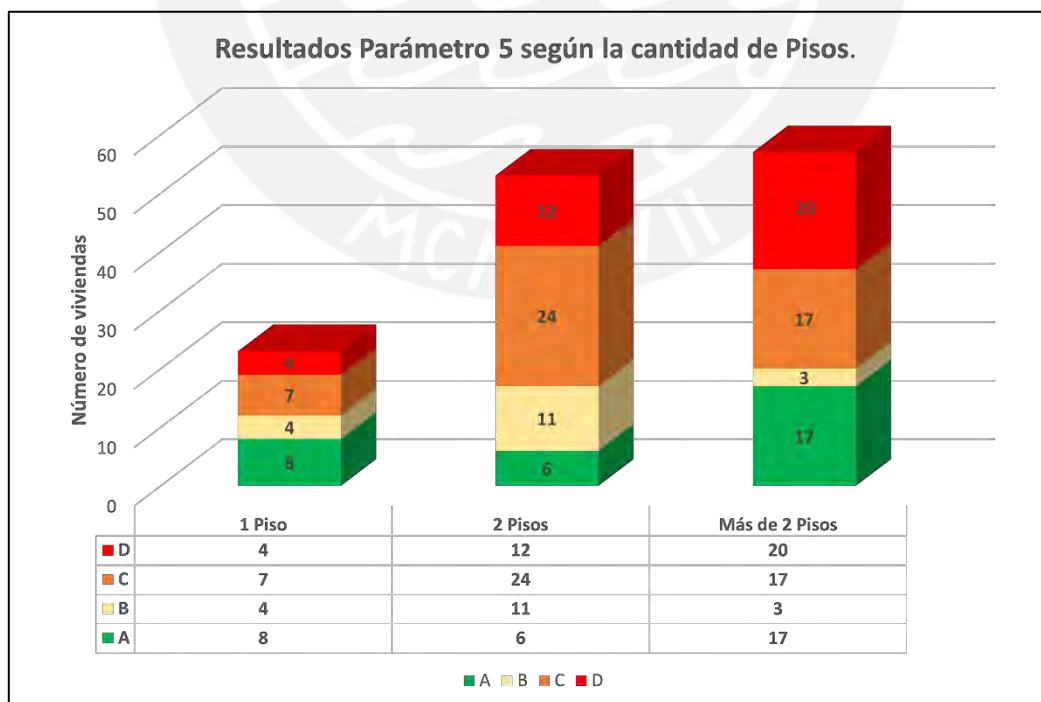


Figura 31. Resultados Parámetro 5 de acuerdo al número de pisos

6.1.2.6 Parámetro 6: Configuración en planta

Para las viviendas evaluadas, se obtuvo 87 viviendas (65%) de clase A, hallando que estas viviendas son de forma rectangular; 32 viviendas (31%) son de clase B debido a la presencia de ductos o irregularidades mínimas entre plantas típicas.

Tabla 46.

Resumen de clasificación de parámetro 6 de viviendas analizadas

| Parámetro 6 | A | B | C | D | |
|-------------------|------|------------|-----|----|----|
| # Total viviendas | 133 | 87 | 32 | 10 | 4 |
| Porcentaje | 100% | 65% | 24% | 8% | 3% |

Se obtuvo los resultados de cada tipo de clasificación de acuerdo al número de pisos de cada vivienda analizada, podemos notar que la mayoría de viviendas tienen tendencia a ser de clase A, generando a una baja vulnerabilidad sísmica evaluada por el parámetro de configuración en planta del distrito.

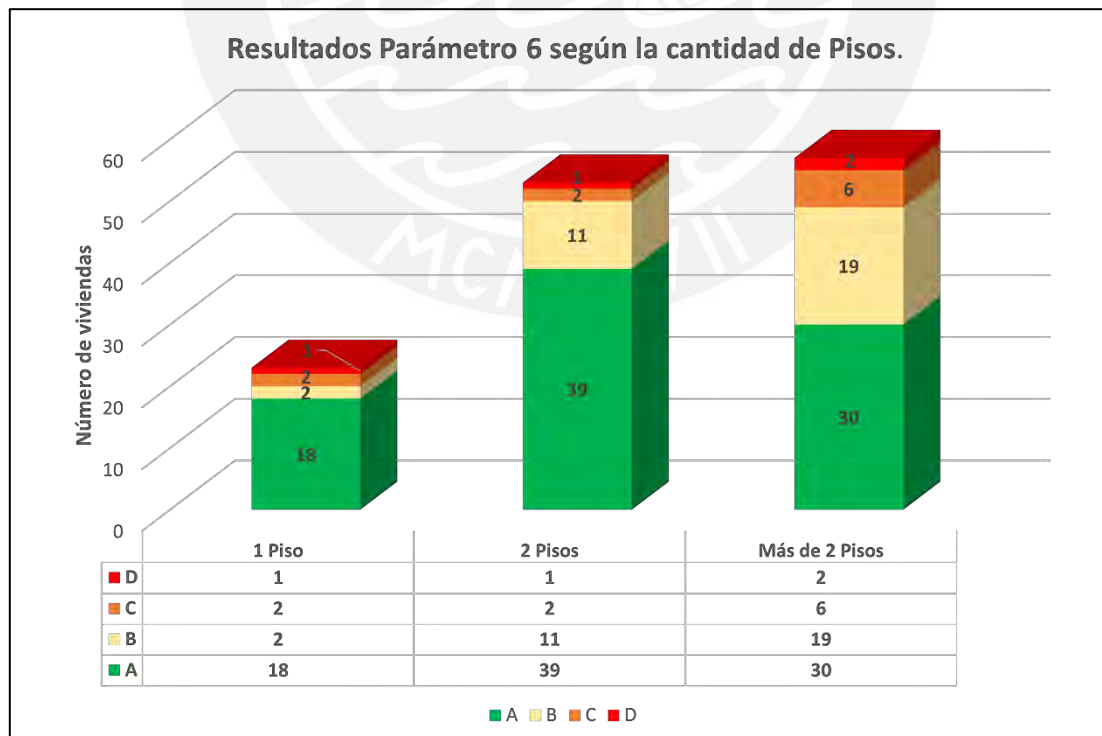


Figura 32. Resultados Parámetro 6 de acuerdo al número de pisos.

6.1.2.7 Parámetro 7: Configuración en elevación

Para las viviendas evaluadas, se obtuvo 71 viviendas (53%) de clase A, hallando que estas viviendas no tienen dimensiones distintas entre pisos o solo son de 1 piso; 33 viviendas (25%) son de clase B debido a la presencia ampliaciones mínimas entre pisos; 16 viviendas (13%) son de clase C por la diferencia de altura entre pisos distinta entre en piso 1 y pisos superiores.

Tabla 47.

Resumen de clasificación de parámetro 7 de viviendas analizadas

| Parámetro 7 | | A | B | C | D |
|-------------------|------|------------|-----|-----|-----|
| # Total viviendas | 133 | 71 | 33 | 16 | 13 |
| Porcentaje | 100% | 53% | 25% | 12% | 10% |

Se pudo obtener los resultados de cada tipo de clasificación de acuerdo al número de pisos, 44 viviendas (33%) 2 a más pisos tienen diferentes alturas entre piso. De igual forma podemos ver mayoría de viviendas tienen tendencia a ser de clase A en el rango de vulnerabilidad baja.

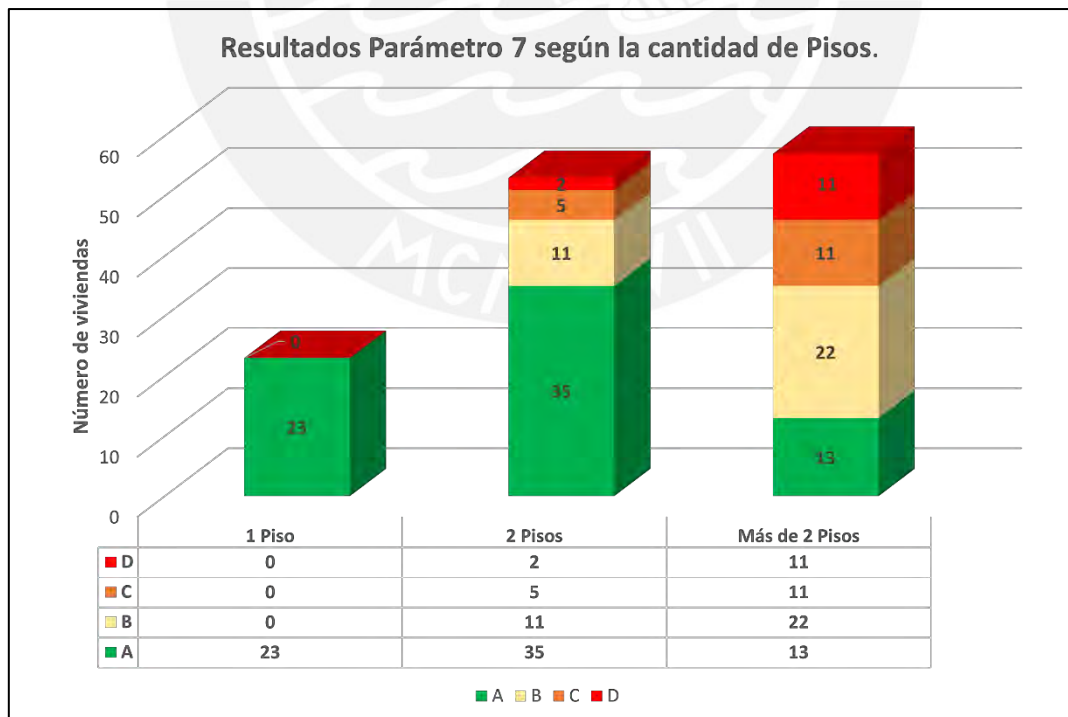


Figura 33. Resultados Parámetro 7 de acuerdo al número de pisos.

6.1.2.8 Parámetro 8: Separación máxima entre muros

Para las construcciones evaluadas, se obtuvo 54 viviendas (40%) de clase C, hallando que estas viviendas tienen el factor L/S entre 18 y 25 mm; 33 viviendas (25%) son de clase D debido que los resultados arrojan el factor L/S es mayor de 25 mm; 26 viviendas (20%) son de clase A debido a que el factor L/S es menor a 15 mm; el resto (15%) son de clase B.

Tabla 48.

Resumen de clasificación de parámetro 8 de viviendas analizadas

| Parámetro 8 | A | B | C | D |
|-------------------|------|-----|-----|-----|
| # Total viviendas | 133 | 26 | 20 | 54 |
| Porcentaje | 100% | 20% | 15% | 40% |

Se obtuvo los resultados de cada tipo de clasificación de acuerdo al número, 51 viviendas (38%) de 2 y más de 2 pisos fueron asignadas con clase C, lo cual indicaría que son mediana y altamente vulnerables evaluando el parámetro de distancia máxima entre muros.

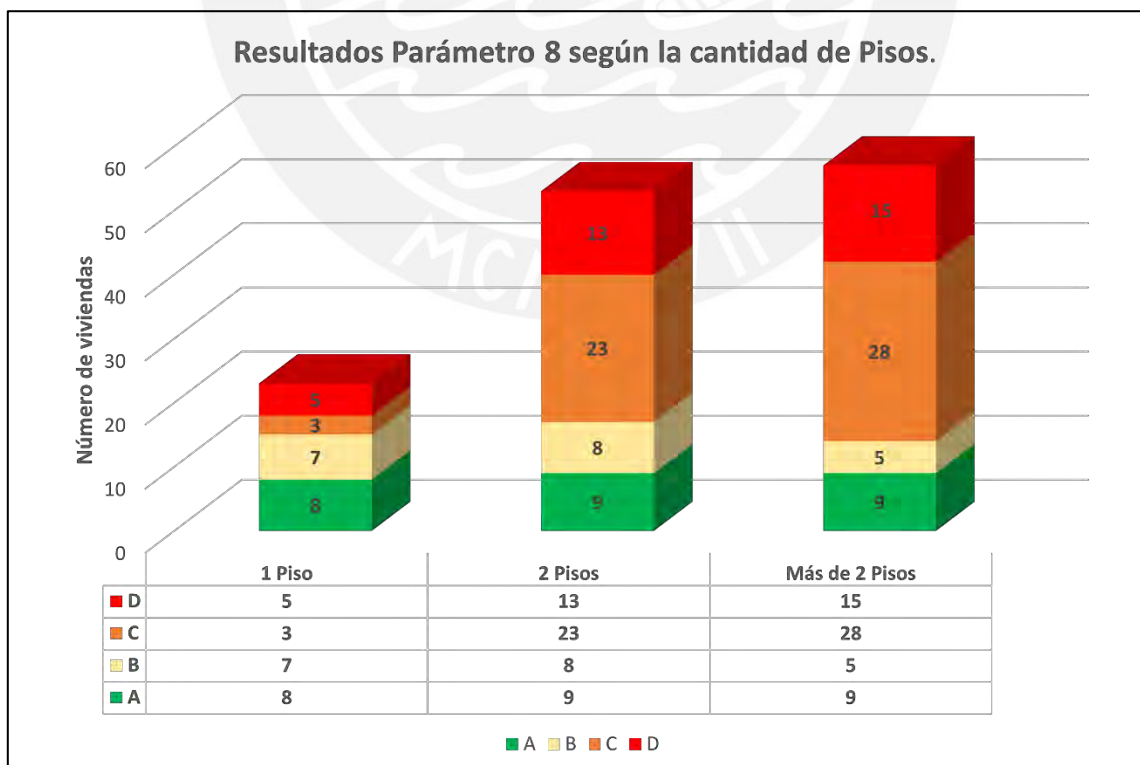


Figura 34. Resultados Parámetro 8 de acuerdo al número de pisos.

6.1.2.9 Parámetro 9: Tipo de cubierta

Para las viviendas evaluadas, se obtuvo 55 viviendas (41%) de clase A, hallando que estas viviendas tienen conexiones adecuadas que garantizan un buen comportamiento de diafragma rígido; 49 viviendas (37%) son de clase B porque cada cubierta está amarrada y apoyada a la losa, pero la distancia entre vigas es muy grande; 21 viviendas (16%) son de clase C y el resto (8%) son de clase D. En la Tabla 49 se presenta el resumen de la clasificación del parámetro 9 para las casas analizadas.

Tabla 49.

Resumen de clasificación de parámetro 9 de viviendas analizadas

| Parámetro 9 | | A | B | C | D |
|-------------------|------|-----|-----|-----|----|
| # Total viviendas | 133 | 55 | 49 | 21 | 8 |
| Porcentaje | 100% | 41% | 37% | 16% | 6% |

Según la cantidad de pisos, 104 viviendas (78%) obtienen la clase A y B lo cual indica que son de baja vulnerabilidad evaluando el parámetro 9.

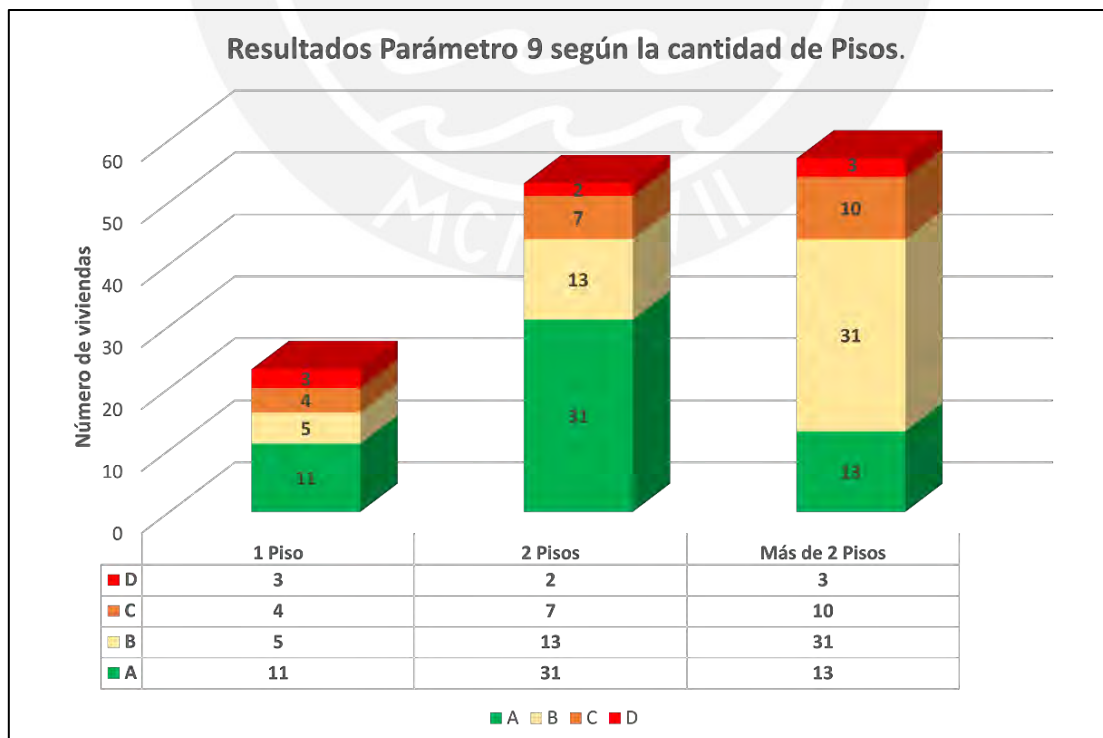


Figura 35. Resultados Parámetro 9 de acuerdo al número de pisos.

6.1.2.10 Parámetro 10: Elementos no estructurales

Para las viviendas evaluadas, se obtuvo 46 viviendas (35%) de clase B, hallando que estas viviendas no contaban con muchos elementos no estructurales, pero si ciertos parapetos; 38 viviendas (29%) son de clase C porque se encontró elementos de pequeñas dimensiones, que estaban mal vinculados a las paredes, 35 viviendas (26%) son de clase A debido a que no se encontraron parapetos ni cornisas; el resto (10%) son de clase D. En la Tabla 50 se presenta el resumen de la clasificación del parámetro 10 para las casas analizadas.

Tabla 50.

Resumen de clasificación de parámetro 10 de viviendas analizadas

| Parámetro 10 | A | B | C | D |
|-------------------|------|-----|-----|-----|
| # Total viviendas | 133 | 35 | 46 | 14 |
| Porcentaje | 100% | 26% | 35% | 10% |

Según la cantidad de pisos, 84 viviendas (64%) obtienen la clase B y C lo cual indica que son de medianamente vulnerables evaluando el parámetro 10.

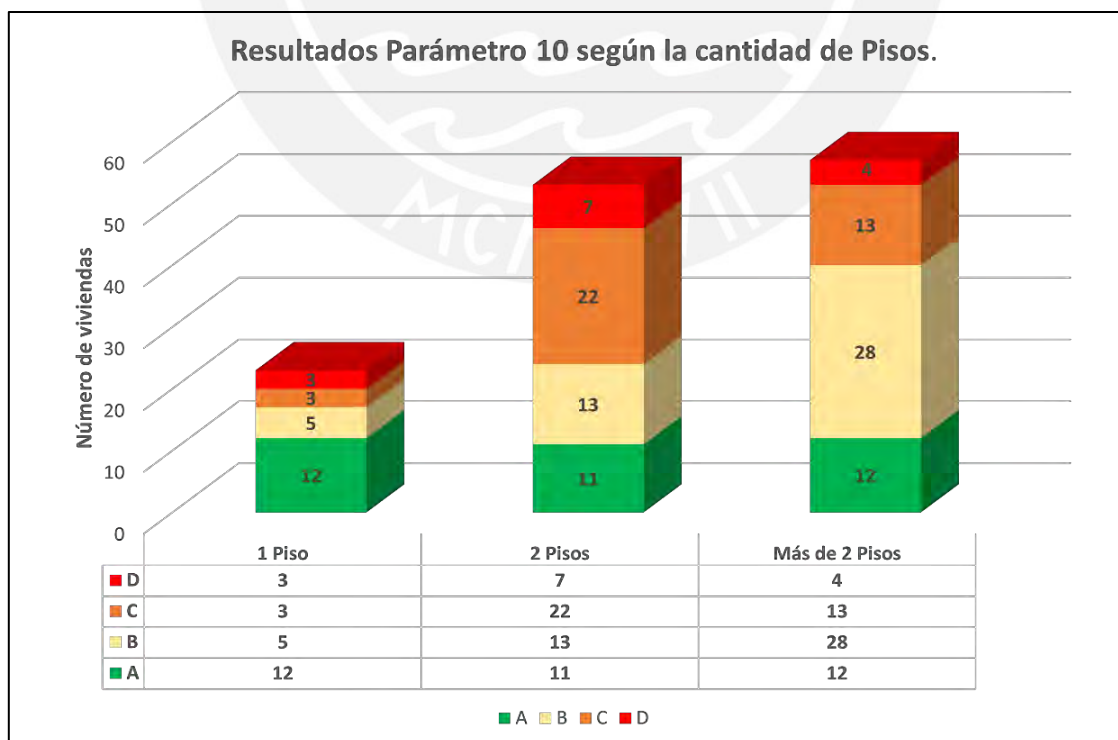


Figura 36. Resultados Parámetro 10 de acuerdo al número de pisos.

6.1.2.11 Parámetro 11: Estado de conservación

Para las viviendas evaluadas, se obtuvo 53 viviendas (40%) de clase B, hallando que estas viviendas los muros presentan grietas no extendidas; 44 viviendas (33%) son de clase C debido que la mampostería observada está muy dañada; 28 viviendas (18%) son de clase A debido a que tiene sus muros en buenas condiciones; el resto (6%) son de clase D y sus muros presentan deterioro muy visible. En la Tabla 51 se presenta el resumen de la clasificación del parámetro 11 para las construcciones analizadas.

Tabla 51.

Resumen de clasificación de parámetro 11 de viviendas analizadas

| Parámetro 11 | A | B | C | D | |
|-------------------|------|-----|------------|-----|----|
| # Total viviendas | 133 | 28 | 53 | 44 | 8 |
| Porcentaje | 100% | 21% | 40% | 33% | 6% |

Según la cantidad de pisos, 97 viviendas (73%) obtienen la clase B y C lo cual indica que son de medianamente vulnerables evaluando el parámetro 11.

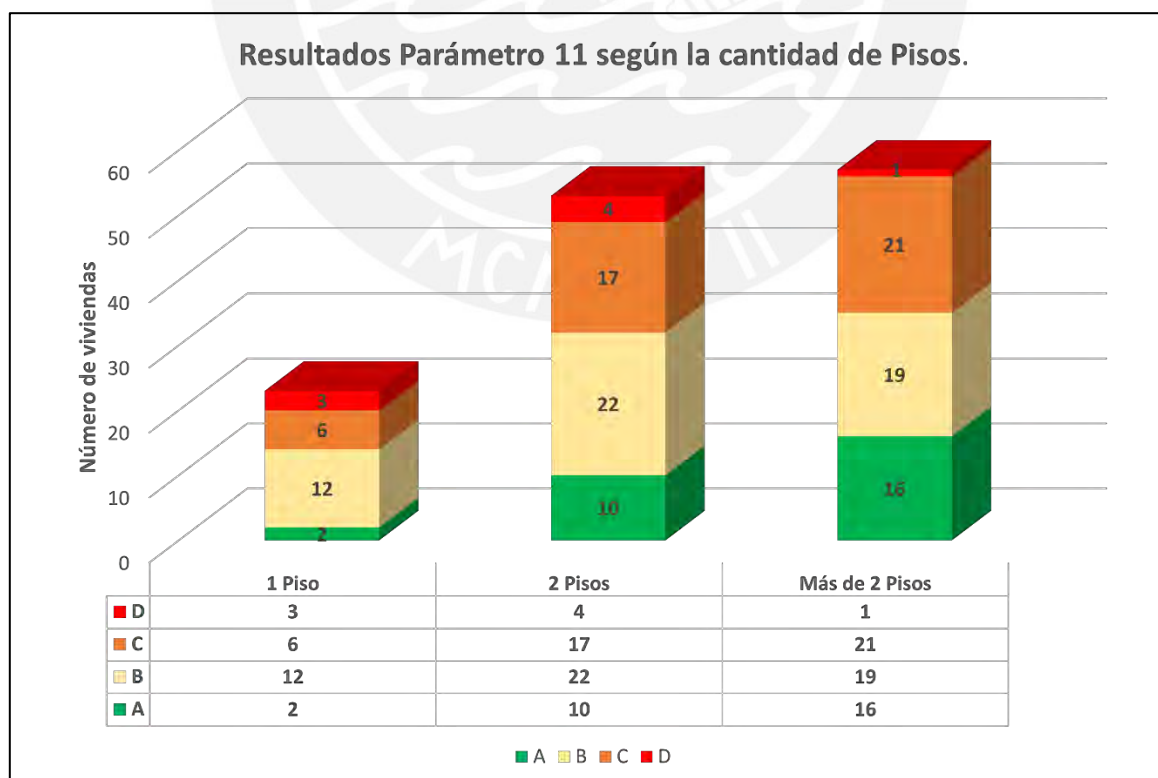


Figura 37. Resultados Parámetro 11 de acuerdo al número de pisos.

6.1.3 Resultados de evaluación de daños/problemas en elementos estructurales

Con los datos obtenidos de las encuestas e inspecciones realizadas a 133 viviendas del distrito de Punta Negra. Donde se visualizará los problemas más comunes que sufren los elementos estructurales de viviendas autoconstruidas: vigas, columnas, losas y muros. De las viviendas encuestadas el 98% han sido construidas sin apoyo de un especialista.

6.1.3.1 Problemas presentes en vigas.

Tabla 52.

Problemas más comunes presentes en vigas de viviendas estudiadas

| Vigas | Cantidad de viviendas | | |
|---------------------|-----------------------|-----|-----|
| | SI | NO | |
| Pandeo | 21 | 112 | 16% |
| Fisuras | 129 | 4 | 97% |
| Refuerzos expuestos | 93 | 40 | 70% |

Se observa en la Tabla 52 que las vigas presentan problemas de fisuras en un 97% de casas y tienen los refuerzos expuestos en un 70% de viviendas. Por otro lado, el 16% tienen un ligero pandeo de vigas.

6.1.3.2 Problemas presentes en columnas

Tabla 53.

Problemas más comunes presentes en columnas de viviendas estudiadas

| Columnas | Cantidad de viviendas | | |
|---------------------|-----------------------|----|-----|
| | SI | NO | |
| Problema de amarres | 58 | 75 | 44% |
| Cangrejeras | 94 | 39 | 71% |
| Fisuras | 112 | 21 | 84% |

Se observa en la Tabla 53 que las columnas presentan problemas de fisuras en un 84% de viviendas y se visualiza la presencia de cangrejeras en un 71% de hogares. Por otro lado, un 44% de casas presentan problemas o inexistencia de amarres entre muros y columnas.

6.1.3.3 Problemas presentes en losas.

Tabla 54.

Problemas más comunes presentes en losas de viviendas estudiadas

| Losas | Cantidad de viviendas | | |
|---------------|-----------------------|-----|------------|
| | SI | NO | |
| Fisuras | 86 | 47 | 65% |
| Punzonamiento | 14 | 119 | 11% |
| Sales | 77 | 56 | 58% |

Se observa en la Tabla 54 que las losas presentan problemas de fisuras en un 65% de viviendas y se visualiza la presencia de problemas de sales en un 58% de hogares. Por otro lado, un 11% de casas presentan el problema de punzonamiento entre columnas y losas.

6.1.3.4 Problemas presentes en muros.

Tabla 55.

Problemas más comunes presentes en la construcción de muros de viviendas estudiadas

| Muros | Cantidad de viviendas | | |
|---------------------------|-----------------------|----|------------|
| | SI | NO | |
| Uso de ladrillo artesanal | 89 | 44 | 67% |

Se observa en la Tabla 55 que la mayoría de viviendas han sido construidas con ladrillos artesanales, lo cual reducirá la resistencia y durabilidad de los muros.

6.2 Índice de vulnerabilidad sísmica

6.2.1 Índice de vulnerabilidad sísmica por sectores

6.2.1.1 Índice de vulnerabilidad del sector 1

Según los resultados obtenidos por los 11 parámetros se puede obtener el índice de vulnerabilidad de cada vivienda analizada en el sector 1. Se muestra la Tabla 56. donde se sintetiza todos los resultados encontrados para dicho sector y vivienda correspondiente.

Tabla 56.

Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 1

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | | | | | | Iv | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|------|------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 1 | A | 3 | A | C | B | A | B | A | B | D | D | C | B | 91,3 | 25,35 | MEDIA |
| 1 | A | 4 | B | D | D | B | D | A | A | C | D | B | B | 189 | 52,43 | ALTA |
| 1 | B | 8 | A | A | B | C | A | A | A | C | A | A | A | 32,5 | 9,03 | BAJA |
| 1 | B | 2 | B | A | B | C | A | A | D | C | A | A | A | 82,5 | 22,92 | MEDIA |
| 1 | B | 3 | B | C | B | C | C | B | A | D | B | B | C | 106 | 29,51 | MEDIA |
| 1 | B | 5 | B | B | B | D | D | B | B | D | A | B | C | 136 | 37,85 | MEDIA |
| 1 | B | 6 | C | B | B | C | D | A | A | C | A | B | D | 144 | 39,93 | MEDIA |
| 1 | B | 8 | B | C | B | D | D | B | B | D | A | C | B | 128 | 35,42 | MEDIA |
| 1 | B | 15 | B | A | A | A | D | A | A | B | B | B | B | 71,3 | 19,79 | BAJA |
| 1 | B | 18 | C | C | C | D | C | A | B | D | B | B | C | 169 | 46,88 | ALTA |
| 1 | B | 22 | B | A | A | A | A | A | A | D | A | C | D | 67,5 | 18,75 | BAJA |
| 1 | B | 23 | C | B | B | D | C | A | B | D | A | C | C | 125 | 34,72 | MEDIA |
| 1 | B | 30 | C | B | C | A | C | B | A | D | B | B | B | 108 | 29,86 | MEDIA |
| 1 | B | 33 | C | C | D | D | D | A | A | C | B | B | B | 199 | 55,21 | ALTA |

6.2.1.1.1 Grado de vulnerabilidad del sector 1

Según los resultados de las encuestas podemos observar que dentro del sector 1, 3 de 14 viviendas estudiadas obtienen un grado ALTO de vulnerabilidad sísmica, 8 viviendas obtienen vulnerabilidad moderada y solo 3 viviendas tienen poca vulnerabilidad frente a sismos. De acuerdo a los resultados vamos a considerar el sector 1 como MEDIANAMENTE vulnerable. Se muestra la Tabla 57 acerca la vulnerabilidad sísmica del sector 1.

Tabla 57.*Vulnerabilidad de viviendas del sector 1*

| | | | |
|---------------|-----------------------|--------------------|----------|
| SECTOR | VULNERABILIDAD | # viviendas | |
| 1 | MEDIA | ALTA | 3 |
| | | MEDIA | 8 |
| | | BAJA | 3 |

6.2.1.1.2 Parámetros directamente proporcionales y parámetro más influyente con la vulnerabilidad del sector 1

Podemos observar que existen parámetros dentro del método que son directamente proporcionales con la vulnerabilidad, influyen en incrementar o disminuir el cálculo del Índice de vulnerabilidad (Iv), los parámetros son los siguientes: 1 “Tipo y organización resistente”, 3 “Resistencia convencional”, 5 “Diafragmas horizontales”, 7 “Configuración en elevación”, 9 “Tipo de cubierta” y 11 “Estado de conservación”, que equivalen a 6.5 de 8.5 puntos de peso total que contempla el método. Es decir, estos 5 parámetros representan el 76% del peso total del método.

Dentro de los pesos asignados por el método se conoce que el parámetro 3 “Resistencia convencional” representa 1.5 del peso total (18%), aportando en el cálculo del índice de vulnerabilidad. Podemos notar que, si el parámetro 3 resulta positivo “A” o “B”, la vivienda tiene tendencia a tener vulnerabilidad aceptable, caso contrario si obtiene “B”, “C” o “D”, obtiene desde vulnerabilidad media hasta alta.

Se muestra en la Tabla 58, los parámetros directamente proporcionales con el índice de vulnerabilidad y el parámetro más influyente con la vulnerabilidad del sector.

Tabla 58.*Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 1*

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|----|------------|----------------|
| | | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | |
| 1 | A | 3 | A | B | B | B | D | B | 25,35 | MEDIA |
| 1 | A | 4 | B | D | D | A | D | B | 52,43 | ALTA |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|----|---|---|---|---|---|---|-------|-------|
| 1 | B | 8 | A | B | A | A | A | A | 9,03 | BAJA |
| 1 | B | 2 | B | B | A | D | A | A | 22,92 | MEDIA |
| 1 | B | 3 | B | B | C | A | B | C | 29,51 | MEDIA |
| 1 | B | 5 | B | B | D | B | A | C | 37,85 | MEDIA |
| 1 | B | 6 | C | B | D | A | A | D | 39,93 | MEDIA |
| 1 | B | 8 | B | B | D | B | A | B | 35,42 | MEDIA |
| 1 | B | 15 | B | A | D | A | B | B | 19,79 | BAJA |
| 1 | B | 18 | C | C | C | B | B | C | 46,88 | ALTA |
| 1 | B | 22 | B | A | A | A | A | D | 18,75 | BAJA |
| 1 | B | 23 | C | B | C | B | A | C | 34,72 | MEDIA |
| 1 | B | 30 | C | C | C | A | B | B | 29,86 | MEDIA |
| 1 | B | 33 | C | D | D | A | B | B | 55,21 | ALTA |

6.2.1.2 Índice de vulnerabilidad del sector 2

Según los resultados obtenidos por los once parámetros se puede obtener el índice de vulnerabilidad de cada vivienda analizada en el sector 2. Se muestra la Tabla 59. donde se sintetiza todos los resultados encontrados para dicho sector y vivienda correspondiente.

Tabla 59.
Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 2

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | | | | | | Iv | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|------|------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 2 | C | 5 | B | B | C | C | C | A | A | C | B | C | C | 130 | 36,11 | MEDIA |
| 2 | C | 6 | C | C | C | C | D | A | A | C | A | B | B | 139 | 38,54 | MEDIA |
| 2 | C | 12 | A | D | C | D | C | B | A | D | B | C | C | 158 | 43,75 | ALTA |
| 2 | C | 17 | B | C | B | A | D | C | A | D | D | C | D | 184 | 51,04 | ALTA |
| 2 | C | 21 | B | D | D | D | D | C | B | C | B | C | B | 213 | 59,03 | ALTA |
| 2 | C | 27 | C | D | B | A | C | B | B | D | B | C | C | 119 | 32,99 | MEDIA |
| 2 | D | 2 | A | A | A | A | D | A | A | D | A | B | B | 61,3 | 17,01 | BAJA |
| 2 | D | 4 | B | D | C | D | D | B | A | C | B | B | B | 161 | 44,79 | ALTA |
| 2 | D | 6 | A | C | A | C | C | B | A | C | A | C | B | 60 | 16,67 | BAJA |
| 2 | D | 7 | B | D | C | C | D | A | B | C | A | C | C | 160 | 44,44 | ALTA |
| 2 | D | 9 | B | B | B | C | D | A | B | D | B | B | C | 134 | 37,15 | MEDIA |
| 2 | D | 10 | C | C | C | B | C | A | B | D | A | B | B | 104 | 28,82 | MEDIA |
| 2 | D | 16 | C | C | D | C | C | A | A | C | B | C | C | 180 | 50,00 | ALTA |
| 2 | D | 17 | A | B | B | D | D | B | B | C | A | C | B | 113 | 31,25 | MEDIA |

6.2.1.2.1 Grado de vulnerabilidad del sector 2

Según los resultados de las encuestas podemos observar que dentro del sector 2, 6 de 14 viviendas estudiadas obtienen un grado ALTO de vulnerabilidad sísmica, 6 viviendas obtienen vulnerabilidad moderada y 2 viviendas tiene poca vulnerabilidad frente a sismos. De acuerdo a los resultados vamos a considerar el sector 2 como ALTAMENTE vulnerable. Se muestra la Tabla 60 acerca la vulnerabilidad sísmica del sector 2.

Tabla 60.

Vulnerabilidad de viviendas del sector 2

| | | | |
|---------------|---------------------------------|--------------------|----------|
| SECTOR | ALTAMENTE VULNERABLE | # viviendas | |
| 2 | | ALTA | 6 |
| | | MEDIA | 6 |
| | | BAJA | 2 |

6.2.1.2.2 Parámetros directamente proporcionales y parámetro más influyente con la vulnerabilidad del sector 2

De la misma manera mencionada en el parámetro 1(Ítem 6.2.1.1.2), podemos observar que existen que los parámetros 1, 3, 5, 7, 9 y 11 son directamente proporcionales con la vulnerabilidad, influyen en incrementar o disminuir el cálculo del Índice de vulnerabilidad (Iv). Se muestra en la Tabla 61, la comparación de los parámetros mencionados y el resultado de la vulnerabilidad de las viviendas encuestadas.

De la misma manera que los demás sectores, se nota gran influencia del parámetro 3 dentro del cálculo del Índice de vulnerabilidad del Sector.

Tabla 61.

Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 2

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|----|------------|----------------|
| | | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | |
| 2 | C | 5 | B | C | C | A | B | C | 36,11 | MEDIA |
| 2 | C | 6 | C | C | D | A | A | B | 38,54 | MEDIA |
| 2 | C | 12 | A | C | C | A | B | C | 43,75 | ALTA |
| 2 | C | 17 | B | B | D | A | D | D | 51,04 | ALTA |
| 2 | C | 21 | B | D | D | B | B | B | 59,03 | ALTA |
| 2 | C | 27 | C | B | C | B | B | C | 32,99 | MEDIA |
| 2 | D | 2 | A | A | D | A | A | B | 17,01 | BAJA |
| 2 | D | 4 | B | C | D | A | B | B | 44,79 | ALTA |
| 2 | D | 6 | A | A | C | A | A | B | 16,67 | BAJA |
| 2 | D | 7 | B | C | D | B | A | C | 44,44 | ALTA |
| 2 | D | 9 | B | B | D | B | B | C | 37,15 | MEDIA |
| 2 | D | 10 | C | C | C | B | A | B | 28,82 | MEDIA |
| 2 | D | 16 | C | D | C | A | B | C | 50,00 | ALTA |
| 2 | D | 17 | A | B | D | B | A | B | 31,25 | MEDIA |

6.2.1.3 Índice de vulnerabilidad del sector 3

Según los resultados obtenidos por los once parámetros se puede obtener el índice de vulnerabilidad de cada vivienda analizada en el sector 3. Se muestra la Tabla 62, donde se sintetiza todos los resultados encontrados para dicho sector y vivienda correspondiente.

Tabla 62.

Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 3

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | | | | | | Iv | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|------|------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 3 | F | 198 | C | B | C | C | C | A | A | C | B | B | B | 119 | 32,99 | MEDIA |
| 3 | F | 200 | C | C | D | C | A | A | B | D | A | A | A | 129 | 35,76 | MEDIA |
| 3 | F | 204 | A | B | C | D | D | A | A | A | B | A | B | 138 | 38,19 | MEDIA |
| 3 | F | 209 | B | D | B | C | A | A | A | C | A | D | B | 65 | 18,06 | BAJA |
| 3 | F | 211 | B | A | C | C | D | C | B | C | C | B | B | 160 | 44,44 | ALTA |
| 3 | G | 218 | C | A | B | D | A | C | A | B | A | B | B | 80 | 22,22 | MEDIA |
| 3 | G | 222 | A | D | A | A | D | A | A | A | A | A | A | 56,3 | 15,63 | BAJA |
| 3 | G | 234 | B | B | C | D | D | B | A | C | B | C | B | 158 | 43,75 | ALTA |
| 3 | G | 235 | C | C | C | D | C | A | A | C | A | B | C | 144 | 39,93 | MEDIA |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|-------|
| 3 | G | 265 | A | A | A | A | A | B | A | C | B | B | D | 68,8 | 19,10 | BAJA |
| 3 | H | 269 | B | C | D | C | D | B | B | C | B | B | C | 196 | 54,51 | ALTA |
| 3 | H | 275 | B | A | B | D | C | B | A | D | B | C | D | 141 | 39,24 | MEDIA |
| 3 | H | 280 | B | B | B | D | B | B | B | D | B | B | C | 111 | 30,90 | MEDIA |
| 3 | H | 283 | C | B | C | D | C | A | A | D | A | C | B | 130 | 36,11 | MEDIA |

6.2.1.3.1 Grado de vulnerabilidad del sector 3

Según los resultados de las encuestas podemos observar que dentro del sector 3, 3 de 14 viviendas estudiadas obtienen un grado ALTO de vulnerabilidad sísmica, 8 viviendas obtienen vulnerabilidad moderada y solo 3 viviendas tienen poca vulnerabilidad frente a sismos. De acuerdo a los resultados vamos a considerar el sector 3 como MEDIANAMENTE vulnerable.

Se muestra la Tabla 63 acerca la vulnerabilidad sísmica del sector 3.

Tabla 63.

Vulnerabilidad de viviendas del sector 3

| | | | |
|---------------|-----------------------|--------------------|----------|
| SECTOR | VULNERABILIDAD | # viviendas | |
| 3 | MEDIA | ALTA | 3 |
| | | MEDIA | 8 |
| | | BAJA | 3 |

6.2.1.3.2 Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad del sector 3

De la misma manera mencionada en el parámetro 1 (Ítem 6.2.1.1.2), podemos observar que existen que los parámetros 1, 3, 5, 7, 9 y 11 son directamente proporcionales con la vulnerabilidad, influyen en incrementar o disminuir el cálculo de vulnerabilidad (Iv). Se muestra en la Tabla 64, la comparación de los parámetros mencionados y el resultado de la vulnerabilidad de las viviendas encuestadas.

De la misma manera que los demás sectores, se nota gran influencia del parámetro 3 dentro del cálculo del Índice de vulnerabilidad del Sector.

Tabla 64.

Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 3

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|----|------------|----------------|
| | | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | |
| 3 | F | 198 | C | C | C | A | B | B | 32,99 | MEDIA |
| 3 | F | 200 | C | D | A | B | A | A | 35,76 | MEDIA |
| 3 | F | 204 | A | C | D | A | B | B | 38,19 | MEDIA |
| 3 | F | 209 | B | B | A | A | A | B | 18,06 | BAJA |
| 3 | F | 211 | B | C | D | B | C | B | 44,44 | ALTA |
| 3 | G | 218 | C | B | A | A | A | B | 22,22 | MEDIA |
| 3 | G | 222 | A | A | D | A | A | A | 15,63 | BAJA |
| 3 | G | 234 | B | C | D | A | B | B | 43,75 | ALTA |
| 3 | G | 235 | C | C | C | A | A | C | 39,93 | MEDIA |
| 3 | G | 265 | A | A | A | A | B | D | 19,10 | BAJA |
| 3 | H | 269 | B | D | D | B | B | C | 54,51 | ALTA |
| 3 | H | 275 | B | B | C | A | B | D | 39,24 | MEDIA |
| 3 | H | 280 | B | B | B | B | B | C | 30,90 | MEDIA |
| 3 | H | 283 | C | C | C | A | A | B | 36,11 | MEDIA |

6.2.1.4 Índice de vulnerabilidad del sector 4

Según los resultados obtenidos por los 11 parámetros se puede obtener el índice de vulnerabilidad de cada vivienda analizada en el sector 4. Se muestra la Tabla 65. donde se sintetiza todos los resultados encontrados para dicho sector y vivienda correspondiente.

Tabla 65.*Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 4*

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | | | | | | Iv | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|------|------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 4 | K | 299 | C | C | C | C | D | B | A | D | B | B | C | 181 | 50,35 | ALTA |
| 4 | K | 301 | C | D | A | A | A | A | A | D | A | C | B | 53,8 | 14,93 | BAJA |
| 4 | K | 304 | B | B | C | C | C | B | A | D | B | B | C | 131 | 36,46 | MEDIA |
| 4 | K | 305 | C | C | D | D | D | A | A | C | A | B | D | 224 | 62,15 | ALTA |
| 4 | K | 306 | C | C | C | D | C | A | B | A | B | C | B | 144 | 39,93 | MEDIA |
| 4 | K | 309 | C | A | B | A | A | A | B | B | C | A | B | 63,8 | 17,71 | BAJA |
| 4 | K | 311 | C | B | B | A | A | A | D | A | C | A | C | 124 | 34,38 | MEDIA |
| 4 | L | 313 | B | B | B | D | D | A | A | C | B | B | B | 119 | 32,99 | MEDIA |
| 4 | L | 345 | B | B | D | C | C | A | A | D | B | B | C | 159 | 44,10 | ALTA |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-------|--------------|
| 4 | L | 347 | C | B | B | D | D | B | A | C | A | B | C | 141 | 39,24 | MEDIA |
| 4 | L | 348 | B | D | C | C | C | A | A | D | B | C | B | 125 | 34,72 | MEDIA |
| 4 | L | 365 | C | C | B | B | C | B | B | A | A | B | B | 65 | 18,06 | BAJA |
| 4 | L | 369 | C | A | A | C | C | B | A | D | B | C | C | 114 | 31,60 | MEDIA |

6.2.1.4.1 Grado de vulnerabilidad del sector 4

Según los resultados de las encuestas podemos observar que dentro del sector 4, 3 de 13 viviendas estudiadas obtienen un grado ALTO de vulnerabilidad sísmica, 7 viviendas obtienen vulnerabilidad moderada y 3 viviendas tienen poca vulnerabilidad frente a sismos. De acuerdo a los resultados vamos a considerar el sector 4 como MODERADAMENTE vulnerable. Se muestra la Tabla 66 acerca la vulnerabilidad sísmica del sector 4.

Tabla 66.

Vulnerabilidad de viviendas del sector 4

| SECTOR | VULNERABILIDAD | # viviendas | |
|--------|----------------|--------------|----------|
| 4 | MEDIA | ALTA | 3 |
| | | MEDIA | 7 |
| | | BAJA | 3 |

6.2.1.4.2 Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad del sector 4

De la misma manera mencionada en el parámetro 1 (Ítem 6.2.1.1.2), podemos observar que existen que los parámetros 1, 3, 5, 7, 9 y 11 son directamente proporcionales con la vulnerabilidad, influyen en incrementar o disminuir el cálculo de vulnerabilidad (Iv). Se muestra en la Tabla 67, la comparación de los parámetros mencionados y el resultado de la vulnerabilidad de las viviendas encuestadas.

De la misma manera que los demás sectores, se nota gran influencia del parámetro 3 dentro del cálculo del Índice de vulnerabilidad del Sector.

Tabla 67.*Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 4*

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|----|------------|----------------|
| | | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | |
| 4 | K | 299 | C | C | D | A | B | C | 50,35 | ALTA |
| 4 | K | 301 | C | A | A | A | A | B | 14,93 | BAJA |
| 4 | K | 304 | B | C | C | A | B | C | 36,46 | MEDIA |
| 4 | K | 305 | C | D | D | A | A | D | 62,15 | ALTA |
| 4 | K | 306 | C | C | C | B | B | B | 39,93 | MEDIA |
| 4 | K | 309 | C | B | A | B | C | B | 17,71 | BAJA |
| 4 | K | 311 | C | B | A | D | C | C | 34,38 | MEDIA |
| 4 | L | 313 | B | B | D | A | B | B | 32,99 | MEDIA |
| 4 | L | 345 | B | D | C | A | B | C | 44,10 | ALTA |
| 4 | L | 347 | C | B | D | A | A | C | 39,24 | MEDIA |
| 4 | L | 348 | B | C | C | A | B | B | 34,72 | MEDIA |
| 4 | L | 365 | C | B | C | B | A | B | 18,06 | BAJA |
| 4 | L | 369 | C | A | C | A | B | C | 31,60 | MEDIA |

6.2.1.5 Índice de vulnerabilidad del sector 5

Según los resultados obtenidos por los once parámetros se puede obtener el índice de vulnerabilidad de cada vivienda analizada en el sector 5. Se muestra la Tabla 68. donde se sintetiza todos los resultados encontrados para dicho sector y vivienda correspondiente.

Tabla 68.

Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 5

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | | | | | | Iv | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|------|------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 5 | M | 414 | C | B | B | D | D | A | B | D | A | B | B | 129 | 35,76 | MEDIA |
| 5 | M | 415 | C | B | B | D | C | B | A | D | A | B | C | 116 | 32,29 | MEDIA |
| 5 | M | 416 | B | B | B | D | B | A | B | C | A | C | A | 70 | 19,44 | BAJA |
| 5 | M | 417 | C | B | B | C | C | A | C | C | B | B | A | 109 | 30,21 | MEDIA |
| 5 | M | 420 | A | B | B | C | B | D | D | C | C | C | B | 143 | 39,58 | MEDIA |
| 5 | M | 423 | B | C | A | D | C | A | A | C | B | B | B | 86,3 | 23,96 | MEDIA |
| 5 | N | 435 | B | B | C | C | D | A | B | C | A | B | B | 124 | 34,38 | MEDIA |
| 5 | N | 439 | C | C | A | B | D | B | A | D | B | C | C | 135 | 37,50 | MEDIA |
| 5 | N | 440 | C | C | D | C | C | B | B | D | B | B | C | 186 | 51,74 | ALTA |
| 5 | N | 454 | B | A | A | D | C | B | A | A | B | A | A | 71,3 | 19,79 | BAJA |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|--------------|
| 5 | N | 455 | B | C | A | C | D | A | A | A | A | C | C | 106 | 29,51 | MEDIA |
| 5 | N | 462 | C | B | C | C | D | B | A | C | B | C | B | 158 | 43,75 | ALTA |
| 5 | N | 463 | B | B | B | C | B | B | B | D | B | C | B | 82,5 | 22,92 | MEDIA |

6.2.1.5.1 Grado de vulnerabilidad del sector 5

Según los resultados de las encuestas podemos observar que dentro del sector 5, 2 de 13 viviendas estudiadas obtienen un grado ALTO de vulnerabilidad sísmica, 9 viviendas obtienen vulnerabilidad moderada y solo 2 vivienda tiene poca vulnerabilidad frente a sismos. De acuerdo a los resultados vamos a considerar el sector 5 como ALTAMENTE vulnerable. Se muestra la Tabla 69 acerca la vulnerabilidad sísmica del sector 5.

Tabla 69.
Vulnerabilidad de viviendas del sector 5

| | | | |
|---------------|---------------------------------|--------------------|----------|
| SECTOR | ALTAMENTE VULNERABLE | # viviendas | |
| 5 | | ALTA | 2 |
| | | MEDIA | 9 |
| | | BAJA | 2 |

6.2.1.5.2 Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad del sector 5

De la misma manera mencionada en el parámetro 1(Ítem 6.2.1.1.2), podemos observar que existen que los parámetros 1, 3, 5, 7, 9 y 11 son directamente proporcionales con la vulnerabilidad, influyen en incrementar o disminuir el cálculo de vulnerabilidad (Iv). Se muestra en la Tabla 70, la comparación de los parámetros mencionados y el resultado de la vulnerabilidad de las viviendas encuestadas.

De la misma manera que los demás sectores, se nota gran influencia del parámetro 3 dentro del cálculo del Índice de vulnerabilidad del Sector.

Tabla 70.*Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 5*

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|----|------------|----------------|
| | | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | |
| 5 | M | 414 | C | B | D | B | A | B | 35,76 | MEDIA |
| 5 | M | 415 | C | B | C | A | A | C | 32,29 | MEDIA |
| 5 | M | 416 | B | B | B | B | A | A | 19,44 | BAJA |
| 5 | M | 417 | C | B | C | C | B | A | 30,21 | MEDIA |
| 5 | M | 420 | A | B | B | D | C | B | 39,58 | MEDIA |
| 5 | M | 423 | B | A | C | A | B | B | 23,96 | MEDIA |
| 5 | N | 435 | B | C | D | B | A | B | 34,38 | MEDIA |
| 5 | N | 439 | C | A | D | A | B | C | 37,50 | MEDIA |
| 5 | N | 440 | C | D | C | B | B | C | 51,74 | ALTA |
| 5 | N | 454 | B | A | C | A | B | A | 19,79 | BAJA |
| 5 | N | 455 | B | A | D | A | A | C | 29,51 | MEDIA |
| 5 | N | 462 | C | C | D | A | B | B | 43,75 | ALTA |
| 5 | N | 463 | B | B | B | B | B | B | 22,92 | MEDIA |

6.2.1.6 Índice de vulnerabilidad del sector 6

Según los resultados obtenidos por los once parámetros se puede obtener el índice de vulnerabilidad de cada vivienda analizada en el sector 6. Se muestra la Tabla 71. donde se sintetiza todos los resultados encontrados para dicho sector y vivienda correspondiente.

Tabla 71.

Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 6

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | | | | | | Iv | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|------|------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 6 | O | 468 | C | D | C | D | D | A | C | D | D | C | D | 280 | 77,78 | ALTA |
| 6 | O | 478 | C | B | D | C | B | B | A | B | C | B | A | 141 | 39,24 | MEDIA |
| 6 | O | 487 | C | B | C | B | B | C | C | C | A | A | A | 111 | 30,90 | MEDIA |
| 6 | O | 490 | B | C | B | B | C | A | C | A | A | B | B | 67,5 | 18,75 | BAJA |
| 6 | O | 491 | D | C | A | B | D | A | A | A | A | A | B | 105 | 29,17 | MEDIA |
| 6 | O | 498 | B | A | B | C | B | A | A | A | C | B | A | 61,3 | 17,01 | BAJA |
| 6 | O | 500 | D | C | A | C | B | A | A | D | A | A | B | 91,3 | 25,35 | MEDIA |
| 6 | P | 503 | C | C | C | B | A | A | C | A | C | D | A | 129 | 35,76 | MEDIA |
| 6 | P | 507 | B | A | D | A | B | A | A | A | C | B | B | 108 | 29,86 | MEDIA |
| 6 | P | 522 | C | A | A | A | C | A | D | A | A | A | B | 85 | 23,61 | MEDIA |
| 6 | Q | 523 | C | D | C | C | A | C | C | B | B | C | A | 148 | 40,97 | ALTA |
| 6 | Q | 543 | C | C | D | A | A | A | A | C | A | C | C | 131 | 36,46 | MEDIA |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|------|
| 6 | Q | 549 | B | A | A | B | A | B | A | C | C | D | B | 58,8 | 16,32 | BAJA |
|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|------|

6.2.1.6.1 Grado de vulnerabilidad del sector 6

Según los resultados de las encuestas podemos observar que dentro del sector 6, 2 de 13 viviendas estudiadas obtienen un grado ALTO de vulnerabilidad sísmica, 8 viviendas obtienen vulnerabilidad moderada y 3 viviendas tiene poca vulnerabilidad frente a sismos. De acuerdo a los resultados vamos a considerar el sector 6 como MODERADAMENTE vulnerable. Se muestra la Tabla 72 acerca la vulnerabilidad sísmica del sector 6.

Tabla 72.

Vulnerabilidad de viviendas del sector 6

| SECTOR | VULNERABILIDAD | # viviendas | |
|--------|----------------|-------------|---|
| 6 | MEDIA | ALTA | 2 |
| | | MEDIA | 8 |
| | | BAJA | 3 |

6.2.1.4.2 Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad del sector 6

De la misma manera mencionada en el parámetro 1(Ítem 6.2.1.1.2), podemos observar que existen que los parámetros 1, 3, 5, 7, 9 y 11 son directamente proporcionales con la vulnerabilidad, influyen en incrementar o disminuir el cálculo de vulnerabilidad (Iv). Se muestra en la Tabla 73, la comparación de los parámetros mencionados y el resultado de la vulnerabilidad de las viviendas encuestadas.

De la misma manera que los demás sectores, se nota gran influencia del parámetro 3 dentro del cálculo del Índice de vulnerabilidad del Sector.

Tabla 73.

Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 6

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|----|------------|----------------|
| | | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | |
| 6 | O | 468 | C | C | D | C | D | D | 77,78 | ALTA |
| 6 | O | 478 | C | D | B | A | C | A | 39,24 | MEDIA |
| 6 | O | 487 | C | C | B | C | A | A | 30,90 | MEDIA |
| 6 | O | 490 | B | B | C | C | A | B | 18,75 | BAJA |
| 6 | O | 491 | D | A | D | A | A | B | 29,17 | MEDIA |
| 6 | O | 498 | B | B | B | A | C | A | 17,01 | BAJA |
| 6 | O | 500 | D | A | B | A | A | B | 25,35 | MEDIA |
| 6 | P | 503 | C | C | A | C | C | A | 35,76 | MEDIA |
| 6 | P | 507 | B | D | B | A | C | B | 29,86 | MEDIA |
| 6 | P | 522 | C | A | C | D | A | B | 23,61 | MEDIA |
| 6 | Q | 523 | C | C | A | C | B | A | 40,97 | ALTA |
| 6 | Q | 543 | C | D | A | A | A | C | 36,46 | MEDIA |
| 6 | Q | 549 | B | A | A | A | C | B | 16,32 | BAJA |

6.2.1.7 Índice de vulnerabilidad del sector 7

Según los resultados obtenidos por los once parámetros se puede obtener el índice de vulnerabilidad de cada vivienda analizada en el sector 7. Se muestra la Tabla 74. donde se sintetiza todos los resultados encontrados para dicho sector y vivienda correspondiente.

Tabla 74.

Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 7

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | | | | | | Iv | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|------|------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 7 | T | 612 | A | A | C | C | C | A | A | A | A | A | A | 71,3 | 19,79 | BAJA |
| 7 | T | 613 | C | B | C | B | D | A | A | A | A | A | C | 133 | 36,81 | MEDIA |
| 7 | T | 614 | A | C | A | A | A | A | B | A | A | A | C | 36,3 | 10,07 | BAJA |
| 7 | T | 621 | A | C | B | D | D | C | A | C | A | A | C | 136 | 37,85 | MEDIA |
| 7 | T | 622 | B | C | A | C | B | B | B | C | B | A | B | 68,8 | 19,10 | BAJA |
| 7 | T | 628 | C | C | C | D | A | A | C | A | B | B | B | 143 | 39,58 | MEDIA |
| 7 | T | 622 | D | A | D | C | D | A | A | A | D | D | A | 233 | 64,58 | ALTA |
| 7 | T | 633 | C | B | B | C | B | A | B | A | A | A | D | 103 | 28,47 | MEDIA |
| 7 | U | 638 | D | A | B | A | A | A | A | B | B | D | A | 80 | 22,22 | MEDIA |
| 7 | U | 645 | C | A | C | D | C | A | B | B | C | C | C | 169 | 46,88 | ALTA |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|-------|
| 7 | U | 646 | B | A | C | A | A | A | A | B | B | A | A | 58,8 | 16,32 | BAJA |
| 7 | U | 688 | C | A | A | A | A | A | B | C | A | C | C | 62,5 | 17,36 | BAJA |
| 7 | U | 694 | C | C | B | A | D | A | B | B | A | C | A | 91,3 | 25,35 | MEDIA |

6.2.1.7.1 Grado de vulnerabilidad del sector 7

Según los resultados de las encuestas podemos observar que dentro del sector 1, 2 de 13 viviendas estudiadas obtienen un grado ALTO de vulnerabilidad sísmica, 6 viviendas obtienen vulnerabilidad moderada y 5 viviendas tiene poca vulnerabilidad frente a sismos. De acuerdo a los resultados vamos a considerar el sector 7 como MODERADAMENTE vulnerable. Se muestra la Tabla 75 acerca la vulnerabilidad sísmica del sector 7.

Tabla 75.

Vulnerabilidad de viviendas del sector 7

| SECTOR | VULNERABILIDAD | # viviendas | |
|--------|----------------|-------------|---|
| 7 | MEDIA | ALTA | 2 |
| | | MEDIA | 6 |
| | | BAJA | 5 |

6.2.1.7.2 Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad del sector 7

De la misma manera mencionada en el parámetro 1(Ítem 6.2.1.1.2), podemos observar que existen que los parámetros 1, 3, 5, 7, 9 y 11 son directamente proporcionales con la vulnerabilidad, influyen en incrementar o disminuir el cálculo del Índice de vulnerabilidad (Iv). Se muestra en la Tabla 76, la comparación de los parámetros mencionados y el resultado de la vulnerabilidad de las viviendas encuestadas.

De la misma manera que los demás sectores, se nota gran influencia del parámetro 3 dentro del cálculo del Índice de vulnerabilidad del Sector.

Tabla 76.*Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 7*

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|----|------------|----------------|
| | | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | |
| 7 | T | 612 | A | C | C | A | A | A | 19,79 | BAJA |
| 7 | T | 613 | C | C | D | A | A | C | 36,81 | MEDIA |
| 7 | T | 614 | A | A | A | B | A | C | 10,07 | BAJA |
| 7 | T | 621 | A | B | D | A | A | C | 37,85 | MEDIA |
| 7 | T | 622 | B | A | B | B | B | B | 19,10 | BAJA |
| 7 | T | 628 | C | C | A | C | B | B | 39,58 | MEDIA |
| 7 | T | 622 | D | D | D | A | D | A | 64,58 | ALTA |
| 7 | T | 633 | C | B | B | B | A | D | 28,47 | MEDIA |
| 7 | U | 638 | D | B | A | A | B | A | 22,22 | MEDIA |
| 7 | U | 645 | C | C | C | B | C | C | 46,88 | ALTA |
| 7 | U | 646 | B | C | A | A | B | A | 16,32 | BAJA |
| 7 | U | 688 | C | A | A | B | A | C | 17,36 | BAJA |
| 7 | U | 694 | C | B | D | B | A | A | 25,35 | MEDIA |

6.2.1.8 Índice de vulnerabilidad del sector 8

Según los resultados obtenidos por los 11 parámetros se puede obtener el índice de vulnerabilidad de cada vivienda analizada en el sector 8. Se muestra la Tabla 77, donde se sintetiza todos los resultados encontrados para dicho sector y vivienda correspondiente.

Tabla 77.*Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 8*

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | | | | | | Iv | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|------|------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 8 | V | 711 | A | B | B | B | A | A | B | C | C | A | A | 48,8 | 13,54 | BAJA |
| 8 | V | 714 | B | C | A | D | C | B | B | B | D | A | B | 119 | 32,99 | MEDIA |
| 8 | V | 715 | B | A | A | C | A | B | A | A | C | A | B | 56,3 | 15,63 | BAJA |
| 8 | V | 723 | B | B | C | A | B | A | D | B | B | A | A | 110 | 30,56 | MEDIA |
| 8 | V | 725 | B | B | B | C | D | D | B | C | C | A | A | 136 | 37,85 | MEDIA |
| 8 | V | 726 | B | C | A | B | A | A | C | B | A | A | A | 41,3 | 11,46 | BAJA |
| 8 | V | 728 | D | A | B | B | C | A | A | C | B | C | A | 98,8 | 27,43 | MEDIA |
| 8 | Y | 743 | B | A | B | A | C | A | C | A | A | A | A | 52,5 | 14,58 | BAJA |
| 8 | Y | 744 | C | A | C | A | C | A | A | C | C | B | A | 104 | 28,82 | MEDIA |
| 8 | Y | 755 | B | A | A | B | A | A | C | B | A | D | C | 71,3 | 19,79 | BAJA |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|------|
| 8 | Y | 769 | A | A | A | B | C | A | C | A | A | A | C | 68,8 | 19,10 | BAJA |
| 8 | Y | 778 | C | C | C | C | A | D | D | C | C | B | B | 186 | 51,74 | ALTA |
| 8 | Y | 794 | B | B | B | D | A | A | A | C | A | C | B | 65 | 18,06 | BAJA |

6.2.1.8.1 Grado de vulnerabilidad del sector 8

Según los resultados de las encuestas podemos observar que dentro del sector 1, 1 de 13 viviendas estudiadas obtienen un grado ALTO de vulnerabilidad sísmica, 5 viviendas obtienen vulnerabilidad moderada y 7 viviendas tienen poca vulnerabilidad frente a sismos. De acuerdo a los resultados vamos a considerar el sector 8 como POCO vulnerable. Se muestra la Tabla 78 acerca la vulnerabilidad sísmica del sector 8.

Tabla 78.
Vulnerabilidad de viviendas del sector 8

| | | | |
|---------------|-----------------------|--------------------|----------|
| SECTOR | POCA | # viviendas | |
| 8 | VULNERABILIDAD | ALTA | 1 |
| | | MEDIA | 5 |
| | | BAJA | 7 |

6.2.1.8.2 Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad del sector 8

De la misma manera mencionada en el parámetro 1(Ítem 6.2.1.1.2), podemos observar que existen que los parámetros 1, 3, 5, 7, 9 y 11 son directamente proporcionales con la vulnerabilidad, influyen en incrementar o disminuir el cálculo del Índice de vulnerabilidad (Iv). Se muestra en la Tabla 79, la comparación de los parámetros mencionados y el resultado de la vulnerabilidad de las viviendas encuestadas.

De la misma manera que los demás sectores, se nota gran influencia del parámetro 3 dentro del cálculo del Índice de vulnerabilidad del Sector.

Tabla 79.*Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 8*

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|----|------------|----------------|
| | | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | |
| 8 | V | 711 | A | B | A | B | C | A | 13,54 | BAJA |
| 8 | V | 714 | B | A | C | B | D | B | 32,99 | MEDIA |
| 8 | V | 715 | B | A | A | A | C | B | 15,63 | BAJA |
| 8 | V | 723 | B | C | B | D | B | A | 30,56 | MEDIA |
| 8 | V | 725 | B | B | D | B | C | A | 37,85 | MEDIA |
| 8 | V | 726 | B | A | A | C | A | A | 11,46 | BAJA |
| 8 | V | 728 | D | B | C | A | B | A | 27,43 | MEDIA |
| 8 | Y | 743 | B | B | C | C | A | A | 14,58 | BAJA |
| 8 | Y | 744 | C | C | C | A | C | A | 28,82 | MEDIA |
| 8 | Y | 755 | B | A | A | C | A | C | 19,79 | BAJA |
| 8 | Y | 769 | A | A | C | C | A | C | 19,10 | BAJA |
| 8 | Y | 778 | C | C | A | D | C | B | 51,74 | ALTA |
| 8 | Y | 794 | B | B | A | A | A | B | 18,06 | BAJA |

6.2.1.9 Índice de vulnerabilidad del sector 9

Según los resultados obtenidos por los once parámetros se puede obtener el índice de vulnerabilidad de cada vivienda analizada en el sector 9. Se muestra la Tabla 80, donde se sintetiza todos los resultados encontrados para dicho sector y vivienda correspondiente.

Tabla 80.*Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 9*

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | | | | | | Iv | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|------|------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 9 | Y | 854 | D | C | B | A | C | B | A | B | D | D | B | 139 | 38,54 | MEDIA |
| 9 | Y | 855 | D | D | B | C | C | A | C | C | A | A | A | 129 | 35,76 | MEDIA |
| 9 | Y | 865 | B | D | C | B | B | A | D | B | A | D | B | 125 | 34,72 | MEDIA |
| 9 | Y | 874 | B | D | D | C | C | A | A | C | C | D | C | 185 | 51,39 | ALTA |
| 9 | Y | 879 | A | A | B | B | C | D | C | C | B | C | C | 126 | 35,07 | MEDIA |
| 9 | Z | 887 | B | B | B | C | C | C | A | B | A | A | B | 66,3 | 18,40 | BAJA |
| 9 | Z | 902 | A | C | B | C | C | C | A | C | C | B | C | 116 | 32,29 | MEDIA |
| 9 | Z | 905 | B | B | B | A | B | A | D | C | C | A | C | 120 | 33,33 | MEDIA |
| 9 | Z | 911 | D | D | B | C | C | A | C | C | C | A | B | 159 | 44,10 | ALTA |
| 9 | Z | 923 | D | C | A | C | C | A | D | A | A | C | B | 141 | 39,24 | MEDIA |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-------|--------------|
| 9 | Z | 935 | C | C | C | A | A | A | D | B | B | B | C | 150 | 41,67 | ALTA |
| 9 | Z | 946 | B | B | C | B | B | B | D | C | A | D | C | 143 | 39,58 | MEDIA |
| 9 | Z | 958 | C | A | C | C | B | A | A | D | B | B | C | 133 | 36,81 | MEDIA |

6.2.1.9.1 Grado de vulnerabilidad del sector 9

Según los resultados de las encuestas podemos observar que dentro del sector 9, 3 de 13 viviendas estudiadas obtienen un grado ALTO de vulnerabilidad sísmica, 9 viviendas obtienen vulnerabilidad moderada frente a sismos. De acuerdo a los resultados vamos a considerar el sector 9 como MODERADAMENTE vulnerable. Se muestra la Tabla 81 acerca la vulnerabilidad sísmica del sector 9.

Tabla 81.

Vulnerabilidad de viviendas del sector 9

| | | | |
|---------------|-----------------------|--------------------|----------|
| SECTOR | VULNERABILIDAD | # viviendas | |
| 9 | MEDIA | ALTA | 3 |
| | | MEDIA | 9 |
| | | BAJA | 1 |

6.2.1.9.2 Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad del sector 9

De la misma manera mencionada en el parámetro 1 (Ítem 6.2.1.1.2), podemos observar que existen que los parámetros 1, 3, 5, 7, 9 y 11 son directamente proporcionales con la vulnerabilidad, influyen en incrementar o disminuir el cálculo de vulnerabilidad (Iv). Se muestra en la Tabla 82, la comparación de los parámetros mencionados y el resultado de la vulnerabilidad de las viviendas encuestadas.

De la misma manera que los demás sectores, se nota gran influencia del parámetro 3 dentro del cálculo del Índice de vulnerabilidad del Sector.

Tabla 82.

Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 9

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|----|------------|----------------|
| | | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | |
| 9 | Y | 854 | D | B | C | A | D | B | 38,54 | MEDIA |
| 9 | Y | 855 | D | B | C | C | A | A | 35,76 | MEDIA |
| 9 | Y | 865 | B | C | B | D | A | B | 34,72 | MEDIA |
| 9 | Y | 874 | B | D | C | A | C | C | 51,39 | ALTA |
| 9 | Y | 879 | A | B | C | C | B | C | 35,07 | MEDIA |
| 9 | Z | 887 | B | B | C | A | A | B | 18,40 | BAJA |
| 9 | Z | 902 | A | B | C | A | C | C | 32,29 | MEDIA |
| 9 | Z | 905 | B | B | B | D | C | C | 33,33 | MEDIA |
| 9 | Z | 911 | D | B | C | C | C | B | 44,10 | ALTA |
| 9 | Z | 923 | D | A | C | D | A | B | 39,24 | MEDIA |
| 9 | Z | 935 | C | C | A | D | B | C | 41,67 | ALTA |
| 9 | Z | 946 | B | C | B | D | A | C | 39,58 | MEDIA |
| 9 | Z | 958 | C | C | B | A | B | C | 36,81 | MEDIA |

6.2.1.10 Índice de vulnerabilidad del sector 10

Según los resultados obtenidos por los once parámetros se puede obtener el índice de vulnerabilidad de cada vivienda analizada en el sector 10. Se muestra la Tabla 83. donde se sintetiza todos los resultados encontrados para dicho sector y vivienda correspondiente.

Tabla 83.

Resultados para hallar Índice de vulnerabilidad para el sector 10

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | | | | | | Iv | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|------|------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 10 | I | 320 | A | C | B | C | A | A | D | A | A | B | A | 77,5 | 21,53 | MEDIA |
| 10 | I | 333 | A | B | C | B | A | A | B | B | C | D | C | 110 | 30,56 | MEDIA |
| 10 | I | 350 | B | C | C | C | C | C | A | B | B | A | B | 116 | 32,29 | MEDIA |
| 10 | I | 352 | B | C | C | C | A | A | A | C | D | A | C | 144 | 39,93 | MEDIA |
| 10 | I | 354 | B | C | B | A | C | A | D | B | B | D | C | 131 | 36,46 | MEDIA |
| 10 | I | 355 | C | B | B | C | C | A | A | C | B | B | A | 83,8 | 23,26 | MEDIA |
| 10 | J | 372 | A | B | A | A | D | A | A | C | A | C | A | 58,8 | 16,32 | BAJA |
| 10 | J | 376 | D | B | D | D | A | A | A | C | B | B | B | 174 | 48,26 | ALTA |
| 10 | J | 421 | B | B | B | D | C | A | C | A | C | A | B | 118 | 32,64 | MEDIA |
| 10 | J | 422 | B | C | D | D | C | A | C | A | A | C | C | 184 | 51,04 | ALTA |
| 10 | J | 423 | B | D | B | C | A | A | A | C | B | D | C | 100 | 27,78 | MEDIA |
| 10 | J | 430 | A | A | C | A | B | A | A | D | A | A | B | 58,8 | 16,32 | BAJA |
| 10 | J | 442 | B | A | D | A | C | A | A | C | B | D | C | 145 | 40,28 | ALTA |

6.2.1.10.1 Grado de vulnerabilidad del sector 10

Según los resultados de las encuestas podemos observar que dentro del sector 10, 3 de 13 viviendas estudiadas obtienen un grado ALTO de vulnerabilidad sísmica, 8 viviendas obtienen vulnerabilidad moderada y solo 2 viviendas tienen poca vulnerabilidad frente a sismos. De acuerdo a los resultados vamos a considerar el sector 10 como moderadamente vulnerable. Se muestra la Tabla 84 acerca la vulnerabilidad sísmica del sector 10.

Tabla 84.
Vulnerabilidad de viviendas del sector 10

| | | | |
|---------------|------------------------------------|--------------------|----------|
| SECTOR | MEDIANAMENTE VULNERABLE | # viviendas | |
| 10 | | ALTA | 3 |
| | | MEDIA | 8 |
| | | BAJA | 2 |

6.2.1.10.2 Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad del sector 10

De la misma manera mencionada en el parámetro 1 (Ítem 6.2.1.1.2), podemos observar que existen que los parámetros 1, 3, 5, 7, 9 y 11 son directamente proporcionales con la vulnerabilidad, influyen en incrementar o disminuir el cálculo de vulnerabilidad (I_v). Se muestra en la Tabla 85, la comparación de los parámetros mencionados y el resultado de la vulnerabilidad de las viviendas encuestadas.

De la misma manera que los demás sectores, se nota gran influencia del parámetro 3 dentro del cálculo del Índice de vulnerabilidad del Sector.

Tabla 85.
Parámetros directamente proporcionales con la vulnerabilidad sector 10

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|----|------------|----------------|
| | | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | |
| 10 | I | 320 | A | B | A | D | A | A | 21,53 | MEDIA |
| 10 | I | 333 | A | C | A | B | C | C | 30,56 | MEDIA |
| 10 | I | 350 | B | C | C | A | B | B | 32,29 | MEDIA |
| 10 | I | 352 | B | C | A | A | D | C | 39,93 | MEDIA |
| 10 | I | 354 | B | B | C | D | B | C | 36,46 | MEDIA |
| 10 | I | 355 | C | B | C | A | B | A | 23,26 | MEDIA |
| 10 | J | 372 | A | A | D | A | A | A | 16,32 | BAJA |
| 10 | J | 376 | D | D | A | A | B | B | 48,26 | ALTA |
| 10 | J | 421 | B | B | C | C | C | B | 32,64 | MEDIA |
| 10 | J | 422 | B | D | C | C | A | C | 51,04 | ALTA |
| 10 | J | 423 | B | B | A | A | B | C | 27,78 | MEDIA |
| 10 | J | 430 | A | C | B | A | A | B | 16,32 | BAJA |
| 10 | J | 442 | B | D | C | A | B | C | 40,28 | ALTA |



6.3 Resultados de Vulnerabilidad

6.3.1 Vulnerabilidad de los sectores del distrito de Punta Negra

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos realizar un gráfico donde nos muestre la vulnerabilidad de cada sector que consideramos para dividir el distrito de Punta Negra. Este gráfico nos ayudará para poder obtener el mapa de vulnerabilidad del distrito. En la figura 38, se muestra el nivel de vulnerabilidad de las viviendas del distrito de Punta Negra según cada sector estudiado.

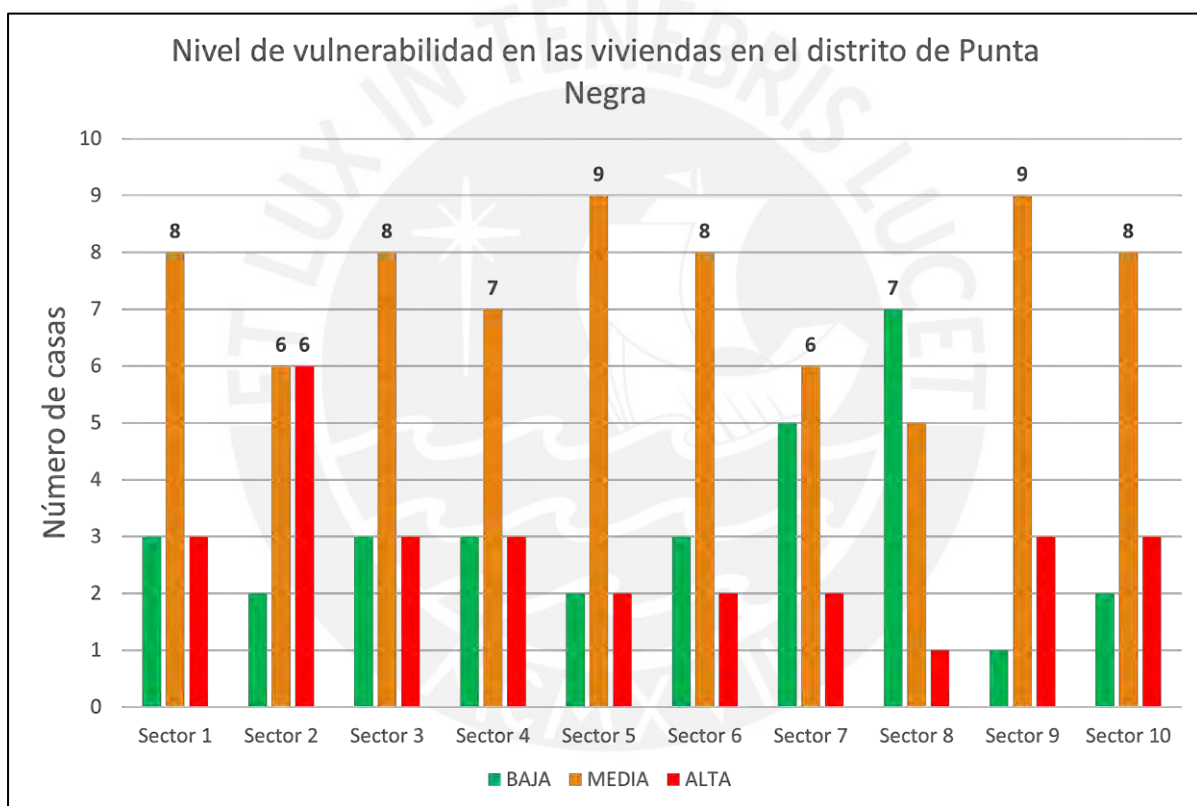


Figura 38. Nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas del distrito de Punta Negra

De los resultados se puede observar que la gran mayoría de sectores tienen una vulnerabilidad media. Los sectores donde hay más viviendas con vulnerabilidad media y baja tienen una gran cantidad de viviendas que fueron remodeladas en estos últimos 20 años, por lo tanto, mejoraron sus características frente a la evaluación planteada con el método Benedetti. Los sectores con

vulnerabilidad alta cuentan con viviendas muy antiguas y mal asesoradas a la hora de su construcción.

6.3.2 Vulnerabilidad del distrito de Punta Negra

Entre todas las viviendas de albañilería estudiadas se pudo conocer la vulnerabilidad del distrito de Punta Negra; el 21% de viviendas son altamente vulnerables frente a sismos, 56% de viviendas son medianamente vulnerables y solo el 21% de casas tienen una vulnerabilidad baja frente a sismos.

Según los resultados plasmados en la Tabla 86, se puede considerar que el distrito de Punta Negra es medianamente vulnerable frente a sismos.

Tabla 86.
Vulnerabilidad del distrito de Punta Negra

| Vulnerabilidad Sísmica | N° de viviendas | % |
|-------------------------------|------------------------|-------------|
| Baja | 31 | 23% |
| Media | 74 | 56% |
| Alta | 28 | 21% |
| Total | 133 | 100% |

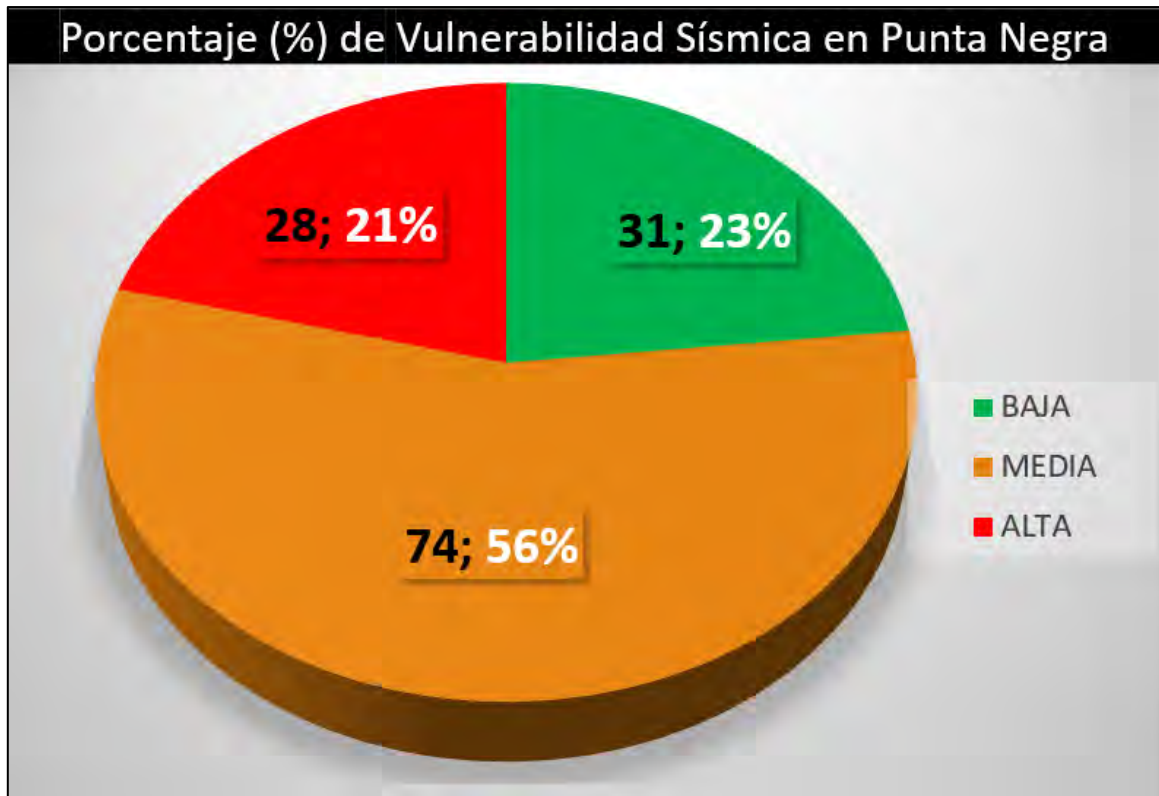
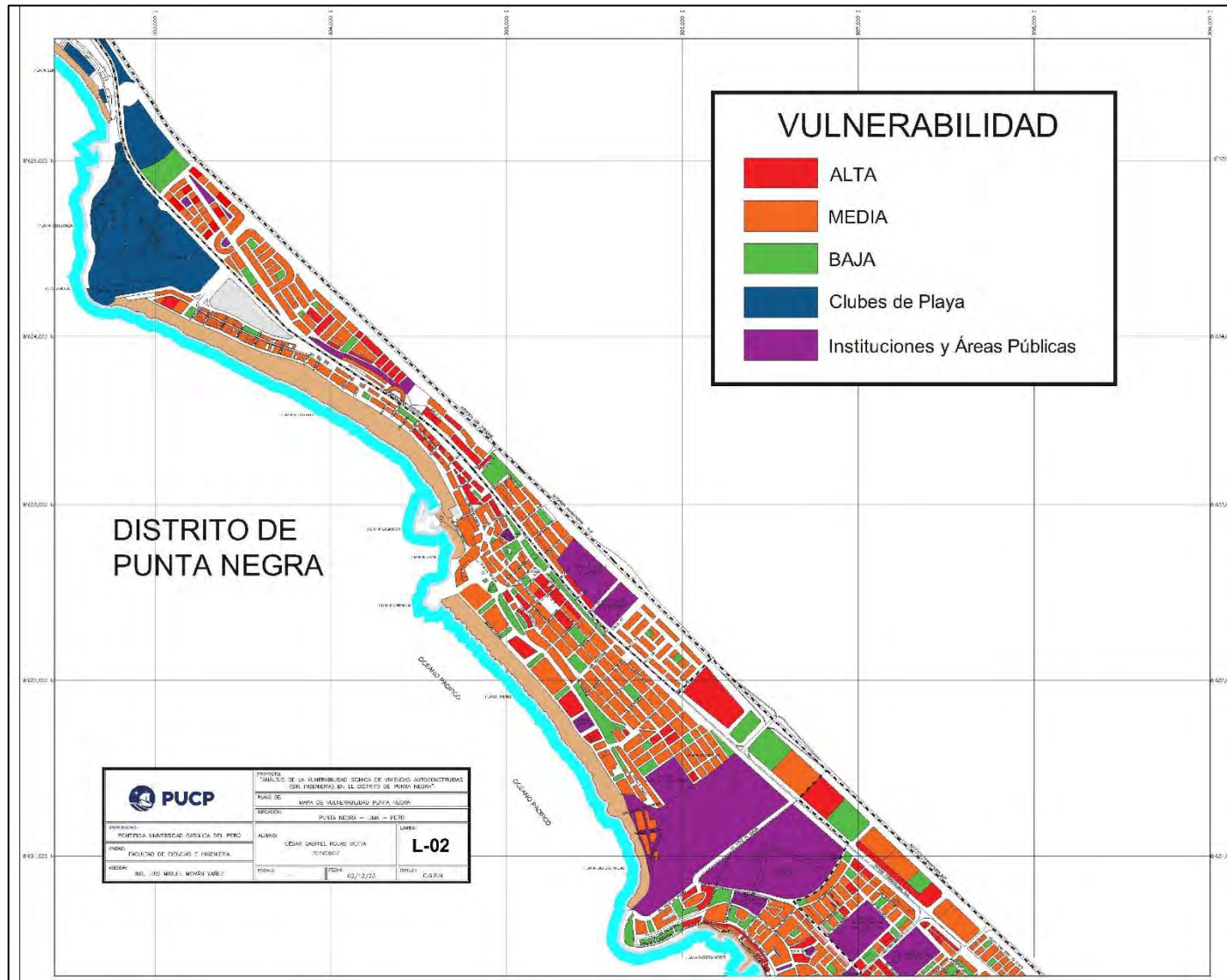


Figura 39. Porcentaje de vulnerabilidad sísmica en las viviendas del distrito de Punta Negra

6.4. Mapa de vulnerabilidad



Capítulo VII Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

- Utilizando el método Benedetti – Petrini se pudo evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Punta Negra y se determinó que el distrito es medianamente vulnerable. De los 10 sectores analizados, 8 sectores tuvieron índices de vulnerabilidad entre 20 y 40 en la escala del índice de vulnerabilidad normalizado planteado por el método Benedetti – Petrini., obteniendo una categoría de vulnerabilidad media.

Tabla 87.
Índice de Vulnerabilidad del distrito de Punta Negra por sectores

| Vulnerabilidad Sísmica | Índice de vulnerabilidad sísmica (Ivn) | Sectores |
|------------------------|--|--------------------------|
| Baja | $0 < Ivn < 20$ | 8 |
| Media | $20 \leq Ivn < 40$ | 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10 |
| Alta | $40 \leq Ivn < 100$ | 2 |

- Dentro de nuestra sectorización planteada para el distrito de Punta Negra, se concluye que los sectores 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10 tienen vulnerabilidad media frente a sismos, el sector 8 tiene un grado de vulnerabilidad baja y el sector 2 tiene una vulnerabilidad alta, este sector debería ser la zona donde más trabajo e inspección debería tener la Municipalidad de Punta Negra para evitar algún desastre.
- El sector 8 obtiene un índice de vulnerabilidad bajo debido a que la mayoría de viviendas en esa zona son construcciones nuevas o han sido remodeladas en los últimos años, cumpliendo con la mayoría de parámetros establecidos por el RNE.
- La evaluación estructural realizada en el programa ETABS, valida el análisis de vulnerabilidad sísmica usado para la investigación. Se corroboró que los

desplazamientos y derivas de entrepiso del modelo típico no cumplen con los límites establecidos por la Norma E.030. Por lo tanto, este resultado corrobora la vulnerabilidad obtenida para el distrito de Punta Negra.

- Si bien el análisis sísmico en ETABS no nos brinda un rango de vulnerabilidad para poder compararlo con el método del índice de vulnerabilidad, pero si nos indica cual es el desempeño de la estructura frente a los desplazamientos y deformaciones. Por ende, nos servirá para verificar si la vivienda es vulnerable o no. Haciendo uso del método de Benedetti se podrá determinar el grado de vulnerabilidad de las viviendas, analizando factores visuales, densidad de muros, la conservación de la vivienda y la calidad de obra.
- Se puede concluir que el parámetro 3 “Resistencia convencional”, donde se analiza la densidad de los muros es el más influyente en el cálculo del índice de vulnerabilidad. Las viviendas que cuentan con una buena densidad de muros en la dirección X e Y, no sufrirán daños frente a una sollicitación sísmica severa.
- El análisis de viviendas autoconstruidas sirvió para reconocer y estudiar el daño en los elementos estructurales. La mayoría de hogares tienen sus muros portantes contruidos con ladrillo pandereta, lo cual generara pérdida de resistencia y durabilidad. También se presentan problemas de tabiquería no arriostrada y insuficiente o inexistencia de juntas sísmicas.
- Otros problemas muy notorios en la mayoría de viviendas son el pandeo, fisuras y refuerzos expuestos en vigas. Cangrejeras afectan a las columnas. Y en las losas, la presencia de sales minerales y fisuras es muy perceptibles. Debido a esto, se concluye que dichos problemas se atribuyen a una deficiente mano de obra y desconocimiento en su construcción.

- Se obtuvo un mapa de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería del distrito de Punta Negra, donde se refleja los resultados de la investigación realizada en el distrito de Punta Negra.

7.2 Recomendaciones

7.2.1 Recomendaciones para futuras construcciones

La primera recomendación para la construcción de cualquier vivienda es apoyarse en especialistas para poder realizar buenos procesos constructivos y de esa manera evitar problemas futuros en las viviendas.

De acuerdo a los resultados obtenidos y los parámetros analizados podemos dar las siguientes recomendaciones para la futura construcción de viviendas:

- No ahorrar en materiales, utilizar materiales de buena calidad evitará problemas futuros.
- Se deben construir viviendas simétricas tanto en planta como elevación. Procurar que las losas aligeradas no tengan muchas aberturas o ductos.
- Tratar de construir simétricamente, tener la misma cantidad de muros en ambas direcciones y así poder tener una resistencia balanceada en ambos sentidos. Los muros confinados son elementos más resistentes a sismos, por lo tanto, se recomienda usarlos en ambas direcciones.
- Tener las dimensiones bien proporcionadas, el largo de la casa no debería ser mayor a 3 veces el ancho.
- Evitar la presencia de volados y muchas aberturas en los muros. Las aberturas debilitan los muros. Los vanos no deben tener dimensiones mayores a la mitad del largo del muro donde se colocará.

7.2.2 Recomendaciones generales

- Con los resultados obtenidos, la Municipalidad de Punta Negra debe mejorar en los sectores con más vulnerabilidad y así poder evitar algún desastre futuro, realizando campañas de reparación, restauración y reforzamiento de elementos estructurales de las viviendas.
- Se debe tener en cuenta el asesoramiento de profesionales en la construcción de las viviendas, usar las normas necesarias, materiales de calidad y considerar las conexiones necesarias reducirá la vulnerabilidad sísmica.
- Se debe motivar más investigaciones, para poder obtener y actualizar mapas de vulnerabilidad de distintos sectores de país, y poder utilizarlos para prevenir riesgos sabiendo que nuestro país es altamente sísmico.
- Se sugiere poder tomar la base de datos obtenida en la investigación para futuros estudios del distrito de Punta Negra, así también poder ir actualizando la data con el paso del tiempo.
- Se debe desarrollar un programa que busque concientizar a la población de las consecuencias que tiene la autoconstrucción y los peligros que trae hacia sus viviendas y sus vidas.

Bibliografía

Alva Velasquez, B., Jesús, G., & Bendezu Carranza, B. (2015). Diagnóstico de vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada de la zona ppjj la libertad -Chimbote.

Barrera Ramos, O. E., & Nieves Corredor, O. D. (2015). Determinación de la vulnerabilidad en las casas coloniales ubicadas en el barrio de san diego de la ciudad de Cartagena.

Bernales Ruiz, J. C., Celis Deza, A. I., Diaz Vega, J. A., & Martinez Castillo, L. (2019). Índice de Progreso Social para el Distrito de Punta Negra.

Cajan, N., Falla, C. (2023). “Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti -Petrini de las edificaciones categoría C descritas en la Norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque”. Tesis de Pregrado. Pontificia Universidad San Martin de Porres.

Calle, S., Salazar, J. (2023). “Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el pueblo joven Santa Rosa en el distrito del Rímac”. Tesis de Pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Callupe, J. (2020). “Diseño de un edificio multifamiliar de concreto armado de siete pisos sin sótanos en Pueblo Libre”. Tesis de Pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Caparachin, S. (2023). “Análisis de vulnerabilidad sísmica de una vivienda informal de albañilería confinada empleando la metodología Hazus”. Tesis de Pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú.

CAPECO (2017). Viviendas informales que se construyen al año es casi doble que las formales, Gestión. Consultado el 06 de agosto 2023.

Flores De los Santos, R. A. (2002). Diagnostico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima.

INSTITUO GEOFISICO DEL PERU (2010). “Zonificación Sismico-Geotécnica para 7 distritos de Lima Metropolitana (Comportamiento Dinámico del Suelo)”.

INSTITUO GEOFISICO DEL PERU (2014). “Evaluación del peligro sísmico en el Perú”. https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/Mapa_Peligro_Sismico_Peru

Jennifer Juliet Echeverria Rojas. (2021). Aplicación del método de índice de vulnerabilidad (Benedetti-Petrini) para evaluación de edificaciones de mampostería no reforzada en el barrio Surinama.

Laucata, J. (2013). “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo”. Tesis de Pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Martinez, 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”.

Meli Roberto (2016). “Ingeniería Estructural de los edificios históricos” Segunda edición. Ciudad de México. Fundación ICA.

Mena Hernández, Ulises. (2002). Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas. In TDX (Tesis Doctorals en Xarxa).

<http://www.tdx.cat/handle/10803/6222>

Mesta, Carlos. (2014). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones comunes en la ciudad de Pimentel

Municipalidad Distrital de Punta Negra. (2012).

<https://www.munipuntanegra.gob.pe/>

Otavalo Alba, J. H. (2017). Determinación de los principales problemas de configuración estructural en edificaciones, que aumentan la vulnerabilidad sísmica en el Ecuador.

Pilco Apaza, H. G., & Portugal Tacora, R. A. (2022). Vulnerabilidad sísmica mediante el análisis del hospital de la solidaridad, Tacna.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en América Latina y el Caribe. (2010). Investigación sobre el peligro sísmico en el área Metropolitana de Lima y Callao.

San Bartolomé, Angel. (1994). Construcciones de albañilería: comportamiento sísmico y diseño estructural. Pontificia Universidad Católica del Perú.

SENCICO. (2020b). Norma E.020 Cargas.

SENCICO. (2020a). Norma E.030 Diseño sismorresistente.

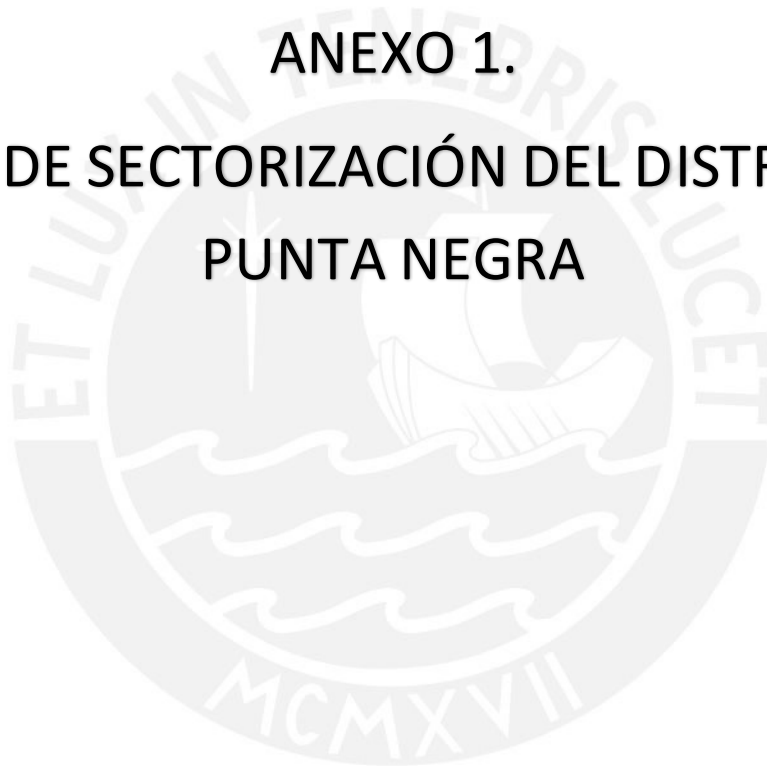
SENCICO. (2020b). Norma E.070 Albañilería.

Ugarte Casafranca, C., Lázares, F., García Martínez, E., Bellido Retamozo, J., & Morales Soto, R. (1997). Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica en Hospitales del Perú.



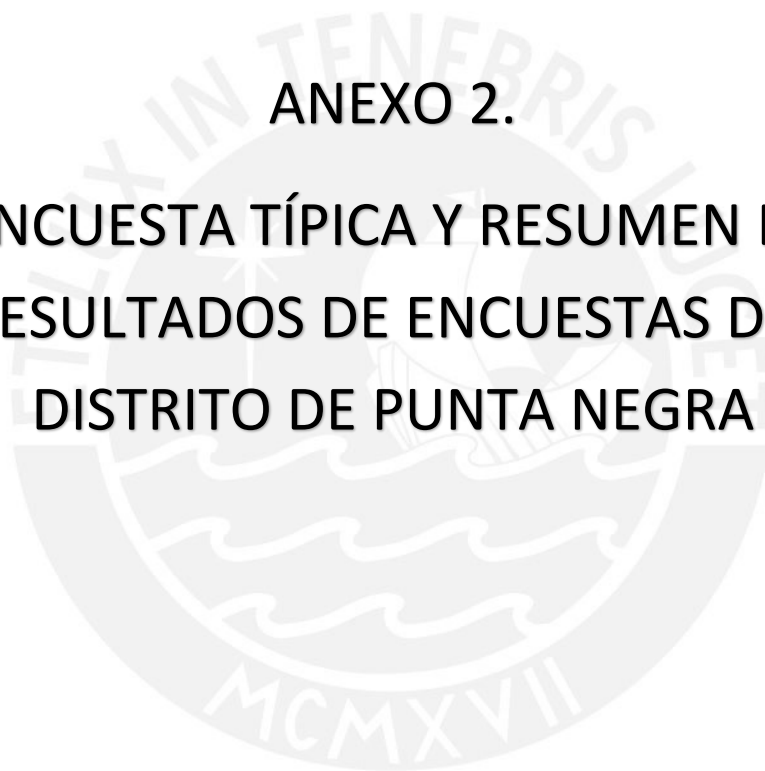
ANEXO 1.

**MAPA DE SECTORIZACIÓN DEL DISTRITO DE
PUNTA NEGRA**



ANEXO 2.

ENCUESTA TÍPICA Y RESUMEN DE RESULTADOS DE ENCUESTAS DEL DISTRITO DE PUNTA NEGRA



FICHA ENCUESTA: Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en Punta Negra

| Nº de vivienda: | 3 | Manzana | B | Fecha | 24/09/22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---|---|---|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Sector | SECTOR 1 | Lote | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parámetro | Criterios a evaluar | | | | Clase | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Organización y Tipo del S.R. | <u>Marcar SI o NO según lo observado:</u> Tuvo Asesoría Técnica <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table> Vivienda restaurada según RNE <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table> Deficiencia en la construcción <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table> Muros sin confinar <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | A | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Calidad del S.R. | <u>Encerrar SI o NO según lo observado:</u> Mampostería de buena calidad y resistencia <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> Buen amarre entre muros y ladrillos <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> Espesor de juntas entre 10 y 15 mm <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | A | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Resistencia Convencional | Lx: <u>22.3</u> m tx: <u>0.15</u> m # Pisos: <u>1</u> Ly: <u>12.4</u> m ty: <u>0.15</u> m h: <u>2.5</u> m h: altura de piso inf. | | | B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Posición del edificio y la cimentación | <u>Encerrar SI o NO según lo observado:</u> Cimentada en suelo rígido <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table> Ausencia de Pendientes pronunciadas <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> Inexistencia de humedad y sales en muros <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table> | | | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | C | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Diafragmas Horizontales | <u>Marcar SI o NO según lo observado:</u> Desniveles en la losa <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> Deformaciones mínimas de diafragma <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> Buen estado y conexión entre losas y muros <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> | | | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | A | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Configuración en planta | Se considera Xmin y Ymin = 0 a: <u>0</u> Xmax: <u>11.8</u> m Ymax: <u>6.4</u> m b: <u>0</u> | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Configuración en elevación | Calcular área del Piso más alto y Piso anterior A: <u>75.52</u> m ² Aant: <u>0</u> | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Distancia máxima entre muros | Mayor Espaciamiento entre muros (L): <u>6.1</u> m Espesor de muro principal (S): <u>0.15</u> | | | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Tipo de cubierta | <u>Marcar SI o NO según lo observado:</u> Estable y debidamente amarrada a muros <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> Correcto arriostramiento en vigas <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> Distancia aceptable entre vigas <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> Material liviano y en buenas condiciones <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | A |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Elementos no estructurales | <u>Encerrar SI o NO según lo observado:</u> Ningún elemento no estructural <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> Elemento no estructurales bien conectados al Sistema Resistente. <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | A | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Estado de conservación | <u>Marcar SI o NO según lo observado:</u> Muros en buenas condiciones <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table> Muros con fisuras menores a 2 mm <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr><tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;">NO</td></tr> </table> Componentes estructurales presentan deterioro <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table> Muros con graves deterioros <table style="display: inline-table; border: 1px solid black;"><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr><tr><td style="text-align: center;">SI</td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | A |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Sector | Manzana | Lote | Parámetro | | | | | | | | | | | Iv | Iv Normal. | Vulnerabilidad |
|--------|---------|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|------|------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 1 | A | 3 | A | C | B | A | B | A | B | D | D | C | B | 91,3 | 25,35 | MEDIA |
| 1 | A | 4 | B | D | D | B | D | A | A | C | D | B | B | 189 | 52,43 | ALTA |
| 1 | B | 8 | A | A | B | C | A | A | A | C | A | A | A | 32,5 | 9,03 | BAJA |
| 1 | B | 2 | B | A | B | C | A | A | D | C | A | A | A | 82,5 | 22,92 | MEDIA |
| 1 | B | 3 | B | C | B | C | C | B | A | D | B | B | C | 106 | 29,51 | MEDIA |
| 1 | B | 5 | B | B | B | D | D | B | B | D | A | B | C | 136 | 37,85 | MEDIA |
| 1 | B | 6 | C | B | B | C | D | A | A | C | A | B | D | 144 | 39,93 | MEDIA |
| 1 | B | 8 | B | C | B | D | D | B | B | D | A | C | B | 128 | 35,42 | MEDIA |
| 1 | B | 15 | B | A | A | A | D | A | A | B | B | B | B | 71,3 | 19,79 | BAJA |
| 1 | B | 18 | C | C | C | D | C | A | B | D | B | B | C | 169 | 46,88 | ALTA |
| 1 | B | 22 | B | A | A | A | A | A | A | D | A | C | D | 67,5 | 18,75 | BAJA |
| 1 | B | 23 | C | B | B | D | C | A | B | D | A | C | C | 125 | 34,72 | MEDIA |
| 1 | B | 30 | C | B | C | A | C | B | A | D | B | B | B | 108 | 29,86 | MEDIA |
| 1 | B | 33 | C | C | D | D | D | A | A | C | B | B | B | 199 | 55,21 | ALTA |
| 2 | C | 5 | B | B | C | C | C | A | A | C | B | C | C | 130 | 36,11 | MEDIA |
| 2 | C | 6 | C | C | C | C | D | A | A | C | A | B | B | 139 | 38,54 | MEDIA |
| 2 | C | 12 | A | D | C | D | C | B | A | D | B | C | C | 158 | 43,75 | ALTA |
| 2 | C | 17 | B | C | B | A | D | C | A | D | D | C | D | 184 | 51,04 | ALTA |
| 2 | C | 21 | B | D | D | D | D | C | B | C | B | C | B | 213 | 59,03 | ALTA |
| 2 | C | 27 | C | D | B | A | C | B | B | D | B | C | C | 119 | 32,99 | MEDIA |
| 2 | D | 2 | A | A | A | A | D | A | A | D | A | B | B | 61,3 | 17,01 | BAJA |
| 2 | D | 4 | B | D | C | D | D | B | A | C | B | B | B | 161 | 44,79 | ALTA |
| 2 | D | 6 | A | C | A | C | C | B | A | C | A | C | B | 60 | 16,67 | BAJA |
| 2 | D | 7 | B | D | C | C | D | A | B | C | A | C | C | 160 | 44,44 | ALTA |
| 2 | D | 9 | B | B | B | C | D | A | B | D | B | B | C | 134 | 37,15 | MEDIA |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|-------|
| 2 | D | 10 | C | C | C | B | C | A | B | D | A | B | B | 104 | 28,82 | MEDIA |
| 2 | D | 16 | C | C | D | C | C | A | A | C | B | C | C | 180 | 50,00 | ALTA |
| 2 | D | 17 | A | B | B | D | D | B | B | C | A | C | B | 113 | 31,25 | MEDIA |
| 3 | F | 198 | C | B | C | C | C | A | A | C | B | B | B | 119 | 32,99 | MEDIA |
| 3 | F | 200 | C | C | D | C | A | A | B | D | A | A | A | 129 | 35,76 | MEDIA |
| 3 | F | 204 | A | B | C | D | D | A | A | A | B | A | B | 138 | 38,19 | MEDIA |
| 3 | F | 209 | B | D | B | C | A | A | A | C | A | D | B | 65 | 18,06 | BAJA |
| 3 | F | 211 | B | A | C | C | D | C | B | C | C | B | B | 160 | 44,44 | ALTA |
| 3 | G | 218 | C | A | B | D | A | C | A | B | A | B | B | 80 | 22,22 | MEDIA |
| 3 | G | 222 | A | D | A | A | D | A | A | A | A | A | A | 56,3 | 15,63 | BAJA |
| 3 | G | 234 | B | B | C | D | D | B | A | C | B | C | B | 158 | 43,75 | ALTA |
| 3 | G | 235 | C | C | C | D | C | A | A | C | A | B | C | 144 | 39,93 | MEDIA |
| 3 | G | 265 | A | A | A | A | A | B | A | C | B | B | D | 68,8 | 19,10 | BAJA |
| 3 | H | 269 | B | C | D | C | D | B | B | C | B | B | C | 196 | 54,51 | ALTA |
| 3 | H | 275 | B | A | B | D | C | B | A | D | B | C | D | 141 | 39,24 | MEDIA |
| 3 | H | 280 | B | B | B | D | B | B | B | D | B | B | C | 111 | 30,90 | MEDIA |
| 3 | H | 283 | C | B | C | D | C | A | A | D | A | C | B | 130 | 36,11 | MEDIA |
| 4 | K | 299 | C | C | C | C | D | B | A | D | B | B | C | 181 | 50,35 | ALTA |
| 4 | K | 301 | C | D | A | A | A | A | A | D | A | C | B | 53,8 | 14,93 | BAJA |
| 4 | K | 304 | B | B | C | C | C | B | A | D | B | B | C | 131 | 36,46 | MEDIA |
| 4 | K | 305 | C | C | D | D | D | A | A | C | A | B | D | 224 | 62,15 | ALTA |
| 4 | K | 306 | C | C | C | D | C | A | B | A | B | C | B | 144 | 39,93 | MEDIA |
| 4 | K | 309 | C | A | B | A | A | A | B | B | C | A | B | 63,8 | 17,71 | BAJA |
| 4 | K | 311 | C | B | B | A | A | A | D | A | C | A | C | 124 | 34,38 | MEDIA |
| 4 | L | 313 | B | B | B | D | D | A | A | C | B | B | B | 119 | 32,99 | MEDIA |
| 4 | L | 345 | B | B | D | C | C | A | A | D | B | B | C | 159 | 44,10 | ALTA |
| 4 | L | 347 | C | B | B | D | D | B | A | C | A | B | C | 141 | 39,24 | MEDIA |
| 4 | L | 348 | B | D | C | C | C | A | A | D | B | C | B | 125 | 34,72 | MEDIA |

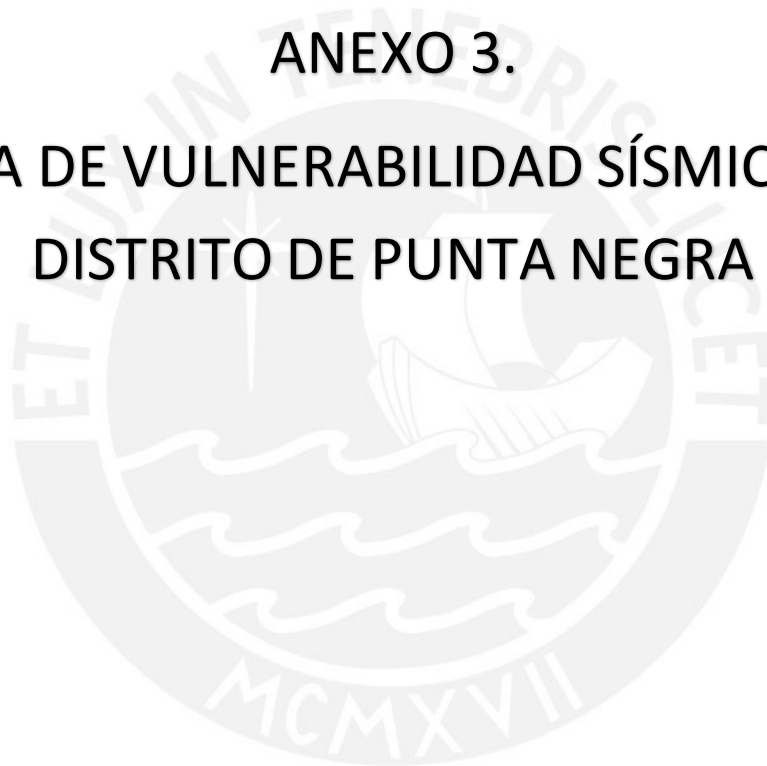
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|-------|
| 4 | L | 365 | C | C | B | B | C | B | B | A | A | B | B | 65 | 18,06 | BAJA |
| 4 | L | 369 | C | A | A | C | C | B | A | D | B | C | C | 114 | 31,60 | MEDIA |
| 5 | M | 414 | C | B | B | D | D | A | B | D | A | B | B | 129 | 35,76 | MEDIA |
| 5 | M | 415 | C | B | B | D | C | B | A | D | A | B | C | 116 | 32,29 | MEDIA |
| 5 | M | 416 | B | B | B | D | B | A | B | C | A | C | A | 70 | 19,44 | BAJA |
| 5 | M | 417 | C | B | B | C | C | A | C | C | B | B | A | 109 | 30,21 | MEDIA |
| 5 | M | 420 | A | B | B | C | B | D | D | C | C | C | B | 143 | 39,58 | MEDIA |
| 5 | M | 423 | B | C | A | D | C | A | A | C | B | B | B | 86,3 | 23,96 | MEDIA |
| 5 | N | 435 | B | B | C | C | D | A | B | C | A | B | B | 124 | 34,38 | MEDIA |
| 5 | N | 439 | C | C | A | B | D | B | A | D | B | C | C | 135 | 37,50 | MEDIA |
| 5 | N | 440 | C | C | D | C | C | B | B | D | B | B | C | 186 | 51,74 | ALTA |
| 5 | N | 454 | B | A | A | D | C | B | A | A | B | A | A | 71,3 | 19,79 | BAJA |
| 5 | N | 455 | B | C | A | C | D | A | A | A | A | C | C | 106 | 29,51 | MEDIA |
| 5 | N | 462 | C | B | C | C | D | B | A | C | B | C | B | 158 | 43,75 | ALTA |
| 5 | N | 463 | B | B | B | C | B | B | B | D | B | C | B | 82,5 | 22,92 | MEDIA |
| 6 | O | 468 | C | D | C | D | D | A | C | D | D | C | D | 280 | 77,78 | ALTA |
| 6 | O | 478 | C | B | D | C | B | B | A | B | C | B | A | 141 | 39,24 | MEDIA |
| 6 | O | 487 | C | B | C | B | B | C | C | C | A | A | A | 111 | 30,90 | MEDIA |
| 6 | O | 490 | B | C | B | B | C | A | C | A | A | B | B | 67,5 | 18,75 | BAJA |
| 6 | O | 491 | D | C | A | B | D | A | A | A | A | A | B | 105 | 29,17 | MEDIA |
| 6 | O | 498 | B | A | B | C | B | A | A | A | C | B | A | 61,3 | 17,01 | BAJA |
| 6 | O | 500 | D | C | A | C | B | A | A | D | A | A | B | 91,3 | 25,35 | MEDIA |
| 6 | P | 503 | C | C | C | B | A | A | C | A | C | D | A | 129 | 35,76 | MEDIA |
| 6 | P | 507 | B | A | D | A | B | A | A | A | C | B | B | 108 | 29,86 | MEDIA |
| 6 | P | 522 | C | A | A | A | C | A | D | A | A | A | B | 85 | 23,61 | MEDIA |
| 6 | Q | 523 | C | D | C | C | A | C | C | B | B | C | A | 148 | 40,97 | ALTA |
| 6 | Q | 543 | C | C | D | A | A | A | A | C | A | C | C | 131 | 36,46 | MEDIA |
| 6 | Q | 549 | B | A | A | B | A | B | A | C | C | D | B | 58,8 | 16,32 | BAJA |

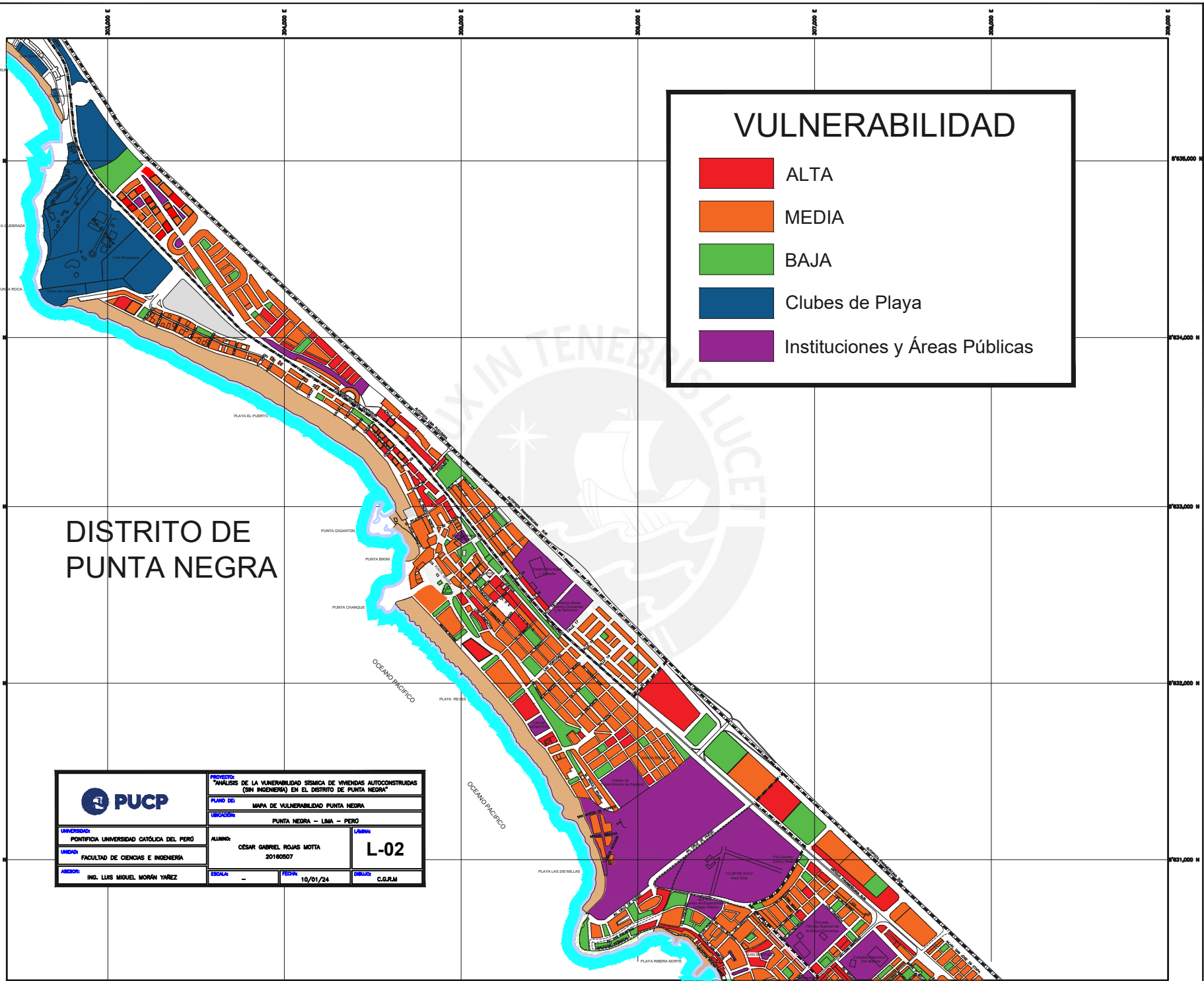
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|-------|
| 7 | T | 612 | A | A | C | C | C | A | A | A | A | A | A | 71,3 | 19,79 | BAJA |
| 7 | T | 613 | C | B | C | B | D | A | A | A | A | A | C | 133 | 36,81 | MEDIA |
| 7 | T | 614 | A | C | A | A | A | A | B | A | A | A | C | 36,3 | 10,07 | BAJA |
| 7 | T | 621 | A | C | B | D | D | C | A | C | A | A | C | 136 | 37,85 | MEDIA |
| 7 | T | 622 | B | C | A | C | B | B | B | C | B | A | B | 68,8 | 19,10 | BAJA |
| 7 | T | 628 | C | C | C | D | A | A | C | A | B | B | B | 143 | 39,58 | MEDIA |
| 7 | T | 622 | D | A | D | C | D | A | A | A | D | D | A | 233 | 64,58 | ALTA |
| 7 | T | 633 | C | B | B | C | B | A | B | A | A | A | D | 103 | 28,47 | MEDIA |
| 7 | U | 638 | D | A | B | A | A | A | A | B | B | D | A | 80 | 22,22 | MEDIA |
| 7 | U | 645 | C | A | C | D | C | A | B | B | C | C | C | 169 | 46,88 | ALTA |
| 7 | U | 646 | B | A | C | A | A | A | A | B | B | A | A | 58,8 | 16,32 | BAJA |
| 7 | U | 688 | C | A | A | A | A | A | B | C | A | C | C | 62,5 | 17,36 | BAJA |
| 7 | U | 694 | C | C | B | A | D | A | B | B | A | C | A | 91,3 | 25,35 | MEDIA |
| 8 | V | 711 | A | B | B | B | A | A | B | C | C | A | A | 48,8 | 13,54 | BAJA |
| 8 | V | 714 | B | C | A | D | C | B | B | B | D | A | B | 119 | 32,99 | MEDIA |
| 8 | V | 715 | B | A | A | C | A | B | A | A | C | A | B | 56,3 | 15,63 | BAJA |
| 8 | V | 723 | B | B | C | A | B | A | D | B | B | A | A | 110 | 30,56 | MEDIA |
| 8 | V | 725 | B | B | B | C | D | D | B | C | C | A | A | 136 | 37,85 | MEDIA |
| 8 | V | 726 | B | C | A | B | A | A | C | B | A | A | A | 41,3 | 11,46 | BAJA |
| 8 | V | 728 | D | A | B | B | C | A | A | C | B | C | A | 98,8 | 27,43 | MEDIA |
| 8 | Y | 743 | B | A | B | A | C | A | C | A | A | A | A | 52,5 | 14,58 | BAJA |
| 8 | Y | 744 | C | A | C | A | C | A | A | C | C | B | A | 104 | 28,82 | MEDIA |
| 8 | Y | 755 | B | A | A | B | A | A | C | B | A | D | C | 71,3 | 19,79 | BAJA |
| 8 | Y | 769 | A | A | A | B | C | A | C | A | A | A | C | 68,8 | 19,10 | BAJA |
| 8 | Y | 778 | C | C | C | C | A | D | D | C | C | B | B | 186 | 51,74 | ALTA |
| 8 | Y | 794 | B | B | B | D | A | A | A | C | A | C | B | 65 | 18,06 | BAJA |
| 9 | Y | 854 | D | C | B | A | C | B | A | B | D | D | B | 139 | 38,54 | MEDIA |
| 9 | Y | 855 | D | D | B | C | C | A | C | C | A | A | A | 129 | 35,76 | MEDIA |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|-------|
| 9 | Y | 865 | B | D | C | B | B | A | D | B | A | D | B | 125 | 34,72 | MEDIA |
| 9 | Y | 874 | B | D | D | C | C | A | A | C | C | D | C | 185 | 51,39 | ALTA |
| 9 | Y | 879 | A | A | B | B | C | D | C | C | B | C | C | 126 | 35,07 | MEDIA |
| 9 | Z | 887 | B | B | B | C | C | C | A | B | A | A | B | 66,3 | 18,40 | BAJA |
| 9 | Z | 902 | A | C | B | C | C | C | A | C | C | B | C | 116 | 32,29 | MEDIA |
| 9 | Z | 905 | B | B | B | A | B | A | D | C | C | A | C | 120 | 33,33 | MEDIA |
| 9 | Z | 911 | D | D | B | C | C | A | C | C | C | A | B | 159 | 44,10 | ALTA |
| 9 | Z | 923 | D | C | A | C | C | A | D | A | A | C | B | 141 | 39,24 | MEDIA |
| 9 | Z | 935 | C | C | C | A | A | A | D | B | B | B | C | 150 | 41,67 | ALTA |
| 9 | Z | 946 | B | B | C | B | B | B | D | C | A | D | C | 143 | 39,58 | MEDIA |
| 9 | Z | 958 | C | A | C | C | B | A | A | D | B | B | C | 133 | 36,81 | MEDIA |
| 10 | I | 320 | A | C | B | C | A | A | D | A | A | B | A | 77,5 | 21,53 | MEDIA |
| 10 | I | 333 | A | B | C | B | A | A | B | B | C | D | C | 110 | 30,56 | MEDIA |
| 10 | I | 350 | B | C | C | C | C | C | A | B | B | A | B | 116 | 32,29 | MEDIA |
| 10 | I | 352 | B | C | C | C | A | A | A | C | D | A | C | 144 | 39,93 | MEDIA |
| 10 | I | 354 | B | C | B | A | C | A | D | B | B | D | C | 131 | 36,46 | MEDIA |
| 10 | I | 355 | C | B | B | C | C | A | A | C | B | B | A | 83,8 | 23,26 | MEDIA |
| 10 | J | 372 | A | B | A | A | D | A | A | C | A | C | A | 58,8 | 16,32 | BAJA |
| 10 | J | 376 | D | B | D | D | A | A | A | C | B | B | B | 174 | 48,26 | ALTA |
| 10 | J | 421 | B | B | B | D | C | A | C | A | C | A | B | 118 | 32,64 | MEDIA |
| 10 | J | 422 | B | C | D | D | C | A | C | A | A | C | C | 184 | 51,04 | ALTA |
| 10 | J | 423 | B | D | B | C | A | A | A | C | B | D | C | 100 | 27,78 | MEDIA |
| 10 | J | 430 | A | A | C | A | B | A | A | D | A | A | B | 58,8 | 16,32 | BAJA |
| 10 | J | 442 | B | A | D | A | C | A | A | C | B | D | C | 145 | 40,28 | ALTA |

ANEXO 3.

**MAPA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL
DISTRITO DE PUNTA NEGRA**





VULNERABILIDAD

- ALTA
- MEDIA
- BAJA
- Clubes de Playa
- Instituciones y Áreas Públicas

DISTRITO DE PUNTA NEGRA

| | | |
|--|--|------------------------|
| PUCP | PROYECTO: ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS (SIN INGENIERÍA) EN EL DISTRITO DE PUNTA NEGRA | |
| | PLANO DE: MAPA DE VULNERABILIDAD PUNTA NEGRA | |
| UNIVERSIDAD: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ | ALUMNO: CESAR GABRIEL ROJAS MOTTA 20160507 | L-02 |
| UNIDAD: FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA | ESCALA: - FECHA: 10/01/24 | DIBUJO: C.G.R.M |
| AUTOR: ING. LUIS MIGUEL MORÁN YÁÑEZ | | |