

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS
**“CARACTERIZACIÓN DE POBLACIONES VULNERABLES, BASADA
EN UNA PLATAFORMA GEOMÁTICA”**

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES

ELABORADA POR:

Ing. MIGUEL ÁNGEL UQUICHI CAMPOS

ID: 0009-0009-6875-6705

ASESOR:

Mag. NEMESIO REINALDO CANELO ALMEIDA

ID: 0009-0009-5823-9595

LIMA, PERÚ

2025

“CARACTERIZACIÓN DE POBLACIONES VULNERABLES, BASADA EN UNA PLATAFORMA GEOMÁTICA”

MIGUEL ÁNGEL UQUICHI CAMPOS

Presentado a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil en
cumplimiento parcial de los requerimientos para el grado académico de:

MAESTRO EN GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES

DE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

2025

Autor	: Ing. Miguel Ángel Uquichi Campos
Recomendado	: Mag. Nemesio Reinaldo Canelo Almeida Asesor de la Tesis
Aceptado por	: Dra. Heddy Marcela Jimenez Yabar Directora (e) de la Unidad de Posgrado

@ 2025; Universidad Nacional de Ingeniería, todos los derechos reservados ó el
autor autoriza a la UNI-FIC a reproducir la tesis en su totalidad o en partes



DEDICATORIA

A los profesores Mag. Nemesio Reinaldo Canelo Almeida, y Mag. Hernán González Fernández – Dávila, por orientar las cátedras de Planeamiento Urbano y Regional, y Acondicionamiento Territorial.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Mag. Nemesio Reinaldo Canelo Almeida, por brindarme su amistad, y asumir una vez más, la dirección y asesoría.

A la profesora Mag. Teresa Belkow, por mantener en mí, el entusiasmo y motivación en culminar este proyecto.

Al Dr. Miguel Estrada Mendoza, por la orientación durante el inicio de este proyecto.

Al Dr. Miguel Torres Matos, ex Director del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, cuya instancia pudo financiar varias etapas del proyecto de investigación, desde la implementación del proyecto piloto hasta su formalización en la presente Tesis.

Al Dr. Pablo Vega Centeno Sara Lafosse, y Viktor Bensús, por el interés y colaboración en el proyecto de investigación piloto.

Al Dr. Neil Alata Olivares, por sus aportes y sugerencias durante la formulación del Plan de Tesis.

A Terry Palomino, Edy Pacheco, Nekson Pimentel, Arturo Turpo, y Judith Paredes, por el trabajo de capacitación realizado en el equipo durante el proyecto piloto.

A los estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería, Cristian H. Rojas, Rubén D. Ramírez, Carlos A. Acuña, Carlos Y. Meléndez, Eduardo R. Ruiz, Micaela Contreras, Frank Ramírez, Fred O. Espinoza, y Jean J. Cuevaque, quienes realizaron el trabajo de recolección de datos, durante proyecto piloto.

A la Ing, Raquel Amao de la Municipalidad Distrital de Carabayllo por la orientación acerca de las zonas de expansión urbana y la planificación del uso del suelo.

Al Helbert Bazán, por su grandiosa amistad y desinteresado apoyo; a todos los vecinos por su valiosa e inmensurable colaboración.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. PROTOCOLO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE ESTUDIO	4
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo General:	5
1.2.2 Objetivos Específicos:.....	5
1.3 HIPÓTESIS Y VARIABLES	5
1.4 METODOLOGÍA	7
1.4.1 Definición de los componentes de la vulnerabilidad	7
1.4.2 Definición del modelo para el análisis de la vulnerabilidad	9
1.4.3 Ponderación de las variables.....	10
1.4.4 Registro y procesamiento de los datos.....	11
1.4.5 Incorporación de los datos en un sistema de información geográfica.....	13
1.4.6 Protocolos de ingreso y obtención del Índice de Vulnerabilidad.....	14
1.4.7 Matriz de vulnerabilidad	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	18
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.2 BASES TEÓRICAS	20
2.2.1 La vulnerabilidad del ambiente edificado	21



2.2.2	La vulnerabilidad de las personas	21
2.3	MARCO CONCEPTUAL.....	22
2.3.1	Aspectos formales de la gestión de riesgo.....	22
2.3.2	Definiciones operativas: Peligro y Vulnerabilidad	23
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO		24
3.1	CARACTERIZACIÓN GENERAL.....	24
3.2	SITUACIÓN DE EMPLAZAMIENTO.....	27
3.2.1	Condiciones del subsuelo	28
3.2.2	Condiciones del suelo	30
3.2.3	Caracterización de movimientos en masa.....	30
3.3	ASPECTOS SOCIO AMBIENTALES.....	33
3.4	CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE EDIFICADO	34
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN		38
4.1	ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS	38
4.1.1	Unidades y escala de estudio	38
4.1.2	Resultados.....	40
4.2	DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	41
4.2.1	Sobre la fragilidad y la resiliencia	41
4.3	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	46
CONCLUSIONES.....		48
RECOMENDACIONES		50
REFERENCIAS		51
ANEXOS		55
ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....		56
ANEXO 2 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL		57
ANEXO 3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MÓDULO A.....		58
ANEXO 4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MÓDULO B.....		59
ANEXO 5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MÓDULO C.....		60
ANEXO 6 PARÁMETROS DE PONDERACIÓN.....		61



ANEXO 7 MAPA DE VULNERABILIDAD: DIMENSIÓN SOCIAL	63
ANEXO 8 MAPA DE VULNERABILIDAD: DIMENSIÓN ECONÓMICA	64
ANEXO 9 MAPA DE VULNERABILIDAD: DIMENSIÓN AMBIENTAL	65
ANEXO 10 MAPA DE VULNERABILIDAD: SÍNTESIS.	66
ANEXO 11 MATRIZ DE NIVELES DE LECTURA	67
ANEXO 12 ESTADOS DE LA VULNERABILIDAD: ZONA 1	71
ANEXO 13 ESTADOS DE LA VULNERABILIDAD: ZONA 2	73
ANEXO 14 ESTADOS DE LA VULNERABILIDAD: ZONA 3	75
ANEXO 15 ESTADOS DE LA VULNERABILIDAD: ZONA 4	77
ANEXO 16 ESTADOS DE LA VULNERABILIDAD: ZONA 5	79
ANEXO 17 CÉDULA DE REGISTRO DE CAMPO	81



LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Tipos de variables para el proceso de análisis de la vulnerabilidad	5
Tabla 1.2 Modelo de la estructura de datos para el análisis de la vulnerabilidad	8
Tabla 1.3 Estratificación de la condición de vulnerabilidad.....	15
Tabla 1.4 Características de los niveles de vulnerabilidad	16
Tabla 3.1 Incremento demográfico en la Provincia de Lima	25
Tabla 3.2 Distribución de la pendiente del terreno dentro de la microcuenca	31
Tabla 3.3 Material predominante en la construcción de los edificios	35
Tabla 4.1 Distribución estadística de las muestras	39
Tabla 4.2 Resultados obtenidos en el proyecto piloto.....	40



LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura general de variables	9
Figura 1.2 Proceso general de compilación de los datos en la gestión de riesgo	13
Figura 3.1 Texturas del territorio acondicionado.	26
Figura 3.2 Microzonas de respuesta sísmica	29
Figura 3.3 Vista en dirección nor oeste desde la cabecera de la microcuenca.....	31
Figura 3.4 Edificaciones tipo, construidas sobre pendientes críticas.....	32
Figura 3.5 Vista hacia el sur oeste del vecindario El Polvorín	33
Figura 3.6 Características del ambiente edificado	36
Figura 4.1 Distribución de las unidades de estudio	38
Figura 4.2 Distribución relativa de casos por vecindario	42
Figura 4.3 Distribución relativa de componentes y dimensiones de la vulnerabilidad	43
Figura 4.4 Características de la vulnerabilidad global.....	44

RESUMEN

Los temas de esta tesis tratan sobre el procesamiento de datos geospaciales destinados al análisis de la vulnerabilidad urbana, para aplicaciones de gestión de riesgos. La investigación comienza con un enfoque de resiliencia y propone un modelo de índice de vulnerabilidad. Un diagrama de flujo resume la estructura del procesamiento de datos.

La propuesta de la investigación se basa en la separación de las características de las personas y el ambiente construido, ambos como componentes del entorno humano.

El propósito de esta división es facilitar la formulación de criterios que permitan definir escenarios de vulnerabilidad. Debido a las diferencias en los índices de vulnerabilidad entre las personas y el ambiente construido, la propuesta utiliza un proceso general para analizar los datos. Por otro lado, los criterios para obtener el parámetro se centran en el análisis de la resiliencia.

El modelo de procesamiento de datos ha sido diseñado para ser utilizado en algún sistema de información geografía u otro marco para la minería de datos. Los indicadores obtenidos se separan por cada componente conceptual, con el fin de identificar los factores predominantes que causan un alto índice de vulnerabilidad.

Palabras claves: Gestión de riesgo de desastres, geografía de la vulnerabilidad, indicadores de vulnerabilidad urbana.

ABSTRACT

Topics in this thesis are about geospatial data processing aimed to urban vulnerability analysis, for risk management applications. The research starts with a resilience approach, and propose a model of vulnerability index. A flowchart resumes the structure of the data processing.

The proposal of the research is based on the separation of the characteristics about people and the built environment, both as the principal human environment components. The purpose of this division is facilitating the formulation of criteria, that will allow vulnerability scenarios to be defined. Due to the differences about the vulnerability indexes between people and built environment, the proposal uses a general process to analyze the data. On the other hand, the criteria to get parameter is focused on the analysis of the resilience.

The model of data processing has been designed to be used in some geographic information system, or other framework for data mining. The indicators obtained are separated by each conceptual components, in order to identify predominant factors that causes a high vulnerability index.

Keywords: disaster risk management, geography of vulnerability, urban vulnerability index.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis es el resultado de un prolongado trabajo prospectivo que comenzó en 2015, culminado en 2016. El trabajo de campo fue asistido por estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Ingeniería, y estudiantes de humanidades provenientes de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. En cierta medida, esta tesis es una continuación y formalización de la propuesta presentada al Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Ingeniería; dicho instituto ha podido financiar oportunamente, tanto la investigación de campo, así como la formulación de la propuesta.

El tópico principal es el procesamiento de datos para el análisis de la vulnerabilidad en el contexto de la Gestión de Riesgo de Desastres. La estructura de datos y cálculo propuestos, es una variante basada en el modelo formal de la evaluación de riesgos; instrumento normativo que es regulado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

Entonces se ha procurado generar un modelo de procesamiento de la información a propósito del análisis y evaluación de la vulnerabilidad de la población. Su aplicación principal tiene relación con la priorización del uso de recursos públicos orientados a la reducción de la vulnerabilidad; considerando, como punto de partida, a las unidades de análisis con altos índices de vulnerabilidad respecto de un grupo determinado de casos; en esta ocasión, los casos están representados por unidades domésticas, vale decir familias.

El proyecto piloto ha tenido lugar dentro del distrito de Carabayllo. El vecindario piloto, ha experimentado una progresiva ocupación produciendo un medio acondicionado con sus propias maneras. Así, el ambiente edificado alcanzado tiene múltiples formas; desde la variedad de los materiales empleados (principalmente unidades de albañilería tipo ladrillos, bloques de cemento, y otros), como las diversas formas geométricas de las estructuras que las sostienen, siendo muchos de ellos irregulares tanto en planta como en elevación.

El Capítulo I trata de la formulación del modelo de procesamiento de datos, las técnicas utilizadas, tanto como sus modos de ensamble y resultados; además, se caracteriza la matriz de vulnerabilidad a modo de escenarios provenientes de las condiciones de vulnerabilidad detallados en el ANEXO 11. El Capítulo II contiene una introducción al marco teórico sobre el que está basado el presente trabajo, y sobre los conceptos que se utilizarán en la tesis. El Capítulo III consiste en la caracterización del medio físico y las condiciones socio ambientales referidas a la zona de estudio, tomando en cuenta el contexto físico



ambiental en donde los actores habitan su espacio. Mientras que, en el Capítulo IV, se ha tratado de comentar sobre las unidades de estudio y de la escala de lectura; además, se ha hecho un análisis global, considerando el conjunto total, para luego disgregarlos por cada unidad estadística. En las Conclusiones y Recomendaciones, se hace una reflexión sobre los potenciales de la propuesta, así como de sus limitaciones ya que esta herramienta es perfectible en la misma medida de las posibles técnicas y modelos a emplear para obtener los parámetros e indicadores.

El sistema coordinado de referencia en la producción cartográfica corresponde al tipo UTM (Universal Transversal Mercator) y se utilizó el modelo WGS84 (World Geodetic System - 1984), donde las coordenadas responden al huso 18 en el hemisferio Sur.

CAPÍTULO I. PROTOCOLO DE LA INVESTIGACIÓN

Lo que hasta hoy en día se ha conceptualizado como vulnerabilidad, en el sentido espacial se manifiesta a través de la ocupación del territorio, donde el establecimiento humano, y más precisamente sus estructuras físicas, se han producido y emplazado con ciertos inconvenientes para la habitación sobre el entorno. Sin embargo, es importante tener en cuenta, tal como se comentó anteriormente, que la condición de vulnerabilidad puede ser un hecho producido dentro de las dinámicas sociales siendo más bien una condición intrínseca a los elementos expuestos, y a veces de manera independiente de la amenaza al que podrían estar expuestos. Las fuentes de riesgo provienen tanto del medio físico como de las actividades antrópicas, incluido el ambiente edificado como tal, en tanto edificios o infraestructuras emplazadas sin una coordinación contextual¹.

En la propuesta metodológica de la presente tesis, se considera que los parámetros que caracterizan a la vulnerabilidad de un sistema son asumidos, en primera instancia, como una condición intrínseca del elemento expuesto. Sobre todo, cuando dichos parámetros se relacionan directamente con las personas en tanto unidades domésticas, frente a un sismo por ejemplo; del mismo modo, con las edificaciones (Adriano y otros, 2014; Estrada y otros, 2012).

Entonces para mejorar el alcance de los modelos de análisis cabe la distinción entre las variables vinculadas a las personas, de las que están relacionadas con las estructuras físicas (Kuroiwa, 2002; Canelo Almeyda, 1963). Las estructuras físicas, en contraste con las condiciones sociales de existencia, requieren un tratamiento distinto tanto como su modelamiento, más pertinente a la ingeniería estructural.

Adicionalmente, es importante mencionar que la noción de exposición se ha asumido en un sentido espacial, y directamente vinculado a la condición de emplazamiento (Gonzales de Vallejo y otros, 2002); se asume dicha noción como contextos socio ambientales.

¹ El Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sostenible (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2022) incorpora en sus componentes técnicos el análisis de riesgo, aún sin reglamentación; no obstante, solamente para la protección y seguridad de los elementos del ambiente edificado, y pocas veces de algunos tipos de edificaciones como fuentes de riesgo tales como un grifo o una industria pesada. De la misma manera, se aseguran las inversiones bajo medidas contingentes en la producción de infraestructuras físicas, equipamientos y demás unidades eventualmente expuestas. Adquiriendo así, un enfoque netamente locacional y de emplazamiento del establecimiento humano, sin embargo, dejando de lado el componente de la vulnerabilidad social.

La localización de los eventos que representan a una amenaza respecto a los elementos expuestos es hoy en día el foco de la problematización respecto a los estudios sobre vulnerabilidad. Por ejemplo, las unidades más vulnerables no necesariamente coinciden con la localización de los lugares vulnerables (D'Ercole y otros, 2009). Entonces, por un lado, se asume la vulnerabilidad directa a la exposición, en la medida en que han resultado ser espacios de riesgo provocados desde el medio físico, en tanto agente condicionante, o desde las mismas actividades antrópicas (Canelo Almeyda, 1963; Metzger & D'Ercole, 2009; Instituto Nacional de Defensa Civil, 2006). Por otro lado, se tiene la perspectiva enfocada sobre los elementos expuestos, cuyos aspectos sociales son igual de relevantes.

La propuesta de esta tesis se basa en la consideración de que las variables vinculadas a la resiliencia son un tópico de mucha importancia para el proceso de autogestión de riesgos, así como para la recuperación de una determinada comunidad luego de experimentar algún evento adverso. En este sentido, se pretende desarrollar indicadores relacionados con la capacidad de respuesta en función al grado de cohesión social.

1.1 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

Actualmente, en el país no existe una metodología que permita desarrollar indicadores vinculados a la vulnerabilidad urbana desde el enfoque de la resiliencia social. Considerando las múltiples amenazas que existen, tanto como la expansión irregular del tejido urbano acompañada de edificaciones informales.

Sumando a lo mencionado anteriormente, algunos de los mayores inconvenientes que se presentan en el proceso de elaboración y generación de indicadores para evaluar la vulnerabilidad, son el diseño, el modelo de variables, y la recopilación de la información. En este sentido, el procesamiento de la información para efectos de la evaluación de la vulnerabilidad urbana es imprescindible.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo de esta tesis es ensayar un modelo de procesamiento de la información complementaria al ambiente edificado para la generación de indicadores de vulnerabilidad, tomando en consideración las características de resiliencia y fragilidad de las unidades expuestas, a modo de unidades domésticas. Dichos indicadores permiten priorizar la intervención sobre las mismas, en función a los resultados del índice de vulnerabilidad alcanzados.

1.2.1 Objetivo General:

- Estimar la vulnerabilidad urbana a través de indicadores sistematizados en una plataforma geomática para la elaboración de mapas temáticos, que sirvan de herramientas para la GRD.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Levantamiento de información de campo, en una zona piloto.
- Identificación de los indicadores y parámetros, los cuales permiten evaluar los diferentes niveles de vulnerabilidad.
- Desarrollar una plataforma geomática en donde se pueda implementar la caracterización de la vulnerabilidad.

1.3 HIPÓTESIS Y VARIABLES

Existe la posibilidad de generar indicadores organizados geográficamente en una plataforma geomática, que permita identificar la vulnerabilidad urbana. La sistematización, programación y planteamiento metodológico permite identificar indicadores y elaborar mapas de vulnerabilidad urbana.

En buenas cuentas, es necesario reforzar el modelo de vulnerabilidad con variables socioambientales para tener mayor aproximación a la resiliencia de las poblaciones expuestas, a partir del diseño de indicadores evaluados en la misma localidad.

Tabla 1.1

Tipos de variables para el proceso de análisis de la vulnerabilidad

Nomenclatura	Categoría	Nombre	Tipo de variable
n	Variable de registro	Condición de vulnerabilidad	NE
N	Variable de registro	Vector de vulnerabilidad	NF
I _v	Indicador Principal	Índice de vulnerabilidad	NF

Nomenclatura	Categoría	Nombre	Tipo de variable
I_n	Indicador Principal	Nivel de Vulnerabilidad	TX
V_i	Dimensión	Índice de la dimensión i	NF
V_{ij}	Componente	Índice del componente j	NF
V_{ijk}	Criterio	Índice del criterio k	NF
V_{ijkl}	Descriptor	Índice del descriptor l	NF
P_i	Dimensión	Peso de la dimensión i	NF
P_{ij}	Componente	Peso del componente j	NF
P_{ijk}	Criterio	Peso del criterio k	NF
P_{ijkl}	Descriptor	Peso del descriptor l	NF
R_l	Rango	Valor límite de dominio para el nivel l del I_v	NF
R_{il}	Rango	Valor de dominio para el nivel l de V_i	NF
R_{ijl}	Rango	Valor de dominio para el nivel l de V_{ij}	NF

Nota. Elaboración propia.

Los valores necesarios para completar el análisis de la vulnerabilidad llevan la nomenclatura mostrada en la Tabla 1.1. Estos tres grupos de variables están alojados en una matriz construida desde las Ecuaciones 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, y 1.8. Los tipos de variable son principalmente números fraccionarios (NF), mientras que los valores de las variables que representan a los descriptores provenientes de la encuesta son números enteros (NE), también se utilizan variables tipo texto (TX).

En síntesis, las variables de partida alojan a los valores de registro obtenidos durante el censo. Los valores de ponderación mostrados en la Tabla 1.1 son parte necesaria en cuanto variables de entrada y de procesamiento de la información, los cuales permiten realizar las operaciones mostradas en las Secciones 1.4.3, 1.4.4, y 1.4.6. Los valores de ponderación son contruidos por el especialista, y no necesariamente están en la cédula censal. Finalmente, las variables vinculadas al indicador principal I_v , tales como V_i y V_{ij} , forma parte del resultado final del todo el procesamiento de los datos detallados en el ANEXO 2, ANEXO 3, ANEXO 4, y ANEXO 5.

1.4 METODOLOGÍA

Para este propósito se ha seguido un modelo con un enfoque territorial separando a cada uno de sus componentes (Canelo Almeyda, 1991). Esta aproximación permite distinguir a los elementos que se analizarán de manera independiente puesto que tanto las personas, las estructuras físicas o no físicas presentes en el medio acondicionado, así como los elementos que forman parte del medio físico, poseen distintas condiciones de existencia. Para esta tesis, se ha hecho un enfoque en el primer componente.

En este modelo hay una clara diferenciación entre dos elementos del entorno antropizado: las estructuras físicas correspondientes al ambiente edificado; y las estructuras no físicas tales como las formas sociales de la existencia humana, por ejemplo, los modos de organización social, los modos de administración y gestión de un espacio geográfico determinado, o las formas de relación – representación con el entorno en general.

En este sentido, la propuesta del modelo se enfoca en los componentes sociales de la vulnerabilidad separados de los aspectos físicos y de contexto, cuyos valores caracterizados pueden ser ensamblados posteriormente, en un análisis de riesgo.

1.4.1 Definición de los componentes de la vulnerabilidad

A propósito del estudio de la vulnerabilidad, las definiciones operativas utilizadas en este ensayo siguen los lineamientos del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (Presidencia del Consejo de Ministros, 2011). Entonces, el análisis de la vulnerabilidad tiene lugar a través de dos de sus tres componentes²: fragilidad y resiliencia, definidos como sigue (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2015):

² En la presente Tesis, el tercer componente denominado exposición ha sido asignado a las características de las condiciones de emplazamiento del establecimiento humano; adquiriendo así una connotación más espacial

La fragilidad es definida como “condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida” frente a un evento adverso.

La resiliencia es definida como “el nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida” luego de un evento adverso.

El programa de trabajo para el análisis de la vulnerabilidad se lleva a cabo mediante cinco niveles de análisis, cuatro de los cuales están sintetizados en la Tabla 1.2, a través de sus dimensiones (Nivel 2), componentes (Nivel 3) y criterios respectivos (Nivel 4); los descriptores (Nivel 5), de cada uno de los criterios están detallados en el ANEXO 11. Dichos parámetros permiten analizar la vulnerabilidad a modo de filtros ponderados.

Tabla 1.2

Modelo de la estructura de datos para el análisis de la vulnerabilidad

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Índice de Vulnerabilidad	Social	Fragilidad Social	Grupo Etario
			Seguro del Jefe de Hogar
		Resiliencia Social	Junta Directiva Local
			Convivencia Local
			Sentido de Pertenencia
	Económica	Fragilidad Económica	Población Económicamente Activa
			Solidaridad Vecinal
		Resiliencia Económica	Cobertura de la Canasta Familiar
			Capacidad de Ahorro
	Ambiental	Fragilidad Ambiental	Desagüe (destino de residuos)
		Resiliencia Ambiental	Agua Potable (disponibilidad)

Nota: Elaboración propia.

y locacional. Entonces, el concepto de exposición permitirá concluir con el análisis de riesgo de desastres en la medida de combinarlos con los escenarios de peligro, tal como se ilustra en la Figura 1.2.

Para el análisis de los componentes de cada dimensión ha sido necesario definir una serie de escenarios de vulnerabilidad; a modo de niveles de vulnerabilidad, éstos consisten en contextos metodológicamente creados a partir de los descriptores que califican a los criterios mostrados en la Tabla 1.2. Dichos descriptores fueron formulados conjuntamente con la población involucrada durante la etapa de socialización del proyecto. En esta actividad los líderes de cada vecindario han tenido mucha relevancia.

De esta manera, el nivel de vulnerabilidad alcanzado por cada unidad analizada dependerá de la configuración de los sucesivos filtros de evaluación en cada nivel, partiendo de los descriptores, los cuales son ponderados de acuerdo a su jerarquía³.

Las rutinas para el procesamiento de la información han sido diseñadas, de tal forma que, para cada ítem analizado, resulta una posición de vulnerabilidad del mismo respecto del total de casos.

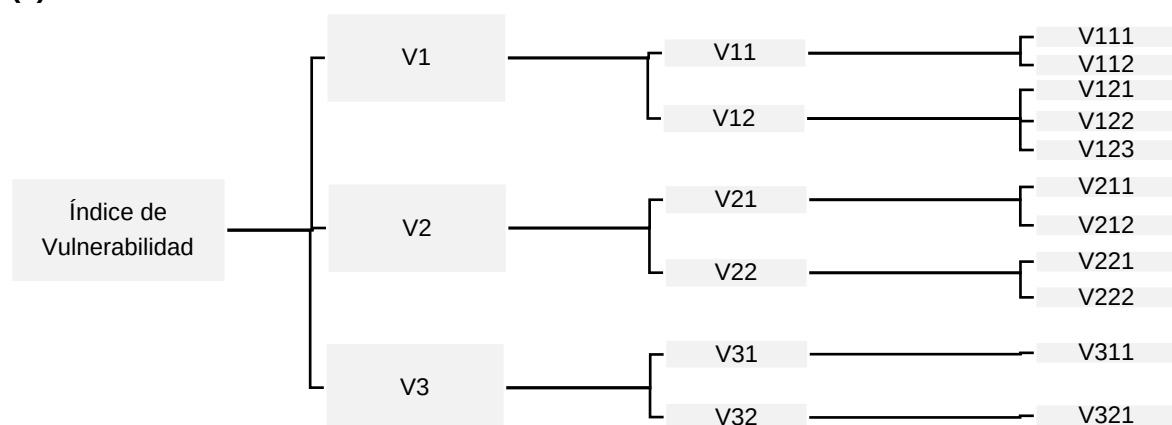
1.4.2 Definición del modelo para el análisis de la vulnerabilidad

El modelo de análisis propuesto sigue la estructura de la Figura 1.1, donde cada ítem se caracteriza por un vector de entrada cuyos valores representan a los niveles de vulnerabilidad registrados en la cédula; posteriormente dichos valores son traducidos hacia sus índices de partida desde sus equivalentes ponderados asociados a cada descriptor.

Figura 1.1

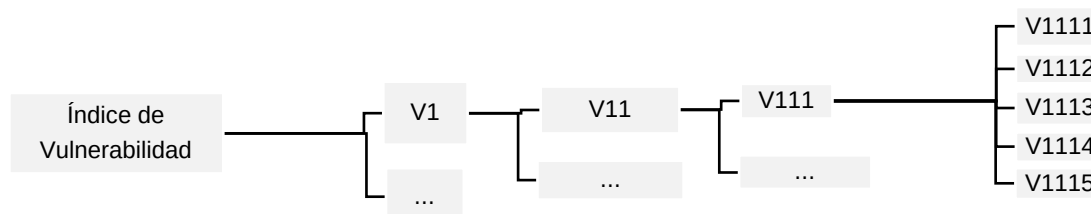
Estructura general de variables

(a)



³ La técnica utilizada para definir el peso de cada variable consiste en la asignación de ponderaciones luego de la jerarquización de cada una de ellas (Saaty & Vargas, 1982). Mediante este procedimiento se busca priorizar las variables orientadas hacia los niveles de vulnerabilidad que se han considerado críticas.

(b)



Nota: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Ecuación 1.4, la traslación de las condiciones de vulnerabilidad desde la cédula censal implica una conversión de valores tipo texto a números.

1.4.3 Ponderación de las variables

La ponderación implica la asignación del grado de importancia de los elementos de cada nivel de análisis; tal asignación permite poner en relieve un caso crítico determinado, respecto al resto, dentro de un grupo definido. Éste consiste en asignar valores de ponderación a los criterios previamente definidos, después de jerarquizarlos. Mediante este procedimiento se busca priorizar a las variables bajo la orientación de los rangos de vulnerabilidad propuestos en la Tabla 1.3.

Antes de todo, los principales parámetros son jerarquizados dentro de un nivel de análisis consignados en una matriz simétrica M , de n dimensiones (n , es el número de criterios comparados en el nivel), como se indica en la Ecuación 1.4. Los valores de m_{ij} están sujetos a las condiciones contrastivas entre los criterios comparados (Saaty & Vargas, 1982; Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2015). Así, se busca llegar a conocer el vector de ponderación p compuesto por los valores que representan a los pesos de cada criterio, con la ayuda de otro vector condicional denominado vector suma ponderada v .

Los parámetros asociados a la vulnerabilidad son expuestos a una ponderación simétrica, como se puede mostrar en la Ecuación 1.1. La relación de simetría entre un par de elementos de M implica necesariamente que cumplan con la forma de la Ecuación 1.2.

La obtención del vector v se lleva a cabo mediante la relación de los vectores M y p tal como sigue a continuación, en la Ecuación 1.1:

$$\mathbf{M} \times \mathbf{p} = \begin{bmatrix} 1 & m_{12} & \dots & m_{1n} \\ m_{21} & 1 & \dots & m_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} p_{11} \\ p_{12} \\ \dots \\ p_{1n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} \\ v_{12} \\ \dots \\ v_{1n} \end{bmatrix} = \mathbf{v} \quad (1.1)$$

La matriz $\mathbf{M}$ se caracteriza por tener elementos que se corresponden de manera simétrica con respecto de la diagonal principal. La función que las relaciona se resume en la Ecuación 1. 2:

$$m_{ij} \times m_{ji} = 1 \quad (1.2)$$

Donde m_{ij} es el valor de la prioridad del criterio i respecto del j . Para los efectos de la distribución de la importancia de cada variable, los componentes del vector $\mathbf{p}$ llevan consigo una relación aritmética en todo su conjunto, puesto que la suma de estos valores debe llegar a la unidad, tal como se muestra en la Ecuación 1. 3:

$$\sum_{i=1}^n p_{1i} = p_{11} + p_{12} + \dots + p_{1n} = 1 \quad (1.3)$$

En el modelo de análisis es importante calibrar los valores de la matriz $\mathbf{M}$, ya que de ella se deducirá el vector $\mathbf{p}$, cuyos componentes son el punto de partida para la generación de los indicadores de vulnerabilidad. En el ANEXO 6 es posible apreciar los valores que se han utilizado para el análisis de los casos; el nivel de importancia ha tenido lugar en los procesos de sensibilización de las variables durante la formulación de la cédula de registro de las condiciones de vulnerabilidad, aplicados en los vecindarios respectivos.

1.4.4 Registro y procesamiento de los datos

El procesamiento de la información comienza con la tabulación de la información registrada en las cédulas. En la Ecuación 1.4 se muestra la función de traslación de la información de campo dentro del vector $\mathbf{N}$, a partir de la condición de vulnerabilidad n evaluada para cada caso.

$$t(n) = N$$
$$\text{para } n = i, N_i = 1; \text{ para } n \neq i, N_i = 0 \quad (1.4)$$

El Índice de vulnerabilidad (I_v) es obtenido a partir de una combinación lineal de un sistema compuesto por dos espacios vectoriales ($\mathbf{V}$ y $\mathbf{P}$). Dichos valores son producidos para cada dimensión (V_i) junto al peso asignado a las mismas (P_i), tal como se puede apreciar en la

Ecuación 1.5. Para los propósitos formales de la gestión del riesgo, se utilizan 3 dimensiones⁴.

$$I_v = \sum_{i=1}^3 V_i P_i \quad (1.5)$$

El nivel de vulnerabilidad alcanzado por cada dimensión se obtiene mediante la combinación lineal entre los valores alcanzados por cada componente y los pesos asociados a cada uno de ellos, tal como se expresa en la Ecuación 1. 6:

$$V_i = \sum_{j=1}^2 V_{ij} P_{ij} \quad (1.6)$$

Los componentes asociados a cada dimensión corresponden a la fragilidad y resiliencia de cada caso analizado. El valor del nivel de vulnerabilidad alcanzado por los componentes V_{ij} se obtiene mediante la combinación lineal de los valores de vulnerabilidad alcanzados por los m criterios asignados (V_{ijk}), como se puede apreciar en la Ecuación 1. 7. relación para el componente j :

$$V_{ij} = \sum_{k=1}^m V_{ijk} P_{ijk} \quad (1.7)$$

Finalmente, el indicador asociado a los criterios V_{ijk} proviene de la suma ponderada de los valores de los descriptores en el vector V_{ijkl} , asignado para el escenario de riesgo. Estos escenarios se pueden apreciar en la Matriz de Vulnerabilidad, en la Tabla 1.4. En la Ecuación 1.8 se muestra la forma de determinar el índice del criterio k , de un grupo de m criterios.

$$V_{ijk} = \sum_{l=1}^5 V_{ijkl} P_{ijkl} \quad (1.8)$$

⁴ No obstante a que la noción de vulnerabilidad puede ser conceptualizada de diversas formas. Entonces podrían haber otros modos dimensionales en cuando factores de vulnerabilidad. En el caso de esta tesis se ha optado por el procedimiento formal. Sin embargo, es importante notar que la estructura de datos postulada es realmente flexible tanto como para alcanzar otras formas de conceptualización de la vulnerabilidad de los elementos expuestos, así como su manejo y cálculo.

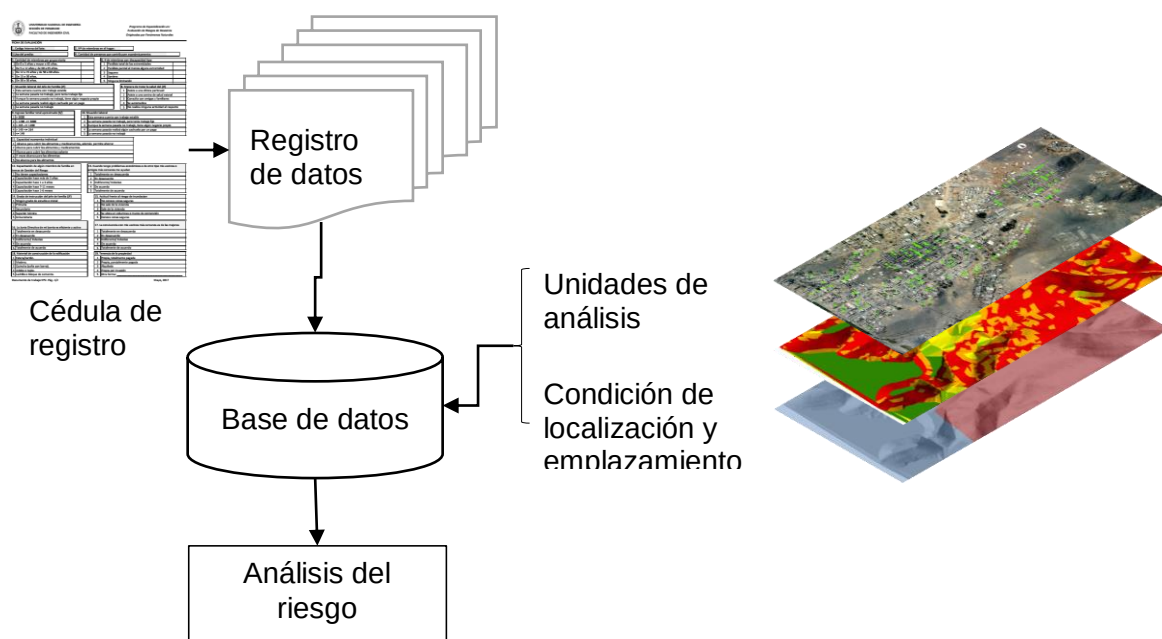
En este caso, hay dos tipos de descriptores. Por un lado, se tienen unidades discretas, donde el peso asociado es la unidad; mientras que las unidades continuas requieren de una ponderación directa para cada una de ellas.

1.4.5 Incorporación de los datos en un sistema de información geográfica

La coordinación entre la información de vulnerabilidad registrada con la información espacial tiene lugar a partir de código de identificación (CI) de cada caso analizado⁵. Este valor puede ser alfabético, numérico, o ambos a la vez. Dicho valor es único para cada ítem y normalmente es asignado antes de la recolección de información, y posteriormente es registrado en la cédula censal, para luego incorporarlo al sistema de información pertinente.

Figura 1.2

Proceso general de compilación de los datos en la gestión de riesgo



Nota: Elaboración propia.

La Figura 1.2 muestra el proceso general de registro de los elementos expuestos (utilizando las cédulas), así como la compilación de la información a propósito de distintos mapas temáticos que representan a las fuentes de peligro. En todo caso, las condiciones de localización y emplazamiento son una parte del estudio; la otra parte de igual importancia

⁵ La distribución de los casos se puede apreciar en la Figura 4.1.

es la caracterización de los elementos expuestos. Esta última tarea, es menester de la presente tesis.

Una vez consignada la información en una base de datos ya tabulados, se importa el padrón de datos al sistema de información geográfica. La determinación del Índice de Vulnerabilidad (I_v) se lleva a cabo utilizando la Ecuación 1. 9:

$$I_v = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^5 V_{ijkl} P_{ijkl} P_{ijk} P_{ij} P_i \quad (1.9)$$

Nótese en la Figura 1.2, la diferenciación entre los distintos elementos que constituyen al riesgo, a mencionar: las fuentes de peligro, provenientes de la condición de localización y emplazamiento; así como los elementos expuestos, en tanto unidades de análisis. El modelo es flexible, en la medida que permite adicionar más componentes al análisis de la vulnerabilidad; debe quedar claro que tanto el modelo de peligros, así como de los criterios definidos para la caracterización de la vulnerabilidad deben estar categorizados en al menos 5 niveles necesariamente.

1.4.6 Protocolos de ingreso y obtención del Índice de Vulnerabilidad

El procedimiento general que sigue la propuesta consiste en la aplicación de cada una de las ecuaciones formuladas hasta este momento. Para seguir la secuencia es importante contar con los valores de n , y P_i , P_{ij} , P_{ijk} , y P_{ijkl} . Dicha secuencia ha sido consignada en el ANEXO 2.

La estratificación de los niveles de vulnerabilidad obtenidos para cada elemento analizado tiene lugar a partir de los rangos determinados desde el nivel 5. En la Ecuación 1.10 se muestra la función de categorización para calcular el valor de los rangos de cada nivel de vulnerabilidad mostrados en la Tabla 1.3.

$$R_l = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^m P_{ijkl} P_{ijk} P_{ij} P_i \quad (1.10)$$

Los valores del rango permiten estratificar los resultados obtenidos para cada caso. Debido a que se tienen cuatro niveles de vulnerabilidad entonces se requieren con 5 valores de rango (R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , y R_5). La determinación del rango puede ser en cada nivel de análisis; así, es posible determinar los índices de vulnerabilidad por cada componente y dimensión, incluso para el nivel más básico de análisis determinado por los criterios.

Tabla 1.3
Estratificación de la condición de vulnerabilidad.

Nivel de vulnerabilidad	Rango
Muy Alto	$R_2 < I_v \leq R_1$
Alto	$R_3 < I_v \leq R_2$
Medio	$R_4 < I_v \leq R_3$
Bajo	$R_5 \leq I_v \leq R_4$

Nota: Elaboración propia.

1.4.7 Matriz de vulnerabilidad

Para separar a los casos más relevantes del resto de la muestra, se requiere contextualizarlos en un marco de escenarios de vulnerabilidad. La definición de los contextos de vulnerabilidad proviene de las posibles combinaciones en el Nivel 5, asignados para cada criterio en el Nivel 2, mostrados en la Tabla 1.2.

En la Tabla 1.4 se muestra la composición de modelo en cuatro niveles, dicho modelo es generado agregando las distintas condiciones que puede poseer cada unidad doméstica. Para este efecto, es importante considerar los valores de registro desde la cédula censal.

Las fronteras de los contextos de vulnerabilidad están definidas por el parámetro denominado Rango (R_i), cuya evaluación ya se ha detallado anteriormente (véase Ecuación 1.10 y Tabla 1.3). Su función es básicamente acotar los alcances del índice de vulnerabilidad y delimitar sus niveles, tal como se muestra en la Tabla 1.4. Los escenarios de vulnerabilidad están definidos por el nivel 5, correspondiente. La distribución espacial de las condiciones de vulnerabilidad que contextualiza a la población se realiza sobre un sistema de información geográfica.

Esta vez, cada unidad de análisis tiene un número único de identificación consignada en la cédula de encuesta. La representación cartográfica está basada en la matriz de vulnerabilidad mostrada anteriormente. Los valores que restringen los rangos corresponden al resultado de la función de vulnerabilidad correspondiente a cada extremo.

Tabla 1.4
Características de los niveles de vulnerabilidad

Grado	Descripción	Rango
Vulnerabilidad Muy Alta	Tienen una pésima percepción de la gestión de la Junta Directiva del Vecindario. La percepción de la convivencia vecinal es negativa y no poseen un sentido de pertenencia al mismo lugar. De ninguna manera logran cubrir la canasta familiar, tampoco tienen ingresos suficientes para ahorrar dinero; no existe ningún tipo de solidaridad económica entre los vecinos. No cuentan con agua potable ni servicio higiénico alguno. El Jefe de Hogar está desempleado y no cuenta con Seguro de Salud alguno. Los miembros de familia tienen una prevalencia etaria menores a 6 años o más de 64 años.	$R_2 < I_v \leq R_1$
Vulnerabilidad Alta	Mala percepción de la gestión de la Junta Directiva del Vecindario. La convivencia vecinal es problemática y no poseen un sentido de pertenencia al mismo vecindario. Por lo general no logran cubrir la canasta familiar, y los ingresos no son suficientes para ahorrar dinero, y tampoco se apoyan económicamente. Obtienen agua potable de un camión cisterna y poseen una letrina como servicio higiénico. El Jefe de Hogar por lo general está desempleado y no cuenta con Seguro de Salud alguno. Los miembros de familia tienen una prevalencia etaria entre 6 a 12 años o de 60 a 64 años.	$R_3 < I_v \leq R_2$

Grado	Descripción	Rango
Vulnerabilidad Media	Se muestran indiferentes ante la Junta Directiva del vecindario. Existe una solidaridad económica y ayuda relativamente aceptable y eventual. Los lazos sociales entre los residentes son indiferentes. El sentido de pertenencia al mismo vecindario es relativamente aceptable. Comparten un pilón de uso público para el abastecimiento de agua y por lo general tienen un pozo séptico como servicios higiénicos. El Jefe de Hogar está subempleado y cuenta con un Seguro de Salud privado. Los miembros de familia tienen una prevalencia etaria distribuida entre 13 a 15 años y de 50 a 59 años.	$R_4 < I_v \leq R_3$
Vulnerabilidad Baja	Reconocen la labor de la Junta Directiva y de la gestión municipal. Están interesados en participar en la organización vecinal, así como en actividades de bien común. Cuentan con redes familiares dentro del vecindario. Suelen cubrir la canasta familiar y pueden ahorrar dinero. Tienen agua potable y desagüe dentro de la vivienda. La vivienda cuenta con alumbrado eléctrico, telefonía fija e internet. El Jefe de Hogar cuenta con un empleo fijo con una remuneración mensual de manera regular. Los miembros de familia tienen una prevalencia etaria de 16 a 49 años.	$R_5 \leq I_v \leq R_4$

Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

El sentido de incertidumbre frente a algunos eventos que podrían representar un peligro, ha dado lugar a una serie de instrumentos e instituciones vinculados al estudio e intervención sobre lo que podríamos considerar nocivo para las diversas actividades humanas, sus edificaciones e infraestructuras, incluso para lo que se ha denominado medio ambiente.

Hoy en día, la categoría de riesgo ha sido asignado a fenómenos vinculados a diversos elementos del entorno en general, así como a las múltiples actividades del hombre. En la trayectoria de dicha construcción conceptual, el riesgo dependerá de la interacción entre dos elementos principalmente: aquél que es considerado como una fuente de peligro, y el que está expuesto a éste. La conciencia de lo que se denomina riesgo, en un contexto actual, es una característica relativamente reciente⁶ así como su conceptualización (Beck, 2013). En el último estrato de los arreglos institucionales en Perú, a propósito de la gestión del riesgo, podemos hallar a la creación del Instituto Nacional de Defensa Civil, en 1972, como parte del Sistema de Defensa Civil, hoy Sistema Nacional de Defensa Civil; la fundación del Centro de Investigación Sismológica para la Mitigación de Desastres, en 1986; la concepción y creación del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres⁷ en 2011, principalmente.

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los abordajes teóricos en el estudio del riesgo desde el enfoque de las vulnerabilidades de un sistema determinado son tan distintos como los desarrollos conceptuales que les dieron lugar. A pesar de que aparentemente la conceptualización del fenómeno denominado “vulnerabilidad” todavía no tenga un claro consenso (Siena, 2014), no obstante, ya se han desarrollado muchas formas para determinarlo.

⁶ El manejo normativo de los riesgos asociados a la producción de edificaciones en relación con el comportamiento sísmico del sitio de emplazamiento dan cuenta de ello. Nótese las sucesivas normas de diseño sismoresistente que han sido implementados hasta este momento; éstas han tratado de controlar algunos parámetros de las edificaciones con el propósito de mejorar el performance estructural de las mismas a partir de las experiencias pasadas.

⁷ Actualmente el Instituto Nacional de Defensa Civil y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, junto a la Presidencia del Consejo de Ministros, el Consejo Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres, el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, entre otras entidades públicas y estatales, constituyen lo que se denomina Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres.

Los autores que afirman la existencia de un sesgo (Cutter y otros, 2003; Siena, 2014) en la forma de determinar la vulnerabilidad. También están siendo conscientes de que es un resultado de las formas de analizar y estudiar un objeto en particular, partiendo de la profesión que la aborda, además de sus propias limitaciones y alcances; en este caso, se trata de la perspectiva que se está teniendo respecto a la vulnerabilidad de las cosas. De esta manera, es de esperarse que las disciplinas relacionadas a la ciencia de la tierra estén facultadas para modelar de manera rigurosa un fenómeno determinado propio de la geodinámica externa o interna (sismos, tsunamis, deslizamientos), desde donde es posible orientar el comportamiento de los elementos expuestos, componentes del ambiente edificado principalmente. De la misma manera, las disciplinas relacionadas a las humanidades, tienden a desarrollar indicadores específicos sobre las personas, respecto a las condiciones sociales de existencia en un contexto determinado, incluyendo la percepción del riesgo y sus consecuencias socio ambientales.

Con respecto a la gestión del riesgo del ambiente edificado, existe poca atención sobre los indicadores que caracterizan directamente a las personas que habitan en tales ambientes; dichos indicadores no necesariamente pueden ser integrados - no obstante - a la naturaleza de los objetos de análisis. Por ejemplo, en el caso de los riesgos de origen natural, se consideran directamente como unidades vulnerables a las condiciones de interacción de los edificios con el peligro, y quedan pocos indicadores que permita evaluar la resiliencia o fragilidad de las personas frente a dichos eventos. Por ejemplo, el proceso de reconstrucción de Pisco, ha sido un tanto deficiente debido a la falta de información socio espacial, sobre todo para orientar la distribución de los recursos asignados para tales efectos. Por un lado, las viviendas seriamente dañadas no necesariamente coinciden con la condición de vulnerabilidad de las personas, y viceversa (D'Ercole y otros, 2009). En este sentido, es importante considerar los niveles de resiliencia, desde donde se pueden priorizar las intervenciones.

Hasta aquí, los alcances en la caracterización del entorno edificado y de las personas han seguido caminos distintos de exploración, metodología, y análisis. Las metodologías mostradas anteriormente buscan, por lo general, una medida del elemento expuesto y a veces aislada del resto de componentes del sistema expuesto (edificios, infraestructuras, personas, o unidades de producción). Debido a que los riesgos de origen natural son un resultado de la interacción entre el ser humano y el medio físico, el conjunto de elementos expuestos tiene distintas formas de interacción.

Ahora bien, si se trata de analizar la vulnerabilidad de las cosas, se ha considerado necesario distinguirlas por su condición de existencia, para luego integrarlas. A partir de

los estudios asociados a la vulnerabilidad y el riesgo citados anteriormente, es posible formular modos de procesamiento de la información para dichos efectos (Estrada & Uquichi, 2017). Por lo tanto, la presente tesis está dirigida hacia el registro y procesamiento de la información necesaria para la gestión prospectiva, que implica la búsqueda de fuentes de riesgo, mediante la noción de vulnerabilidad de espectro social.

En el desarrollo de propuestas para la estimación del riesgo del ambiente edificado se considera necesario complementarlos con estudios respecto a la resiliencia de los grupos de personas. Además de las unidades de estudio que normalmente se abordan, tales como edificaciones, lotes, manzanas, distritos, los indicadores de resiliencia comunitaria permiten orientar la articulación de las políticas en gestión de riesgo tanto para la prevención como la recuperación ante una situación adversa.

2.2 BASES TEÓRICAS

Antes de comenzar a describir algunos aspectos básicos sobre las metodologías vinculadas al análisis de la vulnerabilidad, una vez más, es importante poner en relieve dos elementos que son estudiados en un escenario de riesgo: la fuente de amenaza y el elemento expuesto. Cabe mencionar, además, que cuando se trata de caracterizar la vulnerabilidad, es necesario definir a los objetos expuestos, sean éstos medios de vida, equipamientos, infraestructuras, o personas. Es en esta definición donde las propuestas tienen aportes importantes respecto a lo que podría estar siendo considerado como elementos expuestos. En otras palabras, dichos elementos tienen distintas formas de ser caracterizados debido a su modo particular de interactuar con las fuentes de amenaza⁸.

Es importante también distinguir a los elementos que se analizarán frente a una amenaza. En este sentido, cabe considerar una necesaria separación de los componentes de un establecimiento humano (Canelo Almeyda, 1963; 1991), tales como las personas, el medio físico donde habitan, y el medio acondicionado a razón de las necesidades y propósitos.

⁸ Debido a la limitada extensión de la presente tesis, se ha tratado de no abordar metodologías y nociones asociadas al estudio de la vulnerabilidad del propio medio físico, en la medida en que se podría tratar de mesurar la alteración de alguna parte del entorno por causas del propio medio físico o por motivos antrópicos; en este caso los elementos expuestos vedrían a ser unidades ambientales en tanto componentes del entorno. Por ejemplo, el suelo como recurso para la producción agrícola, fuentes de agua, cuerpos de biota densa, entre otros elementos similares.

Entonces, esta tesis está orientada hacia el estudio de los entornos intensamente antropizados, prestando interés sobre las condiciones de resiliencia de un grupo humano en particular.

2.2.1 La vulnerabilidad del ambiente edificado

El ambiente edificado puede estar constituido por dos grupos principalmente, a comentar: las edificaciones propiamente dichas, que dan soporte a las necesidades residenciales, entre otras funciones institucionales; de la misma manera, en el segundo grupo están las infraestructuras físicas, por ser parte complementaria del acondicionamiento territorial para la habitación sobre un determinado ambiente. El estudio de la vulnerabilidad respecto al primer grupo ha dado lugar a una serie de procedimientos orientados al análisis de parámetros de control del comportamiento de las edificaciones, especialmente frente a sismo e inundaciones.

Las propuestas más relevantes se han desarrollado para un contexto de riesgo ante sismos y tsunamis. En estos estudios la construcción de la curva de fragilidad diseñados para cada tipo de edificio permiten relacionar la situación de emplazamiento del mismo con el daño provocado (Matsuoka y otros, 2014; Zavala y otros, 2012; Adriano y otros, 2014), considerando las características estructurales de los edificios (Matsuzaki y otros, 2014).

Estas propuestas permiten además, luego del inventario del ambiente edificado, estimar tanto las pérdidas materiales en términos económicos, así como los costos de reparación (Estrada y otros, 2013). En el estudio de Matsuoka (Matsuoka y otros, 2014) se procuran curvas de fragilidad de un grupo de 7 tipos de edificios, desde los cuales se han podido distinguir las regiones con mayores índices de vulnerabilidad urbana. En el caso de fenómenos de tsunamis (Adriano y otros, 2014), las curvas de fragilidad se han construido para 4 tipos de configuración estructural. Otros esfuerzos realizados (Estrada y otros, 2009) han permitido el desarrollo de herramientas de registro y catalogación del ambiente edificado. La importancia de estos estudios radica en que permite modelar los escenarios de riesgo, pérdidas económicas, costos de rehabilitación, y la localización de zonas críticas.

No obstante al interés sobre las edificaciones, estos autores han logrado avances con respecto a los modos de evacuación de personas en dichos contextos (Mas y otros, 2014), así como el diseño de criterios para la implementación de políticas del uso del suelo urbano en Lima Metropolitana (Kaji y otros, 2014).

2.2.2 La vulnerabilidad de las personas

Como parte de los primeros intentos de caracterización de la vulnerabilidad, en su abordaje se ha requerido de la utilización de indicadores que permiten un acercamiento todavía macro; dichos indicadores comúnmente están asociados al estado socioeconómico, género, raza y etnicidad (Wisner y otros, 2004). Los criterios consignados a modo de

indicadores son formulados considerando tanto caracterizaciones individuales como colectivas de un grupo determinado.

La condición de existencia de (y entre) las personas, normalmente define el éxito en la implementación de los planes vinculados a la gestión del territorio en general. Sin embargo, algunas características de las personas, como por ejemplo los grupos etarios, representan condiciones intrínsecas del mismo (Short y otros, 2013), incluso indistintamente de las condiciones de riesgo a las que podrían estar expuestos, siendo este aspecto muy importante para tomarlo en cuenta, ya que pueden ser características inherentes. En otras palabras, hay condiciones de vulnerabilidad de las personas que no necesariamente dependen de las fuentes de peligro. Esta es la principal reflexión de este capítulo, puesto que conduce al estudio de la resiliencia intrínseca dentro del marco de la gestión de riesgo.

Los criterios para el abordaje de la vulnerabilidad social y el desarrollo de sus indicadores usualmente son asociados a la tenencia y propiedad, la forma de tratamiento de la salud, la pertenencia a un grupo etario, capacidad de gasto – ahorro, formas de relación entre los miembros de una comunidad, entre otras variables que dependen del contexto social - ambiental.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 Aspectos formales de la gestión de riesgo

Actualmente la gestión de riesgo orientado a la gestión prospectiva y correctiva de la gestión del riesgo de desastres está a cargo del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, Dicha institución está adscrita al Ministerio de Defensa; anteriormente, a la Presidencia del Consejo de Ministros. La distribución institucional de funciones al respecto, ha sufrido una reconfiguración en 2011, a partir de la creación del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres. De esta manera, toma lugar la refundación del Instituto Nacional de Defensa Civil, orientado hacia la gestión reactiva (preparación, respuesta y rehabilitación), durante contextos de emergencia de un desastre.

Hoy en día, el riesgo es evaluado y medido a través de indicadores representados tanto por parámetros que permiten modelamiento del peligro, así como de variables que caracterizan a las unidades expuestas. Los estudios sobre la gestión de riesgo cuentan con tres nociones de suma importancia formal: peligro, vulnerabilidad y riesgo.

2.3.2 Definiciones operativas: Peligro y Vulnerabilidad

La reglamentación peruana ha seguido las convenciones internacionales respecto a la conceptualización del riesgo. Éste ha sido conceptualizado a partir de las nociones de peligro y de vulnerabilidad⁹, cuyas definiciones se asumen a lo largo de esta tesis. La gestión de riesgo a través de sus múltiples modalidades de intervención, en el marco del acondicionamiento territorial, procura tener cierto manejo tanto de las fuentes de peligro, así como de los elementos expuestos.

De acuerdo con el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (Presidencia del Consejo de Ministros, 2011), la gestión de riesgos de desastres forma parte de un proceso que da lugar a tres modalidades de intervención: la gestión prospectiva, cuya intención es netamente exploratoria con el propósito de identificar a los elementos que provocan riesgos –teniendo en cuenta tanto a los peligros como a los elementos vulnerables–, corresponde entonces a un proceso de carácter preventivo; mientras que la gestión correctiva consiste de procedimientos dirigidos a la reducción de los riesgos existentes o identificados, las intervenciones se dan sobre varias modalidades (estructurales y no estructurales, principalmente, en el sentido de intervenciones físicas y no físicas, respectivamente) con el propósito de disminuir la vulnerabilidad e incrementar la resiliencia de los elementos susceptibles; finalmente, la gestión reactiva tiene lugar mientras ocurre un desastre e inmediatamente después del mismo, la recuperación y su particular atención sobre la resiliencia de los elementos vulnerables son de interés.

En este sentido, la gestión de riesgos viene a ser un proceso social (Narváez y otros, 2009) orientado a la prevención, reducción, y control de los factores que originan el riesgo (Presidencia del Consejo de Ministros, 2011). Por lo tanto, entender los riesgos de una comunidad implica también caracterizar su condición de vulnerabilidad. Sólo en este sentido, el componente del riesgo denominado vulnerabilidad proviene de la caracterización de los elementos expuestos respecto a una amenaza definida.

⁹ Por lo general, para el realizar el análisis del riesgo se utiliza la siguiente relación (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2015):

$$\text{Riesgo} = f(\text{Vulnerabilidad}, \text{Peligro})$$

Donde cada parámetro se define como sigue (Presidencia del Consejo de Ministros, 2011): riesgo, como la probabilidad de que un elemento determinado sufra daños y pérdidas a consecuencia de su condición de exposición; vulnerabilidad, como la susceptibilidad de un elemento a sufrir daños; y, finalmente, peligro, como la probabilidad de que ocurra un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o antrópico.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio del caso escogido está ubicado dentro del distrito de Carabayllo, en la provincia de Lima. El ambiente edificado dentro del distrito es hoy una extensión del tejido metropolitano; se desenvuelve a lo largo de la cuenca baja del río Chillón y está limitado por los contrafuertes laterales.

Este fragmento del distrito está expuesto a un proceso de ocupación continua, y es acompañada por la transformación del suelo de uso agrícola hacia entornos densamente edificados (ver Figura 3.1). Este fenómeno es común alrededor de todas las aglomeraciones urbanas de todas las densidades y escalas existentes en Perú.

3.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL

De acuerdo con el censo realizado en 2017 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, existen alrededor de 333,045 personas dentro del distrito de Carabayllo (Tabla 3.1), de los cuales el 1.3 % residen en zonas cuyos suelos son utilizados para la producción de alimentos; en el último periodo censal, éste distrito tuvo un incremento promedio de 12 mil personas por año.

Dentro de la provincia de Lima, los distritos de Carabayllo, junto a Pachacamac, Santa Rosa y Ancón, han experimentado altos ratios de incremento demográfico, mientras que el distrito de Punta Hermosa es el caso más crítico. En cambio, los distritos de Lima, La Victoria y San Luis, han tenido un ligero decremento de población dentro de sus respectivas jurisdicciones.

Los cambios en el modo de habitación sobre la cuenca baja del Chillón comprometen a las áreas agrícolas y ambientes húmedos presentes en los bordes del río. Los recursos como el suelo y el agua cambian en su modo de utilización en dichos contextos. Por lo general, la expansión del ambiente edificado lleva consigo movimientos en la economía local, así como en las formas de relación de las personas con el entorno donde habitan.

La transferencia de los predios está sujeta a la especulación inmobiliaria y se realiza muchas veces sin supervisión alguna. El tráfico de terrenos acompaña al proceso de urbanización no regulado ni previsto; la especulación inmobiliaria ha provocado rentas más altas respecto al uso del suelo para la actividad agrícola, siendo esta última reemplazada por las nuevas habilitaciones para el uso residencial principalmente. Las relaciones sociales alrededor de las áreas de producción agropecuaria involucran principalmente a jornaleros y a agentes inmobiliarios (Pimentel Sánchez, 2017).

Tabla 3.1
Incremento demográfico en la Provincia de Lima

Distrito	Población		Tasa de crecimiento
	2007	2017	
Ate	478 278	599 196	2.3
San Bartolo	5 708	7 332	2.5
Cieneguilla	26 540	34 480	2.7
Punta Negra	5 283	7 073	3.0
Santa María del Mar	733	993	3.1
Pucusana	10 566	14 891	3.5
Puente Piedra	233 602	329 675	3.5
Lurigancho	169 359	240 814	3.6
Lurín	61 274	87 888	3.7
Carabayllo	206 980	333 045	4.7
Pachacamac	67 553	108 884	4.9
Ancón	33 367	62 928	6.5
Santa Rosa	10 903	27 863	9.8
Punta Hermosa	5 423	15 846	11.3

Nota: Elaborado en base a los resultados censales del INEI en 2007 y 2017.

Figura 3.1

Texturas del territorio acondicionado.



Nota. Elaborado en base a imágenes disponibles en Google Earth, año 2017.

Cada proceso de ocupación lleva consigo diversos modos de interacción y acondicionamiento del territorio. Debido a que el Valle del Chillón tiene una geomorfología llana cuyas pendientes son menores a 5° , no existen importantes limitaciones para la expansión del ambiente edificado. La textura del ambiente edificado dentro del distrito es variada. Los grados de densidad y consolidación habitacional cambian de acuerdo a sus niveles de aglomeración.

En la Figura 3.1 se puede apreciar múltiples formas de organización espacial de las áreas consolidadas dentro del distrito de Carabaylo. El lugar en donde se llevó a cabo el proyecto piloto tiene la textura de la Figura 3.1b; la condición de emplazamiento de este tipo de establecimiento compromete a laderas y estribaciones de los contrafuertes laterales, acondicionados para el uso residencial principalmente, en donde la inclinación del terreno es mayor a 10° .

Los peligros relacionados con la geodinámica externa tienen como fuentes al Río Chillón y a las laderas de los contrafuertes. La explotación de canteras que contienen materiales para la construcción ha alterado considerablemente el paisaje ribereño; los desmontes depositados sin orientación técnica sobre los márgenes del río han dado lugar a terrenos poco estables, llegando a ser espacios en riesgo de erosión e inundaciones. Mientras que las laderas empinadas algunas veces encierran ejes de descarga de deslizamientos.

Por otro lado, la geodinámica interna tiene como principal agente al tectonismo producido por la Placa de Nazca mientras subyace a la Placa Sudamericana. La caracterización del terreno en relación con este fenómeno da lugar a dos tipos de suelo (Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, 2013) dentro del distrito; la respuesta sísmica del suelo depende de sus condiciones estratigráficas y de compacidad.

3.2 SITUACIÓN DE EMPLAZAMIENTO

La situación de emplazamiento consiste en la condición contextual en donde existe el establecimiento humano en cuestión. Por un lado, se trata de las condiciones físicas sobre las cuales las personas han establecidos sus viviendas y resto de equipamientos y caminos; además, se considera importante también mostrar las condiciones de contexto social que acompaña la vida colectiva y cotidiana.

3.2.1 Condiciones del subsuelo

Dentro del Distrito de Carabayllo, gran parte del área urbana se encuentra sobre un terreno cuya geomorfología es del tipo planicie, con pendientes suaves a lo largo del Valle del Chillón; mientras que los bordes del valle y estribaciones se sitúan sobre fracturados estratos rocosos (Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, 2013) que han resistido el proceso de erosión.

La planicie está constituida principalmente por depósitos aluviales del periodo cuaternario. Este suelo está compuesto por materiales no consolidados y con problemas de salinidad. Esta zona forma parte del cono de deyección constituido por depósitos aluviales (Palacios Moncayo y otros, 1992), formados en la época del holoceno (Qh-al) y pleistoceno (Qpl-al). Estos depósitos están compuestos por gravas, bancos de arena de diversas granulometrías, y bancos de arcilla y limos en menor proporción. Dichos materiales se originan durante el proceso erosivo dentro de la vertiente occidental andina, cuyos clastos muchas veces terminan depositados a modo de cantos rodados.

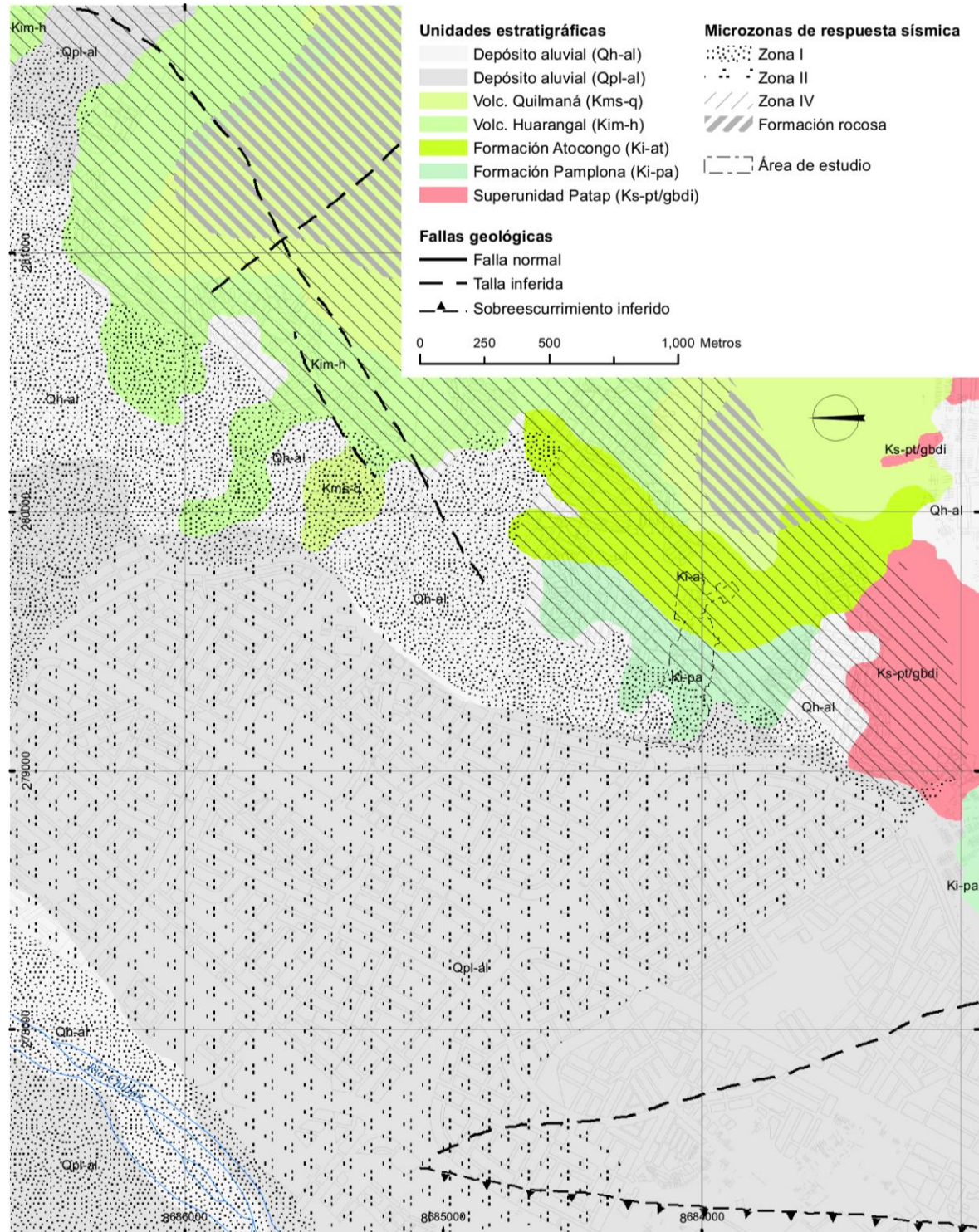
Además de los depósitos aluviales, las unidades estratigráficas dentro del área de estudio comprometen también a las formaciones Pamplona (Ki-pa) y Atocongo (Ki-at), ambas pertenecientes al periodo cretácico y se imbrican en estratigrafías continuas de transición arcillo – calcárea respectivamente.

Por un lado, la formación Pamplona está compuesta por estratos carbonatados y arcillosos, su constitución consiste de rocas calizas, lutitas y margas (Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, 2013). Mientras que la formación Atocongo se caracteriza por tener rocas de tipo caliza en su composición, con intrusiones arcillosas provenientes de la formación Pamplona.

En la Figura 3.2 se puede apreciar la distribución espacial de cuatro unidades estratigráficas antes mencionadas (Qh-al, Qpl-al, Ki-pa, y Ki-at), junto a otra de contexto como la formación intrusiva de Patap (Ks-pt/gbdi), compuesta básicamente por rocas de gabro y diorita.

Figura 3.2

Microzonas de respuesta sísmica



Nota: Elaborado en base a estudios de micro sismicidad y geología regional (Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, 2013; Palacios Moncayo y otros, 1992).

3.2.2 Condiciones del suelo

El conjunto de edificaciones dentro del área de estudio está situado sobre las microzonas I, II y IV. Dichas microzonas mostradas en la Figura 3.2 resultan de la clasificación del comportamiento del suelo frente a un sismo, tomando en cuenta el periodo de vibración del terreno.

La Zona I está constituida por afloramientos rocosos y depósitos de material propios del cono de deyección de la cuenca del Chillón, tales depósitos están compuestos principalmente por gravas y bancos de arena con lentes arcillosos; el rango del periodo de vibración oscila entre 0.10 s a 0.15 s. Estos terrenos presentan condiciones aceptables para las cimentaciones, soportando cargas de hasta 5 kg/cm² (Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, 2013), no obstante a los inconvenientes de salinidad del suelo.

La Zona II representa a los suelos compuestos por bancos de arena de compacidad considerable junto a depósitos de arcillas. Debajo de dichos bancos subyacen estratos de gravas. Estos terrenos permiten cargas de cimentación de 3 kg/cm² sobre arenas y de hasta 1 kg/cm² sobre limos (Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, 2013). El periodo de vibración en estos suelos oscila entre 0.15 s a 0.26 s.

La Zona IV corresponde a geoformas con inclinaciones superiores a 20°, caracterizados por tener taludes pronunciados. Usualmente están ubicadas en las estribaciones de los contrafuertes que encierran al valle, sobre cuyas crestas brotan afloramientos rocosos. Estos suelos tienen periodos de vibración menores a las zonas I y II. Constituyen a estratos de considerable rigidez respecto a las zonas anteriores puesto que están próximos a la transición del terreno superficial, desde el basamento rocoso y su afloramiento en las crestas de los contrafuertes.

3.2.3 Caracterización de movimientos en masa

Desde el establecimiento de los residentes hasta la fecha, en esta localidad no se han tenido antecedentes importantes respecto a flujo de lodos o inundaciones. En 2002, las precipitaciones anómalas provocaron una sobresaturación de la superficie de suelo constituido por arenas y polvo, agotando dichos materiales dejando detritos de mayor diámetro. Sin embargo, tal como se ha comentado anteriormente, la topografía del sitio es empinada en los bordes del ambiente edificado.

Figura 3.3

Vista en dirección nor oeste desde la cabecera de la microcuenca.



Nota: Registro fotográfico de campo, marzo de 2016.

En la imagen superior de la Figura 3.3 se distingue el vecindario El Polvorín III (Tercera Etapa de urbanización), en las imágenes inferiores se pueden apreciar a los vecindarios Chavín de Huántar y Buenos Aires. Nótese la presencia del afloramiento rocoso fracturado y meteorizado, así como de la superficie compuesta por polvo y arena residual, así como detritos gastados por el proceso de erosión laminar eventual.

Casi toda la superficie de la microcuenca - la cual, desde la parte media hacia abajo, contiene a estos vecindarios – no tiene cobertura vegetal alguna. En toda la extensión del ambiente edificado solamente existen cuatro bolsones de vegetación, dos destinados al recreo a modo de parques de recreo y descanso, y el resto como jardines en el interior de las propiedades.

Tabla 3.2

Distribución de la pendiente del terreno dentro de la microcuenca

Pendiente	Área parcial (m ²)	
Menor a 5°	23 498	9.1 %
Entre 5° a 10°	5 026	1.9 %

Pendiente	Área parcial (m ²)	
Entre 10° a 15°	15 144	5.8 %
Entre 15° a 25°	63 679	24.6 %
Mayor a 25°	<u>151 588</u>	<u>58.5 %</u>
	258 935	100.0 %

Nota: Elaboración propia.

En la Figura 3.4 se pueden apreciar los tipos de edificaciones emplazadas sobre pendientes críticas. La concentración de taludes pronunciados hacia el Este de la cuenca está libre de edificaciones. Sin embargo, existen dos ejes de depósito de detritos en los vecindarios El Polvorín Las Palmeras y Chavín de Huantar, cuya vista se ha registrado en las imágenes inferiores de la Figura 3.3.

Figura 3.4

Edificaciones tipo, construidas sobre pendientes críticas



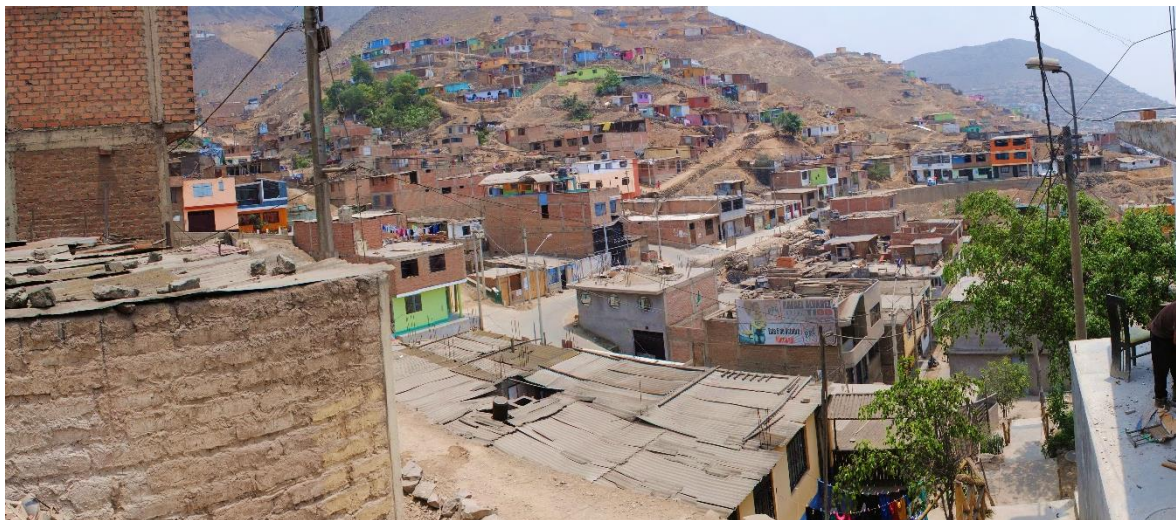
Nota: Registro fotográfico de campo, febrero de 2016.

3.3 ASPECTOS SOCIO AMBIENTALES

El proyecto piloto se ha desarrollado en el vecindario denominado El Polvorín y sus extensiones. Se ha decidido integrar al resto de vecindarios como un solo tejido edificado puesto que, por un lado, entre los residentes llevan consigo una clara vitalidad social, existiendo múltiples relaciones afectivas y también de parentesco; y por otro, debido al uso colectivo de los mismos equipamientos, servicios e infraestructuras ubicados en el vecindario principal.

Figura 3.5

Vista hacia el sur oeste del vecindario El Polvorín



Nota: Registro de campo, marzo de 2016.

El ambiente edificado alcanzado colectivamente tiene lugar en una microcuenca de 800 m de largo y 300 m de ancho, generalmente sobre pendientes superiores a 20 %. La delimitación del área de trabajo está compuesta por seis asociaciones vecinales: El Polvorín, El Polvorín Etapa II, El Polvorín Etapa III, Ampliación El Polvorín, Chavín de Huantar, y Las Palmeras.

El último estrato de habitación y de recientes ocupaciones sobre estos entornos data desde 1970, siendo El Polvorín la primera en fundarse como Asociación Vecinal. La continuación del proceso de urbanización en las etapas II y III de este vecindario tuvo lugar durante la década de los 80, hasta finales de la década de los 90, del Siglo XX. El vecindario de Chavín de Huantar es constituido cerca al año 2000, siendo Buenos Aires el más reciente de todos.

Las migraciones que dieron lugar a estos vecindarios responden a diversos procesos de movilidad. Una parte de ellos ha encontrado en estos espacios una oportunidad para la estabilidad residencial, frente a los altos precios dentro de la ciudad; en este caso el cambio de residencia es relativamente local puesto que los lugares de residencia anteriores, de acuerdo al censo realizado, se ubican en los distritos metropolitanos de Lima, Breña, La Victoria, Barranco, Carabayllo y Comas. Por otro lado, la inmigración regional tiene como fuente a las Regiones de Amazonas, Piura, Ancash, San Martín, Apurímac, Ayacucho, La Libertad, y en mayor proporción de Huánuco, sobre todo en los vecindarios de Chavín de Huantar y Buenos Aires.

La intensidad de las relaciones de afecto y de parentesco vecinales ha sido una condición importante para alcanzar el actual tejido social. La encuesta revela que el 70 % de las unidades domésticas están emparentadas, los cuales tienen una residencia distribuida en toda el área de estudio. Para el año 2016 se contaba con 543 unidades en todo el ámbito de estudio, el equivalente a la cantidad de unidades domésticas, puesto que gran parte de los hogares son unifamiliares.

Las organizaciones vecinales son completamente vigentes, éstas tienen una orientación dirigida hacia políticas de saneamiento ambiental y acondicionamiento territorial, con el apoyo de la Municipalidad de Carabayllo y otras instituciones.

3.4 CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE EDIFICADO

Para la caracterización tanto del ambiente edificado, así como de sus habitantes, se ha decidido separar al vecindario en seis zonas estadísticas; con el propósito de facilitar la redacción y lectura, en adelante las denominaremos simplemente como Zona 1, Zona 2, Zona 3, Zona 4, y Zona 5, tal como se detalla en la Tabla 3.3. El ambiente edificado está conformado por infraestructuras y edificaciones. El servicio de saneamiento no supera al 85 % de los predios en todos los vecindarios, los casos más críticos están en la Zona 2 y Zona 5 donde la cantidad de predios que no están conectados a la red pública de desagüe representan al 78.1 % y 31.6 %, respectivamente.

El sistema de abastecimiento de agua potable es limitado: mientras que al menos el 83 % de casas en la Zonas 1 y 4 cuentan con este servicio, el resto de los vecindarios solamente llega al 67 %; con la excepción de la Zona 5, donde solamente la cobertura llega a 19 % de usuarios.

Como una alternativa, los residentes cuentan con depósitos de agua ubicados en las lomas de las crestas intermedias de la microcuenca, y éstos son alimentados de manera regular

por camiones cisterna. En la imagen inferior de la Figura 3.3, se puede distinguir un sistema de aprovisionamiento de agua mediante una serie de mangueras distribuidas en el piso conectadas a los tanques de almacenamiento de uso doméstico.

Tabla 3.3

Material predominante en la construcción de los edificios

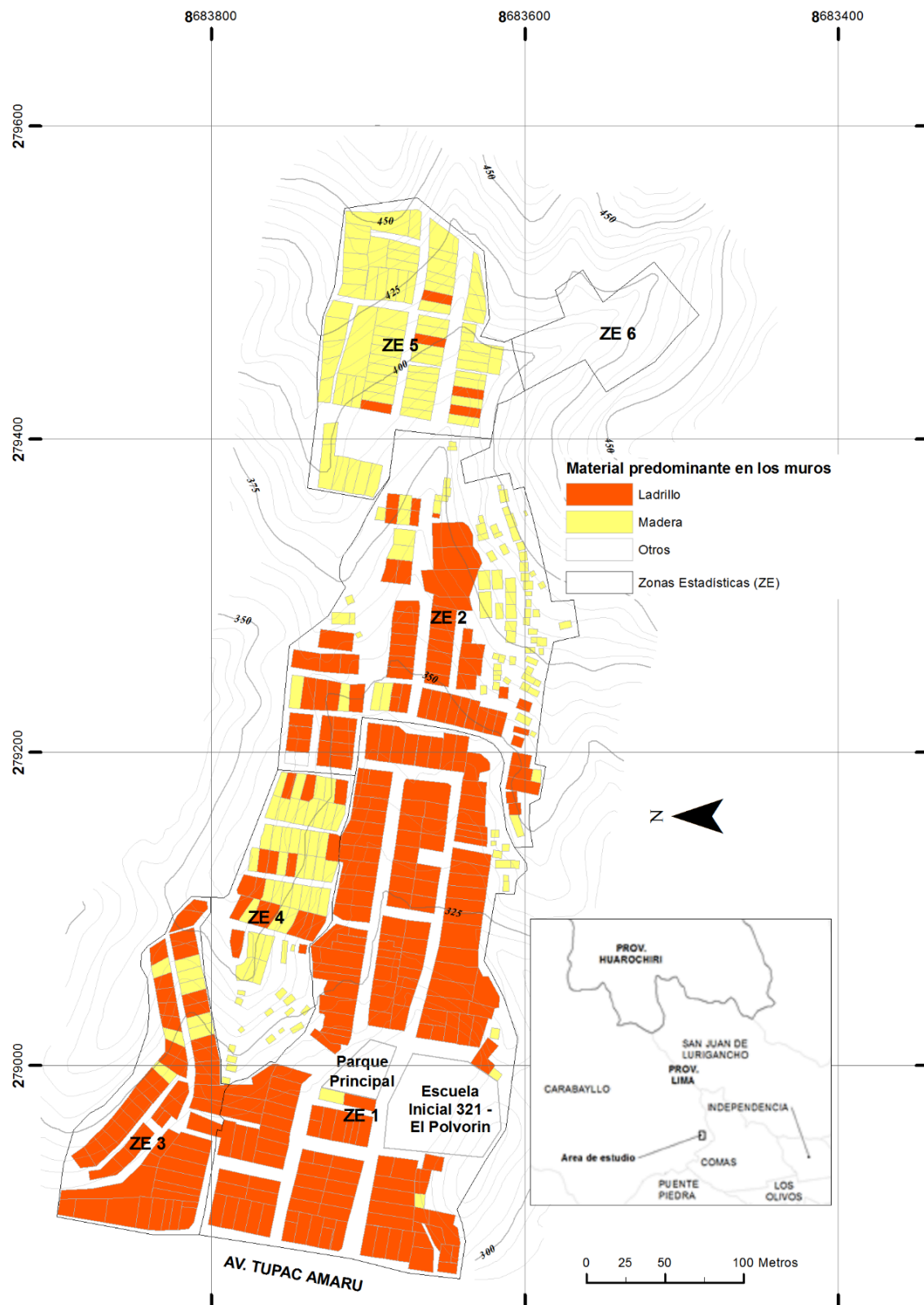
Zona Estadística	Denominación	Material de construcción (%)			
		Ladrillo	Madera	Otros	Total
1	El Polvorín	89.4	6.7	3.9	100.0
2	El Polvorín II	44.7	53.3	2.0	100.0
3	El Polvorín III	85.7	12.7	1.6	100.0
4	Ampliación El Polvorín	22.7	77.3	-	100.0
5	Chavín de Huantar	10.8	89.2	-	100.0
Total		60.0	37.8	2.2	100.0

Nota: Elaboración propia.

El acondicionamiento de las laderas es continuo, sobre todo para la protección de los cimientos de las casas, muros de contención y caminos, a muchas veces escalonados. La construcción de las escaleras en las zonas de expansión se realiza de manera colectiva. La organización social alrededor de estas actividades promueve el trabajo vecinal y societal.

El material predominante en la construcción de las casas es el ladrillo, la Figura 3.6 muestra la distribución espacial del material de construcción. Tal como se consigna en la Tabla 3.3, las Zonas 1 y 3 tienen una predominancia de este material. En cambio, las Zonas 4 y 5 tienen altos ratios de uso de madera, debido a que son áreas recientemente ocupadas, ya que la ubicación y distribución interna de estas residencias pueden cambiar con el tiempo, así como la morfología del edificio durante el proceso de renovación.

Figura 3.6
Características del ambiente edificado



Nota: Elaboración propia.



La altura de las casas es variada y gran parte de las edificaciones son de 1 piso a lo largo del área de estudio. Por un lado, los edificios de más de un piso están concentrados en las zonas estadísticas 1, 2 y 3; mientras que la mayoría de las casas ubicadas en las zonas 4 y 5 tienen 1 piso, debido a que son de reciente ocupación donde el material de construcción predominante es la madera, mientras se promueven edificios de temporalidad limitada.

CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

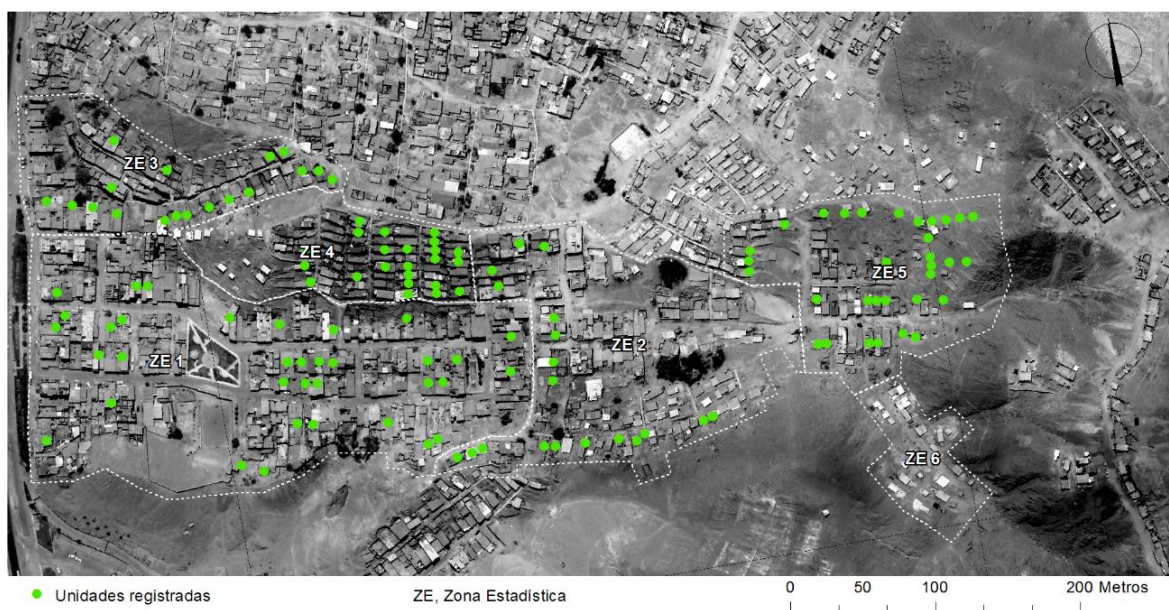
4.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS

4.1.1 Unidades y escala de estudio

La muestra para el análisis de la vulnerabilidad es la familia en tanto unidad doméstica. Está definida por el grupo de personas que comparten la cocina y los alimentos. La espacialización de las unidades de análisis tiene lugar en el área del predio o el perímetro de la residencia, el cual representa a un ítem o caso. Es importante recalcar que tanto las variables como los indicadores están orientados sobre un enfoque de evaluación social de la vulnerabilidad para propósitos de autogestión.

Figura 4.1

Distribución de las unidades de estudio



Nota: Elaboración propia.

Con el propósito de organizar el proceso de recopilación de la información necesaria para el estudio de la vulnerabilidad se han definido seis zonas estadísticas asociadas a las organizaciones vecinales existentes, de las cuales cinco fueron encuestadas durante la etapa piloto (Estrada & Uquichi, 2017). La escala de trabajo está vinculado al nivel de lote, o casa cuando no existe un lindero físicamente definido. La cartografía se ha realizado a una escala de 1:5000 sobre la base de la información proporcionada por la Municipalidad

Distrital de Carabayllo, eventualmente se ha reducido hasta 1:2500 para ofrecer mayores detalles del entorno edificado.

La elección de las muestras se realizó de manera aleatoria, tomando al menos 2 unidades por cada manzanas mientras ésta sea definible, de lo contrario se registraron lotes continuos, sobre todo en la Zona 5 (Tabla 4.1) debido a su dispersión; de la misma manera se ha procedido sobre las zonas altas de la Zonas 2 y Zona 3.

Tabla 4.1

Distribución estadística de las muestras

Zona Estadística	Denominación	# de unidades identificadas	# de unidades analizadas	% muestra
1	El Polvorín	180	35	19
2	El Polvorín II	150	19	13
3	El Polvorín III	63	18	29
4	Ampliación El Polvorín	75	23	29
5	Chavín de Huantar	75	32	46
6	Las Palmeras	16	-	-

Nota: Elaboración propia.

La cantidad de casos mostrado en la Tabla 4.1 es el resultado de la apertura de las personas hacia los encuestadores y al proyecto en general, en la misma medida, del interés de las personas acerca de la reducción de los riesgos, así como a las expectativas locales al respecto.

La coordinación con las autoridades locales y vecinales ha sido de suma importancia para culminar la primera etapa del trabajo de campo. Por ejemplo, la población que reside en el a Zona 5 proporcionó un importante apoyo durante la organización del registro de la información (véase la Figura 4.1).

4.1.2 Resultados

La separación de los resultados con respecto a los criterios elegidos, así como las dimensiones y componentes ofrecen una clara lectura sobre el nivel de vulnerabilidad de cada una de sus partes o factores; incluso, podría ser disgregado por cada unidad estadística.

Los niveles inferiores de análisis tienen la misma función de filtro, solo que se debe tener presente que los indicadores están en una fase de ensamblaje continuo, y de manera escalonada, hasta llegar al primer nivel en donde se consigue el Índice de Vulnerabilidad (I_v) deseado. Finalmente, como se puede apreciar en la Tabla 4.2, los resultados son estratificados asignándoles niveles de vulnerabilidad.

Tabla 4.2
Resultados obtenidos en el proyecto piloto.

Nivel de vulnerabilidad (I_n)	# Casos	%
Muy Alto	4	3.2
Alto	75	59.0
Medio	46	36.2
Bajo	<u>2</u>	<u>1.6</u>
Total	127	100

Nota: Elaboración propia.

Es importante comentar que estas predominancias son muchas veces reflejo de las ponderaciones asignadas (ver el ANEXO 6); por esa razón es imprescindible la participación de expertos en el tema para la asignación de los pesos respectivos en el proceso de ponderación.

Una vez obtenido el Índice de Vulnerabilidad para cada caso, solamente queda incorporarlos a una base de datos, e intégralos con valores asociados tanto al medio físico o al medio acondicionado. La integración puede tener lugar bajo muchos modelos que relacionan las variables sociales y las físicas, sobre todo cuando se trata del estudio de las

condiciones de emplazamiento, estos aspectos se han descrito en el Capítulo 1. Se sugiere que dichos modelos de ensamble sean cuidadosamente diseñados para obtener un indicador de riesgo apropiado.

4.2 DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El reporte de los casos se hará de manera disgregada, tal como se muestra en la Figura 4.2, Figura 4.3, y Figura 4.4. La lectura del estado de vulnerabilidad de cada caso o de un grupo determinado de casos tiene la facilidad de ser desintegrado tomando en cuenta su espacialidad, componentes, criterios, o dimensiones, así como el Índice de Vulnerabilidad (I_v).

La ventaja de las lecturas fragmentadas con respecto a los componentes de la vulnerabilidad es que permite la visualización de las prevalencias en cada una éstas, consecuentemente ofrece una lectura sobre los factores que inciden notoriamente sobre cada sub índice.

4.2.1 Sobre la fragilidad y la resiliencia

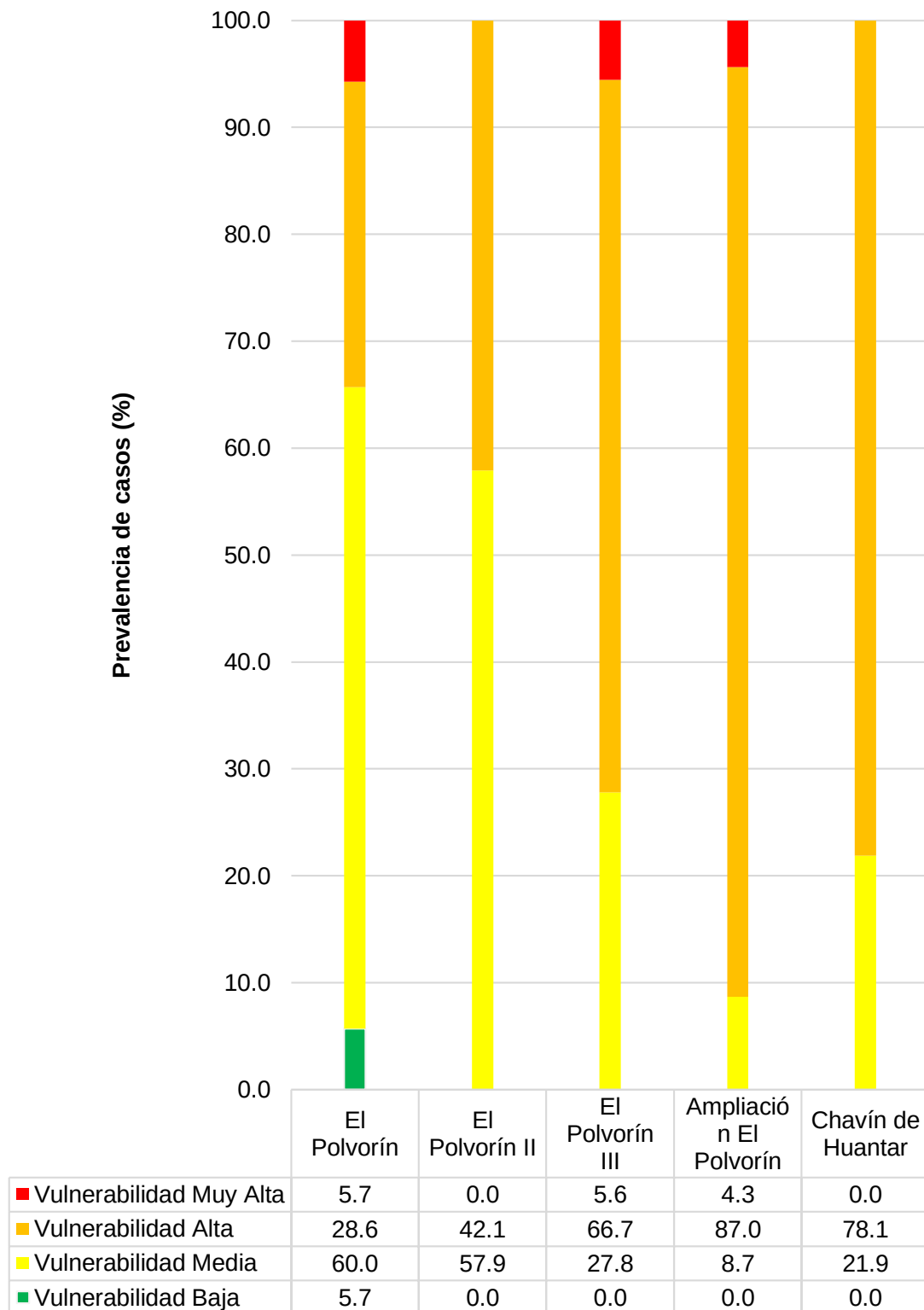
Para los efectos de análisis de los resultados comenzaremos por una lectura más global, para después continuar con un análisis a un nivel más local, asociado al nivel de vecindarios.

Los criterios más relevantes que influyen en la vulnerabilidad de las personas están conformados por el Grupo Etario, Sentido de Pertenencia, Solidaridad Vecinal, Capacidad de Ahorro, y Servicio de Agua Potable (ver la Figura 4.4). Sin embargo, esta lectura global es apenas preliminar, puesto que mientras se realizan lecturas más espaciaizadas y por zonas estadísticas, naturalmente los parámetros antes mencionados tendrán una influencia más o menos distinta con respecto a la vulnerabilidad global, dando mayor resolución en cuanto a criterios y casos específicamente.

Entonces, en términos más globales, en la Figura 4.3 es posible diferenciar la distribución de los resultados referido a los criterios que caracterizan tanto a la fragilidad como la resiliencia. De esta manera, este nivel de análisis está caracterizado por el conjunto de criterios mostrados en la Tabla 1.2, cuyos casos predominantes están representados en la Figura 4.2, Figura 4.3, Figura 4.4, en forma relativa y en porcentajes; y también de manera detallada y espacialmente segregada por zonas estadísticas, en el ANEXO 12, ANEXO 13, ANEXO 14, ANEXO 15, y ANEXO 16.

Figura 4.2

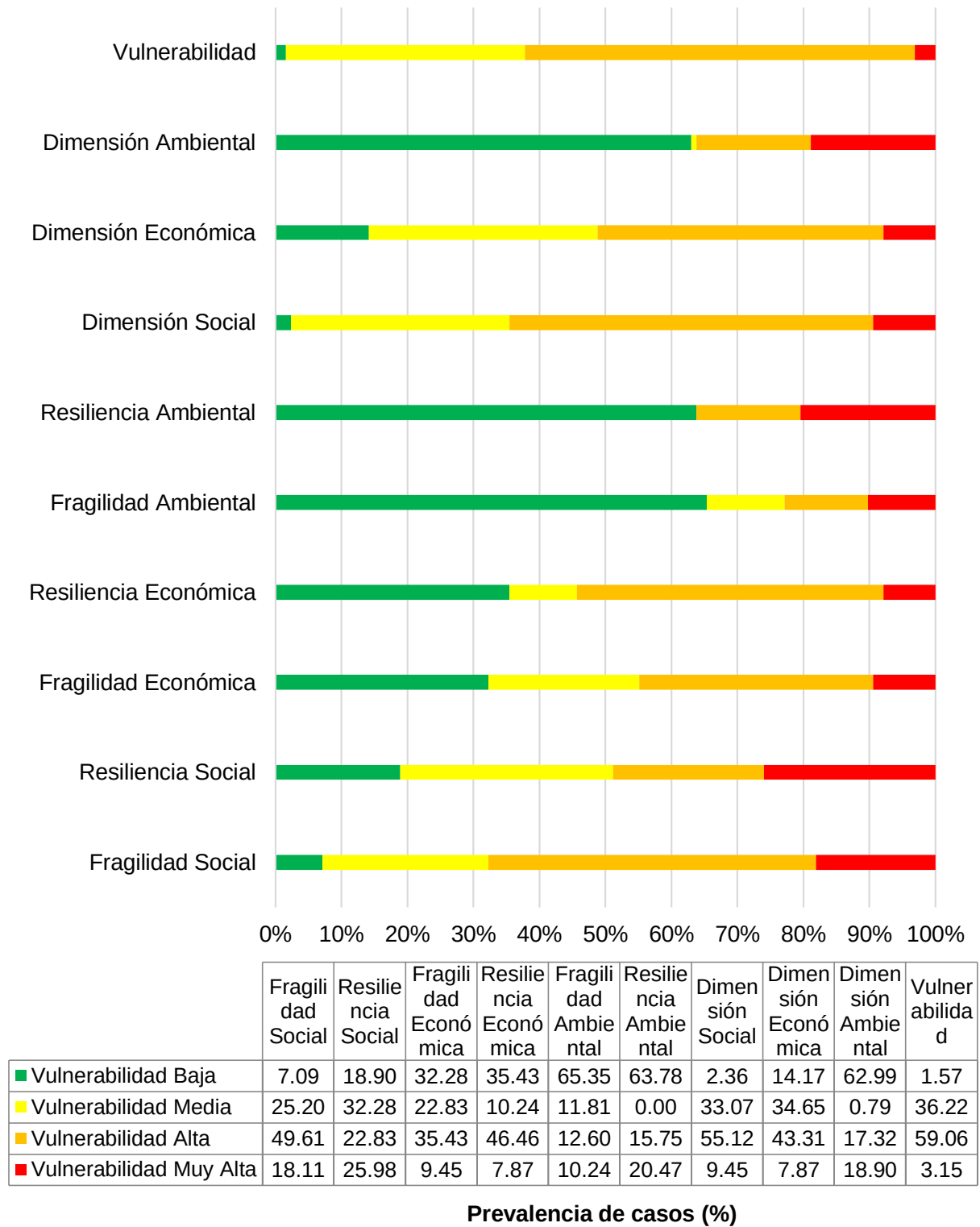
Distribución relativa de casos por vecindario



Nota: Elaboración propia.

Figura 4.3

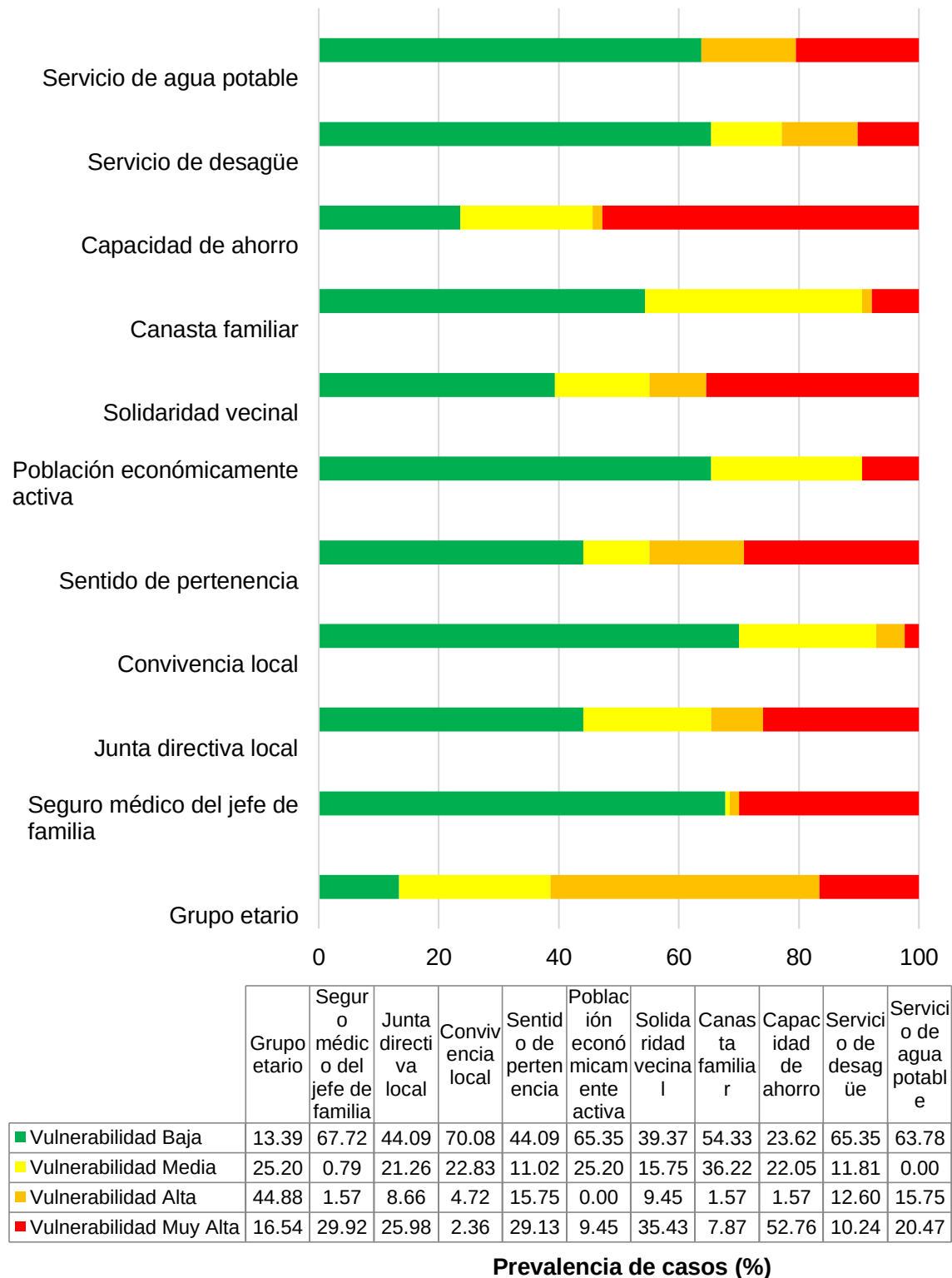
Distribución relativa de componentes y dimensiones de la vulnerabilidad



Nota: Elaboración propia.

Figura 4.4

Características de la vulnerabilidad global



Nota: Elaboración propia.

Sobre la lectura de tal distribución se puede inferir que los criterios tipo Grupo Etario, Seguro del Jefe de Hogar, Junta Directiva Local, Sentido de Pertenencia, Solidaridad Vecinal, y sobre todo la Capacidad de Ahorro (con un puntaje acumulado de 52.76), tienen un comportamiento prevalente respecto a los otros parámetros de análisis, considerando el rango correspondiente al nivel de Vulnerabilidad Muy Alta, considerado el más crítico de todos los escenarios (ver la Figura 4.4). Por otro lado, si se trata de evaluar la prevalencia de casos expuestos a un nivel de Vulnerabilidad Alta, los criterios tipo Grupo Etario, Sentido de Pertenencia, Servicio de Agua Potable, y Servicio de Desagüe, revelan valores de mayor importancia respecto del resto; en los términos de los criterios definidos se puede deducir que la fragilidad de la población los vulnera, debido a que existe mayor presencia de niños en relación con el resto de grupos etarios.

En resumidas cuentas, estos aspectos contribuyen con las vulnerabilidades de orden social e influye en los modos de organización colectiva o en el estado de cohesión social presente en todo el ámbito de estudio en general. Dichos parámetros influyen en la fragilidad y resiliencia social, y eventualmente la resiliencia económica; todos estos están marcadamente alineados con las dimensiones sociales y económicas de las condiciones de vulnerabilidad. Nótese, además que un porcentaje regular de 18.9 % de la población están expuestas a una vulnerabilidad ambiental crítica, debido a la falta de infraestructura para una apropiada habitación sobre el territorio, principalmente por la carencia de servicios de agua y desagüe (ver la Figura 4.3).

Tal como se puede apreciar en la Figura 4.2, al menos el 30 % de los casos (correspondientes a cada zona del ámbito de estudio) se encuentran bajo condiciones de Vulnerabilidad Alta. La Zona I y Zona II son los que pocos casos tienen, mientras que las vulnerabilidades altas existentes en el resto de vecindarios¹⁰ son más pronunciadas, sobre todo en la Zona 4.

En los vecindarios de la Zona 1 y Zona 2, los niveles de vulnerabilidad Alta y Muy Alta implican la existencia de grupos etarios frágiles, vale decir niños y ancianos (Ver ANEXO 12 y ANEXO 13); en otras palabras, estas condiciones influyen en la fragilidad social de los vecindarios antes mencionados. Nótese, además, que algunos aspectos positivos relacionados a la resiliencia y fragilidad se evidencian a través de los criterios como Seguro

¹⁰ Tales como la Zona 3, Zona 4 y Zona 5, véase la Figura 4.1.

Social del Jefe de Hogar, Convivencia Social, disponibilidad de Agua Potable y Desagüe de Residuos, y sobre todo Solidaridad Vecinal, en referencia a la Zona 2.

La Zona 3 es una extensión de la Zona 1, que ha tenido lugar como parte de la última etapa de urbanización desde la década de 1980's (una década posterior a la fundación) hasta la actualidad. Las variables que influyen notablemente en la prevalencia de los casos de vulnerabilidad alta corresponden a los criterios Grupo Etario, Solidaridad Vecinal, Percepción de la Junta Vecinal y Capacidad de Ahorro, lo que implica que la mayoría de las personas son niños, y no obstante a que los jefes de familia tienen un empleo, los ingresos no cubren satisfactoriamente la canasta familiar.

La Zona 4 es uno de los vecindarios con mayores ratios de vulnerabilidad alta. En el ANEXO 15 se pueden apreciar los parámetros que influyen en esta condición de vulnerabilidad. Las dimensiones comprometidas en las condiciones de vulnerabilidad son antes de todo sociales, comenzando por la capacidad de resiliencia del grupo con respecto a la negativa percepción y relación con la Junta Directiva Local; y económicas, caracterizada por una falta de Solidaridad Vecinal, así como la falta de la Capacidad de Ahorro. Algunos aspectos positivos en este vecindario están relacionados con la buena convivencia social y falta de conflictos, la ocupación laboral de los jefes de familia, y el abastecimiento de servicios de agua potable y de desagüe.

En cambio, la población residente en la Zona 6 tiene limitaciones de otros tipos respecto a los vecindarios anteriores. Entonces, las condiciones de vulnerabilidad que contextualiza a dicho vecindario están vinculadas principalmente a las dimensiones ambiental y social (ver el ANEXO 16). Es relevante la vulnerabilidad ambiental, debido a que no cuenta con Servicio de Agua Potable, y, además, carecen de Servicio de Desagüe para la evacuación de las aguas residuales. Por otro lado, la dimensión social es vulnerada debido a que, como en los casos anteriores existen muchas personas pertenecientes a grupos etarios frágiles. Se puede decir que dicho grupo tiene una característica común a los otros vecindarios, no poseen buena capacidad de ahorro, aun así, logran cubrir sus canastas familiares.

4.3 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Con la ayuda de plataformas geomáticas se puede responder apropiadamente al problema de identificación de la vulnerabilidad. La identificación de sus factores puede tener lugar tanto en el conjunto de factores que los provocan, así como la localización de origen.



En otras palabras, considerando las posibilidades de lectura respecto de los factores que pueden provocar las vulnerabilidades, en esta tesis se muestra las ventajas de la utilización de la lectura por niveles, así como la lectura mediante fragmentos del área de estudio.

CONCLUSIONES

La presente tesis llega a las siguientes conclusiones:

- a. El proceso ensayado en la presente tesis muestra que la separación de los elementos que constituyen tanto al ambiente edificado como a las personas, nos proporciona una mejor comprensión de los posibles factores que influyen en la vulnerabilidad. Así, por ejemplo, bajo este procedimiento se ha podido dar lectura de los niveles de vulnerabilidad tanto de cada criterio, dimensión, o componente de manera separada. La utilidad de su separación y su localización en un sistema de información geoespacial permite tener mejores recursos para la toma de decisiones.
- b. Los criterios antes mostrados, en el Capítulo 2, tienen una aproximación a la vulnerabilidad principalmente a partir de la noción de resiliencia; en este sentido, se han elegido preguntas claves – tales como el Sentido de Pertenencia (Pregunta 30, del Anexo 17), Solidaridad Vecinal (Pregunta 29, del Anexo 17), Percepción de la Junta Vecinal (Pregunta 17, del Anexo 17), y Convivencia Local (Pregunta 26, del Anexo 17), para mostrar las características de la cohesión social como principio de resiliencia social. Es importante poner en relieve el sentido de resiliencia, sobre todo en contextos posteriores a un desastre, incluso para propósito de reducción de riesgos. La cohesión social de una comunidad es una forma de medida que permite conocer el grado de organización de la misma, en la medida de ofrecer una oportunidad de caracterizar su capacidad mediadora con las distintas instituciones vinculadas al acondicionamiento y ordenamiento territorial, así como la gestión de riesgos.
- c. Es importante mencionar que la noción de peligro, vulnerabilidad y riesgo es una triada que comúnmente se utiliza para la gestión del riesgo; sin embargo, es solamente un cuadro conceptual convencional y práctico, cuya estructura y conceptualización puede variar y ser concebida de múltiples maneras.
- d. La presente propuesta ha sido empleada en un Proyecto Piloto, como se ha comentado en la Introducción. En dicha experiencia, se han manifestado algunas limitaciones que se reflejan en esta tesis. Por ejemplo, una de las principales limitaciones es la falta de información disponible respecto de las edificaciones, así como de las condiciones ambientales de habitación. En este sentido es posible de ser mejorado. De los 127 casos analizados, solamente 57 edificaciones han sido evaluadas bajo parámetros asociados a las edificaciones construidas con ladrillos y estructuras aporticadas. Muchos de los edificios tienen una elevación y planta caracterizadas por una geometría irregular, sobre todo las que están emplazadas en las laderas; el resto de edificaciones están hechas de madera y de otros materiales.

De la misma manera, las formas de cimentación son variables y complejas. Esta amplia mixtura del ambiente edificado es realmente un reto para buscar una forma de estudiar la vulnerabilidad de las edificaciones bajo un único lente metodológico, puesto que incluso la anatomía de las edificaciones también es irregular, y muchas veces escapan a los estándares de construcción normados.

- e. Uno de los principales resultados obtenidos, es que el modelo planteado ofrece una sistematización de la base de datos, así como flexibilidad y facilidad de la lectura de los estados de vulnerabilidad de las unidades de estudio (Figura 4.2, Figura 4.3, Figura 4.4, ANEXO 7, ANEXO 8, ANEXO 9, y ANEXO 10), para cada nivel de análisis tanto en la estructura de datos compuestas por las variables de evaluación, como de manera geoespacial. Estos niveles – tales como descriptores, criterios, componentes, dimensiones y finalmente, el índice de vulnerabilidad, permiten identificar las fuentes que originan los estados de vulnerabilidad, y son de suma importancia para la toma de decisiones en políticas de reducción de la vulnerabilidad, en el marco de la gestión de riesgo de desastres. El modelo es sugerente respecto a las condiciones de vulnerabilidad de la comunidad; en este sentido, la apropiada lectura de las variables vinculadas a los índices de vulnerabilidad permite tomar decisiones a nivel de gobiernos locales, regionales y también de organizaciones no gubernamentales, entre otras instituciones orientadas a la gestión de riesgos.

RECOMENDACIONES

Una de las limitaciones que tiene el modelo planteado en la presente Tesis, es la falta de una plataforma de ponderación que permita una comunicación fluida con el usuario en un entorno de algún sistema de información o de base de datos. Esta limitación se debe a que, tanto las ecuaciones, como los esquemas de procedimientos, ofrecen un procesamiento lineal sin mucha interacción con el usuario, no obstante, a la tabulación, el ingreso de pesos, descriptores y la obtención del índice de vulnerabilidad.

Se recomienda para el diseño de la cédula de encuesta un trabajo de campo previo, así como una coordinación con las asociaciones vecinales que participarán en la diagnosis. Algunas de las preguntas asociadas a la percepción de la Junta Directiva y la convivencia vecinal, han surgido precisamente de esta primera aproximación.

Se recomienda que, para el modelo de vulnerabilidad propuesto, éste tenga una forma comprehensiva (que no es motivo de la presente Tesis), es necesario adicionar parámetros vinculados al ambiente natural y al ambiente edificado. Respecto al ambiente edificado, se sugiere considerar parámetros como la forma de las cimentaciones, la distribución espacial de los elementos estructurales y ensamblarlos a los indicadores sociales y económicos. Los esquemas mostrados en ésta propuesta pueden ser empleados para el estudio de la vulnerabilidad de elementos de diversas naturalezas. Dada su flexibilidad, los parámetros pueden ser rediseñados, cuya estructura, inclusive, puede ser modificada de acuerdo a las condiciones de trabajo e información disponible; así como las técnicas de priorización y ponderación, sobre todo para los valores asociados al ambiente edificado.

El modelo de procesamiento propuesto es perfectible, incluso en el método de caracterización, así como en la generación de indicadores con otras alternativas además de las técnicas de ponderación. En el Capítulo 2 se dio a conocer que la relación de la vulnerabilidad con el riesgo ha seguido varios rumbos de correlación e integración, por ejemplo, mediante curvas de fragilidad y combinaciones lineales. Estas relaciones matemáticas, a modo de funciones, provienen necesariamente de ensayos realizados en los laboratorios, como es el caso de las curvas de fragilidad; o están asociados de juicio de expertos, en el caso de las combinaciones lineales. El reto consiste en crear dichas relaciones teniendo en cuenta que la naturaleza de las condiciones sociales no necesariamente responde a relaciones funcionales. Es por esa razón que las técnicas de ponderación u otros criterios son de mucho valor para la obtención de indicadores.

REFERENCIAS

- Adriano, B., Mas, E., Koshimura, S., Estrada, M., & Jimenez, C. (2014). Scenarios of Earthquake and Tsunami Damage Probability in Callao Region, Peru, Using Tsunami Fragility Functions. *Journal of Disaster Research*, 9(16), 968-975. <https://doi.org/10.20965/jdr.2014.p0968>
- Beck, U. (2013). *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós.
- Canelo Almeyda, N. R. (1963). *Some Basic Concepts for a Comprehensive Planning Theory and Methodology*. Lima: Instituto de Planeamiento de Lima.
- Canelo Almeyda, N. R. (1991). Desarrollo Territorial Comprehensivo. *Seminario Internacional de Microzonificación y su Aplicación al Planeamiento Urbano para Mitigación de Desastres* (págs. 7-18). Lima: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2015). *Manual para la evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales*. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/257>
- Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. (2013). *Estudios de Microzonificación Geotécnica Sísmica y Evaluación del Riesgo en Zonas Ubicadas en los Distritos de Carabayllo y El Agustino (Provincia y Departamento De Lima); Distrito del Cusco (Provincia y Departamento del Cusco); y Distrito de Alto Selva A*. Lima: Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres.
- Cutter, S., Boruff, B., & Shirley, L. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242-261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
- D'Ercole, R., Cavagnoud, R., Morel, M., & Vernier, P. (2009). Vulnerabilidades y desigual proceso de reconstrucción después del sismo de Pisco del 15 de agosto de 2007 en la provincia de Chincha, Perú. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 38(3), 647-681. <https://doi.org/10.4000/bifea.2496>
- Estrada, M., & Uquichi, M. (2017). *Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante sismos en zonas de expansión urbana considerando valores físicos y sociales*. Lima: Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil, UNI.

- Estrada, M., Miura, H., Midorikawa, S., & F., Y. (2012). Evaluation of social seismic vulnerability through high resolution satellite imagery. *15th World Conference on Earthquake Engineering*. Lisboa.
https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012_4422.pdf
- Estrada, M., Zavala, C., & Aguilar, Z. (2009). Use of Geomatics for Disaster Management Case Study 2007 Peru, Pisco Earthquake. *7th International Workshop on Remote Sensing and Disaster Response*. Austin.
- Estrada, M., Zavala, C., Lázares, F., & Morales, J. (2013). Development of a GIS based tool for the calculation of the building repair cost due to earthquakes. *Research advances of Japan – Perú SATREPS project 2011 – 2012*, 24-29.
- Gonzales de Vallejo, L., Ferrer, M., Luis, O., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Educación.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). *Manual básico para la estimación de riesgos*. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil.
https://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf
- Kaji, H., Murao, O., Fujioka, M., Kanegae, H., Yamazaki, F., Estrada, M., & Bisbal, A. (2014). A Simulation Model for Forecasting Urban Vulnerability to Earthquake Disasters in Lima, Peru: “LIMA-UEQ”. *Journal of Disaster Research*, 9(6).
<https://doi.org/10.20965/jdr.2014.p1069>
- Kuroiwa, J. (2002). *Reducción de desastres. Viviendo en armonía con la naturaleza*. Lima.
- Mas, E., Adriano, B., & Koshimura, S. (2014). An Integrated Simulation of Tsunami Hazard and Human Evacuation in La Punta, Peru. *Journal of Disaster Research*, 8(2), 285-293. <https://doi.org/10.20965/jdr.2013.p0285>
- Matsuoka, M., Mito, S., Midorikawa, S., Miura, H., Quiroz, L., Maruyama, Y., & Estrada, M. (2014). Development of Building Inventory Data and Earthquake Damage Estimation in Lima, Peru for Future Earthquakes. *Journal of Disaster Research*, 9(6), 1032-1041. <https://doi.org/10.20965/jdr.2014.p1032>
- Matsuzaki, S., Pulido, N., Maruyama, Y., Estrada, M., Zavala, C., & Yamazaki, F. (2014). Evaluation of Seismic Vulnerability of Buildings Based on Damage Survey Data from the 2007 Pisco, Peru Earthquake. *Journal of Disaster Research*, 9(6).
<https://doi.org/10.20965/jdr.2014.p1050>

- Metzger, P., & D'Ercole, R. (2009). Los mecanismos de transmisión de la vulnerabilidad en el medio ambiente. *Bulletin de L'Institut Français d'Etudes Andines*, 38(3), 917-936. <https://doi.org/10.4000/bifea.2570>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2022). Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sostenible. *El Peruano*, 32-61. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/3588833-012-2022-vivienda>
- Narváez, L., Lavell, A., & Pérez, G. (2009). *La gestión del riesgo de desastres: un enfoque basado en procesos*. Lima: Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina - PREDECAN.
- Palacios Moncayo, O., Caldas Vidal, J., & Vela Velásquez, C. (1992). Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica. *Serie A: Carta Geológica Nacional*(43). <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/163>
- Pimentel Sánchez, N. (2017). Periurbanización y diferenciación en el mercado de suelo urbano en Carabayllo. *Investigaciones Sociales*, 21(38), 287-298. <https://doi.org/10.15381/is.v21i38.14233>
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2011). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD). *El Peruano*, 443206-443218.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2011). Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). *El Peruano*, 436456-436463.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1982). *The Logic of Priorities. Applications in Business, Energy, Health, and Transportation*. New York: Springer.
- Short, S., Burke, R., Jensen, A., & Berg, B. (2013). Management Strategies for Children during Natural Disasters. En B. Raskovik, & S. Mrdja, *Natural Disaster. Prevention, Risk Factors and Management* (págs. 111-139). New York: Nova Science Publishers.
- Siena, M. (2014). Desastres y vulnerabilidad: un debate que no puede parar. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 43 (3), 433-443. <https://doi.org/10.4000/bifea.5900>
- Wisner, B., Blakie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. London: Routledge.



Zavala, C., Estrada, M., Lazares, F., Alarcón, S., Taira, J., & Morales, J. (2012). Quick Risk Evaluation of Earthquake Losses on Housing. *15th World Conference on Earthquake Engineering*. Lisboa.

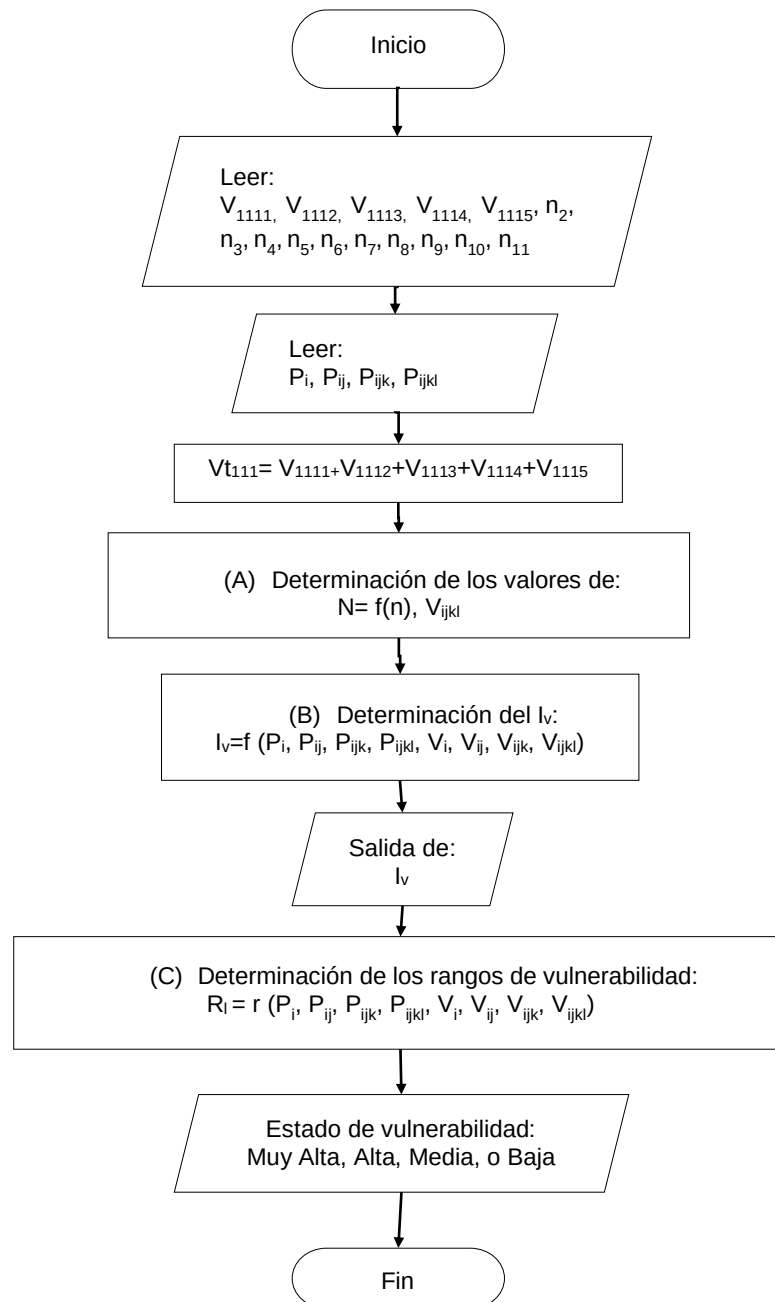


ANEXOS

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

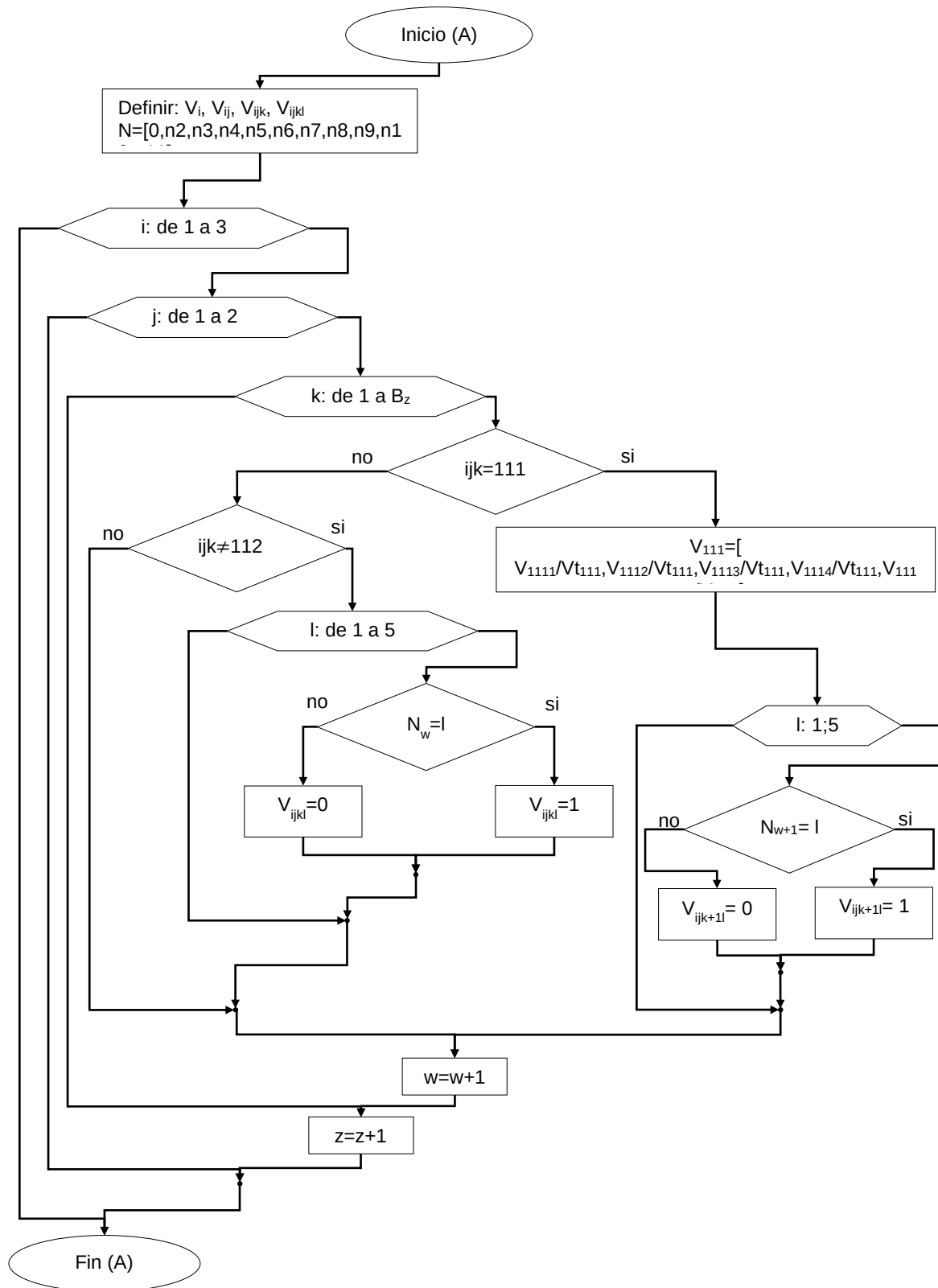
Problema	Actualmente, en el País no existe una metodología que permita desarrollar indicadores vinculados a la vulnerabilidad urbana desde el enfoque de la resiliencia social. Considerando las múltiples amenazas que existen, tanto como la expansión irregular del tejido urbano acompañada de edificaciones informales.	
Objetivo	<u>General:</u> Estimar la vulnerabilidad urbana a través de indicadores sistematizados en una plataforma geomática para la elaboración de mapas temáticos, que sirvan de herramientas para la Gestión del Riesgo de Desastres. <u>Objetivo Específicos:</u> • Levantamiento de información de campo, en una zona piloto. • Desarrollar una plataforma geomática en donde se pueda implementar la caracterización de la vulnerabilidad • Identificación de los indicadores y parámetros, los cuales permiten evaluar los diferentes niveles de vulnerabilidad.	
Hipótesis	Existe la posibilidad e identificar o generar indicadores organizados geográficamente en una plataforma geomática, que nos permita identificar la vulnerabilidad urbana. A través de la sistematización, programación y planteamiento metodológico para identificar indicadores podremos elaborar un mapa de vulnerabilidad urbana.	
Variables	lv	
Indicadores	Definición	Índice de Vulnerabilidad
	Tipo	Dependiente
	Medida	Adimensional (escala 1 a 5)
	Fuente de información	Parte del proceso de cálculo
Método	Se utilizará un método multicriterio debido a la diversidad de variables involucradas.	

ANEXO 2 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL



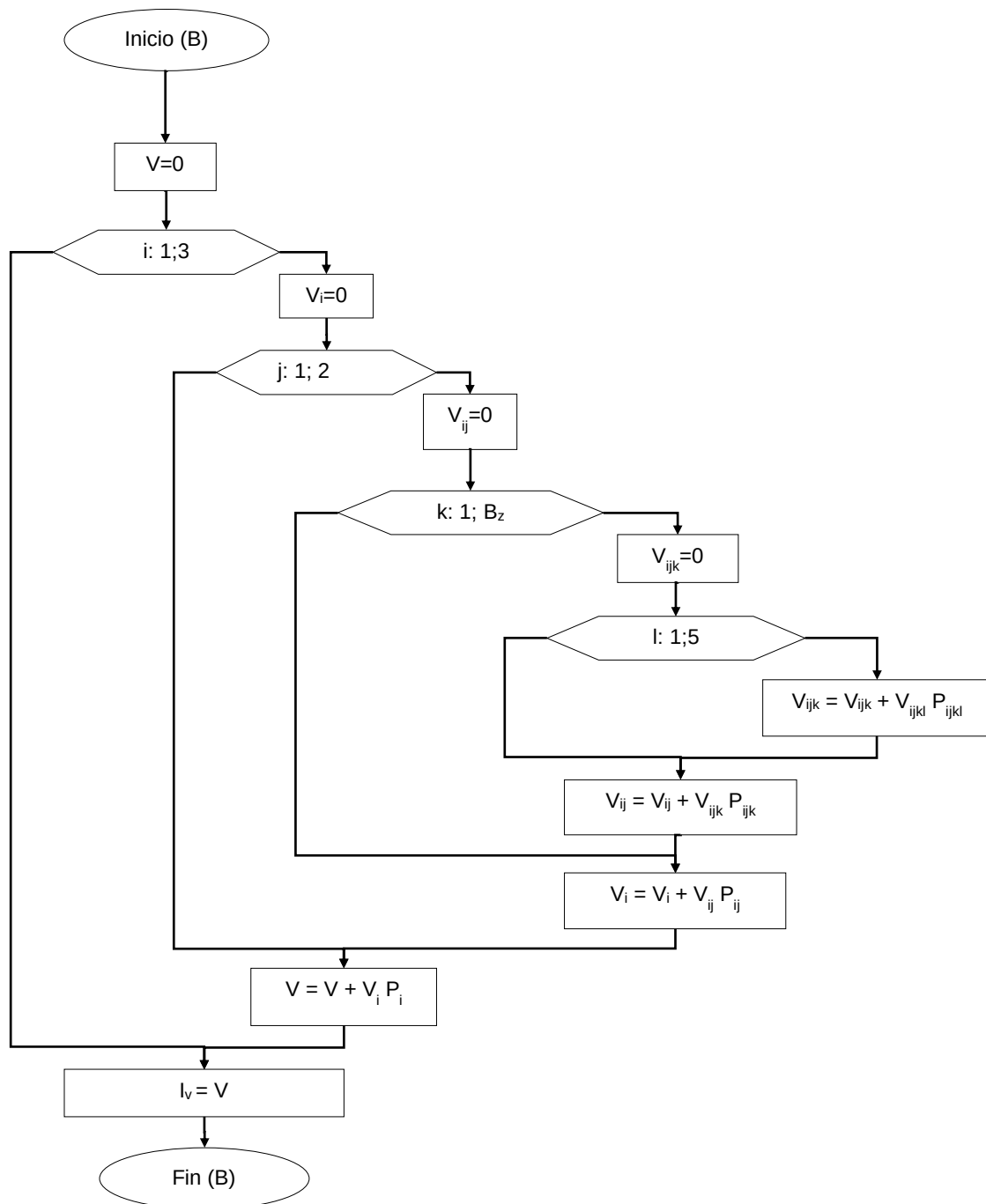
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MÓDULO A



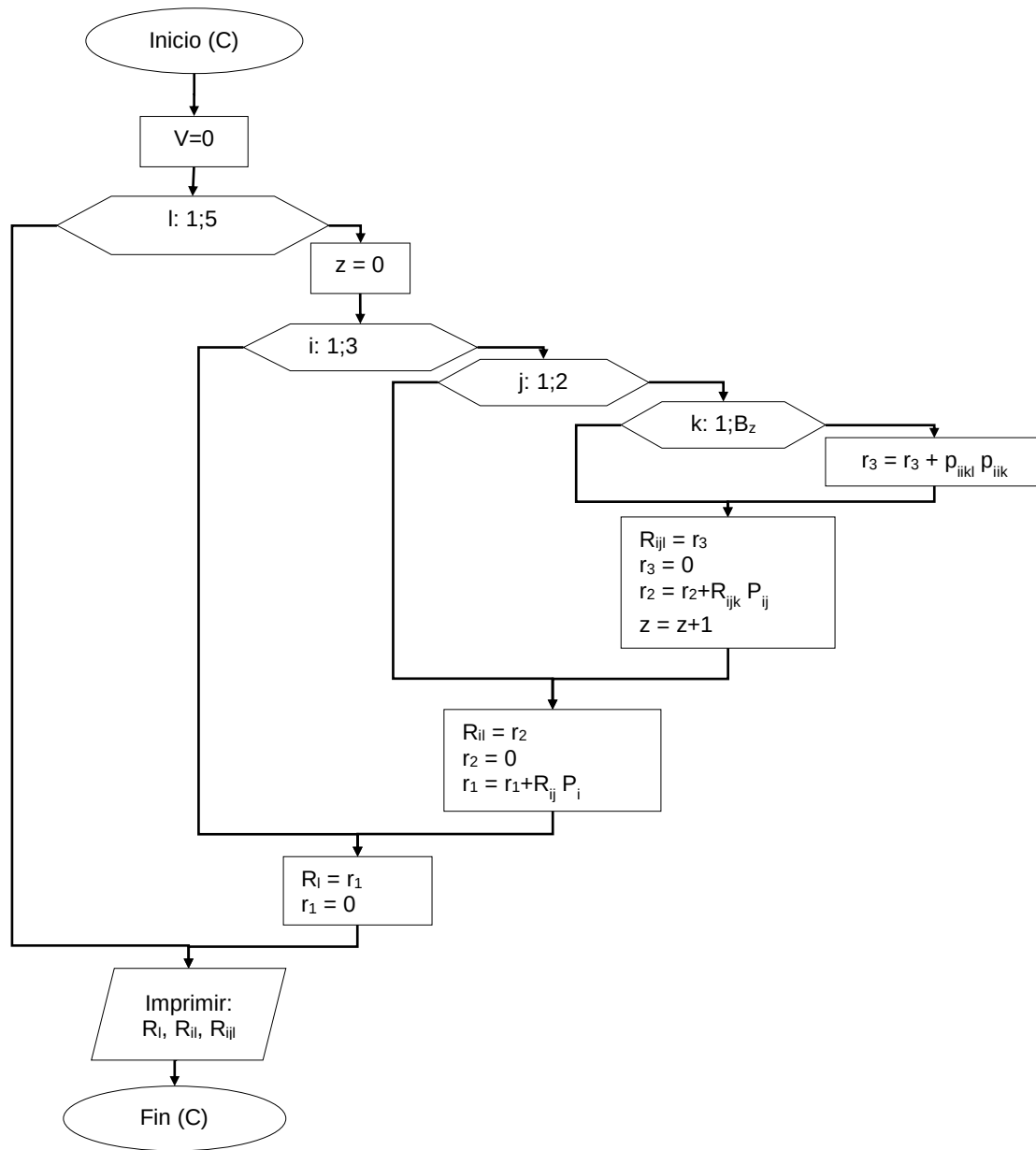
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MÓDULO B



Nota: Elaboración propia.

ANEXO 5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MÓDULO C



Nota: Elaboración propia.

ANEXO 6 PARÁMETROS DE PONDERACIÓN

Componente de la matriz de pesos para cada parámetro de evaluación:

$$p_{111} = [0.496623303073848, 0.262277301332245, 0.135844535367114, 0.0686544012241474, 0.0366004590026456]$$

$$p_{112} = [0.489449225151453, 0.288891328287038, 0.130617715876479, 0.0581505167322883, 0.0328912139527416]$$

$$p_{121} = [0.481310943886215, 0.282683443971079, 0.134389091925908, 0.0663247796130097, 0.0352917406037885]$$

$$p_{122} = [0.502839323056072, 0.262314561191409, 0.139508271330931, 0.0609440484711421, 0.0343937959504462]$$

$$p_{123} = [0.454781249346467, 0.311064820847429, 0.143077976773629, 0.0541660432964781, 0.0369099097359967]$$

$$p_{211} = [0.45273205870381, 0.307346890595924, 0.138815287792247, 0.0645773846606325, 0.0365283782473872]$$

$$p_{212} = [0.502186637668486, 0.257080262894518, 0.134232898442339, 0.0758436999466598, 0.030656501047997]$$

$$p_{221} = [0.45405428678418, 0.293831990330866, 0.144752336632071, 0.070097519010126, 0.0372638672427566]$$

$$p_{222} = [0.506821259204855, 0.266117818356053, 0.130947815325664, 0.0656207322995636, 0.0304923748138649]$$

$$p_{311} = [0.266117818356053, 0.130947815325664, 0.0656207322995636, 0.0304923748138649, 0.440951831309641]$$

$$p_{321} = [0.444842028309904, 0.310004386775115, 0.161749703073192, 0.0500944824849807, 0.0333093993568091]$$

$$p_{11} = [0.75, 0.25]$$

$$p_{12} = [0.581263616557734, 0.309150326797386, 0.10958605664488]$$

$$p_{21} = [0.75, 0.25]$$



$$p_{22} = [0.75, 0.25]$$

$$p_{31} = [1]$$

$$p_{32} = [1]$$

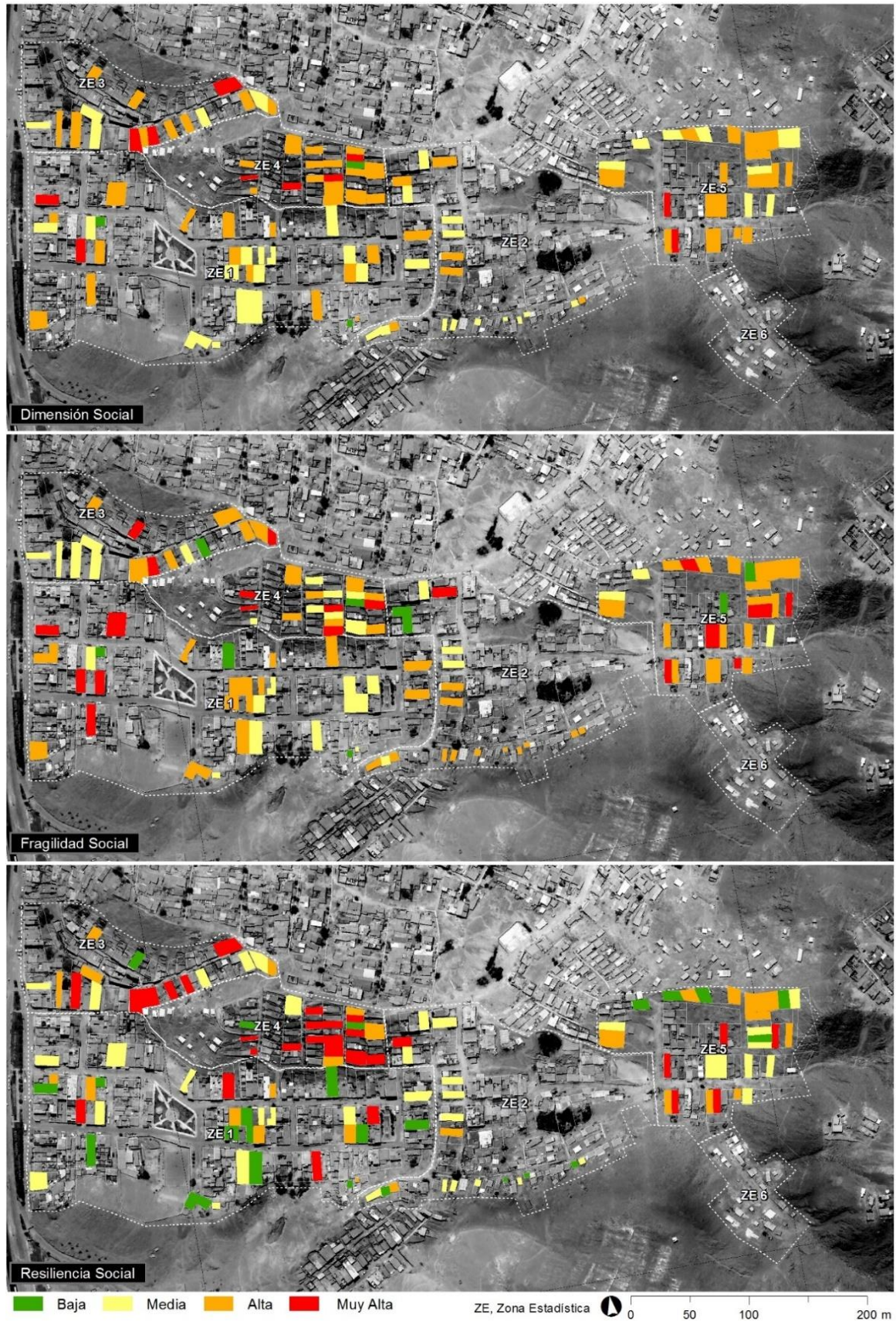
$$p_1 = [0.5, 0.5]$$

$$p_2 = [0.5, 0.5]$$

$$p_3 = [0.5, 0.5]$$

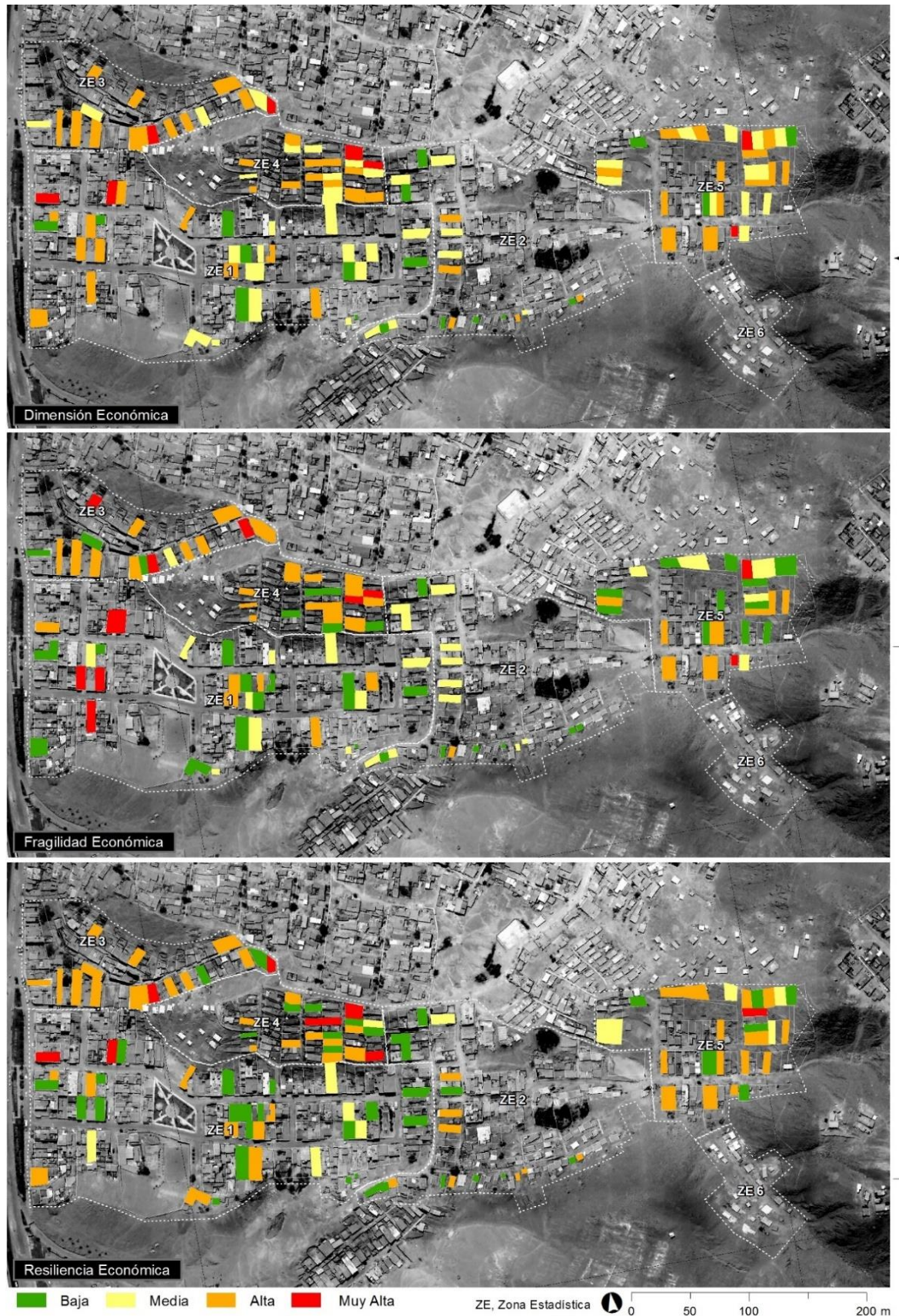
$$p = [0.701437451437451, 0.213238150738151, 0.0853243978243978]$$

ANEXO 7 MAPA DE VULNERABILIDAD: DIMENSIÓN SOCIAL



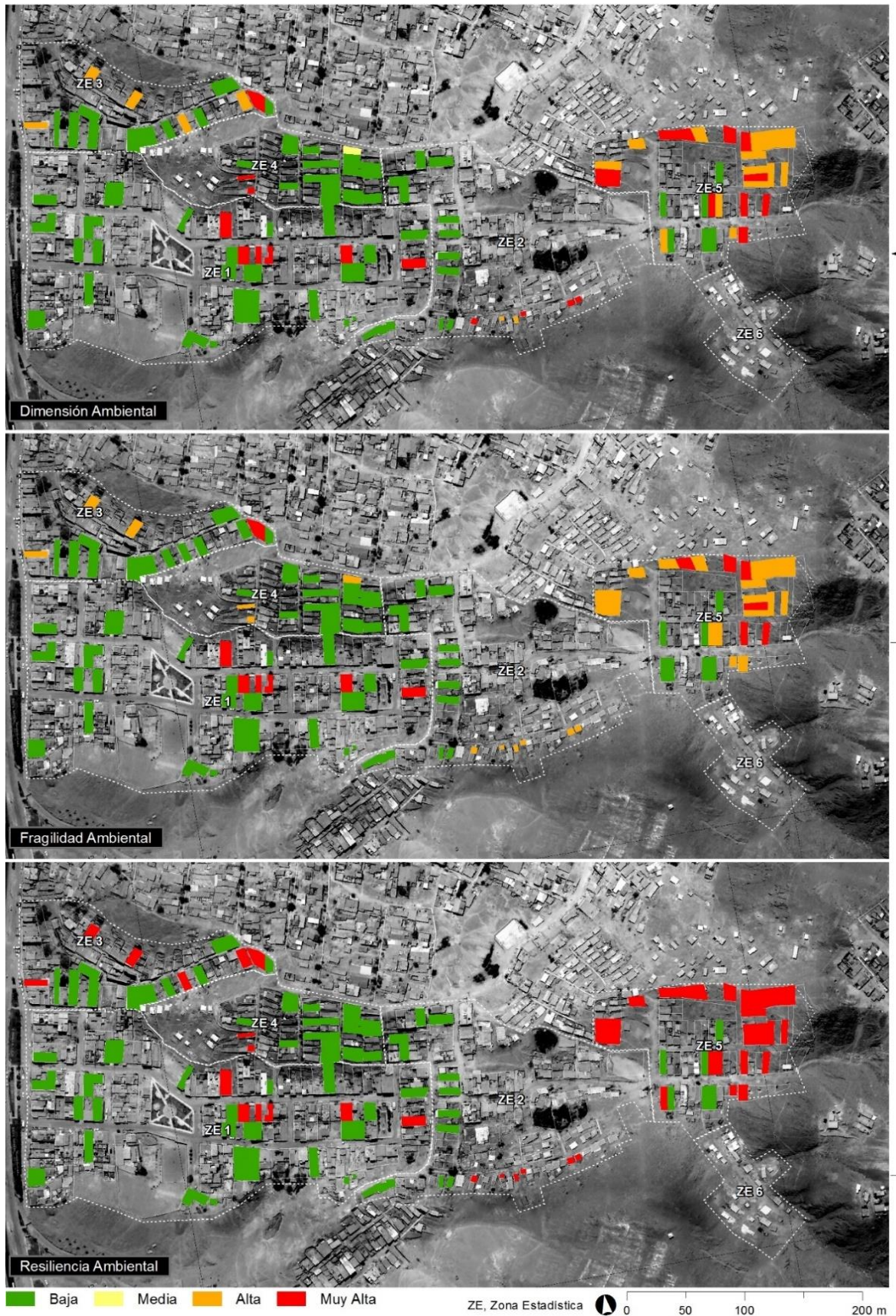
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 8 MAPA DE VULNERABILIDAD: DIMENSIÓN ECONÓMICA



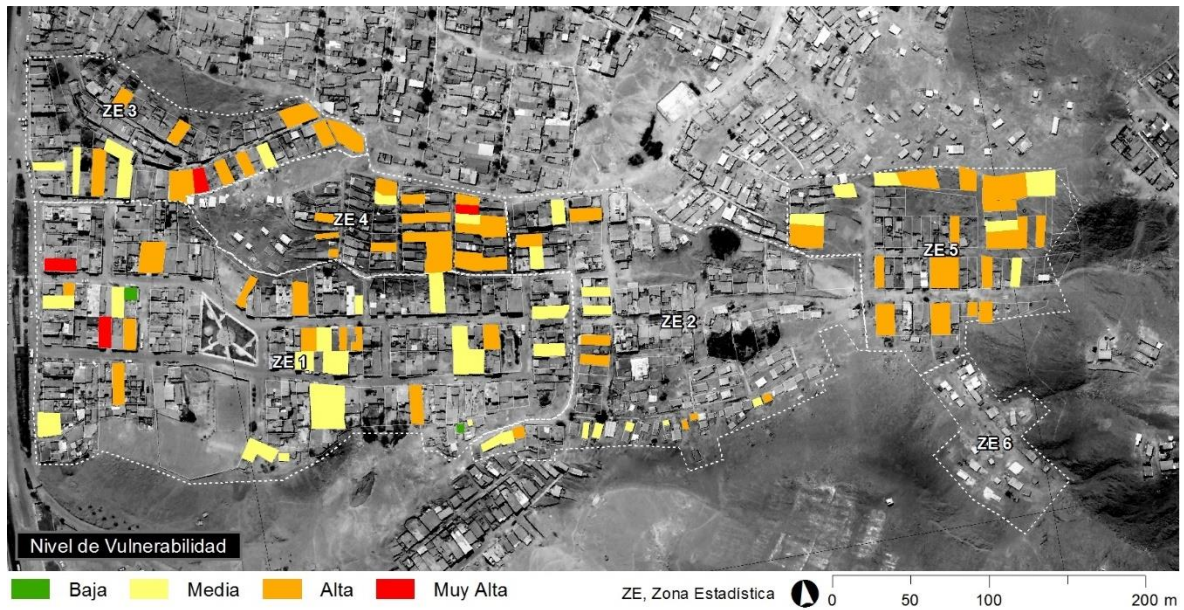
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 9 MAPA DE VULNERABILIDAD: DIMENSIÓN AMBIENTAL



Nota: Elaboración propia.

ANEXO 10 MAPA DE VULNERABILIDAD: SÍNTESIS.



Nota: Elaboración propia.

ANEXO 11 MATRIZ DE NIVELES DE LECTURA

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Vulnerabilidad	Dimensión Social	Fragilidad Social	Grupo Etario	menos de 6 años; más de 64 años
				de 6 a 12 años; de 60 a 64 años
				de 13 a 15 años; de 50 a 59 años
				de 16 a 30 años
				de 31 a 49 años
				No tiene
		Seguro del Jefe de Hogar		Otro tipo
				Seguro privado
				SIS
				Essalud, FF.AA., PNP
				Totalmente en desacuerdo
				En desacuerdo
		Resiliencia Social	Junta Directiva Local	Indiferente/ Indeciso
				De acuerdo
			Convivencia Local	Totalmente de acuerdo
				Totalmente en desacuerdo
				En desacuerdo

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
				Indiferente/ Indeciso
				De acuerdo
				Totalmente de acuerdo
				Totalmente en desacuerdo
				En desacuerdo
			Sentido de Pertenencia	Indiferente/ Indeciso
				De acuerdo
				Totalmente de acuerdo
				Totalmente en desacuerdo
				En desacuerdo
			Solidaridad Vecinal	Indiferente/ Indeciso
				De acuerdo
				Totalmente de acuerdo
		Fragilidad Económica		PEA desocupada
				Parcialmente desocupada
	Dimensión Económica		PEA	PEA sub ocupada
				Parcialmente ocupada
				PEA ocupada
				No

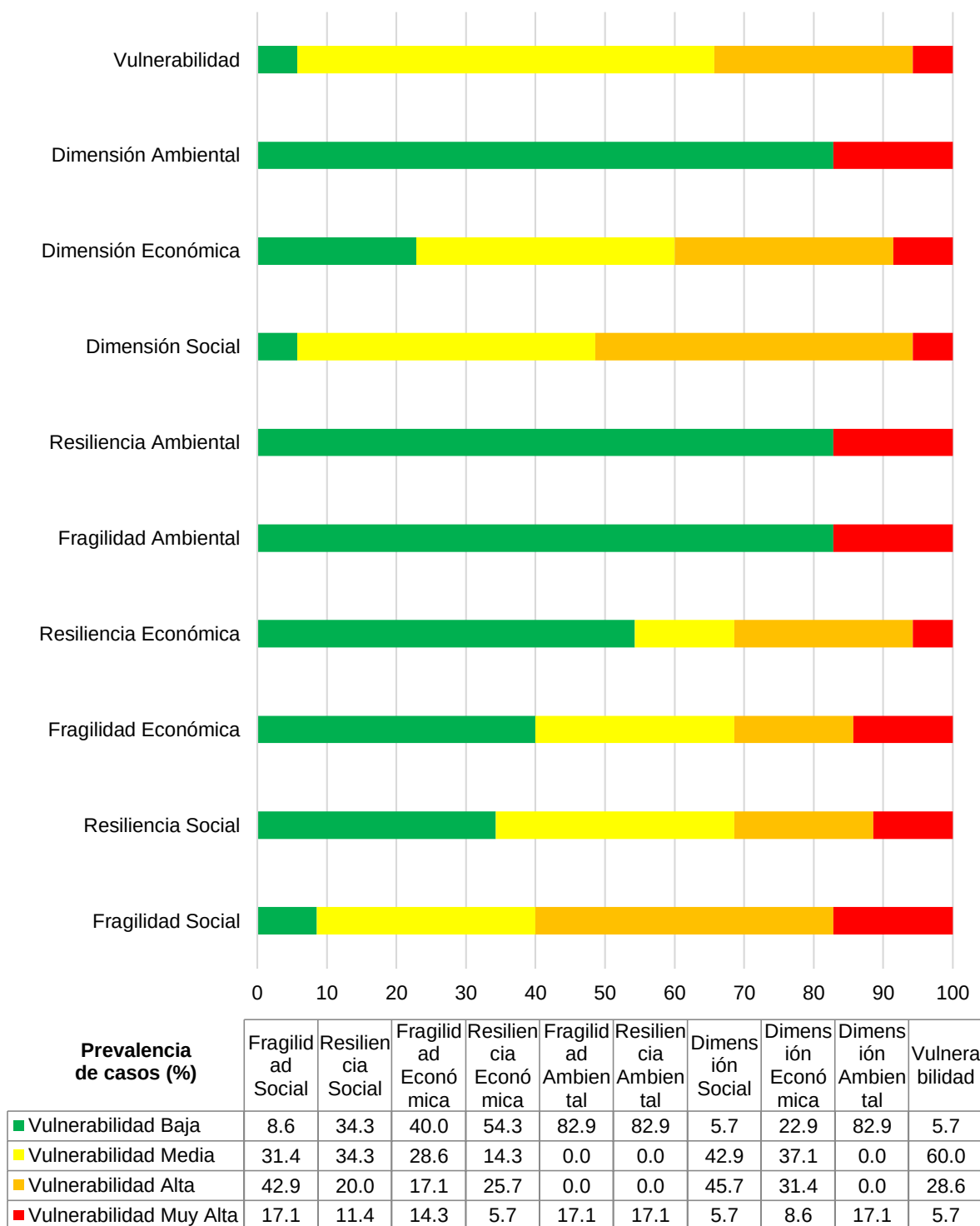
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
				Parcialmente no cubierta
			Cobertura de la Canasta Familiar	A veces
				Parcialmente cubierta
				Si
		Resiliencia Económica		No
				Parcialmente no cubierta
			Capacidad de Ahorro	A veces
				Parcialmente cubierta
				Si
				No tiene
				Letrina
		Fragilidad Ambiental	Servicio de Desagüe	Pozo séptico
	Dimensión Ambiental			Red pública de desagüe fuera de la vivienda
				Red pública de desagüe dentro de la vivienda
				Vecino
		Resiliencia Ambiental	Servicio de Agua Potable	Camión-cisterna u otro similar
				Pilón de uso público



Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
				Red pública fuera de la vivienda
				Red pública dentro de la vivienda

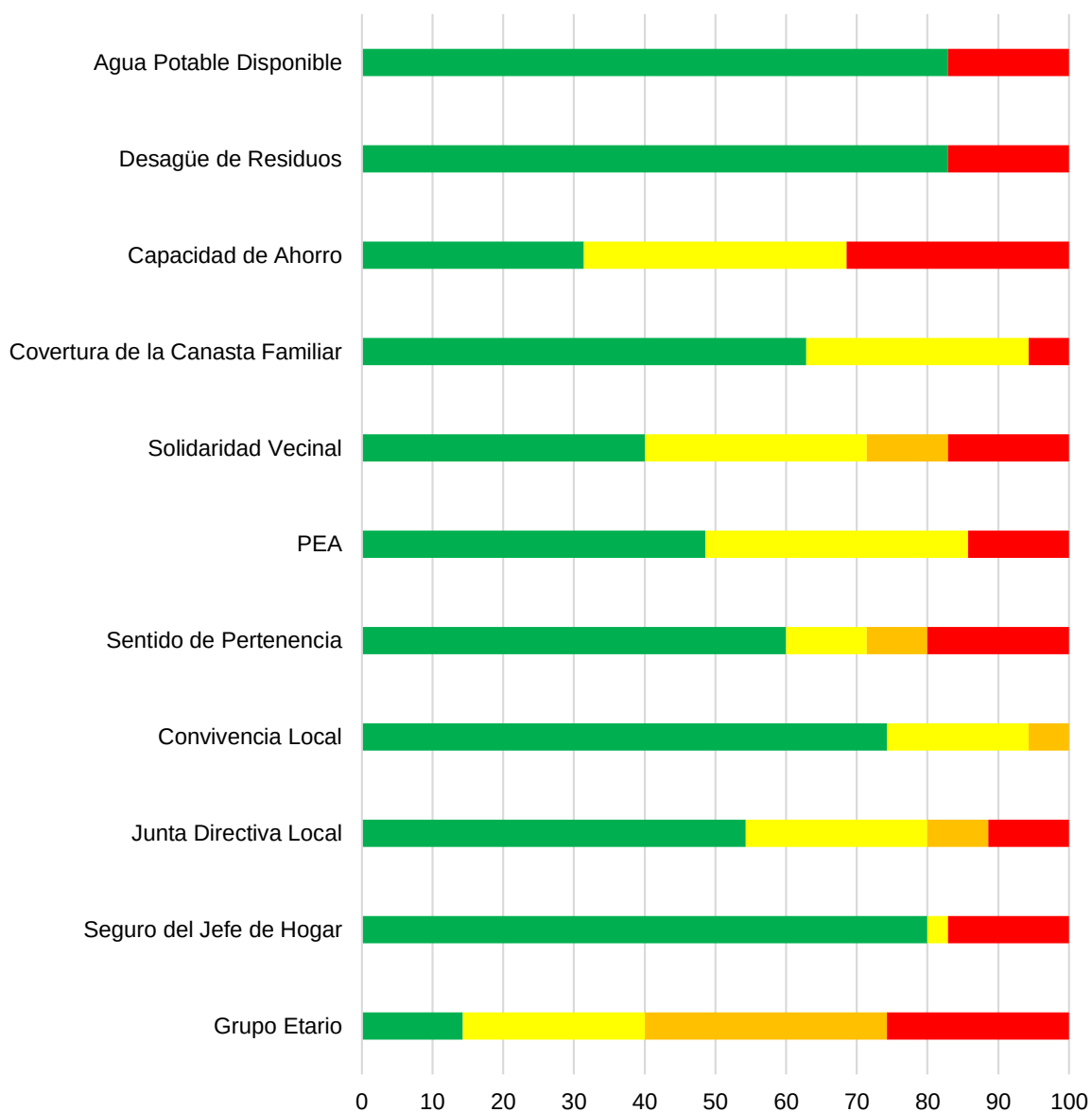
Nota: Elaboración propia, basa en la cedula censal del proyecto piloto (Ver Anexo 17).

ANEXO 12 ESTADOS DE LA VULNERABILIDAD: ZONA 1



Condiciones de fragilidad y resiliencia

Nota: Elaboración propia.

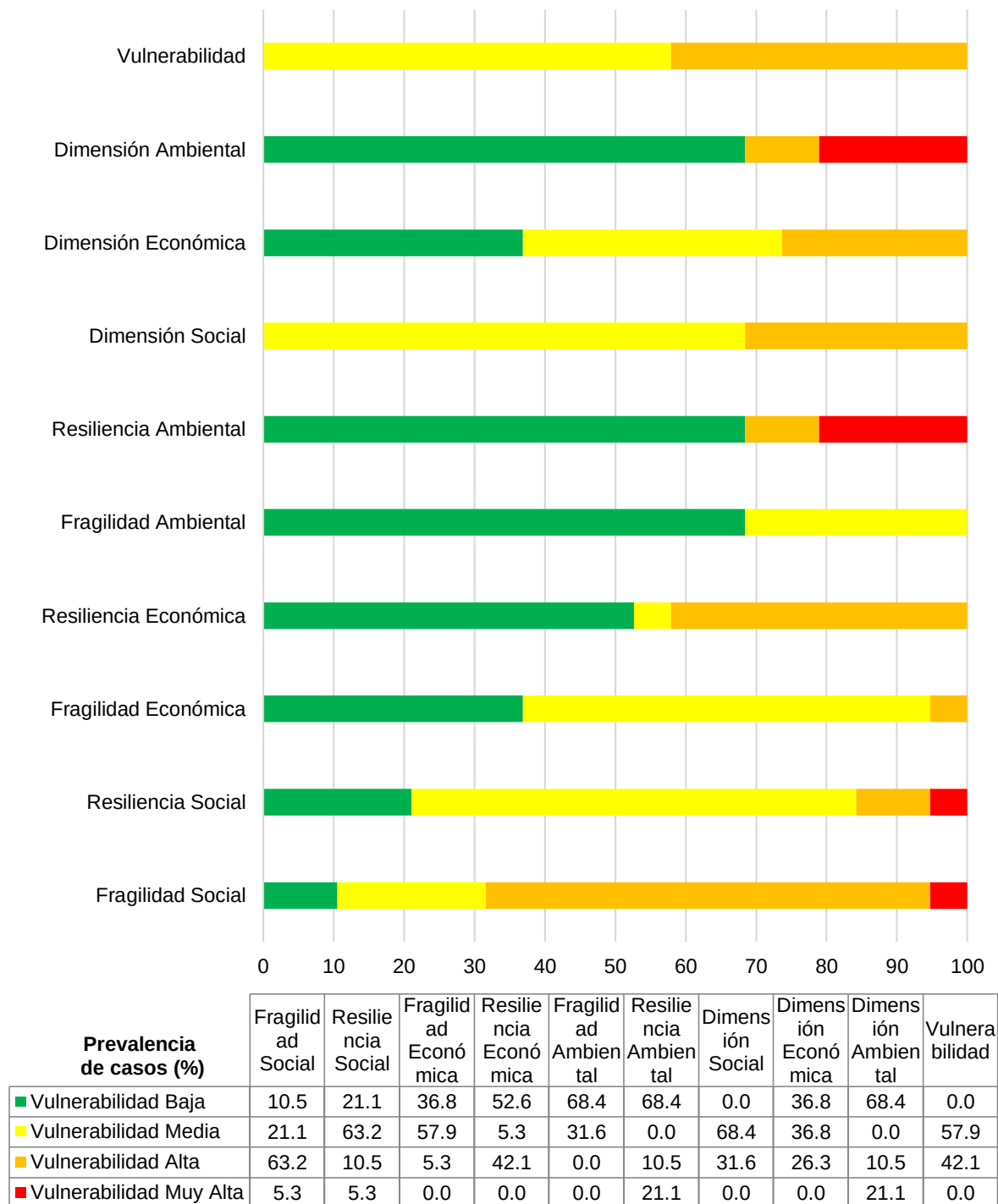


Prevalencia de casos (%)	Grupo Etario	Seguro del Jefe de Hogar	Junta Directiva Local	Convivencia Local	Sentido de Pertenencia	PEA	Solidaridad Vecinal	Covertura de la Canasta Familiar	Capacidad de Ahorro	Desagüe de Residuos	Agua Potable Disponible
Vulnerabilidad Baja	14.3	80.0	54.3	74.3	60.0	48.6	40.0	62.9	31.4	82.9	82.9
Vulnerabilidad Media	25.7	2.9	25.7	20.0	11.4	37.1	31.4	31.4	37.1	0.0	0.0
Vulnerabilidad Alta	34.3	0.0	8.6	5.7	8.6	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Vulnerabilidad Muy Alta	25.7	17.1	11.4	0.0	20.0	14.3	17.1	5.7	31.4	17.1	17.1

Características de la fragilidad y resiliencia

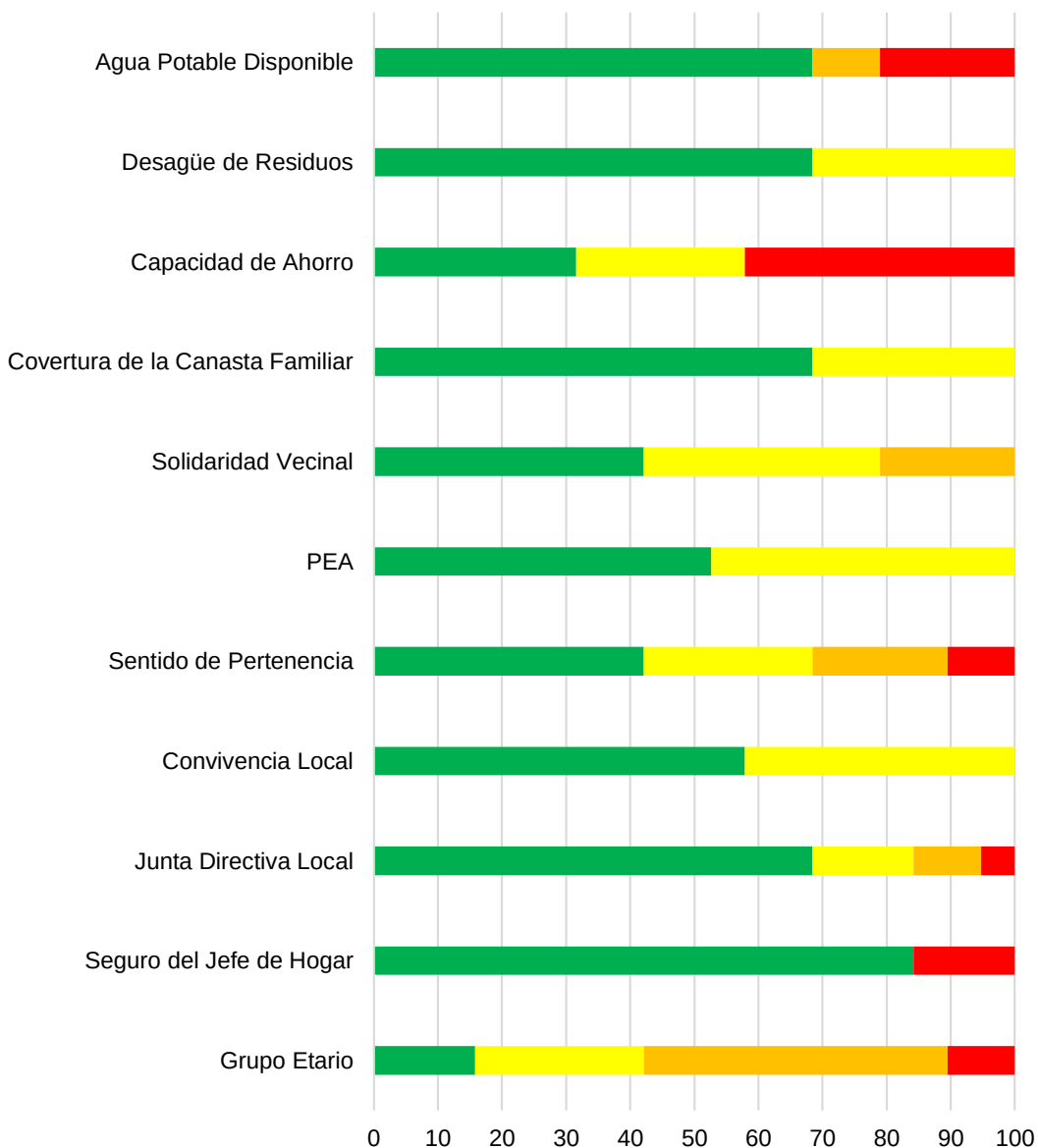
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 13 ESTADOS DE LA VULNERABILIDAD: ZONA 2



Condiciones de fragilidad y resiliencia

Nota: Elaboración propia.

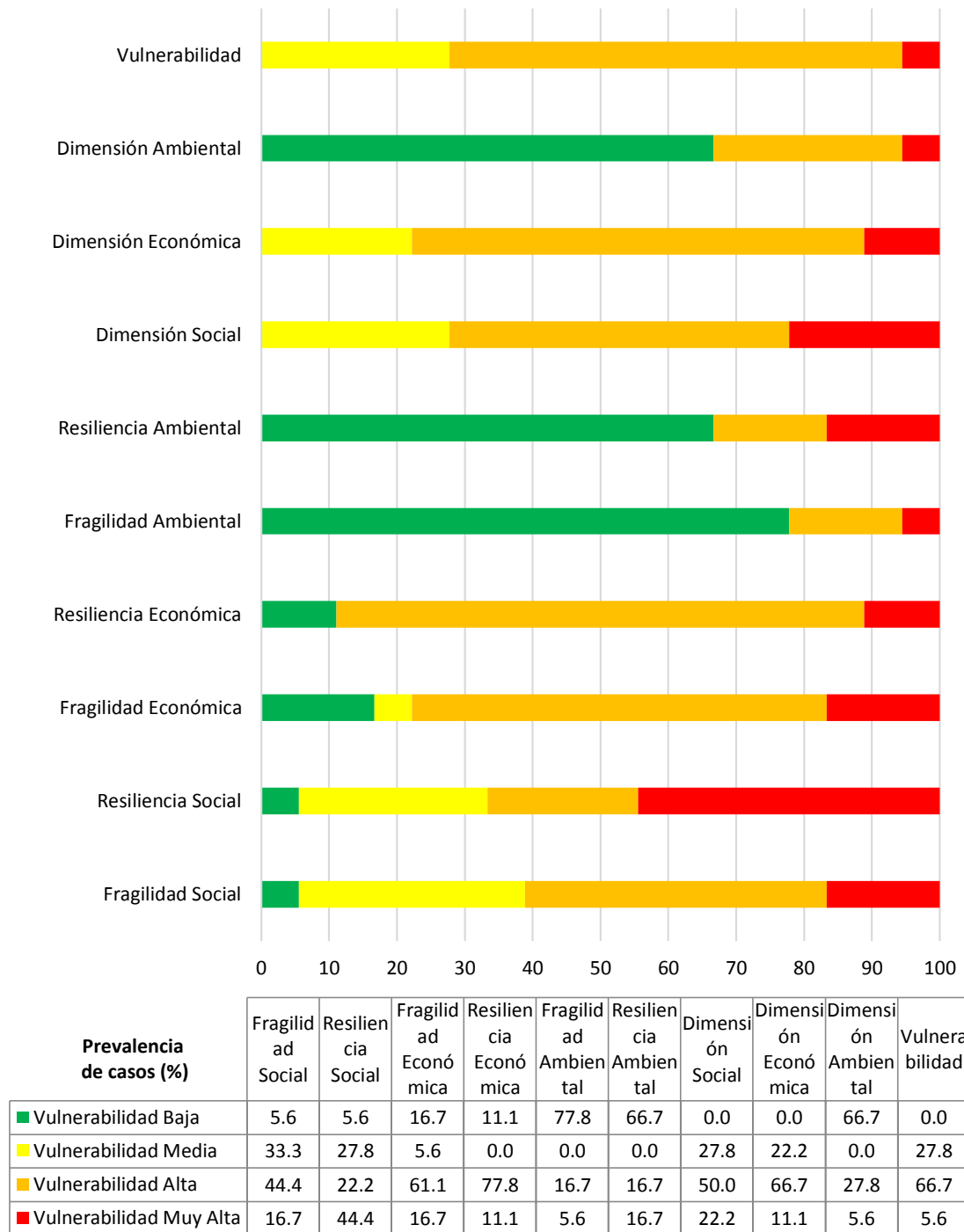


Prevalencia de casos (%)	Grupo Etario	Seguro del Jefe de Hogar	Junta Directiva Local	Convivencia Local	Sentido de Pertenencia	PEA	Solidaridad Vecinal	Covertura de la Canasta Familiar	Capacidad de Ahorro	Desagüe de Residuos	Agua Potable Disponible
Vulnerabilidad Baja	15.8	84.2	68.4	57.9	42.1	52.6	42.1	68.4	31.6	68.4	68.4
Vulnerabilidad Media	26.3	0.0	15.8	42.1	26.3	47.4	36.8	31.6	26.3	31.6	0.0
Vulnerabilidad Alta	47.4	0.0	10.5	0.0	21.1	0.0	21.1	0.0	0.0	0.0	10.5
Vulnerabilidad Muy Alta	10.5	15.8	5.3	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0	42.1	0.0	21.1

Características de la fragilidad y resiliencia

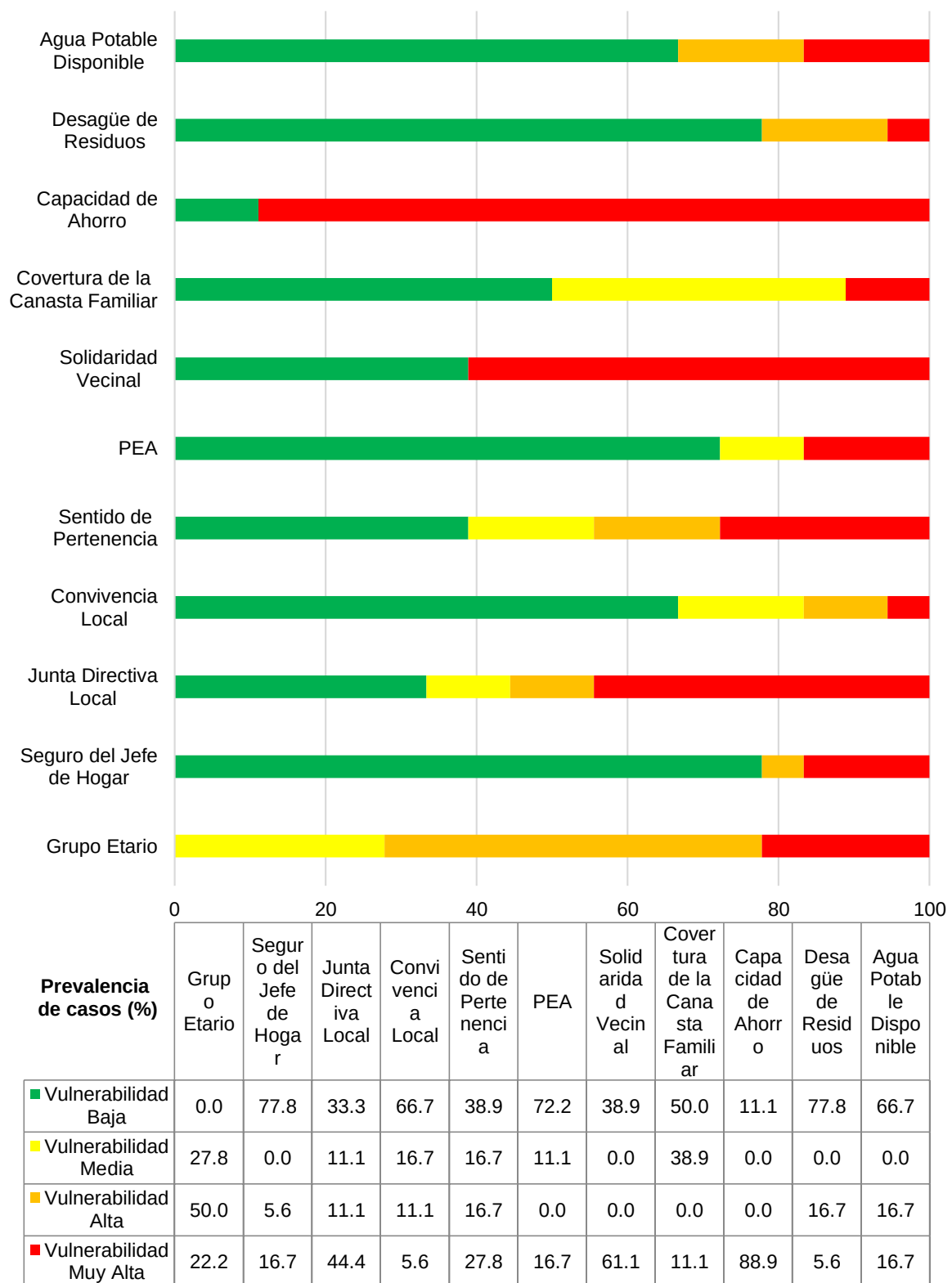
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 14 ESTADOS DE LA VULNERABILIDAD: ZONA 3



Condiciones de fragilidad y resiliencia

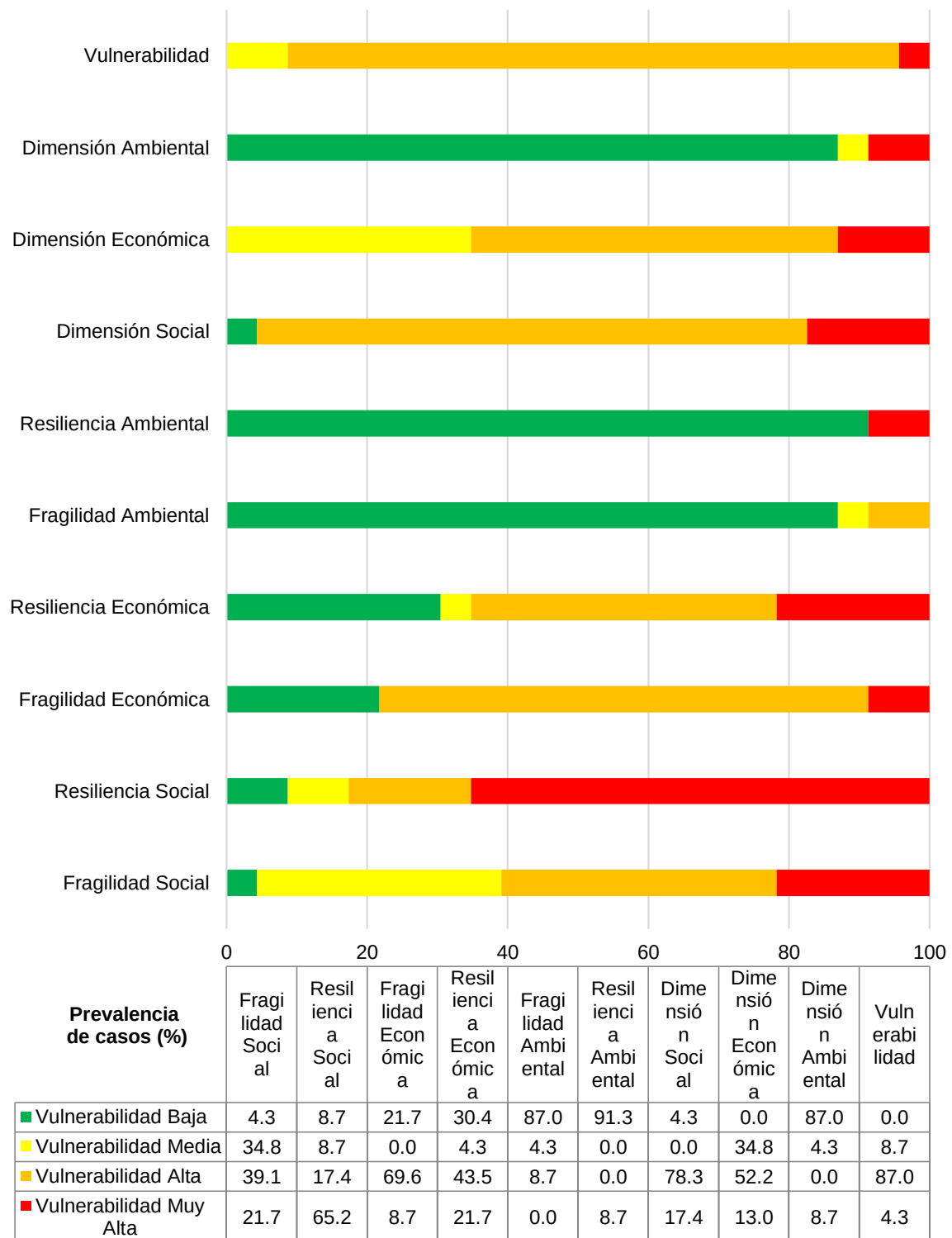
Nota: Elaboración propia.



Características de la fragilidad y resiliencia

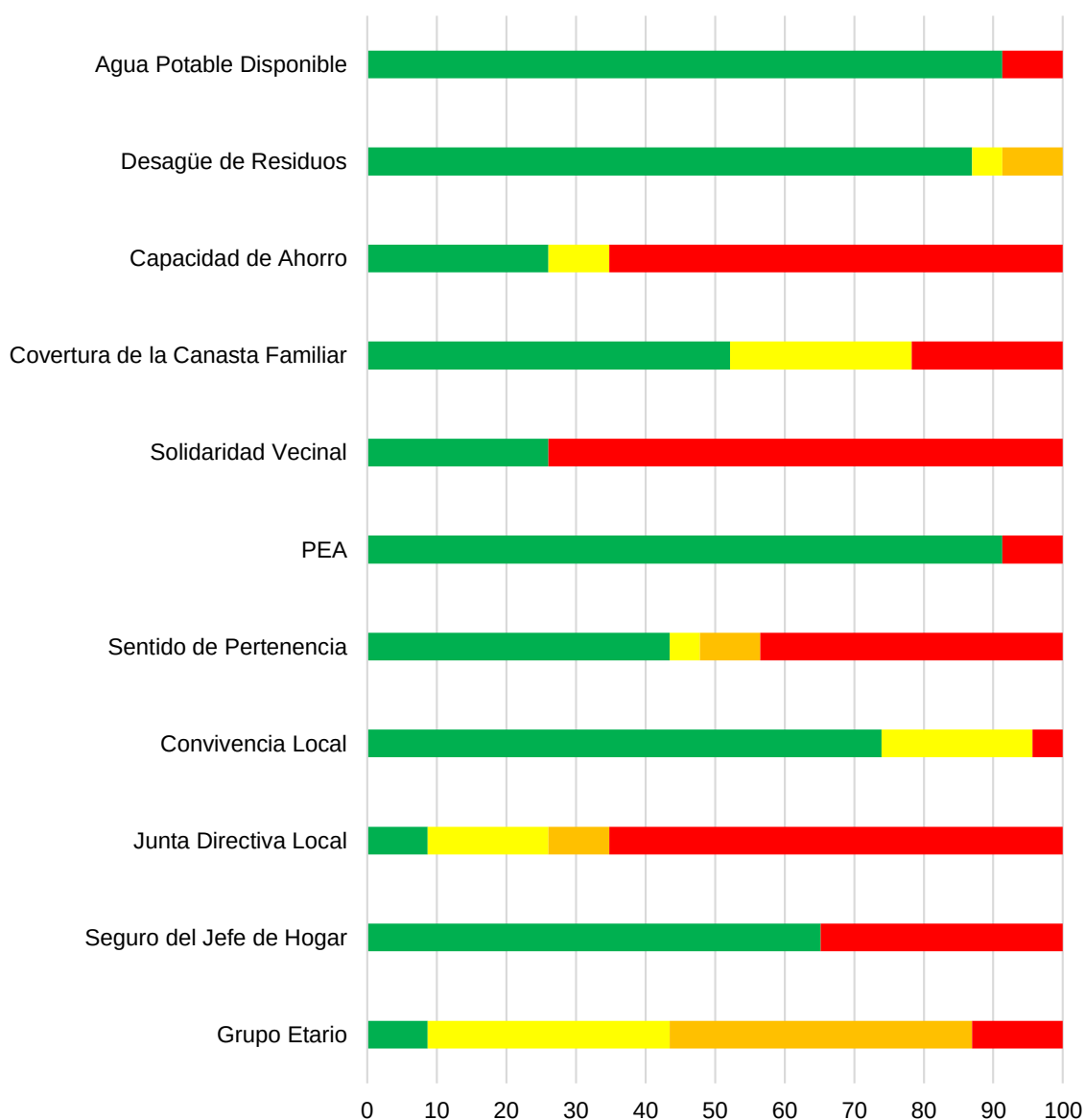
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 15 ESTADOS DE LA VULNERABILIDAD: ZONA 4



Condiciones de fragilidad y resiliencia de la vulnerabilidad

Nota: Elaboración propia.

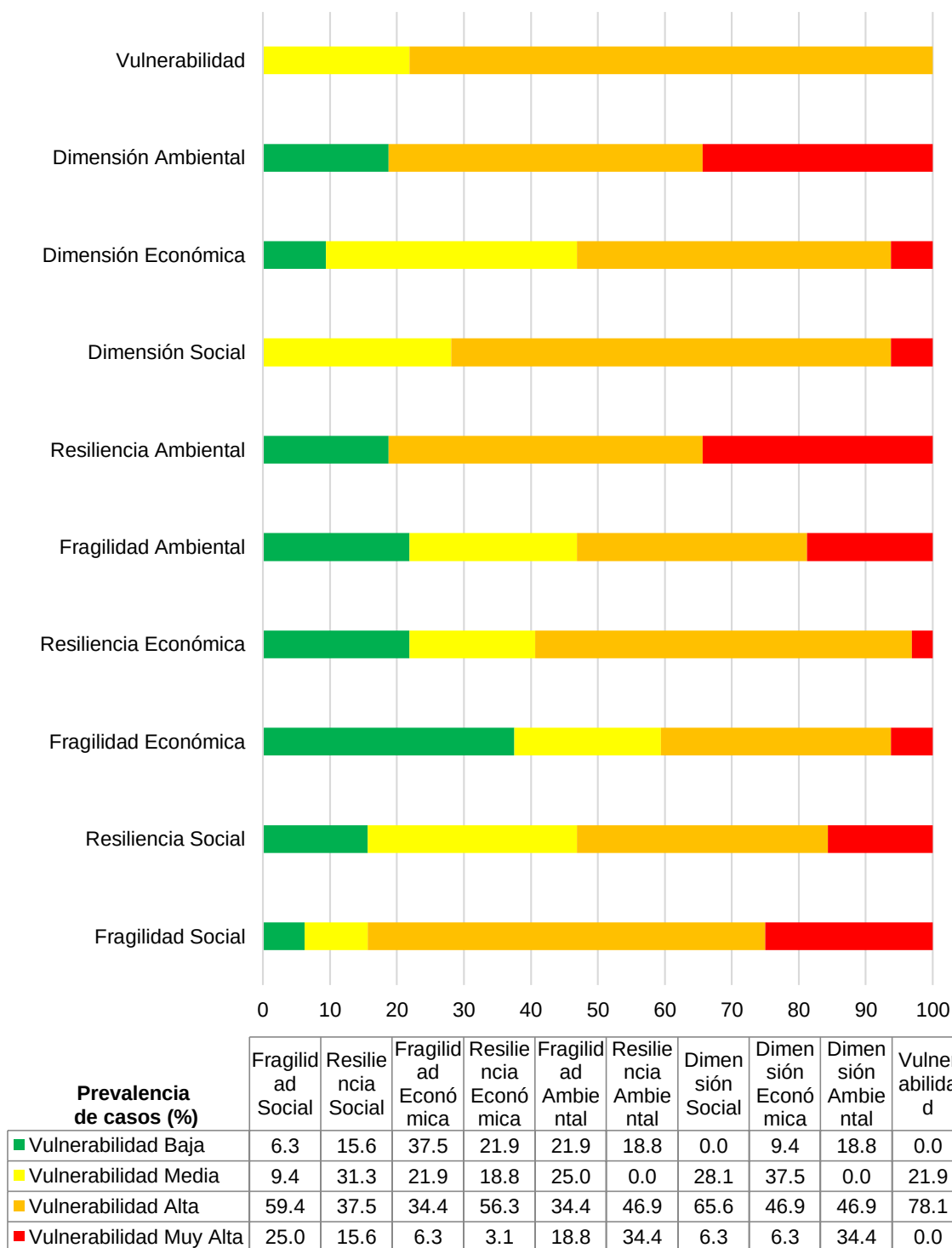


Prevalencia de casos (%)	Grupo Etario	Seguro del Jefe de Hogar	Junta Directiva Local	Convivencia Local	Sentido de Pertenencia	PEA	Solidaridad Vecinal	Covertura de la Canasta Familiar	Capacidad de Ahorro	Desagüe de Residuos	Agua Potable Disponible
■ Vulnerabilidad Baja	8.7	65.2	8.7	73.9	43.5	91.3	26.1	52.2	26.1	87.0	91.3
■ Vulnerabilidad Media	34.8	0.0	17.4	21.7	4.3	0.0	0.0	26.1	8.7	4.3	0.0
■ Vulnerabilidad Alta	43.5	0.0	8.7	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0
■ Vulnerabilidad Muy Alta	13.0	34.8	65.2	4.3	43.5	8.7	73.9	21.7	65.2	0.0	8.7

Características de la fragilidad y resiliencia

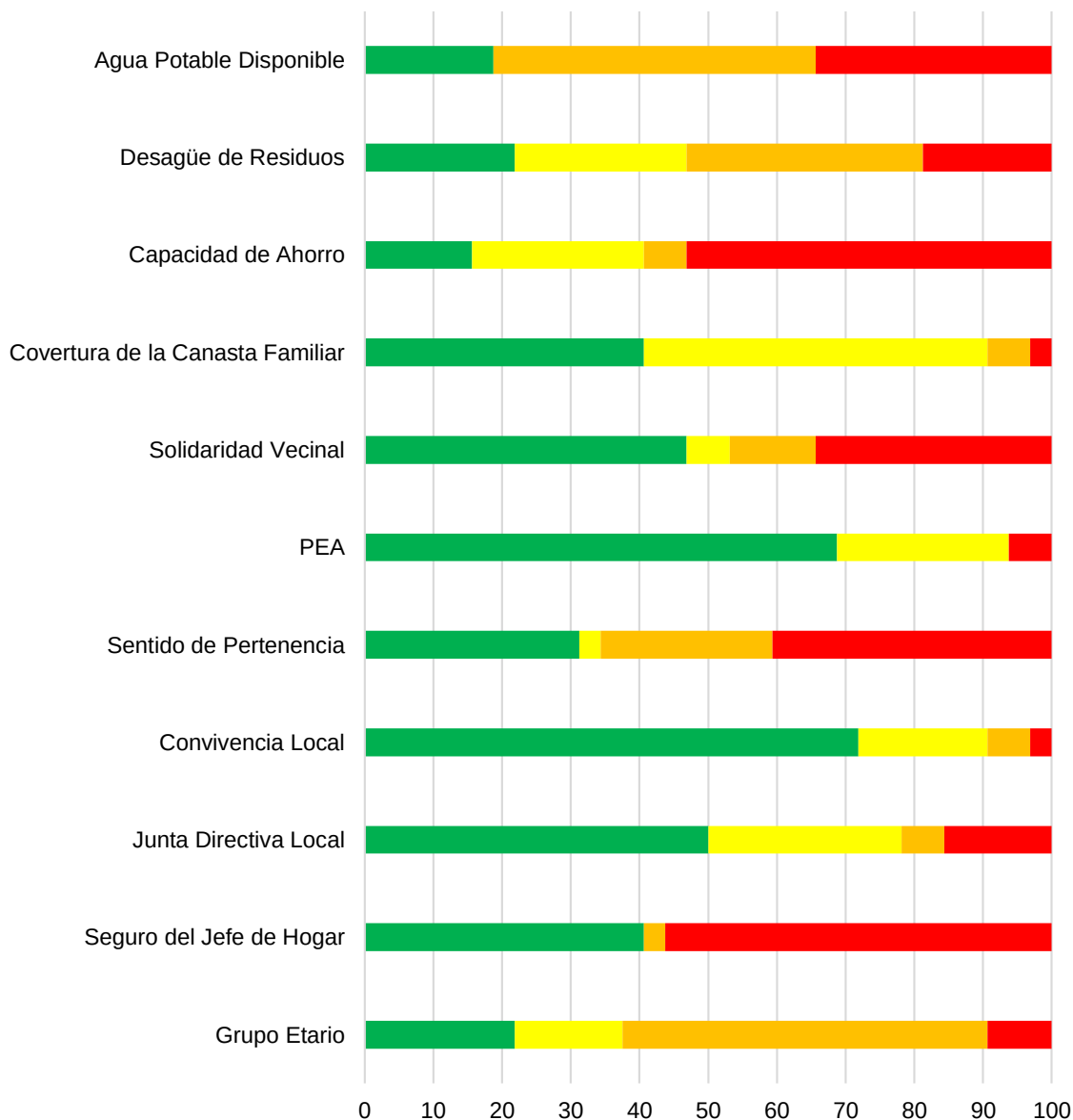
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 16 ESTADOS DE LA VULNERABILIDAD: ZONA 5



Condiciones de fragilidad y resiliencia

Nota: Elaboración propia.



Prevalencia de casos (%)	Grupo Etario	Seguro del Jefe de Hogar	Junta Directiva Local	Convivencia Local	Sentido de Pertenencia	PEA	Solidaridad Vecinal	Covertura de la Canasta Familiar	Capacidad de Ahorro	Desagüe de Residuos	Agua Potable Disponible
Vulnerabilidad Baja	21.9	40.6	50.0	71.9	31.3	68.8	46.9	40.6	15.6	21.9	18.8
Vulnerabilidad Media	15.6	0.0	28.1	18.8	3.1	25.0	6.3	50.0	25.0	25.0	0.0
Vulnerabilidad Alta	53.1	3.1	6.3	6.3	25.0	0.0	12.5	6.3	6.3	34.4	46.9
Vulnerabilidad Muy Alta	9.4	56.3	15.6	3.1	40.6	6.3	34.4	3.1	53.1	18.8	34.4

Características de la fragilidad y resiliencia

Nota: Elaboración propia.

ANEXO 17 CÉDULA DE REGISTRO DE CAMPO

10. ¿Desde qué año vive en Lima metropolitana?
(Responder solo si antes de vivir en la Villa, vivió en Lima metropolitana, sino pasa a la P. 13)
11. ¿En qué distrito de Lima metropolitana vivió antes de llegar a Villa El Polvorín?
(Responder solo si antes de vivir en la Villa, vivió en Lima metropolitana)
Distrito / Vecindario: _____
12. Cuantos hogares habitan su vivienda _____
13. Características de los miembros del hogar:

Edad	Parentesco con el jefe de familia	Ocupación	Lugar de trabajo o estudio: (Distrito/Referencia)
13P1			
13P2			
13P3			
13P4			
13P5			
13P6			
13P7			
13P8			
13P9			
13P10			
13P11			
13P12	Información del Jefe de Familia		

* Ocupación: (E) Estudiante inicial; (EP) Est. Escolar; (ES) Est. de colegio; (ENU) Est. de instituto; (EU) Est. Universitario; (TR) Trabajador Dependiente; (TA) Trabajador independiente; (LD) Labores domésticas; (JL) Jubilado; (O) Otros.

Pág. 1/3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil

Proyecto: _____

"Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante sismos en zonas de expansión urbana considerando valores físicos y sociales."

CUESTIONARIO

I. Información general del jefe de hogar

- Código interno del lote: _____
- Dirección: _____
- Edad: _____
- Sexo: (a) Femenino (b) Masculino
- Actividad económica / 6. Ocupación (Ver Anexo 1.1, 1.2): _____ / _____
- Nivel de instrucción (Ver Anexo 1.3): _____
- ¿Cuando nació, dónde vivió su madre? (Si es de Villa el Polvorín pasa a la P. 13)
Provincia: _____ / Distrito: _____ / Vecindario: _____
- ¿En qué año vino a vivir a El Polvorín? _____

Cédula de encuesta para la recolección de datos en campo (Página 1/3)

Nota: Tomado del proyecto piloto (Estrada & Uquichi, 2017).

II. Ciudadanía, instituciones y cultura local

Percepción de las instituciones desde el encuestado

Si 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo, dígame cuán de acuerdo está con las siguientes afirmaciones: (Marque con un círculo la respuesta)				
Totamente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente/ Indeciso	De acuerdo	Totamente de acuerdo
1	2	3	4	5
14. "La Municipalidad de Carabaylo es eficiente en su gestión"				
1	2	3	4	5
15. "La labor de su Iglesia es muy importante para su barrio"				
1	2	3	4	5
16. "Las principales soluciones se dan por la organización barrial"				
1	2	3	4	5
17. "La Junta Directiva de mi barrio es eficiente y activa"				
1	2	3	4	5

Sobre la participación del encuestado

18. ¿Usted o algún miembro de su familia se ha visto beneficiado de algún programa social del Estado?

- a. Sí (Pasar a la pregunta 19)
b. No (Pasar a la pregunta 20)

19. Especificar el nombre del programa: _____

20. ¿Usted o algún miembro de su familia participa o ha participado en alguna organización de su barrio?

- a. Sí (Pasar a la pregunta 20 y 21)
b. No (Pasar a la pregunta 22)

21. En caso de haber participado, ¿cuál organización?: (marque la más importante para el encuestado)

- a) Junta Directiva
b) Partido Político
c) Junta de dinero o caja de ahorros
d) Comunidad religiosa
e) Club deportivo
f) Otros

22. En un nivel de frecuencia ¿cuánto usted participa o participó?

- a) Siempre
b) Casi siempre
c) Regular
d) Casi nunca
e) Nunca

23. Tipo de proyectos en los que podría participar dentro del barrio (marque la opción más importante para el encuestado)

- a) Renovación de las calles
b) Proyectos vinculados a los servicios comunes (agua potable, desagüe, etc.)
c) Proyectos vinculados a la salud
d) Otros
e) Ninguno

Sobre las redes vecinales y de parentesco que cuenta el hogar

24. ¿Tiene familiares (directos o indirectos) dentro de la zona de El Polvorín?

- a) Sí (Pasar a la pregunta 27)
b) No (Pasar a la pregunta 28)

25. ¿Con qué frecuencia se visitan?

- a) Todos los días
b) Casi todos los días
c) A la semana
d) Al mes
e) Casi nunca

Si 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo, dígame usted cuán de acuerdo está con las siguientes afirmaciones:				
Totamente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente/ Indeciso	De acuerdo	Totamente de acuerdo
1	2	3	4	5
26. "La convivencia con mis vecinos más cercanos es de las mejores"				
1	2	3	4	5
27. "La convivencia en mi hogar es tranquila y sin problemas"				
1	2	3	4	5
28. "Me llevo muy bien con mis familiares directos o indirectos que viven en el barrio"				
1	2	3	4	5
29. "Cuando tengo problemas económicos o de otro tipo mis vecinos o amigos más cercanos me ayudan"				
1	2	3	4	5
30. "Los vecinos de Chavín de Huántar son de Villa El Polvorín"				
1	2	3	4	5
31. "La convivencia vecinal ha empeorado con el tiempo"				
1	2	3	4	5

Cédula de encuesta para la recolección de datos en campo (Página 2/3)

Nota: Tomado del proyecto piloto (Estrada & Uquichi, 2017).

39. ¿Con qué seguro de salud cuenta el jefe de hogar?

- a) Essalud
- b) SIS
- c) Seguro privado
- d) FFAA. – P.N.P.
- e) Otro
- f) No tiene

Servicios con que cuenta su hogar

40. Servicios higiénicos que tiene la vivienda

- a) Red pública de desagüe dentro de la vivienda
- b) Red pública de desagüe fuera de la vivienda
- c) Pozo séptico
- d) Letrina
- e) No tiene

41. Fuente de abastecimiento de agua:

- a) Red pública dentro de la vivienda (agua potable)
- b) Red pública fuera de la vivienda
- c) Pílon de uso público
- d) Camión-cisterna u otro similar
- e) Vecino

Servicios con los que cuenta su vivienda	Si (dentro de casa)	No	Me provee el vecino
42. Alumbrado eléctrico	1	2	3
43. Telefonía fija	1	2	3
44. Internet y/o televisión por cable	1	2	3

45. El predio ocupado fue obtenido por:

- a) Invasión
- b) Traspaso o compra
- c) Herencia
- d) Alquilada
- e) Otros:

III. Perfil Socio Económico

Ingresos en el hogar

32. ¿Cuál es el ingreso total aproximado en su hogar en un mes? (Considere el aporte total de todos los miembros del hogar): \$/.

En cuanto a las finanzas:	Si	A veces	No
33. ¿Los ingresos le son suficientes para cubrir los alimentos?	1	2	3
34. ¿Sus ingresos le permite ahorrar?	1	2	3

Empleo del jefe de hogar

35. ¿Se encuentra laborando en esta semana y, además, cuenta con trabajo estable y goza de beneficios laborales?

- a) Si (Pasar a la pregunta 37)
- b) No (Pasar a la pregunta 36)

36. ¿La semana pasada qué hacía?

- a) No trabajó pero tenía trabajo fijo (Pasar a la pregunta 38)
- b) Aunque no trabajó, tiene algún negocio propio (Pasar a la pregunta 38)
- c) Realizó algún cachuelo por un pago (Pasar a la pregunta 38)
- d) Estuvo ayudando, sin pago alguno (Pasar a la pregunta 38)
- e) No Trabajó (Pasar a la pregunta 37)

37. Si no trabajó, ¿qué estuvo haciendo?

- a) Estuvo buscando trabajo, habiendo trabajado antes
- b) Estuvo buscando trabajo por primera vez
- c) Estuvo estudiando
- d) Estuvo viviendo de su pensión o jubilación
- e) Estuvo viviendo de sus rentas
- f) Estuvo al cuidado de su hogar
- g) Estuvo de viaje
- h) Estuvo discapacitado y/o enfermo
- i) Servicio militar
- j) Decidió dejar de trabajar (por edad u otro motivo)

38. ¿Cuántas horas por día trabaja, aproximadamente?

- a) Menos de 8 horas
- b) 8 horas
- c) 10 horas
- d) 12 horas a más

Cédula de encuesta para la recolección de datos en campo (Página 3/3)

Nota: Tomado del proyecto piloto (Estrada & Uquichi, 2017).