



PERÚ

Ministerio
de Defensa

Centro Nacional de Estimación,
Prevención y Reducción del
Riesgo de Desastres - CENEPRED

Subdirección de Normas y
Lineamientos

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

SUSTENTO TÉCNICO

I.- ANTECEDENTES

Mediante Ley N° 29664, de fecha 18 de febrero de 2011 se creó el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD), su Reglamento fue aprobado el 25 de mayo de 2011 del mismo año, con Decreto Supremo N° 048-2011-PCM.

El artículo 12° de la mencionada ley y el numeral 6.1 del artículo 6° del Decreto Supremo N° 048-2011-PCM señala como funciones del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, asesorar y proponer al ente rector la normativa que asegure y facilite los procesos técnicos y administrativos de estimación, prevención, reducción de riesgo, así como reconstrucción.

Con Resolución Jefatural N° 036 – 2012 – CENEPRED/J, del 26 de junio del año 2012, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, aprueba la "Estructura Organizativa Provisional del CENEPRED". En dicha estructura se establece la Dirección de Gestión de Procesos, la cual cuenta con tres unidades: Unidad de Normas y Lineamientos en Gestión del Riesgo de Desastres, la Unidad de Políticas y Planes y la Unidad de Gestión de la Información.

En el literal c del artículo 25 del Reglamento de Organización y Funciones del CENEPRED, señala que la Subdirección de Normas y Lineamientos tiene como función elaborar y proponer a la Dirección de Gestión de Procesos, los lineamientos técnicos para la adecuada implementación de los procesos de la gestión prospectiva y correctiva en los tres niveles de gobierno.

Con Resolución Ministerial N° 220-2013-PCM del 21 de agosto del año 2013 se aprueban los "Lineamientos Técnicos del Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres", cuya finalidad es dotar a las entidades conformantes del SINAGERD con instrumentos que les permitan incorporar en sus programas presupuestales y proyectos de inversión pública a fin de reducir los riesgos existentes en el territorio.

Asimismo, por Resolución Ministerial N° 222-2013-PCM del 22 de agosto del 2013 se aprueban los "Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres", cuya finalidad es dotar de pautas a las entidades conformantes del SINAGERD a fin de que les permitan incorporar en los instrumentos de ordenamiento y planificación territorial (planes de acondicionamiento territorial, desarrollo concertado, desarrollo territorial y sectorial, entre otros), así como de normatividad urbanística y de edificación, de las actividades que eviten la generación de nuevos riesgos en la sociedad.

Con Resolución Jefatural N° 058 – 2013 – CENEPRED/J, del 29 de octubre del año 2013, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, aprueba el "Manual para la Evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales", conjuntamente con la Directiva N° 001-2013-

FERS/EMJE/YIZD



PERÚ

Ministerio
de Defensa

Centro Nacional de Estimación,
Prevención y Reducción del
Riesgo de Desastres - CENEPRED

Subdirección de Normas y
Lineamientos

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

CENEPRED/J que brinda los procedimientos administrativos para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales.

Mediante Decreto Supremo N° 034-2014-PCM, publicado el 13 de mayo del 2014, se aprobó el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - PLANAGERD 2014-2021, que plantea como objetivo nacional "Reducir la vulnerabilidad de la población y sus medios de vida, ante el riesgo de desastres".

Posteriormente, con Resolución Jefatural N° 112 – 2014 – CENEPRED/J, del 31 de diciembre de 2014, el CENEPRED, aprueba el "Manual para la Evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales Segunda Versión". En virtud del manual mencionado, el CENEPRED considera necesario elaborar el presente manual.

II. ACCIONES DESARROLLADAS PARA LA ELABORACIÓN DEL " MANUAL DE EVALUACIÓN DEL RIESGO POR SISMOS"

Como fue informado en su oportunidad la elaboración del manual concluyó en diciembre del 2015, durante el año 2016 se comenzó a sociabilizar ambos productos en las Entidades Técnico - Científicas a fin de recibir aportes en la identificación y caracterización de peligros por Sismos. Para la sociabilización de dichos manuales se realizaron reuniones de coordinación con el representante de la Entidad Técnico-Científica, rectora en caso de sismos, Dr. Hernando Tavera del Instituto Geofísico del Perú.

Los capítulos incluidos en el manual son: aspectos generales, características del área de estudio, caracterización del peligro por sismo, determinación del área de influencia, análisis de la vulnerabilidad, cálculo del riesgo, cálculo de los efectos probables, control de riesgo, elaboración del informe, bibliografía y anexos.

III. CONCLUSIÓN

A la fecha se ha terminado con la elaboración del "MANUAL DE EVALUACIÓN DEL RIESGO POR SISMOS". El manual sigue la nueva estructura propuesta para el "Informe de Evaluación del Riesgo por Fenómenos Naturales", además el equipo técnico ha incorporado en el análisis de la vulnerabilidad, la dimensión física; también se ha mejorado el análisis de los factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia.

Se recomienda remitir la propuesta del documento denominado "MANUAL DE EVALUACIÓN DEL RIESGO POR SISMOS", a la Secretaria General del CENEPRED para la aprobación correspondiente.

FERS/EMJE/YIZD



PERÚ

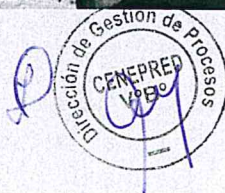
Ministerio de Defensa



CENEPRED

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres

MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR SISMOS



CENEPRED



Foto de la portada: Ciudad de Pisco después del terremoto del 2007
Créditos: La Viuda Blanca (<https://laviudablanca.wordpress.com>)



Catalogación realizada por la Biblioteca del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

Perú: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

Manual para la Evaluación del Riesgo por Sismos

Lima: CENEPRED - Dirección de Gestión de Procesos, 2017.

107 p.; tab. ilustr.

RUTA METODOLÓGICA: PELIGRO – VULNERABILIDAD – FRAGILIDAD- RESILIENCIA - SISMOS – MAGNITUD – INTENSIDAD - CÁLCULO DEL RIESGO – MEDIDAS DE PREVENCIÓN – MEDIDAS DE REDUCCIÓN

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2017 - XXXXX

Manual para la Evaluación del Riesgo por Sismos

Publicado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

Dirección de Gestión de Procesos (DGP). Subdirección de Normas y Lineamientos (SNL).

CENEPRED, 2017.

Av. Del Parque Norte N° 313 - 319. San Isidro - Lima - Perú

Teléfono: 2013-550, correo electrónico: info@cenepred.gob.pe

Página web: www.cenepred.gob.pe

Equipo Técnico:

VALM. (R) WLADIMIRO GIOVANNINI Y FREIRE

Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

MG. RAÚL LUIS ESTEBAN VASQUEZ ALVARADO

Secretario General del CENEPRED

MG. FÉLIX EDUARDO ROMANÍ SEMINARIO

Director de la Dirección de Gestión de Procesos

ING. ENA JAIMES ESPINOZA

Responsable de la Subdirección de Normas y Lineamientos

Profesionales de la Subdirección de Normas y Lineamientos:

Ing. Yolanda Isabel Zamudio Díaz

Econ. Marycruz Flores Vila

Ing. Marco Andrés Moreno Tapia

Ing. Neil Sandro Alata Olivares

Ing. René Huamani Aguilar

Ing. Wilder Hans Caballero Haro

Lic. Octavio Fashé Raymundo



Primera edición. Lima

Cualquier parte de este documento podrá reproducirse siempre y cuando se reconozca la fuente y la información no se utilice con fines comerciales



TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	10
1 ASPECTOS GENERALES	11
1.1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.2 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	12
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.3 ALCANCE.....	12
1.4 IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR SISMOS.....	13
1.5 CONCEPTO DE PELIGRO	13
2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	16
2.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL TERRITORIO PERUANO.....	16
2.1.1 ENTORNO TECTÓNICO.....	16
2.1.2 EL PROCESO DE SUBDUCCIÓN EN EL PERÚ.....	19
2.2 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO	23
2.2.1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS EN EL ÁMBITO CONTINENTAL.....	23
2.2.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS EN EL ÁMBITO MARINO.....	25
2.3 DEFINICIÓN DE SISMOS.....	28
2.3.1 PARÁMETROS SÍSMICOS.....	28
2.3.2 FUENTES SISMOGÉNICAS	30
2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA SISMICIDAD EN EL PERÚ.....	32
2.4.1 SISMICIDAD HISTÓRICA	32
2.4.2 SISMICIDAD INSTRUMENTAL.....	33
2.4.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS SISMOS EN PROFUNDIDAD	33
3 CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO POR SISMO.....	38
3.1 IDENTIFICACIÓN DEL FENÓMENO POR SISMO	38
3.2 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO.....	38
3.3 ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD	39
3.3.1 FACTORES DESENCADENANTES.....	39
3.3.2 FACTORES CONDICIONANTES.....	40
3.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	40
3.4.1 PARÁMETROS Y DESCRIPTORES PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO POR SISMO	40
3.4.2 ESTUDIOS PREVIOS DE PELIGRO	41
3.5 ESTRATIFICACIÓN DEL PELIGRO	42
3.6 MAPA DE PELIGRO.....	43
3.6.1 ELABORACIÓN DEL MAPA DE PELIGRO	43





CENEPRED

4	ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS	44
4.1	DELIMITACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	44
4.2	CUANTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS	44
5	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	46
5.1	ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE LA VULNERABILIDAD	47
5.1.1	EXPOSICIÓN.....	47
5.1.2	FRAGILIDAD	47
5.1.3	RESILIENCIA.....	48
5.2	DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD	49
5.2.1	DIMENSIÓN FÍSICA.....	50
5.2.2	DIMENSIÓN SOCIAL	54
5.2.3	DIMENSIÓN ECONÓMICA	59
5.2.4	DIMENSIÓN AMBIENTAL.....	61
5.3	ESTRATIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	62
5.4	MAPA DE VULNERABILIDAD.....	64
5.4.1	FLUJOGRAMA GENERAL PARA OBTENER EL MAPA DE VULNERABILIDAD..	64
5.4.2	ELABORACIÓN DEL MAPA DE VULNERABILIDAD	64
6	CÁLCULO DEL RIESGO.....	67
6.1	ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO	68
6.2	MATRIZ DE RIESGO	70
6.3	MAPA DE RIESGO.....	71
	CÁLCULO DE LOS EFECTOS PROBABLES.....	72
7.1	ESTIMACIÓN DE EFECTOS PROBABLES	72
8	CONTROL DEL RIESGO	75
8.1	ACEPTABILIDAD O TOLERABILIDAD.....	75
8.2	MEDIDAS DE CONTROL.....	78
	ELABORACIÓN DEL INFORME	80
9.1	FASES PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME.....	80
9.1.1	FASE DE PLANEAMIENTO Y ORGANIZACIÓN.....	80
9.1.2	FASE DE TRABAJO DE CAMPO.....	80
9.1.3	FASE DE GABINETE	80
9.2	ESTRUCTURA DEL INFORME.....	81
10	BIBLIOGRAFÍA.....	83
11	ANEXO	86
11.1	ANEXO N° 01: BASE LEGAL.....	86
11.2	ANEXO N° 02: TERMINOLOGÍA BÁSICA.....	87
11.3	ANEXO N° 03: MÉTODO MULTICRITERIO	93

(Handwritten signature)



**CENEPRED**

11.4	ANEXO N° 04: PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO	96
11.4.1	PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 3X3 (03 PARÁMETROS)	97
11.4.2	PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 4X4 (04 PARÁMETROS)	99
11.4.3	PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 5X5 (05 PARÁMETROS)	101
11.4.4	PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 6X6 (06 PARÁMETROS)	102
11.4.5	PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 7X7 (07 PARÁMETROS)	105




CENEPRED
LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Flujograma general para la evaluación del riesgo originado por sismos.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2. Flujograma general de la aplicación de la evaluación de riesgo por fenómenos de origen natural.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3. Estructura interna de la Tierra.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4. Placas tectónicas</i>	<i>18</i>
<i>Figura 5 Esquema de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6. Principales rasgos tectónicos superficiales en Perú y en el borde oeste de Sudamérica.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 7. Escala del tiempo geológico.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8. Sismograma del sismo ocurrido en Japón el 11 de marzo del 2011.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9 Fuentes sismogénicas superficiales</i>	<i>30</i>
<i>Figura 10. Cinturón de fuego del Pacífico</i>	<i>32</i>
<i>Figura 11. Esquema del proceso de convergencia de la placa de Nazca</i>	<i>34</i>
<i>Figura 12. Perfiles verticales de sismicidad para el periodo 1960-1995.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13. Factores desencadenantes de los sismos.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 14. Factores condicionantes de los sismos</i>	<i>40</i>
<i>Figura 15. Distribución de la población en términos de vulnerabilidad</i>	<i>46</i>
<i>Figura 16. Edificaciones expuestas y susceptibles a un peligro de origen natural.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 17. Viviendas en estado ruinoso en el centro de Lima</i>	<i>48</i>
<i>Figura 18. Las instituciones educativas participan en simulacros de sismos</i>	<i>49</i>
<i>Figura 19. Flujograma general para la generación del mapa de niveles de vulnerabilidad.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 20. Plano cartesiano.....</i>	<i>68</i>

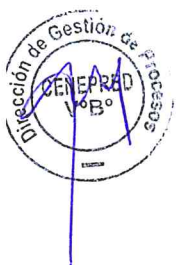




CENEPRED

LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro 1 Duración estimada para la ocurrencia de los grandes fenómenos tectónicos que preceden a un sismo</i>	<i>20</i>
<i>Cuadro 2. Volcanes peruanos</i>	<i>21</i>
<i>Cuadro 3. Principales unidades geomorfológicas en el territorio peruano.....</i>	<i>23</i>
<i>Cuadro 4. Ancho de la plataforma o zócalo continental a lo largo de la costa peruana</i>	<i>25</i>
<i>Cuadro 5. Talud continental frente al borde litoral peruano</i>	<i>26</i>
<i>Cuadro 6. Magnitud del sismo.....</i>	<i>40</i>
<i>Cuadro 7. Intensidad del sismo</i>	<i>41</i>
<i>Cuadro 8. Aceleración máxima del suelo (PGA).....</i>	<i>41</i>
<i>Cuadro 9 Estratificación del peligro por sismo</i>	<i>42</i>
<i>Cuadro 10. Localización de la vivienda</i>	<i>50</i>
<i>Cuadro 11. Material de construcción de la edificación.....</i>	<i>51</i>
<i>Cuadro 12. Topografía del terreno</i>	<i>51</i>
<i>Cuadro 13. Configuración de elevación de la edificación</i>	<i>52</i>
<i>Cuadro 14. Antigüedad de construcción de la edificación</i>	<i>52</i>
<i>Cuadro 15. Estado de conservación de la edificación</i>	<i>52</i>
<i>Cuadro 16. Viviendas localizadas en áreas inseguras.....</i>	<i>53</i>
<i>Cuadro 17. Viviendas con acceso al agua potable</i>	<i>53</i>
<i>Cuadro 18. Cumplimiento con el código de construcción</i>	<i>53</i>
<i>Cuadro 19. Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones</i>	<i>54</i>
<i>Cuadro 20. Grupo etario.....</i>	<i>55</i>
<i>Cuadro 21. Género.....</i>	<i>55</i>
<i>Cuadro 22. Nivel educativo</i>	<i>55</i>
<i>Cuadro 23. Cuenta con Seguro Integral de Salud (SIS) o Seguro Social de Salud (ESSALUD)</i>	<i>56</i>
<i>Cuadro 24. Crecimiento poblacional</i>	<i>56</i>
<i>Cuadro 25. Nivel de pobreza.....</i>	<i>56</i>
<i>Cuadro 26. Analfabetismo</i>	<i>57</i>





CENEPRED

Cuadro 27. Percepción del riesgo	57
Cuadro 28. Actitud frente al riesgo	58
Cuadro 29. Capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres (GRD).....	58
Cuadro 30. Campaña de difusión	59
Cuadro 31. Ocupación principal	60
Cuadro 32. Diversificación de la actividad económica	60
Cuadro 33. Empresas con pocos empleados.....	61
Cuadro 34. Tierra degradada	61
Cuadro 35. Tierra agrícola sobre utilizada	62
Cuadro 36. Estratificación de la vulnerabilidad	63
Cuadro 37. Estratificación del riesgo	69
Cuadro 38. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo	70
Cuadro 39. Niveles de riesgo	70
Cuadro 40. Estimación Sectorial	72
Cuadro 41. Estimación de los efectos probables para cada sector evaluado	73
Cuadro 42. Efectos probables a consecuencia del impacto del peligro.....	74
Cuadro 43. Niveles de consecuencias	75
Cuadro 44. Niveles de frecuencia de ocurrencia	75
Cuadro 45. Matriz de consecuencias y daños.....	76
Cuadro 46. Medidas cualitativas de consecuencias y daño.....	76
Cuadro 47. Aceptabilidad y/o Tolerancia del riesgo.....	76
Cuadro 48. Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo.....	77
Cuadro 49. Nivel de priorización	78





CENEPRED

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Red sísmica nacional del Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2013) 35

Mapa 2. Mapa sísmico del Perú elaborado por el IGP..... 36

Mapa 3 Ejemplo de un mapa de peligro..... 43

Mapa 4 .Mapa de vulnerabilidad del centro poblado Limacpata – Región Cusco. 66

Mapa 5. Mapa de riesgos ante sismos, centro poblado Limacpata, región Cusco..... 71



PRESENTACIÓN

Los impactos socioeconómicos y ambientales ocasionados por sismos se han incrementado, entre otros factores debido al inadecuado crecimiento y/o localización de las actividades humanas en ámbitos geográficos inseguros, reduciendo la eficiencia productiva así como las capacidades de desarrollo sostenible.

Para mantener el incremento de la productividad y lograr un desarrollo sostenible es conveniente la incorporación y uso del procedimiento técnico de Evaluación del Riesgo en la planificación económica, física y social en el Perú.

Con la finalidad de contribuir a prevenir y/o reducir los impactos negativos que puedan ocasionar los sismos en lo concerniente a lo social, económico y ambiental, se ha elaborado el presente manual, que se constituye en una de las herramientas básicas para la Gestión del Riesgo de Desastres, aporte técnico que será de uso obligatorio en los diferentes ámbitos jurisdiccionales de nuestro país para realizar la evaluación del riesgo por sismos.

El contenido del presente manual se sustenta en información generada por las instituciones técnico científicas, que permitió establecer variables y parámetros para determinar los niveles de peligro, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, así como calcular y controlar los riesgos, mediante la ejecución de medidas estructurales y no estructurales en el marco de la gestión prospectiva y correctiva del riesgo de desastres.

La elaboración, organización, compilación, edición y publicación de este manual estuvo bajo la responsabilidad del equipo técnico de la Subdirección de Normas y Lineamientos de la Dirección de Gestión de Procesos, del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

San Isidro, setiembre de 2017





1. ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

Nuestro país, se encuentra ubicado en el borde oriental del Cinturón de Fuego del Océano Pacífico, y debido a sus características geográficas, geológicas, entre otras (factores condicionantes), está expuesto a la ocurrencia de fenómenos naturales como los sismos, con características propias de magnitud, intensidad, distribución espacial, etc. (parámetros de evaluación).

Esta realidad obliga a la generación de conocimientos y/o metodologías que ayuden a estratificar los niveles de peligro, vulnerabilidad, riesgo y la zonificación de riesgos en los ámbitos geográficos expuestos al fenómeno natural.

Los niveles del riesgo no solo dependen de los sismos, sino de los niveles de vulnerabilidad de los centros urbanos y/o rurales; por ejemplo, su localización en zonas con suelo de mala calidad, así como el tipo de infraestructura de material precario o noble utilizado como vivienda (fragilidad), y la capacidad de la población para organizarse, asimilar y/o recuperarse ante el impacto de un sismo (resiliencia).

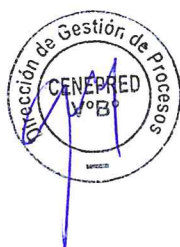
La zonificación del riesgo servirá como un instrumento de gestión territorial por parte de los Gobiernos Regionales y Locales para la elaboración e implementación del Plan de Acondicionamiento Territorial, Plan de Desarrollo Urbano, Ordenamiento territorial, etc., que ayudarán a un desarrollo sostenible.

Este manual se constituye en el instrumento técnico orientador a la diversidad de profesionales que tienen relación directa o interés en el estudio y/o aplicación de los procedimientos metodológicos de evaluación del riesgo por sismos en un ámbito geográfico determinado.

Aquí, se describen los conceptos teóricos con figuras, mapas y cuadros que permitirán entender el proceso de génesis del fenómeno. Se indican los parámetros de los sismos, los factores de evaluación de la vulnerabilidad (social, económica y ambiental), así como diagramas de flujo (Figuras 1 y 2) que muestran la metodología general para la generación de los mapas de peligro y vulnerabilidad.

Se utiliza el método multicriterio (proceso de análisis jerárquico) para la ponderación de los parámetros de evaluación de los sismos y de la vulnerabilidad, mostrando la importancia (peso) de cada parámetro en el cálculo del riesgo, facilitando la estratificación de los niveles de riesgos. Este método tiene un soporte matemático, permitiendo incorporar información cuantitativa (mediciones de campo) y cualitativa (nivel de incorporación de los instrumentos de gestión del riesgo, niveles de organización social, etc.), para lo cual requiere de la participación de un equipo multidisciplinario.

La ponderación por su flexibilidad permite incorporar nueva información generada en los ámbitos geográficos de interés, por su sencillez puede ser aprendida sin





dificultad. Este procedimiento ha sido aplicado en diferentes ramas de las ciencias, incluida la gestión del riesgo de desastres.

La complejidad de la naturaleza y la diversidad de peligros, vulnerabilidades y riesgos que ocurren o se presentan en nuestro país, deben ser tomadas en cuenta para incorporar los criterios de prevención y reducción de riesgos en los diferentes procesos de planificación, de ordenamiento territorial, de gestión ambiental así como programas de inversión, de los distintos niveles (nacional, regional o local) y para horizontes determinados (corto, mediano y largo plazo).

El diseño de las medidas de prevención y reducción está basado en la Evaluación del Riesgo, a cargo de los organismos integradores de la función ejecutiva del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), como son la Presidencia del Consejo de Ministros en su conducción de ente rector, Ministerios, Gobiernos Regionales y Locales, entidades públicas y privadas a nivel nacional, bajo la normatividad emitida al respecto por el CENEPRED.

1.2 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

1.2.1 Objetivo general

Orientar los procedimientos para la evaluación del riesgo originados por sismos que permitan establecer medidas de prevención y reducción del riesgo de desastres y favorezcan la adecuada toma de decisiones por parte de las autoridades competentes de la gestión del riesgo.

1.2.2 Objetivos específicos

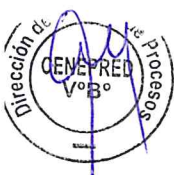
- Identificar los parámetros de evaluación de los sismos que permitan una adecuada evaluación del riesgo.
- Estandarizar los criterios técnicos a ser utilizados en la identificación y caracterización de los peligros, los niveles de peligro y la elaboración del mapa del nivel de peligro.
- Estandarizar los criterios técnicos a ser utilizados en el análisis de la vulnerabilidad, los niveles de vulnerabilidad y la elaboración del mapa del nivel de vulnerabilidad.
- Establecer los niveles de riesgos y la elaboración del mapa del nivel de riesgos, evaluando la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo.
- Recomendar las medidas de control del riesgo.
- Definir la metodología para la elaboración del mapa de zonificación de riesgos.
- Mostrar en forma general los conocimientos teóricos, los parámetros de evaluación y el nivel de detalle de la información que se debe utilizar.

1.3 ALCANCE

El manual está dirigido a los órganos que toman decisión en los tres niveles de gobierno que integran el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) y los equipos técnicos que ejecutan las evaluaciones de riesgos por sismos en el Perú.



4





CENEPRED

1.4 IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR SISMOS

Los Informes de “Evaluación del Riesgo por Sismos”, (Figuras 1 y 2) adquieren especial importancia en nuestro país porque serán una herramienta muy útil para:

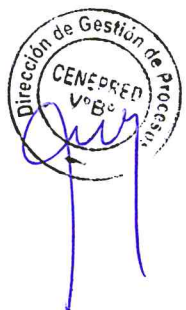
- Identificar actividades y acciones para prevenir la generación de nuevos riesgos o reducir los riesgos existentes, los cuales son incorporados en los Planes de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Adoptar medidas estructurales y no estructurales de prevención y reducción del riesgo de desastres, las cuales sustentan la formulación de los proyectos de inversión pública a cargo de los Sectores, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales (Municipalidad Provincial y Distrital).
- Incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres en la inversión pública y privada en los tres niveles de gobierno, permitiendo de ésta manera que los proyectos de inversión sean sostenibles en el tiempo.
- Utilizar sus resultados como insumo básico y principal para la gestión ambiental, la planificación territorial, el ordenamiento y acondicionamiento territorial (Plan de Desarrollo Urbano, Zonificación Ecológica Económica, entre otros).
- Coadyuvar a la toma de decisiones de las autoridades con la finalidad de proporcionar condiciones de vida adecuadas a la población en riesgo.
- Permitir racionalizar el potencial humano y los recursos financieros, en la prevención y reducción del riesgo de desastres.



1.5 CONCEPTO DE PELIGRO

Según el glosario de términos, del Decreto Supremo N° 074-2014-PCM que aprueba la Norma complementaria sobre declaratoria de Estado de Emergencia, en el marco de la ley N° 29664, del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres – SINAGERD, se define Peligro como probabilidad que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos.

En otros países los documentos técnicos referidos al estudio de los fenómenos naturales, utilizan el término amenaza en lugar de peligro, recordemos que en textos en idioma inglés la palabra usada es **Hazard**.



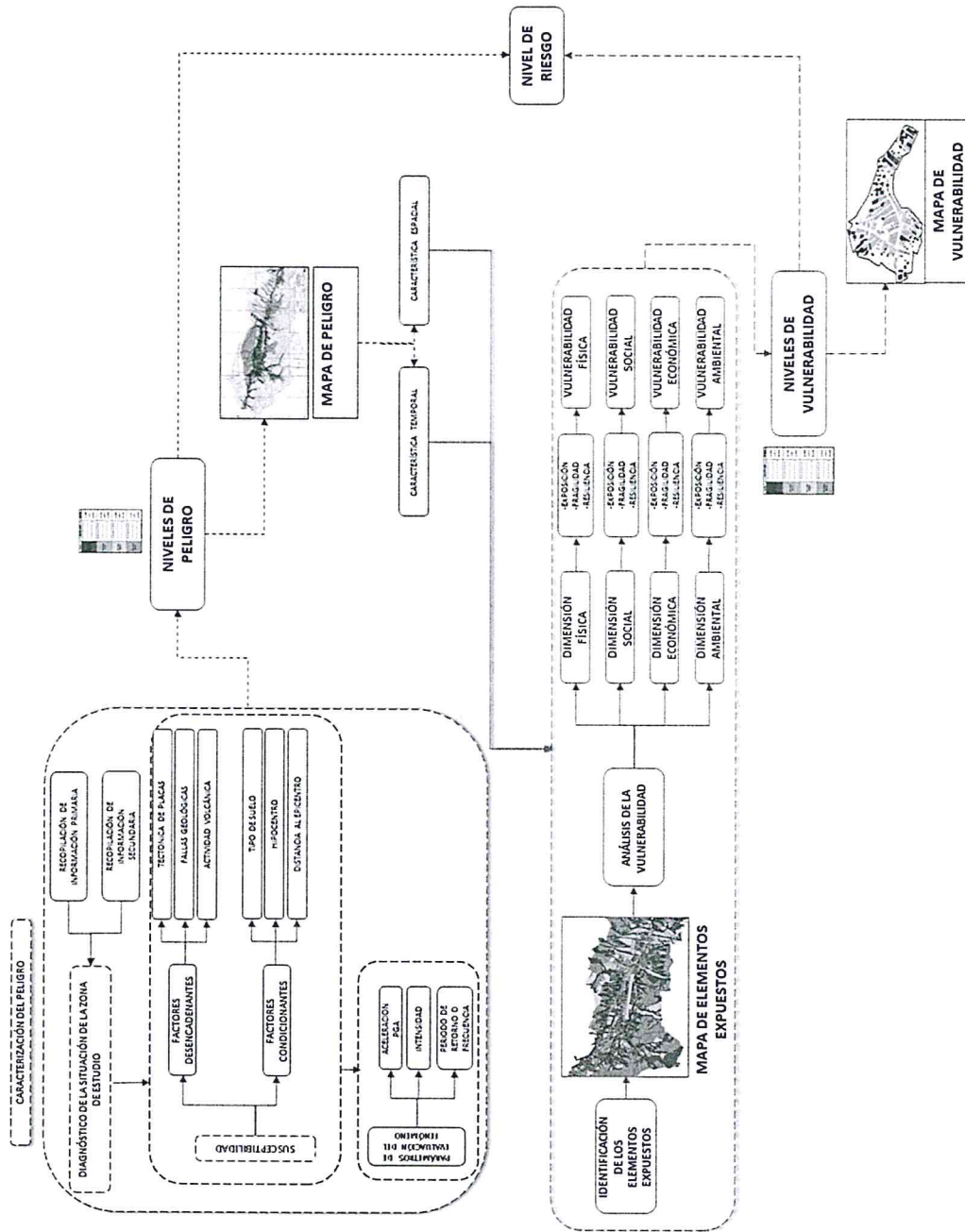


Figura 1. Flujo general para la evaluación del riesgo originado por sismos

Normas y Lineamientos de CENEPRED/DCP y B° Subdirección de Gestión de Procesos

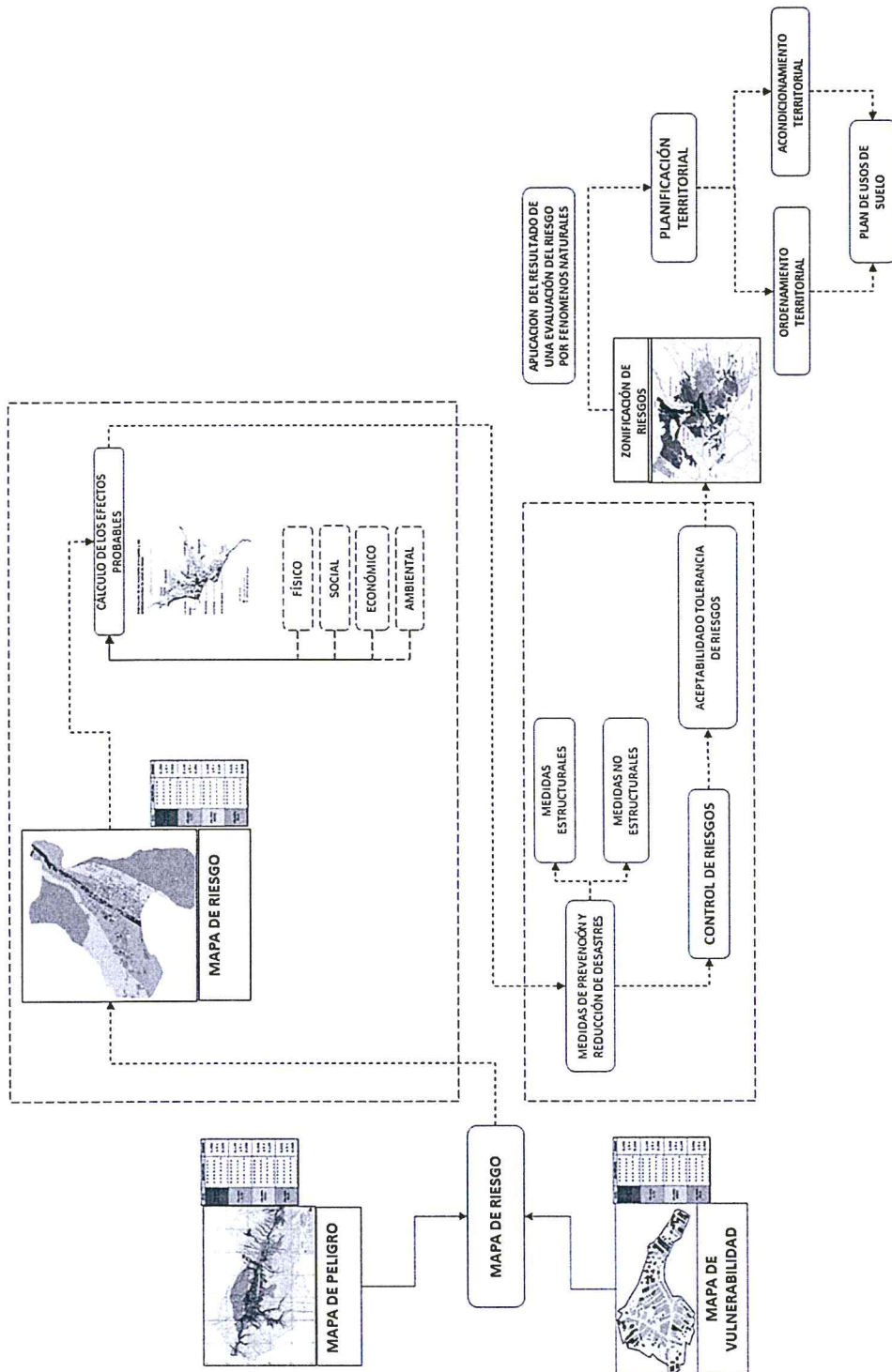


Figura 2. Flujo general de la aplicación de la evaluación de riesgo por fenómenos de origen natural



[Handwritten signature]



2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Conocer el área de estudio implica, además de conocer las características geográficas, conocer el entorno geológico de la zona motivo de estudio. El evaluador debe recoger toda la información relacionada al fenómeno a estudiar, antecedentes, estudios recientes, frecuencia de ocurrencia, etc.

Cada fenómeno natural tiene características propias, motivo por el cual es necesario conocer y entender los procesos que lo originan. En el Perú existen estudios especializados desarrollados por diversas instituciones técnico-científicas: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Instituto Geofísico del Perú (IGP), Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), entre otros.

En este capítulo se explicarán los procesos que generan los sismos, conceptos y terminología que es utilizada para caracterizarlos, así también información histórica sobre la ocurrencia de sismos en el Perú.

2.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL TERRITORIO PERUANO

2.1.1 Entorno tectónico

Las características actuales de nuestro planeta Tierra son el resultado de procesos tectónicos que han ocurrido a lo largo de millones de años. Para explicar la estructura interna de la Tierra se han definido dos modelos, uno considera su composición química y el otro sus propiedades mecánicas, en ambos casos se supone que la estructura interna está dividida a manera de capas concéntricas. El primer modelo es conocido como modelo estático, asume que la Tierra se divide desde la parte más externa hacia el centro de ella en, corteza, manto y núcleo; el segundo modelo llamado modelo dinámico, considera que la Tierra está dividida en litosfera, astenósfera, mesósfera y núcleo (Figura 3).

La teoría de la tectónica de placas afirma que la superficie terrestre está conformada por una serie de placas, las que son llamadas placas tectónicas (Figura 4), que interactúan entre sí generando, ya sea la formación de nueva corteza en los fondos oceánicos (márgenes constructivos) o la destrucción de corteza (márgenes destructivos).

Dentro de todo este marco tectónico, el Perú se encuentra ubicado en el margen occidental de Sudamérica donde se produce la interacción entre la placa de Nazca (oceánica) y la placa sudamericana (continental). En este caso la placa de Nazca se introduce por debajo de la placa sudamericana en un proceso conocido como subducción, esa interacción de placas ha dado lugar a la formación de la Cordillera de los Andes, la generación de fallas geológicas en la superficie continental e intensa actividad sísmica y volcánica.

Según Bernal y Tavera (2002) la placa de Nazca se desplaza a una velocidad de 8-10 cm/año en dirección Noreste, dichos autores consideran a esta placa como la de mayor velocidad en el mundo, así mismo remarcan que los sismos ocurren principalmente en las zonas de interacción de placas, asociadas al proceso de subducción (Figura 5).



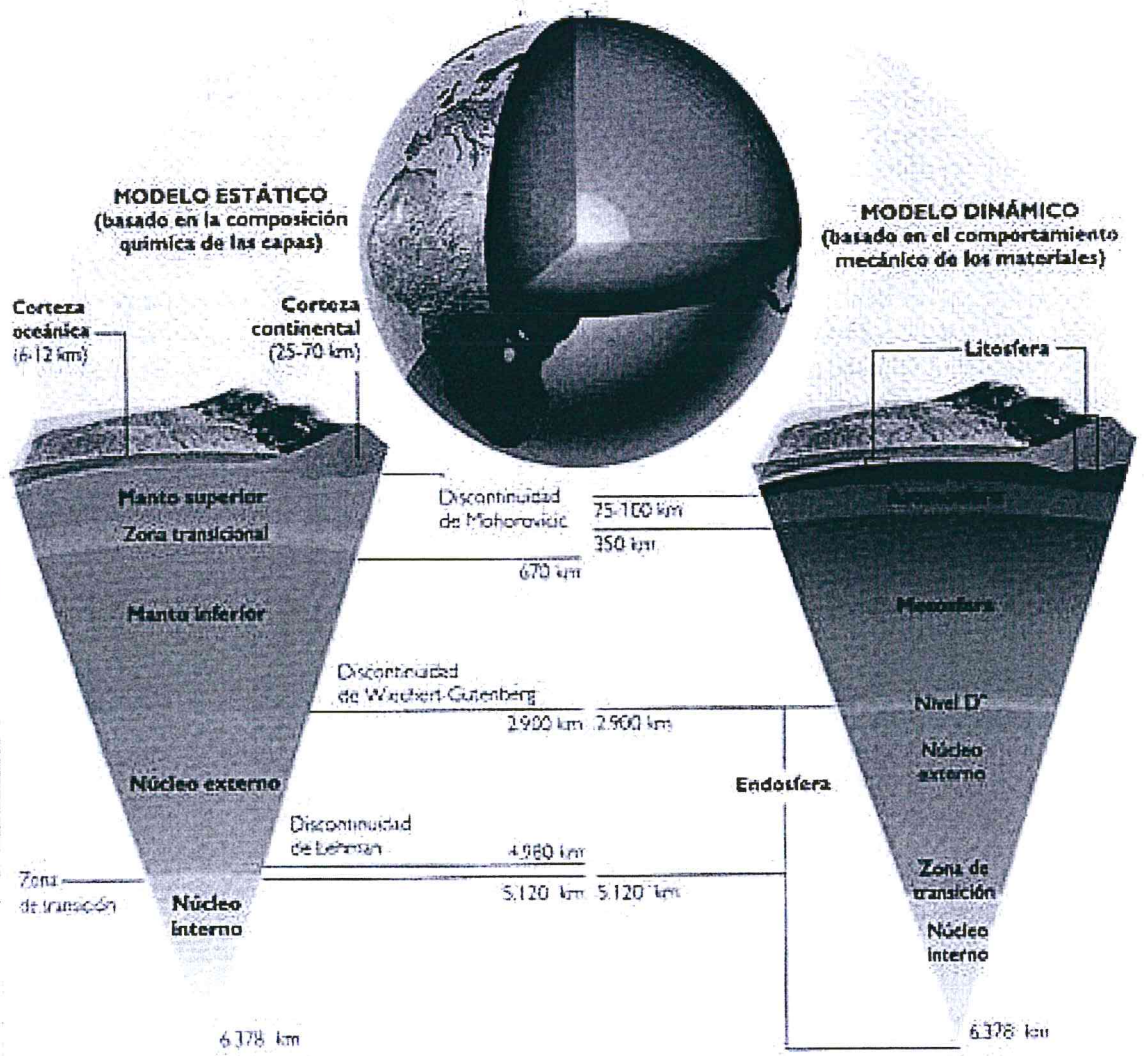



Figura 3. Estructura interna de la Tierra
(Fuente Pellini Claudio, s/f)



[Handwritten signature]



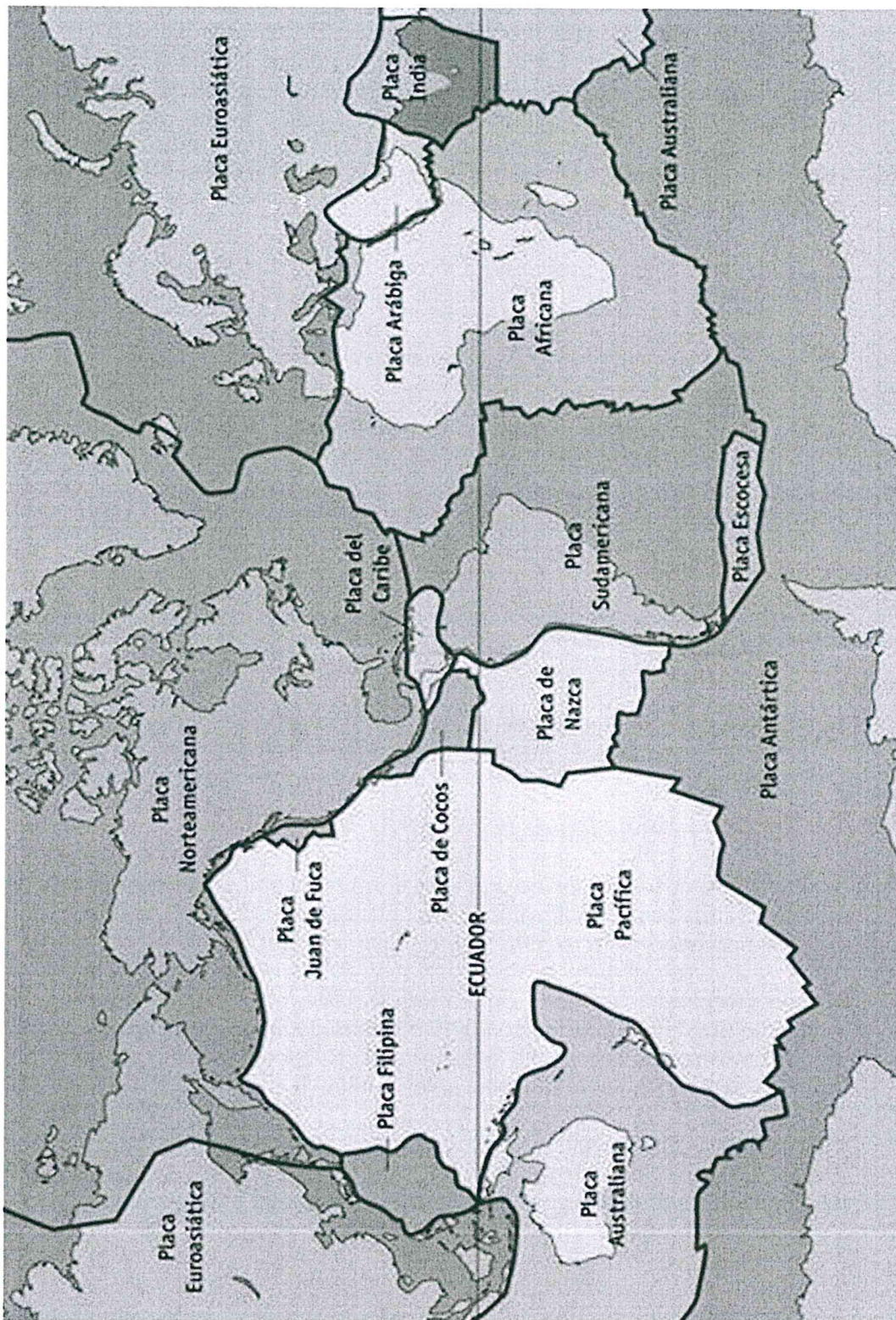


Figura 4. Placas tectónicas
(Fuente: Profesor en Línea, 2015)



2.1.2 El proceso de subducción en el Perú

El Perú, como ya se mencionó anteriormente, está sometido al proceso de subducción que es uno de los más importantes desde el punto de vista de tectónica de placas, este proceso geológico se está llevando a cabo desde millones de años atrás. La subducción se produce debido a que la Placa de Nazca (placa oceánica) se desplaza hacia el Este introduciéndose por debajo de la Placa Sudamericana, que se desplaza hacia el oeste. Los esfuerzos tectónicos, a lo largo de millones de años, son los causantes del plegamiento de rocas sedimentarias, de la presencia y reactivación de fallas geológicas, actividad volcánica y alta sismicidad.

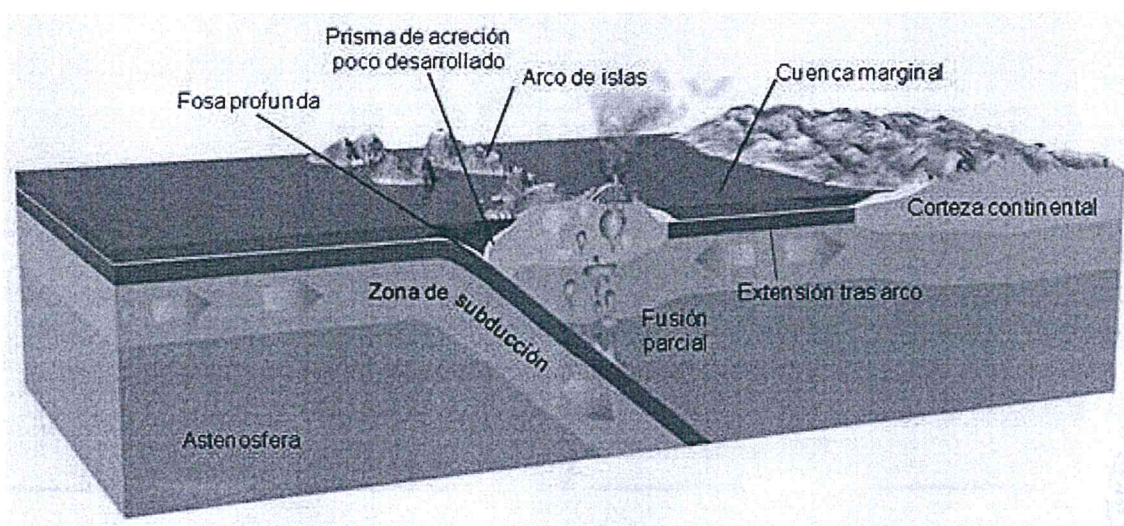


Figura 5 Esquema de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana
(Fuente Etayo (2010))

2.1.2.1 Evolución de la Cordillera de los Andes

La Cordillera de los Andes es una estructura resultante del proceso de tectónica de Placas, que se extiende a lo largo de toda América del sur y se orienta paralela a la fosa peruano-chilena (FPC) donde ocurre el proceso de subducción.

Según mencionan Bernal y Tavera (2002) la formación de la cordillera de los andes se pudo haber originado en 10 millones de años, este tiempo es mayor al que lleva la generación de las fallas geológicas o los periodos de recurrencia de grandes sismos como se muestra en el Cuadro 1.

Según estudios geológicos el proceso de subducción andina se inicia en el Paleozoico superior (aproximadamente hace 358 millones de años), continua en el Mesozoico y termina en el Cenozoico, continuando hasta la actualidad.

Cuadro 1 Duración estimada para la ocurrencia de los grandes fenómenos tectónicos que preceden a un sismo (Bernal y Tavera, 2002)

DURACIÓN	FENÓMENOS
100 Ma	Tectónica de placas
1 Ma – 10 Ma	Formación de la cadena de montañas en frontera de placas
1000 años – 1 Ma	Formación de grandes fallas
100 años – 1000 años	Periodo de recurrencia de grandes sismos
1 día – 100 años	Deformación geodésica alrededor de fallas
1 año – 1 día	Posibilidad de fenómenos precursoros
1s – 100 s	Duración de la ruptura sísmica

Ma= millones de años, s= segundo

La formación de la cordillera andina fue acompañada por una sucesión de periodos de subsidencias y levantamientos relacionados con regímenes tectónicos de extensión y compresión que produjeron consecuentemente el acortamiento y engrosamiento de la corteza. Según Megard (1978), Dalmayrac et al (1981) y Sebrier et al (1985) (citado en Bernal y Tavera (2002), pág. 7), todo el proceso geodinámico que soportó el Perú se ha desarrollado en dos periodos bien diferenciados:

- El Paleozoico: Caracterizado por producirse en un régimen de deformación netamente extensional pero donde se produjeron variaciones en la velocidad del movimiento de las placas, variaciones en la dirección de expansión de la corteza oceánica, así como cambios en la densidad de la placa oceánica según su edad, aumento en la capacidad de la fricción entre las superficies de la placa de Nazca y Sudamericana.
- El Triásico–Pleistoceno: Ocurre un régimen de tipo compresional, periodo en el cual la Cordillera Andina comienza a formarse y a evolucionar hasta obtener su constitución actual.

2.1.2.2 La cadena volcánica

Según Bernal y Tavera (2002), la cadena volcánica se presenta en la región sur de Perú por debajo de la deflexión de Abancay y se extiende hasta los 25°S en Chile. Esta cadena se distribuye sobre la Cordillera Occidental siguiendo un aparente alineamiento con orientación Noroeste-Sureste en Perú y Norte-Sur en el extremo norte de Chile. Las características geométricas de cada uno de los volcanes que integran esta cadena, muestran que la actividad tectónica es contemporánea a la orogenia extensional que experimenta la Cordillera Andina cerca del Cuaternario Medio y Reciente.

En el Perú la actividad volcánica en el norte y centro se ha extinguido desde hace aproximadamente 8 millones de años, sin embargo en el sur del Perú si tenemos vulcanismo activo, asociado a las características de zona de



S



subducción. Los volcanes presentes en la región sur del Perú son detallados a continuación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Volcanes peruanos

VOLCANES SEGÚN DEPARTAMENTO	AREQUIPA		MOQUEGUA		TACNA	
	Coropuna	6425 msnm	Ubinas	5672 msnm	Tutupaca	5806 msnm
Sabancaya	5795 msnm	Huaynaputina	4800 msnm	Yucamane	5508 msnm	
Misti	5825 msnm	Ticsani	5408 msnm			
Chachani	6057 msnm					

Elaboración propia

2.1.2.3 Sistema de Fallas

Bernal y Tavera (2002) asocian el sistema de fallas presentes en el Perú como el resultado del continuo proceso de deformación de la corteza continental (Figura 6). Estos mismos autores clasifican a las fallas de acuerdo a su ubicación geográfica:

Costa

En la costa norte la falla de Huaypira con una orientación Noreste-Suroeste y Este-Oeste; en la costa sur la falla de Marcona con orientación Noroeste-Sureste y la falla de La Planchada con orientación Noroeste-Sureste. Estas fallas son del tipo normal.

Cordillera Occidental

Falla de la Cordillera Blanca de tipo normal, con buzamiento al Suroeste. El ramal Norte de esta falla, recibe el nombre de falla de Quiches.

En Arequipa, la falla de Pampacolca de tipo normal con el buzamiento de su plano principal en dirección Suroeste. La falla de Ichupampa, de tipo normal con buzamiento hacia el Suroeste.

En Huancayo, el sistema de fallas del tipo inverso del Huaytapallana, con buzamiento hacia el Noreste.

En el Altiplano y en la Cordillera Oriental

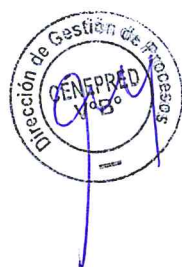
En Cuzco, el sistema de fallas de Tambomachay, este sistema considera además, a un importante número de fallas de tipo normal como las fallas de Viscachani, Alto Vilcanota, Pomacanchi y Langui-Layo, todas con dirección Este-Oeste.

En la zona Subandina

Sistemas de fallas inversas del Alto Mayo, el sistema de fallas de Satipo-Amauta y el sistema de fallas de Madre de Dios.



[Handwritten signature]





CENEPRED

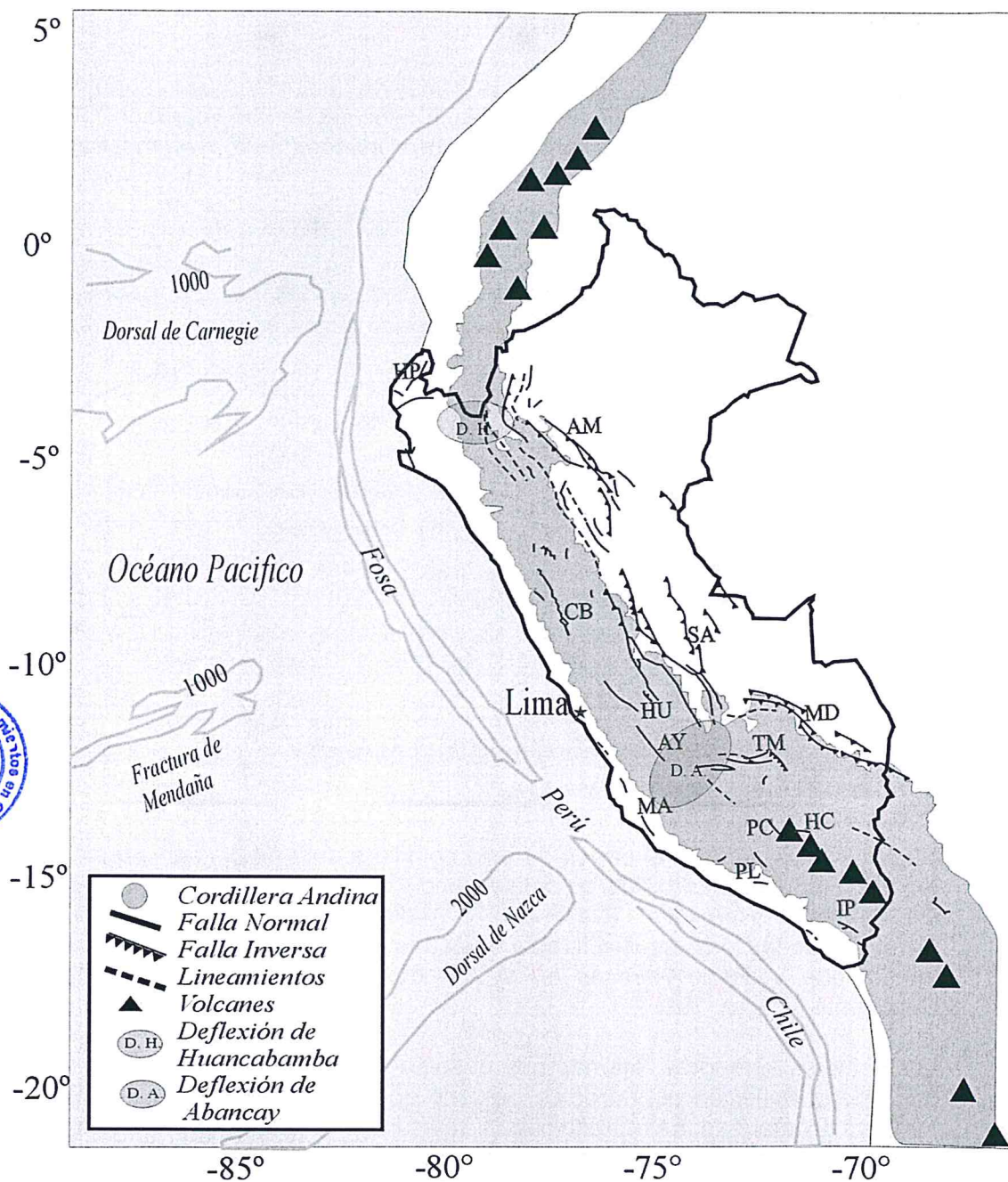


Figura 6. Principales rasgos tectónicos superficiales en Perú y en el borde oeste de Sudamérica (Bernal y Tavera, 2002)



[Handwritten signature]



2.2 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO

La Cordillera de los Andes ha generado la formación de unidades geomorfológicas tanto en el ámbito continental y en el ámbito marino del territorio peruano (Cuadro 3). Las unidades geomorfológicas definidas por Chacón (1995), son mostradas a continuación.

Cuadro 3. Principales unidades geomorfológicas en el territorio peruano

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	
ÁMBITO CONTINENTAL	ÁMBITO MARINO
1. Cordillera de la Costa	1. Plataforma o Zócalo Continental
2. Llanura Pre-andina (Franja costanera)	2. Talud Continental
3. Cordillera Occidental	3. Fosa Peruano-Chilena
4. Depresión Interandina	4. Dorsal de Nazca
5. Cordillera Oriental	5. Fondos Abisales del Pacífico Sur
6. Cuenca del Titicaca o Altiplano	
7. Región Sub-andina	
8. Llanura Amazónica	

2.2.1 Unidades geomorfológicas en el ámbito continental

2.2.1.1 Cordillera de la Costa

Según Chacón (1995), el origen de esta cordillera data de las fases tectónicas del Precámbrico, la cordillera es consecuencia del plegamiento ocurrido durante las orogenias Hercínica¹ (Devónico) y Andina (Cretácico al Plioceno). La Cordillera de la Costa es visible solo en partes en los Amotapes, Paita, Illescas en el norte y desde Paracas en el sur, donde forma el borde mismo del Continente (Rivera, 1996).

Los estudios anteriores afirman que el segmento norte de la Cordillera forma parte de la deflexión del noroeste peruano que se proyecta hacia el norte en territorio ecuatoriano. En la costa central se asume que la cordillera está hundida, pero en Arequipa el llamado Macizo de Arequipa es parte de la Cordillera de la Costa.

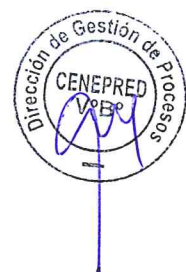
2.2.1.2 Llanura pre-andina o franja costanera

Es una estrecha franja de terreno que no supera los 100km de ancho, está ubicada a lo largo de la costa entre la cordillera de la costa y la cordillera occidental, presenta alturas entre 50 y 1500 m.s.n.m. Según Chacón (1995) su formación tiene relación con el levantamiento de la cordillera de los andes, lo que hoy es la llanura andina estuvo sumergida durante los periodos Paleozoico, Mesozoico, Terciario y parte del Cuaternario. Sus características geológicas determinan que en la base de la llanura pre-andina se encuentran rocas sedimentarias de edad cretácea; además la parte norte y sur de la llanura estuvo

¹ Ver escala geológica en Figura 7.



Handwritten signature



sumergida durante el pleistoceno pero las fases tectónicas asociadas al levantamiento andino permitieron la formación de terrazas marinas conocidas como Tablazos.

2.2.1.3 Cordillera occidental

La cordillera occidental es el ramal occidental de la Cordillera de los Andes, tiene una altura máxima de 6768 msnm en el pico del Huascarán. Según Chacón (1995), la cordillera occidental está constituida por un núcleo Paleozoico por rocas mesozoicas y cenozoicas, que han sido deformadas por intenso plegamiento, fallas inversas y grandes sobrescurrimientos. Además entre Ayacucho y la frontera con Chile alberga una notoria franja de conos volcánicos terciario-cuaternarios que siguen el alineamiento andino (Chacón, 1995).

2.2.1.4 Depresión interandina

Esta unidad está conformada por los valles longitudinales que se encuentran entre la cordillera occidental y la oriental, a su vez son cortados por valles transversales de rumbo Noreste a Suroeste.

El trabajo desarrollado por Chacón (1995) menciona que la formación de la depresión andina está relacionada con dicha falla andino longitudinal desde el Nudo de Loja en Ecuador, hasta el Nudo de Vilcanota, pasando por el Nudo de Pasco. Además dicha falla controla el drenaje regional, a este sistema pertenecen los ríos Marañón, Mantaro, Apurímac y Vilcanota. Las fallas geológicas ejercen control sobre la orientación de los valles interandinos, como es el caso de las deflexiones de Pisco-Abancay y Cajamarca-Huancabamba, en esos casos las fallas de rumbo segmentan la Cordillera de los Andes, en dirección este-oeste.

2.2.1.5 Cordillera oriental

Ubicada al este de la Cordillera Occidental, es una cordillera con relieve más abrupto que la Occidental sobre todo en sectores donde la cordillera Oriental corta a los ríos Marañón, Mantaro, Apurímac y Urubamba.

La formación de la Cordillera Oriental se inicia durante el tectonismo Hercínico, sobre un núcleo pre-cambriano, el levantamiento de esta cordillera fue controlado por fallas regionales longitudinales.

2.2.1.6 Cuenca del Titicaca o Altiplano

Ubicada al sureste del Perú, es una superficie conocida también como la meseta del Collao con altitudes promedio que llegan a 3800 msnm, se extiende hacia Bolivia. Se caracteriza por ser una cuenca cerrada de drenaje radial hacia el Lago Titicaca, está limitada por la cordillera oriental y la cordillera andina. Los estudios de Chacón (1995) identifican rocas del basamento cubiertas por unos estratos de edad mesozoica, una secuencia de roca volcánica de edad Cenozoica.



Handwritten signature



2.2.1.7 Región Sub-andina

La región sub-andina está ubicada en el flanco oriental de la Cordillera de los Andes, tiene un relieve accidentado, las montañas del Shira, Contamana y Contaya forman parte de esta región.

Los estudios geológicos muestran que en esta zona se presentan fallas geológicas de tipo inverso y de sobrecurrimiento, además son zonas con presencia de plegamientos, las características de la traza de falla y el eje de los pliegues siguen la dirección andina con mayor fallamiento en el frente andino oriental (Chacón, 1995).

2.2.1.8 Llanura amazónica

La llanura amazónica es una amplia zona de relieve suave y cubierta de vegetación, que se extiende desde la Región Sub-andina hasta el Escudo Brasileiro. Según Chacón (1995) el subsuelo está conformado por una secuencia de sedimentos cenozoicos del tipo molasa, que subyace a rocas del mesozoico que encierran yacimientos petroleros.

2.2.2 Unidades geomorfológicas en el ámbito marino

2.2.2.1 Plataforma o Zócalo continental

Es una superficie continua que se extiende desde la línea de costa hacia mar adentro prolongándose hasta que se presente un cambio brusco de pendiente lo cual ocurre aproximadamente a 200 metros de distancia, sin embargo el ancho de la plataforma continental varía a lo largo de la costa peruana (Cuadro 4).

Las rocas que componen esta plataforma son las mismas que conforman el borde continental del cual son una prolongación.

Cuadro 4. Ancho de la plataforma o zócalo continental a lo largo de la costa peruana

LOCALIDAD	<i>Tumbes y Bayovar</i>	<i>Pimentel</i>	<i>Chimbote</i>	<i>Lima y Callao</i>	<i>Península de Paracas</i>	<i>Nazca y Tacna</i>
ANCHO DE LA PLATAFORMA (km)	10 a 40	100	110	40	19	5 a 28

Fuente. Chacón, 1995

2.2.2.2 Talud continental

Comprendido entre la plataforma continental y la fosa peruano-chilena, el talud continental presenta tres sectores característicos, a lo largo de todo el borde litoral peruano, dichos sectores son clasificados según el ancho y pendiente (Cuadro 5).



[Handwritten signature]



Cuadro 5. Talud continental frente al borde litoral peruano

	SECTOR NORTE (Entre la Península de Illescas y el Golfo de Guayaquil)	SECTOR CENTRO	SECTOR SUR (Entre Tacna y Península de Paracas)
ANCHO (KM)	70	150 (Máx. extensión lateral)	100 (Ancho promedio)
PENDIENTE	Fuerte	Moderada	Fuerte

Fuente. Chacón, 1995

2.2.2.3 Fosa peruano-chilena

Es una depresión submarina ubicada frente a las costas peruanas aproximadamente entre 80 y 230 km mar adentro. Se caracteriza por ser una fosa profunda que alcanza hasta 8 km de profundidad y marca el inicio de la zona de subducción. La fosa peruano-chilena tiene una orientación Noroeste-Sureste frente a las costas peruanas, pero cambia su orientación a Norte-Sur en la latitud 18° S.

2.2.2.4 Dorsal de Nazca

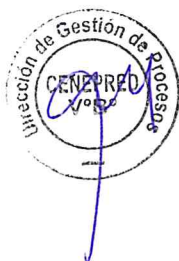
Ubicada sobre la placa de Nazca, es una dorsal submarina orientada Noreste-Suroeste, perpendicular a la fosa peruano-chilena. Se considera una dorsal asísmica que forma parte de la placa oceánica, sin embargo es importante reconocer que marca un límite en la Cordillera de los Andes, separa una zona de ausencia de actividad volcánica de otra con vulcanismo activo (Zamudio, 1998).

Estudios recientes, sobre anomalías magnéticas, permiten considerar la hipótesis de que la Dorsal de Nazca debe su origen a una antigua zona de creación de corteza que cesó su actividad hace 5 a 10 millones de años aproximadamente (Bernal y Tavera, 2002).

2.2.2.5 Fondos abisales

Comprenden las plataformas marinas ubicadas mar adentro, al oeste de la fosa peruano-chilena. Forman parte de la placa oceánica con profundidades del orden de los 4000 metros (Chacón, 1995).

Los fondos abisales están compuestos por rocas basálticas consecuencia de la nueva corteza oceánica que se forma en los bordes de los márgenes divergentes en la llamada Dorsal Meso-Pacífica.

Era	Periodo	Época		Edad	Millones de años
C E N O Z O I C O	CUATERNARIO	Holoceno			0,011
		Pleistoceno		Ioniense Calabriense	1,8
	NEÓGENO	Plioceno	Superior	Gelasiense Piacenziense	5,3
			Inferior	Zanclense	
		Mioceno	Superior	Messiniense Tortonense	23
			Medio	Serravallense Langhiense	
			Inferior	Burdigaliense Aquitaniense	
	PALEÓGENO	Oligoceno	Superior	Chattense	33,9
			Inferior	Rupeliense	
		Eoceno	Superior	Priabonense	55,8
			Medio	Bartonense Luteciense	
			Inferior	Ypresiense	
		Paleoceno	Superior	Thanetiense Selandense	65,5
			Inferior	Daniense	
	M E S O Z O I C O	CRETÁCICO	Senoniense	Maastrichtense Campanense Santoniense Coniacense	99,6
				Superior	
			Inferior	Albiense Aptiense Barremiense	145,5
Neocomiense				Hauteriviense Valanginiense Berriasiense	
JURÁSICO		Superior (Malm)	Tithoniense Kimmeridgiense Oxfordense	161,2	
		Medio (Dooger)	Calloviense Bathonense Bajociense Aalenense	175,6	
		Inferior (Lias)	Toarciense Pliensbachiense Sinemuriense Hettangiense	199,6	
TRIÁSICO		Superior	Keuper	Rhaetiense Noriense	228
		Medio	Muschelkalk	Ladiniense Anisiense	245
		Inferior	Buntsandstein	Olenekiense Induiense	251
PALEOZOICO	PERMICO				542
	CARBONIFERO				
	DEVÓNICO				
	SILURICO				
	ORDOVICICO				
CAMBRICO					
PRECÁMBRICO					

Figura 7. Escala del tiempo geológico
(Fuente Educando naturaleza, 2014)



B



2.3 DEFINICIÓN DE SISMOS

Los sismos son movimientos originados por la liberación de energía que se inicia en un punto de ruptura en el interior de la Tierra. Al originarse un sismo la energía sísmica se libera en forma de ondas sísmicas que se propagan por el interior de la Tierra, estas viajan por diversas trayectorias hacia el interior de tierra antes de llegar a superficie.

Las estaciones sísmicas instaladas a nivel mundial registran el paso de las ondas y las almacenan para su posterior análisis y procesamiento, con el uso de software especializado se obtienen los parámetros sísmicos que aportan información valiosa para los estudios de sismicidad.

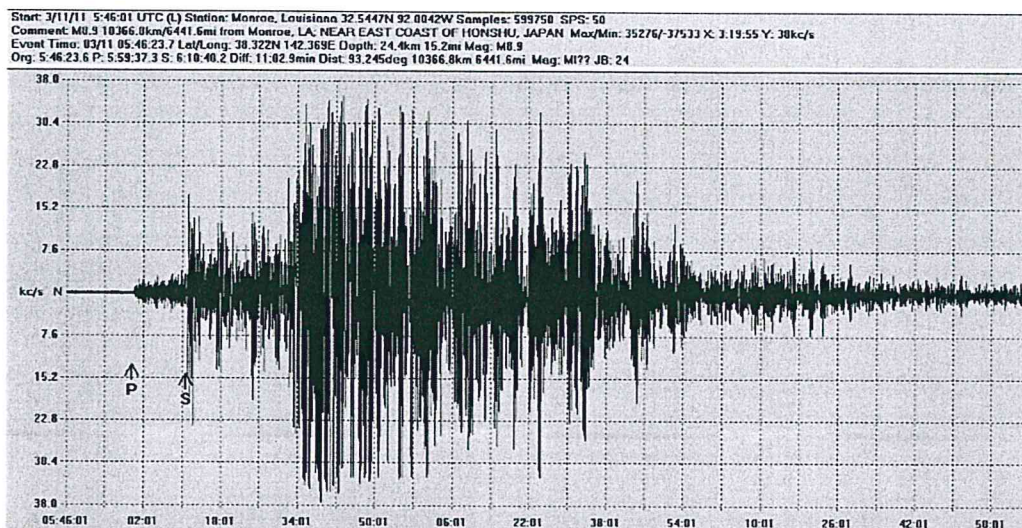


Figura 8. Sismograma del sismo ocurrido en Japón el 11 de marzo del 2011, magnitud Mw 8.9. (Imagen del registro en la estación de Monroe, Louisiana, Estados Unidos)

2.3.1 Parámetros sísmicos

Son aquellos que caracterizan el sismo y son frecuentemente mencionados en los boletines sísmicos que emiten las entidades sismológicas.

Hipocentro (profundidad del sismo)

Es el punto en el interior de la Tierra donde comienza la ruptura, también se le conoce como foco sísmico.

Hora origen

Representa la hora en que se inicia la ruptura, se expresa generalmente en tiempo universal, denominado *Coordinated Universal Time* o UTC. Son 5 horas adicionales a la hora local de Perú.

Epicentro

Es la proyección vertical del hipocentro en la superficie terrestre, se representa en coordenadas geográficas o coordenadas UTM.

Magnitud

La magnitud representa la energía liberada en el hipocentro, el valor de la magnitud de un sismo en particular es única, no está relacionada con el lugar de ubicación de un punto geográfico.

A continuación se describen las escalas de magnitud que han sido formuladas a lo largo del tiempo, actualmente la más utilizada a nivel mundial es la escala de momento sísmico.

ML, parámetro de magnitud propuesto por Richter en 1935, para aplicarla en sismos del Sur de California. La definición original está dada en función de la amplitud máxima de las ondas sísmicas, registradas en un sismógrafo Wood-Anderson ubicado a 100 km de distancia del epicentro. Esta escala comenzó a traer problemas cuando se aplicó a distintas regiones, ya que la forma de los registros depende del tipo de sismo y el tipo de estructura donde se propagan las ondas sísmicas; esto a su vez responde a características particulares del terreno.

mb, utilizada para el cálculo de la magnitud de telesismos (sismos ubicados a distancias mayores a 500 km), con hipocentros (0-70 km) superficiales. Su cálculo está basado en el análisis de las ondas internas.

MS, magnitud basada en la amplitud de ondas superficiales. Se emplea para telesismos superficiales.

Md, magnitud basada en la duración o CODA del evento sísmico. Se utiliza generalmente cuando un sismo se produce cerca a la estación sísmica y los sismogramas se saturan, en estos casos es difícil identificar la amplitud de la señal. La cuantificación de esta magnitud está en función de la duración de la señal y la distancia epicentral (Lee, 1972).

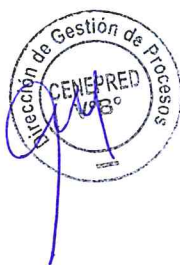
Mw, calculada a partir del momento sísmico (parámetro que relaciona las dimensiones de la fuente sísmica: rigidez del medio donde se produce el movimiento (μ), el área de dislocación (S) y el desplazamiento medio de la misma (D)).

$$M_w = (2/3)\log M_0 - 10.7$$

Donde: M_0 es el momento escalar en dinas-cm.

Intensidad sísmica

La intensidad sísmica es una medida cualitativa de los efectos causados en las personas, viviendas, infraestructura y en la naturaleza. A diferencia de la



magnitud, la intensidad originada por un sismo puede variar en distintos puntos geográficos, mientras más cerca esté el epicentro los efectos serán mayores.

La escala de intensidad sísmica más utilizada en nuestro medio es la escala de Mercalli Modificada que tiene doce grados los cuales se expresan en números romanos.

Distancia al epicentro

Es la distancia horizontal medida desde el epicentro hasta un punto geográfico en la superficie terrestre.

2.3.2 Fuentes sismogénicas

Se define como fuentes sismogénicas a zonas caracterizadas por tener características sismo-tectónicas similares. Los parámetros sísmicos que caracterizan a una fuente sismogénica son el resultado de estudios de sismicidad que se hacen con información proveniente de catálogos sísmicos de la región de estudio, además del análisis de las características tectónicas.

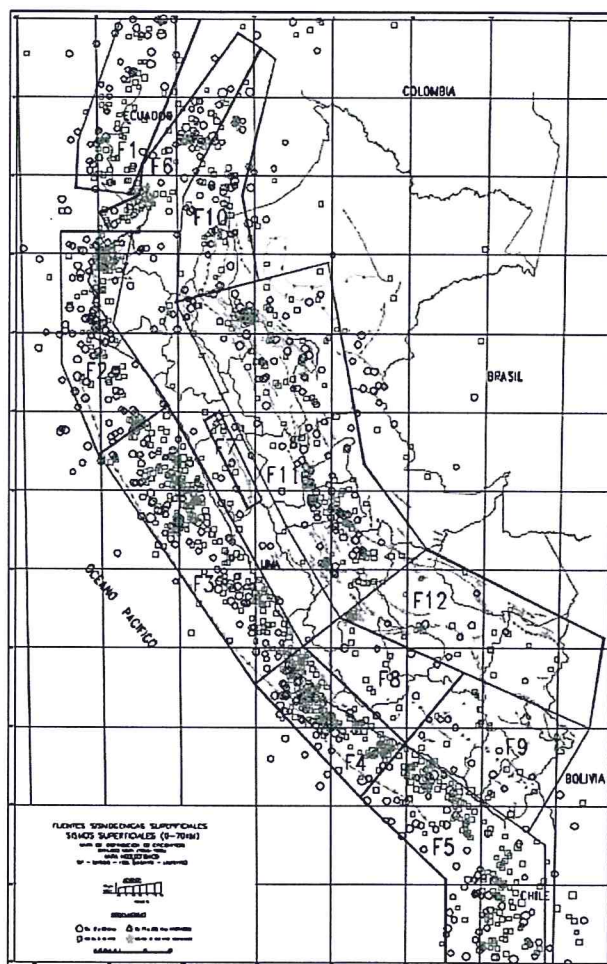


Figura 9 Fuentes sismogénicas superficiales
(Fuente Castillo y Alva (1993))



[Firma manuscrita]



[Firma manuscrita]

ESCALA DE INTENSIDAD DE MERCALLI MODIFICADA

GRADOS	DESCRIPCIÓN
I	No se siente, excepto por algunos en circunstancias especiales y favorables. Se observa únicamente por medio de instrumentos sísmicos.
II	Sentido por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los objetos suspendidos pueden oscilar.
III	Sentido por muchas personas principalmente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, muchas personas no lo asocian con un temblor. Los vehículos de motor, estacionados, pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un vehículo pesado. La duración puede ser estimada.
IV	Sentido por muchas personas en los interiores, en los exteriores por pocos. En la noche, algunos despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un vehículo pesado chocando contra un edificio, los automóviles oscilan en forma notable.
V	Sentido casi por todos; muchos despiertan. Algunas piezas de vajilla, vidrios de ventanas, etcétera, se rompen; algunos casos grietas en los recubrimientos; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen relojes de péndulo.
VI	Sentido por todos; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio; pocos ejemplos de caída de aplacados o daño en chimeneas. Daños ligeros.
VII	Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal proyectadas; rotura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.
VIII	Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían vehículos motorizados.
IX	Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; estructuras bien diseñadas se inclinan por daños en la cimentación; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen.
X	Destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.
XI	Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
XII	Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares). Objetos lanzados en el aire hacia arriba.





2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA SISMICIDAD EN EL PERÚ

Debido a sus características tectónicas el Perú está ubicado en una zona de alta actividad sísmica y volcánica, en una zona conocida como el Cinturón de Fuego del Pacífico y de la cual forman parte países como México, Estados Unidos, Canadá, Japón, Nueva Zelandia, entre otros. (Figura 10).

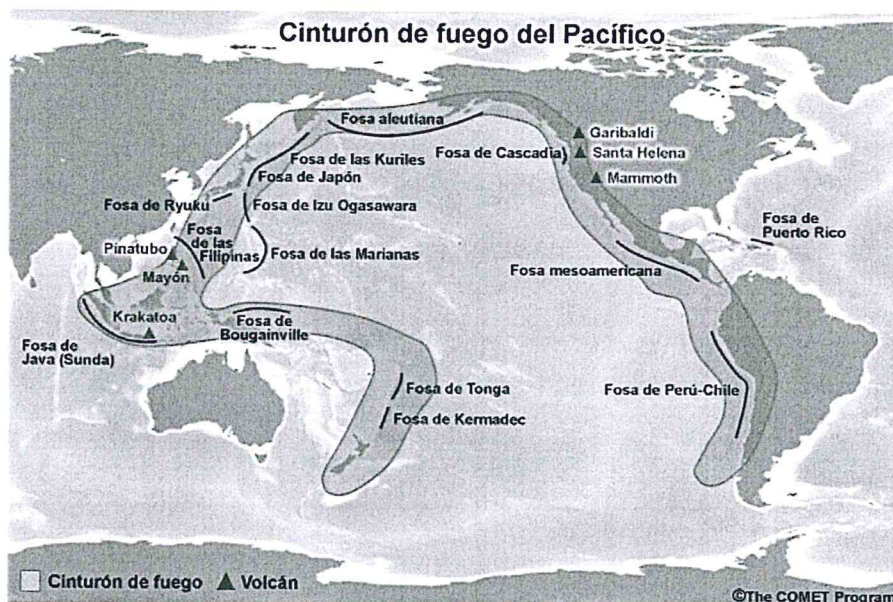


Figura 10. Cinturón de fuego del Pacífico

(Derechos de autor 2011 University Corporation for Atmospheric Research)

La subducción origina fricción entre las placas tectónicas y la acumulación de esfuerzos entre ellas; según Tavera y Bernal (2005) cuando las fuerzas que movilizan a las placas superan al total de las fuerzas que se oponen, entonces el deslizamiento de una de las placas se realizará de manera violenta produciendo un sismo.

Estudiar la sismicidad no hubiera sido posible sin el desarrollo de instrumentos sísmicos que permiten la detección del movimiento del terreno con gran precisión, la información registrada por estaciones sísmicas a nivel nacional y mundial permite conocer las características sísmicas de un lugar, esta información puede tratarse de sismicidad histórica y sismicidad instrumental.

2.4.1 Sismicidad histórica

En el Perú la información de la sismicidad histórica está relacionada a los años en los cuales no se había desarrollado la sismología, la información más antigua se remonta a la época de la invasión española, en aquellos tiempos los daños que los sismos ocasionaron fueron registrados en crónicas y narraciones, toda esta información fue recopilada en el Catálogo Sísmico elaborado por Silgado (1978) y que ha sido posteriormente actualizado en un catálogo denominado "Catálogo Sísmico del Perú 1471-1982" publicado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP).



1





2.4.2 Sismicidad instrumental

A pesar de la intensa actividad sísmica a nivel mundial, no fue hasta el año 1900 en que se comienzan a instalar las primeras estaciones sísmicas a nivel mundial. En el año 1960 se incrementan el número de estaciones sísmicas con la instalación de una red denominada World-Wide Standardized Seismograph Network (WWSSN), la idea de este proyecto era instalar una red de 120 estaciones sismográficas estandarizadas en 60 países e islas en todo el mundo; hasta el año 1965 se habían instalado 111 estaciones y el año 1971 se culminó con la instalación de la última estación en la ciudad de Brasilia (U.S. Geological Survey, 2010).

En el Perú la institución que recopila toda la información sísmica a nivel nacional es el IGP, el catálogo sísmico contiene los parámetros sísmicos como coordenadas del epicentro, magnitud, hipocentro (profundidad), hora de origen e intensidad del sismo. Desde el año 1996 la red sísmica nacional ha incrementado el número de estaciones sísmicas llegando en la actualidad a 51 estaciones en todo el territorio peruano (Mapa 1), esto significa que la detección de los sismos ha mejorado debido a que una gran parte del territorio nacional está cubierta.

2.4.3 Distribución de los sismos en profundidad

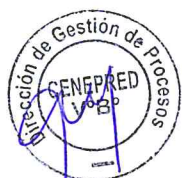
La sismicidad instrumental ha permitido estudiar la distribución de sismos en profundidad, los estudios llevados a cabo por Barazangi e Isacks (1979), Hasegawa y Sacks (1981), Grange (1984), Schneider y Sacks (1987), Rodríguez y Tavera (1991), Cahill e Isacks (1992), Tavera y Buforn (2001), Bernal y otros (2001), Bernal (2002) (como se cita en Tavera y Bernal (2005) pág. 92), Zamudio (1998), permitieron identificar fuentes sismogénicas (fuentes generadoras de sismos) y/o determinar sus parámetros sísmicos.

Como se puede apreciar en el Mapa 2, la actividad sísmica de profundidad superficial se distribuye muy cerca a la costa peruana, según Tavera y Bernal (2005) esta sismicidad está asociada al proceso de fricción de placas y se constituye como la principal fuente sísmica presente en el Perú ya que dio origen a los más grandes sismos para los cuales se cuenta con información histórica y actual. Los sismos de profundidad intermedia se distribuyen en mayor número en el interior del territorio peruano con profundidades que llegan hasta los 300 km, mientras que los sismos profundos se distribuyen muy cerca al límite con Brasil.

La distribución de sismos en profundidad ha sido útil para conocer la geometría de la zona de contacto entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana, esta zona es llamada la zona de Wadati-Benioff. El estudio realizado por Tavera y Buforn (1998) muestra que en el norte del Perú la profundidad de los sismos aumenta de oeste a este con profundidades menores de 50 km en la zona oceánica aumentando hasta 150 km en el interior del continente (Ver perfil A-A' de la figura 12), en la zona centro el perfil presentado por dichos autores permite apreciar que los sismos se distribuyen con un ángulo de 30° (aproximadamente hasta los 150km desde el punto B, ver perfil B-B' de la figura 12), a partir de esta profundidad los sismos se distribuyen casi horizontales. En la zona sur los sismos se distribuyen en profundidad con una ángulo cercano a 30° pero hasta los 300 km de profundidad (Ver perfil C-C' de la figura 12).



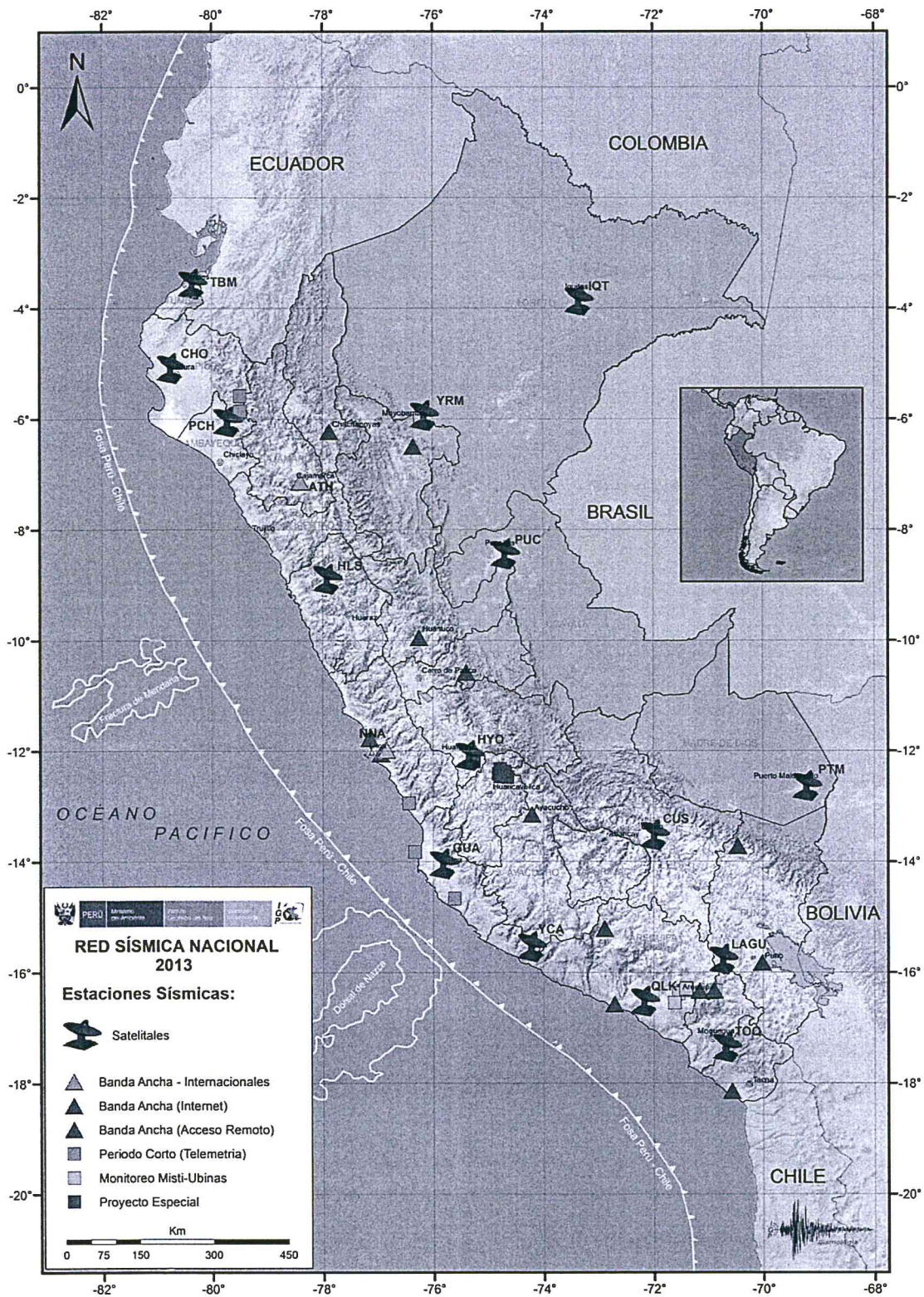
[Handwritten signature]



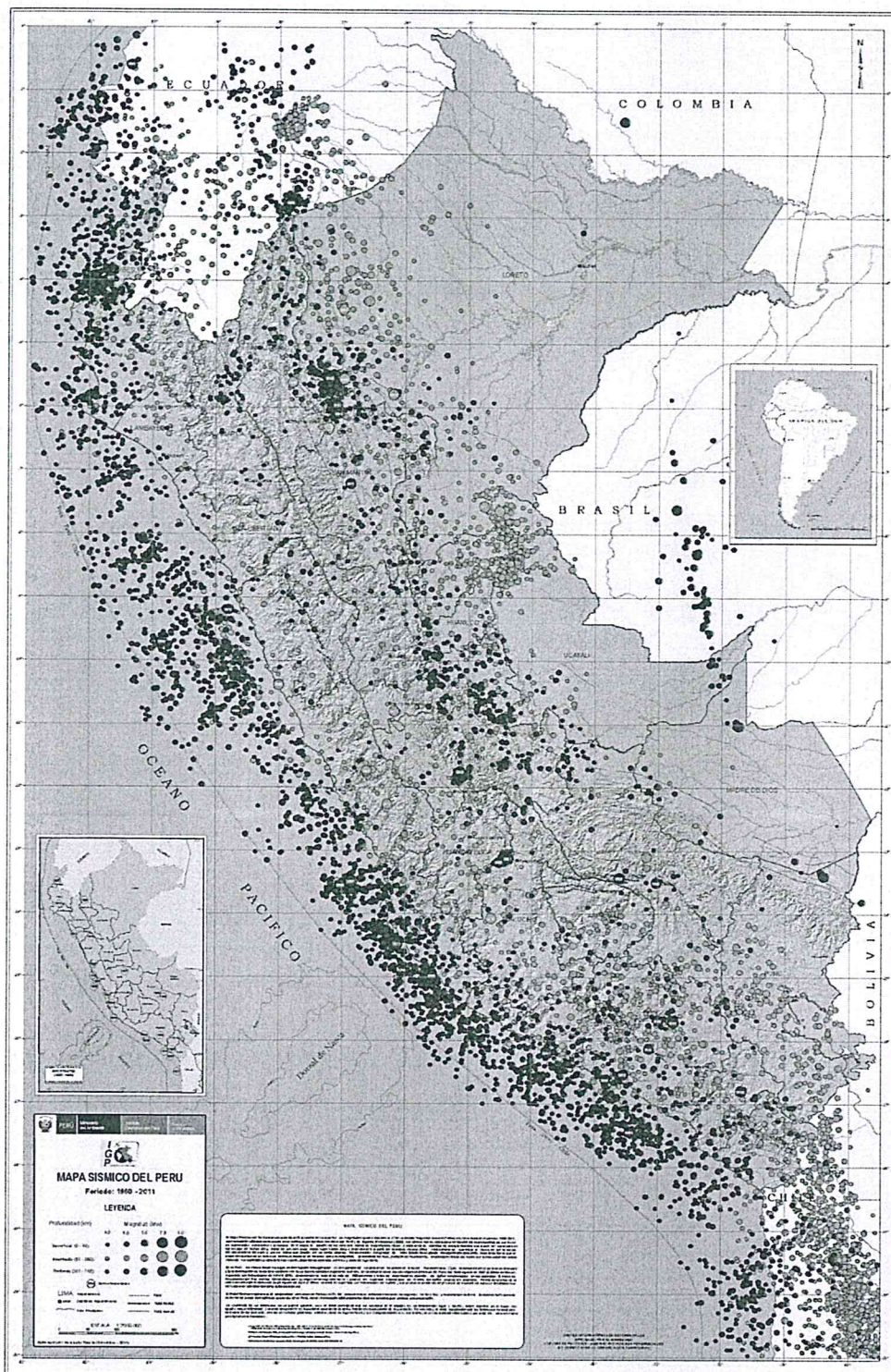
[Handwritten signature]



Figura 11. Esquema del proceso de convergencia de la placa de Nazca (oceánica) y la placa sudamericana (continental). Además se observa la fosa peruano-chilena en líneas rojas (Fuente Bernal y Tavera, 2002)



Mapa 1. Red sísmica nacional del Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2013)



Mapa 2. Mapa sísmico del Perú elaborado por el IGP. En rojo se muestran los sismos superficiales (<60 km), en verde los sismos de foco intermedio y en azul los sismos de foco profundo. Los círculos de mayor diámetro representan sismos de mayor magnitud

(Fuente Sistema Nacional de Información Ambiental, 2016)

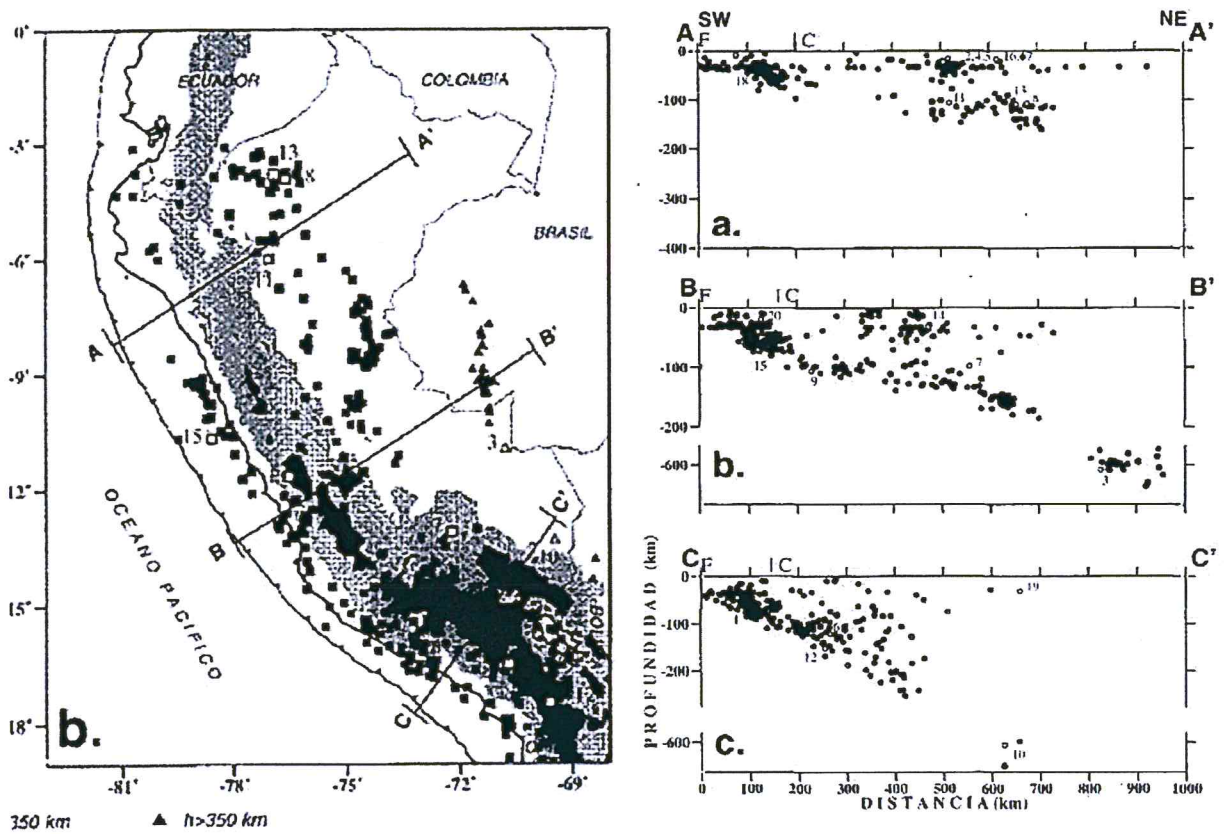


Figura 12. Perfiles verticales de sismicidad para el periodo 1960-1995 ($m_b \geq 5$) según las líneas AA', BB' y CC' del mapa de la izquierda (Fuente Tavera y Bufom, 1998)





CENEPRED

3. CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO POR SISMO

Evaluar el peligro es estimar o valorar la ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de sucesos (se refiere al fenómeno mismo en términos de sus características y su dimensión) en el tiempo y ámbito geográfico determinado.

Las instituciones técnico – científicas elaboran estudios y/o informes técnicos cuyo nivel técnico de detalle varía desde estimaciones generales hasta análisis detallados de la susceptibilidad del área de estudio expuesta a los peligros, todo esto con la finalidad de determinar un mapa de peligro. Se recomienda que la evaluación del peligro por sismo, sea hecho bajo la supervisión de un especialista en sismología.

3.1 IDENTIFICACIÓN DEL FENÓMENO POR SISMO

En esta etapa de la evaluación se necesita identificar cual es la característica sísmica de la zona, los efectos que han producido los sismos a lo largo de la historia.

La identificación de esas probables áreas de influencia de los sismos se realiza en una primera instancia sobre la base del conocimiento histórico de los impactos producidos en los ámbitos geográficos expuestos. Esto se efectúa básicamente mediante la sistematización de toda la información a detalle recopilada (geográfica, urbanística, infraestructuras básicas y servicios esenciales).

Sobre los resultados de dicho análisis, y con la asesoría de las entidades técnico-científicas, se plantea una priorización de los ámbitos con una mayor probabilidad de ser afectados a nivel nacional, regional y local. La información histórica (recurrencia) y los parámetros característicos de los eventos naturales son elementos esenciales en este proceso.

Para una adecuada identificación de las áreas probables de influencia de los sismos, es muy importante una adecuada caracterización de los mismos.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO

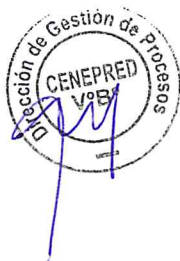
Como está estipulado en el “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales”, elaborado por el CENEPRED, para la descripción del peligro se utiliza información de fuentes primarias y/o secundarias, esta descripción debe contener elementos generales del peligro (geología, geomorfología, litología, otros); se basará en investigaciones históricas y vigentes elaboradas por las entidades públicas, entidades técnico-científicas; mediante la observación directa en campo.

En líneas generales la información que se recopila podrá ser:

- Información técnico-científica proporcionada por el ente competente sobre el o los peligros identificados.



[Handwritten signature]



- Información de los registros de emergencias atendidas y proporcionadas por los diferentes niveles de gobierno.
- Estudios, reportes e informes, orientados a información histórica y actualizada sobre el peligro, en el caso de sismos la información la proporciona principalmente el IGP, pero también brindan información relacionada el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y el Centro de Investigaciones Sismológicas de la Universidad Nacional de Ingeniería (CISMID).
- Información de mapas de susceptibilidad ante la ocurrencia de sismos.

3.3 ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD

Se entiende por susceptibilidad la predisposición a que un evento ocurra sobre un determinado ámbito geográfico. Si en un punto geográfico se conocen las características geológicas, hidrológicas, climáticas, etc. y además se cuenta con información histórica de eventos similares a los que motivan el estudio, entonces se puede determinar la mayor o menor susceptibilidad de la zona, lo que quiere decir que la susceptibilidad va a depender de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno.

Como ejemplo, se puede tomar un centro poblado donde frecuentemente ocurren sismos causando, agrietamiento de suelos, deslizamientos de rocas y daños a las viviendas, podría decirse que estamos ante una zona de alta susceptibilidad sísmica.

Para determinar la susceptibilidad se consideran dos factores importantes, el factor desencadenante y el factor condicionante.

3.3.1 Factores desencadenantes.

Son parámetros responsables de la generación del peligro en un ámbito geográfico específico. En el caso de sismos, los factores desencadenantes pueden ser diversos (Figura 13); sin embargo, cuando se elabora el informe de evaluación de riesgos lo recomendable es, considerar un solo desencadenante por informe ya que cada uno tiene distintas características de generación.

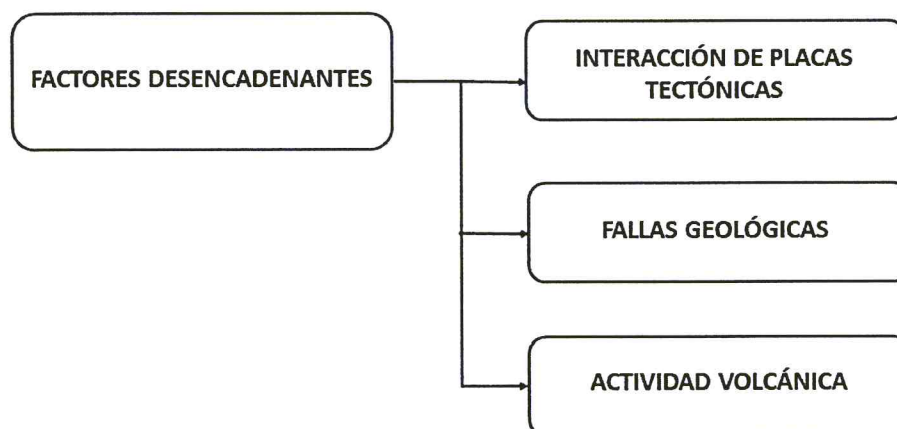


Figura 13. Factores desencadenantes de los sismos

3.3.2 Factores condicionantes.

Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno en estudio, en este caso los sismos (Figura 14).

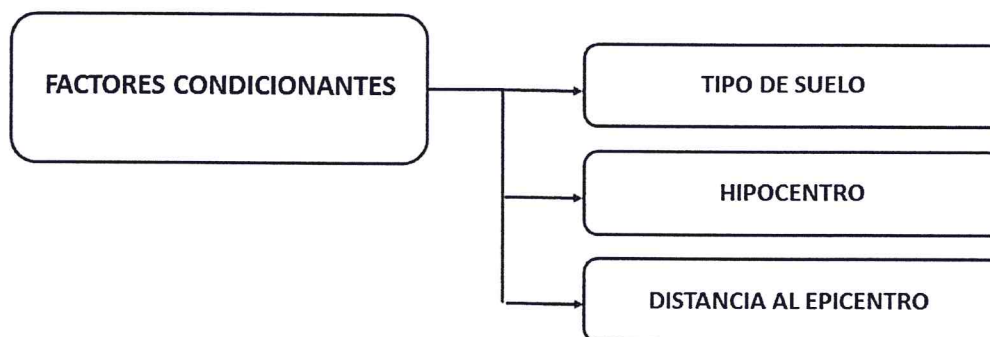


Figura 14. Factores condicionantes de los sismos

3.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

3.4.1 Parámetros y descriptores para la caracterización del peligro por sismo

El peligro por sismo puede ser caracterizado por los siguientes parámetros: intensidad, aceleración máxima del suelo, entre otros. Se recomienda que cada parámetro tenga cinco descriptores (cuadros 6, 7 y 8). El peso ponderado para cada parámetro es un valor que debe ser calculado mediante el proceso de análisis jerárquico, cuyo procedimiento matemático se explica en los anexos 3 y 4 del presente manual; la suma de los pesos ponderados debe ser igual a 1 y el mayor peso es asignado al parámetro considerado más importante por el evaluador.

Cuadro 6. Magnitud del sismo

PARÁMETRO		RANGOS DE MAGNITUD	PESO PONDERADO:	
DESCRITORES	S1	Mayor a 8.0	PS1	0.503
	S2	6.0 a 7.9	PS2	0.260
	S3	4.5 a 5.9	PS3	0.134
	S4	3.5 a 4.4	PS4	0.068
	S5	Menor a 3.4	PS5	0.035

Los rangos de magnitudes han sido establecidos considerando una magnitud máxima de 8.

Cuadro 7. Intensidad del sismo

PARÁMETRO		RANGOS DE INTENSIDAD	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	X1	XI y XII. Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.	PX1	0.503
	X2	IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.	PX2	0.260
	X3	VI, VII y VIII. Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	PX3	0.134
	X4	III, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.	PX4	0.068
	X5	I y II. Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas.	PX5	0.035

Los rangos de intensidades han sido adaptados por CENEPRED de la Escala de Mercalli Modificada

Cuadro 8. Aceleración máxima del suelo (PGA)

PARÁMETRO		RANGOS DE PGA EN GALES (G)	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	AS1	$PGA \geq 0.45g$	PAS1	0.503
	AS2	$0.35g \leq PGA < 0.45g$	PAS2	0.260
	AS3	$0.25g \leq PGA < 0.35g$	PAS3	0.134
	AS4	$0.10g \leq PGA < 0.25g$	PAS4	0.068
	AS5	$PGA < 0.10$	PAS5	0.035

*Adaptado de la Norma de diseño sismorresistente E-030. PGA es la aceleración máxima horizontal en suelo rígido, con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años, 1 g es igual a 980cm/s²

Se debe tener en cuenta que los cuadros mostrados para caracterizar el sismo son netamente referenciales, tanto los parámetros, como sus descriptores y sus respectivos pesos ponderados deben ser determinados por el evaluador en función a las características propias del fenómeno en la zona geográfica a estudiar.

3.4.2 Estudios previos de peligro

El literal a del artículo 8 del Reglamento de la Ley N° 29664, señala como uno de los objetivos del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, la identificación de los peligros, el análisis de las vulnerabilidades y el establecimiento de los niveles de riesgo para la toma de decisiones oportunas en la Gestión del Riesgo de Desastres. Además, el literal d, del artículo 12° de la mencionada ley, establece como una de las funciones del CENEPRED el asesorar en el desarrollo de las acciones y procedimientos antes mencionados.

Adicionalmente los incisos 6.9 y 6.14 del artículo 6°, Ley N° 29664, señalan dentro de las funciones del CENEPRED el “Establecer espacios de coordinación y participación de las entidades académicas y técnico científicas y monitorear el desarrollo de contenidos del proceso de estimación del riesgo” y “Realizar estudios e investigaciones inherentes a los procesos de estimación, prevención y reducción de riesgo, así como de reconstrucción”

Existen diversas instituciones que realizan trabajos técnico-científicos, el Instituto Geofísico del Perú es el ente rector en lo que se refiere a sismos.

El Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID) es una plataforma que cuenta con documentación e información geoespacial que puede ser utilizada libremente, para llevar a cabo los estudios de evaluación del riesgo para todo tipo de fenómeno.

3.5 ESTRATIFICACIÓN DEL PELIGRO

Definidos los parámetros de evaluación con sus respectivos descriptores, se establecen los niveles de peligro (bajo, medio, alto y muy alto).

Los niveles de peligro, la descripción y el rango resultante se representan en una tabla con formato similar al ejemplo del Cuadro 9. El texto de la descripción corresponde a cada uno de los descriptores analizados en los factores condicionantes y desencadenantes, de la misma manera los valores del rango son el resultado del análisis que realizó el evaluador en la ponderación de esos factores.



Cuadro 9 Estratificación del peligro por sismo

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
PELIGRO MUY ALTO	Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Sismo de intensidad XI y XII. Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	$0.260 \leq R \leq 0.503$
PELIGRO ALTO	Tipo de suelo arena eólica y/o limo (con y sin agua). Sismo de intensidad IX y X. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	$0.134 \leq R < 0.260$
PELIGRO MEDIO	Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Intensidad VI, VII y VIII. Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados	$0.068 \leq R < 0.134$
PELIGRO BAJO	Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Sismo sentido por mucha gente, intensidad menor a V. Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.	$0.035 \leq R < 0.068$

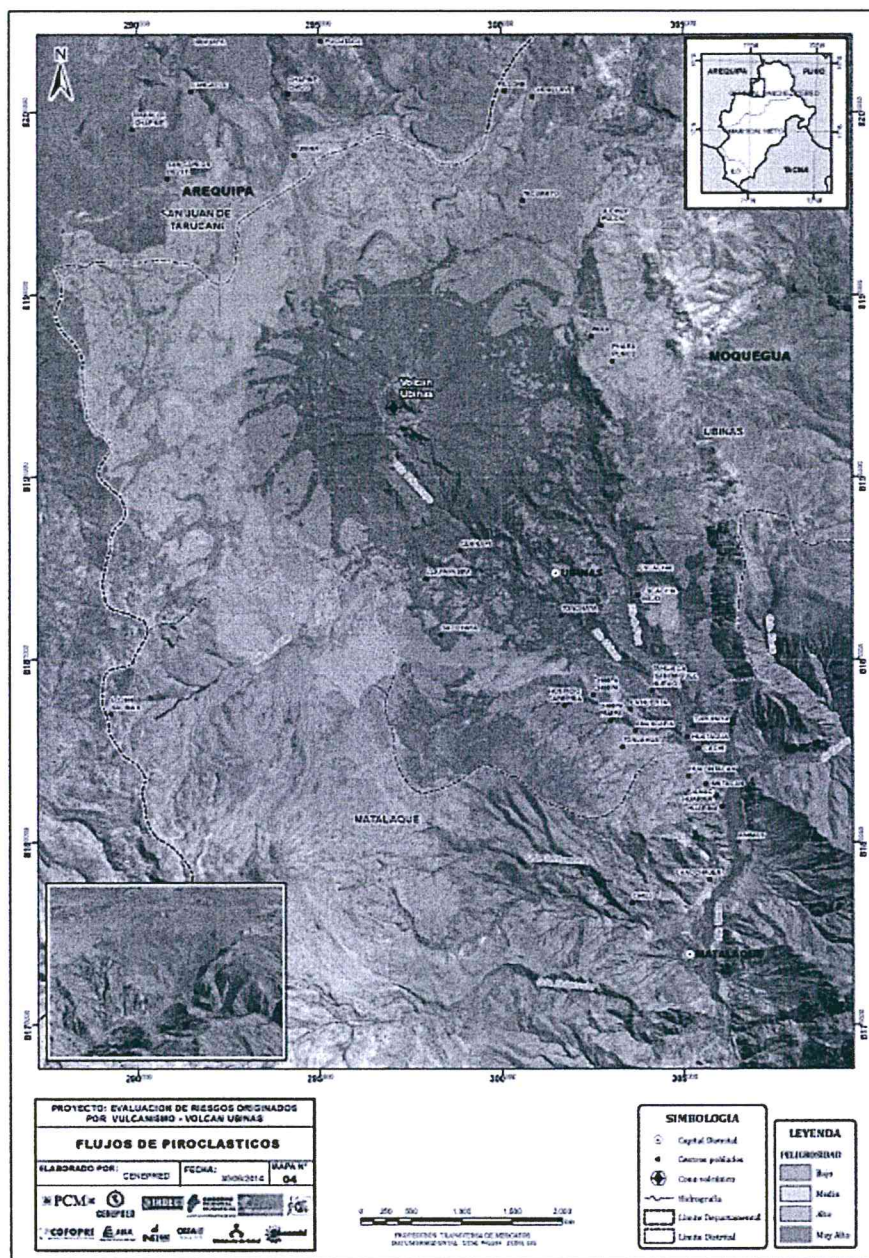




3.6 MAPA DE PELIGRO

3.6.1 Elaboración del mapa de peligro

La elaboración del mapa de peligro por sismos se desarrollará con los resultados obtenidos, utilizando un sistema de información geográfica y según el formato establecido en el “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales”, elaborado por el CENEPRED. Se recomienda que el mapa sea evaluado antes por un especialista en sismología.



Mapa 3 Ejemplo de un mapa de peligro

Subdirección de Normas y Lineamientos
CENEPRED
Dirección de Gestión de Procesos
CENEPRED

4. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS

4.1 DELIMITACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

El mapa de peligro permite determinar el área potencial de impacto al peligro, dentro de esta área se deben identificar los elementos expuestos y /o Unidad Productora de Bienes (Infraestructura), ubicados en zonas susceptibles que pueden sufrir los efectos de un determinado peligro.

Luego de delimitada el área de influencia del peligro, se identifican los elementos expuestos que serían afectados en los sectores social, económico y ambiental; el equipo de trabajo del gobierno local o del gobierno regional tomará como referencia para tal propósito el cuadro de estimación sectorial de la Guía Metodológica para la Evaluación de los Efectos Socioeconómicos y Ambientales e Impactos de los Desastres (CENEPRED, 2014) y la Guía general para identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública, a nivel de perfil (MEF, 2015).

4.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS

Delimitados e identificados los elementos expuestos se deben cuantificar. Esta información es insumo necesario para las recomendaciones de carácter estructural.

Luego de identificados y cuantificados los elementos expuestos se elabora el mapa respectivo considerando los elementos expuestos sobre el mapa de peligro.

Quantificación de los Elementos Expuestos

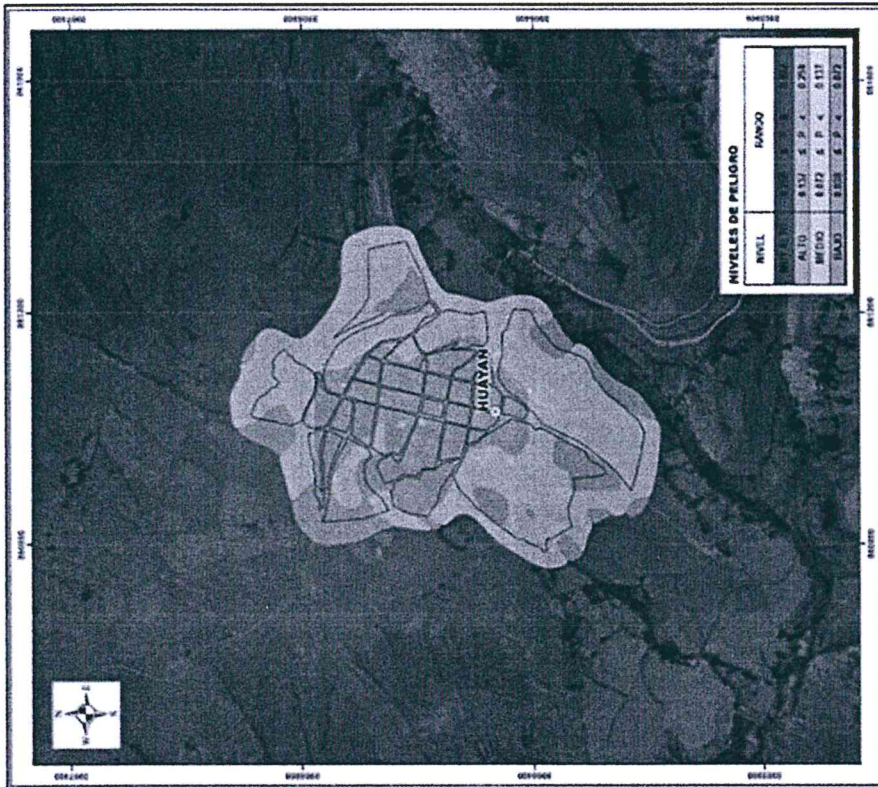
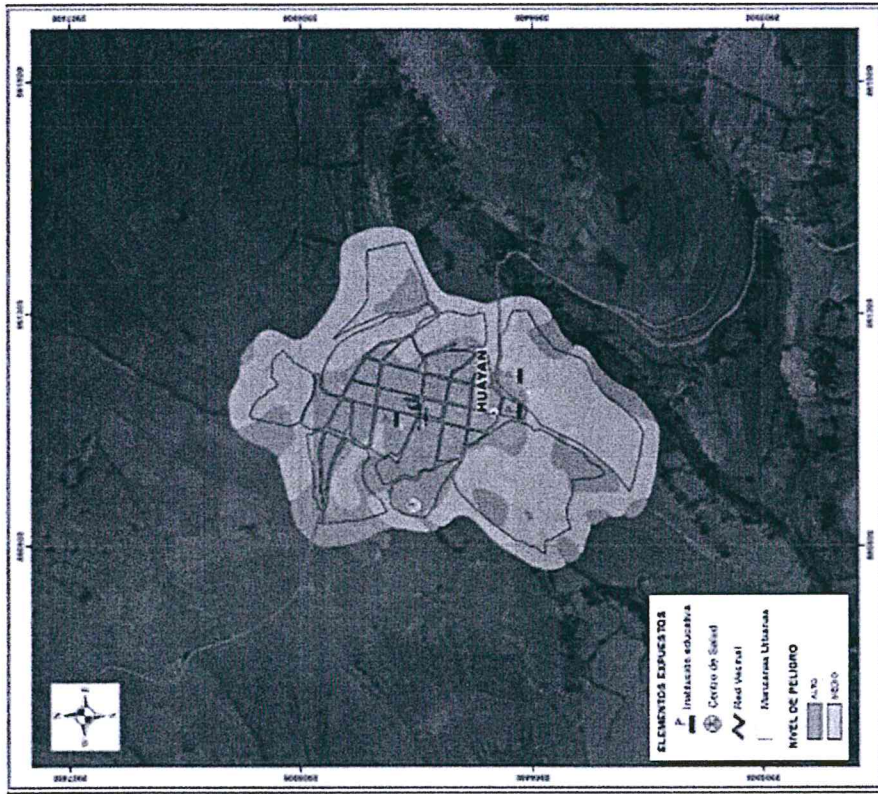
SECTORES SOCIALES			
Población	Personas (Hombres y Mujeres)	x	120
Educación	Centros Educativos	X	1
Vivienda	Viviendas	X	45
	Infraestructura de plazas y parques	X	1 Plaza
	Infraestructura del ornato público: bancas, postes, lámparas de alumbrado público	X	10 Banquetas, 5 Postes de Iluminación
Cultura	Bienes culturales	X	1 Iglesia
SECTORES ECONÓMICOS			
Agropecuaria	Suelos agrícolas	X	1.7 Hectáreas
Electricidad	Instalaciones del sector eléctrico	X	600 m
Agua y Saneamiento	Tuberías	X	300 m
Comercio	Inmuebles	X	5 tiendas
Administración Pública	Servicios sociales, comunales y asistencia social	X	1 Centro municipal
SECTORES TRANSVERSALES			
Medio ambiente	Cultivos alimentarios	X	1.7 Hectáreas

Elaboración propia.






[Handwritten signature]



A la izquierda se presenta un ejemplo de mapa de peligro, sobre este mapa se deben identificar los elementos expuestos, el mapa de la derecha sería el resultado final.

5. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

El numeral 2.20, del artículo 2, del Reglamento de la Ley N° 29664, aprobada por Decreto Supremo N°048-2011-PCM, se define la vulnerabilidad como “la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza”. (Figura 15).

El crecimiento poblacional, los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el proceso de empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de sistemas organizacionales inadecuados y la presión sobre los recursos naturales, ha aumentado en forma gradual la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de fenómenos de origen natural.

Para reducir el riesgo no habría otra alternativa que disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos, esto tiene relación con la gestión prospectiva y correctiva de la Gestión del Riesgo de Desastres.

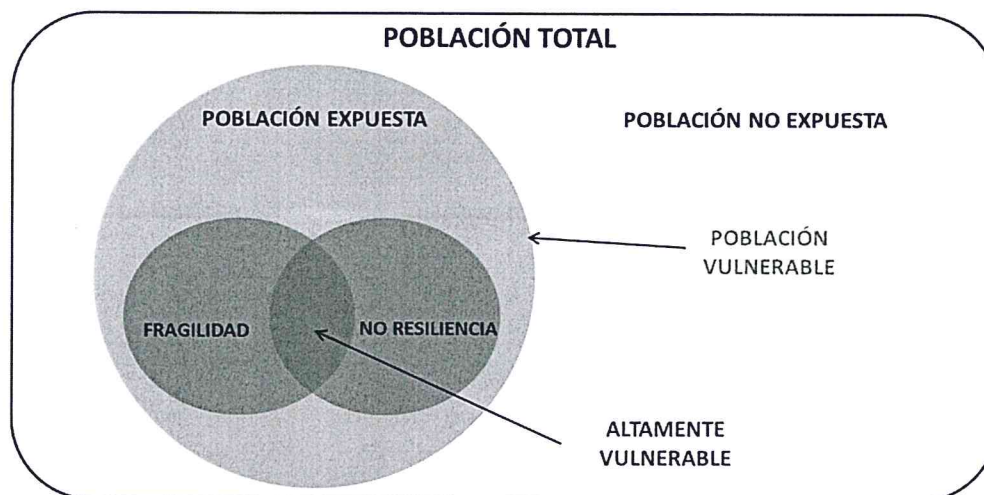


Figura 15. Distribución de la población en términos de vulnerabilidad

El análisis de la vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se evalúa las condiciones de los factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia, de la población y sus medios de vida.

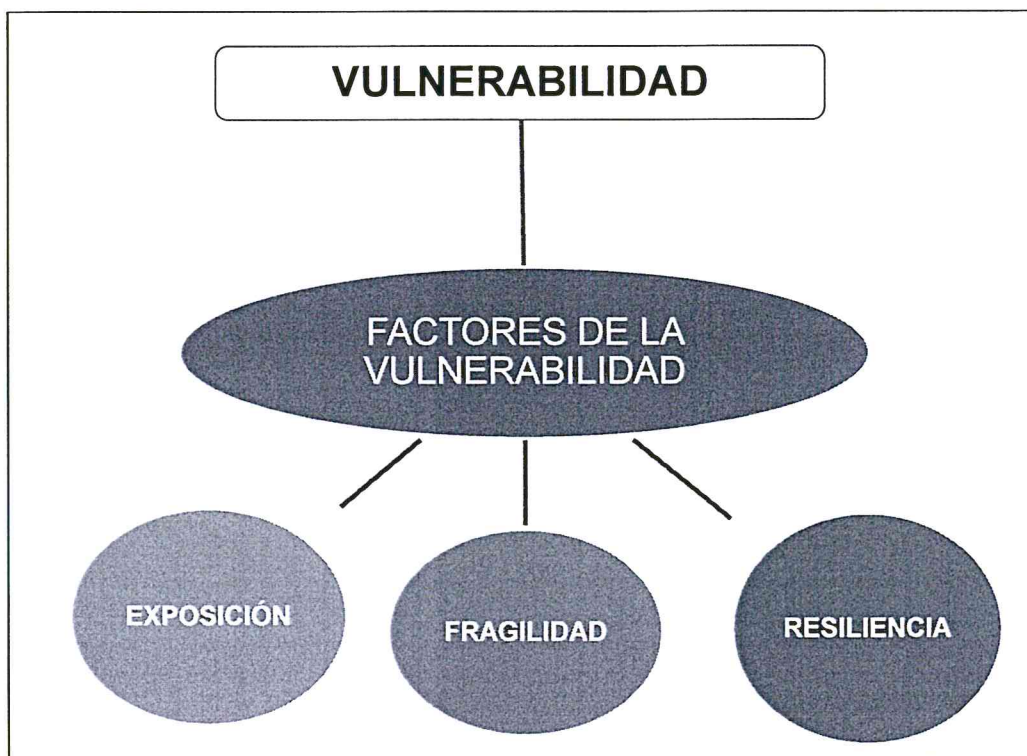


[Firma manuscrita]



5.1 ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE LA VULNERABILIDAD

Los factores de vulnerabilidad son descritos a continuación:



5.1.1 Exposición

Esta referida a la identificación y cuantificación de los elementos expuestos ubicados en zonas susceptibles que pueden sufrir los efectos de un determinado peligro (personas, recursos, servicios, ecosistemas, entre otros).

La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. Cuando mayor sea la exposición, mayor será la vulnerabilidad (Figura 16).

5.1.2 Fragilidad

Esta referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro, a mayor fragilidad, mayor será la vulnerabilidad (Figura 17).



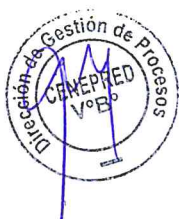




Figura 16. Edificaciones expuestas y susceptibles a un peligro de origen natural (Fuente: Diario Perú 21, 2015)



Figura 17. Viviendas en estado ruinoso centro de Lima (Fuente: Diario El Comercio, 2014)

5.1.3 Resiliencia

Esta referida a la capacidad de las personas, familias, comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse del impacto de un peligro o amenaza; así como de incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación, tomando como referencia los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro; se encuentra relacionada a condiciones sociales y de organización de la población. Cuando la resiliencia es mayor entonces la vulnerabilidad será menor (Figura 18).



[Handwritten signature]

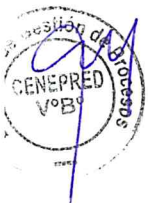




Figura 18. Las instituciones educativas participan en simulacros de sismos (Fuente RPP, 2017)

5.2 DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad debe analizarse en cuatro dimensiones:

Dimensión física

Está relacionada a las condiciones específicas de infraestructura y ubicación de la comunidad, centro poblado o sector que pueden sufrir los efectos (daños y pérdidas) por acción del peligro.

Dimensión social

Está relacionada al conjunto de comportamientos, creencias, formas de organización y manera de actuar de una comunidad, centro poblado o sector que pueden sufrir los efectos por acción del peligro.

Dimensión económica

Está relacionada con la ausencia o poca disponibilidad de recursos económicos que tienen los miembros de una comunidad, centro poblado o sector, este tipo de vulnerabilidad tiene que ver con la mala utilización de los recursos disponibles para una correcta gestión del riesgo.

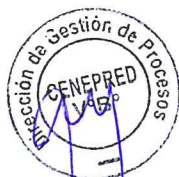
Dimensión ambiental

Está relacionada a cómo una comunidad, centro poblado o sector utiliza de forma no sostenible los elementos de su entorno, con lo cual debilita la capacidad de los ecosistemas, de tal manera que puede sufrir los efectos por acción del peligro.

En cada una de las dimensiones se identifican los parámetros a evaluar para los factores de exposición, fragilidad y resiliencia.



[Handwritten signature]



[Handwritten signature]

Si en algún caso no existe información relevante para evaluar alguna de estas dimensiones de vulnerabilidad, se puede obviar esa dimensión explicando en el informe el motivo por el cual se tomó esa decisión.

A continuación se muestran cuadros con ejemplo de ponderaciones para cada dimensión de vulnerabilidad; se debe tener en cuenta que los cuadros mostrados para caracterizar la vulnerabilidad ante un sismo son netamente referenciales, tanto los parámetros, descriptores y sus respectivos pesos ponderados, deben ser determinados por el evaluador en función a las características propias de vulnerabilidad de la zona geográfica a estudiar.

5.2.1 Dimensión Física

5.2.1.1 Exposición física

Está relacionada a la localización de viviendas, instituciones educativas, centros de salud, dentro de la zona de influencia del peligro (Cuadro 10).

Cuadro 10. Localización de la vivienda

PARÁMETRO		LOCALIZACIÓN DE LA VIVIENDA	PESO PONDERADO:	
DESCRPTORES	FS21	Muy cercana 0.2 a 0	PFS21	0.503
	FS22	Cercana 0.2 – 1km	PFS22	0.260
	FS23	Medianamente alejada 1km - 3km	PFS23	0.134
	FS24	Alejada 3 km a 5km	PFS24	0.068
	FS25	Muy alejada > 5 km	PFS25	0.035

5.2.1.2 Fragilidad física

Está referida a las condiciones de desventaja o debilidad y ubicación que tienen los activos físicos frente al impacto de un peligro (Cuadros 11 al 17).

Para determinar la susceptibilidad de los activos físicos ante un determinado peligro, se analiza la fragilidad mediante las variables y/o parámetros; los pesos ponderados deben ser analizados utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.

En muchas comunidades o centros poblado, el control de uso de suelo por parte del sector privado es extremadamente difícil, particularmente los sectores informales y los centros poblados tienen el mayor riesgo por desastre, porque están ubicadas en zonas de altas pendientes y otras áreas marginales.

Es difícil para la población cubrir sus necesidades diarias básicas si la electricidad se ha interrumpido, los puentes han colapsado, los teléfonos no funcionan y las tuberías de distribución de agua están rotas. La población más



pobre tiende a vivir en asentamientos humanos que no cuentan con esos servicios básicos.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11. Material de construcción de la edificación

PARÁMETRO		MATERIAL PREDOMINANTE	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS21	Estera, madera o triplay	PFS21	0.503
	FS22	Adobe o tapia	PFS22	0.260
	FS23	Quincha (caña con barro)	PFS23	0.134
	FS24	Piedra con cemento	PFS24	0.068
	FS25	Ladrillo o bloque de cemento	PFS25	0.035

Cuadro 12. Topografía del terreno

PARÁMETRO		PENDIENTE DEL TERRENO (P)	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS46	$50\% < P \leq 80\%$	PFS46	0.503
	FS47	$30\% < P \leq 50\%$	PFS47	0.260
	FS48	$20\% < P \leq 30\%$	PFS48	0.134
	FS49	$10\% < P \leq 20\%$	PFS49	0.068
	FS50	$P \leq 10\%$	PFS50	0.035

Cuadro 13. Configuración de elevación de la edificación

PARÁMETRO		NÚMERO DE PISOS	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS31	5 pisos a más.	PFS31	0.503
	FS32	4 pisos	PFS32	0.260
	FS33	3 pisos	PFS33	0.134
	FS34	2 pisos	PFS34	0.068
	FS35	1 piso	PFS35	0.035

Cuadro 14. Antigüedad de construcción de la edificación

PARÁMETRO		ANTIGÜEDAD EN AÑOS	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS26	De 40 años a más.	PFS26	0.503
	FS27	De 30 a 40 años	PFS27	0.260
	FS28	De 20 a 30 años	PFS28	0.134
	FS29	De 10 a 20 años	PFS29	0.068
	FS30	Menor a 10 años	PFS30	0.035

Cuadro 15. Estado de conservación de la edificación

PARÁMETRO		CONDICIONES DE LA EDIFICACIÓN	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS21	Las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso	PFS21	0.503
	FS22	Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	PFS22	0.260
	FS23	Reciben mantenimiento esporádico, las estructuras no tienen deterioro (en caso de tenerlas no lo compromete y es subsanable) o los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al mal uso.	PFS23	0.134
	FS24	Reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	PFS24	0.068
	FS25	Reciben mantenimiento permanente, no presenta deterioro alguno.	PFS25	0.035




Cuadro 16. Viviendas localizadas en áreas inseguras

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE VIVIENDAS EN ÁREAS INSEGURAS	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS21	Más del 80% del total	PFS21	0.503
	FS22	Entre 60 a 80% del total	PFS22	0.260
	FS23	Entre 60 a 10%	PFS23	0.134
	FS24	Menor de 10%	PFS24	0.068
	FS25	Ninguna	PFS25	0.035

Cuadro 17. Viviendas con acceso al agua potable

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE VIVIENDAS CON ACCESO AL AGUA POTABLE	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS21	Ninguna	PFS21	0.503
	FS22	AAP ≤ 20%.	PFS22	0.260
	FS23	20% < AAP ≤ 30%	PFS23	0.134
	FS24	30% < AAP ≤ 50 %	PFS24	0.068
	FS25	AAP > 50%	PFS25	0.035

5.2.1.3 Resiliencia física:

Está referida a la capacidad que tienen las instituciones públicas o privadas y las estructuras físicas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse frente al impacto de un peligro (Cuadros 18 y 19).

Se analiza la resiliencia física mediante las variables y/o parámetros: los pesos ponderados deben ser analizados utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.

Cuadro 18. Cumplimiento con el código de construcción

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE VIVIENDAS QUE CUMPLEN CON EL CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS26	V < 20%.	PFS26	0.503
	FS27	30% < V ≤ 20%	PFS27	0.260
	FS28	50% < V ≤ 30%	PFS28	0.134
	FS29	70% < V ≤ 50%	PFS29	0.068
	FS30	V > 70%	PFS30	0.035

Cuadro 19. Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE VIVIENDAS QUE CUMPLEN MEDIDAS DE REFORZAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA Y/O EDIFICACIONES	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS26	$C < 20\%$	PFS26	0.503
	FS27	$30\% < C \leq 20\%$	PFS27	0.260
	FS28	$50\% < C \leq 30\%$	PFS28	0.134
	FS29	$70\% < C \leq 50\%$	PFS29	0.068
	FS30	$C > 70\%$	PFS30	0.035

5.2.2 Dimensión Social

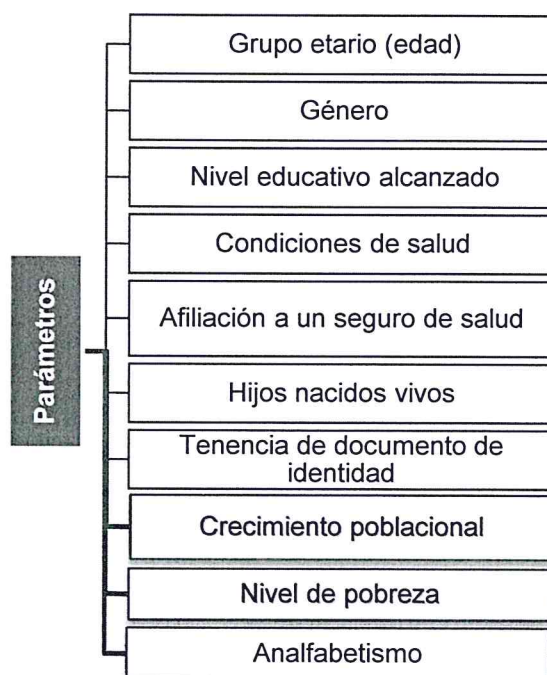
5.2.2.1 Exposición social

Está relacionada a la localización de la población dentro del área de influencia.

5.2.2.2 Fragilidad social

Está referida a las condiciones de desventaja o debilidad que tiene el ser humano y sus medios de vida frente a un peligro (Cuadros 20 al 25).

Para determinar la susceptibilidad de la población y sus medios de vida ante un determinado peligro, se analiza la fragilidad social, mediante las variables y/o parámetros; los pesos ponderados deben ser analizados utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 20. Grupo etario

PARÁMETRO		RANGO DE EDADES	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	De 0 a 3 años y mayor de 65 años	PFS1	0.503
	FS2	De 4 a 12 años y de 60 a 64 años	PFS2	0.260
	FS3	De 13 a 15 años y de 50 a 59 años	PFS3	0.134
	FS4	De 16 a 29 años	PFS4	0.068
	FS5	De 30 a 49 años	PFS5	0.035

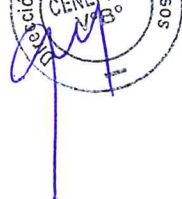
Cuadro 21. Género

PARÁMETRO		PREDOMINANCIA DE GÉNERO (JEFE DE HOGAR)	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	La mayoría de la población son mujeres, ellas tienen a cargo el sustento familiar (cuidado de hijos, trabajo de campo, mantenimiento del hogar).	PFS1	0.503
	FS2	Existe regular población de mujeres que tiene a cargo el sustento familiar.	PFS2	0.260
	FS3	Existe poca población de hombres y mujeres que tiene a cargo el sustento familiar.	PFS3	0.134
	FS4	La mayoría de la población hombres y mujeres tiene a cargo el sustento familiar.	PFS4	0.068
	FS5	Toda la población de mujeres y hombres tiene a cargo el sustento familiar.	PFS5	0.035

Cuadro 22. Nivel educativo

PARÁMETRO		NIVEL MÁXIMO ALCANZADO	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	Ninguno	PFS1	0.503
	FS2	Inicial	PFS2	0.260
	FS3	Primaria	PFS3	0.134
	FS4	Secundaria	PFS4	0.068
	FS5	Superior	PFS5	0.035





Cuadro 23. Cuenta con Seguro Integral de Salud (SIS) o Seguro Social de Salud (ESSALUD)

PARÁMETRO		AFILIACIÓN A UN SEGURO DE SALUD	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	Ningún tipo de seguro	PFS1	0.503
	FS2	Sí, pero no utiliza el servicio.	PFS2	0.260
	FS3	Sí, pero utiliza el servicio esporádicamente.	PFS3	0.134
	FS4	Sí, utiliza el servicio permanentemente	PFS4	0.068
	FS5	Posee seguro de salud privado y utiliza el servicio permanentemente	PFS5	0.035

Cuadro 24. Crecimiento poblacional

PARÁMETRO		PORCENTAJE ANUAL	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	> 5 %.	PFS1	0.503
	FS2	De < 5 % al > 4 %	PFS2	0.260
	FS3	De < 4 % a > 3%.	PFS3	0.134
	FS4	De < 3 a > 2%	PFS4	0.068
	FS5	< 2%	PFS5	0.035

El proceso de urbanización aumenta de manera especial la vulnerabilidad, cuando la concentración de población y vivienda se ubica en zonas susceptibles a impacto.

Cuadro 25. Nivel de pobreza

PARÁMETRO		POBLACIÓN DEBAJO DEL NIVEL DE POBREZA (PP)	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	$PP \geq 40 \%$.	PFS1	0.503
	FS2	$30 \% \leq PP < 40 \%$	PFS2	0.260
	FS3	$20 \% \leq PP < 30 \%$	PFS3	0.134
	FS4	$10 \% \leq PP < 20 \%$	PFS4	0.068
	FS5	$PP < 10 \%$	PFS5	0.035

5.2.2.3 Resiliencia social

Está referida a la capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse frente al impacto de un peligro (Cuadros 26 al 29).

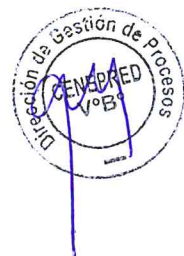
Se analiza la resiliencia social mediante las variables y/o parámetros, los pesos ponderados deben ser analizados utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.

Cuadro 26. Analfabetismo

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE POBLACIÓN ADULTA QUE NO SABE LEER NI ESCRIBIR (A)	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	A >70 %.	PFS1	0.503
	FS2	50 <A ≤ 70%	PFS2	0.260
	FS3	30 <A ≤ 50%	PFS3	0.134
	FS4	20 <A ≤ 30%	PFS4	0.068
	FS5	A ≤ 20%	PFS5	0.035

Cuadro 27. Percepción del riesgo

PARÁMETRO		PERCEPCIÓN DEL RIESGO	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	La totalidad de la población desconoce los peligros y no percibe el riesgo de su localidad.	PFS1	0.503
	FS2	La mayoría de población conoce los peligros pero no percibe el riesgo existente de su localidad.	PFS2	0.260
	FS3	La población conoce los peligros de su localidad, y percibe el riesgo existente.	PFS3	0.134
	FS4	La población conoce los peligros de su localidad y se siente segura ante el impacto de los riesgos existentes.	PFS4	0.068
	FS5	La población está protegida y responde al impacto de los peligros que se presenta en su localidad.	PFS5	0.035

Cuadro 28. Actitud frente al riesgo

PARÁMETRO		ACTITUD DE LA POBLACIÓN	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	RS16	La mayoría de la población es fatalista, conformista y con desidia	PRS16	0.503
	RS17	La mayoría de la población es escasamente previsor	PRS17	0.260
	RS18	Una parte de la población es previsor en asumir el riesgo, no implementan medidas para prevenir el riesgo.	PRS18	0.134
	RS19	Una parte de la población es previsor en asumir el riesgo, asumen el riesgo, implementan escasas medidas para prevenir el riesgo.	PRS19	0.068
	RS20	Toda la población es previsor, implementan diversas medidas para prevenir el riesgo.	PRS20	0.035

Cuadro 29. Capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres (GRD)

PARÁMETRO		CAPACITACIÓN DE LA POBLACIÓN EN GRD	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	La totalidad no recibe ningún tipo de programa de capacitación en temas de GRD.	PFS1	0.503
	FS2	Escasa capacitación en temas de GRD.	PFS2	0.260
	FS3	Capacitación con regular frecuencia en temas concernientes a GRD, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	PFS3	0.134
	FS4	Capacitación constante en temas concernientes a GRD, siendo su difusión y cobertura total	PFS4	0.068
	FS5	Capacitación constante en temas concernientes a GRD, actualizándose y participando en simulacros, siendo su difusión y cobertura total.	PFS5	0.035



Cuadro 30. Campaña de difusión

PARÁMETRO	CAMPAÑA DE DIFUSIÓN	PESO PONDERADO:		
DESCRIPTORES	RS21	Los diversos medios de comunicación no difunden información sobre temas relacionados a Gestión del Riesgo de Desastres .	PRS21	0.503
	RS22	Los medios de comunicación difunden escasa información sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres, existe desconocimiento del tema en la mayoría de la población.	PRS22	0.260
	RS23	Los medios de comunicación difunden periódicamente información sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres, un gran sector de la población tiene conocimiento del tema.	PRS23	0.134
	RS24	Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres, el total de la población tiene conocimiento del tema.	PRS24	0.068
	RS25	Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres, existiendo el conocimiento y participación total de la población y autoridades.	PRS25	0.035

5.2.3 Dimensión Económica

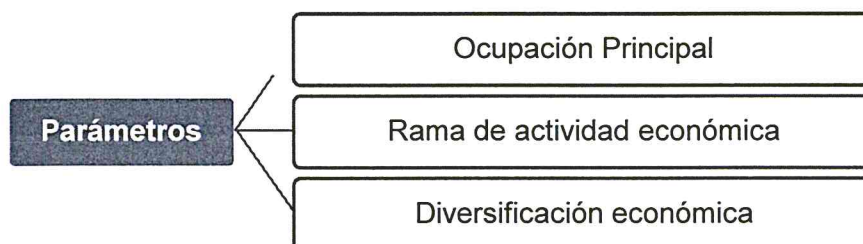
5.2.3.1 Exposición económica

Está relacionada a la localización de la actividad laboral dentro del área de influencia.

5.2.3.2 Fragilidad económica

Está referida a las condiciones de desventaja que tiene el ser humano sobre sus ingresos económicos frente al impacto de un peligro (Cuadros 31 y 32).

Se analiza la fragilidad económica mediante las variables y/o parámetros, los pesos ponderados deben ser analizados utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.



Cuadro 31. Ocupación principal

PARÁMETRO		EMPLEO	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	Obrero	PFS1	0.503
	FS2	Trabajador familiar no remunerado	PFS2	0.260
	FS3	Empleado	PFS3	0.134
	FS4	Trabajador Independiente	PFS4	0.068
	FS5	Empleador	PFS5	0.035

Cuadro 32. Diversificación de la actividad económica

PARÁMETRO		POR NÚMERO DE SECTORES	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	Más del 80% en un sector	PFS1	0.503
	FS2	Del 79 al 70 % en un sector	PFS2	0.260
	FS3	En 2 sectores	PFS3	0.134
	FS4	Más de 3 sectores	PFS4	0.068
	FS5	Más de 4 sectores	PFS5	0.035

5.2.3.3 Resiliencia económica

Está referida a la capacidad de recursos económicos que tienen las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse del impacto de un peligro (Cuadro 33).

Se analiza la resiliencia económica mediante las variables y/o parámetros, los pesos ponderados deben ser analizados utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.



Cuadro 33. Empresas con pocos empleados

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE EMPRESAS CON POCOS EMPLEADOS	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	>80%	PFS1	0.503
	FS2	De 50 a 80%	PFS2	0.260
	FS3	De 79 a 60%	PFS3	0.134
	FS4	De 59 a 49%	PFS4	0.068
	FS5	<49 %	PFS5	0.035

*Las empresas con menos de 20 empleados, son particularmente vulnerables a los impactos y pérdidas, porque tienen relativamente bajos niveles de preparación en caso de desastres.

5.2.4 Dimensión Ambiental

5.2.4.1 Exposición ambiental

Está relacionada a la localización de los ecosistemas dentro del área de influencia.

5.2.4.2 Fragilidad Ambiental

Está referida a las condiciones de deterioro o debilidad que tienen los elementos de un ecosistema, frente al impacto de un peligro (Cuadros 34 y 35).

Cuadro 34. Tierra degradada

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE TIERRA DEGRADADA (TD)	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	td >15 %	PFS1	0.503
	FS2	10% < td ≤15 %	PFS2	0.260
	FS3	8% < td ≤10 %	PFS3	0.134
	FS4	6% < td ≤8 %	PFS4	0.068
	FS5	td ≤6 %	PFS5	0.035

En este caso el término tierra degradada hace referencia al territorio total que está degradado, erosionado y desertificado. Asimismo, es un indicador emergente de una falta de políticas ambientales que reflejan áreas de vulnerabilidad ambiental.





Cuadro 35. Tierra agrícola sobre utilizada

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE TIERRA SOBRE UTILIZADA	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	tsu >15 %	PFS1	0.503
	FS2	10% < tsu ≤15 %	PFS2	0.260
	FS3	8% < tsu ≤10 %	PFS3	0.134
	FS4	6% < tsu ≤8 %	PFS4	0.068
	FS5	tsu ≤6 %	PFS5	0.035

La tierra agrícola está siendo sobre utilizada; las prácticas de cultivos no apropiados, tales como el uso de corte y quemas agrícolas, periodos muy cortos sin cultivos o el cultivo de cosechas no adecuado, pueden provocar una degradación irreversible del suelo.

5.2.4.3 Resiliencia Ambiental

Está referida a la capacidad que tienen los ecosistemas para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse frente al impacto de un peligro.

5.3 ESTRATIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

En esta parte de la evaluación, se establecen los niveles de importancia para cada parámetro y descriptor, mediante el proceso del análisis jerárquico, para establecer los niveles de vulnerabilidad (bajo, medio, alto y muy alto). Asimismo, se elabora la matriz de niveles de vulnerabilidad con sus respectivas descripciones y rangos establecidos, tal como se muestra en el ejemplo del Cuadro 36.

En el Cuadro 36, el texto de la descripción corresponde a cada uno de los descriptores analizados en la vulnerabilidad, de la misma manera los valores del rango son el resultado del análisis que realizó el evaluador en la ponderación de la vulnerabilidad.



Cuadro 36. Estratificación de la vulnerabilidad

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
VULNERABILIDAD MUY ALTA	<p>Grupo etario: de 0 a 3 años y mayor a 65 años. Servicios educativos expuestos: mayor a 75% del servicio educativo. Servicios de salud terciarios expuestos: mayor a 60% del servicio de salud.</p> <p>Material de construcción: estera/cartón. Estado de conservación de la edificación: Muy malo. Topografía del terreno: $50\% \leq P \leq 80\%$. Configuración de elevación de la edificación: 5 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: mayor a 80%. Localización de la edificación: Muy cerca 0 a 0.20km.</p> <p>Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: mayor a 75%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: mayor a 75%. Servicio de empresas de transporte expuesto: mayor a 75%.</p> <p>Área agrícola: mayor a 75%. Servicios de telecomunicación: mayor a 75%. Antigüedad de construcción: de 40 a 50 años.</p> <p>Población económicamente activa desocupada: escaso acceso y no permanencia en un puesto de trabajo. Organización y capacitación institucional: presentan poca efectividad en su gestión, desprestigio y poca aprobación popular. Deforestación: áreas sin vegetación, terrenos eriazos. Flora y fauna: 76 a 100% expuesta. Pérdida de suelo: erosión provocada por lluvias. Perdida de agua: demanda agrícola y pérdida por contaminación.</p>	$0.260 \leq R \leq 0.503$
VULNERABILIDAD ALTA	<p>Grupo etario: de 4 a 12 años y de 60 a 64 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 75% y mayor a 50% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 60% y mayor a 35% del servicio de salud expuesto.</p> <p>Material de construcción: madera. Estado de conservación de la edificación: Malo. Topografía del terreno: $30\% \leq P \leq 50\%$. Configuración de elevación de la edificación: 4.pisos. Actitud frente al riesgo: la mayoría de la población escasamente provisoria. Localización de la edificación: cercana 0.20 a 1km.</p> <p>Servicios de agua y desagüe: menor o igual 75% y mayor a 50% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor o igual a 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de transporte expuesto: menor o igual 75% y mayor a 50%. Servicios de telecomunicación: menor o igual 75% y mayor a 50%.</p> <p>Área agrícola: menor o igual 75% y mayor a 50%.</p>	$0.134 \leq R < 0.260$
VULNERABILIDAD MEDIA	<p>Grupo etario: de 13 a 15 años y de 50 a 59 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 50% y mayor a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 35% y mayor a 20% del servicio de salud expuesto.</p> <p>Material de construcción: quincha (caña con barro). Estado de conservación de la edificación: Regular. Topografía del terreno: $20\% \leq P \leq 30\%$. Actitud frente al riesgo: la mayoría de la población es parcialmente provisoria, asumen el riesgo sin implementar medidas para prevenir. Localización de la edificación: medianamente cerca 1 a 3km.</p> <p>Servicios de agua y desagüe: menor o igual 50% y mayor a 25% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor o igual a 50% y mayor a 25% . Servicio de empresas de transporte expuesto: menor o igual a 50% y mayor a 25% Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual a 50% y mayor a 25%.</p>	$0.068 \leq R < 0.134$
VULNERABILIDAD BAJA	<p>Grupo etario: de 16 a 29 años y de 30 a 49 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 20% del servicio de salud expuesto.</p> <p>Material de construcción: ladrillo o bloque de cemento. Estado de conservación de la edificación: Bueno a muy bueno. Topografía del terreno: $P \leq 10\%$. Configuración de elevación de la edificación: menos de 2 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: menor a 40%.</p> <p>Actitud frente al riesgo: parcial y/o provisoria de la mayoría o totalidad de la población, implementando medidas para prevenir el riesgo. Localización de la edificación: alejada a muy alejada mayor a 3km.</p>	$0.035 \leq R < 0.068$




5.4 MAPA DE VULNERABILIDAD

5.4.1 Flujograma general para obtener el mapa de vulnerabilidad

En la Figura 19 se muestra el procedimiento para la generación del mapa de niveles de vulnerabilidad, el cual muestra sus componentes (fragilidad y resiliencia).

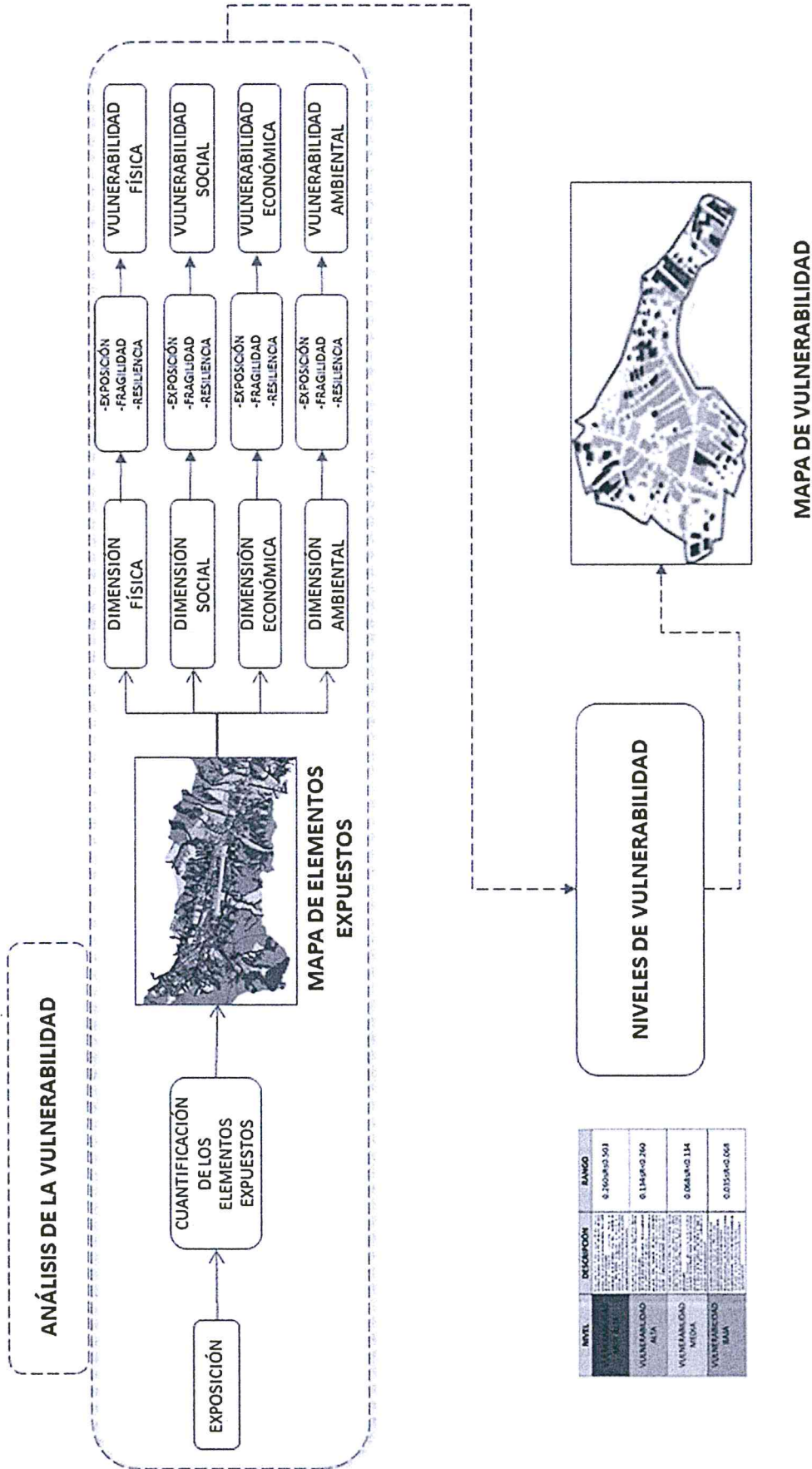
Fases:

- a) Análisis de elementos expuestos en zonas susceptibles.
- b) Análisis de exposición (física, social, económica y ambiental).
- c) Análisis de elementos expuestos susceptibles y desestimados.
- d) Análisis de fragilidad y resiliencia.
- e) Análisis de vulnerabilidad (física, social, económica y ambiental).
- f) Elaboración del mapa de niveles de vulnerabilidad.

5.4.2 Elaboración del mapa de vulnerabilidad

Los resultados obtenidos servirán de insumo para elaborar el mapa de vulnerabilidad, para ello se debe integrar la información en un sistema de información geográfica. Es necesario que en el mapa se considere los siguientes elementos: coordenadas (UTM y geográficas), norte, leyenda (simbología de ser el caso), membrete, escala numérica, escala gráfica, mapa de ubicación (departamento, provincia, distrito, centros poblados expuestos) y matriz de niveles de vulnerabilidad (Mapa 4).



NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
VULNERABILIDAD ALTA	...	0.200000-0.501
VULNERABILIDAD MEDIA	...	0.113000-0.200
VULNERABILIDAD BAJA	...	0.000000-0.114
VULNERABILIDAD MUY BAJA	...	0.000000-0.000

Figura 19. Flujoograma general para la generación del mapa de niveles de vulnerabilidad



Mapa 4. Mapa de vulnerabilidad del centro poblado Limacpata – Región Cusco. La escala de colores muestra el nivel de vulnerabilidad de los elementos expuestos evaluados

Subdirección de Normas y Lineamientos
 GENEPRD/DGP
 2018

Asesoría de
 GENEPRD/DGP

6. CÁLCULO DEL RIESGO

Una vez identificados y analizados los peligros a los que está expuesto el ámbito geográfico de estudio mediante la evaluación de la intensidad, la magnitud, la frecuencia o periodo de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad ante los fenómenos de origen natural, y realizado el respectivo análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por la exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar, se procede a la conjunción de éstos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio.

Siendo el riesgo el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Los cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada. (Carreño et. al., 2005).

El expresar los conceptos de peligro (amenaza), vulnerabilidad y riesgo, ampliamente aceptada en el campo técnico científico Cardona (1985), Fournier d'Albe (1985), Milutinovic y Petrovsky (1985) y Coburn y Spence (2002), está fundamentada en la ecuación adaptada a la Ley N°29664 Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la cual se expresa que el riesgo es una función $f()$ del peligro y la vulnerabilidad.

$$R_{ie}|_t = f(P_i, V_e)|_t$$

Dónde:

R= Riesgo.

f = En función

P_i =Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t

V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto.

Para el análisis de peligros se identifican y caracterizan los fenómenos de origen natural mediante el análisis de la intensidad, magnitud, frecuencia o periodo de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad. Asimismo, deberán analizar los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por tres componentes: exposición, fragilidad y resiliencia; la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar.

A fin de estratificar el nivel del riesgo se hará uso de una matriz de doble entrada (matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad); para tal efecto, se requiere determinar previamente los niveles de intensidad y posibilidad de ocurrencia del peligro; y, el análisis de vulnerabilidad. Se representaría como el valor (X, Y) en un plano cartesiano (Figura 20), donde en el eje Y están los niveles del peligro y en el eje X están las vulnerabilidades.

Con los valores obtenidos del grado de peligro y el nivel de vulnerabilidad total en la respectiva matriz, se interrelaciona en la vertical el grado de peligro, en la horizontal el grado de vulnerabilidad total. En la intersección de ambos valores,



(Handwritten mark)

(Handwritten signature)

sobre el cuadro de referencia, se podrá estimar el nivel de riesgo del área en estudio.

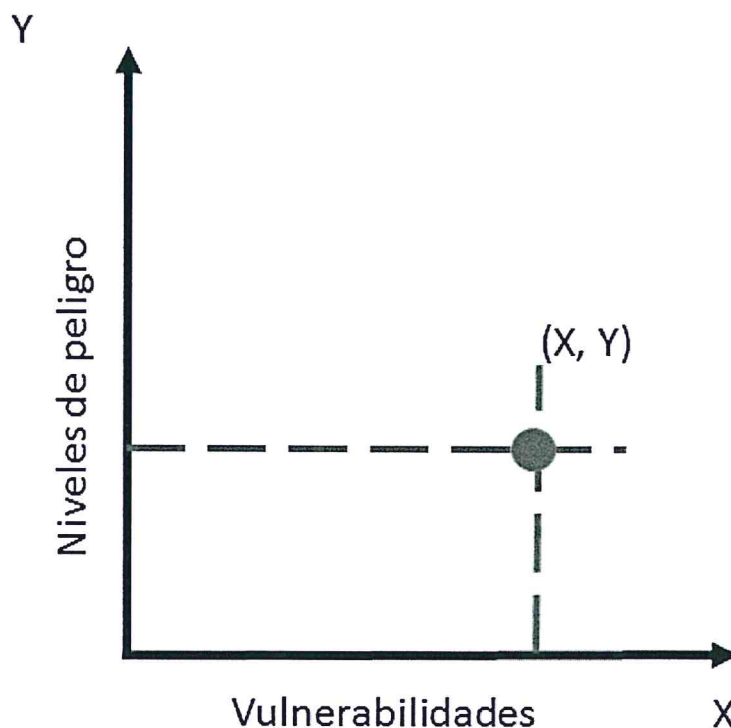


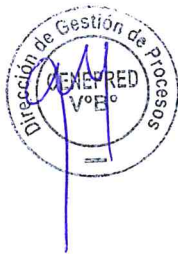
Figura 20. Plano cartesiano

6.1 ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO

El conocimiento de las zonas con diferentes niveles de riesgo (nivel de peligro y vulnerabilidad), es utilizado en los procesos de ordenamiento y planificación territorial por lo que, debe representar el uso que se puede dar y los daños potenciales que podría ocasionar dicho uso. Se debe indicar que la descripción y rangos que se muestran a continuación son referenciales pues, se desarrollan en función de la información obtenida, características sociales, económicas, ambientales y sobre todo del criterio del equipo técnico multidisciplinario (Cuadro 37).

Cuadro 37. Estratificación del riesgo

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
RIESGO MUY ALTO	<p>Grupo Etario: De 0 a 5 años y mayor a 65 años (hombres y mujeres). Escaso acceso y no permanencia a un puesto de trabajo. Organización poblacional nula. Ingreso familiar promedio mensual menor a 149 soles.</p> <p>Población en extrema pobreza. Muy alto porcentaje de deserción escolar. No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre Gestión del Riesgo de Desastres.</p> <p>Edificaciones en muy mal estado. Estructura de quincha, caña y otros de menor resistencia, en estado precario. Edificaciones con más de 31 años. Viviendas sin abastecimiento de agua ni desagüe. Sistema de producción basado en actividad primaria extractiva sin tecnificación.</p> <p>Ambiental: terrenos sin vegetación. Erosión provocada por lluvias con pendientes pronunciadas. Demanda agrícola y pérdida por contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Geología del suelo: zona muy fracturada, falla, etc. Localización de centros poblados muy cercana de 0 a 0.20km.</p> <p>Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos, intensidad XI y XII. Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados; zonas con intensa erosión (cárcavas).</p>	$0.068 \leq R \leq 0.253$
RIESGO ALTO	<p>Grupo Etario: De 5 a 12 años y de 60 a 65 años (hombres y mujeres). Bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo. Organización poblacional efímera. Ingreso familiar promedio mensual mayor a 149 y menor a 264 soles. Población en condición de pobreza. Alto porcentaje de deserción educativa.</p> <p>Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres. Edificaciones en mal estado. Estructuras de madera, sin refuerzos estructurales. Edificaciones de 21 a 30 años. Viviendas con abastecimiento solo de desagüe. Sistema de producción bajo con muy pocas posibilidades de insertarse a un mercado competitivo.</p> <p>Ambiental: áreas de cultivo. Deforestación agravada, uso indiscriminado de suelos. Prácticas de consumo poblacional, uso indiscriminado del riego. Geología del suelo: zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante. Localización de centros poblados cercana de 0.20 a 1km. Actitud escasamente previsora de la mayoría de la población.</p> <p>Tipo de suelo arena Eólica y/o limo (con y sin agua). Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor, intensidad IX y X. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.</p>	$0.018 \leq R < 0.068$
RIESGO MEDIO	<p>Grupo Etario: De 12 a 15 años y de 50 a 60 años (hombres y mujeres). Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Organización social limitada. Ingreso familiar promedio mensual entre 264 y 1200 soles. Población de clase media baja. Mediano porcentaje de deserción educativa.</p> <p>Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres. Edificaciones en regular estado. Estructura de adobe y piedra, sin refuerzos estructurales. Edificaciones de 16 a 20 años. Vivienda con solo abastecimiento de agua. Sistema de producción con algunos puntos que presentan competitividad.</p> <p>Ambiental: tierras dedicadas al cultivo de pastos. Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua. Consumo industrial y minero, pérdidas de evaporación y otros. Geología del suelo: zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante. Localización de centros poblados medianamente cercana de 1 a 3km.</p> <p>Actitud parcialmente provisoria de la mayoría de la población. Existe un interés tenue en el desarrollo planificado del territorio.</p> <p>Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.</p>	$0.005 \leq R < 0.018$



RIESGO BAJO	<p>Grupo Etario: De 15 a 50 años (hombres y mujeres). Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Organización social activa. Ingreso familiar promedio mensual mayor a 1200 soles. Población económicamente sostenible. Escaso porcentaje de deserción educativa.</p> <p>Difusión masiva y frecuente en medios de comunicación en temas de Gestión del Riesgo de Desastres. Edificaciones en buen estado. Estructura de concreto armado y acero, con adecuadas técnicas de construcción. Edificaciones menores a 15 años. Viviendas con abastecimiento de agua y desagüe. Sistema de producción del área en estudio presenta importante inserción a la competitividad. Ambiental: áreas de bosques.</p> <p>Factor cultivo y contenido en sales ocasiona pérdidas por desertificación. Geología del suelo: zona sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas. Localización de centros poblados muy alejada mayor a 5km. Actitud previsora de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo. El desarrollo planificado del territorio, es un eje estratégico de desarrollo.</p> <p>Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Sismo: menor a 4.4: Sentido por mucha gente, intensidad menor a V. Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.</p>	$0.001 \leq R < 0.005$
--------------------	---	------------------------

6.2 MATRIZ DE RIESGO

Este cuadro de doble entrada nos permite determinar el nivel del riesgo, sobre la base del conocimiento del peligro y de las vulnerabilidades (Cuadro 38). Además, se han establecido rangos para cada uno de los niveles de riesgo como se muestra en el Cuadro 39. Los valores son referenciales, estos deben ser calculados mediante la ponderación de Saaty.

Cuadro 38. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo

PMA	0.503	0.034	0.067	0.131	0.253
PA	0.260	0.018	0.035	0.068	0.131
PM	0.134	0.009	0.018	0.035	0.067
PB	0.068	0.005	0.009	0.018	0.034
		0.068	0.134	0.260	0.503
		VB	VM	VA	VMA

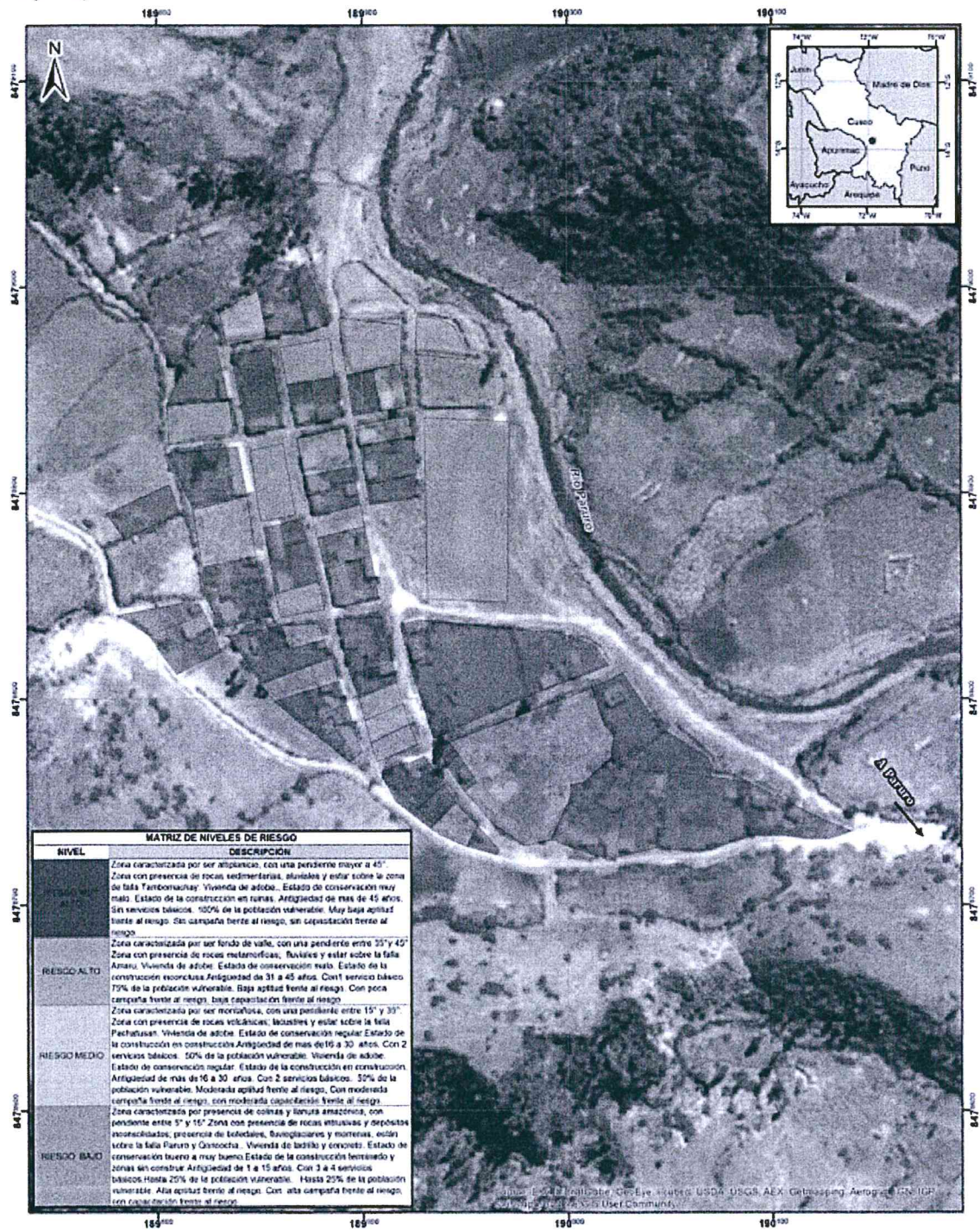
Cuadro 39. Niveles de riesgo

RIESGO MUY ALTO	0.068	$\leq R \leq$	0.253
RIESGO ALTO	0.018	$\leq R <$	0.068
RIESGO MEDIO	0.005	$\leq R <$	0.018
RIESGO BAJO	0.001	$\leq R <$	0.005



6.3 MAPA DE RIESGO

La elaboración del mapa de riesgos por sismos se desarrollará en función de los resultados obtenidos y utilizando para ello un sistema de información geográfica (Mapa 5).



Mapa 5. Mapa de riesgos ante sismos, centro poblado Limacppata, región Cusco. La escala de colores muestra el nivel del riesgo en este centro poblado

Subdirección de Normas y Lineamientos en GADP
 CENEPRED / DGP
 Dirección de Gestión de Procesos
 CENEPRED
 VºBº

7 CÁLCULO DE LOS EFECTOS PROBABLES

El cálculo de los efectos probables, se refiere a la identificación y estimación monetaria de daños, pérdidas y costos adicionales que podrían originarse a consecuencia del impacto del peligro en las zonas de riesgo medio, riesgo alto y riesgo muy alto.

Los efectos probables permiten identificar y estimar daños probables sobre los acervos de capital frente al impacto de un peligro; las pérdidas probables sobre los flujos de producción de bienes y servicios que se dejarían de percibir frente al impacto de un peligro natural y los costos adicionales probables para la adquisición de bienes y servicios frente al impacto de un peligro natural.

Los efectos probables, se clasifican en:

- **Daño probable:** Es la probable destrucción total o parcial que sufrirían los activos físicos, edificaciones, equipamiento, maquinaria y existencias (tanto de bienes finales como de bienes en proceso, materias primas, materiales y repuestos), así como los medios de transporte y almacenaje, perjuicios en las tierras de cultivo, obras de riego, embalses, instalaciones férreas, etc.
- **Pérdida probable:** Se refiere a los bienes y servicios que se dejarían de producir o de prestar a consecuencia del impacto del peligro que se inicia después del impacto del evento y puede prolongarse hasta su recuperación final.
- **Costo adicional probable:** Son los gastos que se requerirían para la producción de bienes y prestación de servicios, a consecuencia del impacto de peligro.

7.1 ESTIMACIÓN DE EFECTOS PROBABLES

Para estimar el cálculo de los efectos probables se debe identificar los sectores y subsectores a evaluar (Cuadro 40).

Cuadro 40. Estimación Sectorial

Sector Social	Marcar (x)	Sector Económico	Marcar (x)	Sector Ambiental	Marcar (x)
Población		Agropecuario		Medio Ambiente	
Educación		Pesca y acuicultura			
Salud		Minería		Enfoque de género	
Vivienda		Hidrocarburo y Gas			
Cultura		Silvicultura			
Asistencia y Previsión Social		Industria			
Defensa y Seguridad Nacional		Construcción			
		Transporte y Comunicaciones			
		Electricidad			
		Agua y Saneamiento			
		Finanzas y Seguros			
		Empresas de Servicios			
		Administración Pública			
		Comercio			
		Turismo			

Fuente: Elaboración propia



Posteriormente, se aplicará el siguiente procedimiento:

a) Recopilar información de fuentes primarias y secundarias

Para iniciar el proceso de estimación se debe recopilar información documental de las instituciones involucradas en la evaluación.

- Número y características de los activos físicos existentes en la zona de riesgo, según su tipología.
- Inventario de mobiliario y equipamiento de las instituciones, según sectores.
- Información base sobre el comportamiento de la producción y de las ventas.
- Proyección más reciente de la economía desagregada por sectores.
- Una tipología de los activos físicos existentes.
- Precios unitarios por metro cuadrado de construcción de activos fijos.
- Un calendario preliminar de recuperación de activos físicos.

b) Estimación de los efectos probables

Para calcular los efectos probables daños, pérdidas y costos adicionales de cada sector (Cuadro 41), se debe expresar:

- El valor del daño probable, en términos del valor de reposición que prevalece en la zona de riesgo.
- El valor de las pérdidas probables, en términos de los ingresos que se dejarían de percibir, debido a la cancelación temporal o total de las actividades productivas.
- El valor de los costos adicionales, en los gastos que necesitaría para la continuidad de las actividades.

c) Valor total de los efectos probables del sector

Posteriormente, se debe elaborar un cuadro resumen donde se determina la estimación de los efectos probables del sector correspondiente.

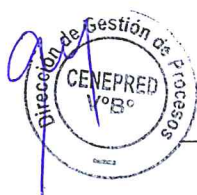
Cuadro 41. Estimación de los efectos probables para cada sector evaluado

Efectos probables	Total	Daños	Pérdidas	Costos adicionales
1. Daño probable				
2. Pérdida probable				
3. Costos adicionales probables				
Total (1 + 2 + 3)				

Fuente: Elaboración propia



[Handwritten mark]



Finalmente, se elabora un cuadro resumen de los efectos probables que podrían generarse por el impacto del peligro, en el área de influencia, tal como se muestra en el ejemplo del Cuadro 42.

Cuadro 42. Efectos probables a consecuencia del impacto del peligro

Efectos probables	Total	Daños probables	Perdidas probables
Daños probables			
9403 Viviendas construidas con material de concreto	376,120,000	376,120,000	
4030 Viviendas construidas con material precario	60,450,000	60,450,000	
78 Instituciones Educativas	11,700,000	11,700,000	
02 Centros de Salud	240,000	240,000	
02 Postas de Salud	120,000	120,000	
01 Hospital	180,000	180,000	
Perdidas probables			
1,539,180 horas perdidas de clases lectivas			
Costos de adquisicion de carpas	1,000,000		1,000,000
Costos de adquisicion de modulos de viviendas	16,000,000		16,000,000
Gastos de atencion de emergencia	6,000,000		6,000,000
Total	471,810,000	448,810,000	23,000,000



8 CONTROL DEL RIESGO

8.1 ACEPTABILIDAD O TOLERABILIDAD

El riesgo no puede eliminarse totalmente, su valor por pequeño que sea, nunca será nulo; por lo tanto siempre existe un límite hasta el cual se considera que el riesgo es controlable y a partir del cual no se justifica aplicar medidas preventivas.

A todo valor que supere dicho límite se le cataloga como un riesgo incontrolable, y su diferencia con el mismo se le considera como un riesgo admisible o aceptable. Por ejemplo, las obras de ingeniería que se realizan para impedir o controlar ciertos fenómenos, siempre han sido diseñadas para soportar como máximo un evento cuya probabilidad de ocurrencia se considera lo suficientemente baja, con el fin de que la obra pueda ser efectiva en la gran mayoría de los casos, es decir para los eventos más frecuentes. Esto significa que pueden presentarse eventos poco probables que no podrían ser controlados y para los cuales resultaría injustificado realizar inversiones mayores (Cardona, 1993).

Los niveles que describen las consecuencias del impacto, la frecuencia de ocurrencia de un fenómeno natural, las medidas cualitativas de consecuencia y daño, la aceptabilidad y tolerancia del riesgo y las correspondientes matrices, ayudaran al control de riesgos (Cuadros 43 a 48).

Cuadro 43. Niveles de consecuencias

VALOR	NIVELES	DESCRIPCION
4	MUY ALTA	Las consecuencias debido al impacto de un fenomeno natural son catastróficas.
3	ALTA	Las consecuencias debido al impacto de un fenomeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo
2	MEDIA	Las consecuencias debido al impacto de un fenomeno natural son gestionadas con los recursos disponibles
1	BAJO	Las consecuencias debido al impacto de un fenomeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad.

Cuadro 44. Niveles de frecuencia de ocurrencia

NIVEL	PROBABILIDAD	DESCRIPCION
4	MUY ALTA	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias
3	ALTA	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos segun las circunstancias
2	MEDIA	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos segun las circunstancias
1	BAJO	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Cuadro 45. Matriz de consecuencias y daños

CONSECUENCIAS	NIVEL	ZONA DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS			
MUY ALTA	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
ALTA	3	Medio	Alta	Alta	Muy Alta
MEDIA	2	Medio	Medio	Alta	Alta
BAJO	1	Bajo	Medio	Medio	Alta
	NIVEL	1	2	3	4
	FRECUENCIA	BAJO	MEDIA	ALTA	MUY ALTA

Cuadro 46. Medidas cualitativas de consecuencias y daño

NIVEL	DESCRIPTOR	DESCRIPCION
4	MUY ALTA	Muerte de personas, enorme pérdida de bienes y financieros
3	ALTA	Lesiones grandes en las personas, pérdida de la capacidad de producción, pérdida de bienes y financieras importantes
2	MEDIA	Requiere tratamiento médico en las personas, pérdidas de bienes y financieras altas.
1	BAJO	Tratamiento de primeros auxilios a las personas, pérdidas de bienes y financieras altas.

Cuadro 47. Aceptabilidad y/o Tolerancia del riesgo

NIVEL	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN
4	INADMISIBLE	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y realizar la transferencia de riesgos
3	INACEPTABLE	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	TOLERABLE	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgo
1	ACEPTABLE	El riesgo no representa un peligro significativo



Cuadro 48. Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo

RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INADMISIBLE	RIESGO INADMISIBLE
RIESGO TOLERABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INADMISIBLE
RIESGO TOLERABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INACEPTABLE
RIESGO ACEPTABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO INACEPTABLE

Para realizar la evaluación de la consecuencia y daño se debe tener en cuenta la posición del mismo en la matriz de medidas cualitativas de consecuencia y daño, para esto se aplican los siguientes criterios (Cuadro 49):

- ✓ Si las consecuencias se ubican en la zona de daño bajo, significa que su frecuencia es baja, en este caso los posibles daños que puedan ocurrir están considerados dentro del nivel **Aceptable**. Este resultado permite al Gobierno Regional, Gobierno Local o Institución, asumir el riesgo ya que se encuentra en un nivel que puede aceptarlo sin necesidad de tomar otras medidas de control diferentes a las que ya poseen.
- ✓ Si el daño se ubica en la zona muy alta, además tanto la consecuencia y su frecuencia son muy altas, entonces los posibles daños que puedan ocurrir están considerados dentro del nivel **Inadmisible**. En este caso es aconsejable reducir la actividad que genera el riesgo en la medida que sea posible, de lo contrario se debe implementar controles de prevención para evitar la probabilidad del riesgo y de protección para disminuir el impacto o compartir o transferir el riesgo si es posible a través de pólizas de seguros u otras opciones que estén disponibles.
- ✓ Si el daño se sitúa en cualquiera de las otras zonas (medio o alto) se deben tomar medidas para que los daños disminuyan y se ubiquen en la zona de menor nivel posible.

Las medidas a ejecutar dependen de la celda en la cual se ubica el daño, por ejemplo daños de frecuencia baja y consecuencia alta se previenen. Cuando se presentan daños con frecuencia media y consecuencia alta, se debe reducir o compartir el daño; en ambos casos estamos ante un nivel **Tolerable**.

- ✓ Cuando se presenta una consecuencia alta o media y la frecuencia es también media o alta, estamos ante un nivel **Inaceptable**. En este caso, es viable combinar medidas de prevención y reducción con la finalidad de evitar el daño.
- ✓ Cuando la probabilidad del daño sea media y su frecuencia baja, se debe realizar un análisis del costo - beneficio o costo - efectividad con el que se podrá decidir entre reducir el riesgo, asumirlo o compartirlo.




- ✓ Cuando el daño tenga una consecuencia baja y frecuencia muy alta se debe tratar de compartir el riesgo y evitar la emergencia en caso que éste se presente. Siempre que el riesgo sea calificado con impacto frecuente el Gobierno Regional, Gobierno Local o Institución debe diseñar planes de operaciones o contingencia, para protegerse en caso de que ocurra.

Así pues, desarrollada la primera etapa de identificación se procede a estimar la frecuencia de ocurrencia del riesgo inherente y los daños, frente a cada uno de los eventos o escenarios de riesgo, lo mismo que el impacto en caso se materialice mediante los riesgos asociados.

Dicha etapa de medición, tiene como objetivo conceptuar sobre la racionalidad del riesgo o riesgos identificados, para proceder a ordenarlos con el criterio de mayor a menor puntaje, con lo cual se dispondrá de una base para decidir sobre la prioridad de tratamiento. Posteriormente, se hará un compendio con los riesgos identificados en la zona de estudio, el cual constituirá el soporte y priorización de las actividades, acciones y proyectos de inversión para el Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres.

Cuadro 49. Nivel de priorización

VALOR	DESCRIPTOR	NIVEL DE PRIORIZACION
4	INADMISIBLE	I
3	INACEPTABLE	II
2	TOLERABLE	III
1	ACEPTABLE	IV

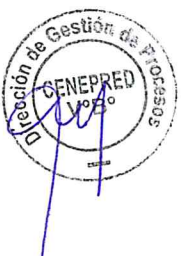
8.2 MEDIDAS DE CONTROL

El equipo multidisciplinario, se reúne con los actores involucrados para presentar la propuesta del Informe de evaluación del riesgo por Peligro Inminente, a efectos de recoger las apreciaciones, posibles compromisos y sugerencias que podrían ser considerados en el informe.

Asimismo, en coordinación conjunta con los involucrados, definen las acciones inmediatas y necesarias orientadas a reducir los efectos dañinos del potencial impacto del peligro inminente.

Las recomendaciones, están dirigidas a proporcionar sugerencias para mejorar las condiciones de habitabilidad, y reducir los niveles de vulnerabilidad de la zona de riesgo, estas recomendaciones deben ser claras, concisas y deben precisar las instituciones u organizaciones encargadas del cumplimiento de dicha acción adicionalmente a su plazo de ejecución.

El equipo técnico y/o especialista debe tomar en cuenta el análisis del peligro y vulnerabilidad, al momento de identificar las recomendaciones orientadas a la reducción del riesgo, que pueden ser de carácter estructural (reducción del riesgo) o no estructural (resiliencia).



- i. Las medidas estructurales son las obras de ingeniería para la reducción de los niveles de riesgo a los que una población está expuesta y deben incluir aspectos como metrado, volúmenes, cortes y costos estimados; asimismo, se debe señalar o indicar un cronograma de trabajo. Ejemplos incluyen estructuras de retención o contención, estructuras de protección, sistemas de drenaje y de canalización, entre otros.
- ii. Las medidas no estructurales pueden ser activas o pasivas.
 - Activas son aquellas que involucran a las personas directamente, por ejemplo en lo que se refiere a organizar la respuesta ante emergencias, fortalecer capacidades institucionales, campañas de difusión o la promoción de participación de la comunidad.
 - Pasivas son aquellas que se refieren a la legislación y la planificación, por ejemplo normas de construcción, reglamentos de uso de suelo a la promoción de seguros. De manera puntual y clara se deben señalar las acciones a realizar tendientes a reforzar la resiliencia de la población, autoridades a sociedad, para lo cual se debe señalar o dirigir quienes serían los responsables a ejecutar estas acciones.



9 ELABORACIÓN DEL INFORME

Dadas las características de la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales es necesario establecer los parámetros mínimos y necesarios para la elaboración de un informe de carácter técnico, que represente un trabajo cabal sobre la labor realizada.

El equipo profesional debe realizar esta labor desde una concepción multidisciplinaria de manera que, los enfoques de los diversos profesionales enriquezcan el análisis y las conclusiones.

La priorización sobre la constitución del equipo multidisciplinario se realizará considerando fundamentalmente el tipo de peligro, las características de las vulnerabilidades y además la ubicación geográfica en la que se realiza dicho informe. Cumplir con estas condiciones mínimas asegura que la elaboración del informe técnico sea consistente y rigurosa.

9.1 FASES PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME

Siguiendo los procedimientos metodológicos, técnicos científicos, detallados en los respectivos capítulos de este manual, los profesionales responsables de realizar la Evaluación del Riesgo están en condiciones de elaborar el respectivo Informe, para tal efecto es necesario tener en cuenta las siguientes fases:

- ✓ Fase de Planeamiento y Organización
- ✓ Fase de Trabajo de Campo
- ✓ Fase de Gabinete

9.1.1 Fase de Planeamiento y Organización

Comprende:

- 1.- Programación de la evaluación de riesgos
- 2.- Equipo profesional.
- 3.- Información básica.
- 4.- Plazo y responsabilidad.

9.1.2 Fase de trabajo de campo

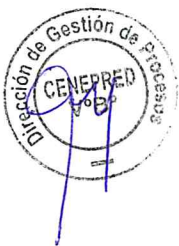
Comprende:

- 1.- Coordinación y reconocimiento.
- 2.- Identificación y caracterización de peligros.
- 3.- Análisis de las vulnerabilidades.
- 4.- Consolidado e informe preliminar.

9.1.3 Fase de gabinete

Comprende:

- 1.- Procesamiento y sistematización de la información de campo
- 2.- Redacción del informe final.



9.2 ESTRUCTURA DEL INFORME

A continuación se detallan las particularidades del informe.

INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGO POR PELIGROS NATURALES

INTRODUCCIÓN

1. ASPECTOS GENERALES

- 1.1 Objetivo
- 1.2 Justificación
- 1.3 Antecedentes
- 1.4 Marco Legal

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

- 2.1 Ubicación geográfica
- 2.2 Accesibilidad
- 2.3 Aspectos sociales y económicas
- 2.4 Características Climatológicas
- 2.5 Características Geológicas
- 2.6 Características Geomorfológicas (otros de ser el caso)

3. CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO

- 3.1 Identificación del peligro
- 3.2 Descripción del peligro
- 3.3 Análisis de la susceptibilidad
 - 3.3.1 Factores desencadenantes
 - 3.3.2 Factores condicionantes
- 3.4 Parámetros de evaluación
- 3.5 Estratificación del peligro
- 3.6 Mapa de peligro

4. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS

- 4.1 Delimitación de elementos expuestos
- 4.2 Cuantificación de los elementos expuestos
- 4.3 Mapa de elementos expuestos

5. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

- 5.1 Análisis de los factores de la vulnerabilidad
 - 5.1.1 Dimensión física
 - a) Exposición
 - b) Fragilidad
 - c) Resiliencia
 - 5.1.2 Dimensión Social
 - a) Exposición
 - b) Fragilidad
 - c) Resiliencia
 - 5.1.3 Dimensión económica
 - a) Exposición
 - b) Fragilidad
 - c) Resiliencia
 - 5.1.4 Dimensión ambiental
 - a) Exposición
 - b) Fragilidad
 - c) Resiliencia



[Handwritten signature]



- 5.2 Estratificación de la vulnerabilidad
- 5.3 Mapa de vulnerabilidad

6. CALCULO DE RIESGO

- 6.1 Estratificación de Riesgo
- 6.2 Matriz de Riesgo
- 6.3 Mapa de Riesgo

7. CÁLCULO DE LOS EFECTOS PROBABLES

- 7.1 Estimación de efectos probables

8. CONTROL DEL RIESGO

- 8.1 Aceptabilidad o Tolerabilidad
- 8.2 Medidas de control
 - 8.2.1 Medidas de prevención del riesgo
 - 8.2.1 Medidas de reducción del riesgo

9. CONCLUSIONES

10. RECOMENDACIONES

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

12. ANEXOS (Fotos, mapas, ensayos de laboratorio, entre otros)




CENEPRED

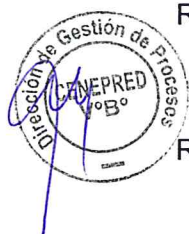
10 BIBLIOGRAFIA

- ADM-UNAL - Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. (2005). Gestión de Riesgos en Manizales. Último acceso 18 octubre 2016 http://idea.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/reduccion.php
- Aguarón, J. y Moreno-Jiménez, J. M., (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European Journal of Operational Research* 147 (1), pp 137–145.
- Bernal I. y Tavera H. (2002) Geodinámica, sismicidad y energía sísmica en Perú. Monografía CNDG-Sismología, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú, 70pp.
- Cardona O.D. (1985). Hazard, Vulnerability and Risk Assessment, unedited working paper, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology IZIS, Skopje, Yugoslavia.
- Cardona O.D. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. En La Red (ed.), Los desastres no son naturales (pp. 45-63). Último acceso 11 de enero de 2016 <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/>
- Carreño M.L., Cardona O.D. y Barbat A.H. (2005). Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos. Monografías de Ingeniería Sísmica, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería – CIMNE, Barcelona, España.
- CENEPRED-GRC (2015). Informe de evaluación de riesgos por fenómeno sísmico en centros poblados de Cusibamba Bajo, Misca y Limacpata. Distrito y provincia de Paruro, Región Cusco. Informe interno del Centro Nacional de Prevención, Estimación y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) y Gobierno Regional de Cusco (GRC), 101pp.
- Coburn, A. y Spence, R. (2002). Earthquake Protection, John Wiley & Sons (ed.), 403pp.
- Chacón, N. (1995). Geomorfología. En Geología del Perú, Ingemmet (Ed.), Bol. N°55, Serie A: Carta Geológica Nacional, pp. 7-14.
- Douglas, M. (1986). How Institutions think. New York: University of Syracuse. Syracuse University Press. 146 pp.
- Educando Naturaleza (2014). Tabla tiempo geológico (Gráfico). Recuperado de <https://educandonaturaleza.wordpress.com/2014/10/28/antropoceno-tras-la-huella-misteriosa/>
- ElComercio (2014). Casona del centro en riesgo de colapsar luego de sismo, (edición de 02 de abril de 2014). recuperado de <http://elcomercio.pe/peru/arequipa/casona-centro-riesgo-colapsar-luego-sismo-306500>
- Etayo Isabel (2010) . Orógenos arco insular (Gráfico). Recuperado de <http://docentes.educacion.navarra.es/metayosa/1bach/Tierra8.html>






- Fournier d'Albe, M. (1985). The quantification of seismic hazard for the purposes of risk assessment. In: International Conference on Reconstruction, Restoration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas, 5-9 November 1985. Skopje, Yugoslavia, pp. 77-84.
- Garfi, M., y Ferrer-Marti, L. (2011). Decision-making criteria and indicators for water and sanitation projects in developing countries. *Water Science and Technology*, 64(1), pp. 83-101.
- Gutenberg, B. y Richter, C. (1956). Earthquake magnitude, intensity and acceleration. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 46, pp. 105-107.
- IGP (2013). Red Sísmica Nacional. Recuperado de http://portal.igp.gob.pe/sites/default/files/images/documents/sismos/Red_Sismica_Nacional/estaciones_sismicas_2013.jpg
- Milutinovic, Z. y Petrovsky, J. (1985). Earthquake vulnerability and loss assessment for physical and urban planning. Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, IZSIS, University "Kiril and Metodij". Skopje, Yugoslavia, 26 pp.
- Moreno-Jiménez, J.M. (2002). "El Proceso Analítico Jerárquico. Fundamentos, metodología y aplicaciones". *RECTA Monográfico 1*, 21-53.
- Pellini Claudio (s/f). Modelos de la estructura de geosfera (Gráfico). Recuperado de <https://historyandbiografias.com/tierra/>
- Perú21 (2015). "Fenómeno El Niño: Tres millones de limeños corren peligro por habitar en zonas vulnerables" (edición de 20 de setiembre de 2015). Recuperado de <https://peru21.pe/lima/fenomeno-nino-tres-millones-limeños-corren-peligro-habitar-zonas-vulnerables-197171>
- Profesor en línea (2015). La teoría de las Placas Tectónicas. Teoría de Wegener (Gráfico). Recuperado de http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Placas_tectonicas_Teoria.htm.
- Rivera, R. (1996). Las cordilleras del Perú y el desarrollo de la vida. Último acceso 31 de octubre de 2016 http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/rbaw/n4_1996/a5.pdf
- RPP (2017). Colegio Ramón Espinoza será piloto de Tercer Simulacro de Sismo (edición 06 de julio 2017). Recuperado de <http://rpp.pe/peru/lambayeque/colegio-ramon-espinoza-sera-piloto-de-tercer-simulacro-de-sismo-noticia-1062519>
- Saaty T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill Book Co. (ed.), 287pp. New York: Academic Press.
- Saaty T. L. (1990). The Analytic Hierarchy Process in conflict management, *International Journal of Conflict Management* 1990 1: 1, 47-68.
- Saaty T. L. (2008). Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of



**CENEPRED**

Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process. Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat., Vol. 102 (2), 2008, pp. 251–318.

Silgado E. (1978). Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú entre 1513 y 1974. Instituto Geológico Minero del Perú, Lima-Perú, 328pp.

Sistema Nacional de Información Ambiental (2016). Mapa Sísmico del Perú. Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-sismico-peru>

Tavera H. y Bernal, I. (2005). Distribución espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmicas en el borde oeste del Perú. En Sociedad Geológica del Perú (Ed.), Volumen Jubilar N°6 Alberto Giesecke Mattos, pág. 89-102.

Tavera H. y Bufo E. (1998). Sismicidad y Sismotectónica de Perú, En Universidad Complutense (Ed.), Física de la Tierra N° 10, pág. 187-219.

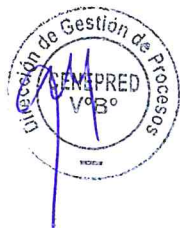
Toskano G. B. (2005). El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Facultad de Ciencias Matemáticas. UNMSM – Perú.

UNISDR (2009). Terminología sobre gestión del riesgo de desastres. Publicado por la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR), Ginebra, Suiza.

University Corporation for Atmospheric Research (2011). Cinturón de fuego del pacífico (Gráfico). Recuperado de http://www.goes-r.gov/users/comet/volcanic_ash/volcanism_es/navmenu.php_tab_1_page_3.0.0.htm

USGS (2010). 50 years of global seismology. Ultimo acceso 20 de octubre de 2016 <https://pubs.usgs.gov/fs/2011/3065/pdf/FS11-3065.pdf>

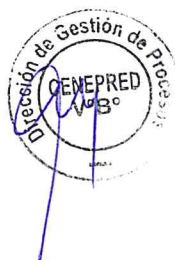
Zamudio, Y. (1998). Características sismotectónicas e de sismicidade na região da fronteira Peru-Chile, Dissertação de mestrado, Universidade de Sao Paulo, Brasil, 100pp.



11 ANEXOS

11.1 ANEXO N° 01: BASE LEGAL

- A1. Constitución Política del Perú. 29 de diciembre de 1993.
- A2. Acuerdo Nacional, Política 32°: Gestión del Riesgo de Desastres, marzo 2011.
- A3. Ley N° 29664, Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, 19 de febrero de 2011
- A4. Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, 27 de mayo de 2011.
- A5. Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, 18 de noviembre de 2002.
- A6. Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, 27 de mayo de 2003.
- A7. Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, 20 de diciembre del 2007
- A8. Ley N° 29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo No Mitigable, 20 de mayo de 2012
- A9. Decreto Supremo N°111-2012-PCM, Decreto Supremo que incorpora la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres como Política Nacional de obligatorio cumplimiento para las entidades del Gobierno Nacional, 01 de Noviembre de 2012.
- A10. Resolución Ministerial 334-2012-PCM. Lineamientos técnicos del proceso de estimación del riesgo de desastres, 28 de diciembre de 2012.
- A11. Resolución Ministerial N° 220-2013-PCM, Lineamientos Técnicos del Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres, 23 de agosto de 2013.
- A12. Resolución Ministerial N° 222-2012-PCM, Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres, 24 de agosto de 2013.
- A13. Decreto Supremo N° 126-2013-PCM, Decreto Supremo que modifica el Reglamento de la Ley N° 29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para las Zonas de Muy Alto Riesgo no Mitigable, 12 de diciembre de 2013.
- A14. Resolución Directoral N 005-2012-EF/63.01, Pautas metodológicas para la incorporación del análisis de riesgos en los proyectos de inversión pública. Ministerio de Economía y Finanzas, 06 de julio de 2012.
- A15. Anexos N°05, N°06 y N°07 de la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública (2004, pp. 76-88), Ministerio de Economía y Finanzas.
- A16. Resolución Jefatural N°112-2006-IGN/OAJ/DGC/J. Establecen como sistema de proyección cartográfico para la República del Perú el sistema "Universal Transverse Mercator" (UTM), 31 de mayo de 2006.





ANEXO N° 02: TERMINOLOGÍA BÁSICA

ACTORES LOCALES: Son todos aquellos agentes, en el campo político, económico social y cultural, portadores y fomentadores de las potencialidades locales. Los actores locales pasan a tener un rol principal en los procesos de desarrollo, tanto en sus roles particulares, como también en sus acciones de coordinación entre ellos.

ANÁLISIS DE RIESGOS: Procedimiento técnico que permite identificar y caracterizar los peligros, analizar las vulnerabilidades, calcular, controlar, manejar y comunicar los riesgos, para lograr un desarrollo sostenido mediante una adecuada toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres.

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD: Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se analiza los factores de exposición, fragilidad y la resiliencia en función al nivel de peligro determinada, se evalúa el nivel de vulnerabilidad y se elabora el mapa del nivel de vulnerabilidad de la unidad física, social o ambiental evaluada.

CÁLCULO DE RIESGOS: Etapa de la evaluación de riesgos en la que, se determina los niveles de riesgos; se estima (cualitativa y cuantitativamente) los daños o afectaciones; se elabora el mapa de zonificación del nivel de riesgos; y, se recomiendan medidas de control preventivo y de reducción de orden estructural y no estructural.

COMUNICACIÓN DE RIESGOS: Componente del procedimiento técnico del análisis de riesgos, mediante el cual se intercambia información y opiniones a lo largo de todo el procedimiento. Dicho intercambio de información es sobre los riesgos, los factores relacionados con los riesgos y las percepciones de los mismos; entre las personas encargadas de la evaluación de los riesgos, los responsables de la prevención o reducción del riesgo de desastres, la población, las autoridades, la comunidad académica y otras partes interesadas, explicando y comprendiendo los resultados de la evaluación de riesgos y de los criterios de las decisiones relacionadas con el manejo de los riesgos.

CONTROL DE RIESGOS: Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se evalúan las medidas de prevención y/o reducción del riesgo de desastres, se determina la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo y finalmente se dan las recomendaciones de las medidas de control más idóneas.

DESASTRE: Conjunto de daños y pérdidas en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y medio ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza, cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta regional y local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por la acción humana.

DESARROLLO SOSTENIBLE: Proceso de transformación natural, económico social, cultural e institucional, que tiene por objeto asegurar el mejoramiento de las condiciones de vida del ser humano, la producción de bienes y prestación de servicios, sin deteriorar el ambiente natural ni comprometer las bases de un desarrollo similar para las futuras generaciones.



[Handwritten signature]




GENEPRD

DETERMINACIÓN DE PELIGROS: Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se identifica y caracteriza los peligros, se evalúa la susceptibilidad de los peligros, se define los escenarios, se determina el nivel de peligro y se elabora el mapa del nivel de peligro.

DIRECTRICES DE EVALUACIÓN DE RIESGOS: Normas sobre la selección de las opciones y los dictámenes conexos para la aplicación del procedimiento técnico, a fin de que se mantenga la integridad científica del procedimiento.

ELEMENTOS EN RIESGO O EXPUESTOS: Es el contexto social, económico y ambiental presentado por las personas y por los recursos, servicios y ecosistemas que pueden ser afectados por un fenómeno.

EVALUACIÓN DE RIESGOS: Componente del procedimiento técnico del análisis de riesgos, el cual permite calcular y controlar los riesgos, previa identificación de los peligros y análisis de las vulnerabilidades, recomendando medidas de prevención y/o reducción del riesgo de desastres y valoración de riesgos.

FENÓMENO DE ORIGEN NATURAL: Es toda manifestación de la naturaleza que puede ser percibido por los sentidos o por instrumentos científicos de detección. Se refiere a cualquier evento natural como resultado de su funcionamiento interno.

FENÓMENOS INDUCIDOS POR LA ACCIÓN HUMANA: Es toda manifestación que se origina en el desarrollo cotidiano de las actividades, tareas productivas (pesquería, minería, agricultura, ganadería, etc.) o industriales (comerciales y/o de fabricación industrial, etc.) realizadas por el ser humano, en la que se encuentran presentes sustancias y/o residuos (biológicos, físicos y químicos) que al ser liberados pueden ser percibidos por los sentidos o por instrumentos científicos de detección.

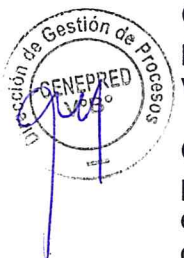
GRANIZO.- Se conoce como granizo a los granos o corpúsculos de hielo más o menos duros que caen de las nubes. El tamaño de estas partículas oscila, normalmente, entre unos milímetros y dos o más centímetros. El mecanismo de esta precipitación violenta de gránulos de hielo está relacionado con las tormentas en las que intervienen la convección como elemento esencial en su formación, y con los fenómenos eléctricos.

GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO: Es una deliberada y sistemática coordinación de la población, la tecnología, los procesos y la estructura de una organización, para añadir valor a través del uso e innovación del conocimiento.

GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.- Es un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible.

GESTIÓN CORRECTIVA.- Es el conjunto de acciones que se planifican y realizan con el objeto de corregir o mitigar el riesgo existente.

GESTIÓN PROSPECTIVA.- Es el conjunto de acciones que se planifican y realizan con el fin de evitar y prevenir la conformación del riesgo futuro que podría originarse con el desarrollo de nuevas inversiones y proyectos en el territorio.





CENEPRED

GESTIÓN REACTIVA.- Es el conjunto de acciones y medidas destinadas a enfrentar los desastres ya sea por un peligro inminente o por la materialización del riesgo.

INDICADOR: Expresión cuantitativa y/o cualitativa que permite observar, describir y evaluar los diferentes aspectos de una situación actual, formular situaciones deseadas o comparar una situación común con relación a una situación deseada, ayudando en la toma de decisiones.

INFORME PRELIMINAR DE RIESGOS: Es el documento elaborado por los órganos competentes del Gobierno Regional o Gobierno Local (Municipalidad Provincial o Distrital), el cual de manera preliminar y rápida permite determinar de manera cualitativa los niveles de riesgos en un área geográfica específica, y establece si hubiera lugar, la condición de Peligro Inminente y la emisión de medidas de prevención y reducción de riesgos de carácter estructural y no estructural de cumplimiento obligatorio e inmediato por parte de la autoridad local para prevenir o reducir los efectos de un desastre en salvaguarda de la vida humana.

Además, permite al órgano competente elaborar un Programa Anual de Evaluaciones de Riesgos en el ámbito de su jurisdicción, priorizando los recursos presupuestales y la ejecución de los mismos.

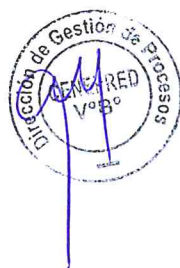
INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS: Documento que sustenta y consigna de manera fehaciente el resultado de la ejecución de una evaluación de riesgos, mediante el cual se determina, calcula y se controla el nivel de riesgos de las áreas geográficas expuesta a determinados fenómenos de origen natural o inducidos por la acción humana, en un período de tiempo.

INFRAESTRUCTURA: Es el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones, con su correspondiente vida útil de diseño, que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales.

LINEAMIENTOS TÉCNICOS: Son aquellos documentos que describen las etapas, fases, pautas y formatos necesarios para desarrollar actividades o tareas técnicas específicas. Se emiten para particularizar o detallar acciones que derivan de un ordenamiento de mayor jerarquía como una ley, un código, un reglamento, un decreto, entre otros. Los lineamientos técnicos se desarrollan en base al campo de acción sobre el cual tendrán injerencia. Así mismo, muestran los límites de aplicación, responsabilidades y funciones de las instituciones involucradas.

MANEJO DE RIESGOS: Componente del procedimiento técnico del análisis de riesgos, que consiste en ponderar y priorizar las distintas opciones para prevenir o reducir los riesgos, en consulta con todas las partes interesadas y teniendo en cuenta la evaluación del riesgo y otros factores relacionados a la protección de la vida de la población y del patrimonio de las personas y del Estado. Seleccionando las medidas de prevención y reducción del riesgos de desastres más apropiadas.

MAPA TEMÁTICO: Son representaciones sobre el papel de las características de algún tema en particular, apoyado sobre una base topográfica en donde se resalta, mediante la utilización de diversos colores y recursos de las técnicas cartográficas, correlaciones, valoraciones o estructuras de distribución de por ejemplo: viviendas, obras de infraestructura, caminos, áreas seguras, etc.



MEDIDAS ESTRUCTURALES: Cualquier construcción física para reducir o evitar los riesgos o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a las peligros.

MEDIDAS NO ESTRUCTURALES: Cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para prevenir o reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas y leyes, una mayor concientización pública, la capacitación y la educación.

MONITOREO: Proceso de observación y seguimiento del desarrollo y variaciones de un fenómeno, ya sea instrumental o visualmente, y que podría generar un desastre.

ORDENAMIENTO TERRITORIAL: Es una política de Estado, un proceso político y técnico administrativo de toma de decisiones concertadas con los actores sociales, económicos, políticos y técnicos, para la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio, la regulación y promoción de la localización y desarrollo sostenible de los asentamientos humanos; de las actividades económicas, sociales y el desarrollo físico espacial sobre la base de la identificación de potencialidades y limitaciones, considerando criterios ambientales, económicos, socioculturales, institucionales y geopolíticos. Asimismo, hace posible el desarrollo integral de la persona como garantía para una adecuada calidad de vida.

PELIGRO: Probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos.

PELIGRO INMINENTE: Fenómeno natural o inducido por la acción humana, con alta probabilidad de ocurrir y de desencadenar un impacto de consecuencias significativas en la población y su entorno de tipo social, económico y ambiental debido al nivel de deterioro acumulado en el tiempo y que las condiciones de éstas no cambian.

PLAN: Instrumento diseñado para alcanzar determinados objetivos, en el que se definen en espacio y tiempo los medios utilizables para lograrlos. En él se contemplan en forma ordenada y coherente las metas, estrategias, políticas, directrices y tácticas, así como los instrumentos y acciones que se utilizarán para llegar a los fines deseados. Un plan es un instrumento dinámico sujeto a modificaciones en sus componentes, en función de la periódica evaluación de sus resultados.

PLAN DE DESARROLLO CONCERTADO: Es la propuesta de desarrollo de largo plazo de una región, provincia, distrito o comunidad, que ha sido concertada entre todos los ciudadanos mediante mecanismos de participación ciudadana.

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL: Instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio regional, constituido por un conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo.

PLAN DE REASENTAMIENTO: Documento de gestión que establece las acciones, las entidades intervinientes y sus responsabilidades, el plazo de ejecución y los costos, así como la información relacionada a la zona declarada de muy alto riesgo no mitigable, la evaluación de la población a reasentar de los predios afectados, el saneamiento físico





legal de los predios a desocupar, el uso inmediato de las zonas desocupadas, la evaluación de la zona de acogida, los instrumentos disponibles para su ocupación segura.

PREDIOS: Bienes inmuebles referidos al suelo, subsuelo y sobresuelo, que están delimitados y tienen un área determinada, que puede ser vivienda o unidad habitacional, terreno o unidad inmobiliaria y otros.

PRESUPUESTO PARTICIPATIVO: Es una herramienta clave en la planificación y gestión de los espacios locales. Elaborarlo participativamente constituye un proceso de concertación social que expresa una amplia apertura democrática en la toma de decisiones para el desarrollo local y permite usar los recursos públicos de acuerdo con las potencialidades locales, prioridades de la población y la necesidad de desarrollar economías, generar empleo, reducir sustancialmente los niveles de pobreza y exclusión social y mejorar así la calidad de vida de los pobladores.

PREVENCIÓN: Proceso de la gestión del riesgo de desastres, que comprende las acciones que se orientan a evitar la generación de nuevos riesgos en la sociedad en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible.

PROCESO DE ESTIMACIÓN DEL RIESGO: Acciones y procedimientos que se realizan para generar el conocimiento de los peligros o amenazas, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres.

PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA: Toda intervención limitada en el tiempo que utiliza total o parcialmente recursos públicos, con el fin de crear, ampliar, mejorar, modernizar o recuperar la capacidad productora de bienes o servicios, cuyos beneficios se generan durante la vida útil del proyecto y son independientes de los de otros proyectos.

REDUCCIÓN: Proceso de la gestión del riesgo de desastres, que comprende las acciones que se realizan para reducir las vulnerabilidades y riesgos existentes en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible.

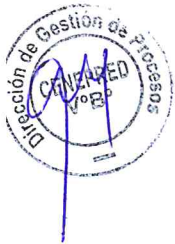
RESILIENCIA: Capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, del impacto de un peligro o amenaza, así como de incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro.

RIESGO DE DESASTRE: Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro.

VULNERABILIDAD: Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro. La vulnerabilidad puede ser explicada por tres factores: Exposición, Fragilidad y Resiliencia. Se expresa en términos de 0 a 1.



R





SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES: Sistema interinstitucional, sinérgico, descentralizado, transversal y participativo, con la finalidad de identificar y reducir los riesgos asociados a peligros o minimizar sus efectos, así como evitar la generación de nuevos riesgos, y preparación y atención ante situaciones de desastre mediante el establecimiento de principios, lineamientos de política, componentes, procesos e instrumentos de la Gestión del Riesgo de Desastres



11.3 ANEXO N° 03: MÉTODO MULTICRITERIO

PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO

Para la ponderación de los criterios, sub criterios y descriptores se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico el cual es un método multicriterio que permite incorporar criterios cuantitativos (infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, etc.) y cualitativos (programas de capacitación, creación y/o aplicación de la normatividad, etc.) que son considerados en la Gestión del Riesgo de Desastres. La matriz que se forma es una matriz cuadrada es decir el mismo número de filas y columnas.

La notación matemática sería: $A = A_{ij}$

Para el cálculo de los pesos ponderados:

Primero: Se construye la matriz de comparaciones pareadas, que mostraría la comparación entre criterios, sub criterios y/o descriptores según el caso de interés. En el caso de ponderación de criterios esta matriz nos permite determinar la importancia de un criterio respecto a otro, lo que nos servirá posteriormente para la ponderación de criterios.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Sumamos verticalmente los elementos de cada columna. Así se obtienen los valores:

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_i$$

Segundo: Construimos la matriz de comparaciones normalizada. El cual se obtiene de dividir cada elemento de matriz entre la suma obtenida, para conseguir:

$$A_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \dots & a_{2n}/v_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \dots & 1/v_n \end{pmatrix}$$

Tercero: El siguiente paso consiste en obtener el vector prioridad el cual nos mostrará los pesos ponderados de cada criterio a partir de la matriz normalizada:

Para ello se calcula el vector columna:



Handwritten signature.



$$p = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix}$$

Y se obtiene el vector de prioridades de los criterios:

$$p = \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix}$$

Se debe indicar que la suma de los elementos del vector prioridad debe ser igual a 1.

$$\sum_{i=1}^n p_{c1i} = p_{c11} + p_{c12} + \dots + p_{c1n} = 1$$

Para el cálculo de la Relación de Consistencia (RC).

Se pasa a la verificación de la posible existencia de consistencia entre los juicios expresados.

Primero: Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix}$$

Segundo: Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios:



$$VSP_{11} / p_{c11} = \lambda_1$$

$$VSP_{12} / p_{c12} = \lambda_2$$

.....

.....

.....

$$VSP_{1n} / p_{c1n} = \lambda_n$$

Tercero: Posteriormente se determina la lambda máxima λ_{max}

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

Esto nos permite hallar el índice de consistencia

Cuarto: Calcular el Índice de Consistencia (IC):

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

Esto nos permite hallar la relación de consistencia de la matriz para verificar si las decisiones fueron adecuadas.

Quinto: Determinar la Relación de Consistencia (RC);

$$RC = IC / IA$$

Donde IA es el Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Pareadas, generada, como su nombre sugiere, de forma aleatoria.

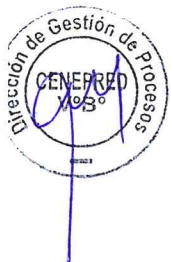
Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes "n", obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno-Jiménez, 2003), son:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10



[Handwritten signature]



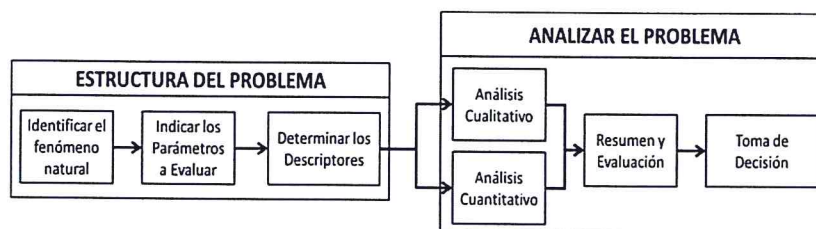

CENEPRED

11.4 ANEXO N° 04: PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO

1. Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ)

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que le permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema de forma visual.

FLUJO METODOLÓGICO A SEGUIR PARA LA TOMA DE DECISIONES⁵



Según Moreno-Jiménez (2002) es necesario que la “metodología multicriterio seguida permita combinar lo objetivo, tangible y racional de la ciencia clásica con lo subjetivo, intangible y emocional del comportamiento humano. En este sentido, se puede conseguir un tratamiento objetivo de lo subjetivo”. El punto central del PAJ es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados.

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ (Saaty, 1990) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión (Garfi y Ferrer-Martí, 2011), la escala es la que se muestra a continuación:

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

⁵ Adaptado de Toskano (2005)

Para obtener estos ponderados es necesaria la comparación entre dos variables, determinando la importancia de una respecto a la otra utilizando la escala verbal, asignando luego el valor correspondiente de la escala numérica.

Toskano (2005) presenta algunas de las ventajas del PAJ frente a otros métodos de Decisión Multicriterio, estos son:

- Presenta un sustento matemático;
- Permite desglosar y analizar un problema por partes;
- Permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común;
- Incluir la participación de equipos multidisciplinarios y generar un consenso;
- Permite verificar el índice de consistencia (IC) y hacer las correcciones, si fuere el caso;
- Generar una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad;
- Ser de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

APLICACIONES USUALES DEL PAJ

PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA	FORMULACIÓN DE POLÍTICAS
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL	GESTIÓN AMBIENTAL
PLANIFICACIÓN POR ESCENARIOS	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO
EVALUACIÓN DE PLANES	FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MERCADO
OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS	ASIGNACIÓN DE RECURSOS, ETC.

11.4.1 PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 3x3 (03 parámetros)

Paso 01: En la matriz de comparación de pares, se evalúa la importancia y/o participación de una variable con respecto a otra, en este caso específico sobre un fenómeno natural. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty (1980). Esta escala numérica fluctúa entre los valores de 1/9 a 9

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	



GENEPRED

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna), esto se puede realizar utilizando una hoja de cálculo. La diagonal de la matriz siempre será la unidad, por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud. Se introducen los valores en las celdas de color rojo y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas azules (debido a que el análisis es inverso).

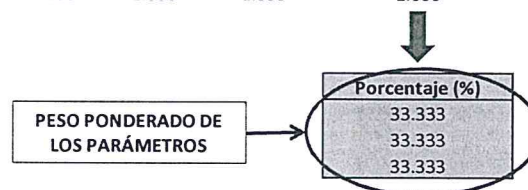
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

PARÁMETRO	A1	A2	A3
A1	1.00	1.00	1.00
A2	1.00	1.00	1.00
A3	1.00	1.00	1.00
SUMA	3.00	3.00	3.00
1/SUMA	0.33	0.33	0.33

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETRO	A1	A2	A3	Vector Priorización
A1	0.333	0.333	0.333	0.333
A2	0.333	0.333	0.333	0.333
A3	0.333	0.333	0.333	0.333
	1.000	1.000	1.000	1.000



Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 4% ($RC < 0.04$), lo que nos indicará que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

HALLANDO EL λ_{max}

	Vector Suma Ponderado/Vector Priorización
	3.000
	3.000
	3.000
SUMA	9.000
PROMEDIO	3.000



ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.000
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)	RC	0.000

El valor del coeficiente debe ser menor a 0.04. Si el coeficiente es mayor a 0.04 se debe volver a analizar los criterios en la matriz de comparación de pares

(*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno-Jimenez (2003). Donde "n" es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

11.4.2 PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 4x4 (04 parámetros)

Paso 01: En la matriz de comparación de pares, se evalúa la importancia y/o participación de una variable con respecto a otra, en este caso específico sobre un fenómeno natural. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty (1980). Esta escala numérica fluctúa entre los valores de 1/9 a 9.

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna), esto se puede realizar utilizando una hoja de cálculo. La diagonal de la matriz siempre será la unidad, por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud. Se introducen los valores en las celdas de color rojo y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas azules (debido a que el análisis es inverso).



9





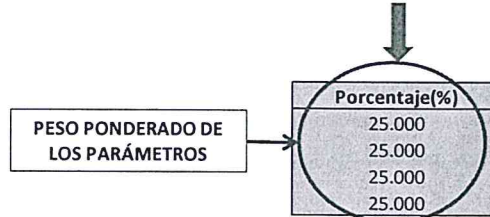
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

PARÁMETRO	A1	A2	A3	A4
A1	1.00	1.00	1.00	1.00
A2	1.00	1.00	1.00	1.00
A3	1.00	1.00	1.00	1.00
A4	1.00	1.00	1.00	1.00
SUMA	4.00	4.00	4.00	4.00
1/SUMA	0.25	0.25	0.25	0.25

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETRO	A1	A2	A3	A4	Vector Priorización
A1	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
A2	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
A3	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
A4	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000



Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 8% ($RC < 0.08$), lo que nos indicará que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada
0.250	0.250	0.250	0.250	1.000
0.250	0.250	0.250	0.250	1.000
0.250	0.250	0.250	0.250	1.000
0.250	0.250	0.250	0.250	1.000

HALLANDO EL λ_{max}

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
	4.000
	4.000
	4.000
	4.000
SUMA	16.000
PROMEDIO	4.000

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.08

IC	0.000
RC	0.000



(Handwritten signature)





11.4.3 PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 5x5 (05 parámetros)

Paso 01: En la matriz de comparación de pares, se evalúa la importancia y/o participación de una variable con respecto a otra, en este caso específico sobre un fenómeno natural. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty (1980). Esta escala numérica fluctúa entre los valores de 1/9 a 9.

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna), esto se puede realizar utilizando una hoja de cálculo. La diagonal de la matriz siempre será la unidad, por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud. Se introducen los valores en las celdas de color rojo y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas azules (debido a que el análisis es inverso).

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SUMA	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
1/SUMA	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.



MATRIZ DE NORMALIZACION

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorizacion
A1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
A2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
A3	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
A4	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
A5	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200



Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% (RC < 0.1), lo que nos indicará que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	1.000
0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	1.000
0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	1.000
0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	1.000
0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	1.000

HALLANDO EL λmax

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion
	5.000
	5.000
	5.000
	5.000
	5.000
SUMA	25.000
PROMEDIO	5.000

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

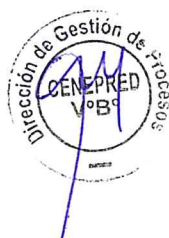
IC	0.000
RC	0.000

11.4.4 PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 6x6 (06 parámetros)

Paso 01: En la matriz de comparación de pares, se evalúa la importancia y/o participación de una variable con respecto a otra, en este caso específico sobre un fenómeno natural. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty (1980). Esta escala numérica fluctúa entre los valores de 1/9 a 9



Handwritten signature.





ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna), esto se puede realizar utilizando una hoja de cálculo. La diagonal de la matriz siempre será la unidad, por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud. Se introducen los valores en las celdas de color rojo y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas azules (debido a que el análisis es inverso).

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
A2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
A3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
A4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
A5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
A6	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
SUMA	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
1/SUMA	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

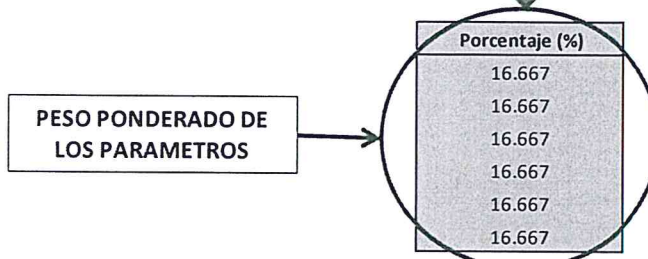


Handwritten signature or mark.



MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Vector Priorizacion
A1	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
A2	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
A3	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
A4	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
A5	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
A6	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000



Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% (RC < 0.1), lo que nos indicará que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

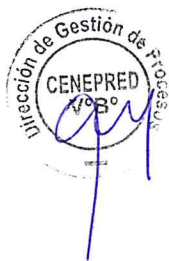
Resultados de la operación de matrices						Vector Suma Ponderado
0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000
0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000
0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000
0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000
0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000
0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000

HALLANDO EL λ_{max}

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion
	6.000
	6.000
	6.000
	6.000
	6.000
	6.000
SUMA	36.000
PROMEDIO	6.000

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.000
RC	0.000

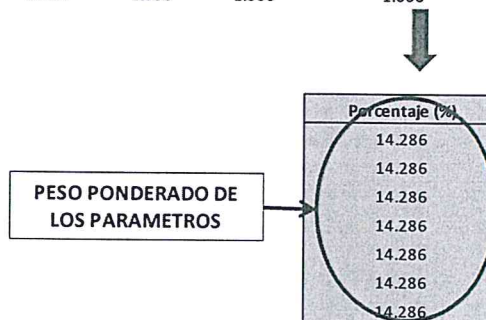




Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

MATRIZ DE NORMALIZACION

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Vector Priorizacion
A1	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
A2	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
A3	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
A4	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
A5	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
A6	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
A7	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000



Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% (RC < 0.1), lo que nos indicará que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

Resultados de la operación de matrices							Vector Suma Ponderado
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000

HALLANDO EL λmax

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion
	7.000
	7.000
	7.000
	7.000
	7.000
	7.000
	7.000
	7.000
SUMA	49.000
PROMEDIO	7.000

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.000
RC	0.000

Nota: Se recomienda utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico para un máximo de 07 parámetros, con un número mayor de parámetros la incertidumbre aumenta (Saaty, 2008).

