

MANUAL

PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO
ORIGINADO POR FENÓMENOS
NATURALES v3.0

Borrador

2019

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 originado por fenómenos naturales v3.0.

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

Lima: CENEPRED - Subdirección de Normas y Lineamientos, 2019.

95 pp.; 64 fig.

MANUAL TÉCNICO – CÁLCULO DE LOS NIVELES DEL PELIGRO – CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD – CÁLCULO DEL RIESGO.

(CENEPRED/PER)

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2019

Manual para la evaluación del riesgo originado por fenómenos naturales – 3^{ra} Versión

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, 2019.

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

COLABORADORES

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – ANA

DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN - DHN

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ – IGP

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO – INGEMMET

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ – SENAMHI

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	1
INTRODUCCIÓN	2
1. ASPECTOS GENERALES	4
1.1 FINALIDAD	4
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	4
1.3 ALCANCE	4
1.4 JUSTIFICACIÓN	4
1.5 MARCO LEGAL	5
1.6 RESPONSABILIDADES DE LAS ENTIDADES INVOLUCRADAS	6
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 CLASIFICACIÓN DE PELIGROS	10
2.1.1 GENERADOS POR PROCESOS GEOLÓGICOS	11
2.1.2 GENERADOS POR PROCESOS HIDROLÓGICOS Y/U OCEANOGRÁFICOS	32
3. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	39
3.1 CÁLCULO DE LOS NIVELES DEL PELIGRO	40
3.1.1 UBICACIÓN DE LA ZONA EN EVALUACIÓN	41
3.1.2 RECOPIACIÓN, ANÁLISIS Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	41
3.1.3 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE PELIGRO PARA LA EVALUACIÓN	41
3.1.4 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA ASOCIADO AL PELIGRO	42
3.1.5 PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	42
3.1.6 ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO	43
3.1.7 DEFINICIÓN Y ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DEL PELIGRO	46
3.2 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD	48
3.2.1 EXPOSICIÓN	49
3.2.2 FRAGILIDAD	51
3.2.3 RESILIENCIA	53
3.2.4 DEFINICIÓN Y ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD	54
3.3 CÁLCULOS DE LOS NIVELES DE RIESGO	57
3.3.1 DEFINICIÓN Y ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DEL RIESGO	57
3.3.2 CÁLCULO DE DAÑOS Y PÉRDIDAS	59
3.4 CONTROL DEL RIESGO	61

3.4.1	NIVEL DE DAÑO ESTRUCTURAL	61
3.4.2	NIVEL DE DAÑO FÍSICO (PERSONAS)	62
3.4.3	CATEGORÍA DEL RIESGO	63
3.4.4	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO	65

BIBLIOGRAFÍA **68**

ANEXOS

PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO DE SAATY

OPERACIONES CON PARÁMETROS CON MENOS DE 5 UNIDADES DESCRIPTIVAS

CUADRO DE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN POR PELIGROS NATURALES

CUADRO DE FACTORES CONDICIONANTES POR TIPO DE PELIGRO NATURAL

CUADRO DE ELEMENTOS EXPUESTOS POR SECTOR PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO

CUADRO DE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PARA LA VULNERABILIDAD

EJEMPLO DE FICHA PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

INSTRUCTIVO: ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS MAPAS CONSIDERADOS EN LOS INFORMES DE EVALUACIÓN DEL RIESGO – EVAR

INFORMACIÓN SOBRE LA ELABORACIÓN DEL INFORME DE EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR PELIGROS NATURALES

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1:	CLASIFICACIÓN DE LOS PELIGROS GENERADOS POR EVENTOS NATURALES.....	10
FIGURA 2:	FLUJO ORIGINADO POR UNA AVALANCHA. ADAPTADO DE ANA (S.F.).	11
FIGURA 3:	ESQUEMA DE CAÍDA DE ROCAS. COROMINAS (1997).....	12
FIGURA 4:	ESQUEMA DE VUELCO DE BLOQUES. FREITAS Y WATERS (1973).....	13
FIGURA 5:	ESQUEMA DE LAS PARTES DE UN DESLIZAMIENTO ROTACIONAL. VARNES (1978).....	13
FIGURA 6:	ESQUEMA DE UN FLUJO ALUVIONAL. ADAPTADO DE CHAHUA (2011).	14
FIGURA 7:	EJEMPLO DE FLUJO DE LODO. CHAHUA (2016).	15
FIGURA 8:	EJEMPLO DE FLUJO HIPERCONCENTRADO. CHAHUA (2016).....	15
FIGURA 9:	EJEMPLO FLUJO DE DETRITOS. CHAHUA (2016).....	16
FIGURA 10:	ESQUEMA DE REPTACIÓN DE SUELOS. INGEMMET (2016).....	18
FIGURA 11:	ESQUEMA DE PROPAGACIÓN LATERAL EN BLOQUE. VARNES (1978).....	19
FIGURA 12:	ESQUEMA DE PROPAGACIÓN LATERAL DE MACIZOS ROCOSOS ASENTADOS SOBRE MATERIALES BLANDOS. VARNES (1978).....	19
FIGURA 13:	ESQUEMA DE UN VOLCÁN CON LOS PRINCIPALES PELIGROS ORIGINADOS DURANTE SU ACTIVIDAD. USGS, 1998. 20	
FIGURA 14:	FLUJOS PIROCLÁSTICOS EN EL VOLCÁN HUAYNAPUTINA. INGEMMET (S.F.).	21
FIGURA 15:	DEPÓSITOS DE LAHARES EN EL RÍO CHILI. INGEMMET (S.F.).....	22
FIGURA 16:	ESQUEMA DE AVALANCHA DE ESCOMBROS GENERADO POR EL COLAPSO DEL SECTOR OESTE DEL VOLCÁN. ROLDAN ET AL. (2011).....	22
FIGURA 17:	GASES EN EL CRÁTER DEL VOLCÁN UBINAS. INGEMMET (S.F.).....	23
FIGURA 18:	ESQUEMA DE UN SISMO PRODUCIDO POR UNA FALLA. TARBUCK (2005).....	24
FIGURA 19:	DISMINUCIÓN DE LA AMPLITUD DE ONDA Y SU ENERGÍA AL AUMENTAR LA DISTANCIA AL HIPOCENTRO, (INII, 2011). 25	
FIGURA 20:	VARIACIÓN DE AMPLITUD DE ONDA AL PROPAGARSE POR DIFERENTES TIPOS DE SUELOS. CENEPRED (2015). 25	
FIGURA 21:	CUADRO DE INTENSIDAD DE MERCALLI MODIFICADA. WOOD Y NEWMANN (1931).	27
FIGURA 22:	ESQUEMA DE GENERACIÓN DE UN TSUNAMI. GUÍA ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL. GEOCIENCE AUSTRALIA (2011).	27
FIGURA 23:	PROCESO DE GENERACIÓN DE SISMOS Y TSUNAMIS. TAVERA (2017).....	28
FIGURA 24:	TSUNAMI GENERADO POR ERUPCIÓN VOLCÁNICA SUBMARINA. (DHN, 2012).	29
FIGURA 25:	TSUNAMI GENERADO POR DESLIZAMIENTO. CENEPRED, 2015.....	30
FIGURA 26:	ESCALA DE INTENSIDAD DE TSUNAMIS (SOLOVIEV. YAURI, 1970).	31
FIGURA 27:	INUNDACIONES FLUVIALES GENERADAS POR EL DESBORDE DEL CAUCE. EL COMERCIO (2017).....	32
FIGURA 28:	INUNDACIONES PLUVIALES EN ZONAS DE DEPRESIÓN (CUENCAS CIEGAS) DE LA CIUDAD DE PIURA. EL COMERCIO (2017).	32
FIGURA 29:	EROSIÓN POR SALPICADURA GENERADA POR LLUVIAS (A Y B) Y EROSIÓN POR ESCORRENTÍA (C Y D). DERPSCH ET AL. (1991).....	37
FIGURA 30:	RELACIÓN ENTRE EL PELIGRO, VULNERABILIDAD Y RIESGO.	39
FIGURA 31:	ESQUEMA GENERAL DE LA COMPOSICIÓN DEL PELIGRO ASOCIADO A UN EVENTO NATURAL.	40
FIGURA 32:	FLUJOGRAMA PARA LA DEFINICIÓN Y ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DEL PELIGRO.	40
FIGURA 33:	REPRESENTACIÓN DEL PARÁMETRO DE EVALUACIÓN CON SUS DESCRIPTORES.	42
FIGURA 34:	ESQUEMA GENERAL DE LA COMPOSICIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO.....	43

FIGURA 35: PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA CAPA DE SUSCEPTIBILIDAD.....	43
FIGURA 36: ESTABLECIMIENTO DE LOS RANGOS DE LOS NIVELES DE LA CAPA DE SUSCEPTIBILIDAD.....	44
FIGURA 37: CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO ASOCIADO A UN PELIGRO NATURAL.	44
FIGURA 38: CUADRO DE DESCRIPTORES DE LOS FACTORES CONDICIONANTES Y DE LOS NIVELES DE LA SUSCEPTIBILIDAD.	45
FIGURA 39: CUADRO DE ESTRATIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD.	45
FIGURA 40: CÁLCULO DE LOS NIVELES DEL PELIGRO ASOCIADO A UN EVENTO NATURAL.....	46
FIGURA 41: CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DEL PELIGRO.	46
FIGURA 42: CUADRO DE ESTRATIFICACIÓN DEL PELIGRO.	47
FIGURA 43: FLUJOGRAMA PARA EL CÁLCULO DE LOS NIVELES DE LA VULNERABILIDAD ASOCIADO A UN PELIGRO.	49
FIGURA 44: PROCESO DE ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS.	50
FIGURA 45: CUADRO DE ELEMENTOS EXPUESTOS DE LA ZONA EN EVALUACIÓN.	50
FIGURA 46: PROCESO DE CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS ANTE UN PELIGRO.	51
FIGURA 47: PROCESO DE CÁLCULO DEL FACTOR DE FRAGILIDAD.....	52
FIGURA 48: PROCESO DE CÁLCULO DE UNA DIMENSIÓN "X" DE LA FRAGILIDAD.....	52
FIGURA 49: PROCESO DE CÁLCULO DE LA RESILIENCIA.....	53
FIGURA 50: PROCESO DE CÁLCULO DE UNA DIMENSIÓN "X" DE LA RESILIENCIA.....	54
FIGURA 51: CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS A UN PELIGRO.	54
FIGURA 52: CÁLCULO DE LOS PESOS DE LA CAPA DE VULNERABILIDAD.....	55
FIGURA 53: PROCESO DE NORMALIZACIÓN DE LOS PESOS DE LOS DESCRIPTORES DE LA VULNERABILIDAD.	55
FIGURA 54: ESTABLECIMIENTO DE LOS RANGOS DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD.....	56
FIGURA 55: CUADRO DE ESTRATIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	56
FIGURA 56: ESQUEMA GENERAL DEL RIESGO EN FUNCIÓN DEL PELIGRO Y LA VULNERABILIDAD.....	57
FIGURA 57: PROCESO DE CÁLCULO DE LOS VALORES DEL RIESGO.	57
FIGURA 58: ESTABLECIMIENTO DE LOS RANGOS DE LOS NIVELES DEL RIESGO.....	58
FIGURA 59: CUADRO DE ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO.	58
FIGURA 60: CUADRO DE NIVEL DE DAÑO EN FUNCIÓN AL NIVEL DE RIESGO QUE PRESENTA EL ELEMENTO EXPUESTO. ADAPTADO DE AGS (2017).....	60
FIGURA 61: ESQUEMA PARA LA CATEGORIZACIÓN DEL NIVEL DEL RIESGO, DAÑO ESTRUCTURAL, FÍSICO (PERSONAS) Y PROPONER LAS MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO.	61
FIGURA 62: CUADRO DE RANGOS DEL NIVEL DE DAÑO ESTRUCTURAL.....	62
FIGURA 63: CUADRO DE RANGOS DEL NIVEL DE DAÑO FÍSICO (PERSONAS).....	63
FIGURA 64: MATRIZ PARA LA CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO	64
FIGURA 65: CUADRO DE LAS PRINCIPALES MEDIDAS DE REDUCCIÓN ESTRUCTURAL PARA PELIGROS POR INUNDACIÓN Y MOVIMIENTOS EN MASA. ESCUDES, I. 2010.....	66
FIGURA 66: CUADRO DE LAS PRINCIPALES MEDIDAS DE REDUCCIÓN NO ESTRUCTURALES PARA REDUCIR EL RIESGO.	67

PRESENTACIÓN

El territorio Peruano se encuentra expuesto a diversos eventos, debido a la interacción entre los factores condicionantes (condiciones físicas intrínsecas) que presenta un área geográfica, tales como: pendiente, geología, tipos de suelos, cobertura vegetal, entre otros; así como factores desencadenantes (precipitaciones pluviales, sismicidad y hasta actividades inducidas por la acción humana), pudiendo generar los denominados peligros de origen natural, los cuales generan impactos significativos y daños en las poblaciones e infraestructura física, así como en las actividades productivas. Estos procesos generan o construyen desastres debido a diversos factores, tales como el asentamiento de la población en zonas de alto riesgo, la ocupación no planificada del territorio, la fragilidad en las edificaciones producto de la informalidad e improvisación de poblaciones, la falta de conciencia sobre la importancia en la Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres por parte de la población y autoridades en la incrementación de la resiliencia.

En este contexto, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres –CENEPRED, presenta la tercera versión del “Manual de Evaluación del Riesgo originado por Fenómenos Naturales”, cuyo objetivo es establecer los procedimientos técnicos para la elaboración del Informe de Evaluación del Riesgo originados por peligros naturales.

Este documento está dirigido a los profesionales y especialistas de los tres niveles de gobierno, conformantes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, para la identificación de los riesgos en el ámbito de sus competencias.

Este documento, ha sido elaborado sobre la base del Manual de Evaluación del Riesgo Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión, de otros instrumentos técnicos nacionales e internacionales, y con aportes de las entidades técnicas científicas, tales como la Autoridad Nacional del Agua – ANA, la Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN, el Instituto Geofísico del Perú – IGP, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, a quienes manifestamos nuestro profundo agradecimiento por los aportes entregados para la elaboración de este instrumento. Es así que el CENEPRED pone a disposición el presente Manual en el marco del proceso de estimación del riesgo.

Vicealmirante (r) Wladimiro Giovannini y Freire
Jefe del Centro Nacional de Estimación,
Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres

INTRODUCCIÓN

El presente Manual tiene por objetivo proponer un procedimiento técnico que permita elaborar el Informe de Evaluación del Riesgo, está dirigido a profesionales y especialistas de las diferentes instituciones de los tres niveles de gobierno (nacional, regional y local), conformantes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).

Este manual se ha estructurado en tres capítulos para una adecuada comprensión de los procedimientos metodológicos a ser utilizados para la elaboración de un “Informe de Evaluación de Riesgos”, los que se describen a continuación:

El primer capítulo corresponde a los aspectos generales que comprenden la finalidad, objetivos (generales y específicos), alcance del manual, justificación, marco legal y en la responsabilidad de las entidades involucradas en la Gestión de Riesgo de Desastres.

En el segundo capítulo se establecen las definiciones de los principales peligros naturales que ocurren en el territorio peruano, cuyo marco teórico ha sido desarrollado con la participación de las entidades técnicas – científicas (IGP, INGEMMET, ANA, SENAMHI y DHN) de acuerdo a su competencia a fin de uniformizar terminologías referidas para la identificación de los peligros naturales. Asimismo, se incluye la clasificación de los peligros naturales en base a su origen y dinámica.

El tercer capítulo detalla la metodología semi-cuantitativa (proceso de análisis jerárquico) empleada para la determinación de los niveles y rangos de peligro, el análisis de la vulnerabilidad y riesgo, ante la ocurrencia de peligros naturales. Así como, los procedimientos que comprenden cada uno de ellos.

Finalmente, en los anexos se detalla la aplicación del proceso de análisis jerárquico, la ponderación de matrices particulares, cuyos descriptores cuentan con tres y cuatro variables, los parámetros de evaluación (magnitud e intensidad) para la determinación del peligro, los principales factores condicionantes para el análisis de la susceptibilidad, lista de los elementos expuestos por sectores (población, educación, vivienda, salud, cultura, agricultura y pecuaria, pesca y acuicultura, transporte y comunicaciones, agua y saneamiento, energía y electricidad, comercio y servicios, turismo y medio ambiente), así como la estructura y contenido del informe de evaluación de riesgos.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

Borrador

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 Finalidad

Orientar a los actores integrantes del SINAGERD en la evaluación del riesgo originados por peligros naturales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Establecer los procedimientos metodológicos para la evaluación del riesgo por fenómenos naturales.

1.2.2 Objetivo específico

- Calcular de los niveles de peligro, vulnerabilidad y del riesgo originado por fenómenos naturales.
- Uniformizar los criterios técnicos para los cálculos de los valores de los rangos de cada componente utilizado (peligro, vulnerabilidad y riesgo).

1.3 Alcance

El presente manual está dirigido a los evaluadores de riesgos acreditados por el CENEPRED y a profesionales de las entidades conformantes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) que tienen la responsabilidad de identificar los niveles del riesgo en las áreas de su jurisdicción, de acuerdo a sus competencias.

1.4 Justificación

El presente manual se elabora en cumplimiento artículo 5° del Reglamento de la Ley N° 29664, el cual establece que el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), es un organismo público ejecutor que conforma el SINAGERD, y es el responsable técnico de coordinar, facilitar y supervisar la formulación e implementación de la Política Nacional y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PLANAGERD) en los procesos de estimación, prevención y reducción del riesgo, así como de reconstrucción.

En el Art. 23° del Reglamento de la Ley 29664, señala que el proceso de estimación del riesgo comprende las acciones y procedimientos que se realizan para generar el conocimiento de los peligros, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles del riesgo que permitan la toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD).

Asimismo, la actualización de este manual obedece al cumplimiento de los numerales 24.1, 24.3, 24.4, y 24.5 del Art. 24° de los Subprocesos de la Estimación del Riesgo: a) Normatividad y lineamientos, b) Generación del conocimiento del peligro, c) Análisis de la vulnerabilidad, y d) Valoración y escenarios del riesgo.

Del mismo modo, este Manual se encuentra enmarcado con el objetivo estratégico de “Desarrollar el conocimiento del riesgo”, y sus 3 objetivos específicos (Desarrollar investigación científica y técnica en GRD, fortalecer el análisis del riesgo de desastres, y desarrollar la gestión de información estandarizada en GRD), indicado en del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PLANAGERD 2014 – 2021, aprobado D.S. N° 034-2014- PCM, con fecha 12 de Mayo de 2014).

De acuerdo a las normas señaladas, la realización de este manual constituye un instrumento de gestión para que los tres niveles gobiernos (nacional, regional y local) puedan identificar el nivel del riesgo existente en sus áreas de jurisdicción y establezcan las medidas de prevención y reducción del riesgo.

1.5 Marco legal

Ley N° 27867 – Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales.

Ley N° 27972 – Ley Orgánica de Municipalidades.

Ley N° 29664 – Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).

Ley N° 29869 – Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo no Mitigable.

Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29664 que crea el SINAGERD.

Decreto Supremo N° 111-2012-PCM, que incorpora la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres como Política Nacional de Obligatorio Cumplimiento para las entidades del Gobierno Nacional.

Decreto Supremo N° 115-2013-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para las Zonas de Muy Alto Riesgo no Mitigable.

Decreto Supremo N° 034-2014-PCM, que aprueba el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – PLANAGERD.

Resolución Ministerial N° 276-2012-PCM, que aprueba los “Lineamientos para la constitución y funcionamiento de los Grupos de Trabajo de la Gestión del Riesgo de Desastres”.

Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM, que aprueba los “Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres”.

Resolución Ministerial N° 046-2013-PCM, que aprueba la Directiva N° 001-2013-PCM/SINAGERD - “Lineamientos que definen el Marco de Responsabilidades en Gestión de Riesgo de Desastres en las entidades del Estado en los tres niveles de Gobierno”.

Resolución Ministerial N° 220-2013-PCM, que aprueba los “Lineamientos Técnicos del Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres”.

Resolución Ministerial N° 222-2013-PCM, que aprueba los “Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres”.

Resolución Ministerial N° 147-2016-PCM, que aprueba los “Lineamientos para la Implementación del Proceso de Reconstrucción”.

Directiva N° 001-2018-CENEPRED/J, aprobado mediante Resolución Jefatural N° 046-2018-CENEPRED/J.

1.6 Responsabilidades de las entidades involucradas

Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED)

- Brindar asistencia técnica a los tres niveles de gobierno en la elaboración del informe de evaluación del riesgo originado por fenómenos naturales.
- Recopilar y difundir los informes de evaluación de los riesgos elaborados y aprobados por los tres niveles de gobierno.
- Elaborar la evaluación de riesgo en caso de un nivel de desastre de gran magnitud, como insumo para el Plan Integral de Reconstrucción.

Entidades Técnico Científicas

- Proporcionar información a los tres niveles de gobierno, relacionada a registros administrativos (base de datos, boletines, estudios, informes, investigaciones, otros) orientados a los peligros, vulnerabilidades y riesgos.
- Brindar apoyo técnico a los tres niveles de gobierno para la identificación y caracterización de los peligros, de acuerdo a sus competencias.

Ministerios y organismos públicos descentralizados

- Brindar información a los gobiernos regionales y locales, relacionadas a las condiciones de peligro, vulnerabilidad y riesgo.
- Identificar los riesgos en el ámbito de sus competencias utilizando la metodología del CENEPRED, para establecer las medidas correctivas y prospectivas, así como medidas de carácter permanente en el contexto del desarrollo e inversión.

- Elaborar y aprobar el informe de evaluación de los riesgos originados por fenómenos naturales dentro del ámbito de sus competencias.
- Incorporar la Evaluación del Riesgo en los instrumentos de planificación (Plan estratégico institucional, Plan de Ordenamiento Territorial, Plan de Desarrollo Urbano, Plan de Acondicionamiento Territorial, entre otros), y en los instrumentos técnicos (Plan Operativo Institucional, Plan de Inversiones, entre otros), a efectos de implementar las medidas correctivas y prospectivas.
- Remitir al CENEPRED los informes de evaluación del riesgo originados por los fenómenos naturales que se encuentren aprobados con su respectiva norma legal, a efectos de incorporarlos en la base de datos del Centro Nacional (SIGRID).

Gobiernos Regionales y Locales

- Identificar el riesgo existente en las áreas de su jurisdicción, utilizando la metodología vigente del CENEPRED, para establecer las medidas correctivas y prospectivas, así como medidas de carácter permanente en el contexto del desarrollo e inversión.
- Elaborar y aprobar el informe de evaluación del riesgo en el ámbito de su jurisdicción, con la participación de un equipo multidisciplinario de evaluadores del riesgo acreditados por el CENEPRED, a fin de implementar las acciones de prevención y/o reducción de riesgos de desastres.
- Solicitar información a las entidades técnico-científicas relacionadas a la identificación y caracterización del peligro, caso contrario solicitar apoyo técnico- científico de acuerdo a sus competencias.
- Incorporar el análisis del riesgo en los instrumentos de planificación (Plan Estratégico Institucional, Plan de Ordenamiento Territorial, Plan de Desarrollo Urbano, Plan de Acondicionamiento Territorial, entre otros), y en los instrumentos técnicos (Plan de Desarrollo Concertado, Plan Operativo Institucional, Plan de Inversiones, entre otros), a efectos de implementar las medidas correctivas y prospectivas.
- Remitir al CENEPRED los informes de evaluación del riesgo originados por peligro naturales que se encuentren aprobados con su respectiva norma legal, a efectos de incorporarlos en el SIGRID.
- Brindar información al CENEPRED sobre registros administrativos orientados a la gestión del riesgo de desastre, para la elaboración del informe de evaluación del riesgo en caso de desastre o desastre de gran magnitud.

De las Entidades Privadas y Sociedad Civil

- Identificar los niveles del riesgo existente en sus áreas de su jurisdicción, con la participación de un equipo multidisciplinario de evaluadores del

riesgo acreditados por el CENEPRED, a fin de implementar las acciones de prevención y/o reducción de riesgos de desastres.

- Requerir información a las entidades técnico-científicas relacionadas a la identificación y caracterización del peligro, o caso contrario solicitar apoyo técnico- científico de acuerdo a sus competencias.
- Enviar al CENEPRED los informes de evaluación del riesgo originados por peligros naturales que se encuentren aprobados con su respectiva norma legal, a efectos de incorporarlos en el SIGRID.

Borrador

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Borrador

2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se desarrollará las nociones básicas que se debe tener en cuenta respecto a la clasificación de los peligros generados por fenómenos naturales.

2.1 Clasificación de peligros

Los peligros, según su origen y dinámica se han clasificado en dos grupos, tales como: geológicos e hidrometeorológicos y oceanográficos, a fin de realizar la identificación y caracterización de cada uno de ellos, en la Figura 1 se muestran los principales peligros generados por eventos naturales.

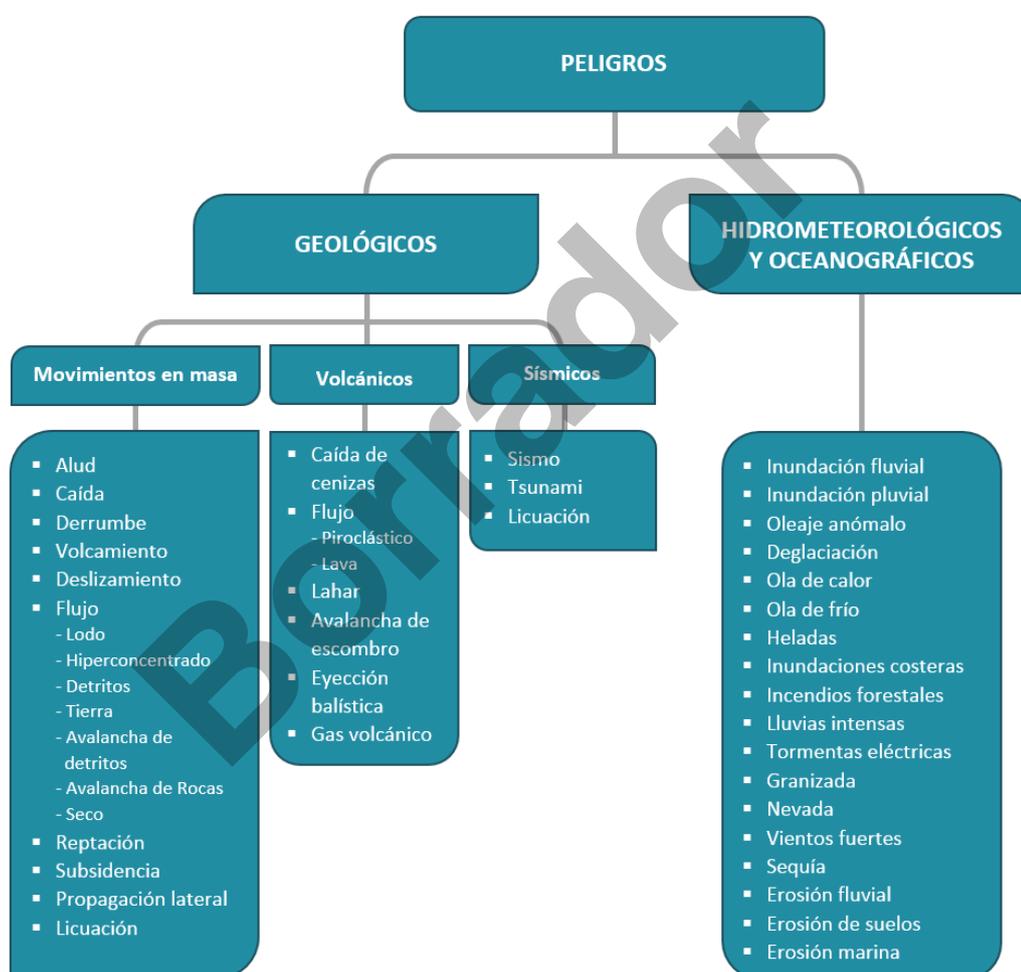


Figura 1: Clasificación de los peligros generados por eventos naturales. (Cepal, 2014)

Existen otros tipos de peligros como son los biológicos, astronómicos, etc. los cuales por su particularidad no serán considerados en este manual. Asimismo, de identificar algún otro tipo de peligro, no considerado en esta clasificación se deberá sustentar técnicamente su incorporación en el Informe de evaluación del Riesgo.

2.1.1 Generados por procesos geológicos

Relacionados a los procesos que han formado la tierra y actúan continuamente sobre la superficie y en el interior de la misma, tales como el movimiento de placas en la corteza terrestre, la ocurrencia de los procesos dinámicos (cambios estructurales, químicos y morfológicos) que modelan y alteran la estructura de la tierra, constituyendo una fuente continua de peligros hacia las poblaciones e infraestructura. Una clasificación simplificada de los principales peligros geológicos se muestra a continuación:

1) Movimientos en masa

Referido a aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras por efecto de la gravedad (Cruden, 1991). En la literatura científica se encuentran diversas clasificaciones de movimientos en masa; en su mayoría se basan en el tipo de materiales, mecanismos de movimientos, el grado de deformación y la saturación de los materiales. Las clasificaciones de movimientos en masa de Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968 y 1978) son, hoy en día los sistemas de mayor aceptación en los países de habla inglesa e hispana. Cabe mencionar que Varnes emplea como criterio principal para la clasificación, el tipo de material y en segundo lugar mecanismo de movimiento.

A continuación, se describen los principales movimientos en masa:

▪ Alud

Un alud o avalancha de nieve se define como el desprendimiento violento de una masa de nieve que se desliza pendiente abajo con rapidez, (Carvavilla y López, 2000). Se considera alud cuando se movilizan al menos 100 m³ de nieve y recorren por lo menos 50 metros, Figura 2.

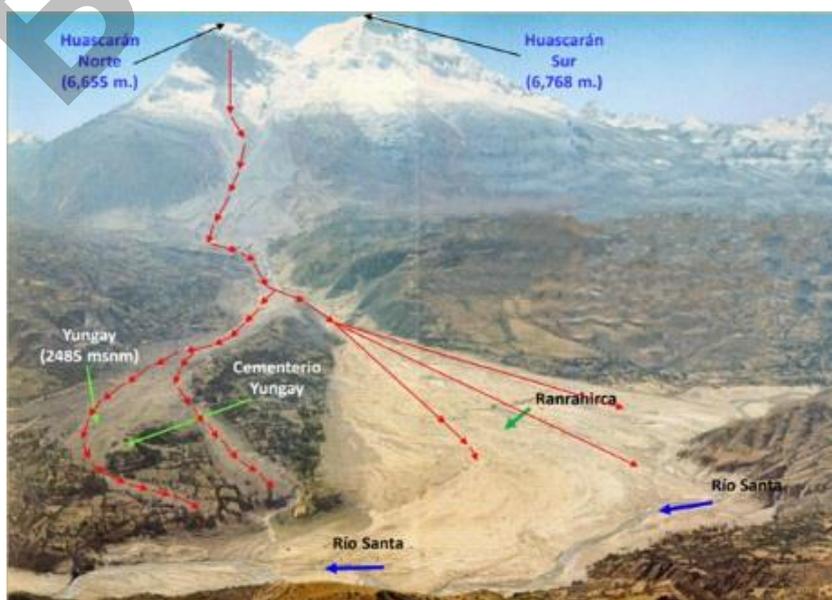


Figura 2: Flujo originado por una avalancha. Adaptado de ANA (s.f.).

Cabe mencionar que, en base al volumen desprendido pueden desencadenar, durante su evolución flujos de detritos que por su dimensión se les suele denominar aluviones.

- Caídas

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978), Figura 3.

Generalmente, ocurren en taludes y laderas de fuerte pendiente, asociados a su litología, fracturamiento, así como aquellas que han sido modificadas durante la realización de obras de excavación o voladuras.

El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s.



Figura 3: Esquema de caída de rocas. Corominas (1997).

- Derrumbes

Son aquellos que se presentan tanto en terrenos rocosos muy fracturados, así como los depósitos inconsolidados, originando “zonas de arranque”, desde irregulares, hasta circulares de dimensiones variables, desde pocos metros a decenas de metros; algunos son de gran dimensión.

- Volcamiento

Movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas, (Varnes, 1978). Figura 4.

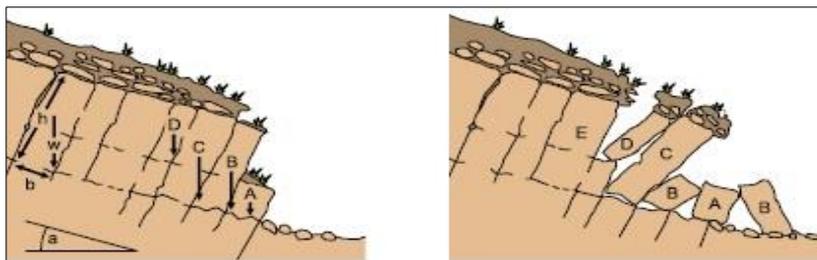


Figura 4: Esquema de vuelco de bloques. Freitas y Waters (1973).

▪ Deslizamiento

Es un movimiento lateral abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales (denominados planares o cuña) y rotacionales, Figura 5. Sin embargo, las superficies de rotura de los deslizamientos compuestos pueden presentar varios segmentos planares y curvos (Hutchinson, 1988).

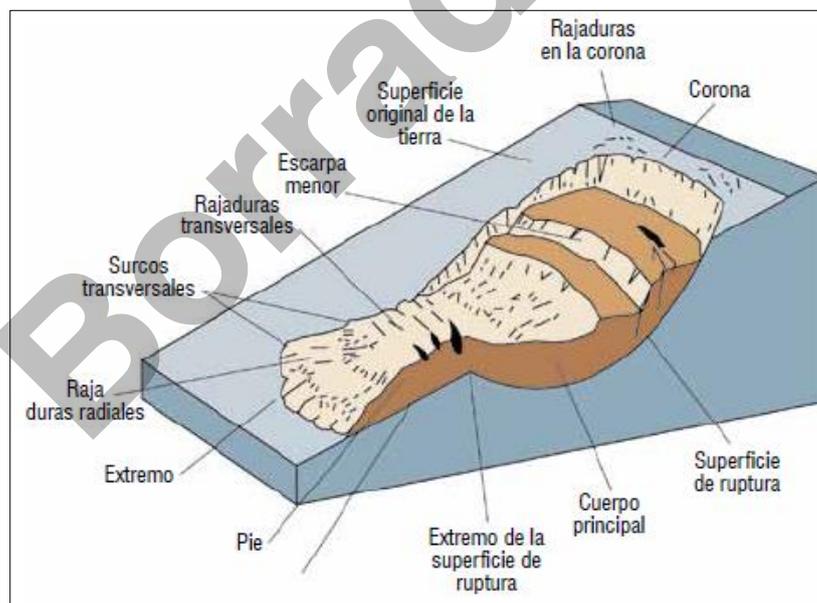


Figura 5: Esquema de las partes de un deslizamiento rotacional. Varnes (1978).

▪ Flujos

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento en masa, ya sea un deslizamiento o una caída, (Varnes, 1978).

Es importante hacer la distinción entre los diferentes tipos de flujos cuando se analizan los niveles de peligro en un área geográfica, ya que el potencial destructivo es característico de cada tipo de movimiento en masa. Por ejemplo, en el caso del flujo de detritos (movimiento en masa canalizado) el estudio de peligro se deberá concentrar en una trayectoria pre-establecida o canal y en el área de deposición o abanico, áreas potencialmente afectadas; en cambio, una avalancha de detritos puede desplazarse sobre áreas abiertas en laderas de alta pendiente. Por supuesto, las avalanchas de detritos con frecuencia encuentran un canal pre-existente y se convierten en flujos de detritos. Otra distinción importante es aquella entre flujos de detritos y crecidas de detritos (inundaciones o avenidas de detritos). Las crecidas (debris flood) presentan un potencial destructivo relativamente bajo con respecto a los flujos de detritos (Hungry, 2005).

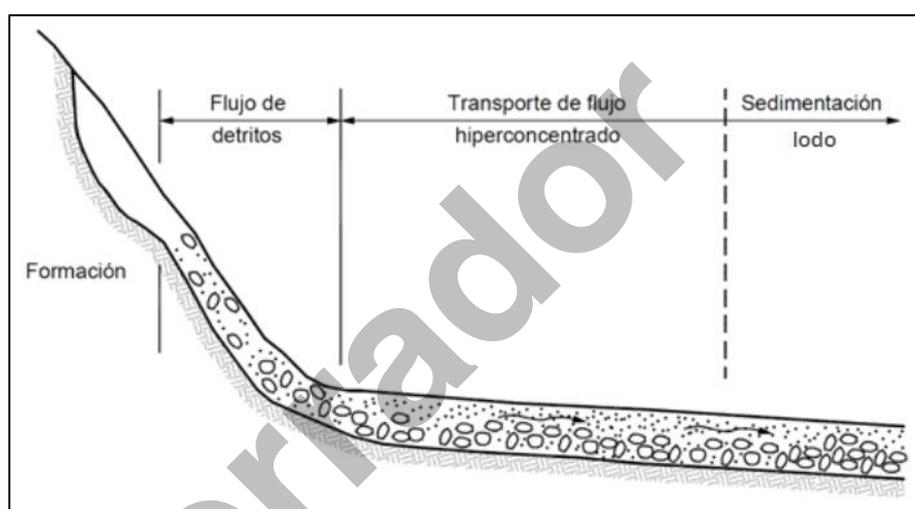


Figura 6: Esquema de un flujo aluvional. Adaptado de Chahua (2011).

- Flujos de lodo: Es un flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido que contiene detritos (concentraciones de partículas finas de limos y arcillas) saturados y plásticos (Índice plástico > 5%), cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente, Figura 7.

Cabe mencionar que, los flujos de lodo presentan características similares al flujo de detritos, sin embargo, se diferencian por la presencia de la fracción arcillosa que modifica la reología del material.



Figura 7: Ejemplo de Flujo de lodo. Chahua (2016).

- Flujos hiperconcentrados o inundación de detritos: Flujo muy rápido de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal, usualmente también llamados flujos hiperconcentrados o aluviones (Hungry et al., 2001). Al ser difícil distinguir entre un flujo de detritos y una crecida de detritos en base a la concentración de sedimentos, lo que debe diferenciarse es el caudal pico observado o potencial. Las crecidas de detritos alcanzan caudales pico 2 o 3 veces mayores que el de una crecida de agua o inundación. De esta manera, la capacidad de daño de una crecida de detritos es similar a la de una inundación y los objetos impactados quedan enterrados o rodeados por los detritos, con frecuencia sin sufrir daño. Los depósitos de crecidas de detritos están compuestos comúnmente por mezclas de arena gruesa y grava pobremente estratificada, Figura 8.



Figura 8: Ejemplo de flujo Hiperconcentrado. Chahua (2016).

Se diferencian de los depósitos de flujos de detritos en que las gravas que los forman presentan una textura uniformemente gradada sin matriz en todo el depósito, e imbricación de clastos y bloques (Pierson, 2005).

- Flujos de detritos o huaico: Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce de pendiente pronunciada.

Cabe mencionar que, los flujos de detritos inician con la ocurrencia de uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en la cabecera por inestabilidad de los sedimentos que se encuentran dispuestos en el cauce de quebradas que presentan fuerte pendiente. En su trayecto incorporan gran cantidad de materiales saturados en el cauce de quebradas y finalmente son depositados en abanicos.

Sus depósitos conforman “albardones o diques longitudinales”, canales en forma de “U”, trenes de bloques rocosos y “grandes bloques individuales”. Los huaicos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, sus caudales pico pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo. La mayoría alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido, y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hungr, 2005).



Figura 9: Ejemplo flujo de detritos. Chahua (2016).

- Flujo de tierra: es un movimiento intermitente, rápido o lento de suelo arcillosos y plástico (Hungr et al., 2001). Se caracteriza por presentar velocidades moderadas con frecuencia de cm/año, sin embargo pueden alcanzar hasta m/minuto (Hutchinson, 1998). El

volumen de los flujos de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos, mientras que las velocidades generalmente se encuentran en el intervalo de 10^{-5} a 10^{-8} mm/s, por lo tanto son lentos o extremadamente lentos.

- **Avalancha de detritos:** Constituye un flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundos, muy rápidos a extremadamente rápidos. Inician como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que luego son desplazados y sufren una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo.

La ausencia de canalización de estos movimientos se debe a que presentan un menor grado de saturación que los flujos de detritos, y que no tienen un ordenamiento en la granulometría del material en sentido longitudinal, ni tampoco un frente de material grueso en la zona distal (Hungry et al., 2001). Las avalanchas, a diferencia de los deslizamientos, presentan un desarrollo más rápido de la rotura. Según el contenido de agua o por efecto de la pendiente, la totalidad de la masa puede licuarse, al menos en parte, fluir y depositarse mucho más allá del pie de la ladera (Varnes, 1978). Cabe indicar que, las avalanchas de detritos son morfológicamente similares a las avalanchas de rocas.

- **Avalancha de rocas.** Son flujos de roca fracturada de gran longitud extremadamente rápidos que resultan de deslizamientos de rocas de magnitud considerable (Hungry et al., 2001). Pueden ser extremadamente móviles y su movilidad parece que crece con el volumen. Sus depósitos están usualmente cubiertos por bloques grandes, aun cuando, se puede encontrar bajo la superficie del depósito material fino derivado parcialmente de roca fragmentada e incorporada en la trayectoria. Algunos depósitos de avalanchas pueden alcanzar volúmenes del orden de kilómetros cúbicos y pueden desplazarse a grandes distancias; con frecuencia son confundidos con depósitos morrénicos. Las avalanchas de rocas pueden ser muy peligrosas, pero afortunadamente no son muy frecuentes incluso en zonas de alta montaña.

Las velocidades pico alcanzadas por las avalanchas de rocas son del orden de 100 m/s, y las velocidades medias pueden estar en el rango de 30–40 m/s.

- **Flujos secos:** Referido al proceso fundamental en la migración de dunas de arena. Los flujos secos de talud son importantes en la formación de conos de talud (Evans y Hungry, 1993). Los de limo a veces son desencadenados por el fallamiento de escarpes empinados o barrancos de material limoso, (Hungry et al., 2001).

- **Reptación**

Consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de falla definida. Generalmente, el movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno. Se le atribuye a las alteraciones climáticas

relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en suelos, usualmente, muy blandos o alterados.

Cabe mencionar que, en terrenos localizados por encima de los 3600 m.s.n.m, donde predominan terrenos parcialmente saturados a saturados (oconales y bofedales), se producen cambios de volumen por variación de la temperatura, originándola reptación y luego desencadenar, posiblemente deslizamientos o flujos de tierra.

Se reconoce por el relieve ondulado del terreno, con evidencias de concentración de humedad, troncos de los árboles curvados, desplazamiento de cercas, inclinación de postes, agrietamiento de edificaciones, entre otros, Figura 10.

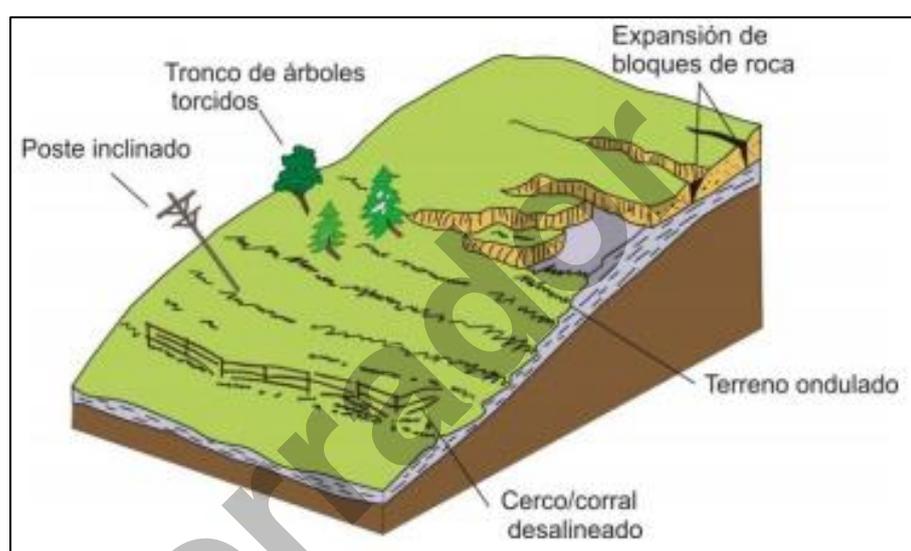


Figura 10: Esquema de reptación de suelos. INGEMMET (2016).

- Subsistencia

Hundimiento o asentamiento vertical de la superficie de la Tierra, debido a la fuerza de la gravedad, no se limita en tasa, magnitud o zona afectada. La subsistencia puede deberse a procesos geológicos naturales, como disolución de rocas, compactación o retirada de lava fluida de debajo de una corteza sólida o a la actividad humana como la minería en el subsuelo, el bombeo de petróleo o agua subterránea.

- Propagación lateral

Movimiento en masa cuyo desplazamiento ocurre por deformación interna (expansión) del material, es decir por la extensión o dilatación lateral de un suelo cohesivo o masa de roca blanda, combinada con subsistencia general del material fracturado suprayacente en ese material blando, sin que se forme una superficie de falla bien definida. La extensión se manifiesta como la extrusión de material propenso a licuación o flujo plástico, Cruden & Varnes (op. cit.). Se pueden presentar dos casos generales:

- Propagación lateral en bloque: Ocurre cuando una masa rocosa se asienta sobre materiales blandos, ocasionando que el estrato superior tienda a fracturarse en bloques, provocando la extrusión del material blando por entre las fracturas, las cuales pueden rellenarse a presión por el material más disgregado. El movimiento en este caso es muy lento (Figura 11).

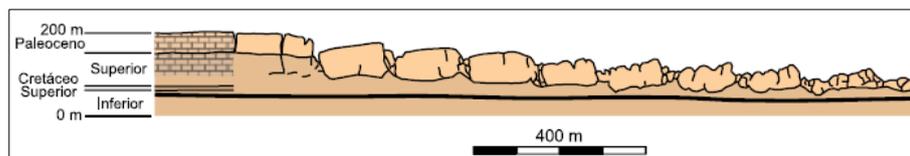


Figura 11: Esquema de propagación lateral en bloque. Varnes (1978).

- Propagación por licuación: Ocurre cuando los suelos conformados por arenas saturadas de baja densidad relativa a media, limos o arcillas sensitivas; son afectados por procesos de licuación o fluye plásticamente, cuando pierde resistencia a causa de alguna perturbación que destruye su estructura. Este movimiento es más rápido que el anterior, debido a que se generan por la ocurrencia de sismos (Figura 12).

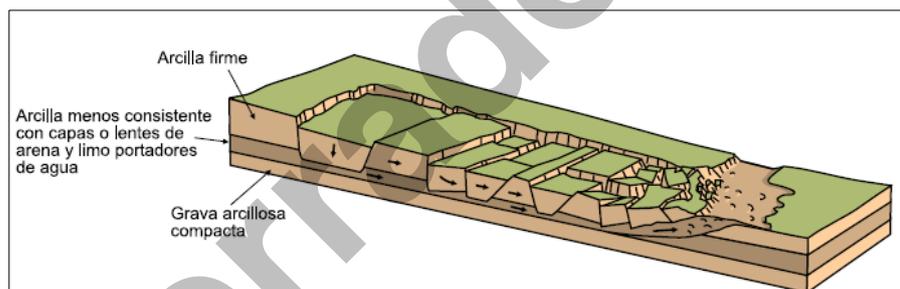


Figura 12: Esquema de propagación lateral de macizos rocosos asentados sobre materiales blandos. Varnes (1978).

2) Volcánicos

Comprende el conjunto de eventos propios de la actividad volcánica, producto de los materiales fundidos que ascienden a la superficie terrestre desde el manto y que pueden provocar daños a personas o bienes expuestos (Ortiz y Araña, 1995).

La actividad volcánica varía desde una suave emisión de lava hasta explosiones violentas que por columnas de erupciones arrojan grandes volúmenes de fragmentos de roca a gran altura, Figura 13.

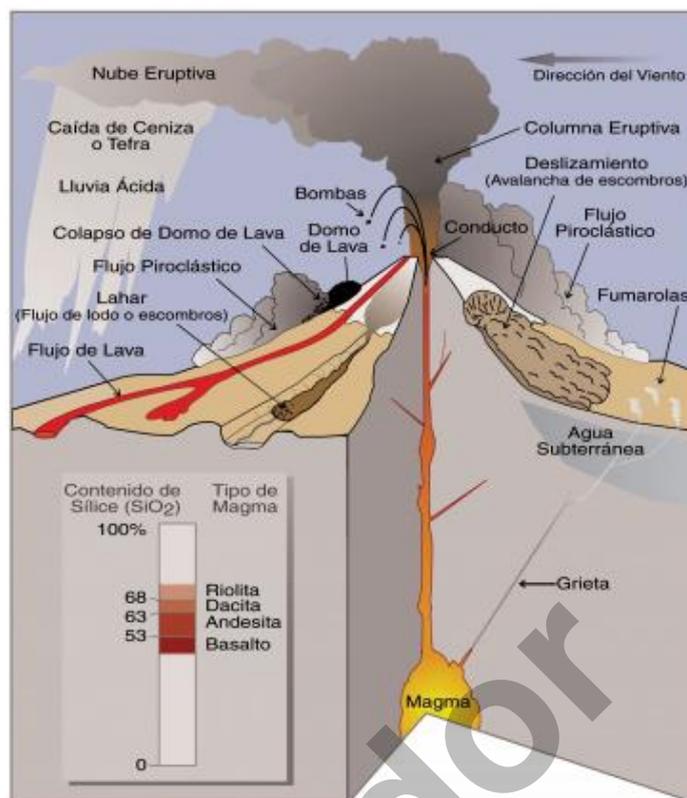


Figura 13: Esquema de un volcán con los principales peligros originados durante su actividad. USGS, 1998.

A continuación se describen los principales peligros de origen volcánico:

- Lluvia de cenizas

Constituyen partículas inferiores a los dos milímetros de diámetro (<2 mm) que son llevadas por el viento a distancias kilométricas, luego caen y forman una capa de varios mm o cm de espesor. Estas partículas pueden causar problemas de salud en las personas, contaminar fuentes de agua, colapsar los techos por el peso acumulado, afectar cultivos, interrumpir el tráfico aéreo, entre otros. OVI – INGEMMET.

Además de las cenizas, las columnas eruptivas están conformadas por fragmentos de roca bombas y bloques) cuyo diámetro es mayor a 64 mm y son expulsados hacia la atmósfera violentamente, partículas de menor tamaño denominadas lapilli (2-64mm).

- Flujos piroclásticos

Son masas calientes (300 – 700 °C) conformados por mezclas de ceniza, fragmentos de roca y gases. Estos flujos descienden por los flancos del volcán a grandes velocidades, mayores a 100 km/h.

Se caracterizan por estar conformados en la parte baja por materiales densos que se encuentran encausados y se desplazan en el fondo de las quebradas o valles, en la parte superior menos denso (oleada piroclástica) que está compuesta por una nube turbulenta de gases y ceniza. (Figura 14).



Figura 14: Flujos piroclásticos en el volcán Huaynaputina. INGEMMET (s.f.).

- Flujo de lavas

Los flujos de lava son corrientes de roca fundida (magma) emitidas a elevadas temperaturas. Mientras, mayor sea el contenido de sílice (bióxido de silicio, SiO_2) la lava tendrá mayor fluidez. Estas lavas pueden ser expulsadas por el cráter o fracturas en los flancos del volcán.

La lava puede fluir por el fondo de los valles y alcanzar varios kilómetros de distancia con respecto al volcán, destruyendo todo a su paso. Las lavas emitidas por nuestros volcanes normalmente se enfrían en la zona del cráter, a veces formando domos o recorren escasos kilómetros.

- Lahares

Son torrentes o flujos de barro o lodo volcánico controlados por la gravedad, compuestos de una mezcla de materiales finos y agua (proviene de fuertes lluvias, fusión de hielo o nieve) que contienen a menudo una gran proporción de residuos más gruesos. Varían entre corrientes de agua algo enriquecidas en partículas, hasta flujos espesos conteniendo hasta el 80% del peso de materiales sólidos que se comportan como concreto líquido (INGEMMET, 1997).

La gran mayoría de los lahares son fríos pero algunos son calientes, o de temperaturas que se aproximan a la ebullición. Además los lahares tienden a aumentar en volumen con factores de 3 a 5, arrastrando e incorporando sedimentos y aguas en el trayecto. Los lahares descienden por las laderas de las montañas volcánicas con velocidades de hasta 100 km/hora y se sabe que algunos han recorrido en los valles distancias de hasta 300 km de su fuente (p.ej. Cotopaxi, Ecuador en 1877). Llegando a una planicie tienden a distribuirse en forma de abanico, cubriendo así extensas áreas. (Figura 15).



Figura 15: Depósitos de lahares en el río Chili. INGEMMET (s.f.).

- **Avalancha de escombros**

También conocidos como “debris Avalanche”, son deslizamientos súbitos generados por el colapso de una parte voluminosa del edificio volcánico por efectos de la gravedad (cono apilado) y/o ascenso de magma (domo), debido a factores de inestabilidad, tales como elevada pendiente del edificio volcánico, activación de fallas geológicas, movimientos sísmicos, explosiones volcánicas, entre otros.

Los clastos que caracterizan una avalancha de escombros son de textura caótica y tamaño variable, desde el orden de centímetros a varios cientos de metros, generalmente se encuentran fracturados (característica forma de rompecabezas), Ui et al., 2000.

Los materiales transportados comprenden volúmenes considerables (< 10-20 millones m³. hasta de 100 m altura), velocidades de hasta de 100 m/s y alcanzan rangos de hasta decenas de kilómetros; pero menos móviles que los flujos piroclásticos. Geomorfológicamente, conforman colinas (“hummocky”) en la planicie frente al volcán (Figura 16).

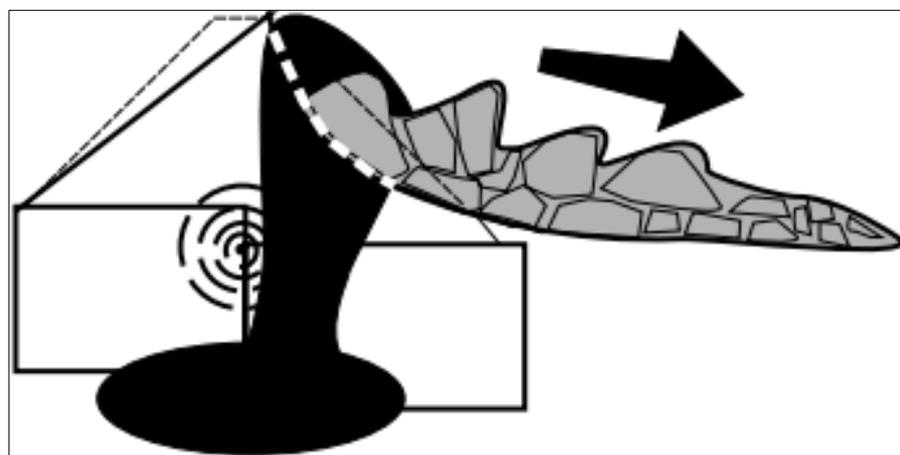


Figura 16: Esquema de avalancha de escombros generado por el colapso del sector oeste del volcán. Roldan Et al. (2011).

- Eyecciones balísticas

Se denominan así, a las eyecciones de bloques, bombas y lapilli que se precipitan dentro de un área más o menos circular alrededor del cráter, dentro de un radio entre 3-5 km. Bloques de grandes tamaños y con alta velocidad de la erupción representan gran potencial de impacto. Generalmente se presentan como mezcla de material frío y caliente de la roca caída y del magma respectivamente. Las eyecciones de magma mantienen su alta temperatura de varios cientos de grados Celsius. Son de naturaleza impredecible y sorpresiva (INGEMMET, 1997).

- Gases volcánicos

Los volcanes producen una importante liberación de gases durante las erupciones volcánicas e incluso cuando no se encuentra en actividad eruptiva (Figura 17), emite principalmente vapor de agua; dióxido de carbono, dióxido de azufre, ácido clorhídrico, monóxido de carbono, ácido fluorhídrico, azufre, nitrógeno, cloro y flúor. Estos gases se diluyen y dispersan rápidamente, sin embargo pueden alcanzar concentraciones altas en las zonas bajas o depresiones muy cercanas al volcán, donde pueden causar intoxicación y muerte de personas y animales. Los gases también pueden condensarse y adherirse a partículas de ceniza, así como reaccionar con las gotas de agua y provocar lluvias ácidas que generan corrosión, daños en los cultivos, contaminación de aguas y suelos, etc. (INGEMMET, s.f.).



Figura 17: Gases en el cráter del volcán Ubinas. INGEMMET (s.f.).

3) Sísmicos

Relacionados a las fuerzas que actúan desde el interior de la Tierra (fuerzas endógenas o tectónicas). Entre los principales eventos se tienen:

- Sismos

Un sismo, también llamado terremoto, seísmo, temblor o movimiento telúrico, es la vibración de la tierra producida por una rápida liberación de energía a causa del deslizamiento de la corteza terrestre a lo largo

de un plano de falla (Tavera). La energía liberada se propaga en todas las direcciones, desde su origen (foco) en forma de ondas (Figura 18).

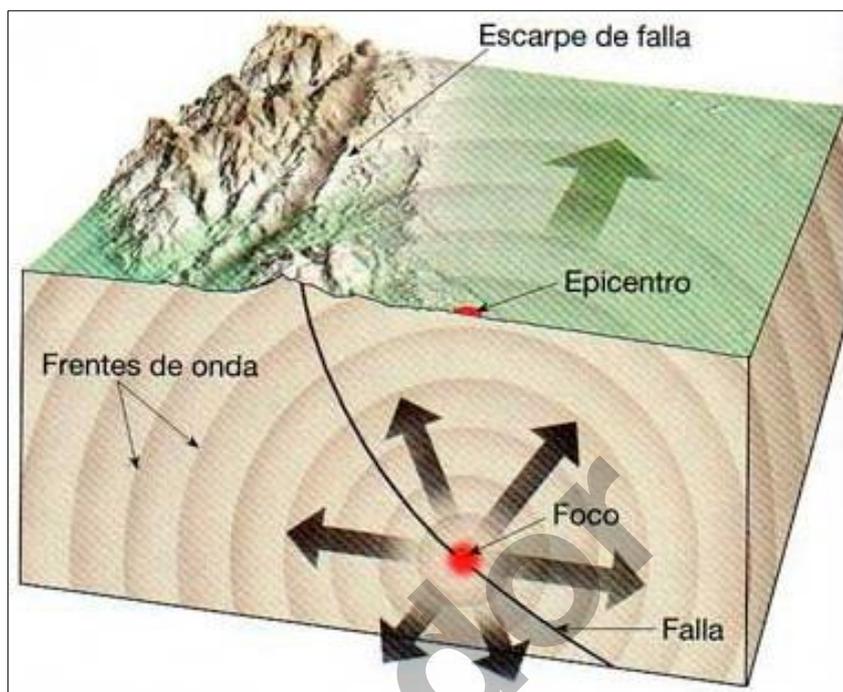


Figura 18: Esquema de un sismo producido por una falla. Tarbuck (2005).

Cuando se genera un sismo, toda la energía que se libera, sacude con mayor fuerza el ámbito geográfico cercano al epicentro, y todo lo que se encuentra sobre su superficie (infraestructura y población, entre otros).

En la Figura 20, se aprecia que el punto "A" posee amplitudes altas y periodos cortos, a partir de allí, conforme las ondas se propagan por todas direcciones y en función al tipo de suelo, empiezan a perder energía. Esta pérdida de energía se refleja en la disminución de la amplitud de la onda. Es por esta razón que una persona ubicada cerca del epicentro en el punto "A", por ejemplo, experimentará un movimiento mucho más fuerte que una ubicada en el punto "C".

También, una persona en el punto "A" percibirá un sacudimiento intenso del suelo, mientras que una persona en el punto "B" un sacudimiento moderado del suelo y una persona en el punto "C" sentirán un sacudimiento leve del suelo. Todo esto es debido precisamente a que los periodos largos tienden a predominar conforme aumenta la distancia tal y del tipo de suelo, tal como se muestra en la Figura 19.

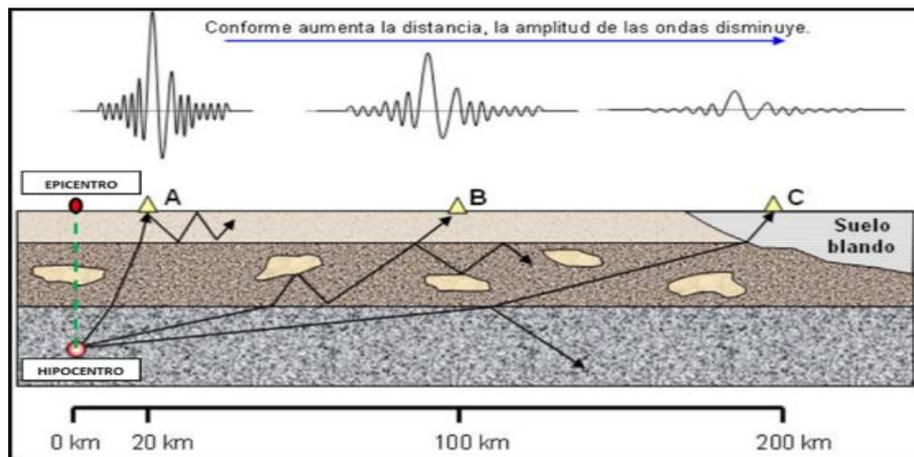


Figura 19: Disminución de la amplitud de onda y su energía al aumentar la distancia al hipocentro, (INII, 2011).

Existen factores externos (factores condicionantes) a las características del sismo que pueden influir en el valor de intensidad de sacudimiento del suelo que se puede registrar en una zona por la llegada de las ondas sísmicas. Estos factores suelen estar relacionados con las condiciones geológicas y tipología de suelos.

El factor más importante es la variación de los diferentes materiales que podemos encontrar en las capas superficiales, ya que, dadas sus diferencias de densidad, compactación y saturación de agua, se comportan de diferente manera frente a la vibración inducida por las ondas sísmicas, este efecto es conocido como "Efectos de Sitio".

Los sustratos rocosos, amplifican muy poco las vibraciones del suelo, en cambio los depósitos inconsolidados (gravas, arena y limos) amplifican considerablemente los movimientos, y por tanto, aumenta la intensidad del sacudimiento que sufren esos materiales (mayor amplificación cuanto menor es el tamaño de grano del sedimento), Figura 20.

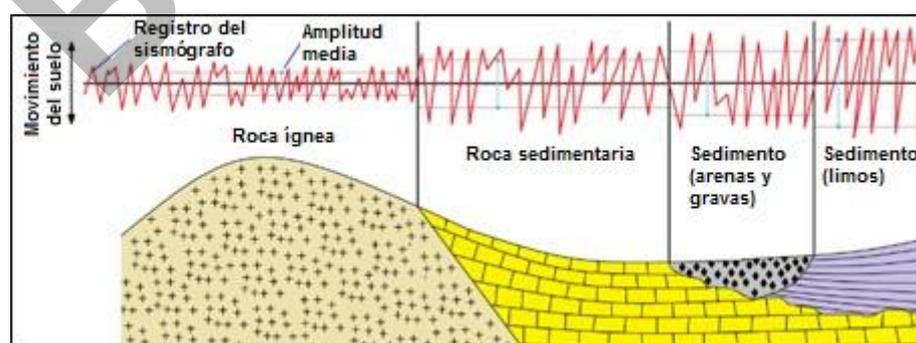


Figura 20: Variación de amplitud de onda al propagarse por diferentes tipos de suelos. CENEPRED (2015).

En zonas muy cercanas al epicentro del sismo, puede haber diferencias muy importantes en los daños producidos en la superficie, únicamente por la amplificación de la señal debido a los diferentes materiales que encontramos en la superficie. A continuación, en la Figura 21 se

muestra la descripción de las intensidades sísmicas, en base a la Escala de Mercalli Modificada.

GRADO	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.
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. 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 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 adobe 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.

Figura 21: Cuadro de intensidad de Mercalli Modificada. Wood y Newmann (1931).

▪ Tsunami

Según el Glosario de tsunami de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental COI, define Tsunami como un término japonés que significa ola (“nami”) en puerto (“tsu”). Serie de ondas de longitud y período sumamente largos, normalmente generados por perturbaciones asociadas con terremotos que ocurren bajo el fondo oceánico o cerca de él.

Es el nombre japonés para el sistema de ondas de gravedad del océano, que siguen a cualquier disturbio de la superficie libre, de escala grande y de corta duración (Van Dorm, 1965), o más largos, generadas, por explosiones volcánicas en islas, deslizamientos de tierra submarinos, caída de rocas a bahías al océano, desplazamientos tectónicos asociados con terremotos y explosiones submarinas de dispositivos nucleares (Wiegel, 1970), Figura 22.

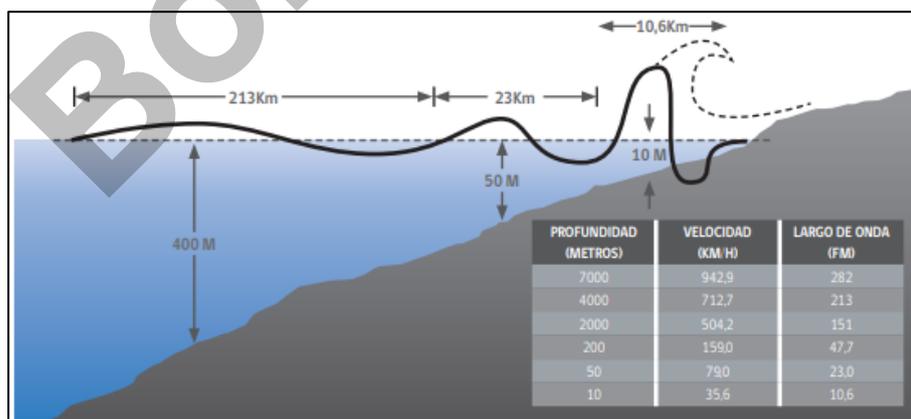


Figura 22: Esquema de generación de un tsunami. Guía análisis de riesgos naturales para el ordenamiento territorial. Geociencia Australia (2011).

La causa más frecuente de generación de tsunamis se debe a la ocurrencia de sismos producidos en el fondo marino, como producto de la fricción de placas y desplazamientos repentinos que producen las fuerzas tectónicas. Sin embargo, puede haber otros mecanismos de generación: deslizamientos submarinos, erupciones volcánicas y

cualquier otra circunstancia que pueda producir el desplazamiento de un gran volumen de agua en un intervalo muy corto de tiempo.

Cabe mencionar que, los movimientos sísmicos ocasionan el 96% de los tsunamis observados. Cuando los sismos son locales los daños y efectos originados por el tsunami son severos, debido a que no se cuenta con tiempo suficiente para evacuar la zona, el arribo de la onda demora entre 10 y 20 minutos después del sismo, lo cual deja poco tiempo para organizar una evacuación ordenada.

En la Figura 23, se observa un esquema que muestra la convergencia de placas en el borde occidental del Perú y el proceso de generación de sismos y tsunamis. La línea en rojo representa al área de acoplamiento sísmico o aspereza. El proceso de subducción deforma el borde continental hasta un máximo de resistencia al desplazamiento y la energía acumulada es liberada con la ocurrencia del sismo y posterior tsunami.

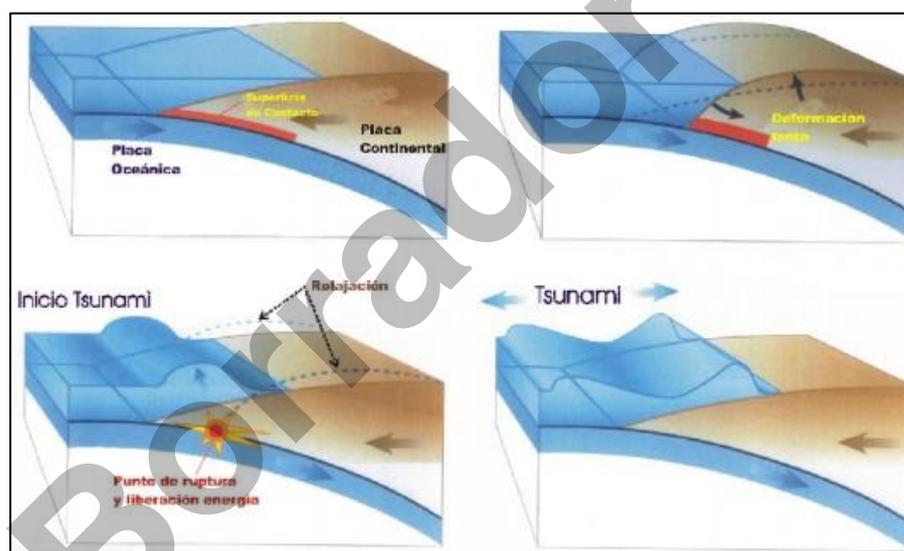


Figura 23: Proceso de generación de sismos y tsunamis. Tavera (2017).

Un tsunami de este tipo es de origen tectónico, y dentro de ellos, los que se originan en zonas de subducción de placas, son los más comunes.

Según la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN, 2016), las condiciones para que pueda generarse un tsunami que pueda producir daños en la costa son:

- Sismo magnitud mayor o igual a 7.0 Mw (valor referencial).
- Epicentro del sismo en el mar o cerca de la línea de la costa.
- Profundidad focal superficial, menor a 60 km (como valor referencial).

Tsunamis originados por erupciones volcánicas submarinas (explosiones o implosiones): Aunque no es muy frecuente, las erupciones volcánicas violentas en el fondo marino pueden generar perturbaciones importantes, capaz de desplazar grandes volúmenes de agua y generar tsunamis extremadamente destructivos, principalmente en zonas próximas a la erupción (responsables del 3% de ocurrencia de tsunamis). En este caso, las ondas son generadas por el desplazamiento repentino del agua a causa de la explosión volcánica o bien de un deslizamiento de una ladera del terreno. Las ondas también se crean como consecuencia de una explosión seguida por el colapso de la cámara magmática (Figura 24).



Figura 24: Tsunami generado por erupción volcánica submarina. (DHN, 2012).

Tsunamis originados por deslizamientos o derrumbes submarinos o costeros: Aparte de los sismos, los otros mecanismos generadores de tsunamis son los deslizamientos de tierra producidos por erupciones volcánicas explosivas o explosiones marinas, ya que pueden hundir islas o montañas enteras en el mar en cuestión de segundos. Aun así, el tsunami provocado suele disiparse rápidamente, sin generar daños en grandes márgenes continentales (0.8% de ocurrencia).

También existe otra posibilidad, la de desprendimientos naturales tanto en superficie como bajo ella. Al igual que en la superficie terrestre se producen deslizamientos y flujos de material en laderas inestables, estos mismos eventos también tienen lugar en los fondos marinos. Tales eventos se producen como consecuencia de la inestabilidad y derrumbamiento masivo de material en pendientes submarinas, a veces generados por movimientos sísmicos. Figura 25.



Figura 25: Tsunami generado por deslizamiento. CENEPRED, 2015.

Los tsunamis de acuerdo a su alcance, la fuerza destructiva y su fuente de origen se clasifican en tres categorías:

- Tsunami lejano o transoceánico: Un tsunami capaz de causar una amplia destrucción, no solamente en la región inmediata al área de generación, sino a través de todo el océano por el que se propaga. Cuando la destrucción está por encima de los 1000 km desde la fuente.
- Tsunami regional: Tsunami capaz de causar destrucción en una región geográfica en concreto, normalmente situada a 1000 kilómetros como máximo de su fuente, o en zonas situadas de 1 a 3 horas de tiempo de viaje de las ondas del tsunami.
- Tsunami local: Tsunami proveniente de una fuente cercana cuyos efectos destructivos afectan a costas situadas a menos de una hora de viaje de la ola del tsunami o, generalmente, en un radio de 200 km desde el origen.

Escala de Intensidad de Tsunamis de Soloviev: Soloviev precisó en 1970, lo inapropiado al usar el término magnitud del tsunami en la escala de Inamura-Iida, y que este debería ser referenciado como intensidad del tsunami y no como magnitud: "Esto es porque el valor de la magnitud debe caracterizar dinámicamente los procesos en la fuente del fenómeno e intensidad, debe caracterizarlo en un cierto punto de observación, incluido el punto más cercano a la fuente". La escala de intensidad propuesta por Soloviev es similar a la de Rudolph de tsunamis europeos y a la Mercalli sobre daños sísmicos en tierra (Soloviev, 1970), Figura 26.

Intensidad	Altura Run Up (m)	Descripción del Tsunami
I	0.5	<i>Muy ligero.</i> Olas débiles pueden ser perceptibles solo en mareógrafos.
II	1	<i>Ligera.</i> Olas observadas por personas que viven a lo largo de la costa y familiarizados con el comportamiento del océano. En costas muy planas las olas son generalmente observadas.
III	1	<i>Algo grande.</i> Generalmente observadas. Inundaciones en costas de pendientes suaves. Veleros ligeros arrastrados fuera de la costa. Moderado daño a estructuras livianas situadas cerca de las costas. En estuarios, hay reversión del flujo a cierta distancia arriba del torrente de los ríos.
IV	4	<i>Grandes.</i> Inundaciones de la costa de cierta profundidad. Ligero azote de objetos en tierra. Terraplenes y diques dañados. Dañadas estructuras livianas cerca de las costas. Ligeramente dañadas estructuras sólidas en las costas. Grandes buques de pesca y pequeños barcos hundidos en tierra o llevados fuera del océano. Costas ensuciadas con basura flotando.
V	8	<i>Muy grande.</i> Inundación general de la costa a cierto nivel. Dañados muelles y otras estructuras pesadas cerca del mar. Destruídas ligeras estructuras. Severa limpieza de tierra cultivada y ensuciamiento de la costa con objetos flotando, peces y otros animales del mar muertos. Con la excepción de grandes naves, todos los buques son arrastrados a tierra o hacia el mar. Grandes socavamientos en estuarios. Trabajos dañados en puertos. Personas ahogadas, ondas acompañadas por un fuerte rugido.
VI	16	<i>Desastroso.</i> Destrucción parcial o completa de estructuras hechas por el hombre a cierta distancia de la costa. Inundación de costas a gran nivel de profundidad. Dañadas severamente grandes naves. Árboles arrancados de raíz o partidos por las olas. Ocurren muchas muertes.

Figura 26: Escala de intensidad de tsunamis (Soloviev, 1970).

▪ Licuación

El fenómeno de licuación es definido como la pérdida rápida de la resistencia al esfuerzo cortante de suelos saturados debido al incremento súbito en las presiones de poros, bajo condiciones no drenadas y cargas cíclicas principalmente. Los suelos más susceptibles a este fenómeno ante eventos dinámicos son las arenas finas mal gradadas y limos, cuando se encuentran con baja compacidad relativa. Para que este fenómeno ocurra, el suelo debe estar saturado y debe haber presencia de niveles freáticos altos cerca de superficie. Pachón et al, 2000.

2.1.2 Generados por procesos hidrológicos y/u oceanográficos

1) Inundación fluvial

Una inundación es la ocupación por parte del agua en zonas que habitualmente están libres de esta. Este evento se convierte en peligro cuando estas zonas están pobladas, (Chahua y Gómez, 2016).

El agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes corresponde a precipitaciones registradas en cualquier parte de la cuenca tributaria y no necesariamente a lluvia sobre la zona afectada (Figura 27).



Figura 27: Inundaciones fluviales generadas por el desborde del cauce. El Comercio (2017).

2) Inundación pluvial

Evento geodinámico que resulta de las precipitaciones pluviales, en las partes bajas o de menor pendiente (depresiones), se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días, (Cenapred, 2004). Cabe resaltar que, las zonas afectadas por este tipo de eventos, por lo general han sido intervenidas o asociadas a la interacción de las actividades inducidas por la acción humana, debido al diseño inadecuado de obras de drenaje (Figura 28).



Figura 28: Inundaciones pluviales en zonas de depresión (cuencas ciegas) de la ciudad de Piura. El Comercio (2017).

3) Oleaje anómalo o marejada

Referido a aquel estado del mar en el que las olas (ondas mecánicas de gran amplitud que se forman en la superficie de las aguas) son más grandes que lo normal (superan el comportamiento normal). Este oleaje anómalo puede presentarse como ligero (mar ligeramente picado), moderado (mar picado o movido), fuerte (mar muy movido) o de muy fuerte intensidad (mar con grandes tumbos y rompiente estrepitosa), que los pobladores ribereños denominan maretazo, (Vera, 2017).

4) Deglaciación

Proceso que consiste en la disminución o retroceso de los glaciares, debido al ascenso inferior de las nieves permanentes de alta montaña, cada vez a mayor altitud, hasta desaparecer en su totalidad, producto del deshielo o fusión glaciaria. Entre las principales causas de los procesos de deglaciación, se tienen el cambio climático y el efecto invernadero.

Los procesos de desglaciación están asociados con la alteración del régimen hídrico, problemas de abastecimiento de agua y la generación de peligros de origen natural, tales como huaicos, inundaciones, aluviones y desembalses; aumentando los riesgos en las poblaciones asentadas en las partes bajas de las cuencas, (Modificado Gil, 2012).

5) Ola de calor

Evento particular que consiste en el incremento de los valores de la temperatura del aire, cuyos registros de temperatura máxima fácilmente superan los 30°C y las mínimas (nocturnas), los 20°C en casi la totalidad del año. Producto de ello, se generan el malestar de la población, deshidratación e insolación, principalmente en niños y ancianos; así mismo, los campos de cultivo también pueden verse afectados por stress térmico. SENAMHI, 2015.

6) Ola de frío

Es un fuerte enfriamiento del aire (helada de irradiación) o una invasión de aire muy frío (helada de advección), con frecuencia acompañada de nevadas abundantes, que se extiende sobre un amplio territorio, (Cuadrat, J. et al, 2015).

Ejemplo de estos eventos, en el ámbito del territorio peruano son las olas de frío en la Amazonía Peruana, las cuales se definen como caídas bruscas de temperatura que perduren como mínimo 3 días consecutivos, cuyos valores de temperaturas máximas y mínimas se encuentran por debajo del percentil 5 ($T_x < 27.2^{\circ}\text{C}$ y $T_m < 19.6^{\circ}\text{C}$). Cabe mencionar que el SENAMHI, asocia las olas de frío con el denominado evento “friaje”, este último definido como un frente frío que avanza desde el extremo sur del continente Sudamericano hasta la Amazonía central en la época de menor precipitación. La temperatura del aire disminuye en algunas horas en 10° ó 20°C registrando valores extremadamente bajos para la región tropical continental, (SENAMHI, 2015).

7) Heladas

Fenómeno atmosférico que se caracteriza por la ocurrencia de temperaturas menores o iguales a 0°C a un nivel de 2 metros sobre el nivel del suelo, es decir al nivel reglamentario al cual se ubican las casetas de medición meteorológica” (González & Torres, 2012).

Estos fenómenos ocurren por la disminución de la nubosidad en los Andes y se produce cuando la temperatura ambiental disminuye, más allá de los cero grados centígrados, durante los meses de junio, julio y agosto. Tiene mayor recurrencia en zonas ubicadas a más de 3500 m.s.n.m.

8) Inundaciones costeras

Aumento anormal de aguas en espacios geográficos contiguos al litoral que se presentan cuando el nivel medio del mar asciende debido a la marea y permite que éste penetre tierra adentro, en las zonas costeras, generando el cubrimiento de grandes extensiones de terreno, (Jiménez, 2013).

9) Incendios forestales

Propagación libre y no programada del fuego sobre vegetación en bosques, selvas y zonas áridas o semiáridas y aéreas preferentemente forestales, ya sea por causas naturales (vulcanismo o rayos) o inducidas (actividades antrópicas), con una ocurrencia y propagación no controlada o programada, durante la ocurrencia del mismo se podrían afectar desde una superficie incipiente hasta miles de hectáreas, ocasionando diversos efectos al suelo, flora y fauna, así como a los bienes y servicios como agua disponible en el subsuelo, captura de carbono, emisión de oxígeno, alimentación, recreación y composición de la biodiversidad, así como, en términos globales, contribuyen al cambio climático mundial a través de las emisiones, (Mejía, 2017).

10) Lluvias intensas

Fenómenos atmosféricos producidos por la condensación de las nubes, debido a ello se generan gotas de agua de diámetro mayor a los 0.5 mm.

11) Tormentas eléctricas

Descargas violentas de electricidad atmosférica, que se manifiestan con rayos o chispas, emiten un resplandor breve o relámpago (luz) y un trueno (sonido). Las tormentas eléctricas severas se presentan acompañadas de lluvias intensas, vientos fuertes, probabilidad de granizo, rayos e inundaciones (Cenapred, s.f.).

12) Granizada

Es la precipitación en forma de hielo que cae rápidamente a la superficie terrestre y está asociada a una tormenta, SENAMHI.

13) Nevada

Es la precipitación en forma de nieve que ocurre en la región andina (SENAMHI, s.f.).

14) Vientos fuertes

Es un fenómeno natural que se entiende como el aumento de la intensidad de los vientos durante intervalos cortos de tiempo, con velocidades superiores a 25 nudos (46 kph). Generalmente estos fenómenos se presentan en la región central andina en los meses de cambio de temporada climática, es decir, cuando estamos en transición ya sea de verano a invierno o viceversa, (marzo - junio - septiembre -diciembre).

15) Sequía

Es un fenómeno climático recurrente caracterizado por una reducción en la precipitación pluvial con respecto a la considerada como normal, que no presenta epicentro ni trayectorias definidas, (Ortega, 2013).

La sequía es un tipo de peligro de origen natural asociado a la falta de agua y se distingue de otros peligros en que tiende a ocurrir lentamente, por lo que no es fácil determinar su inicio y su fin (Wilhite y Buchanan-Smith, 2005). La sequía se puede definir como “una condición de humedad insuficiente causado por déficit de precipitación sobre un periodo de tiempo” (McKee et al, 1993). Las sequías se pueden clasificar según Wilhite y Glantz (1985) en:

- Sequía meteorológica: Se refiere a la deficiencia de la precipitación sobre un periodo de tiempo que puede ser de días a años. La definición cuantitativa de una sequía dependerá de las características de la región y de la aplicación que se dará a dicha definición, pero típicamente estará basada en una medida de la precipitación como el Índice de Precipitación Estandarizada que será descrita en la siguiente sección.
- Sequía hidrológica: Está asociada a los efectos del déficit en precipitación sobre la disponibilidad de agua superficial y subsuperficial (i.e. caudales de los ríos, niveles de los reservorios, etc.), por lo que la magnitud y duración se definen a nivel de cuenca hidrográfica. Por ejemplo, si bien la precipitación es el origen de esta sequía, debido a los procesos hidrológicos normales, se pueden observar demoras en la sequía hidrológica con respecto al déficit de precipitación. Debido a esto, pueden haber desfases con respecto a los impactos sobre otros sectores, como la agricultura por secano. Además, la recuperación de las componentes hidrológicas puede demorar debido a los largos tiempos de recarga.
- Sequía agronómica: Relaciona el déficit meteorológico e hidrológico con impactos sobre los cultivos. Se enfoca en el desbalance entre el requerimiento de evapotranspiración de los cultivos y la disponibilidad de agua de precipitación, suelo, subterránea, etc. El requerimiento de los cultivos dependerá de las condiciones ambientales (insolación, humedad del aire, temperatura, etc.), las propiedades del suelo, las

características del cultivo específico, y en la fase de su desarrollo en el que se encuentra. Por ejemplo, Garay (2008) muestra que el coeficiente de uso consuntivo de los cultivos en los Andes centrales del Perú aumenta en 4 a 5 veces después de tres meses de su siembra, lo cual tiende a ocurrir cerca al pico de la temporada de lluvia.

- Sequía socioeconómica: Difiere de los anteriores en que asocia a las actividades antrópicas con elementos de las sequías meteorológicas, hidrológicas y agronómicas. Puede resultar de efectos sobre la oferta y demanda de bienes económicos, así como del impacto diferenciado entre distintos grupos en la población. Más aún, esta sequía puede generar conflictos entre grupos que compiten por recursos asociados con el agua. Este concepto también sugiere la posibilidad de que la sequía sea generada por factores inducidos por la acción humana, asociadas con un uso excesivo de los recursos hídricos, confundiendo los conceptos de “sequía” y de “desarrollo insostenible” (Wilhite y Buchanan-Smith, 2005). En los Andes peruanos, esto tiene particular relevancia, debido a que en las últimas décadas el deshielo acelerado de los glaciares andinos —debido al calentamiento global— contribuye sustancialmente a la disponibilidad hídrica, pero si los glaciares desaparecen, toda su contribución se terminará. Entonces, la sequía resultante se deberá tanto al cambio climático que produjo la desaparición de los glaciares, como al supuesto de que el deshielo acelerado es una fuente inagotable de agua.

16) Erosión fluvial

La erosión en un río se produce cuando la energía (o potencia bruta) de una corriente fluvial es mayor que el sumatorio de potencia fricción (la empleada en salvar fricciones) y potencia de transporte (la empleada en transportar materiales), García (2012).

17) Erosión de suelos

La erosión de suelos es un proceso relacionado con la degradación, remoción y transporte de las partículas de suelo, a través del cual se reduce la capa superior del suelo (niveles de materia orgánica); en consecuencia, genera una pérdida irremediable del suelo. (SENAMHI, 2017).

Se presenta con diversos grados de intensidad, llegando muchas veces hasta condiciones tales, que no es posible restaurarlas, provocando en consecuencia el desequilibrio de la estabilidad armónica a nivel de cuencas hidrográficas.

La erosión es causada principalmente por las lluvias y los escurrimientos (Figura 29).

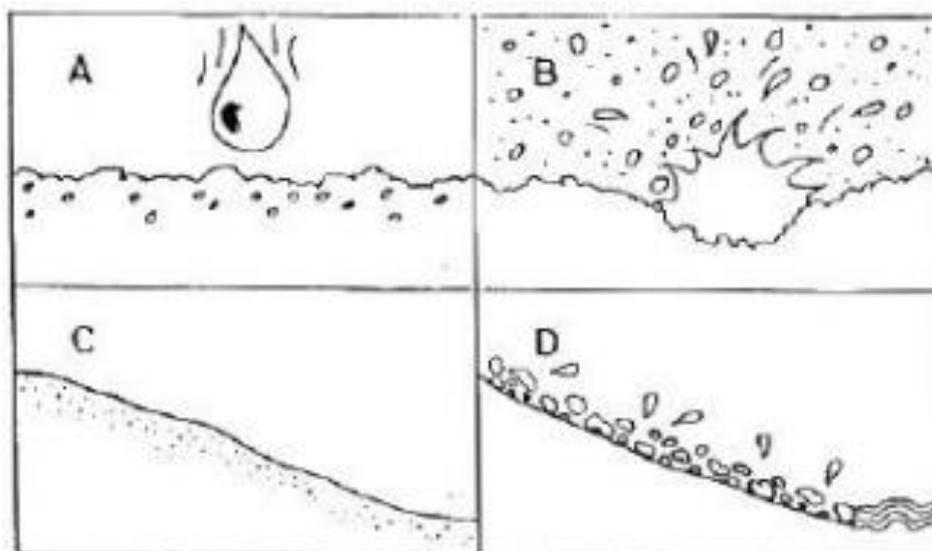


Figura 29: Erosión por salpicadura generada por lluvias (A y B) y erosión por escorrentía (C y D). Derpsch et al. (1991).

Entre los tipos de erosión de suelos, de acuerdo a las fuerzas que actúan y tiempos de recurrencia, se tienen:

Erosión natural o geológica: Es aquella que ocurre como consecuencia solamente de las fuerzas de la naturaleza y cuyas tasas de ocurrencia son generalmente bajas.

Erosión acelerada o inducida: Es aquella que sumado, a las condiciones naturales se incluye actividades inducidas por la acción humana, debido al mal manejo del suelo.

18) Erosión marina

Evento producido en zonas costeras que se caracteriza por el desgaste del litoral, principalmente por la acción de las olas y corrientes producidas por ellas y en menor medida por las mareas. La erosión marina, a diferencia de los otros peligros geológicos, es la única que es originada exclusivamente por causas marítimas (MINAM, 2016).

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Borrador

3. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

En esta sección se detallará el procedimiento a seguir para realizar el cálculo de los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo.

Para obtener el cálculo de los niveles del riesgo originados por la ocurrencia de un peligro natural, se deben calcular previamente los niveles de peligro en el área de estudio, así como los niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos ante este peligro. En la Figura 30, se muestra la relación entre el riesgo, peligro y vulnerabilidad.

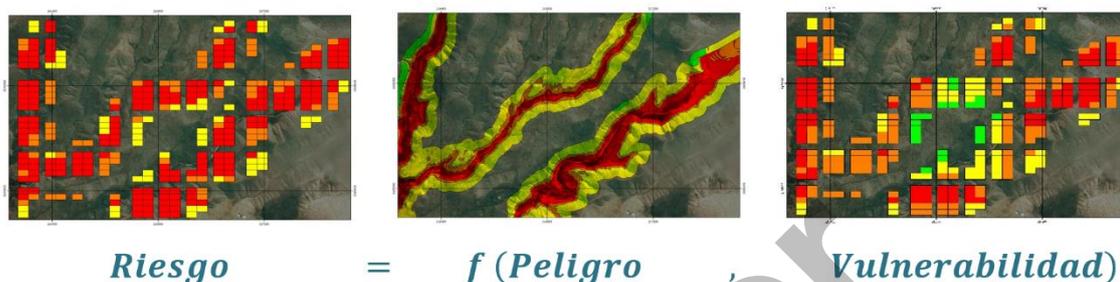


Figura 30: Relación entre el peligro, vulnerabilidad y riesgo.

Las capas de peligro, vulnerabilidad y riesgo están compuestas por 4 niveles (Muy Alto, Alto, Medio y Bajo) y cada uno de ellos están comprendidos entre un rango de valores, los cuales son calculados con el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (Anexo I). Al relacionar las capas de Peligro y Vulnerabilidad, el producto resultante representa los valores de los niveles del Riesgo.

El término “capa”, en este manual, hace referencia a un archivo que contiene información geográfica de tipo vectorial.

Al referirse a operaciones entre capas (suma, multiplicación y división), estos se realizan utilizando un Sistema de Información Geográfica.

Las capas de peligro y vulnerabilidad son productos de la composición de otras subcapas, los cuales están detallados en las siguientes secciones.

3.1 Cálculo de los niveles del peligro

El cálculo de los niveles del peligro consiste en relacionar las capas del parámetro de evaluación y la susceptibilidad (Figura 31).

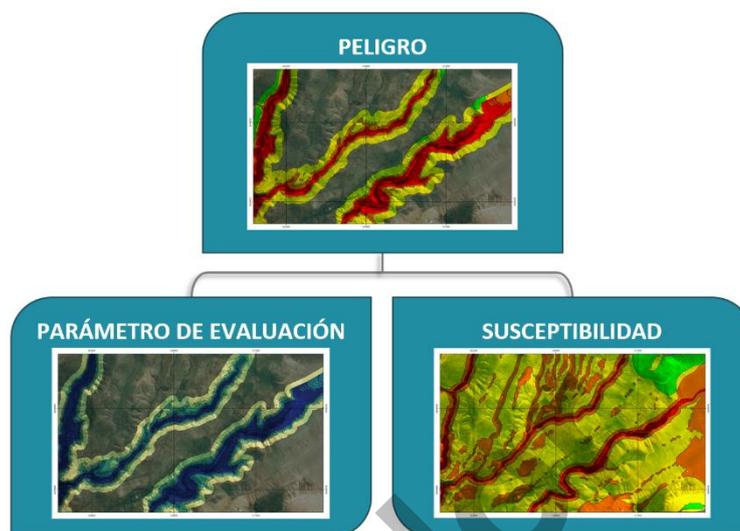


Figura 31: Esquema general de la composición del peligro asociado a un evento natural.

El procedimiento para definir y estratificar los niveles del peligro para un evento natural que se desarrolla en un lugar en específico y donde se ubican los elementos de interés, se puede observar en el siguiente flujograma (Figura 32).



Figura 32: Flujograma para la definición y estratificación de los niveles del peligro.

3.1.1 Ubicación de la zona en evaluación

El primer procedimiento que se debe realizar es ubicar la zona en la cual se desarrollará la evaluación y para ello, se deberá obtener datos de la jurisdicción a la que pertenece (centro poblado, distrito, provincia, departamento, etc.), vías de acceso, geolocalización con sistemas de información geográfica y otra información que facilite la ubicación de esta zona.

3.1.2 Recopilación, análisis y sistematización de la información

Este proceso consiste en recopilar información referente a la ocurrencia de peligros naturales en la zona de trabajo, la cual es sistematizada mediante fuentes oficiales en geoportales, tales como: SIGRID, SINPAD, Repositorios del INGEMMET, SENAMHI, INAIGEM, ANA, IGP, entre otros. Esta información es analizada, empleando Sistemas de Información Geográfica y otras herramientas digitales de ofimática.

Es importante también, considerar los testimonios de los pobladores respecto a los peligros naturales que ocurren en sus entornos.

3.1.3 Identificación del tipo de peligro para la evaluación

En este proceso se determina el peligro natural que se va evaluar en la zona, de acuerdo al análisis de la información.

La evaluación del Riesgo se realizará solo para un tipo de peligro natural y este se seleccionará de acuerdo al análisis de la información realizada por el Evaluador.

Para las zonas geográficas con más de un tipo de peligro natural, se deberán realizar distintos informes, debido a que la dinámica de cada uno de ellos es diferente.

Se debe definir el escenario de riesgo del peligro natural que deseamos evaluar. Este escenario estará definido por la magnitud del factor que desencadena el peligro.

Ejemplo:

Se desea realizar una Evaluación del Riesgo por flujo de lodos en la quebrada Jicamarca, cuya intensidad se puede determinar en base los eventos similares que ocurrieron en los años 1996, 1998, 2017, etc. Sin embargo, se debe definir el evento considerado para la determinación del peligro, lo cual llamamos como escenario de riesgo. Para este ejemplo, se elige un evento similar al año 2017, por lo tanto, los datos de intensidad, magnitud, frecuencia, etc. Serán evaluados en base al escenario elegido.

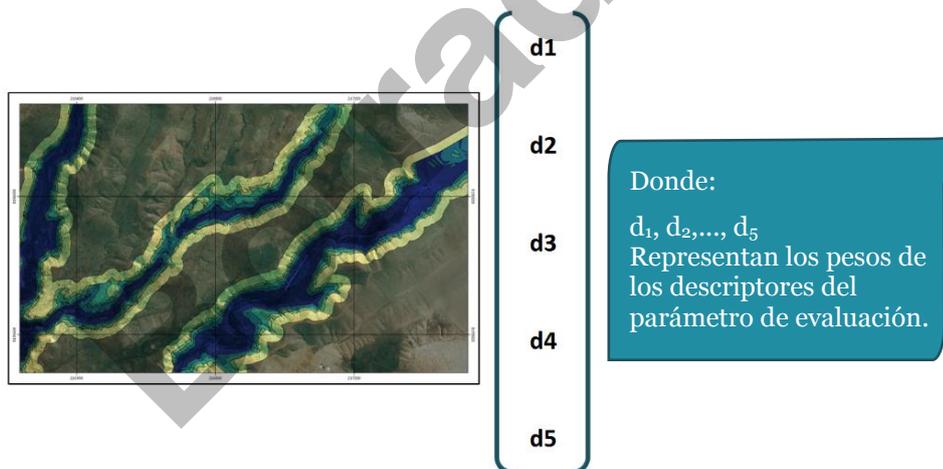
3.1.4 Delimitación del área de influencia asociado al peligro

Luego de haber realizado la identificación del tipo de peligro y del escenario, se delimita el área de influencia asociada al mismo. Este procedimiento consiste en reconocer en el área de estudio, las evidencias de los peligros recientes y/o antiguos ocurridos, las cuales deben caracterizar el peligro natural de mayor intensidad en su historia para la delimitación del área de influencia.

3.1.5 Parámetro de evaluación

El parámetro de evaluación permite definir y caracterizar el peligro. Este parámetro es cartografiado como la manifestación del peligro sobre el área en evaluación, el cual representa la intensidad de este para un determinado periodo de retorno y/o frecuencia. La intensidad del evento estará determinada por la magnitud del factor desencadenante, por lo tanto es necesario identificar la característica del factor que genera la ocurrencia de este peligro.

La capa del parámetro de evaluación contendrá 5 descriptores, los cuales estarán representados por valores numéricos (pesos) y cada uno de ellos será calculado empleando el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (Anexo I), Figura 33.



Representación del parámetro de evaluación con sus descriptores.

Cuando se evalúan peligros con registro de información y/o recientemente ocurridos, el parámetro de evaluación puede ser cartografiado, identificando evidencias, tales como las marcas (altura, volumen, área, etc.) en el área de influencia del peligro natural.

Cuando se evalúan peligros que no cuenten con registro histórico (evidencias, información bibliográfica, entre otros) o no haya ocurrido, el parámetro de evaluación se puede determinar con apoyo de la aplicación de modelos numéricos (simulaciones a través de programas de cómputo) que sirvan como herramienta para identificar la intensidad del evento. El grado de precisión de los resultados depende de la calidad de la información que sea utilizada.

3.1.6 Análisis de la Susceptibilidad del territorio

El análisis de Susceptibilidad del territorio para este tipo de estudio, está referido a la mayor o menor predisposición de que un peligro afecte u ocurra sobre un determinado ámbito geográfico.

La Susceptibilidad del territorio ante un peligro natural se obtiene relacionando los factores condicionantes del área en evaluación (Figura 34).



Figura 33: Esquema general de la composición de la susceptibilidad del territorio.

Los factores condicionantes son características propias del ámbito geográfico, los cuales contribuyan de manera favorable o no al desarrollo del peligro natural. Cada factor condicionante debe tener 5 descriptores y los pesos de estos serán calculados empleando el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (Anexo I), también se deberá relacionar cada factor condicionante utilizando el mismo método.

Para obtener la capa resultante de la susceptibilidad, se debe multiplicar los pesos de cada factor con sus respectivos descriptores, luego se suman, manteniendo el orden de prioridad de cada descriptor (Figura 35).

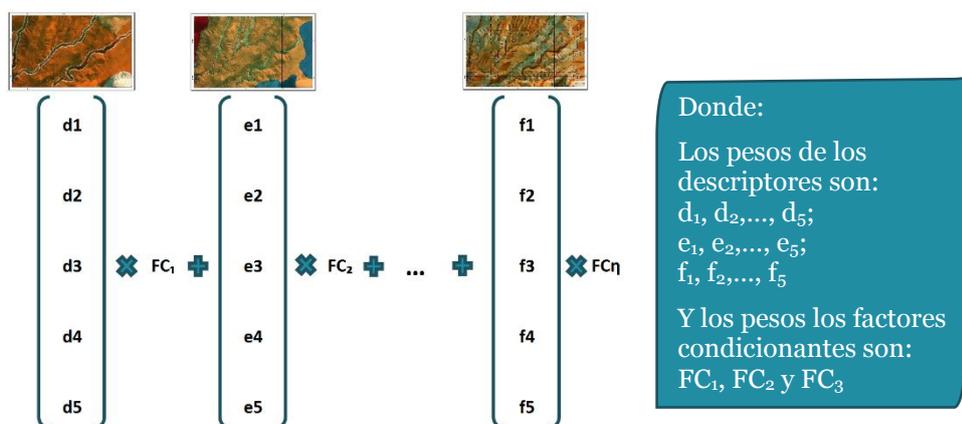


Figura 34: Procedimiento para el cálculo de la capa de susceptibilidad.

Para el análisis de la susceptibilidad se deberá considerar, al menos, 3 factores condicionantes, los cuales serán seleccionados en base al tipo de peligro natural y las características del área de estudio.

Para definir los niveles de susceptibilidad del territorio ante la ocurrencia de un peligro natural, se utilizan los valores de la capa de susceptibilidad. Estos valores permitirán establecer 4 rangos, tal como se muestra en la Figura 36.

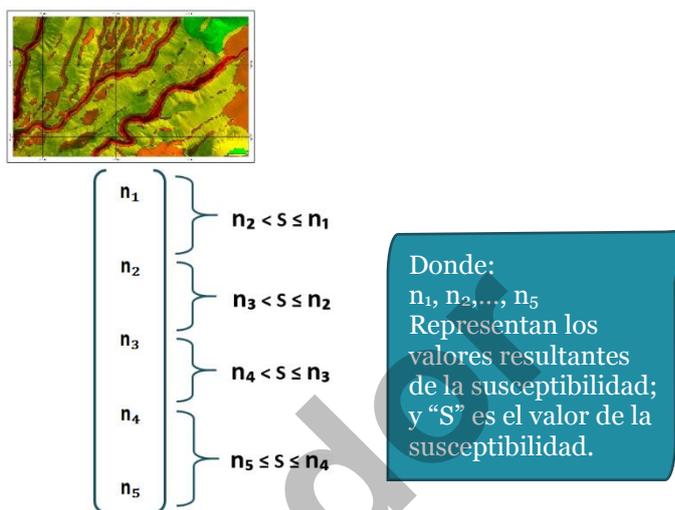


Figura 35: Establecimiento de los rangos de los niveles de la capa de susceptibilidad.

Luego de establecer los 4 rangos de valores de la susceptibilidad del territorio, estos son utilizados para clasificarlos en 4 niveles, "Muy alta", "Alta", "Media" y "Baja" (Figura 37).

Valores de los rangos de la susceptibilidad	Niveles de la susceptibilidad
$n_2 < S \leq n_1$	MUY ALTA
$n_3 < S \leq n_2$	ALTA
$n_4 < S \leq n_3$	MEDIA
$n_5 \leq S \leq n_4$	BAJA

Donde:
 n_1, n_2, \dots, n_5
 Son los valores de los rangos de la susceptibilidad; y "S" representa el valor de la susceptibilidad.

Figura 36: Clasificación de los niveles de la susceptibilidad del territorio asociado a un peligro natural.

Cada nivel de la susceptibilidad debe contener una descripción, que proviene de la relación de los descriptores de los factores condicionantes, en el cual se mantiene el orden de prioridad de cada descriptor en forma descendente y para el último nivel (susceptibilidad baja) se considerará los 2 últimos descriptores juntos, así como se observa en la Figura 38.

Factor condicionante 1	Factor condicionante 2	...	Factor condicionante n	Nivel de la susceptibilidad
FC1_d ₁	FC2_d ₁	...	FCn_d ₁	MUY ALTA
FC1_d ₂	FC2_d ₂	...	FCn_d ₂	ALTA
FC1_d ₃	FC2_d ₃	...	FCn_d ₃	MEDIA
FC1_d ₄	FC2_d ₄	...	FCn_d ₄	BAJA
FC1_d ₅	FC2_d ₅	...	FCn_d ₅	

Figura 37: Cuadro de descriptores de los factores condicionantes y de los niveles de la susceptibilidad.

La descripción de cada nivel se redactará utilizando el conjunto de los descriptores que corresponde a cada nivel de susceptibilidad (Figura 39).

Nivel	Descripción	Rango
MUY ALTA	El territorio se caracteriza principalmente por presentar ... FC1_d1, FC2_d1,... y FCn_d1.	$n_2 < S \leq n_1$
ALTA	El territorio se caracteriza principalmente por presentar ... FC1_d2, FC2_d2,..., FCn_d2.	$n_3 < S \leq n_2$
MEDIA	El territorio se caracteriza principalmente por presentar ... FC1_d3, FC2_d3,..., FCn_d3.	$n_4 < S \leq n_3$
BAJA	El territorio se caracteriza principalmente por presentar ... FC1_d4, FC1_d5; FC2_d4, FC2_d5,...; y FCn_d4, FCn_d5.	$n_5 \leq S \leq n_4$

Figura 38: Cuadro de estratificación de la susceptibilidad.

Donde:
 Las características de los descriptores de cada capa de los factores condicionantes son:
 FC1_d₁, FC1_d₂,..., FC1_d₅
 FC2_d₁, FC2_d₂,..., FC2_d₅
 .
 .
 .
 FCn_d₁, FCn_d₂,..., FCn_d₅

n_1, n_2, \dots, n_5
 Son los valores de los rangos de la susceptibilidad; y "S" es el valor de la susceptibilidad.

3.1.7 Definición y estratificación de los niveles del peligro

Para obtener la capa del peligro se debe sumar las capas del parámetro de evaluación y de la susceptibilidad, estos deberán estar multiplicados por sus respectivos pesos (Figura 40). Los pesos de ambas capas serán calculados de acuerdo al grado de importancia y estos deberán sumar la unidad (1).

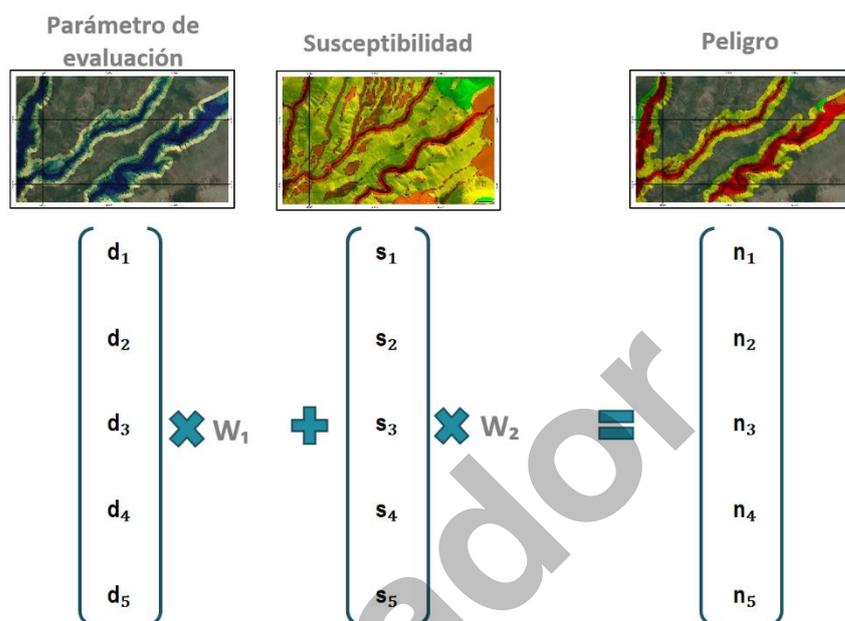


Figura 39: Cálculo de los niveles del peligro asociado a un evento natural.

Donde:
 $d_1, d_2, \dots, d_5; s_1, s_2, \dots, s_5; n_1, n_2, \dots, n_5$
 Son los pesos de los descriptores de las capas del parámetro de evaluación, de la susceptibilidad, y del peligro, respectivamente.
 W_1 y W_2
 Son los valores de los pesos de las capas del parámetro de evaluación y de la susceptibilidad, respectivamente, los cuales serán definidos por el evaluador.

Para definir los niveles de esta capa se utilizan los resultados del cálculo del valor del peligro, estos valores son utilizados para establecer los 4 rangos, los cuales determinarán cada nivel de peligro (Figura 41).

Valores de los rangos del Peligro	Niveles del Peligro
$n_2 < P \leq n_1$	MUY ALTO
$n_3 < P \leq n_2$	ALTO
$n_4 < P \leq n_3$	MEDIO
$n_5 \leq P \leq n_4$	BAJO

Donde:
 n_1, n_2, \dots, n_5
 Son los valores de los rangos del Peligro.
 "P"
 Representa el valor del Peligro.

Figura 40: Clasificación de los niveles del peligro.

Cada nivel de Peligro tiene una descripción que proviene de la relación de los descriptores de la capa de susceptibilidad y del parámetro de evaluación, manteniendo el orden de prioridad de los descriptores en forma descendente y para el último nivel (Peligro Bajo) se considerará los 2 últimos descriptores juntos. En cada nivel predominarán características del área en evaluación y del peligro evaluado, así como también de la magnitud factor que desencadena el peligro (Figura 42).

Nivel	Descripción	Rango
MUY ALTO	El territorio presenta una muy alta susceptibilidad a ser afectado ante la ocurrencia de ...[tipo de peligro], el cual es desencadenado por ...[factor desencadenante] con una magnitud de ...[magnitud del FD]..., en el que se presenta una intensidad de ...[PE_d ₁].	$n_2 < P \leq n_1$
ALTO	El territorio presenta una alta susceptibilidad a ser afectado ante la ocurrencia de ...[tipo de peligro], el cual es desencadenado por ...[factor desencadenante] con una magnitud de ...[magnitud del FD]..., en el que se presenta una intensidad de ...[PE_d ₂].	$n_3 < P \leq n_2$
MEDIO	El territorio presenta una susceptibilidad media a ser afectado ante la ocurrencia de ...[tipo de peligro], el cual es desencadenado por ...[factor desencadenante] con una magnitud de ...[magnitud del FD]..., en el que se presenta una intensidad de ...[PE_d ₃].	$n_4 < P \leq n_3$
BAJO	El territorio presenta una baja susceptibilidad a ser afectado ante la ocurrencia de ...[tipo de peligro], el cual es desencadenado por ...[factor desencadenante] con una magnitud de ...[magnitud del FD]..., en el que se presenta una intensidad de ...[PE_d ₄ , PE_d ₅].	$n_5 \leq P \leq n_4$

Figura 41: Cuadro de estratificación del Peligro.

Donde:
 PE_d₁, PE_d₂,..., PE_d₅
 Son los descriptores del parámetro de evaluación.
 n₁, n₂,..., n₅
 Son los rangos del peligro
 "FD" y "P"
 Son el factor desencadenante y el valor del peligro, respectivamente.

3.2 Cálculo de los niveles de vulnerabilidad

Según la Ley N° 29664, y su Reglamento, D.S. N° 048-2011-PCM, 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”.

El análisis de la vulnerabilidad debe relacionar los factores de exposición, fragilidad y resiliencia de los elementos expuestos al peligro (Artículo 2° del Reglamento de la Ley N° 29664). Cada uno de estos factores contiene información del elemento expuesto, la cual debe ser clasificada en 4 dimensiones: física, social, económica y ambiental.

La inclusión de las dimensiones para el cálculo de los factores de la vulnerabilidad dependerá del tipo de peligro al que está expuesto el elemento en análisis.

- **Dimensión física:** se refiere a las condiciones físicas en las infraestructuras o elementos ubicados en un ámbito geográfico específico que pueden ser afectados por la acción del peligro.
- **Dimensión social:** está relacionada a las limitaciones, debilidades, comportamientos, formas de actuar y de organización de la población, de las instituciones y/o empresas ubicadas en un ámbito geográfico específico ante la acción de un peligro.
- **Dimensión económica:** se relaciona con la ausencia o poca disponibilidad de recursos económicos y financieros que tiene la población, instituciones y/o empresas que se encuentran ubicados en un ámbito geográfico específico por la acción de un peligro.
- **Dimensión ambiental:** está relacionado de cómo la población, las instituciones y/o empresas utilizan los recursos que provee el capital natural que se encuentran ubicados en un ámbito geográfico específico ante la acción de un peligro.

Ejemplo:

En un informe de Evaluación del Riesgo para una entidad del sector Educación, los elementos de interés serán las universidades, institutos, colegios, etc., por tanto la vulnerabilidad se evaluará incluyendo principalmente datos de la dimensión física y social.

Si la Evaluación del Riesgo es para el sector Comercio, los elementos de interés serán los centros comerciales, tiendas, empresas, etc. y la Vulnerabilidad se evaluará incluyendo principalmente datos de la dimensión física y económica.

En la Figura 43, se muestra el flujograma que se debe seguir para la definición y estratificación de los niveles de la vulnerabilidad.



Figura 42: Flujograma para el cálculo de los niveles de la vulnerabilidad asociado a un peligro.

El análisis y cálculo de la vulnerabilidad se debe realizar a la unidad mínima funcional del elemento analizado del sector. Por lo tanto, la vulnerabilidad será a nivel de lote, parcela, colegio, etc.

3.2.1 Exposición

Es la condición de desventaja debido a la ubicación de una persona, objeto o sistema que se encuentra expuesto al impacto de un peligro.

- **Análisis de Elementos Expuestos**

Este proceso consiste en identificar los lotes que se encuentran expuestos al peligro que se está evaluando. Esto se realiza intersectando el mapa de peligro con el mapa de elementos catastrales, con lo que se obtendrá una selección de elementos. Los elementos que no son intersectados o expuestos al peligro se les denomina elementos desestimados y no serán considerados para el análisis de la vulnerabilidad (Figura 44).

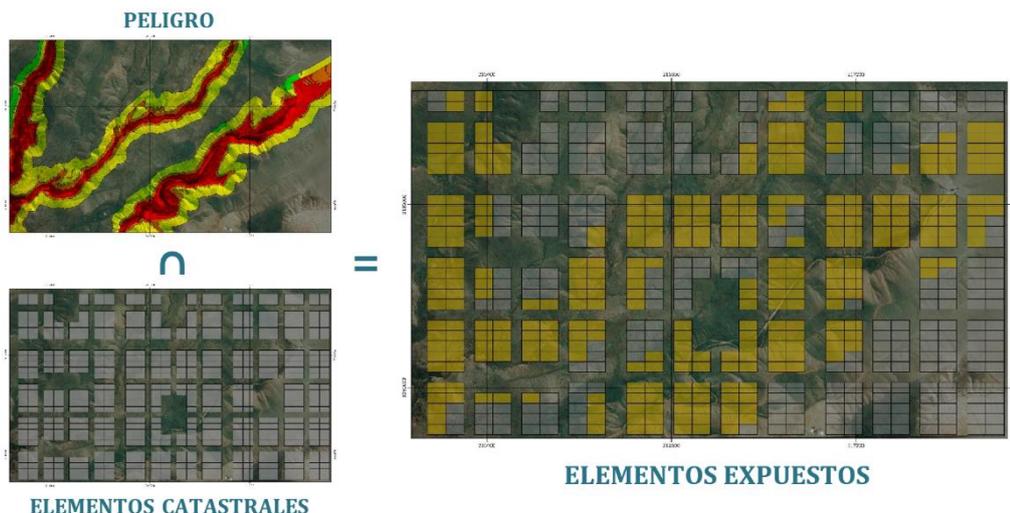


Figura 43: Proceso de análisis de elementos expuestos.

Luego de identificar los elementos expuestos al peligro, se debe obtener los datos y características para el cálculo de la vulnerabilidad.

Se cuantificará los elementos que están expuestos (vidas humanas, infraestructura, recursos naturales, entre otros). Además, como parte del análisis se define el tipo de elemento a evaluar de acuerdo a la competencia del sector o del gobierno local.

En la Figura 45, se observa un ejemplo de los elementos expuestos de una Evaluación para el sector Vivienda.

TIPO DE ELEMENTO	CANTIDAD
SECTOR DE TRABAJO	
VIVIENDAS	367
POBLACIÓN	1284
OTROS SECTORES	
CENTROS COMERCIALES	4
COMISARÍAS	1
COLEGIOS	3
CENTROS DE SALUD	2
PARCELAS DE CULTIVO	3

Figura 44: Cuadro de elementos expuestos de la zona en evaluación.

La capa de exposición contendrá todos los elementos expuestos de interés para el sector al que se está realizando la evaluación.

En la Figura 46. Se muestra la manera de determinar los 5 descriptores de la capa de exposición. Consiste en intersectar la capa de peligro con los elementos catastrales o infraestructura, según el rango del nivel de peligro que ocupen, se asigna a estos elementos un peso con un valor de “e”. Los elementos que se encuentran sobre los niveles muy alto ($n_3 < P \leq n_2$) se les asignará el peso “e₁”, nivel alto ($n_3 < P \leq n_2$) se les asignará un peso de

“ e_2 ”; así sucesivamente hasta llegar al rango ($n_5 < P \leq n_4$), a los que se les asignará un valor de “ e_4 ”. Finalmente a los elementos que se encuentren sobre un valor de peligro de “ $P = n_5$ ” se les asignará un peso con un valor de “ e_5 ”.

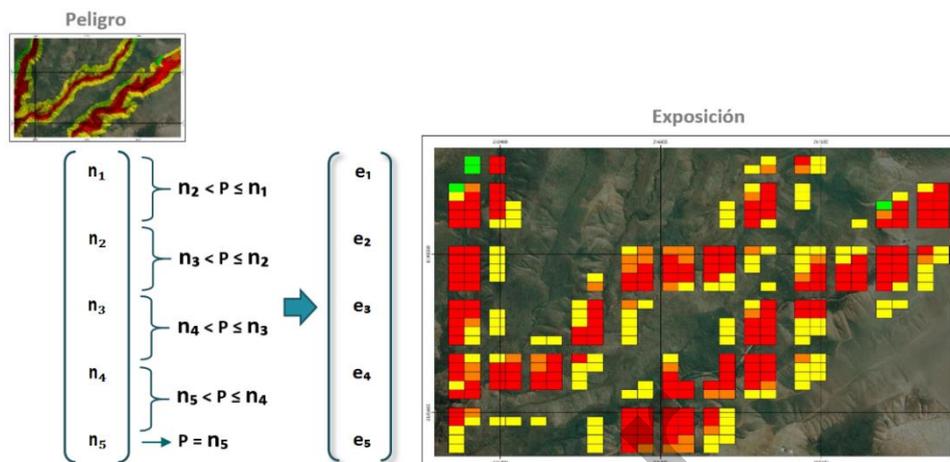


Figura 45: Proceso de cálculo de la exposición de los elementos ante un Peligro.

Donde:
 n_1, n_2, \dots, n_5 son los rangos del peligro.
 “ P ” es el valor del peligro.
 e_1, e_2, \dots, e_5 son los pesos de la exposición que se obtienen al realizar un matriz de ponderación y se asignan a los elementos expuestos según nivel de peligro.

3.2.2 Fragilidad

Indica las condiciones de desventaja o debilidad del elemento en análisis expuesto al peligro. En donde se cumple que a mayor fragilidad, mayor será vulnerabilidad. Esta condición puede ser analizada en sus 4 dimensiones física, social, económica y/o ambiental de acuerdo al tipo de elemento expuesto analizado.

Ejemplo:
 Dimensión Física: antigüedad de la vivienda.
 Dimensión Social: condición de salud de la persona.

Para generar la capa de fragilidad se deberá clasificar los parámetros del elemento de acuerdo a sus dimensiones. Cada parámetro utilizado contendrá 5 descriptores y cada descriptor tendrá un peso, el cual se obtendrá al aplicar el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty; cada dimensión utilizada, también se les asignará un peso aplicando el mismo método; finalmente, cada peso se multiplicará con cada dimensión y se sumarán para obtener el valor de la fragilidad de cada elemento expuesto (Figura 47).

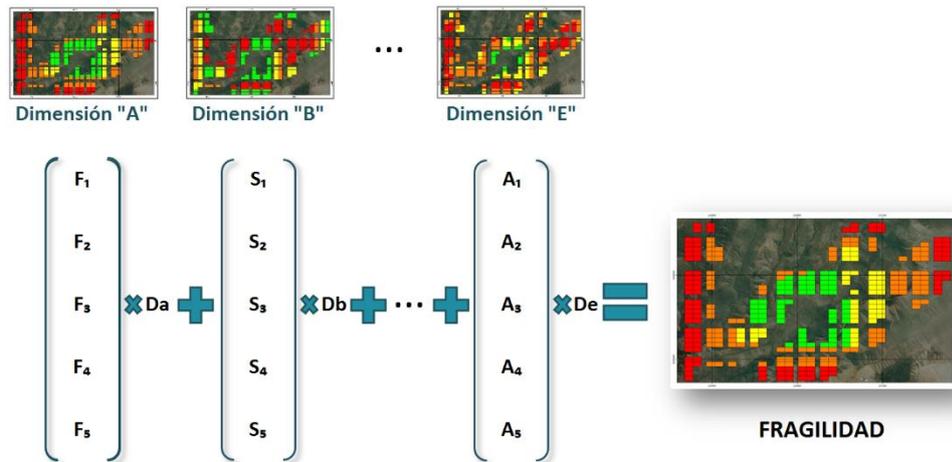


Figura 46: Proceso de cálculo del factor de fragilidad.

Donde:
 $F_1, F_2, \dots, F_5; S_1, S_2, \dots, S_5; A_1, A_2, \dots, A_5$
 Son los pesos de los descriptores de las dimensiones.
 D_a, D_b, \dots, D_e
 Son los pesos de las dimensiones A, B, ... y E

Cada dimensión de la fragilidad estará compuesta por parámetros y estas se relacionan empleando el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty, tal como se muestra en la Figura 48:

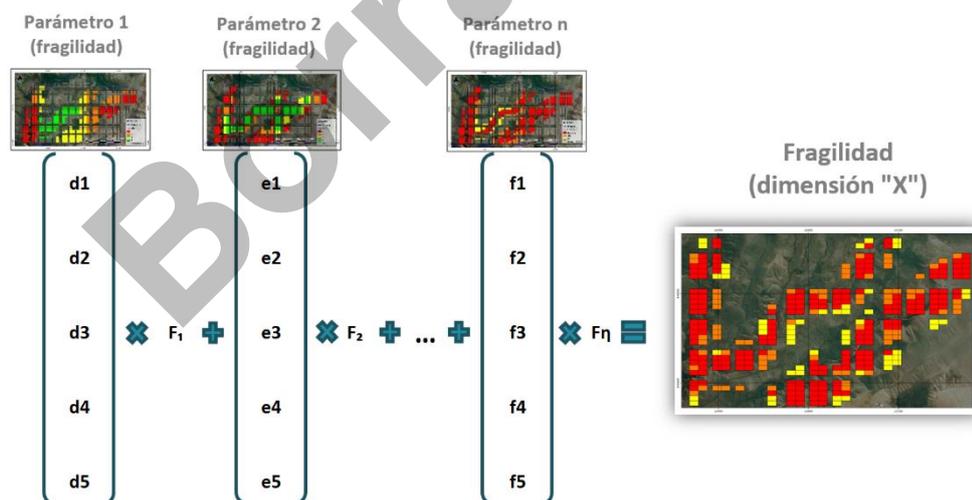


Figura 47: Proceso de cálculo de una dimensión "X" de la fragilidad.

Donde:
 $d_1, d_2, \dots, d_5; e_1, e_2, \dots, e_5; f_1, f_2, \dots, f_5$
 Son los pesos de los descriptores de los parámetros de la fragilidad.
 F_1, F_2, \dots, F_n
 Son los pesos de los parámetros de la fragilidad.

3.2.3 Resiliencia

Es la capacidad del ser humano y de sus medios de vida para asimilar, adaptarse y resistir el impacto de un peligro, así como incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación ante estos peligros y/o desastres, en donde se cumple que a mayor es la resiliencia, menor será la vulnerabilidad. Esta condición puede ser analizada en sus 4 dimensiones Física, Social, Económica y/o Ambiental de acuerdo al tipo de elemento expuesto analizado.

Ejemplo:

Dimensión Física: cumplimiento con la norma técnica de construcción y/o edificaciones.

Dimensión Social: Actitud frente al riesgo.

Para generar la capa de resiliencia se deberá clasificar los parámetros del elemento de acuerdo a sus dimensiones. Cada parámetro utilizado contendrá 5 descriptores y cada descriptor tendrá un peso, el cual se obtendrá al aplicar el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty; cada dimensión utilizada también se le asignará un peso aplicando el mismo método; finalmente, cada peso se multiplicará con cada dimensión y se sumarán para obtener el valor de la resiliencia de cada elemento expuesto (Figura 49).

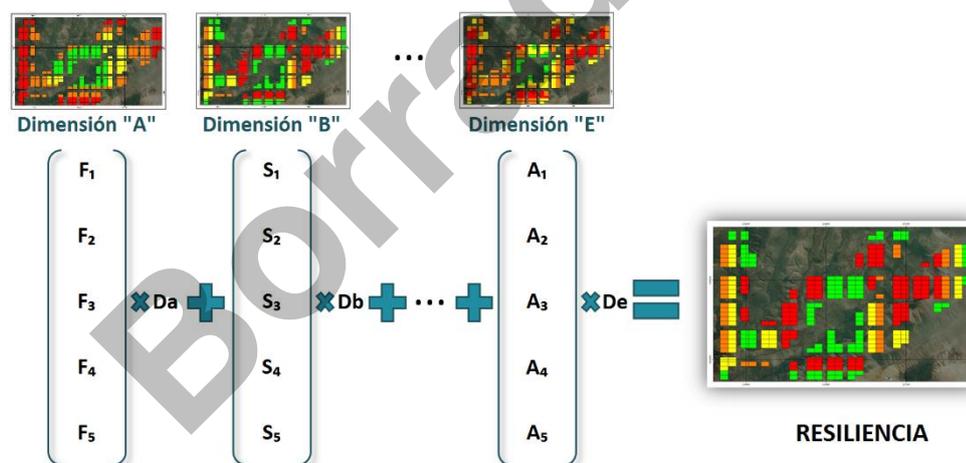


Figura 48: Proceso de cálculo de la resiliencia.

Donde:

$F_1, F_2, \dots, F_5; S_1, S_2, \dots, S_5; A_1, A_2, \dots, A_5$
 Son los pesos de los descriptores de las dimensiones.

D_a, D_b, \dots, D_e
 Son los pesos de las dimensiones A, B, ... y E

Cada dimensión de la resiliencia estará compuesta por parámetros y estas se relacionan empleando el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty, tal como se muestra en la Figura 50:

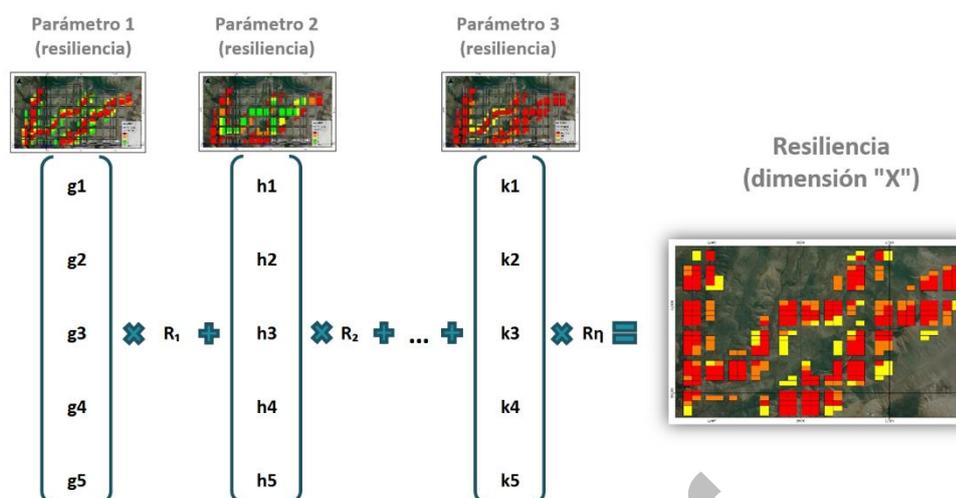


Figura 49: Proceso de cálculo de una dimensión "X" de la resiliencia.

Donde:

$g_1, g_2, \dots, g_5; h_1, h_2, \dots, h_5; k_1, k_2, \dots, k_5$
 Son los pesos de los descriptores de los parámetros de la resiliencia.

R_1, R_2, \dots, R_n
 Son los pesos de los parámetros de la resiliencia.

3.2.4 Definición y estratificación de los niveles de vulnerabilidad

Para obtener la capa de Vulnerabilidad se debe multiplicar las capas de exposición con fragilidad y dividir con la capa de resiliencia (Figura 51).

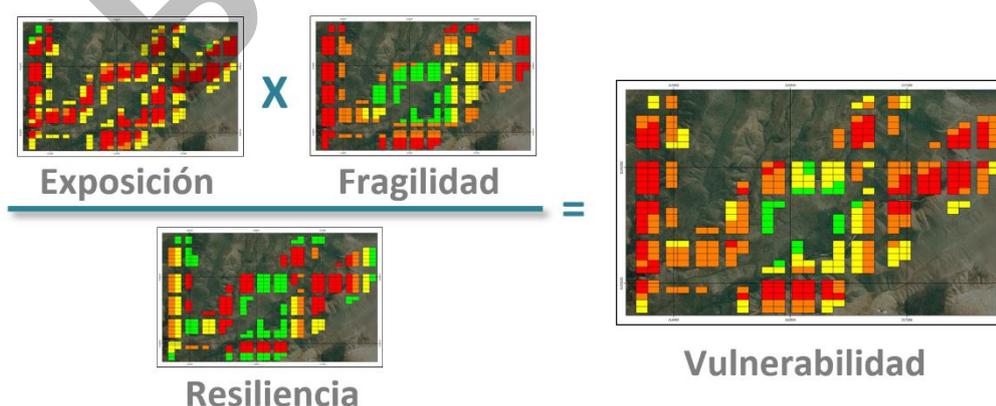


Figura 50: Cálculo de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a un peligro.

Los descriptores de las capas utilizadas se deben ordenar de mayor a menor Vulnerabilidad; por lo tanto, los valores de los pesos de las capas de Exposición y Fragilidad estarán en orden descendente, mientras que la capa de Resiliencia estará en orden ascendente (Figura 52).

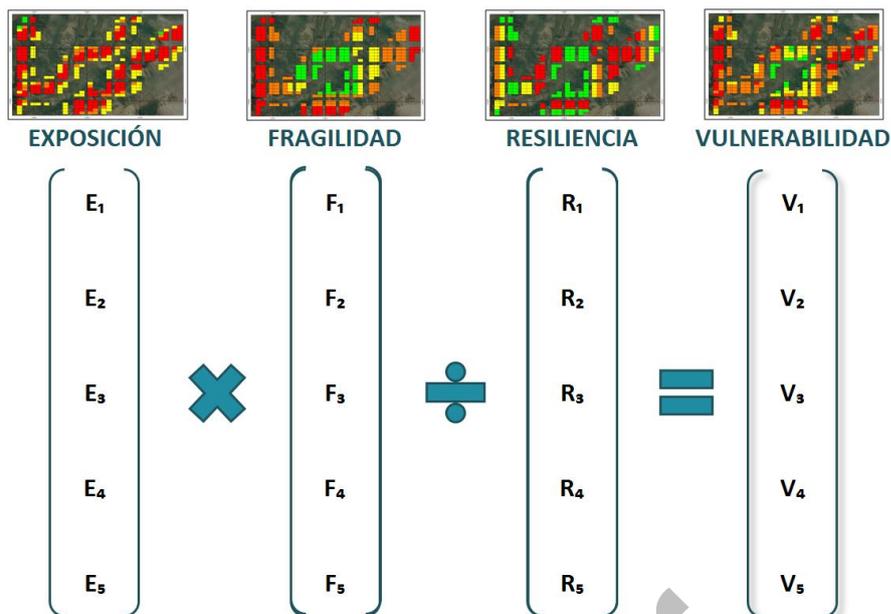


Figura 51: Cálculo de los pesos de la capa de vulnerabilidad.

Donde:
 E_1, E_2, \dots, E_5
 F_1, F_2, \dots, F_5
 R_1, R_2, \dots, R_5
 V_1, V_2, \dots, V_5
 Son los pesos de la exposición, fragilidad, resiliencia y vulnerabilidad, respectivamente.

Debido a que se ha utilizado operadores de multiplicación y división, los pesos de los descriptores de la vulnerabilidad no suman 1; por lo tanto, estos valores (V_1, V_2, \dots, V_5) serán normalizados para que puedan sumar 1, este procedimiento se observa en la Figura 53.

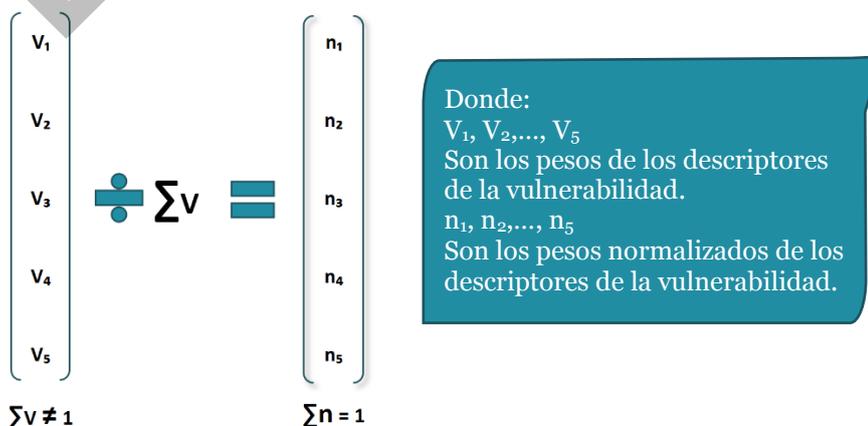


Figura 52: Proceso de Normalización de los pesos de los descriptores de la vulnerabilidad.

Para determinar los niveles de vulnerabilidad, se establecen rangos utilizando los pesos de los descriptores de la capa (Figura 54).

Valores de los rangos de la Vulnerabilidad	Niveles de Vulnerabilidad
$n_2 < V \leq n_1$	MUY ALTA
$n_3 < V \leq n_2$	ALTA
$n_4 < V \leq n_3$	MEDIA
$n_5 \leq V \leq n_4$	BAJA

Donde:
 n_1, n_2, \dots, n_5
 Son los valores de los rangos de la vulnerabilidad.
 “V”
 Es el valor de la vulnerabilidad.

Figura 53: Establecimiento de los rangos de los niveles de vulnerabilidad.

Cada nivel de vulnerabilidad tiene una descripción que proviene de la relación de los descriptores de la exposición, fragilidad y resiliencia en el cual predominará características del elemento en evaluación (Figura 55).

Nivel de Vulnerabilidad	Descripción	Rangos
MUY ALTA	Se caracteriza principalmente por presentar una muy alta exposición al peligro por ...[Tipo de peligro]; ... [Descriptores de la fragilidad F1] ...; y ... [Descriptores de la resiliencia R1]...	$n_2 < V \leq n_1$
ALTA	Se caracteriza principalmente por presentar una alta exposición al peligro por ...[Tipo de peligro]; ... [Descriptores de la fragilidad F2] ...; y ... [Descriptores de la resiliencia R2]...	$n_3 < V \leq n_2$
MEDIA	Se caracteriza principalmente por presentar una exposición media al peligro por ...[Tipo de peligro]; ... [Descriptores de la fragilidad F3] ...; y ... [Descriptores de la resiliencia R3]...	$n_4 < V \leq n_3$
BAJA	Se caracteriza principalmente por presentar una baja exposición al peligro por ...[Tipo de peligro]; ... [Descriptores de la fragilidad F4, F5] ...; y ... [Descriptores de la resiliencia R4, R5]...	$n_5 \leq V \leq n_4$

Figura 54: Cuadro de estratificación de la Vulnerabilidad.

Donde:
 “V” es el valor de la vulnerabilidad, y
 E_1, E_2, \dots, E_5
 F_1, F_2, \dots, F_5
 R_1, R_2, \dots, R_5
 Son los descriptores de la exposición, fragilidad y resiliencia, respectivamente.

3.3 Cálculos de los niveles de riesgo

3.3.1 Definición y estratificación de los niveles del Riesgo

La capa de Riesgo se genera al relacionar la capa de Peligro con la de Vulnerabilidad (Figura 56), la cual representa la probabilidad de que la población, estructuras o los elementos evaluados sufran daños y/o pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y al impacto de un peligro.

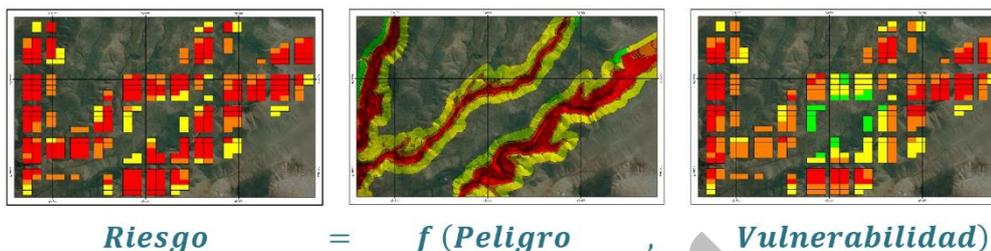


Figura 55: Esquema general del riesgo en función del peligro y la vulnerabilidad.

Esta relación consiste en multiplicar la capa de peligro con la de vulnerabilidad (Figura 57).

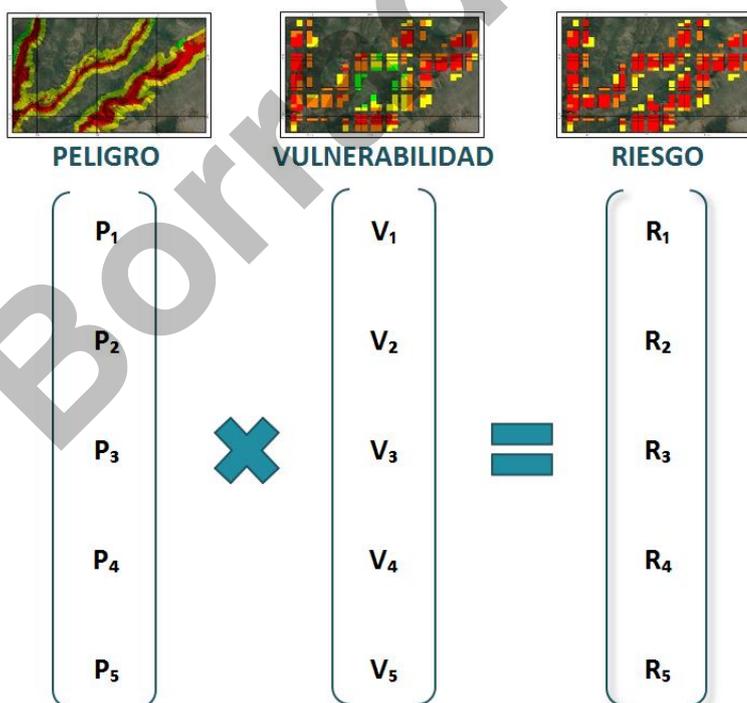


Figura 56: Proceso de cálculo de los valores del Riesgo.

Para determinar los niveles del riesgo, se establecen rangos utilizando los pesos de los descriptores de la capa (Figura 58).

Valores de los rangos del Riesgo	Niveles de Riesgo
$n_2 < R \leq n_1$	MUY ALTO
$n_3 < R \leq n_2$	ALTO
$n_4 < R \leq n_3$	MEDIO
$n_5 \leq R \leq n_4$	BAJO

Donde:
 n_1, n_2, \dots, n_5
 Son los valores de los rangos del riesgo.
 "R"
 Es el valor del riesgo.

Figura 57: Establecimiento de los rangos de los niveles del riesgo.

Cada nivel de riesgo tiene una descripción que proviene de la relación de las descripciones de los niveles del peligro y de la vulnerabilidad en el cual predominarán características del territorio y del elemento en evaluación (Figura 59).

Nivel de Riesgo	Descripción	Rangos
MUY ALTO	Se presenta generalmente en... ...[Características del peligro muy alto]... ...[Características de la vulnerabilidad muy alta]...	$n_2 < R \leq n_1$
ALTO	Se presenta generalmente en... ...[Características del peligro alto]... ...[Características de la vulnerabilidad alta]...	$n_3 < R \leq n_2$
MEDIO	Se presenta generalmente en... ...[Características del peligro medio]... ...[Características de la vulnerabilidad media]...	$n_4 < R \leq n_3$
BAJO	Se presenta generalmente en... ...[Características del peligro bajo]... ...[Características de la vulnerabilidad baja]...	$n_5 \leq R \leq n_4$

Figura 58: Cuadro de estratificación del riesgo.

Donde:
 "R" es el valor del riesgo
 n_1, n_2, \dots, n_5
 Son los valores de los rangos del riesgo.

3.3.2 Cálculo de daños y pérdidas

La cuantificación de daños y pérdidas debido a la ocurrencia de un peligro se manifiesta en el costo aproximado de afectación en los elementos expuestos y/o personas. Esto permite tomar acciones de prevención y reducción del riesgo.

1) Cálculo de los daños probables

Los daños probables comprenden la destrucción total o parcial de los elementos expuestos y de sus equipamientos, así como también la cantidad de personas damnificadas.

Ejemplo (sector vivienda):

Cantidad de viviendas afectadas total y parcialmente, incluyendo mobiliario, equipamiento y conexiones domiciliarias; cantidad de personas afectadas parcial o íntegramente en su salud.

Para realizar el cálculo del daño se deberá agrupar los elementos expuestos según sus características (físicas, estructurales, etc.); y cada grupo se le clasificará según el nivel de riesgo que presenta; luego a cada grupo subclasificado se le multiplicará por el nivel de daño, por el precio unitario y la cantidad de elementos:

$$\sum_{l=1}^n \left\{ \sum_{i=bajo}^{muy\ alto} [ND (\%)] \cdot [PU (S/.)] \cdot [NE] \right\}$$

Donde:

“ND” es el nivel de daño.
 “PU” es el precio unitario.
 NE es el número de elementos.
 “i” representa los niveles del riesgo.
 “l” es grupo de elementos expuestos.
 “n” es el número de grupos de elementos expuestos.

Ejemplos de grupos de elementos expuestos clasificado por características similares:

- Viviendas de concreto, viviendas de adobe, viviendas de madera, etc.
- Tuberías de concreto, tuberías de PVC, tuberías de acero, etc.

El nivel de daño será determinado por una escala de valores, el cual se ha determinado según al nivel de riesgo que presenta cada elemento expuesto (Figura 60).

Nivel de riesgo	Descripción del daño	Nivel del daño
MUY ALTO	Daño severo	$60\% < ND \leq 100\%$
ALTO	Daño fuerte	$20\% < ND \leq 60\%$
MEDIO	Daño moderado	$5\% < ND \leq 20\%$
BAJO	Daño leve	$ND \leq 5\%$

Figura 59: Cuadro de nivel de daño en función al nivel de riesgo que presenta el elemento expuesto. Adaptado de AGS (2017).

Se deberá contabilizar la cantidad de personas damnificadas, los cuales forman parte del cálculo del daño.

2) Cálculo de las pérdidas probables

Cálculo de las pérdidas probables se realiza en base al costo que se deja de percibir por la ocurrencia del Peligro.

Ejemplos (sector vivienda):

- Costo de la interrupción del servicio de alojamiento.
- Costo de reparación del inmueble.
- Costo de limpieza y remoción de escombros.
- Costo de albergue, gastos relacionados a alimentos, agua, servicios, etc.

El equipo multidisciplinario, deberá estimar los efectos probables en términos monetarios que podrían originarse en la zona de riesgo, frente al impacto del peligro.

3.4 Control del Riesgo

Constituye una herramienta que consiste en establecer y evaluar criterios generales para definir las categorías de riesgo, el nivel del daños estructural y el nivel de daño físico (en las personas) ocasionados por la ocurrencia del peligro y proponer las medidas de control del riesgo (Figura 61).

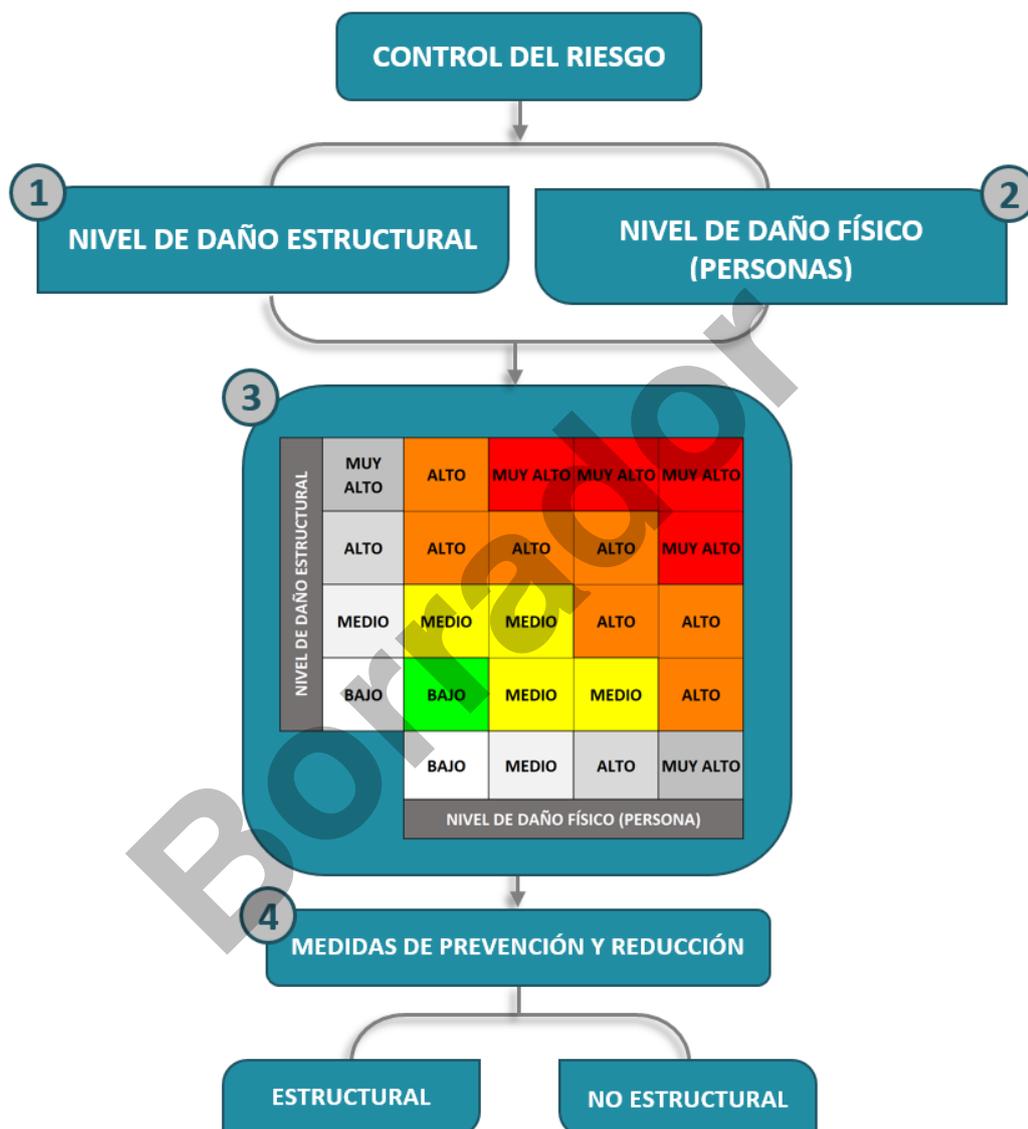


Figura 60: Esquema para la categorización del nivel del riesgo, daño estructural, físico (personas) y proponer las medidas de reducción del riesgo.

3.4.1 Nivel de daño estructural

El nivel de daño estructural representa el daño promedio ante la ocurrencia del peligro sobre los elementos expuestos que han sido analizados en el cálculo del riesgo.

Para categorizar el nivel de daño se multiplica el porcentaje de viviendas que se encuentran en cada nivel de riesgo por los pesos propuestos en la Figura 60, luego se suma los resultados de cada producto y este valor se categoriza comparando el resultado final con los rangos del nivel de daño estructural de la Figura 62.

NIVEL DEL RIESGO	PESO	RANGOS DEL NIVEL DE DAÑO ESTRUCTURAL (NDE)	NIVEL DE DAÑO ESTRUCTURAL
MUY ALTO	1.00	$0.60 < NDE \leq 1.00$	MUY ALTO
ALTO	0.60	$0.20 < NDE \leq 0.60$	ALTO
MEDIO	0.20	$0.05 < NDE \leq 0.20$	MEDIO
BAJO	0.05	$NDE \leq 0.05$	BAJO

Figura 61: Cuadro de rangos del nivel de daño estructural.

Ejemplo:

Se tiene 61 viviendas, de las cuales 2 se encuentran en riesgo muy alto; 37 en riesgo alto; 12 en riesgo medio; y 10 en riesgo bajo.

Nº viviendas en riesgo	% de viviendas	Peso	Resultado
2	3%	0.10	0.003
37	61%	0.60	0.364
12	20%	0.20	0.039
10	16%	0.05	0.008
61	100%		$\Sigma = 0.415$

El valor resultante se encuentra en el rango de: $0.20 < NDE \leq 0.60$; por lo tanto el nivel de categorización del daño estructural es "Alto"

3.4.2 Nivel de daño físico (personas)

El nivel de daño físico (personas) representa el daño promedio ante la ocurrencia del peligro sobre las personas.

Para categorizar el nivel de daño se multiplica el porcentaje de personas que se encuentran en cada nivel de riesgo por los pesos propuestos en la Figura 61, luego se suma los resultados de cada producto y este valor se categoriza comparando el resultado final con los rangos del nivel de daño físico de la Figura 63.

NIVEL DEL RIESGO	PESO	RANGOS DEL NIVEL DE DAÑO FÍSICO (PERSONAS)	NIVEL DE DAÑO FÍSICO (PERSONAS)
MUY ALTO	1.00	0.60 < NDE ≤ 1.00	MUY ALTO
ALTO	0.60	0.20 < NDE ≤ 0.60	ALTO
MEDIO	0.20	0.05 < NDE ≤ 0.20	MEDIO
BAJO	0.05	NDE ≤ 0.05	BAJO

Figura 62: Cuadro de rangos del nivel de daño físico (personas).

Ejemplo (continuación del ejemplo anterior):
 Se tiene 61 viviendas, de las cuales viven 309 personas, de estas 8 se encuentran en riesgo muy alto; 185 en riesgo alto; 48 en riesgo medio; y 68 en riesgo bajo.

N° personas en riesgo	% de personas	Peso	Resultado
8	3%	0.10	0.003
185	60%	0.60	0.359
48	16%	0.20	0.031
68	22%	0.05	0.011
309	100%	$\Sigma =$	0.404

El valor resultante se encuentra en el rango de: 0.20 < NDE ≤ 0.60; por lo tanto el nivel de categorización del daño físico (personas) es “Alto”

3.4.3 Categoría del riesgo

Luego de definir los niveles de daño físico (personas) y estructural, se procede a categorizar el riesgo definir la viabilidad técnica, económica, y urbanística para la reducción del riesgo en las zonas evaluadas, los cuales se comprenden estimar costos de la implementación de medidas de reducción.

Para categorizar el riesgo, se utiliza los resultados de los niveles de daño físico y estructural en la matriz de la Figura 64, esto permitirá obtener la categoría del riesgo del área evaluada.

NIVEL DE DAÑO ESTRUCTURAL	MUY ALTO	ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO
	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
NIVEL DE DAÑO FÍSICO (PERSONA)					

Figura 63: Matriz para la categorización del riesgo

Ejemplo (Continuación del ejemplo anterior):

Se tienen 61 viviendas y 309 personas de las cuales el nivel de daño estructural es **ALTO** y el nivel de daño físico (personas) es **ALTO**, por lo tanto utilizando la matriz de categorización del riesgo, se obtiene que la categoría del riesgo en el área evaluada es **ALTO**.

NIVEL DE DAÑO ESTRUCTURAL	MUY ALTO	ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO
	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
NIVEL DE DAÑO FÍSICO (PERSONA)					

3.4.4 Medidas de prevención y reducción del riesgo

Se reconocen, en general, como medidas de prevención y reducción del riesgo a aquellas acciones que se realizan con anticipación a la ocurrencia de los peligros naturales, con el fin de evitar o reducir los posibles impactos y/o efectos generados por la ocurrencia de los mismos.

1) Medidas estructurales

Cualquier construcción física para reducir o evitar los posibles impactos de las amenazas, o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a las amenazas. UNISDR, 2009.

Las medidas de ingeniería y de construcción, tales como protección o refuerzo de estructuras e infraestructuras para reducir o evitar el posible impacto generado por los peligros naturales.

Este tipo de medidas pueden ser clasificadas de acuerdo a su impacto, es decir si las mismas son de prevención, elusión del riesgo, control, y la decisión de emplear alguna de estas medidas depende no solo de factores técnicos sino sociales, económicos y políticos.

En la Figura 65, se detallan algunas medidas de reducción de tipo estructural que pueden ser empleadas, de acuerdo al tipo de peligro natural que ocurre en un área geográfica determinada:

PELIGRO	TIPO DE ESTRUCTURA	FUNCIÓN	MEDIDA ESTRUCTURAL
INUNDACIONES	RETENCIÓN	RETIENEN EL AGUA PARA EVITAR INUNDACIONES ASOCIADAS A GRANDES DESCARGAS EN LA PARTE BAJA DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA (CUENCA O SUBCUENCA).	PRESAS
			EMBALSES
			ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO
	PROTECCIÓN O CONTROL	PREVIENE FRENTE DE INUNDACIONES EN LOS ENTORNOS ADYACENTES, DEBIDO A LA FORMACIÓN DE UNA BARRERA FÍSICA QUE IMPIDE EL PASO DEL AGUA	DIQUES
			MUROS
			ESPIGONES
			GAVIONES
			ENSANCHAMIENTO DE CAUCE
			CAMBIO DE RUGOSIDAD
			DESCOLMATACIÓN DE CAUCE
	SISTEMAS DE DRENAJE	RECOGEN LAS AGUA DE LLUVIA Y ALCANTARILLADO	REFORESTACIÓN
ENCAUZAMINETO			
MOVIMIENTOS EN MASA	PREVENCIÓN	INFRAESTRUCTURAS PARA INCREMENTAR LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES	RED PLUVIAL
			SISTEMAS DE DESAGÜES
			REMOCIÓN Y/O CONFORMACIÓN DE TALUD
			CONTROL DE DRENAJE E INFILTRACIÓN
	CONTROL	ACCIONES IMPLEMENTADAS PARA LA EVACUACIÓN DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA, UN MEJORAMIENTO DE LA INFILTRACIÓN, LA DISMINUCIÓN DE LA VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO, LA PROTECCIÓN DE LOS SUELOS AL IMPACTO DE LA LLUVIA Y EL REESTABLECIMIENTO DE COBERTURAS VEGETALES.	ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN
			REVESTIMIENTO DE TALUD
			REGULACIÓN DE ESCORRENTÍAS SUPERFICIAL
			CUBIERTAS SUPERFICIALES
			REFORESTACIÓN

Figura 64: Cuadro de las principales medidas de reducción estructural para peligros por inundación y movimientos en masa. Escudes, I. 2010.

2) Medidas no estructurales

Cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas y leyes, una mayor concientización pública, la capacitación y la educación. UNISDR, 2009.

Las medidas no-estructurales se refieren a políticas, concientización, desarrollo del conocimiento, compromiso público y métodos o prácticas operativas, incluyendo mecanismos participativos y suministro de información, que puedan reducir el riesgo y el consecuente impacto (Figura 66).

TIPO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	MEDIDA ESTRUCTURAL
MEDIDAS ACTIVAS	SON AQUELLAS EN LAS CUALES SE PROMUEVE LA INTERACCIÓN DIRECTA CON LAS PERSONAS	ORGANIZACIÓN PARA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS	PRESAS
			EMBALSES
		EDUCACIÓN FORMAL Y CAPACITACIÓN	ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO
			PREDICCIÓN DE FENÓMENOS
CAMPAÑAS DE DIFUSIÓN	IMPLEMENTACIÓN DE RUTAS DE EVACUACIÓN		
	SISTEMAS DE ALARMA		
MEDIDAS PASIVAS	SON AQUELLAS MÁS DIRECTAMENTE RELACIONADAS CON LA LEGISLACIÓN (POLÍTICAS PÚBLICAS) Y LA PLANIFICACIÓN	CÓDIGOS Y NORMAS DE CONSTRUCCIÓN	NORMAS DE EDIFICACIONES
			NORMAS SISMO - RESISTENTE
		REGLAMENTACIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	POLÍTICAS Y PLANEAMIENTO URBANO
		PROMOCIÓN DE SEGUROS	SEGUROS DE INDEMNIZACIÓN

Figura 65: Cuadro de las principales medidas de reducción no estructurales para reducir el riesgo.

Las medidas de reducción citadas en las figuras 65 y 66 constituyen las principales medidas que se proponen para la reducción del riesgo, sin embargo el equipo evaluador puede considerar otras adicionales, en función a los objetivos del estudio y la caracterización del peligro.

BIBLIOGRAFÍA

- Australian Geomechanics Society (2007c). Practice note guidelines for landslide risk management. *Aust Geomech*, 42(1), 63-114.
- Cantavella, J. 2015. La sorprendente fuerza del agua: Los tsunamis, 15 p.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres (CENEPRED). (2014). Manual de Evaluación de Riesgos ante Fenómenos Naturales. 2da versión., Lima.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres (CENEPRED). (2018). Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres ante Inundaciones (Pluviales y Fluviales).
- Carcavilla, L., López, j. (2000). Las avalanchas de nieve como riesgo natural. *Terralia*, 17:46-54.
- Chahua, J. 2016. Dinámica de flujos aluvionales en el centro poblado de Quincemil, subcuenca del río Araza [Tesis de grado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Chahua, J.; Gómez, J.; Silva, F.; Scipión, D. 2018. Simulación de flujos aluvionales en la quebrada Quirio, mediante la implementación del radar meteorológico PX-100. Convención científica de ingeniería y arquitectura. La Habana, Cuba.
- Chahua, J.; Gómez, J. 2016. Establecimiento de los niveles de peligrosidad en la población peruana por inundación. Sociedad Geológica del Perú. Boletín 110-10. Lima, Perú.
- Corominas J. (2000). “Tipos de rotura en laderas y taludes”; Universidad Politécnica de Cataluña, 17pp.
- Cuadrat, J. M. et al (IUCA y departamento Universidad de Zaragoza), 2015. Olas de calor y de frío en España, 17 p.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Obtenido de United Nations Office for Disaster Risk Reduction: <http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>
- GAPHAZ 2017: Assessment of Glacier and Permafrost Hazards in Mountain Regions – Technical Guidance Document. Prepared by Allen, S., Frey, H., Huggel, C. et al. Standing Group on Glacier and Permafrost Hazards in Mountains (GAPHAZ) of the International Association of Cryospheric Sciences (IACS) and the International Permafrost Association (IPA). Zurich, Switzerland / Lima, Peru, 72 pp.
- García, M. 2012. El modelado fluvial. Procesos de erosión, transporte y sedimentación fluvial. Formas resultantes. Riesgos de avenida e inundación: medición, predicción y prevención. Los fenómenos de ladera. Riesgos asociados a estos fenómenos: medición, predicción y prevención.

- Gil, M. 2012. Retroceso glaciar y Cambio Climático en los Andes Peruanos: Principales Impactos, 9 p.
- Highland, L.M. (USGS), y Bobrowsky, P., 2008, Manual de derrumbes. Guía para entender todo sobre los derrumbes: Reston, Virginia, Circular 1325 del Sistema Geológico de los EUA, 129 p.
- Hungr. O. (2005) Classification and terminology, en Jakob, M., y Hungr, O., ed., Debris flow hazard and related phenomena: Chichester, Springer-Praxis, p. 9–23
- Hungr, O.; Evans, S.G.; Bovis, M.J. y Hutchinson, J.N. (2001) A review of the classification of landslides of the flow type.
- Mejía, C. 2017. Zonificación de Riesgos a Incendios Forestales en la Cuenca del Río Coello en el Departamento de Tolima, 80 p.
- Ortega, D. 2013. Sequía: causas y efectos de un fenómeno global, 9 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.,1 CD-ROM. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA, 2007. Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas, 432 p.
- Servicio Geológico Colombiano – Universidad Nacional de Colombia, 2016. Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, 179 p.
- Senamhi. 2015. Identificación de eventos de “Olas de Calor” en la Amazonía Peruana, 18 p.
- SENAMHI, 2015. Identificación de eventos de “Olas de Frío Extremo” en la Amazonía Peruana, Nota Técnica 001 SENAMHI-DGM-2015, 12 p.
- Suarez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, Editor: Ingeniería de Suelos Ltda., 541 pp.
- Suárez, J. 2001. Control de erosión en zonas tropicales.
- Tarbuck, E. J.; Lutgens, F. K., y Tasa, D. 2005. Ciencias de la Tierra, 736 p.
- Villareal de Perú, 4 p.
- Vera, M. 2017. Los principales desastres naturales que ocurren en el Perú. Características generales, efectos en el desarrollo humano y recomendaciones prácticas para afrontarlos: Informe especial de la Universidad Nacional Federico
- Osorio, C. 2013. Metodología de Prevención y Gestión de Riesgos y Catástrofes en la infraestructura COSIPLA/IIRSA, 79 p.
- Roldan, J. (UNAM) et Al, 2011. Depósito de avalancha de escombros del volcán Temascalcingo en el graben de Acambay, Estado de México, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 28, núm. 1, 2011, p. 118-131.

- UNISDR, (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres, 38 p.

Borrador

ANEXOS

Borrador

ANEXO I

Proceso de análisis jerárquico de Saaty

Este método es utilizado para la determinación del valor de priorización de un conjunto de elementos, debido a su ámbito de aplicación y facilidad de cálculo es el que se adecua más para este tipo de trabajos.

Fue desarrollado a finales de los años 60 por Thomas Saaty, este método (Proceso de análisis jerárquico) permite evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios, utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices, a través de elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos.

A continuación, se muestra el proceso de análisis jerárquico utilizando 3 elementos en comparación:

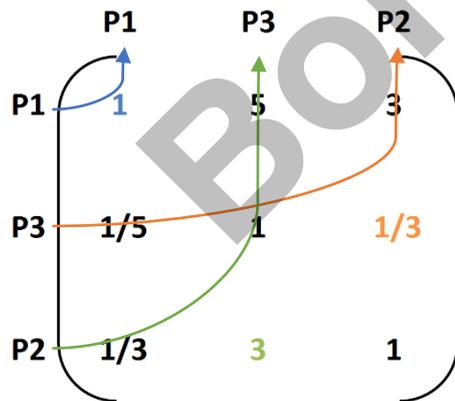
- Los elementos en comparación serán denominados "P1", "P2" y "P3". Para generar la matriz de comparación de pares estos se colocan como cabeceras en la fila y columna de la matriz, manteniendo el mismo orden.

	P1	P3	P2
P1	—	—	—
P3	—	—	—
P2	—	—	—

- Los valores que serán asignados están categorizados de la siguiente manera:

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo mas importante que ...	Al comparar un elemento con 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 otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con 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 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 otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante 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.	

- Para asignar los valores en la matriz, se realiza la comparación entre un elemento de la fila con otro elemento de la columna. Esta comparación se realiza permutando con todos los elementos manteniendo la relación “fila/columna” hasta completar toda la matriz.



P1 es igual de importante que P1 = 1

P3 es menos importante que P1 = 1/5

P2 es ligeramente menos importante que P1 = 1/3

P1 es más importante que P3 = 5

P3 es igual de importante que P3 = 1

P2 es ligeramente más importante que P3 = 3

P1 es ligeramente más importante que P2 = 3

P3 es ligeramente menos importante que P2 = 1/3

P2 es igual de importante que P2 = 1

- Luego, se obtiene la inversa de la sumatoria de cada columna de la matriz.

	P1	P3	P2
P1	1	5	3
P3	1/5	1	1/3
P2	1/3	3	1
Sumatoria	1.53	9.00	4.33
1/Sumatoria	0.65	0.11	0.23

- Para obtener la matriz normalizada se multiplica la sumatoria inversa con cada elemento de su columna correspondiente a esta.

	P1	P3	P2
P1	0.65	0.56	0.69
P3	0.13	0.11	0.08
P2	0.22	0.33	0.23
Suma	1	1	1

	P1	P3	P2
P1	1	5	3
P3	1/5	1	1/3
P2	1/3	3	1
Sumatoria	1.53	9.00	4.33
1/Sumatoria	0.65	0.11	0.23

- Posterior a obtener la matriz normalizada, se determina el vector de priorización. Esto se obtiene calculando el promedio de cada fila de la matriz.

	P1	P3	P2
P1	0.65	0.56	0.69
P3	0.13	0.11	0.08
P2	0.22	0.33	0.23
Suma	1		

0.63	
0.11	
0.26	
Suma	1

- Los valores del vector de priorización corresponden a los valores de los pesos ponderados de cada elemento analizado en el orden que se trabajaron.

PESOS PONDERADOS

P1	0.63
P3	0.11
P2	0.26

- Para comprobar que el método ha sido aplicado correctamente, se calcula la Relación de Consistencia (RC), 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. Para esto se debe multiplicar la matriz de comparación de pares con el vector de priorización.

$$\begin{pmatrix} 1 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.63 \\ 0.11 \\ 0.26 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.63 & 0.53 & 0.78 \\ 0.13 & 0.11 & 0.09 \\ 0.21 & 0.32 & 0.26 \end{pmatrix}$$

- Luego se debe obtener el vector suma ponderado. Esto se obtiene sumando los elementos de cada fila. Posterior a esto, se divide cada elemento de del vector suma ponderado con cada elemento del vector de priorización, en el que se obtiene un nuevo vector con 3 elementos.

$$\begin{pmatrix} 0.63 & 0.53 & 0.78 \\ 0.13 & 0.11 & 0.09 \\ 0.21 & 0.32 & 0.26 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1.95 \\ 0.32 \\ 0.79 \end{pmatrix} \div \begin{pmatrix} 0.63 \\ 0.11 \\ 0.26 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.07 \\ 3.01 \\ 3.03 \end{pmatrix}$$

- Para obtener el índice de consistencia (IC) calcula el promedio de los elementos que contiene el vector obtenido en el paso anterior, luego a este promedio se le resta el número de elementos que contiene el vector (n) y se le divide con el mismo número de elementos disminuido en 1 (n-1).

$$\begin{array}{c} \left(\begin{array}{c} 3.07 \\ 3.01 \\ 3.03 \end{array} \right) \\ \text{Promedio } 3.04 \end{array} \quad \begin{array}{l} IR = \frac{3.04 - 3}{2} \\ \\ IR = 0.019 \end{array}$$

- Finalmente, la relación de consistencia se calcula dividiendo el IR con el Índice Aleatorio (IA). Para conocer el IA se utilizó la tabla obtenido por Aguarón y Moreno (2011), donde “n” es el número de elementos del vector de priorización.

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

$$RC = \frac{0.019}{0.525} \quad RC = 0.037 < 0.10$$

El valor de la Relación de Consistencia (RC) debe ser menor a 0.10. Si el coeficiente es mayor a 0.10 se debe volver a analizar los criterios en la matriz de comparación de pares.

ANEXO II

Operaciones con parámetros con menos de 5 unidades descriptivas.

En esta metodología para la evaluación del riesgo asociado a peligros 4 rangos de valores que comprende cada nivel. En casos particulares en los que existan parámetros que presenten menos de 5 unidades descriptivas estos se trabajarán de la siguiente manera:

Ejemplo 1: Parámetro con 3 unidades descriptivas

En este ejemplo, se está realizando la Evaluación del Riesgo por inundación fluvial y el Factor Condicionante que presenta menos de 5 unidades es la geomorfología (Figura A-1).

Se debe identificar la cantidad de unidades en el área de estudio y la proporción de área que abarca cada unidad descriptiva (Tabla 1).

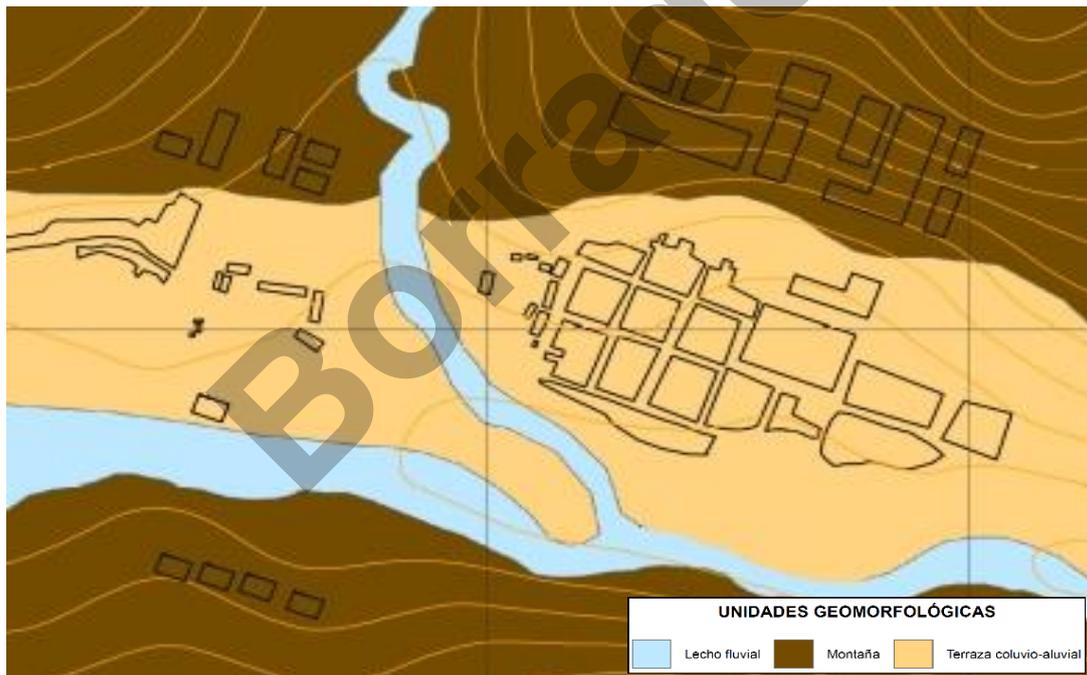


Figura A-1: Mapa de unidades geomorfológicas con 3 descriptores.

Tabla 1: *Porcentaje de área en el mapa por cada unidad descriptiva.*

UNIDAD DESCRIPTIVA	% DE ÁREA
Terraza coluvio-aluvial	46
Montaña	44
Lecho fluvial	10

Luego de haber identificado las unidades geomorfológicas, aplicamos el Proceso de Análisis Jerárquico para estos 3 descriptores (Figura A-2).

DESCRIPTOR	SÍMBOLO	P1	P2	P3	
Lecho fluvial	P1	1	3	7	
Terraza coluvio-aluvial	P2	1/3	1	5	
Montaña	P3	1/7	1/5	1	
		Sumatoria	1.48	4.20	13.00
		1/Sumatoria	0.68	0.24	0.08

Figura A-2: Matriz de comparación con 3 descriptores.

	P1	P3	P2	
P1	0.68	0.71	0.54	=
P3	0.23	0.24	0.38	
P2	0.10	0.05	0.08	
Suma	1	1	1	1

PESOS PONDERADOS	
P1	0.643
P3	0.283
P2	0.074

Figura A-3: Proceso de cálculo de los pesos ponderados con el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty.

A continuación, se procede a realizar la consistencia de los pesos al aplicar el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (Figura A-4).

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 7 \\ 1/3 & 1 & 5 \\ 1/7 & 1/5 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0.64 \\ 0.28 \\ 0.07 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.64 & 0.85 & 0.52 \\ 0.21 & 0.28 & 0.37 \\ 0.09 & 0.06 & 0.07 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 2.01 \\ 0.87 \\ 0.22 \end{pmatrix}$$

Figura A-4: Cálculo del vector suma ponderado para el cálculo de la relación de consistencia.

Posteriormente, hallamos el Índice de Consistencia (IC) y la Relación de Consistencia (RC), utilizando el Índice Aleatorio (IA) de la Tabla 2.

Tabla 2: Índice Aleatorio para distintos números de descriptores.

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

$$\begin{pmatrix} 2.01 \\ 0.87 \\ 0.22 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.64 \\ 0.28 \\ 0.07 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.12 \\ 3.06 \\ 3.01 \end{pmatrix}$$

Promedio 3.07
IR = 0.03
RC = 0.06
0.06 < 0.1

Figura A-5: Cálculo de la Relación de Consistencia.

Luego de verificar la consistencia de los pesos de las unidades geomorfológicas, utilizamos la proporción área (Tabla 1), para completar los 5 descriptores. Esto se logra duplicando las unidades que presentan mayor área (Figura A-6).

DESCRIPTOR	PESOS
Lecho fluvial	0.643
Terraza coluvio-aluvial	0.283
Montaña	0.074

DESCRIPTOR	PESOS
Lecho fluvial	0.643
Terraza coluvio-aluvial	0.283
Terraza coluvio-aluvial	0.283
Montaña	0.074
Montaña	0.074

Figura A-6: Duplicado de descriptores con mayores áreas para completar los 5 descriptores.

Al completar los 5 descriptores con sus respectivos pesos, la suma de los pesos será mayor a “1”, entonces se debe normalizar los pesos para que la sumatoria de

ellos sea igual a “1”. El resultado obtenido de este proceso será con el que se trabajará para la Evaluación del Riesgo.

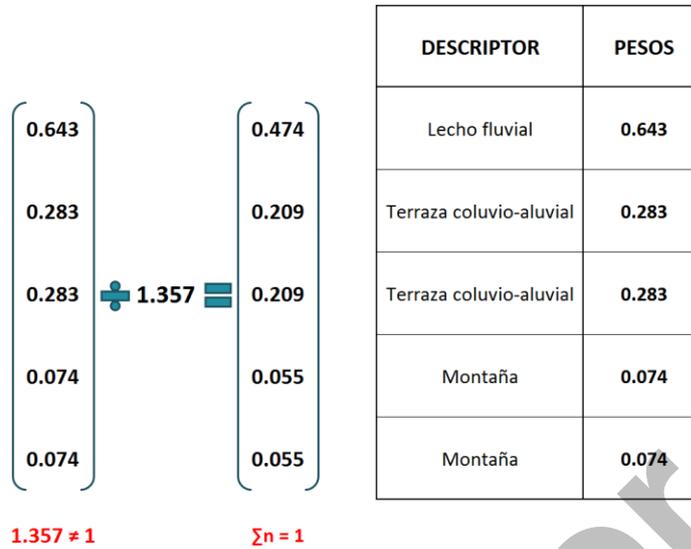


Figura A-7: Normalización de los pesos de los 5 descriptores.

Ejemplo 2: Parámetro con 4 unidades descriptivas.

En este ejemplo, se está realizando la Evaluación del Riesgo por flujos de lodo y el Factor Condicionante que presenta menos de 5 unidades es la geología (Figura A-8). Se identifica las unidades litológicas y se calcula el porcentaje de área por cada unidad.

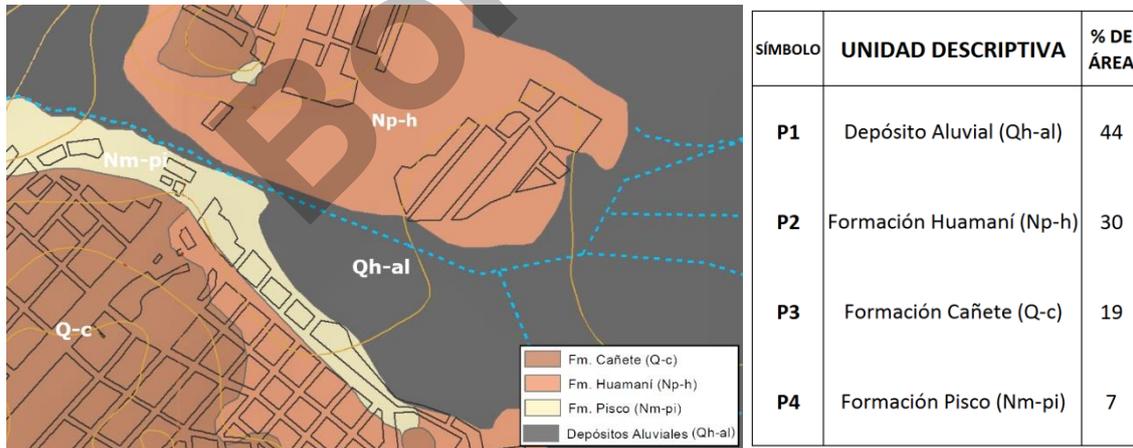


Figura A-8: Mapa de geológico con 4 unidades litológicas.

Aplicamos el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty para las 4 unidades litológicas (Figura A-9).

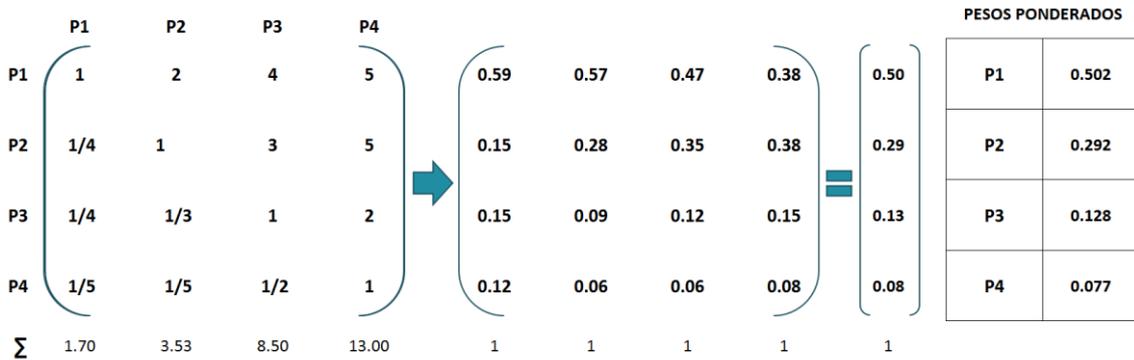


Figura A-9: Proceso de Análisis Jerárquico con 4 descriptores.

Luego de calcular los pesos, realizamos calculamos la relación de consistencia de los del proceso realizado (Figura A-10).



Figura A-10: Cálculo de la relación de consistencia.

Luego de verificar la consistencia de los pesos calculados, duplicamos la unidad litológica que presenta mayor extensión de área en el terreno y luego normalizamos los pesos con los 5 descriptores completados (Figura A-11).

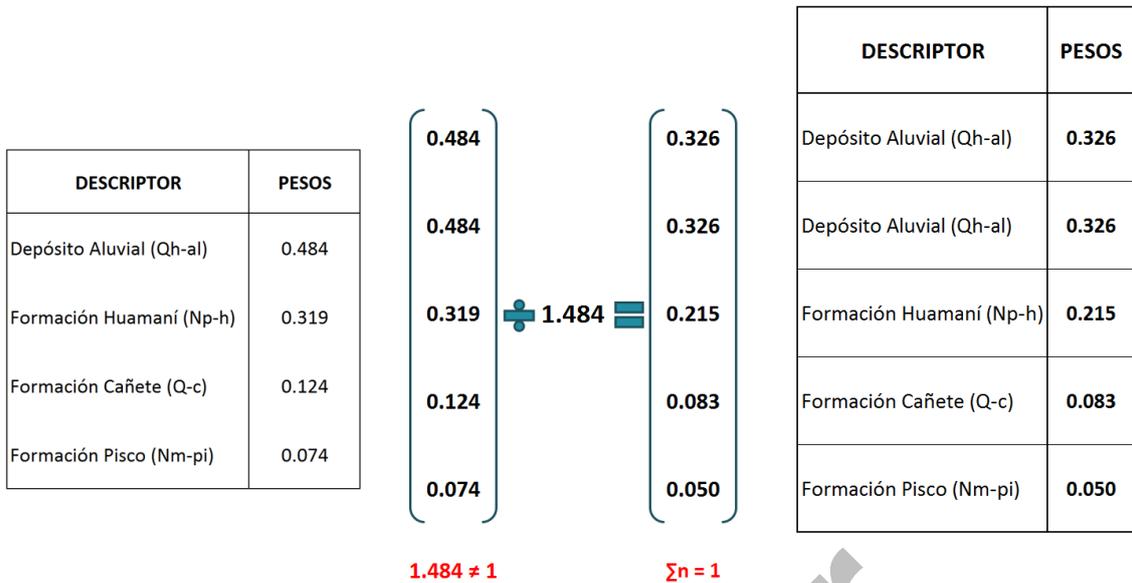


Figura A-11: Normalización de los pesos para 5 descriptores.

El procedimiento para completar los 5 descriptores se realiza solo para Factores Condicionantes y debe aplicarse solo en casos en donde no se pueda subclasificar las unidades a una escala de mayor detalle.

Para casos en donde los Factores Condicionantes presenten menos de 3 unidades descriptivas, deberá ser descartado dicho factor.

ANEXO III

Cuadro de Parámetros de Evaluación por peligros naturales.

A continuación, en la Figura A-12, se muestra la relación de los principales Parámetros de Evaluación, de acuerdo al tipo de peligro natural a evaluar.

TIPO DE PELIGRO NATURAL	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN
	INTENSIDAD
SISMOS	<ul style="list-style-type: none"> - ESCALA DE MERCALLI MODIFICADA - PROPAGACIÓN DE ONDAS SÍSMICAS (NIVEL DE SACUDIMIENTO DE SUELO)
TSUNAMI	<ul style="list-style-type: none"> - ALTURA DE AGUA EN ZONA INUNDABLE - VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE AGUA EN ZONA INUNDABLE - INTENSIDAD DE TSUNAMI (ESCALA INAMURA 2001)
MOVIMIENTOS EN MASA (CAÍDAS DE ROCAS, DESLIZAMIENTOS, REPTACIÓN, ENTRE OTROS)	<ul style="list-style-type: none"> - ÁREA DE MATERIALES INESTABLES - ALTURA DE MATERIALES REMOVIDOS - VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE MATERIALES
FLUJOS DE DETRITOS	<ul style="list-style-type: none"> - ALTURA O TIRANTE DE FLUJOS EN ZONA AFECTADA - VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE MATERIALES
INUNDACIONES	<ul style="list-style-type: none"> - ALTURA O TIRANTE DE AGUA EN ZONA INUNDABLE - VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE AGUA EN ZONA INUNDABLE - FACTOR DE SUMERGENCIA
EROSIÓN FLUVIAL	<ul style="list-style-type: none"> - ÁREA EROSIONADA - VELOCIDAD DE EROSIÓN
LLUVIA INTENSA	<ul style="list-style-type: none"> - ÁREA SATURADA (PAREDES, TECHOS Y SUELOS)

Figura A-12: Cuadro de Parámetros de Evaluación de acuerdo al tipo de peligro natural.

Los Parámetros de Evaluación y los peligros naturales presentados son los más recurrentes en nuestro país; sin embargo, estos pueden variar de acuerdo al criterio del Evaluador.

ANEXO IV

Cuadro de Factores Condicionantes por tipo de Peligro Natural.

A continuación, en la Figura A-13, se muestra un cuadro de los principales Factores Condicionantes por cada peligro natural para la determinación de la susceptibilidad.

TIPO DE PELIGRO NATURAL	SUSCEPTIBILIDAD
	FACTORES CONDICIONANTES
SISMOS	UNIDADES GEOLÓGICAS
	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
	DISTANCIA EPICENTRAL
	TIPOS DE SUELOS (SUSC)
TSUNAMIS	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
	BATIMETRÍA
	UNIDADES GEOLÓGICAS
MOVIMIENTOS EN MASA (CAÍDAS DE ROCAS, DESIZAMIENTOS, REPTACIÓN)	UNIDADES GEOLÓGICAS
	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
	PENDIENTE
	TIPOS DE SUELOS (SUSC)
	COBERTURA VEGETAL
FLUJOS DE DETRITOS	UNIDADES GEOLÓGICAS
	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
	PENDIENTE
INUNDACIONES	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
	PENDIENTE
	UNIDADES GEOLÓGICAS
EROSIÓN FLUVIAL	TIPOS DE SUELOS (SUSC)
	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
	PENDIENTE

Figura A-13: Cuadro de Factores Condicionantes por tipo de Peligro Natural.

Principales Factores Condicionantes descritos para la determinación de la susceptibilidad; sin embargo, estos pueden variar de acuerdo a las condiciones del terreno y al criterio del Evaluador.

ANEXO V

Cuadro de Elementos Expuestos por Sector para la Evaluación del Riesgo.

A continuación, en la Figura A-14, se muestra un cuadro de los principales Elementos Expuestos considerados para la Evaluación del Riesgo.

SECTOR	ELEMENTOS EXPUESTOS
POBLACIÓN Y VIVIENDA	NÚMERO DE POBLACIÓN EXPUESTA
	NÚMERO DE VIVIENDAS EXPUESTAS
	NÚMERO DE LOCALES COMUNALES
	NÚMERO DE PLAZAS Y PARQUES
EDUCACIÓN	INSTITUCIONES EDUCATIVAS
	UNIVERSIDADES NACIONALES Y PARTICULARES
	INSTITUTOS SUPERIORES
	MOBILIARIO Y EQUIPAMIENTO
	NÚMERO DE ALUMNOS Y DOCENTES
	SERVICIOS EDUCATIVOS EXPUESTOS
SALUD	HOSPITALES
	CENTROS DE SALUD
	PUESTOS DE SALUD
	CONSULTORIOS
	SEDES DE SEGUROS SOCIALES
	CLÍNICAS
	EQUIPOS Y MEDICAMENTOS
	PERSONAL MÉDICO Y DE APOYO
	SERVICIOS DE SALUD
	CULTURA
INFRAESTRUCTURA (SALONES COMUNALES, BIBLIOTECAS, TALLERES, SALAS, ESPACIOS DEPORTIVOS, OTROS)	
MOBILIARIO Y EQUIPAMIENTO	
SERVICIOS CULTURALES	
AGRICULTURA Y PECUARIA	SUELOS AGRÍCOLAS
	INFRAESTRUCTURA AGRÍCOLA (ALMACENES, DEPÓSITOS, CANALES DE REGADÍO, OTROS)
	EQUIPAMIENTO Y MAQUINARIA
	INSUMOS AGRÍCOLAS
	CULTIVOS PERMANENTES
	CULTIVOS TRANSITORIOS
	INFRAESTRUCTURA GANADERA
	PASTIZALES
	CANTIDAD DE GANADO

PESCA Y ACUICULTURA	INFRAESTRUCTURA (MERCADO PEQUERO ARTESANAL, DESEMBARCADERO, MUELLES, ASOCIACIONES, GREMIOS, PLANTAS, ENTRE OTROS)
	EQUIPAMIENTO Y MAQUINARIA
	ACTIVIDADES DE PESCA
TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	SERVICIOS DE TRANSPORTE
	TIPO DE VÍAS DE TRANSPORTE (VÍAS AFIRMADAS, VÍAS PAVIMENTADAS, PUENTES, ENTRE OTROS)
	ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS
	EQUIPAMIENTO DE TRANSPORTE (PARQUE AUTOMOTOR, FERROVIARIO, AÉREO Y ACUÁTICO)
AGUA Y SANEAMIENTO	PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA
	LÍNEAS DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN
	CONEXIONES DOMICILIARIAS
	SERVICIOS DE AGUA POTABLE
	SERVICIOS DE AGUAS PLUVIALES
	SERVICIOS DE AGUAS RESIDUALES
ENERGÍA Y ELECTRICIDAD	NÚMERO DE PLANTAS DE GENERACIÓN
	NÚMERO DE ESTACIONES DE SISTEMAS DE TRANSMISIÓN
	NÚMERO DE POSTES Y REDES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
	EQUIPAMIENTO
	SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
INDUSTRIA, COMERCIO Y SERVICIOS	NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES
	NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES
	ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE BIENES Y SERVICIOS
TURISMO	ESTABLECIMIENTOS TURÍSTICOS (ALOJAMIENTO, RESTAURANTES, ATRACCIONES TURÍSTICAS)
	NÚMERO DE TURISTAS NACIONALES E INTERNACIONALES
	SERVICIOS TURÍSTICOS
AMBIENTAL	ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS
	RECURSOS NATURALES

Figura A-14: Elementos Expuestos por sector para la Evaluación del Riesgo.

ANEXO VI

Cuadro de Parámetros de Evaluación para la Vulnerabilidad.

A continuación, se presenta un cuadro (Figura A-15), en el cual se incluyen los principales Parámetros para el análisis de la Vulnerabilidad para los factores de Fragilidad y Resiliencia.

FACTOR DE VULNERABILIDAD	DIMENSIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN
FRAGILIDAD	SOCIAL	TIPO DE DISCAPACIDAD FÍSICA
		TIPO DE ACCESO A ABASTECIMIENTO DE AGUA
		TIPO DE ACCESO A SERVICIO DE ALUMBRADO
		TIPO DE ACCESO A SERVICIO DE ALCANTARILLADO
	FÍSICA	MATERIAL PREDOMINANTE EN PAREDES
		MATERIAL PREDOMINANTE EN TECHO
		MATERIAL PREDOMINANTE EN PISOS
		ANTIGÜEDAD DE EDIFICACIÓN
		ESTADO DE CONSERVACIÓN DE EDIFICACIÓN
		NÚMERO DE PISOS DE EDIFICACIÓN
	ECONÓMICA	TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA
		OCUPACIÓN LABORAL DE JEFE DE HOGAR
	AMBIENTAL	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LIQUÍDOS
COBERTURA Y USO ACTUAL DEL SUELO		
RESILIENCIA	SOCIAL	NIVEL EDUCATIVO
		CAPACITACIONES EN GRD
		ACTITUD FRENTE AL RIESGO
	FÍSICA	CUMPLIMIENTO CON NORMA TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN Y/O EDIFICACIONES
		TIPO DE DISEÑO ESTRUCTURAL
	ECONÓMICA	INGRESO FAMILIAR MENSUAL PROMEDIO
		AFILIACIÓN A UN SEGURO DE SALUD
		REGIMEN DE TENENCIA DE VIVIENDA
	AMBIENTAL	CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES
		CONOCIMIENTO DE PRESERVACIÓN
CONOCIMIENTO DE CONSERVACIÓN		

Figura A-15: Cuadro de parámetros de evaluación para los factores de la Vulnerabilidad.

Los Parámetros de Evaluación de la Vulnerabilidad presentados en el Cuadro (Figura A-15), son ejemplos de referencia, estos podrán variar de acuerdo a las Dimensiones que se consideren y al tipo de Elemento Expuesto en evaluación.

ANEXO VII: EJEMPLO DE FICHA PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

1. DEPARTAMENTO		2. PROVINCIA		3. DISTRITO		4. CENTRO POBLADO	

	11. Ocupación principal (Jefe del Hogar)	12. El ingreso promedio familiar	13. Disponibilidad de ahorros	14. El jefe de familia cuenta con seguros de vida	15. ¿Ha recibido capacitación en temas de gestión de riesgos de desastres?	16. ¿Tiene conocimiento para enfrentar situaciones de emergencias?	17. ¿Que regimen de tenencia de vivienda tiene el hogar?	18. ¿Cumple con norma técnica de construcción y/o edificación	19. El hogar cuenta con capital/ natural?
5	Trabajador Familiar No Remunerado	Menor del sueldo mínimo	No cuenta	No cuenta	Nunca	No conoce	Alquilada	Más del 60% del área de la edificación	No cuenta
4	Obrero	De 850 a 1500 soles	Ahorros prestados	Interumpido	Cada 5 años	Poco conocimiento o motivación.	Propia por inversión	Entre el 40 - 60% del área de la edificación	Muy poco acceso a recursos naturales
3	Empleado	De 1501 a 2200 soles	Ahorros en caja	ONP	Cada 3 años	Regular conocimiento y motivación.	Propia pagando a plazos	Entre el 20 - 40% del área de la edificación	Poco acceso a recursos naturales
2	Trabajador Independiente	De 2201 a 2860 soles	Ahorros invertidos	AFP	Cada 2 años	Conocimiento y voluntad para enfrentarlo.	Cedida por el centro de trabajo u otro	Entre el 10 - 20% del área de la edificación	Regular acceso a recursos naturales
1	Empleador	Mayor a 2860 soles	Ahorros en banco	Seguro Privado	Una (01) vez por año.	Suficiente conocimiento: implementación de soluciones.	Propia totalmente pagada	Menos del 10% del área de la edificación	Suficiente acceso a recursos naturales

N°	DIRECCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	FRAGILIDAD										RESILIENCIA									
		01. Material predominante en las paredes	02. Material predominante en los techos	03. Material predominante en los pisos	04. Número de pisos de la edificación	05. Estado de conservación de la edificación	06. Grupo etareo	07. Discapacidad de la población	08. Componentes del hogar	09. Tipo de seguro	10. Nivel educativo alcanzado	11. Ocupación principal (Jefe del Hogar)	12. El ingreso promedio familiar	13. Disponibilidad de ahorros económicos	14. El jefe de familia cuenta con seguros de vida	15. ¿Ha recibido capacitación en temas de gestión de riesgos de desastres?	16. ¿Tiene conocimiento para enfrentar situaciones de emergencias?	17. ¿Que regimen de tenencia de vivienda tiene el hogar?	18. Cumplimiento con norma técnica de construcción y/o edificación	19. El hogar cuenta con capital/ natural?	
1	Estera, madera o triplay	Plástico	Tierra y otro material	5 pisos	Muy Buena	De 0 a 5 años y mayor de 65 años	Visual y para oír	Mas de 10 personas	SIS	Trabajador independiente	Menor del sueldo mínimo	No cuenta	No cuenta	ONP	No conoce	Propia por inversión	Más del 10% del área de la edificación	No cuenta			
2	Adobe o tapia	Entablado	Cemento	3 pisos	Mala	De 4 a 12 años y de 60 a 64 años	Para usar brazos y piernas	7 a 10 personas	ESSALUD	Trabajador independiente	De 1501 a 2200 soles	Ahorros prestados	Interumpido	AFP	Regular conocimiento y motivación para enfrentarlo.	Propia pagando a plazos	Entre el 40 - 60% del área de la edificación	Poco acceso a recursos naturales			
3	Ladrillo simple	Losa aligerada	Losetas, terrazas y niniolitos	2 pisos	Regular	De 13 a 15 años y de 50 a 59 años	Mental o intelectual	4 a 6 personas	Seguro privado	Trabajador independiente	De 2201 a 2860 soles	Ahorros en caja	Seguro privado	AFP	Conocimiento y voluntad para enfrentarlo. Suficiente conocimiento: implementación de soluciones.	Propia totalmente pagada	Entre el 20 - 40% del área de la edificación	Regular acceso a recursos naturales			
4	Ladrillo o bloque de cemento	plancha de Calamina	Parquet o madera pulida	1 piso	Muy Buena	De 0 a 5 años y mayor de 65 años	No tiene	Menor a 3	Seguro privado	Trabajador independiente	Mayor a 2860 soles	Ahorros invertidos	Seguro privado	AFP	Suficiente conocimiento: implementación de soluciones.	Propia totalmente pagada	Más del 10% del área de la edificación	Suficiente acceso a recursos naturales			

01. Material predominante en las paredes	02. Material predominante en los techos	03. Material predominante en los pisos	04. Número de pisos de la edificación	05. Estado de conservación de la edificación	06. Grupo etareo	07. Discapacidad de la población	08. Componentes del hogar	09. Tipo de seguro	10. Nivel educativo alcanzado
5 Estera	5 Plástico	5 Tierra y otro material	5 5 pisos	5 Muy Mala	5 De 0 a 5 años y mayor de 65 años	5 Visual y para oír	5 Mas de 10 personas	5 No tiene	5 Sin ningún nivel, y nivel inicial
4 Madera o triplay	4 Estera	4 Madera, entablados	4 pisos	4 Mala	4 De 4 a 12 años y de 60 a 64 años	4 Para usar brazos y piernas	4 7 a 10 personas	4 SIS	4 Primaria
3 Adobe o tapia	3 Entablado	3 Cemento	3 3 pisos	3 Regular	3 De 13 a 15 años y de 50 a 59 años	3 Mental o intelectual	3 4 a 6 personas	3 ESSALUD	3 Secundaria
2 Ladrillo simple	2 plancha de Calamina	2 Losetas, terrazas y niniolitos	2 2 pisos	2 Buena	2 De 4 a 12 años y de 60 a 64 años	2 Para hablar	2 3 a 4 personas	2 Fuerzas Armadas	2 Superior no universitaria
1 Ladrillo o bloque de cemento	1 Losa aligerada	1 Parquet o madera pulida	1 1 piso	1 Muy Buena	1 De 0 a 5 años y mayor de 65 años	1 No tiene	1 Menor a 3	1 Seguro privado	1 Superior universitaria y posgrado u otro similar

1/ Acceso a la tierra, recursos forestales, agua, pastos, pesca, productos silvestres y biodiversidad

ANEXO VIII

INSTRUCTIVO: ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS MAPAS CONSIDERADOS EN LOS INFORMES DE EVALUACIÓN DE RIESGO – EVAR

INTRODUCCIÓN

En el proceso de implementación de la gestión del riesgo de desastres que se inició, en el Perú, con la aprobación de la Política de Estado N° 32, Gestión del Riesgo de Desastres (2010) y de la Ley N° 29664, a través de la cual se crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (2011); el Perú elaboró los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres, aprobado por Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM (2012), en cuyo sub numeral 17 del numeral 6.2.2.3 de los citados Lineamientos señala que “las evaluaciones de riesgos deben basarse en datos científicos, y han de utilizar en la mayor medida posible datos cuantitativos y cualitativos que se disponga”.

La “Evaluación de Riesgos de Desastres”, es definida en el Perú como un: “procedimiento metodológico que permite determinar los niveles de riesgo, previa identificación de los peligros y análisis de las vulnerabilidades, recomendando medidas de prevención y/o reducción del riesgo de desastres”. Este instrumento técnico busca contribuir a la estrategia de los tres niveles de gobierno, promoviendo se considere la variable de riesgos de desastres en los procesos de desarrollo.

El objetivo del procedimiento es conocer los niveles de riesgo de una zona geográfica determinada, para lo cual combina el uso de diferentes medios y fuentes de información cartográfica, estadística, poblacional, etc., así como la inspección técnica a las zonas en evaluación, con el fin de tener la mejor representación posible del nivel del riesgo, siendo fundamental el aporte en la elaboración de información a cargo de las entidades científicas nacionales.

El sistema base para el procesamiento y ordenamiento de la información por capas, es el denominado Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID), cuyo desarrollo es propio del CENEPRED.

En este contexto, se ha visto conveniente poner a disposición el “Instructivo: Aspectos técnicos para la elaboración y presentación de los mapas considerados en los Informes de Evaluación de Riesgo - EVAR”, que orienta a los profesionales encargados del tema cartográfico, presentar en función a criterios técnicos y de forma los mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo.

1. JUSTIFICACIÓN

El Instructivo: Aspectos técnicos para la elaboración y presentación de los mapas considerados en los Informes de Evaluación de Riesgo - EVAR, es una serie de pautas que está dirigido a los profesionales que manejan y trabajan en sistemas de información geográfica, encargados de la elaboración de los mapas a ser presentados en los Informes de Evaluación de Riesgo, con fines de uniformizar los formatos de presentación de los diversos mapas.

2. OBJETIVO

Proporcionar un instructivo que especifique los aspectos técnicos que se deben considerar en la elaboración de los mapas a presentar en los informes de EVAR, de manera que sirva como guía al profesional en la generación de estos productos cartográficos.

3. FINALIDAD

Estandarizar los procedimientos y consideraciones técnicas para la presentación de los diversos productos cartográficos en un Informe de EVAR, y así evitar diversos criterios de presentación por los profesionales a cargo.

Borrador

4. CONSIDERACIONES PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS MAPAS

- a) Para la elaboración de un mapa, los límites de trabajo están definidos por el área de impresión, estas se presentarán en dos Áreas de Trabajo. Ejemplo para una hoja A3 (29.7 x 42.0 cm): El formato de las áreas de trabajo debe presentar anchura de contorno 2 puntos, color de línea negra.

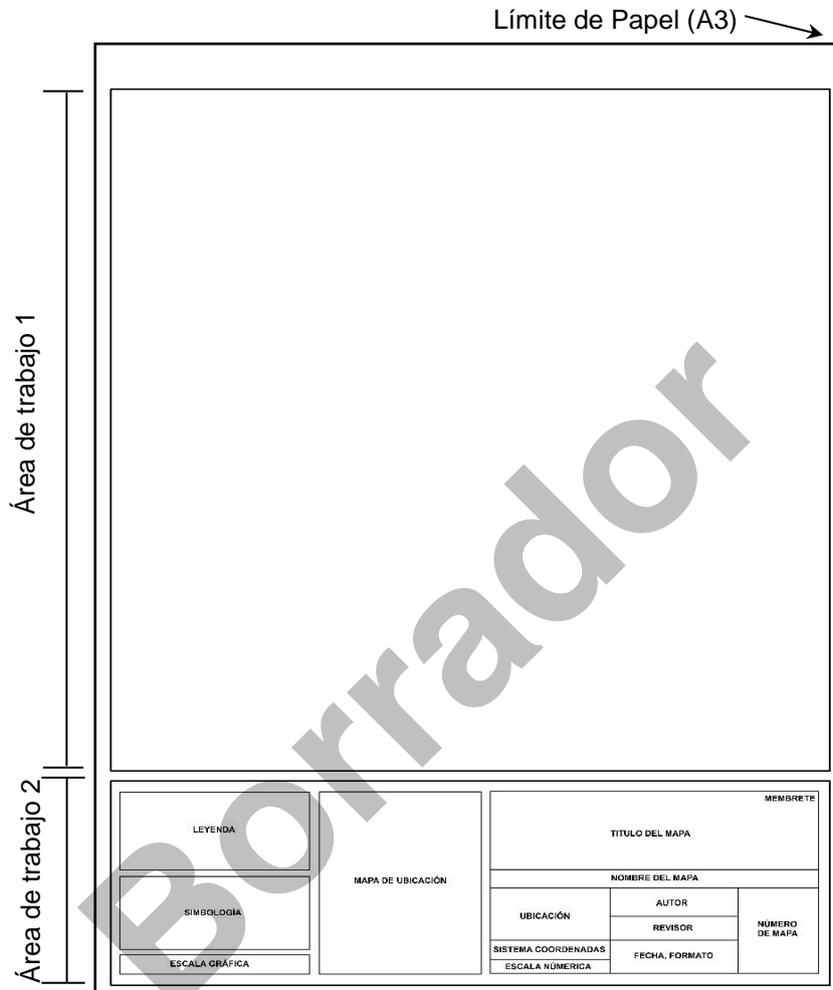


Figura A-16: Distribución de áreas de trabajo.

- Área de Trabajo 1: Destinado al mapa que se presentará. Debe tener un marco en color negro y de grosor de línea 1.5 puntos; dicho mapa debe cumplir con las siguientes características. El sistema de coordenadas debe ser presentado en UTM, los ejes de marca de las coordenadas deben mostrarse hacia fuera del marco de datos (tamaño 5.0 puntos), el color de la grilla debe ser negro o se sugiere un color que haga contraste con el fondo del mapa a presentar, el formato fuente de las coordenadas debe ser Arial, negrita, 9 puntos. y debe mantener una separación del marco principal de 0.5 cm en sus cuatro lados.
- Área de Trabajo 2: Destinado a la información técnica del mapa.

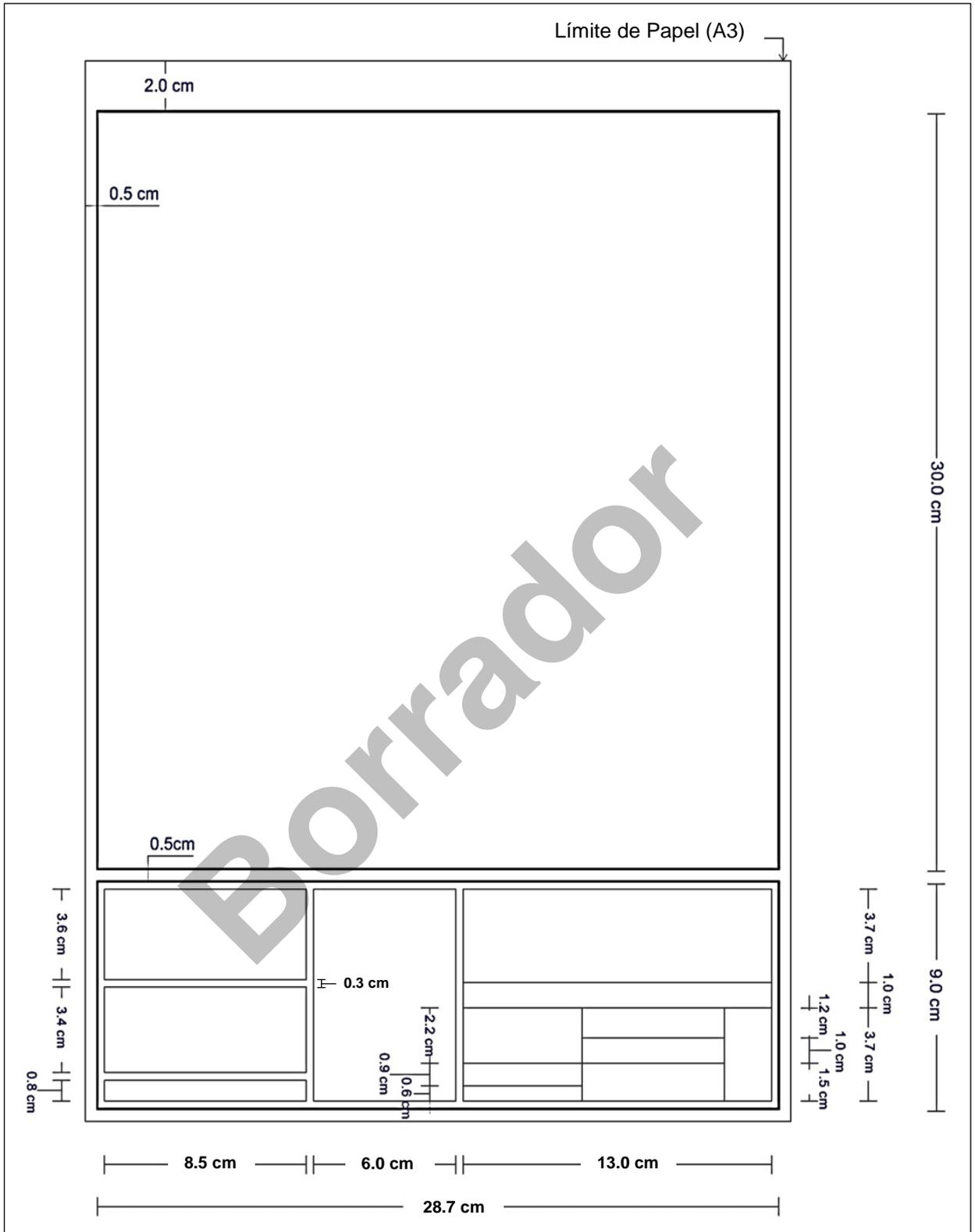


Figura A-17: Dimensiones de las áreas de trabajo.

b) El Membrete

Debe contener la información referente al contenido del mapa como es:

- Logo (s) de la institución (es): El logo de la institución ejecutante del proyecto debe estar ubicado en la parte superior izquierda del membrete. Presentando en el formato un ancho y alto de 1.5 cm.



Figura A-18: Dimensiones del logo de la institución ejecutante

- Título general: El título debe referirse al nombre del proyecto a realizar, redactado todo en mayúscula, por ejemplo: "EVALUACIÓN DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL CENTRO POBLADO DE TALARA, DISTRITO DE PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARA, DEPARTAMENTO DE PIURA", presentando un formato de:
 Tamaño de fuente: 12 puntos
 Estilo: Negrita
 Tipo de fuente: Arial
- Nombre del mapa: Referido al mapa a representar, por ejemplo, "MAPA DE RIESGO" y debe ser redactado todo en mayúsculas. De acuerdo al formato presenta:
 Tamaño de fuente: 12 puntos
 Estilo: Negrita
 Tipo de fuente: Arial
- Evaluador de riesgo: Se refiere al profesional acreditado por Cenepred como evaluador de riesgo que participó como autor principal de la Evaluación de Riesgo, en caso sea realizado por instituciones públicas puede ir su nombre en siglas o el nombre completo. El formato del texto debe presentar:
 Tamaño de fuente (encabezado): 7.5 puntos
 Tamaño de fuente (cuerpo): 8 puntos
 Tipo de fuente: Arial
- Especialista SIG: Se refiere a la persona encargada de la elaboración de la cartografía y mapas temáticos que comprende la Evaluación de Riesgos. El formato del texto debe presentar:
 Tamaño de fuente (encabezado): 7.5 puntos

Tamaño de fuente (cuerpo): 8 puntos
Tipo de fuente: Arial

- Sistema de Coordenadas: Consiste en especificar el Datum y proyección geográfica que se ha considerado para la elaboración de la cartografía y mapas temáticos. El formato del texto debe presentar:

Tamaño de fuente: 7.5 puntos
Tipo de fuente: Arial

- Escala Gráfica: Corresponde a la representación del tamaño de un objeto sobre un mapa y su tamaño real. Se representa como fracción matemática, donde el numerador siempre es 1 y el denominador muestra cuantas veces se redujo la superficie representada. Se escribe 1:x y se lee; uno es a x (número de veces que están reducidas las áreas respecto de su tamaño real). Por ejemplo 1:25000, se debe considerar el siguiente formato:

Tamaño de fuente: 7.5 puntos
Tamaño de fuente (cuerpo): 8 puntos
Tipo de fuente: Arial

- Fecha: Se considera el mes y año en que se elaboraron los mapas temáticos, el formato a considerar es el siguiente:

Tamaño de fuente: 7.5 puntos
Tamaño de fuente (cuerpo): 8 puntos
Tipo de fuente: Arial

- Formato de impresión: Se refiere al formato de elaboración y posterior impresión del mapa, puede ser en formato A4 o formato A3. Se debe considerar el siguiente formato:

Tamaño de fuente (cuerpo): 7.5 puntos
Tamaño de fuente (cuerpo): 8 puntos
Tipo de fuente: Arial

- Fuente: Indica las instituciones de las cuales se han obtenido información cartográfica que ha permitido elaborar el mapa temático. Debe tener formato:

Tamaño de fuente (encabezado): 7.5 puntos
Tamaño de fuente (cuerpo): 6.5 puntos
Tipo de fuente: Arial

- Mapa: Representa el número correlativo de mapa perteneciente al proyecto, por ejemplo, "M-09". Cabe resaltar que, para el caso del análisis de la vulnerabilidad y riesgo, que comprenden áreas extensas se deben considerar varios mapas (layout), a estos se les debe poner el número de mapa, seguido de los correlativos 1 (M-08-1), 2 (M-08-2), etc. El formato del texto a considerar es el siguiente:

Tamaño de fuente: 35 puntos
Estilo: Negrita
Tipo de fuente: Arial

EVALUACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL SECTOR 9, DISTRITO DE PACAIPAMPA, PROVINCIA DE AYABACA Y DEPARTAMENTO DE PIURA			
			
MAPA GEOLÓGICO			
Evaluador de riesgo: Julio Ramírez Taner		Especialista SIG: María Gracia Perez	
Datum: WGS 84 Proyección: UTM Zona 17 S	Escala: 1:15,000	Fecha: mayo, 2019	Formato de impresión: A 3
Fuente: Instituto Geográfico Nacional - IGN (Carta Topográfica Nacional) Autoridad Nacional del Agua - ANA (Cuerpos de Agua Continental) Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (Centros poblados) Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET (Carta Geológica Nacional)			M-02

Figura A-18: Membrete con datos asignados

Nota.- Solamente en este caso debe ir el logo del CENEPRED. Caso contrario bastará con el logo del municipio local, gobierno regional o sector que corresponda.

Mediante lo regulado por la Ley N°30556, Ley que aprueba disposiciones de carácter extraordinario para las intervenciones del Gobierno Nacional frente a desastres y que dispone la creación de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios, publicada el 28 de abril de 2017, se priorizaron Evaluaciones de Riesgos de Desastres en el ámbito del Plan Integral para la Reconstrucción; la Octava Disposición Complementaria final señala que de forma excepcional el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento puede declarar zonas de riesgo no mitigable (muy alto riesgo o alto riesgo), para tal efecto debe contar con la evaluación de riesgo elaborada por el CENEPRED.

c) La Leyenda :

Es la componente que brinda información de los elementos que estén relacionados con el título del mapa. Tener en cuenta el orden de los elementos que posee la leyenda, primero se consideraran los elementos expuestos que dentro de su configuración son puntos (Institución educativa, puestos de salud, entre otros), luego los shapefile que representan líneas (carreteras, puentes, entre otros) y finalmente los polígonos (predios referenciales); el contenido debe considerar el siguiente formato:

Tamaño de fuente (cabecera): 10 puntos

Tamaño de fuente (cuerpo): 9 puntos

Estilo: Normal

Tipo de fuente: Arial

Cabe resaltar que, el mapa de ubicación no debe presentar leyenda. A continuación, de acuerdo al mapa a elaborar se adjuntan algunos modelos de leyenda según el mapa temático elaborado:

- **Mapa de geología**

El título de la leyenda debe decir UNIDADES GEOLÓGICAS y en su contenido deben aparecer las unidades geológicas. Tener en cuenta que, el contenido debe coincidir con la descripción del texto y tablas de ponderación.

UNIDADES GEOLÓGICAS	
	Q-cl Depósito coluvial
	Qr-al Depósito aluvial reciente
	Ks-sr/tdi Super Unidad Santa Rosa, tonalita
	Qr-dl Depósito deluvial
	Qh-pl Depósito proluvial

Figura A-18. Modelo de leyenda de Mapa geológico

- **Mapa de geomorfología**

El título de la leyenda debe decir UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS y en su contenido deben aparecer las geoformas descritas en el mapa. Tener en cuenta que, el contenido debe coincidir con la descripción del texto y tablas de ponderación, tal como la figura anterior.

- **Mapa de pendientes**

El título de la leyenda debe decir PENDIENTES y en su contenido deben aparecer los rangos de inclinación del terreno. Tener en cuenta que, el contenido debe coincidir con la descripción del texto y tablas de ponderación.

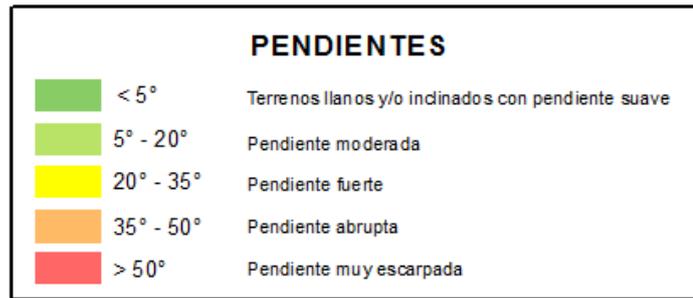


Figura A-19. Modelo de leyenda de Mapa de Pendientes

La clasificación de las pendientes en la imagen superior funciona para relieves heterogéneos, en caso la zona evaluada no cuente con estos rangos, se debe adaptar la clasificación para la obtención de 5 descriptores, coordinar con el evaluador y supervisor del equipo de trabajo.

- Mapa de precipitación

El título de la leyenda debe decir ANOMALÍA DE PRECIPITACIÓN (%) y en su contenido deben aparecer los rangos de las mismas. Tener en cuenta que, el contenido debe coincidir con contenido con la descripción del texto y tablas de ponderación.

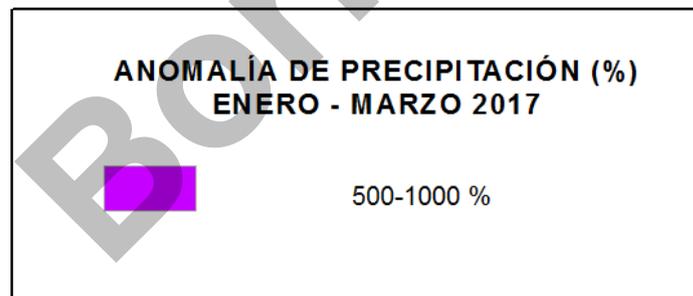


Figura A-20. Modelo de leyenda de Mapa de Precipitación

- Mapa de elementos expuestos

El título de la leyenda debe decir ELEMENTOS EXPUESTOS y en su contenido deben aparecer los símbolos que se encuentran en el mapa (instituciones educativas, puestos de salud y predios referenciales).



Figura A-21. Modelo de leyenda de Mapa de Elementos Expuestos

- Mapa de peligro

El título de la leyenda debe decir NIVELES DE PELIGRO y en su contenido deben aparecer los niveles de peligro con sus respectivos rangos. Verificar que los rangos, se encuentren homogeneizados con el texto y tablas de ponderación. El formato de los signos se considerara de acuerdo al Manual de Evaluación en vigencia, a continuación ejemplo (Versión 3):



Figura A-22. Modelo de leyenda de Mapa de Peligro

- Mapa de vulnerabilidad

El título de la leyenda debe decir NIVELES DE VULNERABILIDAD y en su contenido deben aparecer los niveles de vulnerabilidad con sus respectivos rangos. Verificar que los rangos, se encuentren homogeneizados con el texto y tablas de ponderación. El formato de los signos se considerara de acuerdo al Manual de Evaluación en vigencia, a continuación ejemplo (Versión 3):

NIVELES DE VULNERABILIDAD		
	MUY ALTA	$n2 < V \leq n1$
	ALTA	$n3 < V \leq n2$
	MEDIA	$n4 < V \leq n3$
	BAJA	$n5 \leq V \leq n4$

Figura A-23. Modelo de leyenda de Mapa de Vulnerabilidad

- **Mapa de riesgo**

El título de la leyenda debe decir NIVELES DE RIESGO y en su contenido deben aparecer los niveles de riesgo con sus respectivos rangos. Verificar que los rangos, se encuentren homogeneizados con el texto y tablas de ponderación.

- **Mapa de área de impacto**

El título de la leyenda debe decir LEYENDA y en su contenido debe aparecer el área de impacto.

LEYENDA	
	Área de Impacto

Figura A-24. Modelo de leyenda de Mapa de Impacto

d) Simbología

En el cuadro de simbología deben aparecer todos los elementos auxiliares que se encuentran en el mapa; tales como centros poblados, redes viales, ríos, quebradas, elementos expuestos (instituciones educativas o puestos de salud) y el área de estudio que viene hacer el sector asignado a evaluar. Tener en cuenta el orden de los elementos, primero se consideraran los elementos expuestos que dentro de su configuración son puntos (Institución educativa, puestos de salud, entre otros), luego los shapefile que representan líneas (carreteras, puentes, entre

otros) y finalmente los polígonos (predios referenciales); el contenido debe considerar el siguiente formato:

Tamaño de fuente (cabecera): 10 puntos

Tamaño de fuente (cuerpo): 8 puntos

Estilo: Normal

Tipo de Fuente: Arial

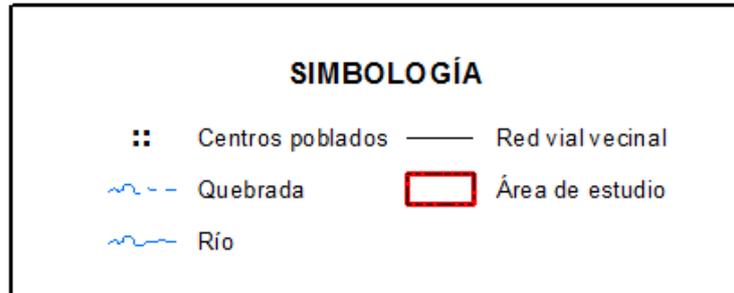


Figura A-25. Modelo de simbología

e) Localización:

En la parte baja del mapa se encuentra el recuadro localización, el cual presenta al mapa departamental, provincial, distrital y el área de estudio; a fin de identificar en qué lugar se encuentra el área de estudio. Favor, los colores y estilos se encuentran en el MXD adjunto.



Figura A-26. Modelo de cuadro de localización

f) Escala gráfica

Es la representación de la escala usada para la elaboración de los mapas, permite identificar las longitudes y/ dimensiones representadas en el mapa con respecto a las dimensiones del terreno. Se encuentra en la parte inferior del cuadro de simbología del mapa, este debe terminar en números de escalas conocidas, tales como: 500, 1000, 1500 O 2000; debe presentar el siguiente formato:

Tamaño de fuente: 8 puntos

Estilo: Normal

Tipo de fuente: Arial



Figura A-27. Modelo de cuadro escala gráfica *Precipitación*

g) Orientación

Es la orientación a través de los cuatro puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste) representada en un mapa por la Rosa de Vientos, la cual no debe presentar color de fondo y marco, con dimensiones de 2.5 x 2.5 cm.

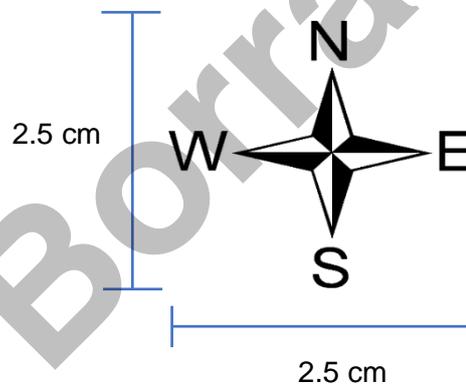


Figura A-28 Dimensiones de la rosa de viento a utilizar en el mapa elaborar.

Cabe mencionar que, el norte del mapa debe ir con un halo o mascara de tamaño 2 (propiedades – noth arrow – symbol – edit symbol – mask – halo – size 2) a fin de mejorar apreciación del mismo.

h) Transparencia y Paleta de colores para Niveles de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo

Si en los mapas finales a presentar, se utilizan capas para delimitar áreas de trabajo, se recomienda utilizar la propiedad transparencia de la capa a un 15 – 20 %.

La gama de colores para la representación de los diferentes niveles de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo en la elaboración de una Evaluación de Riesgo (EVAR) es presentada en la Figura 4.16, dicha paleta se basa en el modelo RGB o RVA para definir la intensidad de los colores.

NOMBRE COLOR	RGB			COLOR
	R	V	A	
ROJO	255	0	0	
ANARANJADO	255	140	0	
AMARILLO	255	255	0	
VERDE	0	220	0	

Figura A-29: Gama de colores a utilizar para la designación de los niveles de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo en el desarrollo de un EVAR.

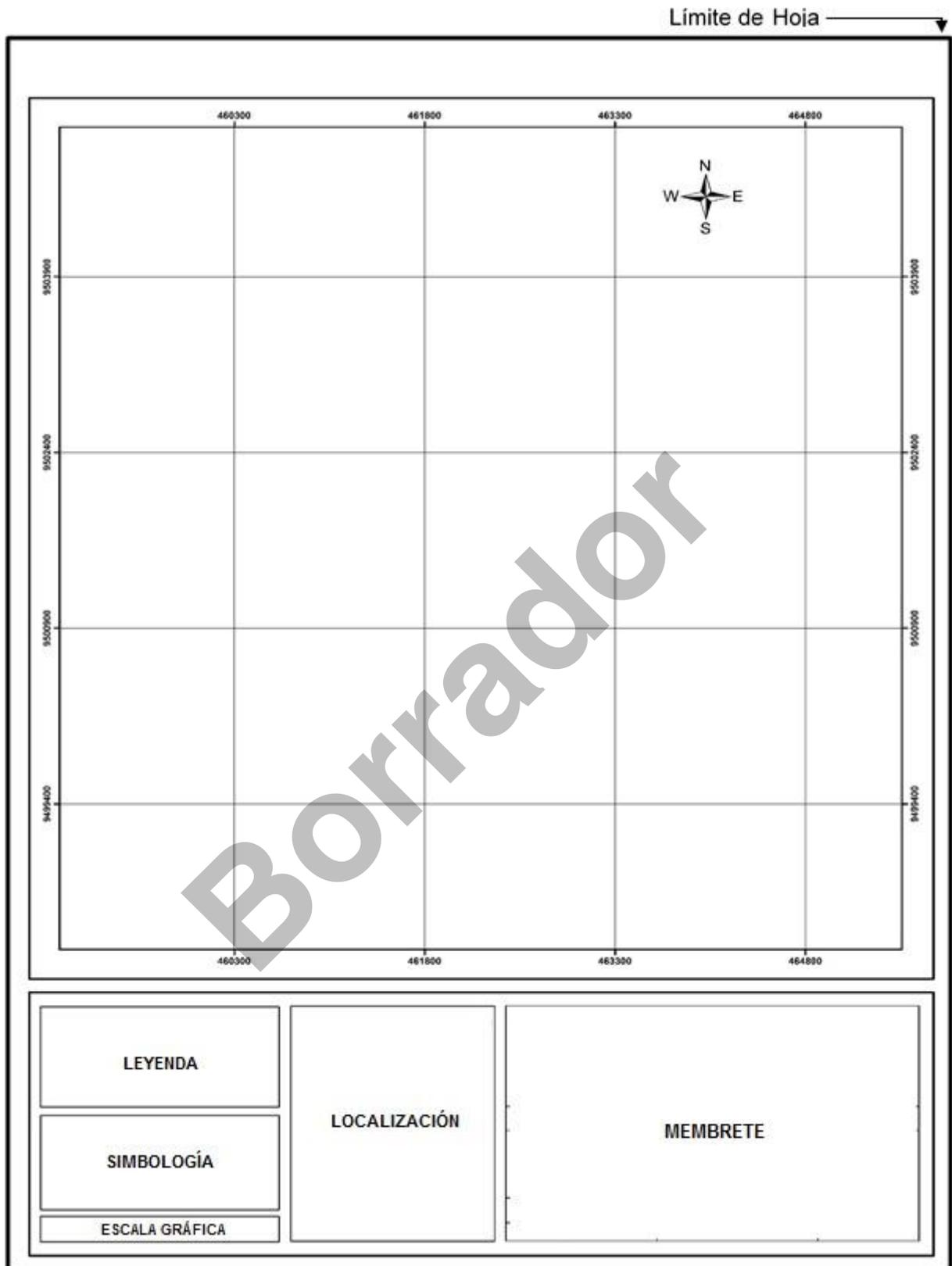


Figura A-30: Formato final del mapa a elaborar

ANEXO IX

INFORMACIÓN SOBRE LA ELABORACIÓN DEL INFORME DE EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR PELIGROS NATURALES

Es un documento basado en estudios técnicos y científicos que sustenta de manera fehaciente el resultado de la ejecución de una evaluación de riesgos, comprende la determinación de la identificación y caracterización de los peligros, análisis de las vulnerabilidades y la determinación de los niveles de riesgo en áreas geográficas expuestas a la ocurrencia de peligros de origen natural.

Consideraciones generales

a) Finalidad del Informe de Evaluación de Riesgos

Los Informes de Evaluación de Riesgo originados por peligros naturales tienen como finalidad conocer el nivel de riesgo en un área geográfica, así como, contribuir en la identificación de las medidas de mitigación que permitan minimizar los impactos generados por los peligros naturales y finalmente, sirve como insumo para la toma de decisiones de los procesos de gestión del riesgo de desastres.

b) ¿Para qué sirve un Informe de Evaluación de Riesgo?

Los Informes de Evaluación de Riesgo sirven para definir el uso adecuado del territorio, en específico sobre los terrenos que se asientan áreas urbanas e infraestructura pública, a través de los distintos planes de Gestión del Riesgo de Desastres (Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, Planes de Contingencia, Planes de Operaciones de Emergencia, Plan de Educación Comunitarias, Plan de Desarrollo Concertado, la Programación Multianual, los programas presupuestales) que desarrollan los gobiernos locales.

Además, los Informes de Evaluación del Riesgo, constituyen un insumo para acceder a los mecanismos financieros para la implementación de la Gestión del Riesgo de Desastres, tales como el Programa Presupuestal para la Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias – PREVAED (PPO68) en el marco del presupuesto por resultados, el Plan de Incentivos para la Mejora de la Gestión Municipal (PI) – Programa de Modernización Municipal (PMM) que incluye un componente de promoción de la gestión del riesgo, el “Fondo de Promoción a la Inversión Pública Regional y Local – FONIPREL”, el “Fondo para la Inclusión Económica en Zonas Rurales – FONIE”. Por otro lado el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) ha incorporado la GRD en el diseño, preparación e implementación de proyectos de inversión pública a todos los niveles del estado y finalmente, el Fondo Para Intervenciones ante la Ocurrencia de Desastres Naturales – FONDES.

c) ¿En qué casos se realiza un Informe de Evaluación de Riesgos?

Las Evaluaciones de Riesgo se realizan cuando hay zonas urbanas o rurales expuestas a un peligro; asimismo, sirve de sustento a procesos para la temática de Reconstrucción, instrumentos de planificación territorial, reasentamiento poblacional, promoción de medidas de control de riesgos a través de proyectos de inversión, entre otros.

d) ¿Quiénes son los responsables de ejecutar las Evaluaciones de Riesgo?

Es competencia de los Gobiernos Locales y Gobiernos Regionales ejecutar las Evaluaciones de Riesgo, a través de sus unidades orgánicas encargadas de la Gestión del Riesgo, en coordinación con los niveles de gobierno respectivos y los sectores involucrados.

Los representantes de las unidades orgánicas son los responsables de supervisar y aprobar los informes de evaluación de riesgo que han sido elaborados por los Evaluadores de Riesgo o Entidades Científicas.

e) ¿Quiénes están autorizados para la elaboración de los Informes de Evaluación del Riesgo?

Los Informes de Evaluación del Riesgo serán elaborados por profesionales que se encuentren acreditados como Evaluadores de Riesgo por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, así como por Entidades Técnico – Científicas que pueden ser invitadas por los gobiernos locales y regionales de acuerdo a sus competencias o participar como miembros del equipo técnico multidisciplinario que realizará el Informe de Evaluación de Riesgos.

Cabe mencionar que, para acreditarse como Evaluador de Riesgo se debe aprobar el Curso de Formación para Evaluadores de Riesgos que es dictado por un Centro de Educación Superior de nivel universitario en convenio interinstitucional vigente con el CENEPRED.

Se debe tener en cuenta que, existen ciertas restricciones, en las que el Evaluador del riesgo no podrá intervenir de forma directa o indirecta en la elaboración de un Informe de Evaluación del Riesgo:

- Cuando el Evaluador del Riesgo haya participado como proyectista o en la elaboración de cualquier otra documentación técnica relacionada al objeto de la Evaluación de Riesgos y forme parte de la ejecución de la misma.
- Cuando el Evaluador del Riesgo tenga vínculo laboral, comercial, consanguinidad de hasta cuarto grado, conyugal y afinidad hasta el segundo grado con la persona natural o jurídica que solicitó la Evaluación del Riesgo.

Se debe tener en cuenta que, las Evaluaciones de Riesgos deben ser elaboradas por equipos multidisciplinarios (grupo de profesionales), según la formación académica de los mismos y el tipo de peligros naturales a evaluar.

f) Tipos de informe de Evaluación de Riesgo por peligros naturales

Las Evaluaciones de Riesgos originados por peligros naturales se desarrollan en base a tres (03) tipos de informe, en función a la disponibilidad de información sobre el ámbito geográfico del área evaluada, estos son:

- Informe Cualitativo: Implica el conocimiento de los peligros, de los elementos expuestos y de sus vulnerabilidades, basado en la experiencia y observaciones de campo debido a la inexistencia de información (registros históricos, estadísticos,

estudios técnicos, etc.) del peligro de origen natural sobre el área geográfica de estudio.

- Informe semicuantitativo: Implica el conocimiento de los peligros, de los elementos expuestos y de sus vulnerabilidades, basado en estudios anteriores (estudios técnicos, registros históricos, estudios científicos, entre otros.) que tienen relación directa o indirecta con el peligro de origen natural y/o el área geográfica de estudio.

Este tipo de valuaciones de riesgo consiste en asignar valores numéricos a las características físicas obtenidas de los estudios técnicos para determinar los rangos de peligro, vulnerabilidad y riesgo.

- Informe Cuantitativo: Implica el conocimiento de la dinámica de los peligros, de los elementos expuestos y de sus vulnerabilidades, basado en información del ámbito geográfico de estudio, a través de modelos computacionales (simulaciones o modelamientos). Este tipo de evaluaciones de riesgo permiten determinar el área de influencia del peligro en base a un escenario de riesgo, la precisión de este tipo de evaluaciones depende de la disponibilidad de información técnica (estudios de suelos, inventarios de peligros, estudios geológicos, estudios hidrometeorológicos, mediciones instrumentales de campo, etc.) según el tipo de peligro natural a evaluar.

Las evaluaciones de riesgos deben apoyarse en información técnica científica, y han de utilizar en la mayor medida posible información semicuantitativa y cuantitativa, de acuerdo al tipo de peligro, la inspección *in situ* y la incidencia de efectos perjudiciales; de acuerdo a lo establecido en el Manual de Evaluación de Riesgos vigente del Cenepred.

Esta información debe servir como insumos para la caracterización y determinación del peligro, análisis de la vulnerabilidad, la determinación de los niveles de riesgo y el control del riesgo en áreas geográficas expuestas a peligros de origen natural.

g) ¿Cuáles son los resultados del Informe de Evaluación de Riesgos?

Los Informes de Evaluación del Riesgo presentan como resultado los mapas de los niveles de peligro, vulnerabilidad, riesgo, así como el control del riesgo (medidas de mitigación) ante ocurrencia de un peligro en un área geográfica.

h) ¿Quiénes son los responsables de la aprobación de los Informes de Evaluación de Riesgos?

Las evaluaciones de Riesgo son aprobadas por las unidades orgánicas de los Gobiernos Locales y Regionales responsables de la Gestión de Riesgos, para ello se deberá verificar que el informe de Evaluación de Riesgos contengan los componentes mínimos establecidos en el Manual para la Evaluación de Peligros Originados por Peligros Naturales vigente del Cenepred.

Estructura y contenido del informe de Evaluación de Riesgos

El informe de evaluación de riesgo, debería contar, al menos con el siguiente contenido o estructura:

PRESENTACIÓN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

- 1.1. Objetivo general
- 1.2. Objetivos específicos
- 1.3. Finalidad
- 1.4. Justificación
- 1.5. Antecedentes
- 1.6. Marco normativo

CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

- 2.1. Ubicación geográfica
- 2.2. Base topográfica
- 2.3. Vías de acceso
- 2.4. Condiciones climatológicas
- 2.5. Características socio - económicas
- 2.6. Características físicas del territorio
Describir los factores condicionantes considerados en el informe de evaluación de riesgo con sus respectivas unidades descriptivas.

CAPÍTULO III: DETERMINACIÓN DEL PELIGRO

- 3.1. Calculo de los niveles de peligro
 - I. Recopilación, análisis y sistematización de información recopilada
 - II. Identificación y descripción del tipo de peligro natural a evaluar
 - III. Definición de escenario de riesgo
 - IV. Identificación y delimitación del área de influencia asociada al peligro natural
 - V. Parámetro de evaluación
Por cada parámetro de evaluación considerado en el informe de evaluación de riesgo debe adjuntarse lo siguiente:
 - Cuadro de matriz de comparación de pares
 - Cuadro de matriz de normalización
 - Relación de consistencia
 - VI. Análisis de la susceptibilidad del territorio
Factores condicionantes
Se debe especificar, cual fue el criterio para considerar los factores condicionantes en el informe de evaluación de riesgo y el análisis desarrollado

para la priorización de sus unidades descriptivas. Finalmente, se debe presentar por cada factor condicionante, usado en el informe de evaluación de riesgos los siguientes considerandos:

- Cuadro de matriz de comparación de pares
- Cuadro de matriz de normalización
- Relación de consistencia
- Definición y estratificación de la susceptibilidad
- Mapa de susceptibilidad

VII. Definición y estratificación del nivel de peligro

VIII. Mapa de peligro

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

4.1. Metodología de análisis de vulnerabilidad

4.2. Análisis de la Vulnerabilidad

I. Factor exposición

Las viviendas e infraestructura existente que se encuentren dentro del área de influencia del peligro de origen natural serán considerados como elementos expuestos, los cuales se deben detallar según el sector al que pertenecen (Figura A-15). Cabe resaltar que, los niveles de exposición serán definidos en base al mapa de peligro, a continuación se adjuntan los requerimientos para el análisis del factor exposición:

- Cuadro de matriz de comparación de pares
- Cuadro de matriz de normalización
- Relación de consistencia

II. Factor fragilidad

Los parámetros para el análisis de la fragilidad deben ser propuestos por el evaluador de riesgo en función al tipo de peligro natural, información disponible y el objetivo del estudio; cuyos parámetros deben comprender al menos tres dimensiones de las propuestas (física, social, económica y ambiental). Estas deben describir lo siguiente:

- Cuadro de matriz de comparación de pares
- Cuadro de matriz de normalización
- Relación de consistencia

III. Factor resiliencia

Los parámetros para el análisis de la resiliencia deben ser propuestos por el evaluador de riesgo en función al tipo de peligro natural, información disponible y el objetivo del estudio; cuyos parámetros deben comprender al menos tres dimensiones de las propuestas (física, social, económica y ambiental). Estas deben describir lo siguiente:

- Cuadro de matriz de comparación de pares

- Cuadro de matriz de normalización
- Relación de consistencia

IV. Definición y estratificación de los niveles de vulnerabilidad

CAPÍTULO V: CÁLCULO DE LOS NIVELES DE RIESGO

5.1. Definición y estratificación de los Niveles de Riesgo

5.2. Mapa de riesgos

5.3. Cálculo de daños y pérdidas

- I. Cálculo de daños probables
- II. Cálculo de pérdidas probables

5.4. Control del riesgo

- I. Nivel de daño estructural
- II. Nivel de daño físico

5.5. Categoría del riesgo

5.6. Medidas de prevención y reducción del riesgo

- I. Medidas estructurales
- II. Medidas no estructurales

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

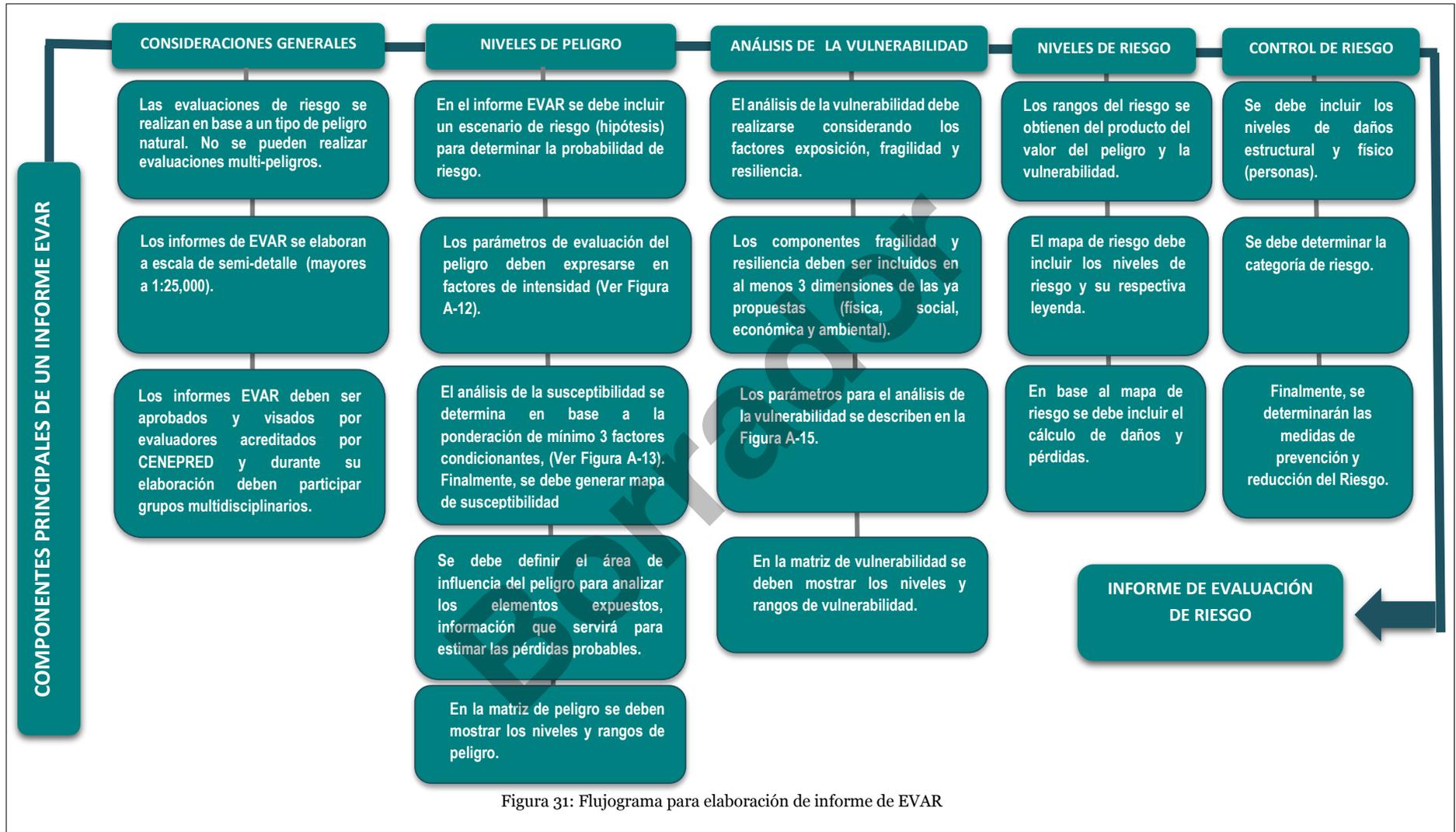


Figura 31: Flujograma para elaboración de informe de EVAR