



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**EVALUACIÓN DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS SOBRE EL ÁREA DE
ESTUDIO DEL COAR CUSCO - PERÚ**

Línea de investigación:

**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y
geotecnia**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de
Ingeniero Geógrafo

Autor:

Alvarado Pariona, Crhistopher Justin

Asesor:

Sánchez Carrera, Dante Pedro
ORCID: 0000-0002-1241-0483

Jurado:

Zevallos Paredes, Jhon
Hinojosa Pedraza, Karina Ines
Diaz Villalobos, Carlos Alberto

Lima - Perú

2024



ALVARADO PARIONA

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	sigrid.cenepred.gob.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	1%
5	www.grafiati.com Fuente de Internet	1%
6	predes.org.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
8	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EVALUACIÓN DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS SOBRE EL ÁREA DE
ESTUDIO DEL COAR CUSCO - PERÚ

Línea de investigación:

Desarrollo urbano-rural, Catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Geógrafo

Autor:

Alvarado Pariona, Crhistopher Justin

Asesor:

Sánchez Carrera, Dante Pedro
ORCID: 0000-0002-1241-0483

Jurado:

Zevallos Paredes, Jhon
Hinojosa Pedraza, Karina Ines
Diaz Villalobos, Carlos Alberto

LIMA - PERÚ

2024

ÍNDICE

Resumen	8
Abstrac	9
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Trayectoria del autor	10
1.2. Descripción de la empresa donde laboro.....	12
1.3. Organigrama de la empresa.....	13
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	13
II. EVALUACIÓN DEL RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS: CASO COAR CUSCO.....	15
2.1. Objetivos	16
2.2. Antecedentes	16
2.3. Ubicación del área de estudio.....	19
2.4. Metodología	19
2.5. Determinación del nivel de peligrosidad.....	20
2.5.1. <i>Identificación del peligro</i>	21
2.5.2. <i>Recopilación y análisis de la información</i>	22
2.5.3. <i>Identificación del área de influencia</i>	23
2.5.4. <i>Evaluación del Peligro</i>	24
2.5.5. <i>Niveles de peligro</i>	30
2.5.6. <i>Estratificación del nivel de peligro</i>	30

2.5.7.	<i>Análisis de elementos expuestos</i>	31
2.6.	Análisis de la vulnerabilidad	33
2.6.1.	<i>Dimensión Social</i>	34
2.6.2.	<i>Dimensión Económica</i>	35
2.6.3.	<i>Dimensión Ambiental</i>	37
2.6.4.	<i>Niveles de vulnerabilidad</i>	38
2.6.5.	<i>Estratificación de la vulnerabilidad</i>	39
2.7.	Cálculo del riesgo	39
2.7.1.	<i>Metodología para el cálculo del riesgo</i>	39
2.7.2.	<i>Niveles de riesgo</i>	40
2.7.3.	<i>Matriz de riesgo</i>	41
2.7.4.	<i>Estratificación del nivel de riesgo</i>	41
2.8.	Resultados	42
2.8.1.	<i>Peligro por flujo de detritos</i>	42
2.8.2.	<i>Vulnerabilidad por flujo de detritos</i>	44
2.8.3.	<i>Riesgo por flujo de detritos</i>	46
2.9.	Medidas de prevención y reducción del riesgo	47
2.10.	Discusión de resultados	48
III.	APORTES DESTACABLES A LA EMPRESA ROBINSON CONSULTING S.A.C	
	51	
IV.	CONCLUSIONES	52
V.	RECOMENDACIONES	53

VI.	REFERENCIAS	54
VII.	ANEXOS.....	57
7.1.	Plano de Localización del COAR Cusco	57
7.2.	Panel fotográfico	58

Índice de tablas

Tabla 1 Matriz escala de Saaty para comparación de pares.....	20
Tabla 2 Matriz de comparación de pares del parámetro “Altura de flujo”	24
Tabla 3 Matriz de normalización del parámetro “Altura de flujo”	25
Tabla 4 Descriptores del parámetro “Altura de flujo”	26
Tabla 5 Factores de la Susceptibilidad	26
Tabla 6 Descriptores del parámetro “Unidades Geomorfológicas”	27
Tabla 7 Descriptores del parámetro “Unidades Geológicas”	27
Tabla 8 Clasificación de las pendientes en el área de estudio	28
Tabla 9 Descriptores del parámetro “Pendiente”	28
Tabla 10 Pesos ponderados de los parámetros del Factor Condicionante	29
Tabla 11 Descriptores del parámetro “Umbrales de precipitación”	29
Tabla 12 Niveles de peligro	30
Tabla 13 Estratificación del nivel de peligro por flujo de detritos	30
Tabla 14 Parámetros en el Factor Exposición de la Dimensión Social	34
Tabla 15 Descriptores del Factor Exposición de la Dimensión social	35
Tabla 16 Descriptores del parámetro Niveles educativos que cubrirá la UP	35
Tabla 17 Parámetros a utilizar en el Factor Exposición de la Dimensión Económica	36
Tabla 18 Descriptores del Factor Exposición de la Dimensión Económica	36
Tabla 19 Descriptores del parámetro Localización respecto al área de impacto del peligro ..	36

Tabla 20 Parámetros a utilizar en el Factor Exposición de la Dimensión Ambiental	37
Tabla 21 Descriptores del Factor Exposición de la Dimensión Ambiental	37
Tabla 22 Descriptores del parámetro Cercanía a fuentes de agua	38
Tabla 23 Niveles de vulnerabilidad	38
Tabla 24 Estratificación de los niveles de vulnerabilidad	39
Tabla 25 Niveles de riesgo	40
Tabla 26 Matriz de riesgo	41
Tabla 27 Estratificación del nivel de riesgo	41
Tabla 28 Calculo de la Susceptibilidad	43
Tabla 29 Matriz de peligro por flujo de detritos	43
Tabla 30 Matriz de vulnerabilidad en la dimensión social	44
Tabla 31 Matriz de vulnerabilidad en la dimensión económica	45
Tabla 32 Matriz de vulnerabilidad en la dimensión ambiental	45
Tabla 33 Matriz de vulnerabilidad por flujo de detritos	45
Tabla 34 Cálculo del riesgo por flujo de detritos	46
Tabla 35 Análisis respecto al cálculo del peligro con Álvarez y Málaga (2021)	48
Tabla 36 Análisis respecto a la vulnerabilidad con Sánchez (2018)	49

Índice de figuras

Figura 1 Organigrama de la empresa Robinson Consulting S.A.C.	13
Figura 2 Mapa de ubicación del COAR Cusco	19
Figura 3 Metodología para la determinación del nivel de peligrosidad	21
Figura 4 Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales	22
Figura 5 Esquema general del proceso de análisis de información para la caracterización del peligro	23
Figura 6 Mapa de elementos expuestos en el área de intervención del COAR Cusco	33
Figura 7 Cálculo de los niveles de vulnerabilidad según tipo de intervención	34
Figura 8 Metodología para estimar los niveles de riesgo	40
Figura 9 Mapa de peligro por Flujo de detritos en el área de estudio del COAR Cusco	44
Figura 10 Mapa de vulnerabilidad por Flujo de detritos en el área de estudio del COAR Cusco	46
Figura 11 Mapa de riesgo por Flujo de detritos en el área de estudio del COAR Cusco	47
Figura 12 Fotografía N° 01	58
Figura 13 Fotografía N° 02	58
Figura 14 Fotografía N° 03	59
Figura 15 Fotografía N° 04	59

Resumen

El informe detalla mi experiencia profesional realizada en la empresa Robinson Consulting S.A.C., especificando mis actividades como especialista en Gestión del Riesgo de Desastre en el proyecto Evaluación de riesgo por flujo de detritos de la quebrada Huanumpampa sobre el área de estudio del COAR Cusco – Perú. La metodología aplicada se basó en los “Lineamientos para la elaboración del Informe de Evaluación de Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Educativa” y el “Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión”, aplicando la matriz de Satty para determinar los pesos de los parámetros en la evaluación del peligro, vulnerabilidad y riesgo. Como resultado se obtuvo que la zona de estudio del COAR Cusco presenta un valor de peligrosidad de 0.441, encontrándose en el rango de $0.265 \leq P \leq 0.493$ considerado como nivel de peligro muy alto; del mismo se obtuvo un valor de vulnerabilidad de 0.212, en el rango de $0.161 \leq V < 0.262$, nivel de vulnerabilidad alta. De lo evaluado a partir del análisis del peligro y de la vulnerabilidad se obtuvo que el área de estudio del COAR Cusco presenta un valor de 0.093, mismo que se encuentra dentro del rango de $0.072 \leq R \leq 0.239$, siendo este un nivel de riesgo muy alto. Se concluyó que el área del Colegio de Alto Rendimiento - COAR Cusco, se encuentra en un nivel de riesgo muy alto por flujo de detritos ante la activación eventual de la quebrada Huanumpampa.

Palabras clave: peligro, vulnerabilidad, riesgo, flujo de detrito.

Abstrac

The report details my professional experience at Robinson Consulting S.A.C., specifying my activities as a specialist in Disaster Risk Management in the project Risk assessment for debris flow of the Huanumpampa stream over the study area of COAR Cusco - Peru. The methodology applied was based on the “Guidelines for the preparation of the Disaster Risk Assessment Report on Educational Infrastructure Projects” and the “Manual for the Evaluation of Risks Originated by Natural Phenomena - 2nd Version”, applying the Satty matrix to determine the weights of the parameters in the evaluation of hazard, vulnerability and risk. As a result, it was obtained that the COAR Cusco study area presents a hazard value of 0.441, being in the range of $0.265 \leq P \leq 0.493$ considered as a very high hazard level; from the same, a vulnerability value of 0.212 was obtained, in the range of $0.161 \leq V < 0.262$, high vulnerability level. From what was evaluated from the hazard and vulnerability analysis, it was obtained that the COAR Cusco study area presents a value of 0.093, same that is within the range of $0.072 \leq R \leq 0.239$, being this a very high risk level. It was concluded that the area of the Colegio de Alto Rendimiento - COAR Cusco, is at a very high risk level for debris flow in the event of the eventual activation of the Huanumpampa stream.

Keywords: hazard, vulnerability, risk, debris flow.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Trayectoria del autor

Bachiller de la carrera profesional de Ingeniería Geográfica de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo, egresado de la Universidad Nacional Federico Villarreal en el año 2018, con experiencia en temas de Gestión del Riesgo de Desastre y Sistemas de Información Geográfica.

Empecé a laborar en mi carrera profesional en abril del año 2016 realizando prácticas pre profesionales en la Subgerencia de Medio Ambiente de la Municipalidad Distrital de Rímac. Las funciones realizadas trataron principalmente del monitoreo del proceso de recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios, capacitaciones en educación ambiental, levantamiento de información geográfica y elaboración de mapas de áreas verdes del distrito del Rímac.

De octubre del 2017 a marzo del 2018, realicé practicas pre profesionales en la Subgerencia de Catastro y Habilitaciones Urbanas de la Municipalidad Distrital de Carabayllo, apoyando al área técnica en inspecciones oculares, inventario y archivo de la documentación.

Posteriormente, de junio a diciembre del año 2018 brindé servicios profesionales independiente a la Autoridad del Proyecto Costa Verde – APCV, desempeñándome como Asistente en SIG para la ejecución de la etapa 3 y 4 de la Fase 02: Modelamiento numérico del plan de mar de la DHN de la Marina de Guerra del Perú, realizando diversas actividades como el análisis de información geográfica, edición digital CAD, DEM, análisis espacial de la información cartográfica técnica especializada y la generación de mapas temáticos.

En el periodo de marzo del 2019 a marzo del 2020, laboré en la Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Distrital de Carabayllo como asistente técnico de gestión del riesgo de desastre, realizando inspecciones oculares, informes de estimación de

riesgo, planes de prevención y reducción del riesgo, contingencia y educación comunitaria, elaboración de mapas temáticos de riesgo, y monitoreo del Centro de Operaciones de Emergencia Local del distrito.

Durante agosto del 2021 a diciembre del 2022, brindé servicios como sistematizador de información a la Subgerencia de Estimación, Prevención, Reducción y Reconstrucción de la Municipalidad Metropolitana de Lima, elaborando informes de análisis de riesgo (ADR), levantando información socioeconómica para el cálculo de la vulnerabilidad, elaborando mapas temáticos para informes de análisis y evaluación de riesgo, realizando vuelos con dron y procesando las fotografías obtenidas.

En el transcurso de febrero del 2023 a setiembre del 2023, presté servicios al Gobierno Regional Metropolitano de Lima, elaborando mapas temáticos de riesgo, levantando información de los sectores críticos de Lima Metropolitana, sistematizando la información recopilada en campo, elaborando informes de análisis y evaluaciones de riesgo, levantando información con dron, procesando las fotografías obtenidas para la creación de ortofotos, modelos digital de elevación, modelos de elevación de terreno, curvas de nivel, entre otros.

De noviembre del 2023 a marzo del 2024, brindé servicios como Especialista GRD a la Subgerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Distrital de Comas, elaborando informes técnicos con fines de visación de planos para servicios básicos, informes de ADR y planes específicos de contingencia y educación comunitaria del distrito.

Desde enero del 2020 a la actualidad, me vengo desempeñando como Especialista en Gestión del Riesgo de Desastre en la empresa Robinson Consulting S.A.C, cumpliendo las funciones de elaboración de evaluaciones de riesgos generados por fenómenos naturales, informes de análisis de riesgo y análisis de vulnerabilidad a proyectos de gran envergadura para diferentes instituciones públicas y empresas privadas. Asimismo, he apoyado en la

elaboración de planes específicos en gestión de riesgo, sistematización y elaboración de mapas temáticos, levantamiento y procesamiento de las fotografías obtenidas con dron para la generación de ortofotos, modelos digitales de elevación, modelos digitales de terreno, curvas de nivel, entre otros.

1.2. Descripción de la empresa donde laboro.

Robinson Consulting S.A.C., una empresa peruana con catorce años de experiencia que se especializa en servicios de asesoramiento y desarrollo en temas urbanos, ambientales, viales, arqueológicos, gestión de riesgo, hidráulica e hidrología para diferentes instituciones públicas, así como a empresas y/o consorcios privados.

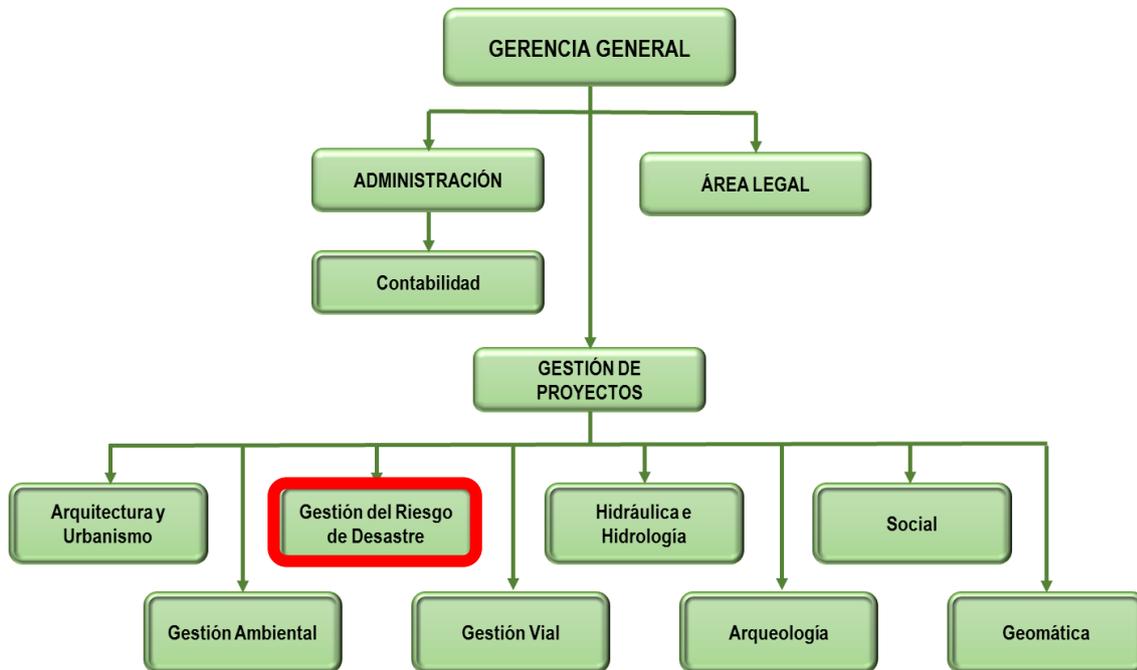
Tiene como misión satisfacer los requerimientos y cumplimientos de los clientes en los diferentes proyectos de obras públicas y privadas, brindándoles servicios integrales en las áreas de ingeniería como ambiental, hidrología, hidráulica, arqueología, arquitectura & urbanismo, gestión de riesgo y estudios viales, entre otros; las mismas que cumplirán con las expectativas en calidad, tiempo y servicio.

Entre los principales servicios realizados al área de Gestión del Riesgo de Desastre encontramos los informes EVAR generados por fenómenos naturales, ADR, escenarios de riesgo y planes específicos en gestión del riesgo de desastres. Del mismo, cuenta con un área de Geomática, misma que se encarga del diseño de mapas base y mapas temáticos, procesamiento de imágenes satelitales y levantamiento topográfico mediante uso de equipos RPAS (dron).

1.3. Organigrama de la empresa

Figura 1

Organigrama de la empresa Robinson Consulting S.A.C.



Nota: Elaboración propia, adaptado de la estructura organizacional de la consultora Robinson Consulting S.A.C., 2024

1.4. Áreas y funciones desempeñadas

Especialista en Gestión del Riesgo de Desastre

- Área: Gestión del Riesgo de Desastre.
- Funciones:
 - Elaboración de informes EVAR a proyectos de gran envergadura para diferentes instituciones públicas y empresas privadas.
 - Levantamiento de información y elaboración de informes ADR con fines de formalización.
 - Cálculo de las matrices de peligro, vulnerabilidad y riesgo para la producción de informes de evaluación y análisis de riesgo.

- Apoyo en los planes específicos en gestión de riesgo, entre los que se han elaborado planes de prevención y reducción de riesgo, planes de contingencia, continuidad operativa, entre otros.
- Generación de escenarios de riesgo causados por fenómenos naturales.

Especialista en Sistema de Información Geográfica

- Área: Geomática.
- Funciones:
 - Sistematización de información levantada en campo para elaboración de informes EVAR y ADR.
 - Elaboración de mapas temáticos en gestión del riesgo de desastre (ubicación, geología, geomorfología, pendiente, peligro, vulnerabilidad, riesgo, entre otros).
 - Levantamiento y procesamiento de las fotografías obtenidas con dron para la generación de ortofotos, nube de puntos, modelos digitales de elevación, curvas de nivel, entre otros.

II. EVALUACIÓN DEL RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS: CASO COAR CUSCO

El Perú en su ámbito geográfico, ubicación, condiciones geográficas y climáticas, propicia la generación de diversos eventos naturales, tales como sismos, heladas, sequías, inundaciones y movimientos en masa (como flujo de detritos, caída de rocas, entre otros), cuya intensidad varía según la latitud del territorio. La ocurrencia de estos fenómenos ha causado grandes daños a la población debido a la alta vulnerabilidad acumulada a lo largo del tiempo. Factores como la exposición a áreas cercanas a cauces de ríos, terrenos inestables, el incumplimiento de normas de construcción, y la deficiente planificación territorial, sumados a la insuficiencia en el desarrollo de habilidades para la respuesta, contribuyen a un alto riesgo de pérdidas y daños.

Del estudio “Resumen Ejecutivo Histórico de la Temporada de Lluvias 2016 – 2017” elaborado por INDECI, señala que el fenómeno El Niño 2017 (FEN 2017) trajo como consecuencia inundaciones y movimientos en masa en el país, dejando un saldo aproximado de 1’644,879 personas afectadas, 283,137 damnificados y alrededor de 37,409 viviendas colapsadas, esto sin contar con la gran cantidad de equipamiento urbano y medios de vida que fueron seriamente afectados, requiriendo muchos de ellos rehabilitación o reconstrucción, como las comisarías, centros de salud, redes viales e instituciones educativas. Se estima que cerca de 1,500 instituciones educativas fueron afectadas por el FEN 2017.

Ante esta situación, resulta necesario conocer el riesgo al que se encuentra expuesto el área de estudio del COAR Cusco en el distrito de Oropesa, provincia Quispicanchis del departamento de Cusco, debido a la necesidad de su construcción para ofrecer un servicio educativo que cumpla con altos estándares de calidad tanto nacionales como internacionales y poder contribuir en mejorar la educación pública; del mismo, se busca prevenir y/o reducir los

riesgos asociados al peligro por la activación eventual de la quebrada Huanumpampa, que podría afectar la normal continuidad del servicio educativo.

En este sentido, la empresa Robinson Consulting S.A.C. elaboró el informe de evaluación de riesgo por flujo de detritos de la quebrada Huanumpampa sobre el área de estudio del COAR Cusco.

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo General

Evaluar el nivel de riesgo por flujo de detritos de la quebrada Huanumpampa al que se encuentra expuesto el área de estudio del COAR Cusco, distrito Oropesa, provincia Quispicanchis, departamento de Cusco.

2.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar los niveles de peligrosidad por flujo de detritos de la quebrada Huanumpampa sobre el área de estudio del COAR Cusco.
- Analizar los niveles de vulnerabilidad del área de estudio del COAR Cusco.
- Establecer el riesgo ante el peligro flujo de detritos originados por la quebrada Huanumpampa sobre el área de estudio del COAR Cusco.

2.2. Antecedentes

2.2.1. Antecedentes Internacionales

Cerquera (2022), en su trabajo de investigación propuso establecer el nivel de peligrosidad por flujo de detritos utilizando herramientas de modelación en la quebrada Estaquecá - Colombia. La metodología aplicada fue a través del método estadístico bivariado por pesos de evidencia. De acuerdo a los valores de velocidad obtenidos, se obtuvo como resultado que la susceptibilidad de amenaza por flujo de detritos es alta, siendo los rangos de

amenaza de 10.54 a 12.68 m/s. Del trabajo de investigación se concluyó que la susceptibilidad presente en el cauce de la cuenca de la quebrada Estaquecá es alta.

Mardones (2019), en su estudio tuvo como objetivo establecer una relación entre las precipitaciones y los flujos de detritos en la región de Coquimbo - Chile. El análisis estadístico se realizó a través de una regresión logística, determinando sus parámetros estadísticos y analizando la correlación entre variables. Del estudio se concluyó que los flujos se distribuyeron a lo largo de la región, manifestándose principalmente en las zonas montañosas, siendo la cuenca del río Elqui la que presenta mayor generación de flujos.

En el estudio realizado por Bucarey (2018), propuso analizar el peligro de flujos de detritos en las quebradas Carrizalillo y De Meléndez de Chile. La metodología empleada se fundamentó en la ponderación de factores condicionantes, siguiendo el enfoque de Lara (2007) para la evaluar y zonificar de peligro por desplazamientos de masa, aplicada en la Quebrada San Ramón en Santiago Oriente, Chile. Los resultados muestran una susceptibilidad de movilidad de material de media a alta para la cuenca de la quebrada Carrizalillo, con 53.35 km² de aporte de material del total de 1,110.88 km². El estudio concluyó que la quebrada Carrizalillo tiene una cuenca que es propensa a generar flujos de detritos, transportando material en laderas con alta pendiente; por otro lado, la quebrada De Meléndez muestra una susceptibilidad media de generar flujos de detritos.

2.2.2. Antecedentes Nacionales

Álvarez y Málaga (2021), en su tesis propusieron analizar el riesgo por flujo de detritos al que se encuentra expuesto la localidad de Haquira, provincia Cotabambas, departamento Apurímac. La investigación fue mediante análisis cuantitativo y cualitativo, aplicando la metodología propuesta por el CENEPRED para estimar la peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo ante flujo de detritos. Tuvieron como resultados que la zona presenta nivel de peligrosidad muy

alto con un valor de 0.57; asimismo, del análisis de la vulnerabilidad se obtuvo nivel de vulnerabilidad alta, con un valor de 0.251. En conclusión, la tesis permitió determinar el riesgo en la localidad de Haquira, logrando identificar las zonas expuestas debido al peligro.

De la Cruz (2021), en su tesis tuvo como objetivo identificar el riesgo por flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo de Lunahuaná - Cañete, con el objetivo de plantear medidas para minimizar los riesgos existentes. La metodología aplicada fue bajo un enfoque cuantitativo, evaluando la realidad del área de estudio a través de herramientas para la elaboración de datos utilizando cálculos numéricos y análisis estadísticos. Los resultados indican que, del análisis de la peligrosidad, la quebrada San Jerónimo presenta nivel de peligrosidad muy alto, obteniendo un rango de $0.263 < P \leq 0.509$; asimismo, del análisis de la vulnerabilidad, resulta tener un valor de 0.279, lo cual indica que estos elementos vulnerabilidad muy alta, encontrándose en el rango de $0.260 \leq V < 0.503$. Se concluye que el casco urbano del anexo San Jerónimo, ubicada cerca del cauce formado por flujos de detritos, enfrenta un nivel de riesgo que varía de alto a muy alto.

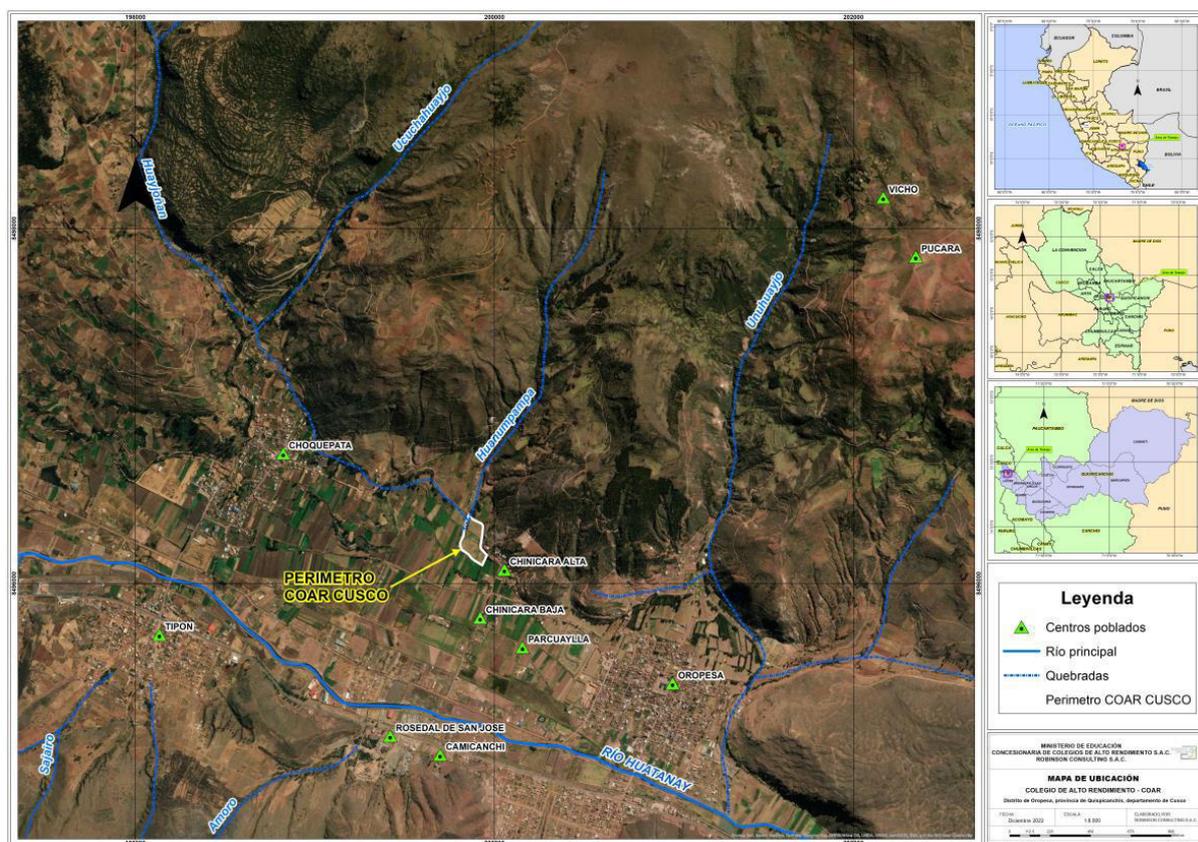
Sánchez (2018), en su tesis propuso analizar la vulnerabilidad ante la eventual ocurrencia por flujos de detritos en la quebrada Carossio, distrito de Lurigancho-Chosica. Su metodología fue mediante análisis cualitativo y cuantitativo, evaluando la zona a través de herramientas de recolección de información, analizando la información obtenida de los lotes ubicados en el área de estudio. En su resultado identificó cuatro niveles de vulnerabilidad, encontrándose para el área de estudio en vulnerabilidad muy alta, con un valor de 0.285. En su tesis concluye que el área de estudio presenta un nivel de vulnerabilidad muy alto frente a la potencial ocurrencia por flujo de detritos proveniente de la quebrada Carossio, esta alta vulnerabilidad refleja el grado significativo al que está expuesta la región ante posibles eventos dada su proximidad y las características del cauce de la quebrada.

2.3. Ubicación del área de estudio

El área de estudio correspondiente al COAR Cusco ubicado en el distrito de Oropesa, provincia Quispicanchis, departamento de Cusco. Esta zona está situada en del área de influencia de la quebrada Huanumpampa y a un trazo aproximado de 1.365 kilómetros de la Plaza Central del distrito de Oropesa.

Figura 2

Mapa de ubicación del COAR Cusco



2.4. Metodología

La metodología empleada en el presente informe se basó en la aplicación de los “Lineamientos para la elaboración del Informe de Evaluación de Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Educativa”, así como del Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión, elaborado por el CENEPRED.

Para el análisis del peligro y la vulnerabilidad, se aplicó un análisis multicriterio conocido como el proceso jerárquico, que calcula el ponderado de los pesos de los parámetros que los definen (Saaty, 1980). Este método tiene como objetivo determinar la importancia relativa en la comparación de pares. Esta escala se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1

Matriz escala de Saaty para comparación de pares

Intensidad	Definición	Explicación
1	Igualmente importante	Dos elementos contribuyen por igual al objeto.
3	Moderadamente importante	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente a un elemento sobre otro.
5	Fuertemente importante	La experiencia y el juicio favorecen mucho a un elemento sobre otro.
7	Muy fuertemente importante	Un elemento es claramente más favorecido y su dominio es evidente en la práctica.
9	Extremadamente importante	La evidencia que favorece un elemento sobre otro es de la más alta posible certeza.
2,4,6,8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes.

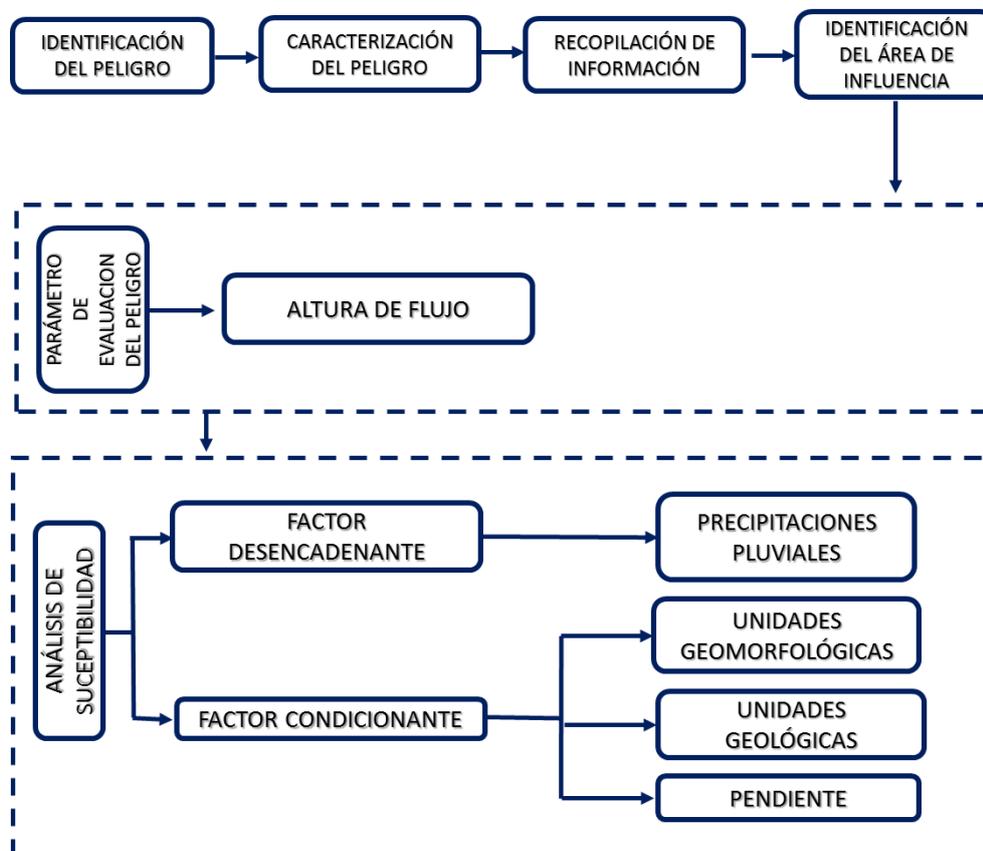
Nota: Escala fundamental de preferencia (Saaty, 1980)

2.5. Determinación del nivel de peligrosidad

Para evaluar el nivel de peligro del COAR Cusco, se empleó la metodología descrita en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales– 2da versión elaborado por el CENEPRED.

Figura 3

Metodología para la determinación del nivel de peligrosidad



Nota: Adaptado del Manual para la evaluación de riesgo originados por fenómenos naturales – 2da versión

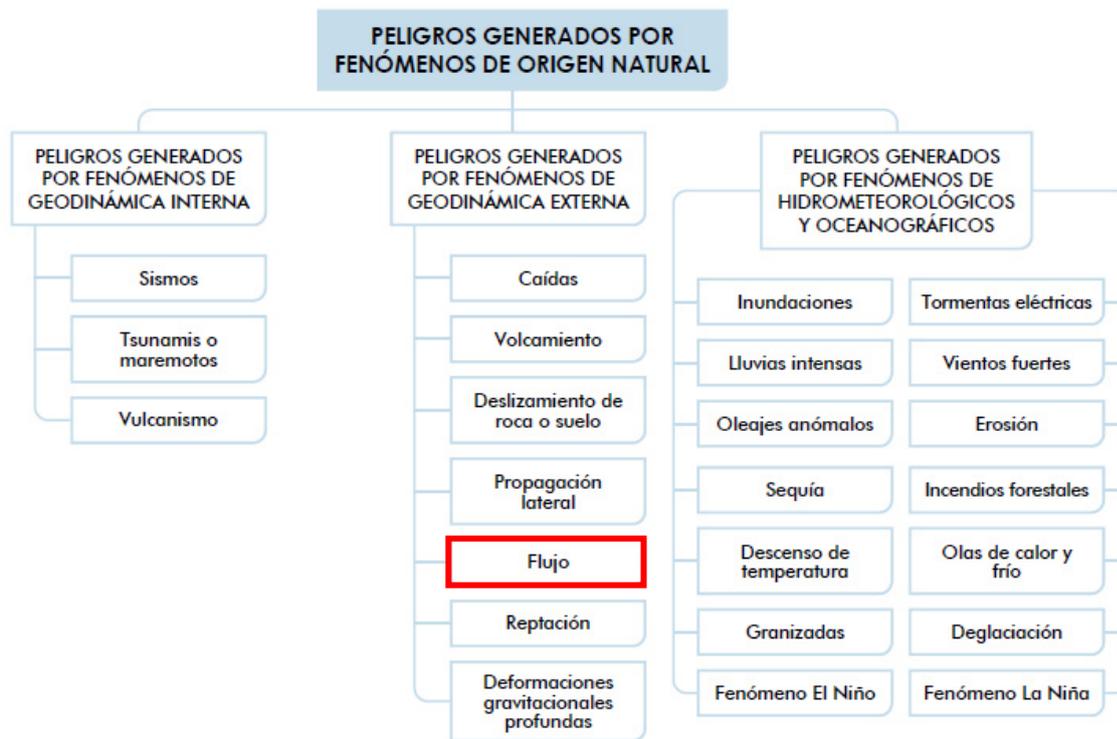
2.5.1. Identificación del peligro

Se define al peligro como la existencia de una amenaza o la posibilidad de que ocurra un evento que pueda causar daño o perjuicio. En términos de gestión de riesgos, se refiere a la probabilidad de que un fenómeno o evento adverso, como desastres naturales o accidentes, ocurra y tenga efectos negativos sobre personas, bienes, o el medio ambiente. El peligro se caracteriza por su potencial para generar daños y suele evaluarse en términos de frecuencia, intensidad y magnitud del evento.

De ello se identificó que el área de estudio del COAR Cusco se encuentra expuesto al peligro por Flujo de detritos.

Figura 4

Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales



2.5.2. Recopilación y análisis de la información

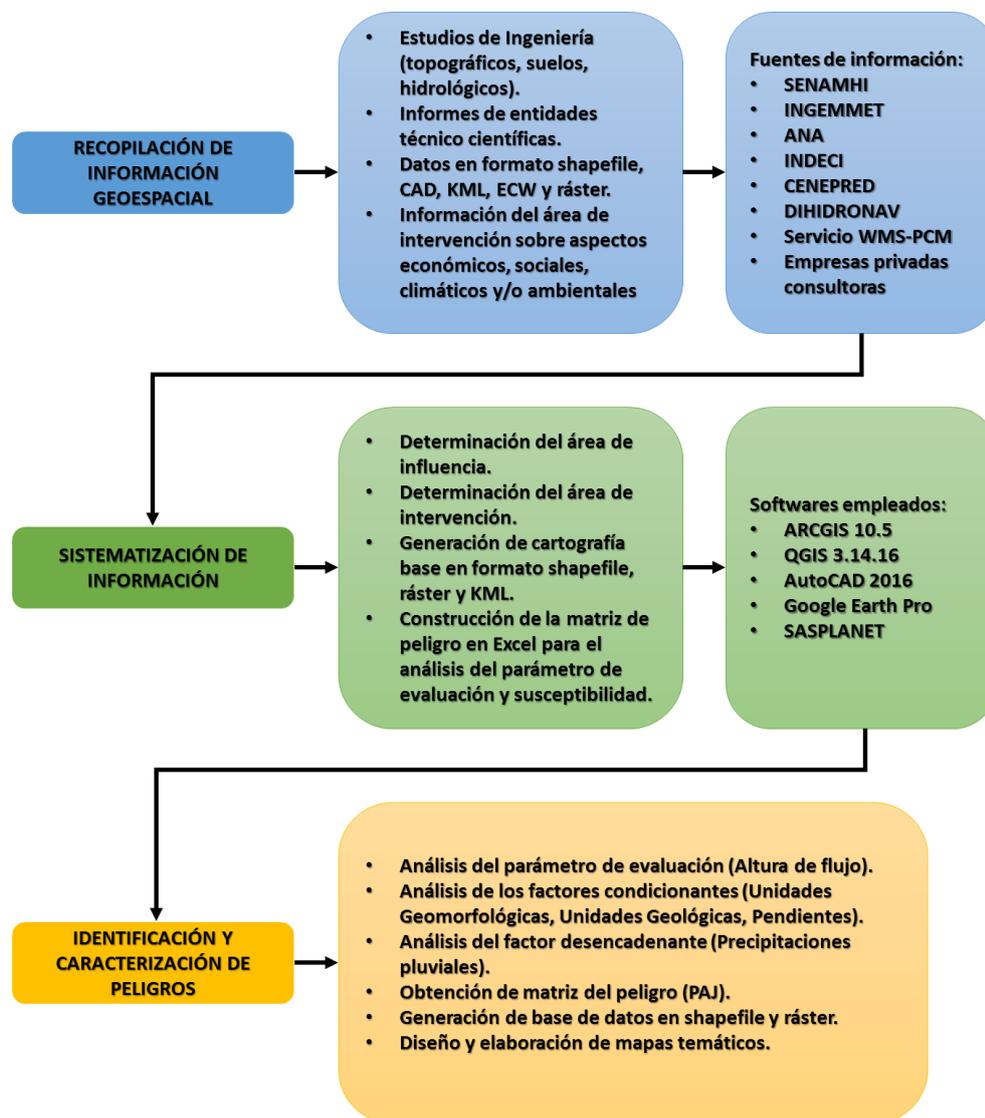
La información recopilada se obtuvo a través de las instituciones técnico científicas así como del levantamiento de información del área de estudio, clasificándose de la siguiente manera:

- Fuente Primaria, que está relacionado a los datos de campo, para ello se realizó la verificación in situ de las condiciones y características geográficas del territorio del COAR Cusco.
- Fuente Secundaria, relacionado a recopilar datos de las instituciones técnico científicas, entidades públicas y estudios de empresas privadas, mismos que deben estar avalados por un profesional especialista. Para la recopilación de esta información se indagó en función al área de trabajo los peligros asociados a lluvias intensas, como son los flujos

de detritos. Asimismo, se verificó a través de los geoportales la información sobre su ubicación respecto a otros peligros.

Figura 5

Esquema general del proceso de análisis de información para la caracterización del peligro



2.5.3. Identificación del área de influencia

La delimitación de la zona de influencia se refiere al impacto y comportamiento del flujo de detritos en la microcuenca de la quebrada Huanumpampa sobre el área de estudio del COAR Cusco, toda vez que permita una caracterización del riesgo para identificar los puntos más vulnerables dentro del área de la institución educativa.

2.5.4. Evaluación del Peligro

2.5.4.1. Parámetro de evaluación. Se define como la expresión de la amenaza sobre el área de influencia del peligro identificado generado por la magnitud del factor desencadenante, que representa la intensidad del evento.

Considerando que en el periodo de lluvias pueden producirse perjuicios a los habitantes de una determinada área de estudio, se ha determinado como parámetro de evaluación la “Altura de flujo”, tomando como dato lo obtenido a partir del estudio de modelamiento hidráulico elaborado. Este escenario se simuló para un caudal de 1,38 m³/s (con tiempo de retorno 100 años), donde se logró identificar y mapear hasta cinco categorías de alturas de flujo. Cada uno de estos parámetros ha sido ponderado utilizando la matriz de Satty, visualizándose en las siguientes tablas:

Tabla 2

Matriz de comparación de pares del parámetro “Altura de flujo”

Altura de flujo	Altura de flujo > 0.5 m	Altura de flujo entre 0.4 y 0.5 m	Altura de flujo entre 0.3 y 0.4 m	Altura de flujo entre 0.2 y 0.3 m	Altura de flujo ≤ 0.1 m
Altura de flujo > 0.5 m	1.000	2.000	4.000	6.000	8.000
Altura de flujo entre 0.4 y 0.5 m	0.500	1.000	3.000	4.000	6.000
Altura de flujo entre 0.3 y 0.4 m	0.250	0.333	1.000	3.000	4.000
Altura de flujo entre 0.2 y 0.3 m	0.167	0.250	0.333	1.000	3.000

Altura de flujo ≤ 0.1 m	0.125	0.167	0.250	0.333	1.000
------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabla 3

Matriz de normalización del parámetro "Altura de flujo"

Altura de flujo	Altura de flujo > 0.5 m	Altura de flujo entre 0.4 y 0.5 m	Altura de flujo entre 0.3 y 0.4 m	Altura de flujo entre 0.2 y 0.3 m	Altura de flujo ≤ 0.1 m	Vector priorización
Altura de flujo > 0.5 m	0.490	0.533	0.466	0.419	0.364	0.454
Altura de flujo entre 0.4 y 0.5 m	0.245	0.267	0.350	0.279	0.273	0.283
Altura de flujo entre 0.3 y 0.4 m	0.122	0.089	0.117	0.209	0.182	0.144
Altura de flujo entre 0.2 y 0.3 m	0.082	0.067	0.039	0.070	0.136	0.079
Altura de flujo ≤ 0.1 m	0.061	0.044	0.029	0.023	0.045	0.041

A partir de lo anterior se derivan los pesos del parámetro "Altura de flujo", los cuales se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 4*Descriptores del parámetro “Altura de flujo”*

Parámetro	Altura de flujo	Peso ponderado: 0.3	
ALT1	Altura de flujo > 0.5 m	PALT1	0.454
ALT2	Altura de flujo entre 0.4 m y 0.5 m	PALT2	0.283
Descriptores ALT3	Altura de flujo entre 0.3 m y 0.4 m	PALT3	0.144
ALT4	Altura de flujo entre 0.2 m y 0.3 m	PALT4	0.079
ALT5	Altura de flujo \leq 0.1 m	PALT5	0.041

2.5.4.2. Susceptibilidad del territorio. Se refiere a la tendencia de que un evento ocurra en un área geográfica específica, en mayor o menor grado. Si en una determinada zona se conocen las características geográficas de la zona y se dispone de información histórica sobre eventos similares a los que motivan el estudio, es posible determinar la susceptibilidad de la zona.

Para el área de estudio del COAR Cusco, se identificaron los factores siguientes:

Tabla 5*Factores de la Susceptibilidad*

Factores Condicionantes			Factor Desencadenante
Unidades Geomorfológicas	Unidades Geológicas	Pendientes	Precipitaciones pluviales

A. FACTORES CONDICIONANTES

A.1. Unidades geomorfológicas

Se identificaron las unidades geomorfológicas más cercanas al área de estudio agrupándolos en cinco grupos, aplicando la matriz de Satty para establecer el peso de las mismas, obteniendo lo siguiente:

Tabla 6

Descriptores del parámetro “Unidades Geomorfológicas”

Parámetro		Unidades Geomorfológicas	Peso ponderado: 0.123	
Descriptores	GM1	Cárcava, Lecho de río, Lecho de quebrada	PGM1	0.456
	GM2	Llanura o planicie inundable	PGM2	0.296
	GM3	Piedemonte aluvio torrencial	PGM3	0.138
	GM4	Lomas	PGM4	0.071
	GM5	Colina, Montaña	PGM5	0.039

A.2. Unidades geológicas

Se identificaron las siguientes unidades geológicas:

Tabla 7

Descriptores del parámetro “Unidades Geológicas”

Parámetro		Unidades Geológicas	Peso ponderado: 0.557	
Descriptores	GL1	Depósito antrópico	PGL1	0.503
	GL2	Depósito fluvial, Río	PGL2	0.260
	GL3	Depósito aluvial	PGL3	0.134
	GL4	Depósito coluvial, suelo residual	PGL4	0.068
	GL5	Formaciones del relieve	PGL5	0.035

A.3. Pendientes

Para identificar las pendientes del área de estudio, se generó las mismas, con información de la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) particularmente hablando del modelo de elevación digital ALOS PALSAR DEM. Se procesaron y reclasificaron de acuerdo al ámbito de estudio del COAR Cusco; asimismo, se identificó que para el terreno del COAR Cusco se identificaron pendientes moderadas a llanas ($< 15^\circ$).

Tabla 8

Clasificación de las pendientes en el área de estudio

Rango	Descripción
$> 45^\circ$	Pendiente muy escarpada
$25^\circ - 45^\circ$	Pendiente muy fuerte
$15^\circ - 25^\circ$	Pendiente fuerte
$5^\circ - 15^\circ$	Pendiente moderada
$< 5^\circ$	Terrenos llanos y/o inclinados con pendiente suave

Una vez clasificados los rangos de pendientes, se realizó el cálculo de los mismos, obteniendo lo siguiente:

Tabla 9

Descriptor del parámetro "Pendientes"

Parámetro		Pendientes	Peso ponderado: 0.320	
Descriptor	PN1	$> 45^\circ$	PPN1	0.516
	PN2	$25^\circ - 45^\circ$	PPN2	0.247
	PN3	$15^\circ - 25^\circ$	PPN3	0.133
	PN4	$5^\circ - 15^\circ$	PPN4	0.065
	PN5	$< 5^\circ$	PPN5	0.038

A.4. Matriz de comparación de pares por cada factor condicionante y sus descriptores

Los parámetros tomados en cuenta como factores condicionantes son: Unidad Geomorfológica, Unidad Geológica y Pendiente.

Tabla 10

Pesos ponderados de los parámetros del Factor Condicionante

Parámetro	Unidades Geológicas	Pendiente	Unidades Geomorfológicas
Peso	0.557	0.320	0.123

B. FACTOR DESENCADENANTE

Para el área de estudio que concierne al COAR Cusco, dado el peligro de flujo de detritos ante la activación eventual de la quebrada Huanumpampa, se realiza un análisis local de la climatología en función a los datos de precipitación históricos registrados y emitidos por la entidad técnica científica del SENAMHI.

B.1. Umbrales de precipitación

El SENAMHI calculó umbrales de precipitación mediante la metodología especificada en la nota técnica 001-SENAMHI-DGM-2014 (Alfaro, 2014). Asimismo, realizó la caracterización de precipitación teniéndose que la estación Cay Cay se caracteriza como un día extremadamente lluvioso cuando el acumulado de precipitación diaria supera los 23,5 mm.

Tabla 11

Descriptores del parámetro “Umbrales de precipitación”

Parámetro	Umbrales de precipitación	Peso ponderado: 0.6
Descriptores PP1	Mayor a P99 (Extremadamente lluvioso)	PPP1 0.514

PP2	P95 – P99 (Muy lluvioso)	PPP2	0.255
PP3	P90 – P95 (Lluvioso)	PPP3	0.129
PP4	P75 – P90 (Moderadamente lluvioso)	PPP4	0.067
PP5	Menor a P75 (Lluvia usual)	PPP5	0.035

2.5.5. Niveles de peligro

A continuación, se presentan los niveles de peligro por flujo de detritos y los rangos correspondientes obtenidos mediante el Proceso de Análisis Jerárquico.

Tabla 12

Niveles de peligro

Nivel de peligro	Rango
Peligro Muy Alto	$0.265 \leq P \leq 0.493$
Peligro Alto	$0.135 \leq P < 0.265$
Peligro Medio	$0.071 \leq P < 0.135$
Peligro Bajo	$0.037 \leq P < 0.071$

2.5.6. Estratificación del nivel de peligro

En la tabla siguiente se detalla la estratificación del peligro por flujo de detritos ante la posible activación de la quebrada Huanumpampa.

Tabla 13

Estratificación del nivel de peligro por flujo de detritos

Nivel de peligro	Estratificación	Rango
Muy Alto	Unidades Geológicas de Depósito antrópico, pendientes de $> 45^\circ$, Unidades Geomorfológicas de Cárcava, Lecho de río, Lecho de quebrada; con Altura de flujo > 0.5 m o	$0.265 \leq P \leq 0.493$

	entre 0.4 m y 0.5 m, con precipitaciones pluviales Mayor a P99.	
Alto	Unidades Geológicas de Depósito aluvial y Depósito fluvial, Río, pendientes de 45° - 25°, unidades Geomorfológicas de Llanura o planicie inundable, con Altura de flujo entre 0.3 m y 0.4 m, con precipitaciones pluviales Mayor a P99.	$0.135 \leq P < 0.265$
Medio	Unidades Geológicas de Depósito coluvial, Suelo residual, pendientes de 25° - 15° y entre 15° - 5°, Unidades Geomorfológicas de Piedemonte aluvio torrencial, con Altura de flujo entre 0.2 m y 0.3 m, con precipitaciones pluviales Mayor a P99.	$0.071 \leq P < 0.135$
Bajo	Unidades Geológicas de Formación Huancané; Formación Maras; Formación Pachatusan; Formación Paucarbamba; Formación Pissac; Formación Sonco, pendientes de < 5°, Unidades Geomorfológicas de Lomas, Colina, Montaña, con Altura de flujo ≤ 0.1 m, con precipitaciones pluviales Mayor a P99.	$0.037 \leq P < 0.071$

2.5.7. *Análisis de elementos expuestos*

En el área de intervención del COAR Cusco, se encontraron los siguientes elementos susceptibles al impacto del peligro por flujo de detritos:

A. Población

Respecto a la población que se encuentra en el área de intervención del COAR Cusco, se identificó un aproximado de 70 personas susceptibles ante el impacto del peligro, que, dada su ubicación, estarían en peligro medio ante flujo de detritos, cabe señalar que la población identificada pertenece al Centro Poblado Chinchara Alta.

B. Viviendas

En el área de intervención del COAR Cusco, se identificó un aproximado de 30 viviendas, algunas aún faltan construir (sector sur), consideradas expuestas ante el peligro, que, dada su ubicación, se hallarían en nivel de peligro medio ante flujo de detritos por la activación eventual de la quebrada Huanumpampa, cabe señalar que las viviendas pertenecen al Centro Poblado Chinchara Alta.

C. Salud

En el área de intervención correspondiente al COAR CUSCO no se identificaron centros de salud aledaños; no obstante, el centro de salud más cercano se ubica dentro de la zona, de nombre “Oropesa” en el distrito Oropesa, a una longitud aproximada de 1.250 km en dirección Sur-Este.

D. Red Vial

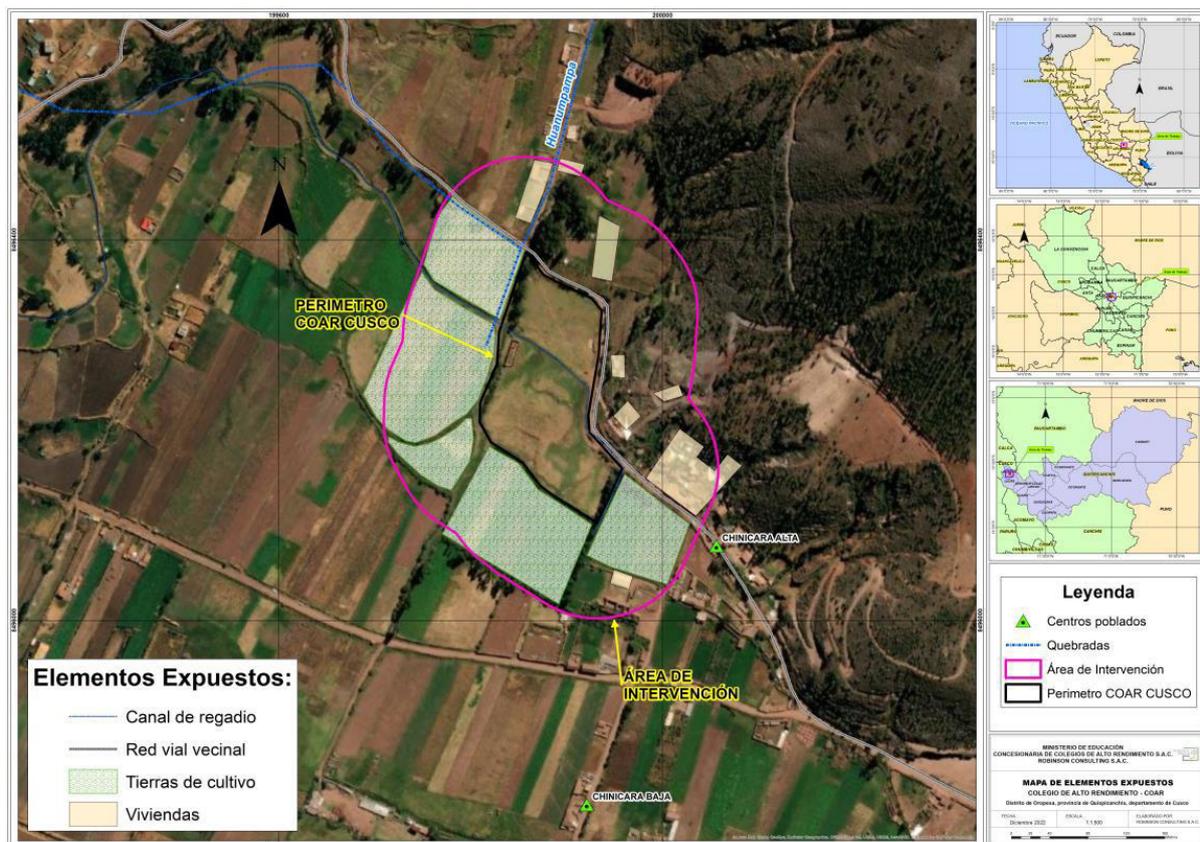
En el área de intervención, se estimó un aproximado de 486 metros lineales de red vial vecinal, que bordean al terreno del COAR Cusco, mismas que no se encuentran asfaltadas.

E. Red Hídrica

En el área de intervención, se identificó un canal de regadío que cruza el terreno del COAR Cusco, y cuenta con una longitud aproximada (dentro del área de intervención) de 356 metros; asimismo, dentro del terreno cuenta con una longitud aproximada de 159 metros.

Figura 6

Mapa de elementos expuestos en el área de intervención del COAR Cusco



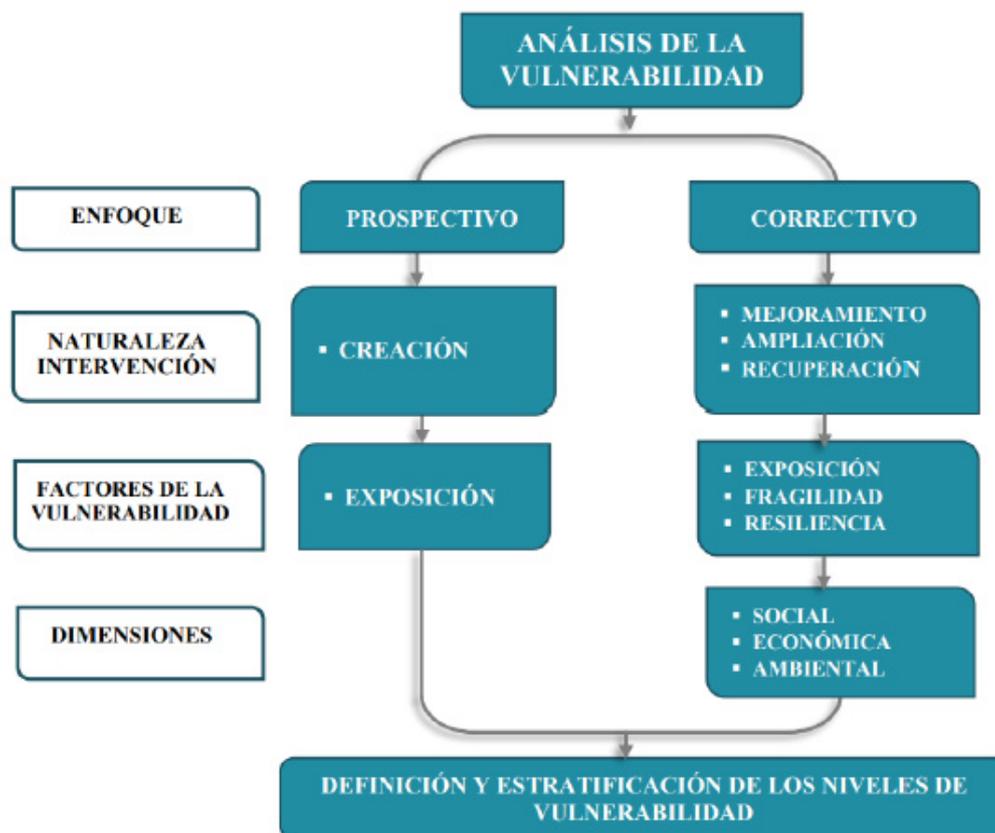
2.6. Análisis de la vulnerabilidad

Según el Reglamento de la Ley N° 29664 (2011), la vulnerabilidad se refiere a la exposición en la que se encuentra la población a sufrir daños debido a la acción de un peligro o amenaza.

Para el presente informe se consideró al COAR Cusco bajo un enfoque prospectivo, ya que es un proyecto en creación, por lo que se ha considerado solo el factor Exposición en sus tres dimensiones. Los parámetros para el diagnóstico de la vulnerabilidad han sido diseñados y generados considerando lo establecido en los “Lineamientos para la Elaboración de Informes de Evaluación de Riesgo de Desastre en Proyectos de Infraestructura Educativa”, el peligro por flujo de detritos, así como los factores territoriales e históricos de emergencias pasadas.

Figura 7

Cálculo de los niveles de vulnerabilidad según tipo de intervención



2.6.1. Dimensión Social

En la dimensión social se analizó el factor Exposición correspondiente al terreno del COAR Cusco, así como los elementos expuestos del área de intervención.

Para analizar dimensión social de la vulnerabilidad se evaluaron los parámetros siguientes:

Tabla 14

Parámetros a utilizar en el Factor Exposición de la Dimensión Social

Exposición
Niveles Educativos que cubrirá la UP

Dada la ubicación del COAR Cusco en el área de peligro, es indispensable el conocimiento, clasificación y priorización de los niveles educativos en el Factor Exposición, por lo que se consideró los siguientes descriptores:

Tabla 15

Descriptores del Factor Exposición de la Dimensión Social

Niveles educativos que cubrirá la UP
Inicial / Jardín
Primaria
Secundaria
Grado Técnico
Universitario y/o formación de postgrado

Una vez identificado los descriptores del factor Exposición, se procedió a realizar el cálculo a través del proceso de análisis jerárquico, obteniendo la siguiente tabla:

Tabla 16

Descriptores del parámetro Niveles educativos que cubrirá la UP

Parámetro	Niveles educativos que cubrirá la UP	Peso ponderado: 1.0
Descriptores NE1	Inicial / Jardín	PNE1 0.478
NE2	Primaria	PNE2 0.289
NE3	Secundaria	PNE3 0.125
NE4	Grado Técnico	PNE4 0.073
NE5	Título y/o formación de postgrado	PNE5 0.036

2.6.2. Dimensión Económica

En la dimensión económica se analizó el Factor Exposición correspondiente al terreno del COAR Cusco, así como los elementos expuestos del área de intervención, evaluando el siguiente parámetro:

Tabla 17

Parámetros a utilizar en el Factor Exposición de la Dimensión Económica

Exposición
Localización respecto al área del impacto del peligro

La identificación de la ubicación del terreno y/o Institución Educativa respecto a la zona de influencia de un determinado peligro, resulta indispensable para establecer los rangos de riesgo de dicha zona. Al respecto, el mapa de peligro permite identificar los rangos de peligro a flujo de detritos por la activación de la quebrada Huanumpampa, permitiendo identificar el grado de exposición. Para la identificación de este parámetro se consideró los siguientes descriptores:

Tabla 18

Descriptores del Factor Exposición de la Dimensión Económica

Localización respecto al área del impacto del peligro
Se encuentra en peligro inminente
Se encuentra en zona de peligro Muy Alto
Se encuentra en zona de peligro Alto
Se encuentra en zona de peligro Medio
Se encuentra en zona de peligro Bajo

Asimismo, se obtuvo los siguientes valores:

Tabla 19

Descriptores del parámetro Localización respecto al área de impacto del peligro

Parámetro	Localización respecto al área de impacto del peligro	Peso ponderado: 1.0
Descriptores	LP1	Se encuentra en peligro inminente
	LP2	Se encuentra en zona de peligro Muy Alto
		PLP1
		0.517
		PLP2
		0.227

LP3	Se encuentra en zona de peligro Alto	PLP3	0.147
LP4	Se encuentra en zona de peligro Medio	PLP4	0.072
LP5	Se encuentra en zona de peligro Bajo	PLP5	0.037

2.6.3. Dimensión Ambiental

En la dimensión ambiental se analizó el Factor Exposición correspondiente al terreno del COAR Cusco, así como los elementos expuestos del área de intervención., evaluando el siguiente parámetro:

Tabla 20

Parámetros a utilizar en el Factor Exposición de la Dimensión Ambiental

Exposición
Cercanía a fuentes de Agua

La cercanía a fuentes de agua permite identificar si los mismos podrían generar algún tipo de peligro de inundación y/o flujo de detritos, afectando a la infraestructura educativa, al personal estudiantil y habitantes del lugar, como es el caso del área de estudio perteneciente al a microcuenca de la quebrada Huanumpampa. Evaluar la cercanía respecto a la exposición ambiental permite identificar si la fuente podría servir de foco de especies endémicas de insectos u otro tipo de animal cuya exposición generaría afectación a los estudiantes.

Para evaluar de este parámetro se precisó los siguientes descriptores:

Tabla 21

Descriptores del Factor Exposición de la Dimensión Ambiental

Cercanía a fuentes de agua
Se encuentra en el cauce de la quebrada
Se ubica hasta unos 15 metros del cauce de la quebrada
Se ubica hasta unos 20 metros del cauce de la quebrada

Se ubica hasta unos 25 metros del cauce de la quebrada

Se ubica a más de 25 metros del cauce de la quebrada

Del mismo, se obtuvo los siguientes valores:

Tabla 22

Descriptores del parámetro Cercanía a fuentes de agua

Parámetro	Cercanía a fuentes de agua		Peso ponderado: 1.0	
Descriptores	CA1	Se encuentra en el cauce de la quebrada	PCA1	0.471
	CA2	Se ubica hasta unos 15 metros del cauce de la quebrada	PCA2	0.284
	CA3	Se ubica hasta unos 20 metros del cauce de la quebrada	PCA3	0.143
	CA4	Se ubica hasta unos 25 metros del cauce de la quebrada	PCA4	0.068
	CA5	Se ubica a más de 25 metros del cauce de la quebrada	PCA5	0.034

2.6.4. Niveles de vulnerabilidad

En la tabla siguiente, se observan los rangos de vulnerabilidad obtenidos a partir de la síntesis de las dimensiones del factor exposición.

Tabla 23

Niveles de vulnerabilidad

Nivel de vulnerabilidad	Rango
Vulnerabilidad Muy Alta	$0.273 \leq V \leq 0.486$
Vulnerabilidad Alta	$0.134 \leq V < 0.273$
Vulnerabilidad Media	$0.072 \leq V < 0.134$
Vulnerabilidad Baja	$0.036 \leq V < 0.072$

2.6.5. Estratificación de la vulnerabilidad

Con las matrices obtenidas en las dimensiones Social, Económica y Ambiental del factor exposición, a partir del análisis del Proceso de Análisis Jerárquico – PAJ, que recopila información primaria de campo y procedimientos matemáticos especializados, se procede a realizar la estratificación de los valores de vulnerabilidad, detallados de la siguiente manera:

Tabla 24

Estratificación de los niveles de vulnerabilidad

Nivel	Estratificación	Rango
Muy Alta	Nivel educativo inicial y/o jardín, primaria; Se encuentra en zona de peligro inminente y/o muy alto; cercanía a fuentes de agua se ubica hasta unos 15 metros del cauce de la quebrada.	$0.273 \leq V \leq 0.486$
Alta	Nivel educativo secundaria; se encuentra en zona de peligro alto; cercanía a fuentes de agua se ubica hasta unos 20 metros del cauce de la quebrada.	$0.134 \leq V < 0.273$
Media	Nivel educativo grado técnico; se encuentra en zona de peligro medio; cercanía a fuentes de agua se ubica hasta unos 25 metros del cauce de la quebrada.	$0.072 \leq V < 0.134$
Baja	Nivel educativo título y/o formación de postgrado; se encuentra en zona de peligro bajo; cercanía a fuentes de agua se ubica a más de 25 metros del cauce de la quebrada.	$0.036 \leq V < 0.072$

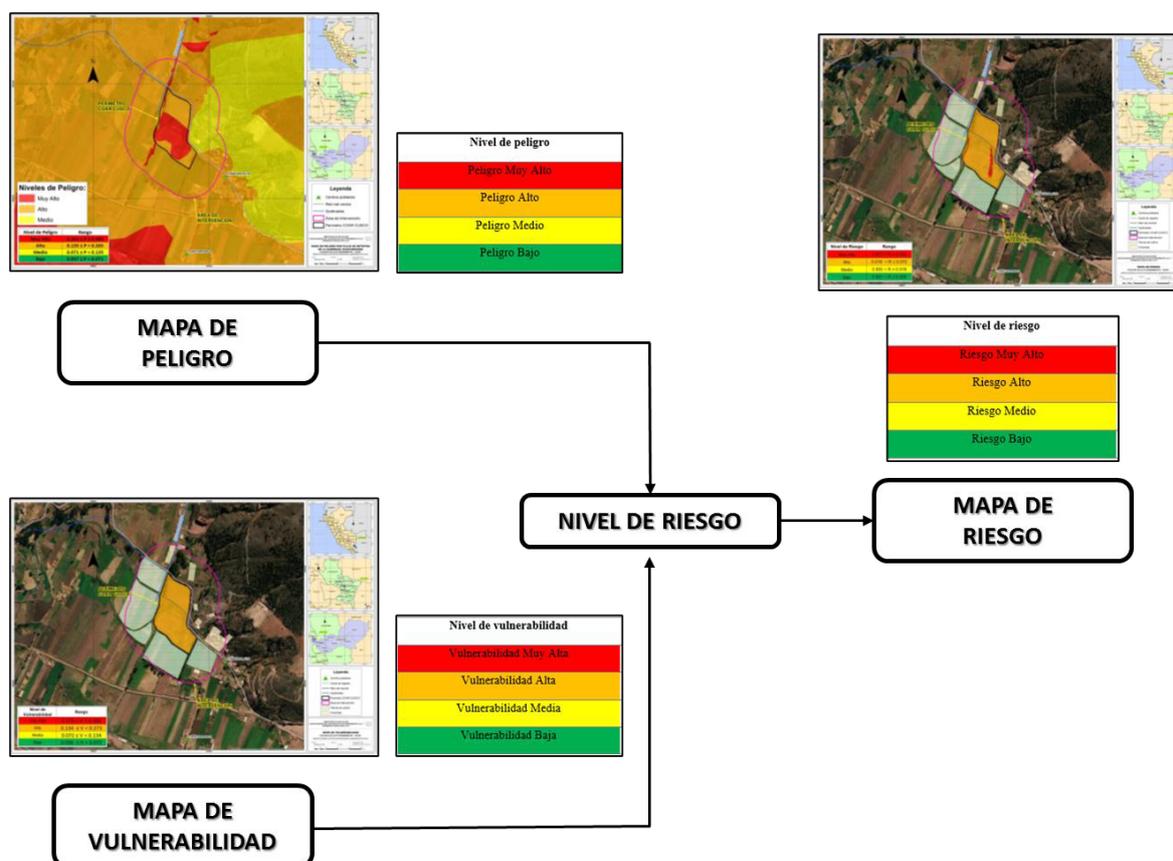
2.7. Cálculo del riesgo

2.7.1. Metodología para el cálculo del riesgo

Para calcular el riesgo en el área de trabajo correspondiente al COAR Cusco, se dispuso la siguiente metodología:

Figura 8

Metodología para estimar los niveles de riesgo



2.7.2. Niveles de riesgo

A continuación, se detallan los rangos identificados para el riesgo por flujo de detritos ante la activación eventual de la quebrada Huanumpampa sobre el área de trabajo del COAR Cusco.

Tabla 25

Niveles de riesgo

Nivel de riesgo	Rango
Riesgo Muy Alto	$0.072 \leq R \leq 0.239$
Riesgo Alto	$0.018 \leq R < 0.072$
Riesgo Medio	$0.005 \leq R < 0.018$
Riesgo Bajo	$0.001 \leq R < 0.005$

2.7.3. Matriz de riesgo

La matriz de riesgo por flujo de detritos del área de estudio del COAR Cusco, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 26

Matriz de riesgo

PMA	0.493	0.035	0.066	0.134	0.239
PA	0.265	0.019	0.036	0.072	0.129
PM	0.135	0.010	0.018	0.037	0.066
PB	0.071	0.005	0.009	0.019	0.034
		0.072	0.134	0.273	0.486
		VB	VM	VA	VMA

2.7.4. Estratificación del nivel de riesgo

La estratificación del riesgo se observa en la tabla siguiente:

Tabla 27

Estratificación del nivel riesgo

Nivel	Estratificación	Rango
Muy Alta	Unidades Geológicas de Deposito antrópico, con pendientes de > 45°, de Unidades Geomorfológicas de Cárcava, Lecho de río, Lecho de quebrada; con Altura de flujo > 0.5 m o entre 0.4 m y 0.5 m, con precipitaciones pluviales Mayor a P99. Nivel educativo Inicial/Jardín, primaria, se encuentra en zona de peligro inminente y/o zona de Peligro Muy Alto, cercanía a fuentes de agua se ubica hasta unos 15 metros del cauce de la quebrada.	$0.072 \leq R \leq 0.239$
Alta	Unidades Geológicas de Depósito aluvial y Depósito fluvial, Río, con pendientes de 45° - 25°, de Unidades Geomorfológicas de Llanura o planicie inundable, con Altura de flujo entre 0.3 m y 0.4 m, con precipitaciones pluviales Mayor a P99.	$0.018 \leq R < 0.072$

	Nivel educativo Secundaria, se encuentra en zona de peligro Alto, cercanía a fuentes de agua se ubica hasta unos 20 metros del cauce de la quebrada.	
Media	Unidades Geológicas de Depósito coluvial, Suelo residual, con pendientes de 25° - 15° y entre 15° - 5°, de Unidades Geomorfológicas de Piedemonte aluvio torrencial, con Altura de flujo entre 0.2 m y 0.3 m, con precipitaciones pluviales Mayor a P99. Nivel educativo grado técnico, se encuentra en zona de peligro Medio, cercanía a fuentes de agua se ubica hasta unos 25 metros del cauce de la quebrada.	$0.005 \leq R < 0.018$
Baja	Unidades Geológicas de Formación Huancané, Formación Maras, Formación Pachatusan, Formación Paucarbamba, Formación Pissac, Formación Sonco; con pendientes de < 5°; Unidades Geomorfológicas de Lomas, Colina, Montaña. Con Altura de flujo ≤ 0.1 m, con precipitaciones pluviales Mayor a P99. Nivel educativo título y/o formación de postgrado, se encuentra en zona de peligro Bajo, cercanía a fuentes de agua se ubica a más de 25 metros del cauce de la quebrada.	$0.001 \leq R < 0.005$

2.8. Resultados

2.8.1. Peligro por flujo de detritos

Para determinar el nivel de peligro del área de estudio del COAR Cusco, se ha considerado el escenario crítico, con altura de flujo mayor a 0.5 m, precipitación pluvial mayor al Percentil 99, unidad geomorfológica piedemonte aluvio-torrencial, unidad geológica de depósito aluvial y antrópico, con pendiente moderada entre 5° a 15°.

Tabla 28*Cálculo de la Susceptibilidad*

Factor Condicionante						Factor Desencadenante			
Unidad geológica		Pendiente		Unidad geomorfológica		Umbral de precipitación			
Depósito antrópico		5° a 15°		Piedemonte aluvio-torrencial		Valor	Peso	Mayor a P99	
Ppar(1)	Pdesc	Ppar(1)	Pdesc	Ppar(1)	Pdesc			Valor	Peso
0.503	0.557	0.065	0.320	0.138	0.123	0.318	0.4	0.514	0.6

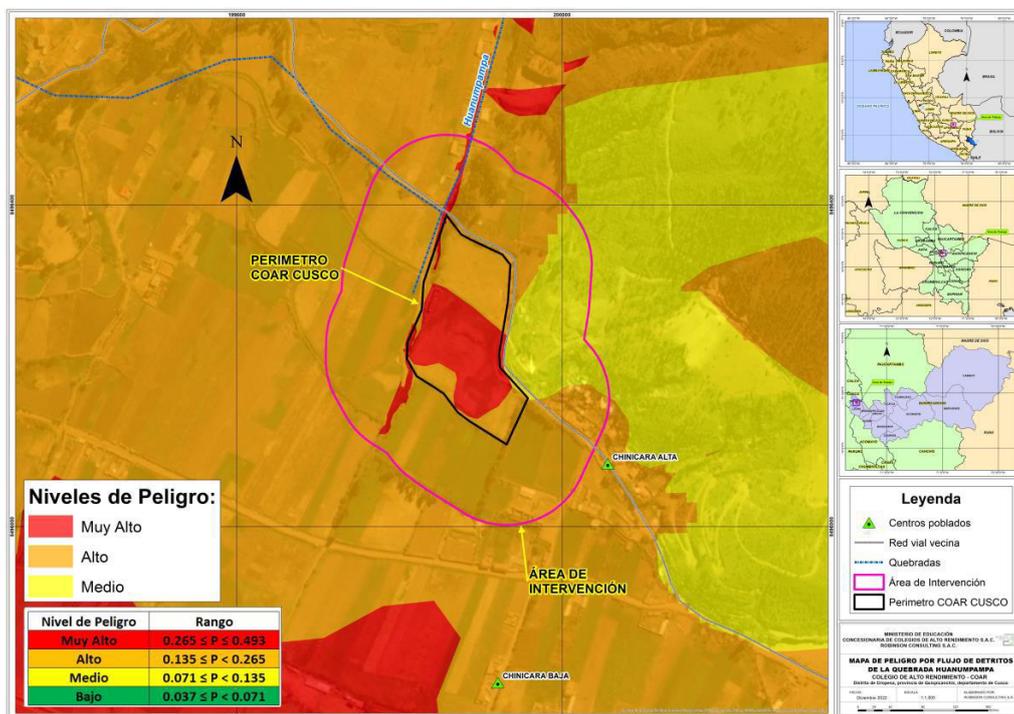
Tabla 29*Matriz de peligro por flujo de detritos*

Susceptibilidad (S)		Parámetro de evaluación (PE)				Valor de peligro
Valor	Peso	Altura de flujo		Valor	Peso	(VS*PS + VPE*PPE)
		Mayor a 0.5 m				
		Ppar(1)	Pdesc			
0.436	0.7	0.454	1.0	0.454	0.3	0.441

De lo anterior se calculó que el área de estudio del COAR Cusco presenta un valor de 0.441, encontrándose en el rango de $0.265 \leq P \leq 0.493$, nivel de peligro muy alto.

Figura 9

Mapa de peligro por Flujo de detritos en el área de estudio del COAR Cusco



2.8.2. Vulnerabilidad por flujo de detritos

Para determinar el nivel de vulnerabilidad del área de estudio del COAR Cusco, se consideró solo el factor exposición en las dimensiones social (niveles educativos), económica (localización respecto al área de impacto del peligro) y ambiental (cercanía a fuentes de agua), esto debido a que aún se encuentra en estado de creación en un enfoque prospectivo.

Tabla 30

Matriz de vulnerabilidad en la dimensión social

DIMENSIÓN SOCIAL					
Exposición		Valor dimensión social	Peso dimensión social		
Niveles educativos que cubrirá la UP					
Secundaria					
Ppar	Pdesc				
0.125	1.0	0.125		0.334	

Tabla 31*Matriz de vulnerabilidad en la dimensión económica*

DIMENSIÓN ECONÓMICA			
Exposición		Valor dimensión económica	Peso dimensión económica
Localización respecto al área de impacto del peligro			
Se encuentra en una zona de peligro muy alto			
Ppar	Pdesc		
0.227	1.0	0.227	0.333

Tabla 32*Matriz de vulnerabilidad en la dimensión ambiental*

DIMENSIÓN AMBIENTAL			
Exposición		Valor dimensión ambiental	Peso dimensión ambiental
Cercanía a fuentes de agua			
Se encuentra hasta unos 15 metros del cauce de la quebrada			
Ppar	Pdesc		
0.284	1.0	0.284	0.333

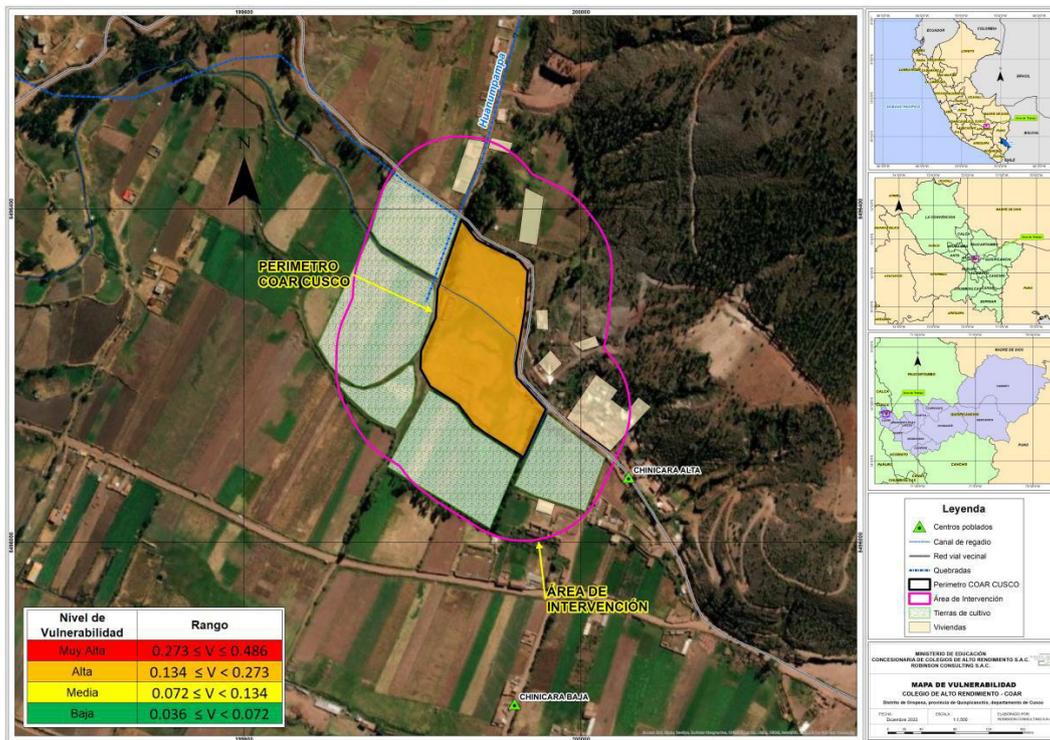
Tabla 33*Matriz de vulnerabilidad por flujo de detritos*

Valor dimensión social	Peso dimensión social	Valor dimensión económica	Peso dimensión económica	Valor dimensión ambiental	Peso dimensión ambiental	Valor de vulnerabilidad
0.125	0.334	0.227	0.333	0.284	0.333	0.212

De lo anterior se calculó que el área del COAR Cusco tiene un valor de 0.212, encontrándose en el rango de $0.161 \leq V < 0.262$, nivel de vulnerabilidad alta.

Figura 10

Mapa de vulnerabilidad por Flujo de detritos en el área de estudio del COAR Cusco



2.8.3. Riesgo por flujo de detritos

Para el nivel de riesgo, se correlacionan los valores de peligrosidad con el nivel de vulnerabilidad, con el objetivo de evaluar los efectos y consecuencias asociadas al peligro identificado.

Tabla 34

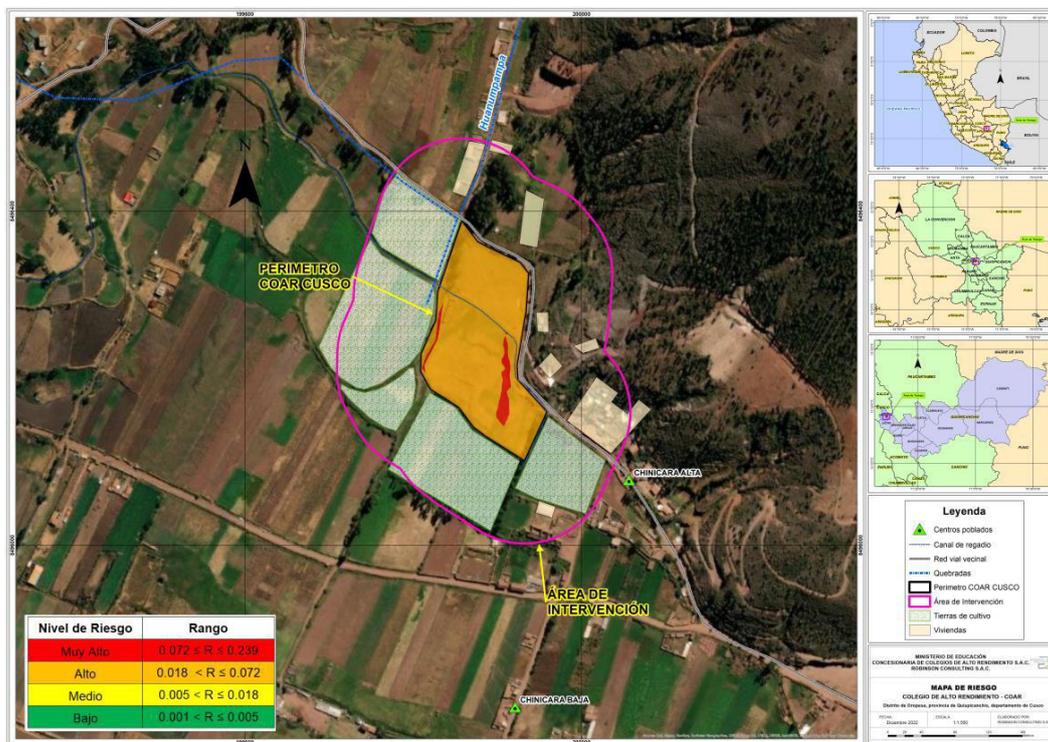
Cálculo del riesgo por flujo de detritos

Valor de peligro	Valor de vulnerabilidad	Valor de riesgo
0.441	0.212	0.093

De cálculo anterior, se obtuvo que el valor de riesgo para el área de estudio del COAR Cusco es de 0.093, encontrándose en el rango de $0.072 \leq R \leq 0.239$, nivel de riesgo muy alto.

Figura 11

Mapa de riesgo por Flujo de detritos en el área de estudio del COAR Cusco



2.9. Medidas de prevención y reducción del riesgo

Las acciones en gestión del riesgo de desastres deben considerarse de manera integral y territorial para un adecuado manejo de los riesgos sobre el área de estudio del COAR Cusco y para la mitigación del riesgo existente por exposición, por ello, se recomienda tomar en cuenta las siguientes medidas:

- Las futuras edificaciones que se construyan en el área de estudio del COAR Cusco, deberá considerar los análisis climatológicos y eventos extraordinarios que suceden e influyen en el área de trabajo, a fin de dar sostenibilidad en el tiempo al servicio educativo, salvaguardando la integridad de los estudiantes, profesores, personal administrativo, así como a la población de la comunidad cercana.
- Se deberá realizar las coordinaciones con la ANA y el Gobierno Local para la delimitación de la faja marginal de la quebrada Huanumpampa.

- Realizar una adecuada difusión y comunicación de la cultura de prevención y el fortalecimiento de capacidades para la respuesta ante emergencias y desastres de los estudiantes, profesores y/o administrativos, considerando que los peligros identificados podrían afectar a la institución.
- Incorporar los resultados del estudio en los planes específicos del distrito de Oropesa.

2.10. Discusión de resultados

- Análisis de la peligrosidad

El cálculo de la peligrosidad del área de estudio del COAR Cusco se realizó bajo la metodología aplicada en el manual de evaluación de riesgo. Los resultados serán comparados con los resultados obtenidos en la tesis denominada elaborado por la peruana Joaquín Mario Álvarez Rodríguez y Kevin Málaga Hanampa.

Tabla 35

Análisis respecto al cálculo del peligro con Álvarez y Málaga (2021)

Resultados del autor	Tesis de Álvarez y Málaga (2021)	Análisis comparativo
Para el área de estudio, para el análisis de la peligrosidad se consideró el cálculo de la susceptibilidad con el parámetro de evaluación; teniendo como factores condicionantes las unidades geológicas, unidades geomorfológicas y pendientes; como factor desencadenante la altura de flujo; y como parámetro de	En su tesis, para el análisis de la peligrosidad considero la susceptibilidad como el peligro, teniendo como factores condicionantes la litología de la cuenca, la cobertura del suelo, pendiente, curvatura y erodabilidad del suelo K; y como factor desencadenante la precipitación.	Ambos estudios obtuvieron como resultado el nivel de peligrosidad. En ambos estudios se consideró la matriz de Saaty para el cálculo de los niveles de peligro. En su tesis Álvarez y Málaga (2021) no consideraron el parámetro de evaluación en el cálculo del peligro, siendo éste un parámetro que ayuda

evaluación los umbrales de precipitación. Para el cálculo de los valores de peligro se empleó la matriz de Satty, obteniendo los siguientes rangos: muy alto ($0.265 \leq P \leq 0.493$), alto ($0.135 \leq P < 0.265$), medio ($0.071 \leq P < 0.135$) y bajo ($0.037 \leq P < 0.071$). En el estudio se determinó que el peligro presenta un valor de 0.441, encontrándose en un nivel de peligro muy alto.

Para el cálculo del peligro utilizó la matriz de Saaty, obteniendo los siguientes niveles de peligro: muy alto ($0.45 \leq P < 0.70$), alto ($0.35 \leq P < 0.45$), medio ($0.20 \leq P < 0.35$) y bajo ($0.05 \leq P < 0.20$). En su tesis determinó que el peligro se encuentra en el rango de $0.45 \leq P < 0.70$, encontrándose en un nivel de peligro muy alto.

a caracterizar el peligro que se esta evaluando; mientras que, para el área de estudio del presente informe, se consideró la susceptibilidad y el parámetro de evaluación para el cálculo del peligro, siendo este parámetro los umbrales de precipitación.

- Análisis de vulnerabilidad

La vulnerabilidad del área de estudio del COAR Cusco se desarrolló bajo la metodología aplicada en los lineamientos para la elaboración de informes de riesgo en infraestructura educativa. Los resultados serán comparados con los resultados obtenidos en la tesis denominada elaborado por la peruana Lizbet Isabel Sánchez Meza.

Tabla 36

Análisis respecto a la vulnerabilidad con Sánchez (2018)

Resultados del autor	Tesis de Sánchez (2018)	Análisis comparativo
Para el área de estudio el análisis de la vulnerabilidad se consideró solo la exposición de las dimensiones social, económica y ambiental, ello	En su tesis en el análisis de la vulnerabilidad desarrolló los componentes de fragilidad y resiliencia en las dimensiones social y económica, teniendo en	Ambos estudios obtuvieron como resultado el nivel de vulnerabilidad. En ambos estudios se consideró la matriz de Saaty

debido a que actualmente se encuentra en estado de construcción, siendo un enfoque prospectivo. El resultado que se generó en cuanto a los niveles de vulnerabilidad, empleando la matriz de Saaty, fueron los siguientes: muy alta ($0.273 \leq V \leq 0.486$), alta ($0.134 \leq V < 0.273$), media ($0.072 \leq V < 0.134$) y baja ($0.036 \leq V < 0.072$). En el estudio se determinó que la vulnerabilidad presenta un nivel de 0.212, encontrándose en un nivel de vulnerabilidad alta.

cuanta que dicho análisis permite cuantificar las viviendas afectadas directamente por el peligro de flujo de detritos. Para el resultado de su análisis de vulnerabilidad, se empleó la matriz de Saaty, considerando los siguientes niveles de estratificación: muy alta ($0.260 \leq V < 0.503$), alta ($0.134 \leq V < 0.260$), media ($0.068 \leq V < 0.134$) y baja ($0.035 \leq V < 0.068$). En su tesis determinó que la vulnerabilidad presenta un nivel de 0.285, encontrándose en un nivel de vulnerabilidad muy alta.

para la identificación de los niveles de vulnerabilidad. En su tesis Sánchez (2018) no consideró el componente de exposición, siendo este un factor importante en la determinación de la zona de impacto; mientras que, para el área de estudio del presente informe, se consideró solo el componente de exposición, esto debido a que el área aún se encuentra en proceso de construcción.

III. APORTES DESTACABLES A LA EMPRESA ROBINSON CONSULTING S.A.C

En mi rol dentro del equipo de GRD en la empresa Robinson Consulting S.A.C., he contribuido significativamente, destacando la aprobación y las opiniones técnicas favorables en los informes EVAR, mismos que se detallan a continuación:

- Elaboración del informe de evaluación de riesgos originados por flujo de detritos de la quebrada Huanumpampa sobre el área de estudio del COAR Cusco en el distrito de Oropesa, provincia de Quispicanchis, departamento de Cusco, obteniendo el visto bueno del CENEPRED, y posterior aprobación por la DIGEIE del MINEDU, con el propósito de establecer un servicio educativo especializado para estudiantes de segundo grado de secundaria de educación básica regular con alto rendimiento académico en el departamento de Cusco.
- Elaboración del informe de evaluación de riesgos originados por inundación fluvial del río Ichu sobre el área de estudio del COAR Huancavelica en el distrito de Ascensión, provincia y departamento de Huancavelica, obteniendo el visto bueno del CENEPRED y aprobación por la DIGEIE del MINEDU.
- Elaboración del informe de evaluación de riesgos originados por inundación fluvial del río Chontabamba sobre el área de estudio del COAR Pasco en el distrito de Chontabamba, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, con el fin de que se pueda realizar en la zona la creación un servicio educativo especializado para estudiantes con alto rendimiento académico en el departamento de Pasco.

IV. CONCLUSIONES

- El presente informe describe mi experiencia profesional aplicando mis conocimientos en el área de GRD en la empresa Robinson Consulting S.A.C., elaborando Informes de Evaluación de Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Educativa.
- Este estudio evalúa los niveles de riesgo por flujos de detritos en el área de estudio del COAR Cusco, identificando que presenta un nivel de riesgo muy alto ante la posible activación de la quebrada Huanumpampa.
- Se evaluó el nivel de riesgo por flujo de detritos del COAR Cusco, determinando a partir del análisis del peligro (0.441) y vulnerabilidad (0.212), que la zona de estudio presenta un nivel de Riesgo Muy Alto (0.093) ante la activación eventual de la quebrada Huanumpampa.

V. RECOMENDACIONES

De acuerdo a mi experiencia profesional, para el presente informe se realizan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que al culminar la construcción del COAR Cusco, se actualice el informe de evaluación de riesgo.
- Aplicar los componentes de fragilidad y resiliencia para la identificación del nivel de vulnerabilidad del COAR Cusco.
- Realizar un estudio hidráulico con tiempo de retorno de 25, 50 y 150 años, para así realizar la comparación de los resultados del nivel de peligro por flujo de detritos de la zona en diferentes tiempos.
- Elaborar el informe de evaluación de riesgo para los otros peligros reconocidos en el área de estudio.
- Realizar las coordinaciones para la delimitación de la faja marginal de la quebrada Huanumpampa, identificando así si el área comprende parte de una zona de alto riesgo no mitigable.

VI. REFERENCIAS

- Alfaro, L. (2014). *Estimación de umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológico. Nota Técnica N° 001 SENAMHI-DGM-2014*. Repositorio institucional SENAMHI. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/345>
- Álvarez, J. y Málaga, K. (2021). *Análisis del riesgo por flujo de detritos del distrito de Haquira provincia de Cotabambas departamento de Apurímac*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio UNSA. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/094810d7-832a-4db3-be32-d2dd0f9a1f0b>
- Bucarey, N. (2018). *Evaluación de la susceptibilidad de flujos de detritos en Quebradas Carrizalillo y De Meléndez, comuna de Tierra Amarilla, Región de Atacama*. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151288>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre. (2020). *Lineamientos para la elaboración del informe de evaluación del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura educativa*. Repositorio MINEDU. <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/9448>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Versión 02*. Biblioteca CENEPRED. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/257>
- Cerquera, L. (2022). *Determinación de la amenaza por flujo de detritos en la cuenca de la quebrada Estaquecá*. [Tesis de maestría, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito]. Repositorio Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/2121>

De la Cruz, M. (2021). *Estimación de riesgos por flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo Lunahuana – Cañete*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/5121>

Decreto Supremo N° 048-2011-PCM. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). (26 de mayo del 2011). <https://www.gob.pe/institucion/indeci/informes-publicaciones/1093199-decreto-supremo-n-048-2011-pcm-y-su-modificatoria>

Instituto Nacional de Defensa Civil (3 de setiembre de 2018). *Resumen ejecutivo histórico de la temporada de lluvias 2016 – 2017*. <https://portal.indeci.gob.pe/emergencias/resumen-ejecutivo-historico-temporada-de-lluvias-2016-2017-actualizado-al-24-de-enero-2018-2/>

Mardones, P. (2019). *Análisis estadístico de precipitaciones desencadenantes de flujos de detritos en la región de Coquimbo*. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170764>

Nantes, E. (2019). El método del proceso de análisis jerárquico para la toma de decisiones. Repaso de la metodología y aplicaciones. *Revista de la Universidad Nacional de Córdoba*, 54-73.

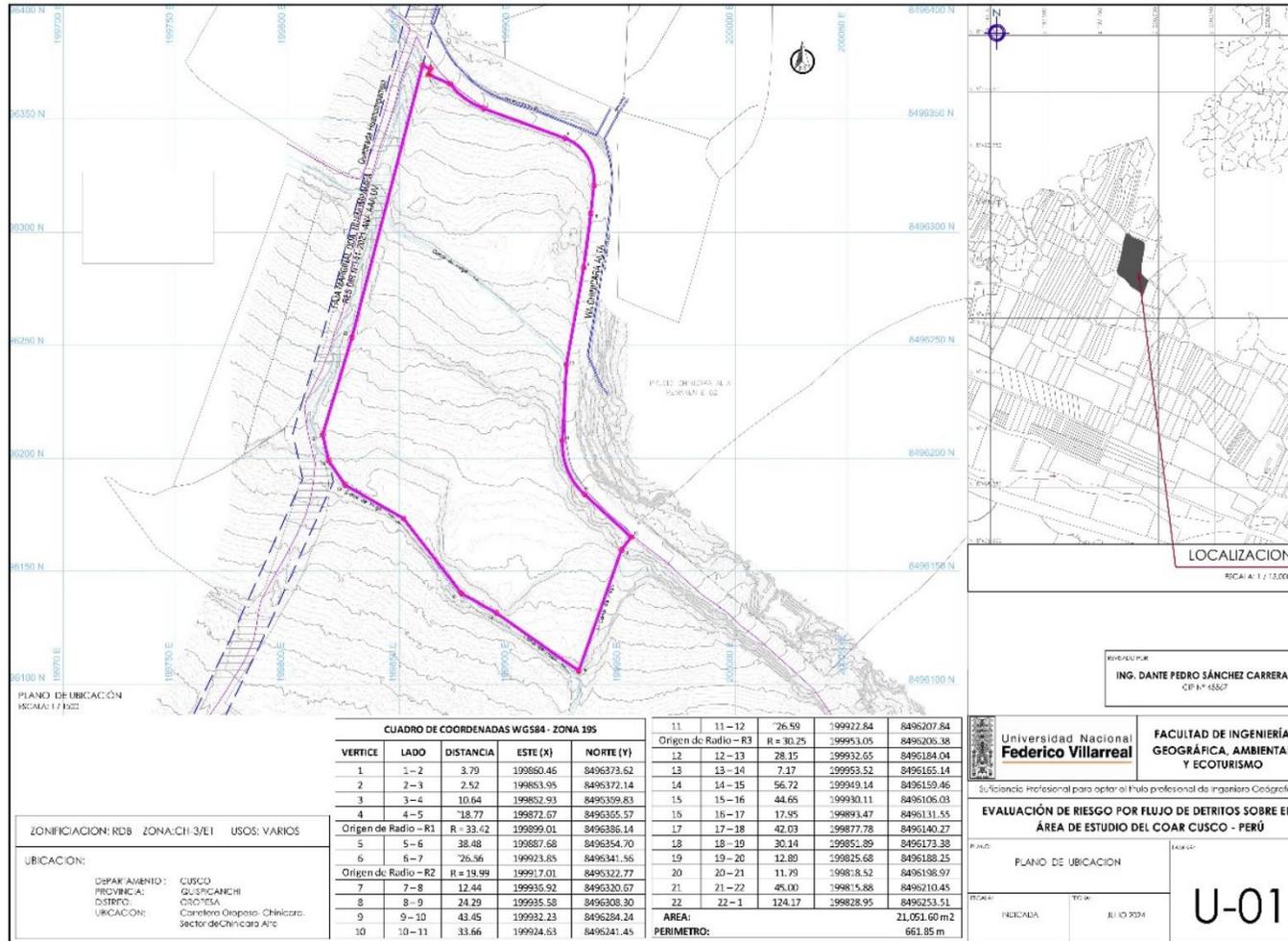
Sánchez, L. (2018). *Análisis de vulnerabilidad ante la probable ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada Carossio, distrito de Lurigancho-Chosica, Lima*. [Tesis de pregrado,

Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio institucional UNFV.

<https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/2728>

VII. ANEXOS

6.1. Plano de Localización del COAR Cusco



6.2. Panel fotográfico

Figura 12

Fotografía N° 01



Nota: Vista panorámica de un sector del terreno COAR Cusco, de ligera pendiente y terreno de material antrópico en la parte inferior.

Figura 13

Fotografía N° 02



Nota: Obsérvese un canal de regadío que cruza el predio del COAR Cusco.

Figura 14*Fotografía N° 03*

Nota: Cauce de la quebrada Huanumpampa, se observa presencia de material aluvial limo-arcilloso.

Figura 15*Fotografía N° 04*

Nota: Cauce de Vista Sur-Norte de la zona de estudio, proyectada sobre depósitos aluviales y relleno antrópico.