

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE
RIESGOS DE DESASTRES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

Tesis

**Propuesta de mejora del sistema de alerta temprana
para lahares del volcán Misti - 2024**

Jaime Eloy Sotelo Ramírez

Para optar el Grado Académico de
Maestro en Ciencias con Mención en Gestión de
Riesgos de Desastres y Responsabilidad Social

Lima, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Mg. JAIME SOBRADOS TAPIA
Director Académico de la Escuela de Posgrado

DE : **Dr. JOHN MORILLO FLORES**
Asesor del Trabajo de Investigación

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de Trabajo de Investigación

FECHA : 12/12/2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado Asesor del Trabajo de Investigación titulado "**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA LAHARES DEL VOLCÁN MISTI-2024**", perteneciente a **Bach. JAIME ELOY SOTELO RAMIREZ**, de la **MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL**; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado **19%** de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: <20) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Dr. John Janel Morillo Flores

DNI. N°: 10720025

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, SOTELO RAMIREZ JAIME ELOY, identificado con Documento Nacional de Identidad N° 10724829, egresado de la MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La Tesis titulada "PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA LAHARES DEL VOLCÁN MISTI-2024", es de mi autoría, el mismo que presento para optar el Grado Académico de MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL.
2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La Tesis titulada es original e inédita, y no ha sido realizada, desarrollada o publicada, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

Lima, 16 de Diciembre de 2024.



SOTELO RAMIREZ JAIME ELOY
DNI. N° 10724829



Huella

Arequipa

Av. Los Incas S/N,
José Luis Bustamante y Rivero
(054) 412 030

Calle Alfonso Ugarte 607, Yanahuara
(054) 412 030

Huancayo

Av. San Carlos 1980
(064) 481 430

Cusco

Urb. Manuel Prado - Lote B, N° 7 Av. Collasuyo
(084) 480 070

Sector Angostura KM. 10,
carretera San Jerónimo - Saylla
(084) 480 070

Lima

Av. Alfredo Mendiolá 5210, Los Olivos
(01) 213 2760

Jr. Junín 355, Miraflores
(01) 213 2760

PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA LAHARES DEL VOLCÁN MISTI

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	library.wmo.int Fuente de Internet	2%
3	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
5	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
6	www.pcm.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	predes.org.pe Fuente de Internet	1%
8	docplayer.es Fuente de Internet	1%
9	repositorio.ingemmet.gob.pe Fuente de Internet	

1 %

10

sigrid.cenepred.gob.pe

Fuente de Internet

1 %

11

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

1 %

12

asobanca.org.ec

Fuente de Internet

<1 %

13

repositorio.igp.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

14

www.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

15

repositorio.umsa.bo

Fuente de Internet

<1 %

16

documents.mx

Fuente de Internet

<1 %

17

www.unisdr.org

Fuente de Internet

<1 %

18

1library.co

Fuente de Internet

<1 %

19

cdn.www.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

20

www.martesfinanciero.com

Fuente de Internet

<1 %

21	asb-latam.org Fuente de Internet	<1 %
22	www.muniarequipa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	eird.org Fuente de Internet	<1 %
25	bvpad.indeci.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
26	icc.org.gt Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
28	dspace.ueb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
29	www.igp.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
30	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
31	app.ingemmet.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
32	www.regionpuno.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

33	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
35	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	www.lasemaineduson.org Fuente de Internet	<1 %
39	Submitted to Universidad Peruana Los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
40	ciencialatina.org Fuente de Internet	<1 %
41	de.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
42	elbuho.pe Fuente de Internet	<1 %
43	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
44	www.indeci.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

<1 %

45

cyberleninka.org

Fuente de Internet

<1 %

46

lalupa.pe

Fuente de Internet

<1 %

47

www.peru.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

48

repositorio.udec.cl

Fuente de Internet

<1 %

49

andina.pe

Fuente de Internet

<1 %

50

www.pascolibre.com

Fuente de Internet

<1 %

51

Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de
Administración de Negocios para Graduados

Trabajo del estudiante

<1 %

52

Submitted to Universidad San Ignacio de
Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

53

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Activo

Asesor

Dr. John Janel Morillo Flores

Agradecimiento

Al Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados (PROCIENCIA) del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CONCYTEC), por su invaluable apoyo para la ejecución del proyecto “Evaluación de la amenaza y exposición por lahares en Arequipa e implementación de un sistema de monitoreo de lahares” Contrato Nro. PE501078148 – 2022 - PROCIENCIA, ejecutado por el Instituto Geofísico del Perú, y en el que se enmarca la presente investigación.

Índice

Asesor	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Tablas	viii
Índice de Figuras	x
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	xiv
Capítulo I Planteamiento del estudio	16
1.1 Planteamiento y formulación del problema	16
1.1.1 Planteamiento del problema.	16
1.1.2 Formulación del problema.	23
1.2 Determinación de objetivos	24
1.2.1 Objetivo general.....	24
1.2.2 Objetivos específicos.	24
1.3 Justificación e importancia del estudio.....	24
1.3.1 Justificación práctica o social.....	24
1.3.2 Justificación económica	25
1.3.3 Justificación ambiental.....	25
1.4 Limitaciones de la presente investigación.....	26
Capítulo II Marco Teórico	27
2.1 Antecedentes de la investigación.....	27
2.1.1 Trabajos relacionados a la implementación de sistemas de alerta temprana.....	27
2.1.2 Trabajos relacionados a la implementación de sistemas de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares.....	28
2.1.3 Trabajos relacionados a la evaluación de la efectividad de los sistemas de alerta temprana.....	29
2.1.4 Trabajos relacionados a la percepción de la población sobre el riesgo de lahares en Arequipa.	32
2.1.5 Trabajos relacionados a la percepción social y el impacto de los SAT en comunidades vulnerables.....	34
2.2 Bases Teóricas	35

2.2.1	Sistema de alerta temprana.....	35
2.2.2	Componentes principales de un sistema de alerta temprana.	36
2.2.3	Aspectos transversales a los componentes de un sistema de alerta temprana.....	41
2.2.4	Actores clave de los sistemas de alerta temprana.....	43
2.2.5	Evaluación de los sistemas de alerta temprana.....	45
2.2.6	Brechas comunes en la implementación de sistemas de alerta temprana.....	46
2.3	Marco legal	49
2.3.1	El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.....	49
2.3.2	La Red Nacional de Alerta Temprana.....	50
2.3.3	Sobre los sistemas de alerta temprana.....	50
2.3.4	Sobre la Implementación de los sistemas de alerta temprana.....	52
2.4	Definición de términos básicos	53
Capítulo III Hipótesis y variables		55
3.1	Hipótesis	55
3.2	Operacionalización de variables	55
3.2.1	Variable 1.....	55
3.2.2	Instrumentos.	55
3.2.3	Matriz de operacionalización de variables.	56
Capítulo IV Metodología del Estudio		57
4.1	Método, Tipo o alcance de investigación	57
4.1.1	Método.....	57
4.1.2	Tipo o alcance.....	57
4.2	Diseño de la investigación	58
4.3	Población y muestra.....	58
4.3.1	Población.....	58
4.3.2	Muestra.....	59
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	60
4.4.1	Técnicas e instrumentos.....	60
4.4.2	Validez y confiabilidad.	61
4.4.3	Procedimiento de recolección de datos.	62
4.5	Técnicas de análisis de datos	63

4.6	Aspectos éticos de la investigación.....	63
Capítulo V Resultados.....		65
5.1	Apreciación de la población sobre el sistema de alerta temprana	65
5.1.1	Sobre el conocimiento del riesgo.....	65
5.1.2	Sobre el servicio de seguimiento y alerta.	71
5.1.3	Sobre la difusión y comunicación.....	73
5.1.4	Sobre la capacidad de respuesta.....	74
5.2	Apreciación de los especialistas en gestión del riesgo de desastres	76
5.3	Apreciación de las autoridades responsables de la GRD de los gobiernos locales.....	77
5.4	Descripción del sistema de alerta temprana existente	79
5.4.1	Conocimiento de los riesgos.....	79
5.4.2	Seguimiento y alerta.....	84
5.4.3	Difusión y comunicación.....	87
5.4.4	Capacidad de respuesta.....	87
5.4.5	Aspectos transversales.....	88
5.5	Evaluación del sistema de alerta temprana existente	90
5.5.1	Evaluación del componente de conocimiento del riesgo.....	90
5.5.2	Evaluación del componente de servicio de seguimiento y alerta. ...	96
5.5.3	Evaluación del componente de difusión y comunicación.....	99
5.5.4	Evaluación del componente de capacidad de respuesta.....	101
5.5.5	Aspectos transversales al SAT	103
5.6	Propuesta de mejora del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares	104
5.6.1	Objetivos Estratégicos	104
5.6.2	Fases de la implementación	104
5.6.3	Articulación de los diferentes Actores	105
5.6.4	Plan de acción	108
5.6.5	Actividades financiables por el Programa Presupuestal 0068 (PP 0068)	111
5.6.6	Impactos esperados.....	117
Capítulo VI Discusión de los resultados		118
6.1	Aporte metodológico	118

6.2	Sobre el conocimiento del peligro	118
6.3	Sobre el servicio de seguimiento y alerta.....	120
6.4	Sobre la difusión y comunicación.....	120
6.5	Sobre la preparación y respuesta ante la ocurrencia de un lahar	121
Capítulo VII Conclusiones y recomendaciones		123
7.1	Conclusiones	123
7.2	Recomendaciones	125
Referencias bibliográficas		126
Anexos		138
Apéndice 1: Matriz de consistencia		138
Apéndice 2: Cuestionario para encuesta a la población		140
Apéndice 3: Guion de entrevista semiestructurada para especialistas		143
Apéndice 4: Guion de entrevista semiestructurada para autoridades.....		144
Apéndice 5: Reportes de validación de instrumento de investigación		146

Índice de Tablas

Tabla 1 Principales eventos referidos a descenso de lahares del volcán Misti ocurridos en la ciudad de Arequipa.	18
Tabla 2 Brechas comunes en los SAT identificadas en la literatura.	47
Tabla 3 Matriz de operacionalización de variables.	56
Tabla 4 Distribución de la muestra por distrito.	60
Tabla 5 Distribución de la muestra según rango etario.	60
Tabla 6 Estadísticas de fiabilidad.	62
Tabla 7 Porcentaje de la muestra que identificó, en su zona de residencia, cada tipo de peligro mencionado.	65
Tabla 8 Porcentaje de la muestra de cada distrito que identificó los lahares como un peligro.	67
Tabla 9 Distribución de la muestra según la forma en que tomó conocimiento sobre los peligros.	67
Tabla 10 Apreciación de la muestra sobre el nivel de incremento del riesgo debido a las prácticas y actividades indicadas.	69
Tabla 11 Apreciación de la muestra sobre el nivel de incremento del peligro debido a las prácticas indicadas.	71
Tabla 12 Porcentaje de la población que reconoce a cada entidad como emisora de alertas sobre el posible de lahares.	71
Tabla 13 Porcentaje de la muestra que reconoce a cada entidad como emisora de alarmas sobre descenso de lahares.	72
Tabla 14 Medios por los que la población se informa sobre la emisión de alertas y alarmas de ocurrencia de lahares.	73
Tabla 15 Medidas de preparación para la respuesta sobre las que ha sido informada la muestra.	75
Tabla 16 Actividades de preparación que ha realizado la población.	76
Tabla 17 Principales hallazgos de las entrevistas realizadas a los especialistas en GRD sobre el SAT.	77
Tabla 18 Principales hallazgos de las entrevistas realizadas a las autoridades responsables de la GRD.	78
Tabla 19 Estado de los planes sobre la GRD que deben ser emitidos por los gobiernos locales.	89

Tabla 20 Aspectos relacionados al descenso de lahares tratados en los planes	89
Tabla 21 Plan de acción para aplicación de la propuesta	108
Tabla 22 Identificación de actividades elegibles para ser financiadas con el PP 0068 (PREVAED).....	111
Tabla 23 Apreciación de Población, Autoridades y Especialistas sobre el conocimiento del riesgo de lahares	119
Tabla 24 Apreciación de la población, autoridades y especialistas respecto de los emisores de alertas	120
Tabla 25 Apreciación de la población, autoridades y especialistas sobre la difusión y comunicación de alertas y alarmas	121
Tabla 26 Apreciación de la población, autoridades y especialistas sobre la capacidad de respuesta	121

Índice de Figuras

Figura 1 Localización de las quebradas que atraviesan la ciudad de Arequipa consideradas en el Proyecto Lahares.	26
Figura 2 Preguntas principales para evaluar los SAT centrados en la población.	45
Figura 3 Los componentes de los SAT de extremo a extremo, centrados en la población.	46
Figura 4 Secuencia de pasos realizados en el desarrollo de la investigación.	58
Figura 5 Porcentaje de la muestra, por distrito, que identificó cada tipo de peligro mencionado.	66
Figura 6 Promedio de cantidad de peligros identificados por la muestra de cada distrito.	66
Figura 7 Porcentaje de la muestra, por distrito, según la forma en que tomó conocimiento sobre los peligros.	68
Figura 8 Apreciación de la muestra sobre el nivel de incremento del peligro debido a las prácticas indicadas.	68
Figura 9 Apreciación de la muestra, por distrito, sobre el nivel incremento del riesgo debido a la práctica de construir al lado de las quebradas.	69
Figura 10 Apreciación de la muestra, por distrito, sobre el nivel incremento del riesgo debido a la práctica de tirar basura en las quebradas.	69
Figura 11 Apreciación de la muestra, por distrito, sobre el nivel incremento del riesgo debido a la práctica de construir viviendas sobre muros de contención. ...	70
Figura 12 Apreciación de la muestra, por distrito, sobre el nivel incremento del riesgo debido a la práctica de ubicar canteras en las quebradas.	70
Figura 13 Porcentaje de la muestra, de cada distrito, que reconoce a cada entidad mencionada como emisora de alertas sobre el descenso de lahares.	72
Figura 14 Porcentaje de la muestra, por distrito, que reconoce a cada entidad mencionada como emisora de alarmas sobre descenso de lahares.	73
Figura 15 Porcentaje de la población, según distrito, que se informa de las alertas y alarmas usando cada tipo de medio.	74
Figura 16 Medidas de preparación sobre las que ha sido informada la muestra, por distrito.	75
Figura 17 Proporción de la población, por distrito, que ha realizado acciones de preparación.	76

Figura 18 Mapa del escenario de riesgo por lahares en zonas urbanas.	80
Figura 19 Mapa de riesgo por lahares: Sectores Agropecuarios.....	81
Figura 20 Mapa del escenario de riesgo por lahares - sector urbano del distrito de Mariano Melgar.	82
Figura 21 Mapa del escenario de riesgo por Lahares del distrito de Alto Selva Alegre.....	83
Figura 22 Infografía del SAT comunitario implementado por el proyecto “Fortalecimiento de la Red Nacional Peruana de Alerta Temprana con un Enfoque de Abajo hacia Arriba”.....	86

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana (SAT) para lahares del volcán Misti en Arequipa y proponer mejoras que garanticen su eficacia y sostenibilidad.

Se adoptó un enfoque mixto de carácter descriptivo-propositivo. En la indagación, se revisaron documentos técnicos, se realizaron entrevistas semiestructuradas a especialistas y autoridades en gestión del riesgo; y se aplicó un cuestionario a 402 residentes de seis distritos expuestos.

Los hallazgos revelaron que el 21% de la población reconoce los lahares como una amenaza relevante, menos del 40% ha consultado mapas de peligro y solo el 18 % conoce estudios técnicos sobre estos flujos. Asimismo, se identificaron dos redes de monitoreo —la red sísmica del IGP y la de vigías comunitarios— que operan de forma paralela sin registros ni gobernanza compartida. En cuanto a la difusión, la radio, los vecinos y el serenazgo resultan canales efectivos, aunque un 11% de los encuestados afirma no recibir las alertas. Respecto a la capacidad de respuesta, el 45% ha preparado una mochila de emergencia y el 33% cuenta con un plan familiar; sin embargo, la mitad de los municipios carece de planes de contingencia actualizados.

En conclusión, el SAT es funcional pero fragmentado. Se propone centralizar su gestión en un equipo técnico municipal que garantice operación continua, actualice las evaluaciones de riesgo y fortalezca la participación comunitaria. El plan estratégico sugerido, ejecutable mediante el Programa Presupuestal 0068, contempla fases de recuperación, consolidación y expansión del SAT.

Esta investigación es parte del proyecto “Evaluación de la amenaza y exposición a lahares en Arequipa e implementación de un sistema de monitoreo de lahares”, financiado por PROCIENCIA y ejecutado por el Instituto Geofísico del Perú.

Palabras clave: Sistema de alerta temprana, Lahares, volcán Misti y Arequipa

Abstract

This research aimed to evaluate the performance of the Early Warning System (EWS) for lahars from the Misti volcano in Arequipa and to propose improvements that ensure its effectiveness and sustainability.

A mixed descriptive–propositional approach was adopted. First, technical documents were reviewed; next, semi-structured interviews were conducted with experts and authorities in risk management; and finally, a questionnaire was administered to 402 residents across six exposed districts.

The findings revealed that only 21 % of the population recognizes lahars as a significant hazard, fewer than 40 % have consulted hazard maps, and only 18 % are aware of technical studies on these flows. Two parallel monitoring networks were identified—the IGP seismic network and the community watcher network—which operate without shared records or governance. Regarding dissemination, radio, neighbors, and municipal security services proved effective channels, although 11 % of respondents reported never receiving alerts. In terms of response capacity, 45 % have prepared an emergency kit and 33 % have a family plan; however, half of the municipalities lack updated contingency plans.

In conclusion, the current EWS is functional but fragmented. It is recommended to centralize its management under a municipal technical team to ensure continuous 24 / 7 operation, update risk assessments, and strengthen community engagement. The proposed strategic plan, implementable through Budget Program 0068, includes recovery, consolidation, and expansion phases to fully integrate the monitoring, communication, and preparedness components for over 200,000 exposed residents.

This research was developed as a component of the project “Assessment of the threat and exposure to lahars in Arequipa and implementation of a lahar monitoring system,” funded by PROCENCIA and carried out by Instituto Geofísico del Perú.

Keywords: Early Warning Systems, Lahars, Misti volcano and Arequipa.

Introducción

La ciudad de Arequipa está expuesta a peligros volcánicos e hidrometeorológicos, como los lahares, que se generan por el descenso de lodo y escombros desde el volcán Misti, especialmente en temporada de lluvias. Estos flujos pueden desbordar quebradas y afectar gravemente la infraestructura y la vida de los residentes. Para mitigar estos riesgos, diversos actores desarrollaron diferentes iniciativas, como la instalación de redes de monitoreo sísmico, proyectos comunitarios de alerta temprana y la colocación de estaciones pluviométricas automáticas. Sin embargo, el sistema resultante carece de un diseño integral, lo que hace necesario evaluar su estado y proponer mejoras para asegurar su eficacia y sostenibilidad.

En el Capítulo I, se establece el contexto de la investigación, se define la problemática asociada al monitoreo de lahares procedentes del volcán Misti en Arequipa y se formulan las preguntas de investigación, el objetivo general y los objetivos específicos. Asimismo, se justifica la relevancia del estudio y se delimitan sus alcances y restricciones metodológicas.

El Capítulo II compila el sustento teórico y normativo que enmarca el trabajo. Se realiza una revisión crítica de la literatura sobre sistemas de alerta temprana aplicados a dinámicas de flujos de detritos y otros fenómenos volcánicos, se analizan estudios de percepción social y se describen los componentes técnico-institucionales de un SAT, así como las disposiciones legales nacionales que regulan su organización y operación.

En el Capítulo III se precisan y se operacionalizan las variables investigativas. Cada constructo —tanto cuantitativo como cualitativo— se define claramente, y se presenta el diseño de los instrumentos de recolección de datos, garantizando su validez y confiabilidad para el análisis posterior.

El Capítulo IV detalla el enfoque metodológico mixto de carácter descriptivo-propositivo. Se justifica la selección de la muestra de 402 residentes en seis distritos con exposición al riesgo de lahares, se describen los procedimientos de aplicación de la encuesta y las entrevistas semiestructuradas, y se explicitan los métodos de procesamiento estadístico y de análisis cualitativo, así como los criterios éticos observados.

En el Capítulo V se exponen los resultados empíricos obtenidos. Se presentan de manera sistemática los indicadores de conocimiento y apreciación del riesgo, la caracterización de las redes de monitoreo y los canales de difusión, y la evaluación de la capacidad de respuesta comunitaria y municipal. A partir de estos hallazgos, se desarrolla una propuesta de mejora articulada de los componentes del SAT. El Capítulo VI ofrece una discusión analítica de los resultados, contrastándolos con los marcos teóricos y los precedentes internacionales revisados. Se reflexiona sobre las implicancias de las fortalezas y debilidades identificadas, y se examinan las brechas instrumentales e institucionales que condicionan la eficacia del SAT. Finalmente, el Capítulo VII sintetiza las conclusiones derivadas del estudio y formula recomendaciones estratégicas, entre las que destacan la conformación de un equipo técnico municipal para la operación continua del SAT, la actualización periódica de estudios de riesgo y la ejecución de un plan estratégico susceptible de financiamiento mediante el Programa Presupuestal 0068, con miras a incrementar la resiliencia de los más de 200 000 habitantes potencialmente expuestos.

Capítulo I Planteamiento del estudio

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema.

Los lahares son flujos de lodo y escombros volcánicos que pueden ocurrir tanto durante una erupción volcánica como en eventos de lluvias torrenciales que remueven los depósitos volcánicos. Los lahares en su recorrido pueden devastar áreas habitadas y agrícolas a lo largo de los valles y quebradas. (Vallance & Iverson, 2015). Según We are Water Foundation (2019), las regiones con mayor riesgo ante la ocurrencia de lahares son Indonesia y América Latina debido a los altos niveles de exposición y vulnerabilidad de sus zonas volcánicas.

En Indonesia, el 11 de mayo de 2024, lluvias intensas provocaron el descenso de lahares del volcán Merapi, estos flujos afectaron las regiones de Agam y Tanah Datar, causando al menos 67 muertes, 20 personas desaparecidas y más de 4,000 desplazados; asimismo los lahares provocaron la destrucción de 200 viviendas, daños en 72 hectáreas de campos agrícolas y afectaciones a infraestructuras como puentes y carreteras, lo que dificultó las labores de rescate y asistencia. (Global Volcanism Program, 2024)

El 3 de junio de 2018, el Volcán de Fuego, en Guatemala, registró una erupción de gran magnitud que generó flujos piroclásticos y lahares, ocasionando una de las tragedias volcánicas más devastadoras en la historia reciente de ese país. La erupción produjo una columna de ceniza que alcanzó 15 kilómetros de altura, mientras que los flujos piroclásticos descendieron rápidamente por las barrancas Las Lajas y El Jute, impactando de manera severa las comunidades de San Miguel Los Lotes y El Rodeo, en el departamento de Escuintla. A la actividad volcánica se sumaron intensas lluvias, lo que provocó el descenso de lahares que agravaron aún más la emergencia. Como resultado, se registraron 190 víctimas fatales, cientos de desaparecidos y miles de evacuados y damnificados. Las comunidades afectadas sufrieron la destrucción total de

viviendas, infraestructura y cultivos, lo que llevó al gobierno a declarar el estado de emergencia y a desplegar esfuerzos de rescate y asistencia humanitaria con apoyo nacional e internacional. (Banco Mundial y otros, 2018)

El 13 de noviembre de 1985, la erupción del Nevado del Ruiz, en Colombia, provocó el rápido derretimiento de los glaciares en su cumbre, generando una avalancha de lahares que descendió a velocidades de hasta 60 km/h sepultando la ciudad de Armero. La tragedia dejó un saldo de aproximadamente 25,000 víctimas fatales, convirtiéndose en el peor desastre volcánico de la historia de Sudamérica. El lahar arrasó con el 85% de la ciudad, dejando miles de heridos y desplazados. Esta catástrofe evidenció graves fallas en la prevención y respuesta ante desastres, lo que llevó al país a fortalecer su capacidad de gestión del riesgo. En respuesta, se crearon el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD), el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales (OVSM). Además, se implementaron redes de monitoreo volcánico con sensores especializados y sistemas de alerta temprana, diseñados para advertir a la población y mitigar los riesgos ante futuras erupciones. (Voight, 1990)

En Perú, según el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2021) el volcán Misti es considerado como el más peligroso debido a su cercanía con Arequipa, la tercera ciudad más poblada del país. La ciudad se extiende a lo largo del valle del río Chili y sobre las faldas de los volcanes Chachani y Misti, ambos volcanes se encuentran activos y forman parte de la Zona Volcánica Central de los Andes; por tanto, Arequipa se encuentra expuesta a la ocurrencia de lahares que, en temporadas de lluvia, descienden desde las laderas del Misti activando las quebradas El Pato, Pastores, San Lázaro, Venezuela, Huarangal - Los Incas y Paucarpata, y atravesando los distritos de Alto Selva Alegre, Cercado de Arequipa, Mariano Melgar, Miraflores, José Luis Bustamante y Rivero, y Paucarpata. La tabla 1 lista los principales eventos ocurridos desde 1779, relacionados a descenso de lahares.

Tabla 1

Principales eventos referidos a descenso de lahares del volcán Misti ocurridos en la ciudad de Arequipa.

Fecha	Evento
1779-1780	Lluvia intensa e inundaciones impactaron la ciudad.
31 de enero de 1925	Flujos de detritos e Inundaciones de las quebradas El Chullo, San Lázaro, Zamacola y Venezuela provocaron que la ciudad sea declarada en emergencia.
21 de febrero de 1932	La ciudad se inundó debido a la activación de las quebradas.
18 de enero de 1939	Lluvia intensa provocó la fuerte entrada de torrenteras.
04 de enero de 1942	Hubo inundaciones en la zona baja de la ciudad. La activación de la quebrada San Lázaro destruyó el puente situado junto al "Parque Selva Alegre", y también se activó la quebrada el Chullo.
16 de febrero de 1943	La fuerte entrada de las torrenteras y el desborde de la quebrada San Lázaro a la altura del puente Arnao provocaron la declaración de emergencia.
10 de febrero de 1944	Se activaron quebradas debido a fuertes lluvias, desbordándose en varios puntos de la ciudad; provocó la inundación de un colegio y de la urbanización María Isabel.
02 de febrero de 1946	La activación de la quebrada El Chullo inundó viviendas y áreas de cultivo.
23 de marzo de 1949	Lluvias intensas en el noreste de la ciudad provocaron la entrada de las torrenteras.
05 de marzo de 1954	La activación de las quebradas El Chullo y San Lázaro, debido a lluvias intensas, produjo daños materiales.
13 de enero de 1955	La activación de la quebrada Los Incas interrumpió el fluido eléctrico, afectó canales de riego y provocó otros daños materiales.
24 de enero de 1961	Se activaron las quebradas Miraflores, Mariano Melgar y El Chullo.
29 de enero de 1961	La activación de la quebrada San Lázaro interrumpió el acceso entre Miraflores y Alto Selva Alegre.
16 de febrero de 1961	La activación de la quebrada el Chullo inundó la zona baja de la Urb. María Isabel.
Febrero de 1961	Tempestad de gran magnitud produjo la activación de quebradas y aumento de caudal del río Chili, inundando casas en las zonas bajas de la ciudad.
02 de febrero de 1967	Lluvias intensas activaron las quebradas produciendo inundaciones en las partes bajas de la ciudad y el corte del fluido eléctrico en gran parte de la ciudad durante una semana.
04 de enero de 1972	La activación de la quebrada Venezuela afectó áreas de cultivo en el distrito de Paucarpata.
05 de enero de 1972	El desborde de quebradas ocasionó daños materiales, en particular en las viviendas que invadían el cauce de la quebrada San Lázaro.
14 de enero de 1972	La activación de la quebrada San Lázaro arrasó con 200 viviendas ubicadas cerca de su cauce, mientras que la quebrada El Chullo se desbordó a la altura del segundo puente de la Urb. Primavera.
06 de marzo de 1972	Un vehículo fue arrastrado por la activación de la quebrada Grande provocando un fallecido.

Fecha	Evento
09 de enero de 1973	Se produjeron inundaciones debido a la activación de la quebrada San Lázaro
11 de enero de 1973	Se activó la quebrada San Lázaro impactando el AH 15 de agosto y el AH Jorge Chávez.
12 de enero de 1973	Se activaron todas las quebradas destruyendo varias viviendas.
08 de febrero de 1973	Una intensa lluvia impactó las riberas del río Chili, causando la destrucción de viviendas, árboles y vehículos. Se activó la quebrada San Lázaro trasladando un flujo adicional de agua y escombros desde Alto Selva Alegre.
29 de enero de 1974	La activación de la quebrada San Lázaro afectó las viviendas ubicadas en sus márgenes.
01 de febrero de 1974	Se activaron todas las quebradas provocando daños materiales en Mariano Melgar y Miraflores.
04 de marzo de 1975	El desborde de todas las quebradas, producto de lluvias intensas, trajo como consecuencia el derrumbe de viviendas y el fallecimiento de 12 personas.
Enero de 1976	La activación de las quebradas originó inundaciones y derrumbes en varios pueblos jóvenes, así como daños materiales en Mariano Melgar y Miraflores.
12 de marzo de 1977	La activación de la quebrada San Lázaro destruyó 60 viviendas y provocó la muerte de 02 personas.
08 de febrero de 1989	Lluvia intensa activó todas las quebradas, causando que el río Chili aumente considerablemente su caudal. Un dique en el puente Grau impidió el paso de lodo y causó el desborde hacia el Barrio Obrero N° 1, La Cabezona, Las Curtiembres de la zona, el Pasaje del Solar, Quinta Salas, Vallecito y otros aledaños a la avenida La Marina. En Chilina, la activación de una quebrada provocó el fallecimiento de una persona mientras que el canal de la Tomilla quedó obstruido ocasionando que la ciudad interrumpiera el servicio de agua durante 20 días.
25 de febrero de 1997	Las quebradas San Lázaro, Miraflores, Paucarpata y Mariano Melgar se desbordaron, debido a lluvias intensas, ocasionando 5 fallecidos.
24 de enero de 2000	Lluvias intensas en la zona alta de la ciudad activaron la quebrada San Lázaro causando daños materiales en Jacobo Hunter.
04 de febrero de 2000	La activación de la quebrada San Lázaro afectó viviendas y el puente de Characato.
11 de marzo de 2012	La activación de la quebrada Venezuela, debido a lluvia y granizo, inundó calles, viviendas y áreas de cultivo.
08 de febrero de 2013	Las quebradas San Lázaro, Venezuela y Huarangal se desbordaron, debido a una lluvia de hasta 123mm, destruyendo 280 viviendas y provocando 6 fallecidos.
01 de febrero de 2015	Lluvia intensa de 6 horas de duración provocó el colapso de los drenajes en el Jacobo Hunter inundando viviendas, activando quebradas en Paucarpata y Cayma, a la par se desbordaron ríos en Mariano Melgar, Chiguata y Yarabamba.
22 de febrero de 2016	En Buenavista-Yanahuara se produjo flujo de detritos y vías destruidas en Alto Caima.
13 de enero de 2017	Se produjeron huaicos en Cayma, Cerro Colorado y Alto Selva Alegre.

Fecha	Evento
30 de enero de 2017	Huaico en Paucarpata provocó 1 muerto y 2 heridos.
16 de febrero de 2018	Se activaron las quebradas El Chullo, Añashuayco, Venezuela, Mi Perú y San Lázaro. El huaico en la quebrada Añashuayco dejó 1 fallecido en Cerro Colorado, mientras afectó vías y viviendas en Cayma y Sachaca.
27 de enero de 2019	La activación de las quebradas en Mariano Melgar y Sachaca provocó la destrucción de 2 viviendas.
05 de febrero de 2019	Se produjeron huaicos en la torrentera del badén en Paucarpata y la quebrada Miraflores; mientras se activó la quebrada Los Incas.
14 de febrero de 2019	El Centro Vulcanológico Nacional (CENVUL) del Instituto Geofísico del Perú (IGP) emitió una alerta por descenso de lahar en el flanco noroeste del Misti en dirección del cañón del río Chili, esto permitió al Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa (SEDAPAR) tomar las medidas necesarias para evitar daños en la zona de captación de agua.
13 de marzo de 2020	Lluvias intensas activaron las quebradas produciendo huaicos en las zonas altas de la ciudad, se registró un fallecido, 81 viviendas colapsadas y otras 171 afectadas.

Fuente: (Cayca et al, 2013; Cruz, 2009; Fuse y Benites, 2003; INDECI, 2020; Rivera et al., 2021; Vilchez y Sosa, 2021).

En 2021 se estimó que, en la zona urbana de Arequipa, 58 430 personas se encontraban en riesgo muy alto y 246 170 personas en riesgo alto ante el descenso de lahares del volcán Misti.

Para mitigar el riesgo, el Estado Peruano promueve la implementación de sistemas de alerta temprana (SAT) ante la ocurrencia de eventos potencialmente desastrosos. Los SAT integran capacidades, procedimientos e instrumentos para monitorear, procesar y consolidar información sobre los peligros para proporcionarla de manera oportuna y eficaz a individuos, comunidades, y organizaciones en un área específica, a fin de que puedan tomar acciones anticipadas y así mitigar los efectos de un desastre. Los SAT constan de 4 componentes que deben trabajar de manera integrada: (a) Conocimiento de los riesgos, (b) Servicio de seguimiento y alerta, (c) Difusión y comunicación y; (d) Capacidad de Respuesta. (Budimir, 2020).

La implementación y conformación del SAT es parte del proceso de preparación que corresponde a la gestión reactiva, implica (a) Desarrollar conocimiento acerca del riesgo de lahares considerando los niveles de exposición y grado de vulnerabilidad de la población, (b) Implementar los

mecanismos que faciliten la información técnico-científica que permita el monitoreo del peligro por parte de los centros de operaciones de emergencia nacional, regional, local o sectorial a fin de que puedan tomar decisiones sobre la emisión de alertas o alarmas, (c) Poner en marcha los mecanismos para difundir y comunicar a la población sobre las alertas y alarmas y (d) Ejecutar los protocolos y planes previstos para salvaguardar la integridad física de la población y disminuir el impacto sobre sus medios de vida.

Así un SAT en Arequipa debe aportar de manera integral al monitoreo y gestión del riesgo volcánico a través de la detección y registro de señales precursoras, el análisis y modelamiento dinámico de las amenazas, la generación de alertas y alarmas, así como la activación de los planes de contingencia, y de ser el caso, los planes de evacuación.

Un SAT en Arequipa debería enviar información sobre la detección de eventos y las señales precursoras al módulo de monitoreo y análisis del Centro de Operaciones de Emergencia Regional de Arequipa (COER Arequipa) donde se emiten boletines informativos, alertas o alarma; de ser el caso; el personal a cargo del módulo registra el evento como peligro inminente en el Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) para que pueda ser consultado por los diferentes Centros de Operaciones de Emergencia (COE), posteriormente las autoridades locales difunden los mensajes de alerta o alarma hacia la población dando inicio a las primeras acciones de respuesta.

En Arequipa, diversas entidades han venido desarrollando iniciativas que permiten avisar anticipadamente a la población sobre la materialización de diferentes peligros, incluyendo el descenso de lahares del volcán Misti. Entre ellas se destacan las siguientes:

- En 2005, el IGP instaló la red sísmica de monitoreo permanente del volcán Misti, cuyas estaciones fueron modernizadas en el 2014

permitiendo la detección de lahares en las zonas más altas del volcán (Agencia Andina, 2014).

- En 2020, las ONGs Ayuda en Acción, Practical Action, el Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES), y la Agencia Adventista para el Desarrollo y Recursos Asistenciales Perú (ADRA PERÚ) ejecutaron el proyecto “Fortalecimiento de la Red Nacional Peruana de Alerta Temprana con un Enfoque de Abajo hacia Arriba” (Proyecto SAT PREDES), que implementó un SAT con enfoque comunitario ante lluvias intensas y peligros asociados focalizado en 27 zonas de los distritos de Arequipa, Yanahuara, Alto Selva Alegre, Miraflores y Mariano Melgar (PREDES, 2021).
- En 2021, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) junto con el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), el IGP, ADRA PERÚ y PREDES ejecutaron el Proyecto “Aumento la resiliencia de las comunidades y gobiernos locales y regionales ante el peligro volcánico y sísmico” por el cual establecieron el escenario de riesgo volcánico del Misti y el Ubinas para los distritos de Alto Selva Alegre, Cayma, Chiguata, Paucarpata, Mariano Melgar y Miraflores (Choque, 2022).
- En el 2023, el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa (SEDAPAR) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) instalaron 5 nuevas estaciones pluviométricas automáticas en los distritos de Alto Selva Alegre, Miraflores, Cayma, Mariano Melgar y Pocsi en Arequipa, complementando otras 5, ya existentes en los distritos de Yura, Chiguata y Cercado de Arequipa, con la finalidad de fortalecer el SAT ante lluvias intensas. Las estaciones proveen datos en tiempo real sobre la cantidad y fuerza de las precipitaciones que son valiosos para anticipar la ocurrencia de lahares, permitiendo activar alertas tempranas y reducir riesgos en las zonas vulnerables (Red de Medios Regionales del Perú, 2023).

- A la fecha, el IGP por medio del Observatorio Vulcanológico del Sur (OVS) viene ejecutando el proyecto “Evaluación de la amenaza y exposición por lahares en Arequipa e implementación de un sistema de monitoreo de lahares” (Proyecto Lahares), el cual actualizará los niveles de exposición al peligro por descenso de lahares de la población ubicada al pie del volcán Misti e implementará un sistema de monitoreo de lahares en, al menos, cinco quebradas principales que atraviesan la ciudad de Arequipa (Instituto Geofísico del Perú, 2023).

Producto de estas iniciativas, se evidencia la existencia de un sistema de alerta temprana que, si bien es funcional, no corresponde a un diseño integrado, por lo que es necesario evaluar su estado y de ser necesario proponer alternativas de mejora.

1.1.2 Formulación del problema.

A. Problema General.

¿Cuál es el estado del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti?

B. Problemas Específicos.

¿Cuál es el estado del componente “Conocimiento del riesgo” del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti?

¿Cuál es el estado del componente “Servicio de Seguimiento y Alerta” del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti?

¿Cuál es el estado del componente “Difusión y comunicación” sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti?

¿Cuál es el estado del componente “Capacidad de respuesta” del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti?

1.2 Determinación de objetivos

1.2.1 Objetivo general.

Evaluar el sistema de alerta temprana existente en Arequipa ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Evaluar el componente de conocimiento de los riesgos del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti.
- Evaluar el componente de seguimiento técnico y servicio de alerta del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti.
- Evaluar el componente de comunicación y difusión de las alertas oficiales del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti.
- Evaluar el componente de capacidad de respuesta del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti.
- Elaborar una propuesta de mejora del del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti.

1.3 Justificación e importancia del estudio

1.3.1 Justificación práctica o social.

Los resultados de la investigación permitirán a las autoridades y actores responsables de la gestión del riesgo de desastres (GRD) de la ciudad de Arequipa conocer el estado del SAT ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti.

Los hallazgos permitirán identificar y realizar mejoras al sistema existente, lo que impactará positivamente en la población de los distritos de Cercado

de Arequipa, Mariano Melgar, Miraflores, Alto Selva Alegre, José Luis Bustamante y Rivero, y Paucarpata.

La propuesta de mejora permitirá proyectar la implementación de un SAT eficiente capaz de alertar anticipadamente a las autoridades y a la población sobre el descenso de lahares del volcán Misti para que puedan tomar decisiones oportunas para poner a buen recaudo tanto su integridad física como sus medios de vida.

1.3.2 Justificación económica

La inversión en SAT ha permitido salvar vidas y proteger bienes, por lo que se estima que también permite ahorrar recursos en la rehabilitación y reconstrucción.

Según la Global Commission on Adaptation (2019), la mejora de un Sistema de alerta temprana genera un ahorro de hasta 9 veces lo invertido. Un estudio acerca del beneficio económico de implementar un SAT ante la ocurrencia de ciclones puede generar un ahorro en reconstrucción y rehabilitación de hasta 6 veces lo invertido (Fakhruddin & Schick, 2019)

Por tanto, la presente investigación puede contribuir a fortalecer el SAT, pudiendo generar un ahorro de entre 6 a 9 veces lo invertido.

1.3.3 Justificación ambiental

La implementación del SAT fortalece la capacidad de adaptación al cambio climático y la resiliencia de los ecosistemas. Dado que las precipitaciones intensas —potenciadas por fenómenos climáticos extremos— son un factor desencadenante de lahares, contar con un monitoreo y alerta eficaz ofrece un instrumento de gestión proactiva para mitigar riesgos ambientales.

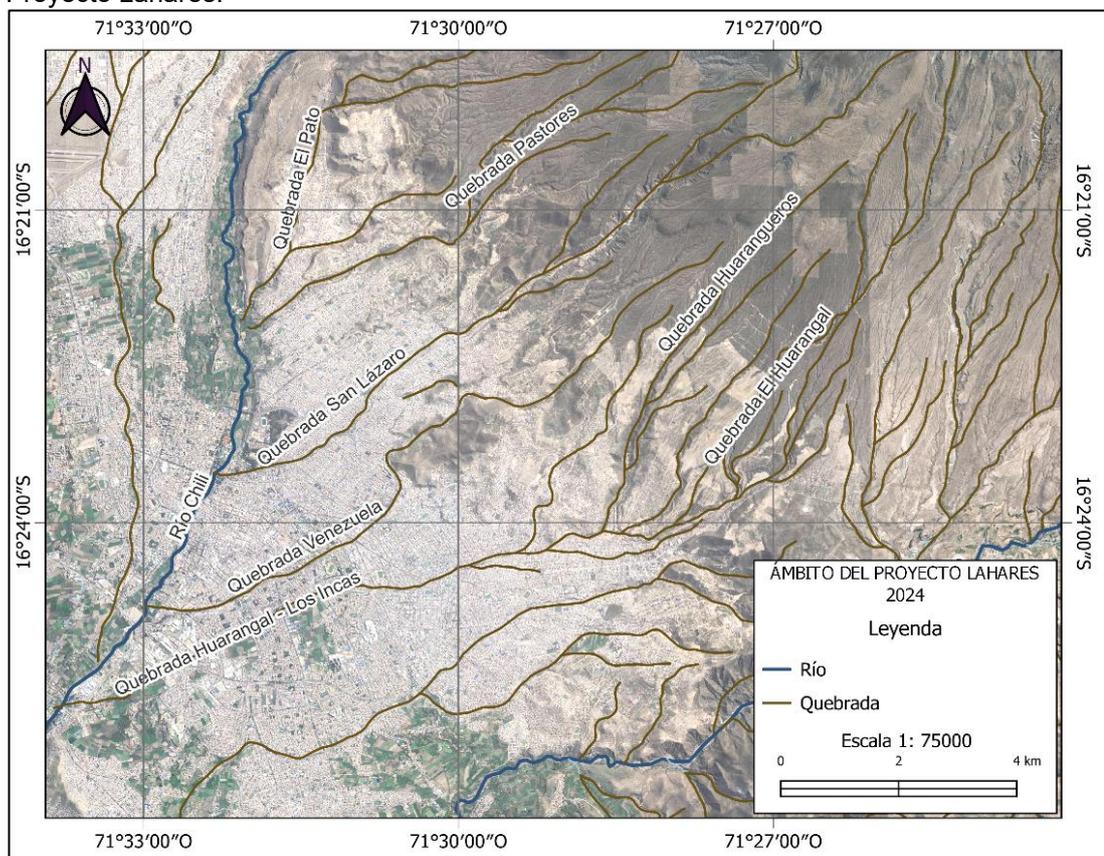
1.4 Limitaciones de la presente investigación

La investigación se realizó como parte del Proyecto de investigación básica Lahares que ejecuta el IGP con el apoyo de PROCENCIA, por lo que su alcance corresponde al considerado por el proyecto, así la investigación:

- La investigación se limita a la evaluación de la alerta temprana ante el descenso de lahares y no considera otros peligros a los que está expuesta la ciudad de Arequipa.
- Se limita al descenso de lahares en las quebradas El Pato, Pastores, San Lázaro, Venezuela, Huarangal - Los Incas y Paucarpata que atraviesan los distritos de Cercado de Arequipa, Mariano Melgar, Miraflores, Alto Selva Alegre, Paucarpata y, José Luis Bustamante y Rivero, mas no a otras quebradas menores o tributarias. La figura 1 muestra la ubicación de las quebradas consideradas.

Figura 1

Localización de las quebradas que atraviesan la ciudad de Arequipa consideradas en el Proyecto Lahares.



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Geográfico Nacional (2024).

Capítulo II Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Trabajos relacionados a la implementación de sistemas de alerta temprana.

El proyecto LIFE BAETULO (2022) desarrolló un Sistema de Alerta Temprana Integral Multirriesgo en Badalona, España, con el objetivo de reducir la exposición y vulnerabilidad de la población ante eventos climáticos extremos, abordando riesgos como inundaciones urbanas, desbordamientos del sistema de saneamiento (DSS), olas de calor y frío, incendios forestales, temporales marítimos y de viento, nevadas y contaminación atmosférica. La estructura del SAT estaba conformada por cuatro módulos interconectados: Adquisición de datos, Evaluación de peligros y riesgos, Preparación y respuesta y, Comunicación y difusión. El SAT utilizó modelos hidrometeorológicos avanzados y sensores en tiempo real para establecer cuatro niveles de alerta (normalidad, prealerta, alerta y emergencia) para una respuesta escalonada. El sistema fue puesto a prueba durante 18 meses consiguiendo detectar exitosamente más de 300 eventos. Como resultado del proyecto se obtuvo una solución replicable en diferentes ciudades que consiste de: (a) una plataforma de soporte a la gestión del riesgo donde se visualizan las predicciones de eventos, el monitoreo en tiempo real de eventos climáticos, la estimación automática de zonas de peligro y del nivel de riesgo, la identificación georreferenciada de elementos vulnerables e infraestructuras críticas según el peligro y una base de datos de eventos históricos; y (b) una app ciudadana para alertar a la población sobre eventos peligrosos y orientarlos sobre las acciones de autoprotección que pueden realizar. El proyecto LIFE BAETULO estimó el porcentaje de daños que puede reducir su solución y lo comparó con su costo de implementación, estableciendo que este SAT puede generar ahorros en rehabilitación y reconstrucción de hasta 14 veces el costo de su implementación.

2.1.2 Trabajos relacionados a la implementación de sistemas de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares.

Sukatja (2016), desarrolló un sistema para la detección y monitoreo de lahares del volcán Merapi que descienden por el río Putih en Indonesia. El sistema se compone de: (a) Una estación sísmica, ubicada aguas arriba, que emplea un geófono para detectar la ocurrencia de un lahar, (b) una estación de monitoreo, ubicada aguas abajo, dotada con una cámara de video para capturar imágenes del flujo y un geófono para detectar la llegada del lahar, (c) una estación repetidora de radio y (d) una estación central para recepción de datos y control del sistema. Los datos capturados se emplean para calcular el volumen, la velocidad y el tiempo de llegada del lahar a áreas específicas generando alertas que pueden luego ser enviadas a las comunidades y autoridades locales. Si bien el autor presenta el sistema como un SAT, en realidad sólo aborda el componente Servicio de seguimiento y alerta, y en menor medida los componentes Conocimiento del riesgo y Difusión y comunicación.

También en el volcán Merapi, Indonesia, Iryani (2020) estableció un método para el pronóstico de lahares, mediante el siguiente procedimiento: (a) recopiló datos de lluvia horaria ocurridos los últimos 23 años por 14 estaciones meteorológicas ubicadas en las laderas del volcán Merapi, (b) clasificó cada evento de lluvia como causantes o no causantes de lahares en zonas específicas, (c) estableció un parámetro denominado “lluvia de trabajo” como una función de la precipitación de cada evento y la acumulada en los 14 días anteriores al mismo, (d) estableció umbrales, por cada zona, a partir de los cuales la “lluvia de trabajo” produjo lahares. Estos umbrales permiten predecir que eventos pueden generar lahares. El método puede aplicarse para potenciar el componente servicio de seguimiento y alerta de los SAT.

Johson et al. (2023) exploraron el uso del infrasonido como una herramienta para la detección temprana de lahares en el volcán Fuego, Guatemala. A través del análisis de señales infrasónicas de más de 20

lahares secundarios provocados por lluvias entre mayo y octubre de 2022, determinaron que los sensores infrasónicos ubicados cerca de los cauces pueden detectar lahares hasta 30 minutos antes de su llegada a zonas pobladas, complementando eficazmente el monitoreo sísmico tradicional. La investigación utilizó una combinación de sensores sísmicos, cámaras de video de alta resolución y datos de estaciones meteorológicas para validar la eficacia del infrasonido en la identificación y seguimiento de los lahares. Se concluyó que las redes de sensores infrasónicos, especialmente cuando se combinan con sistemas sísmicos, pueden mejorar significativamente los sistemas de alerta temprana, proporcionando mayor tiempo de reacción para evacuar y mitigar los riesgos asociados a estos eventos volcánicos.

Una experiencia exitosa en la implementación de un SAT en Perú fue documentada por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), que en 2016 implementó un SAT ante Lahares en el volcán Ubinas, consiguiendo que entre el 11 y 29 de febrero de 2016, se detectaran 8 lahares en las laderas del volcán y se emitieran las alertas mediante mensajes de texto (SMS) a las autoridades y población de mayor riesgo con una anticipación de entre 15 y 45 minutos a la llegada del flujo en sus localidades. Los lahares impactaron en diferentes centros poblados generando pérdidas materiales por un total de 6 947 850 soles, afortunadamente no se registraron pérdida de vidas humanas gracias al sistema de alerta temprana. (Machacca y otros, 2016)

2.1.3 Trabajos relacionados a la evaluación de la efectividad de los sistemas de alerta temprana.

García y Fearnley (2012) revisaron múltiples casos de estudio de desastres y sistemas de alerta temprana (SAT) implementados en diversas partes del mundo. Los autores identificaron que, a menudo, las fallas o faltas en los SAT no se deben a problemas con sus componentes individuales, sino a los procesos que los conectan. A partir de ello propusieron las siguientes acciones para mejorar los SAT:

- Establecimiento de Redes de Comunicación Efectivas: Mantener redes de comunicación continuas para asegurar la transferencia oportuna de información y, mejorar las relaciones entre la comunidad científica y otros actores involucrados en el SAT para producir nuevo conocimiento que sea accesible y comprensible para la comunidad.
- Desarrollo de Procesos de Toma de Decisiones Efectivos: Definir las responsabilidades y la rendición de cuentas de cada uno de los actores e, integrar el conocimiento científico en la toma de decisiones.
- Reconocimiento de la Percepción del Riesgo y la Confianza: Aumentar los niveles de preparación, conciencia y confianza entre todos los actores involucrados y, generar confianza a través de la educación y la divulgación para asegurar que las poblaciones vulnerables comprendan y respondan adecuadamente a las alertas.
- Consideración de Enfoques Tecnocráticos y Participativos: Adaptar los métodos de difusión de las alertas para asegurar que toda la población reciba y entienda el mensaje y, promover estrategias de educación y participación que involucren activamente a la comunidad en el proceso de alerta temprana.
- Integración de Escenarios de Peligros Múltiples: Desarrollar evaluaciones de riesgos múltiples para establecer escenarios realistas que consideren la combinación de varios peligros.
- Promoción de la Participación Pública: Aumentar la participación pública en los SAT mediante campañas de educación y concienciación que involucren a la comunidad en ejercicios y simulacros de emergencia.
- Flexibilidad y Adaptabilidad del SAT: Asegurar que los SAT puedan ajustarse rápidamente a eventos inesperados o fallos en uno de los subsistemas.

Sättele et al. (2016) propusieron una metodología para evaluar la confiabilidad y efectividad de los SAT para peligros naturales, el cual está diseñado para ser aplicable tanto a sistemas automatizados como no automatizados y se realiza en 3 pasos: (a) Evaluación de la fiabilidad

técnica, que se refiere a la disponibilidad de los componentes del sistema y su interdependencia; (b) Evaluación de la fiabilidad inherente, que examina la capacidad del sistema para detectar correctamente eventos peligrosos y para evitar falsas alarmas y; (c) Evaluación de la efectividad global, que evalúa cómo el SAT contribuye a la reducción general del riesgo de desastres, considerando cómo las advertencias del SAT son recibidas y actúan los usuarios finales, así como la capacidad del sistema para reducir efectivamente las pérdidas y daños.

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020) identificó que los SAT ante la ocurrencia de lahares e inundaciones en la cuenca de los ríos Coyolate y Achiguate en Guatemala presentaban falencias en su funcionamiento atribuibles a: (a) la falta de claridad en las responsabilidades y funciones de los involucrados en la implementación de los SAT, (b) tendencia a trabajar diversos aspectos de manera aislada, (c) la ausencia de estaciones de monitoreo de lahares formales en las dos cuencas principales, (d) monitoreo de lahares realizado en base a métodos infrasónicos y visuales, que son insuficientes para análisis estadísticos predictivos.

La UK Met Office Press (2022) destacó la relevancia de evaluar eficazmente los SAT, resaltando la necesidad de un enfoque interdisciplinario para desarrollar estos sistemas. Además, mencionó el cambio en los sistemas de alerta, de advertencias basadas en umbrales a advertencias basadas en impactos; así, la evaluación efectiva de las alertas puede demostrar su valor al cuantificar la mejora sobre los pronósticos meteorológicos tradicionales. También discutieron enfoques subjetivos y objetivos para evaluar las advertencias, siendo ambos necesarios para demostrar completamente su valor.

Saunders et al (2023), analizaron cómo la ciencia de datos puede optimizar la comunicación y respuesta ante peligros naturales en tiempo real, para ello identificaron deficiencias en los sistemas de alerta actuales, destacando la falta de visualización efectiva de pronósticos, dificultades en

la integración de datos para predicciones de impacto más precisas, y la necesidad de enfoques más localizados y personalizados en la emisión de advertencias. A partir de la experiencia del equipo durante las inundaciones de 2022 en Australia, proponen cuatro acciones prioritarias para mejorar la eficacia de las alertas: (1) aplicar mejores prácticas en la visualización de datos, (2) promover la apertura y transparencia en el manejo de datos y modelos, (3) incorporar nuevas fuentes de datos, como información generada por la población validadas y filtradas previamente con técnicas avanzadas de inteligencia artificial, para predicciones más localizadas, y (4) considerar explícitamente la incertidumbre en la toma de decisiones y en la comunicación de alertas, es decir, en lugar de mostrar una sola predicción, se recomienda presentar rangos de posibles resultados con indicadores de probabilidad. El estudio resalta cómo la implementación de estos enfoques puede fortalecer la resiliencia de las comunidades y facilitar una respuesta más eficiente ante desastres naturales.

2.1.4 Trabajos relacionados a la percepción de la población sobre el riesgo de lahares en Arequipa.

Heitz y Nagata (2017) desarrollaron un estudio acerca de cómo las percepciones individuales del riesgo afectan la gestión de riesgos, en áreas propensas a lahares en Arequipa; para ello aplicaron encuestas a la población de áreas expuestas y no expuestas a los lahares, llegando a las siguientes conclusiones:

- Los lahares no constituyen el principal problema para la población de Arequipa, la mayoría de los encuestados perciben los problemas sociales como los más críticos y respecto de otros peligros consideran que más relevantes son los sismos y las erupciones volcánicas. Sin embargo, las personas que han experimentado lahares o viven cerca de áreas expuestas a este peligro tienen mayor conciencia y preocupación por estos eventos.
- El nivel de información sobre el riesgo de lahares no está vinculado a la confianza y la legitimidad de las autoridades; si bien más del 61% de los encuestados declaró confiar en la información que brinda

el INDECI respecto de los lahares, el 65% siente que no está suficientemente informado sobre cómo actuar en caso de un desastre.

- Las personas que han experimentado lahares son más conscientes de su nivel de exposición y de la severidad del riesgo; quienes han experimentado un lahar califican el peligro como más alto en comparación con quienes no han tenido esa experiencia; además, los individuos con experiencia en lahares son más propensos a implementar medidas de protección individual.

Thouret et al. (2023) abordaron el problema de los asentamientos vulnerables a los flujos de escombros en Arequipa, centrándose en las características de la población, el conocimiento de los peligros, la percepción del riesgo y la gestión del riesgo de desastres. A través de encuestas y análisis estadísticos, el estudio concluyó que:

- Una parte significativa de la población vulnerable vive en áreas propensas a flujos de escombros o lahares debido a su bajo ingreso y nivel educativo. Aproximadamente, el 32% de la población en las áreas estudiadas tiene un nivel educativo mínimo o nulo.
- Aunque muchos habitantes han experimentado los efectos de flujos de escombros, la mayoría no está segura de cómo actuar durante emergencias.
- Las juntas vecinales y las autoridades locales enfrentan dificultades significativas para implementar medidas efectivas de mitigación y preparación ante desastres debido a la falta de recursos y coordinación. Muchos habitantes sienten que están siendo abandonados por el municipio.
- Existen conflictos y falta de coordinación entre diferentes niveles de gobierno e instituciones en la gestión del riesgo de desastres. Las entrevistas y grupos focales revelan que los problemas de superposición de responsabilidades y la falta de cooperación entre las instituciones nacionales, regionales y municipales dificultan la gestión eficaz del riesgo.

Jacquez y Rouquette (2023) abordaron la efectividad de las campañas de comunicación pública sobre el riesgo volcánico, evaluando cómo son recibidas e interpretadas por la población de Alto Selva Alegre, Miraflores, Paucarpata y Mariano Melgar; para ello realizaron encuestas y entrevistas semiestructuradas cuyo análisis estadístico les permitió concluir que:

- Las personas más jóvenes tienden a recordar mejor los mensajes visuales y dinámicos, mientras que los mayores prefieren información más detallada y tradicional.
- Las mujeres suelen mostrar mayor interés y preocupación por los mensajes de riesgo, lo que las hace más receptivas.
- Las personas que viven más cerca del volcán Misti están más conscientes del riesgo y consideran los mensajes de las campañas de comunicación como más relevantes y urgentes.
 - Quienes han vivido desastres previos tienen una mayor sensibilidad hacia las campañas, ya que reconocen la importancia de estar preparados.
- Las comunidades con una historia de desastres tienden a tomar más en serio las advertencias y preparativos sugeridos.

2.1.5 Trabajos relacionados a la percepción social y el impacto de los SAT en comunidades vulnerables.

Ordoñez (2023) analizó la relación entre la percepción social sobre la gestión del riesgo de desastres y la efectividad de los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) frente a inundaciones en Piura. Mediante una metodología cuantitativa, descriptiva y correlacional, se aplicó una encuesta a 297 personas, abarcando dimensiones como riesgo de inundación, vulnerabilidad, gestión del riesgo y SAT. Los resultados indicaron que la percepción social en estas dimensiones es predominantemente positiva, con niveles altos de acuerdo respecto a la importancia del SAT en la reducción de riesgos. Sin embargo, se identificaron brechas en el conocimiento y preparación de la población, resaltando la necesidad de fortalecer la educación, capacitación y articulación interinstitucional. Se evidenció que la población presentaba una percepción positiva sobre los

Sistemas de Alerta Temprana (SAT) y su implementación, lo que se refleja en que el 45.8% de los encuestados están de acuerdo con su importancia, mientras que 22.4% está totalmente de acuerdo; sin embargo, también se evidencia que 18.6% de los encuestados muestran desacuerdo o total desacuerdo, lo que sugiere la necesidad de fortalecer la confianza en estos sistemas. El estudio resalta que la participación de la comunidad es esencial para el éxito de los SAT, señalando que la percepción positiva está influenciada por el nivel educativo, la ocupación y el acceso a información sobre la gestión del riesgo.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Sistema de alerta temprana.

El concepto de sistema de alerta temprana ha venido evolucionando según se fueron desarrollando los diversos enfoques respecto de la gestión del riesgo de desastres.

En concordancia con lo señalado por el Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres, Gomez et al (2007) definieron un SAT como:

Un conjunto de procedimientos articulados a través de los cuales se recolecta y procesa información sobre amenazas previsibles, de tal modo que cuando éstas son inminentes se da una alerta para asegurar la evacuación o protección de la población, así como para activar un sistema que controle o reduzca su impacto.

Requieren el funcionamiento de una red de vigilancia o monitoreo, alarmas, sistemas de comunicación y medios apropiados para que la población y las autoridades puedan responder adecuadamente a las emergencias. Se complementan con un buen sistema de prevención y preparación para emergencias. (p. 55)

Esta definición prioriza el monitoreo de la información sobre el peligro y la generación de alertas ante su inminente materialización; sin embargo, para conseguir el efecto esperado, se requiere que las alertas sean emitidas y comunicadas de manera de manera que la población expuesta y sus

autoridades (a) puedan comprender los mensajes de alerta y (b) tener el tiempo suficiente para actuar en consecuencia. Por ello, la Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas (2009) definió un SAT como:

El conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas por un peligro se preparen y actúen de forma apropiada y con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños. (p. 33)

Con la elaboración del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, el enfoque de la GRD pasa del aumento de la resiliencia hacia la reducción del riesgo de desastres, por lo que la Asamblea General de las Naciones Unidas (2016) define un SAT como:

Un Sistema integrado de vigilancia, previsión y predicción de peligros, evaluación de los riesgos de desastres, y actividades, sistemas y procesos de comunicación y preparación que permite a las personas, las comunidades, los gobiernos, las empresas y otras partes interesadas adoptar las medidas oportunas para reducir los riesgos de desastres con antelación a sucesos peligrosos. (p. 18)

Esta definición introduce nuevos elementos tales como (a) la previsión y predicción de los peligros, lo que permite tomar acciones antes de su materialización y (b) la evaluación de los riesgos de desastres, lo que permite priorizar las acciones de respuesta para atender a la población según su nivel de riesgo.

2.2.2 Componentes principales de un sistema de alerta temprana.

Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas (2006), un SAT consta de 4 componentes principales:

A. *Conocimiento del riesgo.*

Comprende la evaluación de riesgos y la difusión de sus resultados a la población expuesta y a sus autoridades a fin de que puedan proyectar las medidas de prevención, preparación y respuesta ante la eventual ocurrencia de un desastre. (Organización Meteorológica Mundial, 2018)

Los riesgos surgen de la combinación de peligros, el nivel de exposición de las personas y sus bienes a dichos peligros, y las vulnerabilidades y capacidades de respuesta en una zona específica. Evaluar estos riesgos implica recopilar y analizar información de manera sistemática, teniendo en cuenta que tanto los peligros como las vulnerabilidades pueden cambiar debido a procesos como la urbanización, las transformaciones en el uso del suelo rural, la degradación ambiental y el cambio climático. Las evaluaciones y los mapas de riesgo que se derivan de estos análisis son herramientas valiosas para sensibilizar a la población, establecer prioridades y guiar la planificación de medidas de prevención y respuesta. (Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas, 2006)

La evaluación debe incluir un análisis de las capacidades de adaptación y respuesta de la comunidad, así como la percepción de riesgo de las personas vulnerables. Además, los estudios sobre la interacción humana y la respuesta ante las alertas pueden proporcionar información útil para mejorar la eficacia de los SAT. (Villagrán de León y otros, 2013)

Las evaluaciones de riesgo deben utilizarse para identificar la ubicación de grupos vulnerables, infraestructura y bienes críticos, desarrollar estrategias de evacuación con rutas y zonas seguras, e incluir información sobre posibles impactos en los mensajes de alerta. (Organización Meteorológica Mundial, 2018)

Para que sea efectiva, esta comprensión del riesgo debe basarse en un conocimiento profundo y adaptado al contexto local sobre los peligros, las vulnerabilidades, los medios de subsistencia, la inclusión social y la exposición, entre otros factores clave para contextualizar el conocimiento del riesgo de desastres. Este entendimiento no debe limitarse solo a los expertos, sino que resulta más valioso cuando se incorporan diversas formas de conocimiento, desde el poblador hasta el científico, con un enfoque específico en la percepción del riesgo desde la perspectiva de las personas más vulnerables y aquellas que pueden ayudar a reducirlo. (Organización Meteorológica Mundial, 2022)

B. Servicio de seguimiento y alerta.

Los servicios de seguimiento y alerta son un componente central de un SAT, ya que permiten anticipar y mitigar posibles peligros de manera eficaz. Para ello, es esencial contar con una base científica sólida que permita realizar predicciones precisas y un sistema de pronósticos y alertas confiable que opere las 24 horas del día. Un monitoreo constante de los parámetros y señales previas de los peligros garantiza que las advertencias se generen de forma precisa y oportuna. Además, es importante coordinar los servicios de alerta para distintos peligros siempre que sea posible, a fin de optimizar las redes institucionales, estandarizar los procedimientos y mejorar las comunicaciones compartidas. (Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas, 2006)

Los servicios de seguimiento, que pueden ser automáticos, deben garantizar un control riguroso de la calidad de los datos, siguiendo estándares internacionales si están disponibles. Es importante archivar los datos, predicciones y alertas de forma estandarizada para facilitar el análisis posterior al evento y la mejora continua del sistema. (Organización Meteorológica Mundial, 2018)

Un enfoque clave es pasar de la generación de información sobre “el peligro” a información sobre “qué consecuencias tendrá la materialización del peligro” mediante la implementación de servicios de pronóstico y alerta basados en impactos. El objetivo final es promover la acción temprana que reduzca los daños y la pérdida de vidas, proporcionando información sobre el riesgo, los posibles impactos y las acciones recomendadas para mitigar dichos efectos en la sociedad. (Organización Meteorológica Mundial, 2022)

C. Difusión y comunicación.

Implica todos los elementos y procedimiento que permiten que los mensajes de alerta lleguen de manera efectiva a las personas en riesgo. Es fundamental que los mensajes sean claros y contengan información sencilla y útil para permitir respuestas adecuadas que protejan vidas y medios de subsistencia. Para lograrlo, es necesario identificar previamente los sistemas de comunicación a nivel regional, nacional y comunitario, y establecer voceros autorizados que transmitan credibilidad. Además, se deben utilizar múltiples canales de comunicación para asegurar que el mensaje alcance al mayor número posible de personas, prevenir fallos en algún canal y reforzar la importancia de la alerta. (Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas, 2006)

Es importante remarcar que, si una fuente de la información o vocero no es confiable, es posible que las personas en peligro no actúen de manera inmediata y pueda llevar tiempo recuperar su confianza. Por eso, es importante establecer de antemano los sistemas de comunicación a nivel regional, nacional y local, y designar portavoces autorizados. (Organización Meteorológica Mundial, 2018)

La experiencia ha mostrado que los servicios de difusión y comunicación más efectivos se desarrollan en colaboración con las comunidades a las que están destinados, incorporando mecanismos de retroalimentación para asegurar que los mensajes lleguen a las personas a través de canales de comunicación preferidos y confiables, en formatos útiles y en el momento adecuado para facilitar la toma de decisiones. Este proceso colaborativo reconoce y se esfuerza por abordar las desigualdades estructurales que a menudo afectan a mujeres, jóvenes, niños, personas con discapacidad, desplazados, pueblos indígenas y grupos étnicos marginados, quienes enfrentan barreras para recibir, comprender y actuar en respuesta a la recepción de la alerta temprana. (Organización Meteorológica Mundial, 2022)

D. Capacidad de respuesta.

Comprende los elementos relacionados a fortalecer la capacidad de la población para enfrentar desastres y la disponibilidad de recursos necesarios para la respuesta. Es fundamental que la población comprenda los riesgos a los que está expuesta, respeten los servicios de alerta y sepan cómo reaccionar de manera adecuada. Los programas de educación y preparación desempeñan un papel crucial en este proceso. También es importante contar con planes de gestión de desastres bien establecidos, practicados y probados regularmente. La población debe estar informada sobre las opciones de comportamiento seguro, las rutas de escape disponibles y las mejores maneras de minimizar los daños y las pérdidas materiales. (Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas, 2006)

La capacidad de respuesta permite convertir las alertas tempranas en acciones que salvan vidas. A diferencia de los planes de contingencia humanitaria, estas acciones se activan en respuesta

a una advertencia específica sobre una amenaza inminente, no ante un desastre ya ocurrido. Cuando se emite una alerta temprana, se hace un llamado a los actores en terreno para que activen sus respectivos planes de respuesta y reduzcan el impacto de la amenaza. Para ser sostenibles, estos planes deben estar integrados en los sistemas gubernamentales y basarse en las prioridades, conocimientos y recursos locales. Además, las acciones deben ser intervenciones sin arrepentimiento, es decir, que beneficien a los grupos expuestos incluso si el peligro no se materializa. Los planes deben probarse, actualizarse periódicamente y considerar las tendencias del cambio climático y los factores de riesgo acumulativos. (Organización Meteorológica Mundial, 2022)

2.2.3 Aspectos transversales a los componentes de un sistema de alerta temprana.

Para ser efectivos, los SAT deben considerar aspectos transversales que faciliten la articulación de sus componentes, la Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas (2006) recomienda las siguientes:

A. Gobernabilidad y arreglos institucionales eficaces.

Una estructura sólida de gobernanza y acuerdos institucionales bien establecidos son fundamentales para el desarrollo exitoso y la continuidad de sistemas robustos de alerta temprana. Esto proporciona la base sobre la cual se construyen, fortalecen y mantienen los cuatro componentes de un SAT. Un marco jurídico y reglamentario sólido promueve la gobernanza, la cual se fortalece mediante un compromiso político a largo plazo y arreglos institucionales efectivos. Las medidas efectivas de gobernanza deben promover la toma de decisiones y la participación a nivel local, respaldadas por mayores competencias administrativas y recursos a nivel nacional o regional.

B. Enfoque de múltiples peligros.

En la medida de lo posible, los SAT deben establecer conexiones entre todos los peligros. Al consolidar tanto los sistemas como las actividades operativas dentro de un marco multipropósito que considere todos los peligros y las necesidades de los usuarios finales, se pueden lograr economías de escala, mayor sostenibilidad y eficiencia.

C. Participación de las comunidades locales.

Los SAT orientados hacia la población se fundamentan en la participación directa de aquellos que tienen mayores probabilidades de estar expuestos a los peligros. Sin la participación de las autoridades y las comunidades locales en riesgo, es probable que las intervenciones y respuestas gubernamentales e institucionales sean insuficientes. Un enfoque local "desde la abajo hacia arriba" para la alerta temprana, con la participación de las comunidades locales, permite abordar de manera integral los problemas y necesidades existentes. De este modo, las comunidades locales, las organizaciones civiles y las estructuras tradicionales están en posición de ayudar a reducir la vulnerabilidad y fortalecer las capacidades locales.

D. Consideración de la perspectiva de género y la diversidad cultural.

Cada población presenta vulnerabilidades únicas influenciadas por su cultura, género y otras características que afectan su capacidad para prepararse eficazmente, prevenir y responder a los desastres. Los roles de hombres y mujeres en la sociedad son diferentes, al igual que su acceso a la información durante situaciones de desastre. Además, grupos como los ancianos, personas con discapacidades y aquellos en situaciones sociales y económicas desfavorables suelen enfrentar mayores niveles de vulnerabilidad.

2.2.4 Actores clave de los sistemas de alerta temprana.

La UNISDR (2006) señala que la implementación y operación de un SAT eficiente demandan la colaboración y coordinación de diversos grupos y personas, entre ellas:

A. Las comunidades.

Es fundamental que estas comunidades estén involucradas en todos los aspectos del establecimiento y funcionamiento de dichos sistemas, con conocimiento de los peligros y posibles impactos que enfrentan, así como la capacidad para tomar medidas preventivas.

B. Las autoridades locales.

Es crucial que los gobiernos nacionales empoderen a estas autoridades y que ellas posean un profundo conocimiento sobre los peligros que enfrentan sus comunidades, participando activamente en el diseño y mantenimiento de los SAT. Además, las autoridades locales deben comprender la información recibida y estar capacitadas para orientar, instruir y movilizar a la población local, con el objetivo de aumentar la seguridad pública y reducir posibles pérdidas de recursos comunitarios.

C. Los gobiernos nacionales.

Tienen la responsabilidad de establecer políticas y marcos de alto nivel que faciliten la implementación de SAT, así como de desarrollar y operar sistemas técnicos para prever y emitir alertas nacionales de peligros. Además, deben colaborar con autoridades y agencias regionales e internacionales para fortalecer las capacidades de estos sistemas y garantizar que las alertas y las respuestas subsiguientes se enfoquen en las poblaciones más vulnerables. También es esencial que proporcionen asistencia a las comunidades y gobiernos locales para mejorar sus capacidades operativas.

D. Las instituciones y organizaciones regionales.

Son esenciales para compartir conocimientos y ofrecer asesoramiento técnico especializado para mejorar las capacidades de alerta temprana en países que comparten una ubicación geográfica similar. Asimismo, estas entidades fomentan la colaboración con organizaciones internacionales y facilitan la difusión de mejores prácticas en este ámbito entre naciones vecinas.

E. Los organismos internacionales.

Tienen la capacidad de ofrecer coordinación, estandarización y ayuda global para las iniciativas de alerta temprana, facilitando la comunicación y el intercambio de información entre diversas naciones y áreas geográficas. Este tipo de apoyo abarca desde directrices fundamentales hasta asistencia técnica, organizativa y política destinada a fortalecer las operaciones de las autoridades y agencias nacionales.

F. Las organizaciones no gubernamentales.

Juegan un papel vital al crear conciencia sobre la importancia de la alerta temprana, especialmente a nivel comunitario. Además, colaboran en la instalación de sistemas de alerta y en la preparación de comunidades para situaciones de desastre. Asimismo, desempeñan un rol significativo en abogar por la priorización de la alerta temprana en la agenda de los gobiernos y responsables de políticas públicas.

G. El sector privado.

Desempeña una amplia gama de funciones en relación con la alerta temprana, abarca desde el fortalecimiento de sus propias capacidades internas hasta el uso crucial de los medios de comunicación para educar a la población sobre desastres y transmitir alertas tempranas. Además, el sector privado posee un

potencial considerable, aún no completamente aprovechado, en la provisión de servicios especializados y donaciones, tanto en especie como en efectivo.

H. La comunidad científica y académica.

Ofrecen información especializada que ayuda a los gobiernos y comunidades en la creación de SAT. Sus habilidades son cruciales para evaluar los riesgos de los peligros, colaborar en el diseño de servicios de monitoreo y alerta, facilitar el intercambio de información, simplificar datos técnicos para el público y transmitir alertas comprensibles a quienes están en riesgo.

2.2.5 Evaluación de los sistemas de alerta temprana.

La UNISDR (2006) planteó una lista de verificación de las acciones prácticas para ofrecer asistencia en el desarrollo, evaluación y mejoramiento de un SAT. La lista estaba organizada en torno a temas clave e incluyen acciones detalladas que, al ser llevadas a cabo, ayudan a establecer o evaluar de manera sólida estos sistemas. La figura 2 resume las preguntas clave planteadas por la lista de validación para la evaluación de los SAT.

Figura 2

Preguntas principales para evaluar los SAT centrados en la población.



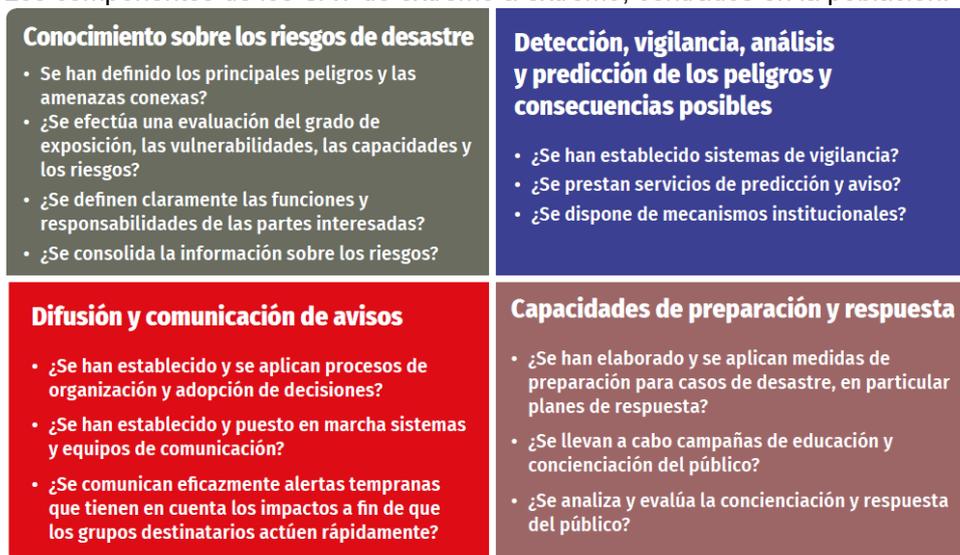
Fuente: UNISDR (2006).

Adicionalmente la lista consideró criterios para evaluar el componente transversal “Gobernabilidad y arreglos institucionales eficaces”, estos eran: (a) Adopción de la alerta temprana como prioridad nacional y local a largo plazo, (b) Establecimiento de marcos jurídicos y políticos para promover la alerta temprana, (c) Evaluación y mejoramiento de las capacidades institucionales.

Posteriormente, la lista fue actualizada en la primera Conferencia de Alerta Temprana Multirriesgo, manteniendo el enfoque en los cuatro componentes del SAT, pero precisando o ampliando el alcance al enfoque multirriesgo. La figura 3 muestra los aspectos evaluados en cada componente del SAT. A diferencia de la lista anterior, los aspectos transversales fueron considerados dentro de las sub-listas de cada componente. (Organización Meteorológica Mundial, 2018)

Figura 3

Los componentes de los SAT de extremo a extremo, centrados en la población.



Fuente: (Organización Meteorológica Mundial, 2018)

2.2.6 Brechas comunes en la implementación de sistemas de alerta temprana.

A pesar de los avances en tecnología, ciencia y apoyo político, los SAT para desastres aún enfrentan importantes desafíos. Estos incluyen deficiencias en aspectos técnicos y sociales, así como en gobernanza. También hay dificultades en la evaluación del desempeño de estos sistemas y en la disponibilidad de habilidades necesarias para su

operación, especialmente en países en desarrollo, donde los recursos son limitados y las capacidades institucionales pueden estar restringidas (Golding, 2022).

La tabla 2, lista las principales brechas en la implementación de los SAT identificadas en la literatura existente organizadas por componentes y aspectos transversales.

Tabla 2
Brechas comunes en los SAT identificadas en la literatura.

Componente	Brechas identificadas en la literatura
Información del riesgo	<ul style="list-style-type: none"> - Un enfoque predominante en el peligro con una falta de comprensión de la vulnerabilidad y exposición. - Falta de integración de la información de riesgo en la toma de decisiones. - Brechas de datos, especialmente en países en desarrollo. - Acceso difícil a los datos para información de riesgo, particularmente acceso abierto/compartido entre disciplinas u organizaciones.
Monitoreo y alerta	<ul style="list-style-type: none"> - Incertidumbre en la predicción y el cambio climático que influye en la capacidad de predicción. - Habilidades variables de la información pronosticada: precisión, confiabilidad, resolución, tiempo de anticipación, resolución espacial y temporal - Calidad variable de los registros de datos históricos que limita la habilidad de predicción. - Falta de validación/evaluación de la habilidad de predicción. - Falta de infraestructura de monitoreo, capacidad técnica y humana, especialmente en países en desarrollo. - Falta de sostenibilidad de los sistemas de monitoreo y predicción. - Monitoreo inadecuado. - Falta de capacidades de predicción para peligros de inicio rápido (por ejemplo, inundaciones repentinas y deslizamientos de tierra) y falta de sistemas para algunos peligros (por ejemplo, tormentas de polvo y arena, inundaciones repentinas).
Difusión y comunicación	<ul style="list-style-type: none"> - Dominancia de expertos a expensas de la comunicación centrada en el usuario. - La diseminación de arriba hacia abajo lleva tiempo, reduciendo el tiempo de anticipación. - Falta de mecanismos de retroalimentación entre usuarios y productores. - Falta de acceso a información de alerta, especialmente para los grupos más vulnerables. - Sistemas de comunicación inadecuados para proporcionar información de alerta oportuna, precisa y significativa a quienes están en riesgo.

Componente	Brechas identificadas en la literatura
	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestructura de difusión subdesarrollada en países en desarrollo. - Falta de información de alerta basada en impactos. - Nomenclatura, protocolos y estándares no adecuadamente estandarizados. - Participación ineficaz de los medios de comunicación y el sector privado. - Responsabilidades de monitoreo fragmentadas. - Contenido/mensaje de comunicación no adaptado a las necesidades/capacidades específicas del usuario.
Capacidad de respuesta	<ul style="list-style-type: none"> - Débil respuesta pública a las advertencias. - Falta de conciencia y comprensión del riesgo: falta de alcance/educación y práctica. - Falta de revisiones posteriores al evento y escasa incorporación de lecciones aprendidas. - Autoridades poco claras y procesos de toma de decisiones que obstaculizan la respuesta. - Falta de ejercicios de simulación y simulacros de evacuación. - Falta de inducción de comportamientos de reducción de riesgos a largo plazo. - Falta de espacios seguros adecuados, preocupaciones sobre los espacios seguros, falta de rutas seguras. - Barreras para tomar medidas incluso si se quisiera, por ejemplo, responsabilidades de cuidado o tiempo de anticipación insuficiente. - Preocupaciones sobre dejar activos/posesiones (protección y quedarse en el lugar). - Razones conductuales para no responder (por ejemplo, percepción de riesgo basada en experiencias previas de peligros y permanecer en el lugar).
Gobernanza efectiva y arreglos institucionales	<ul style="list-style-type: none"> - Colaboración institucional y entre agencias insuficiente y falta de claridad en los roles y responsabilidades. - Falta de financiamiento (es decir, la financiación de desastres aún está fuertemente enfocada en la respuesta). - Débil apoyo presupuestario y político en algunos países. - Coordinación inadecuada entre niveles local, nacional y regional. - Brechas en marcos legales, institucionales y de coordinación, especialmente en países en desarrollo. - fracasos políticos para tomar medidas (por ejemplo, sincronización, falta de recursos, temor a litigios). - Integración débil de los SAT en los planes nacionales. - Reconocimiento insuficiente de los vínculos entre la reducción del riesgo de desastres, la adaptación al cambio climático y el desarrollo sostenible. - Coordinación insuficiente entre los actores responsables de los SAT.

Componente	Brechas identificadas en la literatura
Aproximación multipeligro	<ul style="list-style-type: none"> - La mayoría de los países informan sistemas de alerta para peligros individuales (es decir, falta de SAT multipeligro). - Muy pocos países tienen todos los peligros cubiertos. Y rara vez están integrados (compartiendo datos, análisis de riesgos, interacciones, un canal/método de comunicación, procedimientos estándares sintetizados para la respuesta).
Involucramiento de la comunidad	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de participación de los afectados en el diseño y operación de los SAT. - Desafíos prácticos en la participación comunitaria (por ejemplo, distancia física, financiamiento, plazos). - Falta de uso de enfoques participativos. - Falta de inclusión de conocimientos locales, tradicionales e indígenas.
Perspectiva de género y la diversidad cultural	<ul style="list-style-type: none"> - La incorporación del género en los SAT rara vez se considera. - Falta de consideración de la diversidad cultural y las barreras lingüísticas. - Las personas marginadas no están incluidas ni consideradas de manera significativa en la evaluación del riesgo y no pueden participar de manera significativa en los planes de preparación para la reducción del riesgo de desastres/gestión del riesgo de desastres/SAT, etc.

Fuente: Golding (2022).

2.3 Marco legal

2.3.1 El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

A través de la Ley 29664 el Gobierno del Perú estableció el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), cuyo propósito es identificar y reducir los riesgos asociados a peligros, minimizar sus efectos y prevenir la generación de nuevos riesgos. Además, se enfoca en la preparación y atención ante situaciones de desastre a través de la implementación de principios, lineamientos de política, componentes, procesos e instrumentos de gestión del riesgo de desastres.

El artículo 30 del reglamento de la mencionada ley, establece que la Alerta Temprana es un componente de los procesos de preparación y respuesta. En el contexto de la preparación, esto implica recibir información, analizarla y actuar de manera organizada basándose en sistemas de vigilancia y monitoreo de peligros, así como en establecer y fortalecer las acciones y capacidades locales para actuar con autonomía y resiliencia.

2.3.2 La Red Nacional de Alerta Temprana.

En concordancia con lo dispuesto por la Ley 29664, la Presidencia del Consejo de Ministros emitió la RM 173-2015-PCM donde aprueba los “Lineamientos para la Conformación y Funcionamiento de la Red Nacional de Alerta Temprana - RNAT Y la Conformación, Funcionamiento y Fortalecimiento de los Sistemas de Alerta Temprana - SAT” (Lineamientos RNAT).

Los lineamientos definen la RNAT como la organización integrada de los sistemas de alerta temprana que abarca los niveles comunal, distrital, provincial, regional y nacional. Se establece mediante la colaboración de entidades técnico-científicas y universidades. La RNAT agrupa a todos los sistemas de alerta temprana y los monitoreará a través de un software administrado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

2.3.3 Sobre los sistemas de alerta temprana.

Los Lineamientos RNAT definen un SAT como:

El conjunto de capacidades, instrumentos y procedimientos articulados con el propósito de monitorear, procesar y sistematizar información sobre peligros previsibles en un área específica, en coordinación con el Centro de Operaciones de Emergencia; con la finalidad de difundir y alertar a las autoridades y a la población sobre su proximidad, facilitando la aplicación de medidas anticipadas y una respuesta adecuada para reducir o evitar la pérdida de vidas, daños materiales y al ambiente. (RM 173-2015-PCM).

Asimismo, establece que los SAT constan de 4 componentes:

A. *Conocimiento de los Riesgos.*

Proceso sistemático de recopilación de información sobre los peligros que enfrenta una población, junto con sus vulnerabilidades, se complementa con datos estadísticos de los daños ocasionados por emergencias anteriores. Comprende actividades:

- De carácter técnico-científico, estas actividades son llevadas a cabo por entidades técnico-científicas para ampliar el conocimiento, monitorear y vigilar los peligros. Además, buscan difundir información técnico-científica a las autoridades y a la población, con el fin de contribuir a las acciones de preparación y respuesta ante emergencias y desastres.
- De carácter regional, local y comunitario; referidas a la coordinación continua con las entidades técnico-científicas, la disposición de mapas de riesgo para definir las zonas de influencia del SAT, la recopilación periódica de información sobre riesgos, la Identificación, seguimiento y vigilancia de peligros para establecer situaciones de alerta y alarma, considerando factores de vulnerabilidad como género, grupo etario, discapacidad, infraestructura, y diversidad económica y ambiental.

B. Servicio de Seguimiento y Alerta.

Consiste en un monitoreo continuo de los peligros y sus manifestaciones, basado en fundamentos técnico-científicos, y respaldado por un sistema de pronósticos y alertas operando las 24 horas del día. Este seguimiento se lleva a cabo a través del Módulo de Monitoreo y Análisis de los Centros de Operaciones de Emergencia (COE). Para ello, los lineamientos establecen responsabilidades específicas para las entidades técnico-científicas, el INDECI y para los gobiernos regionales y locales.

C. Difusión y comunicación.

Son mecanismos utilizados para informar y advertir a las autoridades y a la población sobre alertas y alarmas, con el objetivo de implementar medidas de preparación y respuesta en los niveles nacional, regional y local. Los lineamientos establecen las

actividades que deben realizar los actores involucrados en este componente.

D. Capacidad de Respuesta.

Consiste en llevar a cabo actividades de preparación para reforzar la capacidad de respuesta de las autoridades y la población ante alertas y alarmas. Al igual que el caso anterior, los lineamientos establecen las actividades que deben cumplir los actores involucrados en este componente.

2.3.4 Sobre la Implementación de los sistemas de alerta temprana.

Según los lineamientos RNAT, los SAT:

- Deben abordarse desde un enfoque integral, teniendo en cuenta sus cuatro componentes durante el diseño e implementación. Es crucial realizar un diagnóstico y análisis de los peligros y de los recursos requeridos para su desarrollo, puesta en marcha y sostenibilidad a largo plazo.
- Se implementan en un área específica para peligros previsible y pueden desarrollarse a nivel distrital, provincial y regional, donde son gestionados por el Grupo de Trabajo en Gestión del Riesgo de Desastres. Cuando la implementación es a nivel nacional, está a cargo del INDECI.
- Su priorización, implementación y monitoreo estará a cargo de un equipo técnico designado por Grupo de Trabajo de la Gestión del Riesgo de Desastres.
- Involucran de manera directa a las autoridades y población vulnerable.
- Se incorporan a los planes y demás documentos de gestión institucional, implementándose con fuentes de financiamiento existentes y priorizándose en los presupuestos participativos.

2.4 Definición de términos básicos

De acuerdo con las definiciones previstas en los documentos legales, lineamientos y literatura académica se definen los siguientes términos:

Alarma: Estado declarado después de confirmarse la ocurrencia de un evento peligroso en una determinada zona. Su propósito es activar los planes de contingencia y evacuación de la población, garantizando así una respuesta rápida y eficaz ante la situación de emergencia (RM 173-2015-PCM, 2015).

Alerta: Se refiere al estado previo a la confirmación de un evento peligroso en una zona específica. Se declara con el objetivo de que las autoridades competentes puedan activar protocolos de acción y tomar precauciones específicas, preparando a la población para la posible ocurrencia del peligro y minimizando así sus efectos adversos (RM 173-2015-PCM, 2015).

Elementos expuestos: Se refiere al entorno social, material y ambiental compuesto por las personas, así como por los recursos, servicios y ecosistemas que podrían ser impactados por un fenómeno físico (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, s.f.).

Lahar: Flujo compuesto principalmente por sedimentos volcánicos y una alta proporción de agua. Estos flujos pueden variar en granulometría y composición de rocas. Los lahares pueden ser desencadenados por la saturación de agua en los macizos volcánicos, resultando en el arrastre de materiales debido a intensas lluvias o deshielo, incluso si el volcán no está en erupción. Se caracterizan por ser flujos que tienden a seguir los cauces de los ríos o quebradas. Los lahares pueden clasificarse como fríos o calientes, dependiendo de las condiciones volcánicas y de los materiales que arrastren (Bardintzeff & McBirney, 2000).

Peligro: Se refiere a la posibilidad de que ocurra un evento físico con potencial de causar daño, ya sea de origen natural o provocado por la actividad humana, en una ubicación particular, con una determinada intensidad y dentro de un período de tiempo y frecuencia específicos (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, s.f.).

Plan de contingencia: Se trata de los protocolos específicos previamente establecidos para coordinar, alertar, movilizar y responder ante la ocurrencia o amenaza de un evento específico, para el cual se han definido escenarios. Estos protocolos se emiten a nivel nacional, regional y local (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, s.f.).

Riesgo: Probabilidad que la comunidad y sus medios de vida sean afectados negativamente debido a su situación de vulnerabilidad y la materialización de un peligro (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, s.f.).

Vulnerabilidad: Se refiere a la propensión de la población, las estructuras físicas o las actividades socioeconómicas a sufrir daños como resultado de la influencia de un peligro (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, s.f.).

Capítulo III Hipótesis y variables

3.1 Hipótesis

La investigación describió una situación problemática y luego elaboró una propuesta de mejora, por lo que no fue necesario plantear hipótesis ya que:

Se formulan hipótesis cuando en la investigación se quiere probar una suposición y no sólo mostrar los rasgos característicos de una determinada situación. Es decir, se formulan hipótesis en las investigaciones que buscan probar el impacto que tienen algunas variables entre sí, o el efecto de un rasgo o una variable en relación con otro(a). Básicamente son estudios que muestran la relación causa/efecto.

Las investigaciones de tipo descriptivo no requieren formular hipótesis; es suficiente plantear algunas preguntas de investigación que, como ya se anotó, surgen del planteamiento del problema, de los objetivos y, por supuesto, del marco teórico que soporta el estudio (Bernal, 2010, pág. 136).

3.2 Operacionalización de variables

3.2.1 Variable 1.

Estado del sistema de alerta temprana.

3.2.2 Instrumentos.

Se consideraron 3 instrumentos:

- Entrevista semiestructurada a funcionarios responsables de la GRD en la zona de estudio, acerca del estado y sus roles en el marco del SAT.
- Entrevista semiestructurada a especialistas de las entidades técnico-científicas que generan información para la GRD.
- Encuesta acerca de la apreciación sobre el SAT que tiene la población de los distritos de Paucarpata, Alto Selva Alegre, Miraflores, Mariano Melgar, Cercado de Arequipa y José Luis Bustamante y Rivero.

3.2.3 Matriz de operacionalización de variables.

Para estudiar la variable de investigación, fue necesario descomponerla en las dimensiones e indicadores mostrados en la matriz de operacionalización variables (tabla 3); estos indicadores fueron adaptados de los establecidos en la lista de verificación de sistemas de alerta temprana propuesta por la OMM.

Tabla 3
Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición	Dimensión	Indicador
Estado del sistema de alerta temprana	Capacidad del sistema de alerta temprana para monitorear, prever y predecir amenazas, y establecer actividades, medios y procesos de comunicación y preparación que permita adoptar medidas oportunas para reducir el riesgo de desastre con anticipación a la materialización del peligro.	Conocimiento de los riesgos.	<ul style="list-style-type: none"> - Actualización y difusión de los mapas de peligros. - Evaluación de elementos expuestos y riesgos de la población. - Definición de las funciones y responsabilidades de las partes interesadas. - Información consolidada. - Integración de la información sobre riesgos en el sistema de alerta temprana.
		Seguimiento técnico y servicio de alerta.	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de monitoreo. - Servicios de predicción y aviso. - Mecanismos institucionales.
		Comunicación y difusión de las alertas oficiales.	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos de organización y adopción de decisiones. - Sistemas y equipos de comunicación. - Comunicación de alertas tempranas que tienen en cuenta los impactos.
		Capacidad de respuesta.	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas de preparación para casos de desastre. - Campañas de educación y concienciación. - Análisis y evaluación de la concienciación y respuesta del público.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo IV Metodología del Estudio

4.1 Método, Tipo o alcance de investigación

4.1.1 Método.

La investigación realizó la evaluación de los componentes del SAT a partir de los indicadores listados en la matriz de operacionalización (ver Tabla 3), aplicando la revisión documental, entrevistas a especialistas y autoridades, y encuestas a la población. Realizada esta evaluación se estableció el estado global del sistema.

El abordaje descrito corresponde al método analítico sintético, el cual “estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis).” (Bernal, 2010, pág. 60).

4.1.2 Tipo o alcance.

La investigación buscó establecer el estado del SAT para realizar una propuesta de mejora, no pretendió explicar las causas de su estado actual, establecer relación con otros elementos o validar hipótesis alguna; por lo que su alcance es descriptivo y propositivo.

Como indica Bernal (2020) “La investigación descriptiva (es) aquella que reseña las características o los rasgos de la situación o del fenómeno objeto de estudio”.

Como señala Medianero (2022), la investigación propositiva “es un estudio en el que se formula y describe la solución que se pretende dar a un problema específico, y este podría ser una necesidad básica insatisfecha o un problema de gestión de los bienes públicos relacionados por definición a las necesidades sociales.”

4.2 Diseño de la investigación

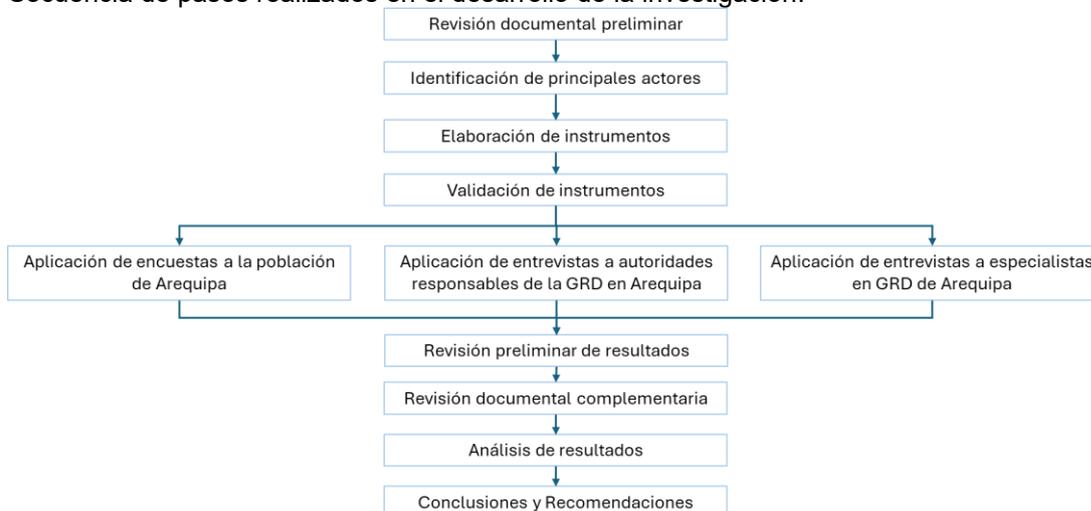
Para realizar la investigación se recopiló información acerca del SAT por medio de la revisión documental, entrevistas a autoridades y especialistas, y encuestas a la población beneficiaria; no siendo necesario realizar algún tipo de experimento o comparar la situación antes y después de la implementación del SAT.

Por lo tanto, la investigación corresponde un diseño no experimental el que “podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables” (Hernández et al., 2014, pág. 152).

La secuencia de pasos realizados en el desarrollo de la investigación es presentada en la siguiente figura.

Figura 4

Secuencia de pasos realizados en el desarrollo de la investigación.



Fuente: Elaboración propia

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población.

El estudio considera 3 tipos de población:

A. Autoridades responsables de la GRD

Conformado por los gerentes de GRD, o quien haga sus veces, en los gobiernos locales y el gobierno regional.

B. Especialistas en GRD.

Involucra a representantes de las entidades públicas técnico-científicas y agencias de cooperación, conformado por representantes del Observatorio Vulcanológico del Sur (OVS), del Instituto Geofísico del Perú y representante de las ONGs.

C. Población de los distritos expuestos.

Vecinos de los distritos de José Luis Bustamante y Rivero, Cercado de Arequipa, Paucarpata, Mariano Melgar, Alto Selva Alegre y Miraflores, que corresponde un total de 494510 personas.

4.3.2 Muestra.

Se aplicó la siguiente fórmula para el cálculo de tamaño de la muestra para técnicas de encuesta (Bernal, 2010):

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q} \quad (1)$$

Donde:

n : Tamaño de la muestra

N : Población total, en este caso corresponde a 494510 personas

Z : Nivel de confianza, probabilidad que el 95% de las respuestas sean ciertas, según el gráfico normal corresponde un valor de 1,96.

e : Margen de error, en este caso se considera 5%.

p : Porcentaje de hombres que participan del estudio, al no ser conocido se asume 0,5.

q : Porcentaje de mujeres que participan del estudio ($1 - p$), corresponde 0,5.

Como resultado se obtuvo un tamaño de muestra mínimo de 384 personas. La muestra se seleccionó, de manera aleatoria, entre mayores de edad residentes de los distritos del ámbito del proyecto Lahares. Como se muestra en la tabla 4, se consideró un tamaño similar para todos los distritos excepto para Paucarpata, donde habita una mayor población.

Tabla 4
Distribución de la muestra por distrito.

Distrito	Tamaño de la muestra	Porcentaje
Alto Selva Alegre	61	15%
Cercado de Arequipa	60	15%
José Luis Bustamante y Rivero	62	15%
Paucarpata	120	30%
Mariano Melgar	50	12%
Miraflores	49	12%
Total	402	100%

Fuente: Encuesta realizada.

La tabla 5 muestra la distribución de la muestra según rango etario.

Tabla 5
Distribución de la muestra según rango etario.

Rango de edades	Porcentaje
18-25	22%
26-35	15%
36-45	21%
46-55	37%
56-65	3%
65 a más	2%

Fuente: Encuesta realizada.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas e instrumentos.

Se aplicaron 4 técnicas para la recolección de datos:

- Entrevista semi estructurada, orientada a captar información de las autoridades responsables de la GRD
 - Como instrumento se diseñó un guion de entrevista.

- Entrevista semi estructurada, orientada a captar información de especialistas que trabajan en GRD respecto del estado del SAT ante la ocurrencia de lahares.
 - Como instrumento se diseñó un guion de entrevista.
- Encuesta, orientada a captar información acerca de la experiencia y apreciación de la población respecto del SAT ante la ocurrencia de lahares.
 - Como instrumento se diseñó un cuestionario con preguntas cerradas.
- Revisión documental, orientada a captar información acerca de los planes, protocolos, normas y estudios realizados respecto del estado del SAT. Para ello se realizó la revisión de:
 - Repositorios institucionales de universidades e instituciones técnico – científicas.
 - Bases de datos especializadas, tales como la plataforma SIGRID del CENEPRED, Biblioteca del INDECI, entre otras.
 - Portal de Normas Legales del Estado Peruano.

4.4.2 Validez y confiabilidad.

Según Hernández et al. (2014) la validez “se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir” (p. 200), en esta investigación el estado del sistema de alerta temprana.

La validez fue revisada por 3 expertos que se desempeñan en diferentes el ámbito de la GRD. Para ello, se envió a los expertos la matriz de operacionalización de variables, la matriz de consistencia, además de los instrumentos con sus preguntas y sus alternativas de respuesta, obteniéndose su opinión favorable.

Posteriormente se procedió al análisis de confiabilidad, considerando que la confiabilidad “se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales” (Hernández y otros, 2014, pág. 200). El Alfa de Cronbach es un coeficiente utilizado para evaluar la

confiabilidad de una escala en términos de su consistencia interna, es decir, determina en qué grado los ítems de un instrumento están correlacionados entre sí. El coeficiente puede tomar un valor entre 0 y 1, siendo que, mientras más cercano sea al 1, mayor consistencia tendrán los ítems entre sí, considerándose 0,7 como un valor mínimo aceptable. (Oviedo & Campos-Arias, 2005)

Así, se procedió a aplicar la encuesta a un grupo piloto de 45 personas (12% de la muestra) para luego analizar los resultados se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniéndose un valor de 0,81 tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 6

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Nro. de elementos
0,81	45

Fuente: Elaboración propia

Con este resultado se puede considerar el instrumento elaborado como confiable pudiendo aplicarse a toda la muestra considerada.

4.4.3 Procedimiento de recolección de datos.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas de manera presencial, con una duración promedio de 30 minutos, a los responsables de la GRD de la Municipalidad Provincial de Arequipa, Municipalidad Distrital de Paucarpata y Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero; a quienes previamente se les informó sobre el alcance de la presente investigación y accedieron a firmar el consentimiento informado.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas de manera presencial, con una duración promedio de 30 minutos, a especialistas que trabajan en GRD; entre ellos al Director del Observatorio Vulcanológico del Sur, al Coordinador del Centro Vulcanológico Nacional, al Jefe de Investigación y Desarrollo en el Radio Observatorio de Jicamarca (participante del proyecto Lahares) y a una especialista de la ONG PREDES; a quienes previamente

se les informó sobre el alcance de la presente investigación y accedieron a firmar el consentimiento informado.

Las encuestas a la población se realizaron mediante un formulario en línea, para ello se invitó a los vecinos de los distritos comprendidos en el estudio a completar el instrumento, previamente se les explicó sobre los fines y alcance de la investigación y se les solicitó que indicaran en la primera parte del formulario si otorgaban su consentimiento para proseguir con la encuesta.

4.5 Técnicas de análisis de datos

El procesamiento de las encuestas se realizó aplicando la técnica del análisis descriptivo, por la cual se ordenó la información en gráficas y tablas resumen para observar las características más representativas de los datos y describir tendencias claves. La técnica utiliza medidas estadísticas para comprender las características básicas de los datos y obtener una visión general de la muestra (Hernández et al., 2014).

El procesamiento de las entrevistas semi estructuradas se realizó mediante el análisis temático deductivo, ya que requiere identificar, analizar y reportar referencias a las dimensiones de la variable de investigación establecida. La técnica analiza los datos recolectados en función de temas o conceptos previamente definidos, basados en teorías existentes o investigaciones, aplicándolos a datos cualitativos, es especialmente útil cuando los investigadores cuentan con un marco teórico específico que les ayuda a lograr sus objetivos de investigación. (Braun & Clarke, 2006)

4.6 Aspectos éticos de la investigación

La investigación se desarrolló cumpliendo con los lineamientos del Código Nacional de la Integridad Científica y del reglamento de integridad científica de la Universidad Continental.

Durante el proceso de la investigación, se mantuvo en el más estricto anonimato a los participantes del estudio; asimismo la información que proporcionaron ha

sido usada solamente para fines del presente estudio manteniendo la debida confidencialidad.

El presente estudio recogió opiniones de población civil y autoridades por lo que, en ningún momento, se puso en riesgo la integridad física, psicológica o moral de alguno de los participantes.

Capítulo V Resultados

5.1 Apreciación de la población sobre el sistema de alerta temprana

Esta sección describe los resultados de la encuesta realizada (ver Apéndice 2) para conocer la apreciación de la población sobre el SAT existente.

5.1.1 Sobre el conocimiento del riesgo.

Para evaluar el nivel de conocimiento de la población sobre los riesgos, la encuesta incluyó un bloque de 3 preguntas para que la muestra (a) identifique los peligros a los que se encuentra expuesta su zona de residencia, (b) señale las formas en la que accedieron a información sobre los peligros y (c) califique el nivel de incremento del riesgo de ciertas prácticas y actividades identificadas en su zona de riesgo. A partir de las respuestas se estimó el nivel de conocimiento sobre los peligros, el nivel de familiarización con la información y el nivel de conciencia acerca de las prácticas y actividades que incrementan la vulnerabilidad.

Así, en la tabla 7, se resumieron las respuestas de los encuestados cuando se les pidió identificar, de una lista de peligros, aquellos a los que considera se encuentra expuesta su zona de residencia.

Tabla 7

Porcentaje de la muestra que identificó, en su zona de residencia, cada tipo de peligro mencionado.

Tipo de peligro identificado	Porcentaje
Sismos	66%
Lluvias intensas	60%
Huacos (lahares)	21%
Inundaciones	14%
Erupción	12%
Derrumbes	7%

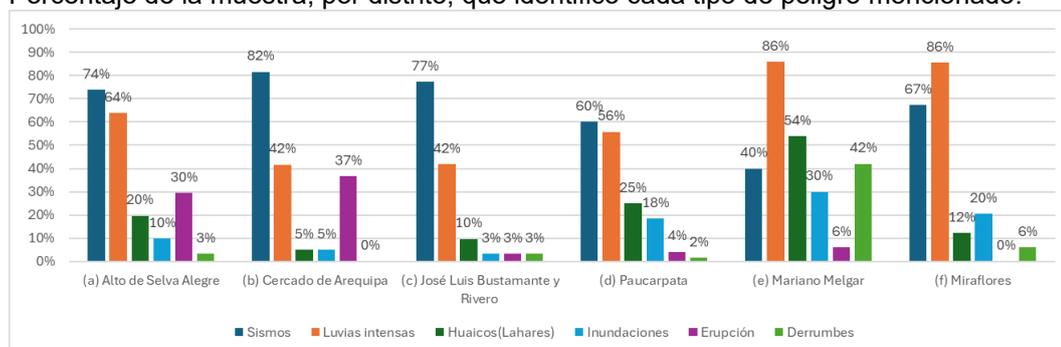
Fuente: Encuesta realizada.

Al elaborar la tabla se observó que los peligros más identificados por la muestra fueron los sismos y las lluvias intensas, seguidos por los lahares con una frecuencia considerablemente menor.

Al desglosar las respuestas por distrito, en la figura 5, se observó que la apreciación es diversa. Así:

- En Alto de Selva Alegre y Cercado de Arequipa, los 3 peligros más identificados fueron los sismos, las lluvias intensas y la erupción volcánica.
- En Mariano Melgar, los 3 peligros más identificados fueron las lluvias intensas, los lahares y los derrumbes.
- En Miraflores, los 3 peligros más identificados fueron las lluvias intensas, los sismos y las inundaciones.

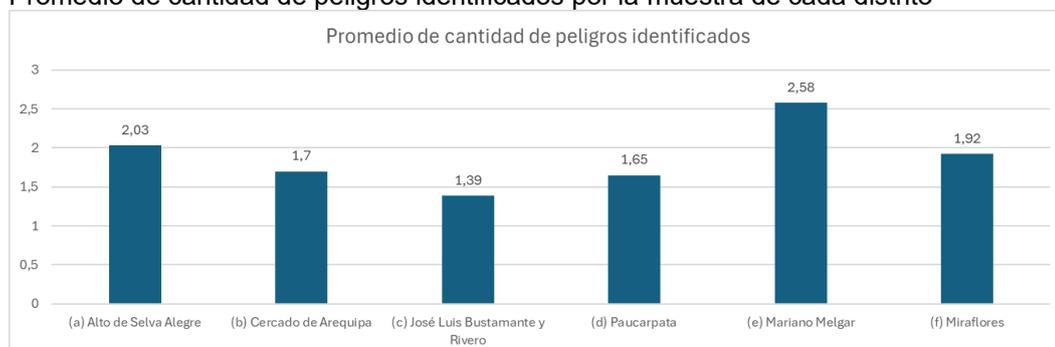
Figura 5
Porcentaje de la muestra, por distrito, que identificó cada tipo de peligro mencionado.



Fuente: Encuesta realizada.

La figura 6 compara la cantidad de peligros identificados en cada distrito. Considerando que una población mejor informada identifica más peligros, se puede decir que las muestras de Mariano Melgar y Alto Selva Alegre son las más conscientes de los peligros a los que están expuestas.

Figura 6
Promedio de cantidad de peligros identificados por la muestra de cada distrito



Fuente: Encuesta realizada.

La tabla 8 resume el porcentaje de la muestra de cada distrito que identificó los lahares como un peligro al que está expuesto, destacan la muestra Mariano Melgar como la más consciente del peligro de lahares y la muestra de Cercado de Arequipa como la menos consciente.

Tabla 8

Porcentaje de la muestra de cada distrito que identificó los lahares como un peligro

Distrito	Porcentaje
(a) Alto de Selva Alegre	20%
(b) Cercado de Arequipa	5%
(c) José Luis Bustamante y Rivero	10%
(d) Paucarpata	25%
(e) Mariano Melgar	54%
(f) Miraflores	12%

Fuente: Encuesta realizada

En la quinta pregunta, los encuestados indicaron las formas en las tomaron conocimiento sobre los peligros, a fin de evaluar su nivel de familiarización con la información oficial sobre los peligros. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 9

Distribución de la muestra según la forma en que tomó conocimiento sobre los peligros.

Formas en la que tomó conocimiento sobre los peligros	Porcentaje
Ha conversado directamente con las autoridades sobre los peligros en su zona de residencia.	21%
Ha observado un mapa con las zonas de peligro de su distrito.	39%
Tiene conocimiento de que las autoridades han realizado estudios sobre los peligros.	18%
Ninguna de los anteriores.	34%

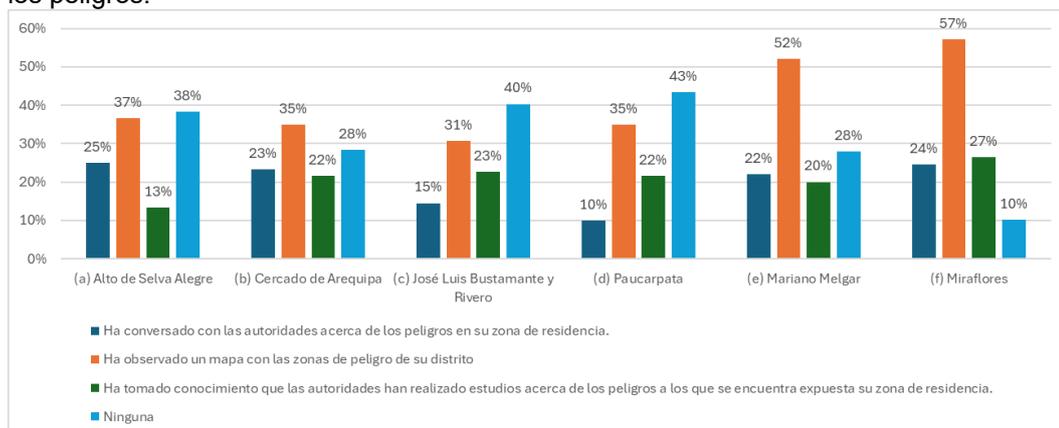
Fuente: Encuesta realizada.

Al desglosar los resultados por distrito, en la figura 7, se observó que:

- Paucarpata es el distrito con el mayor porcentaje de encuestados que indicó no haber tenido acceso a ninguna de las opciones presentadas.
- Miraflores es el distrito donde mayor porcentaje afirmó haber observado un mapa con las zonas de peligro de su distrito.

Figura 7

Porcentaje de la muestra, por distrito, según la forma en que tomó conocimiento sobre los peligros.

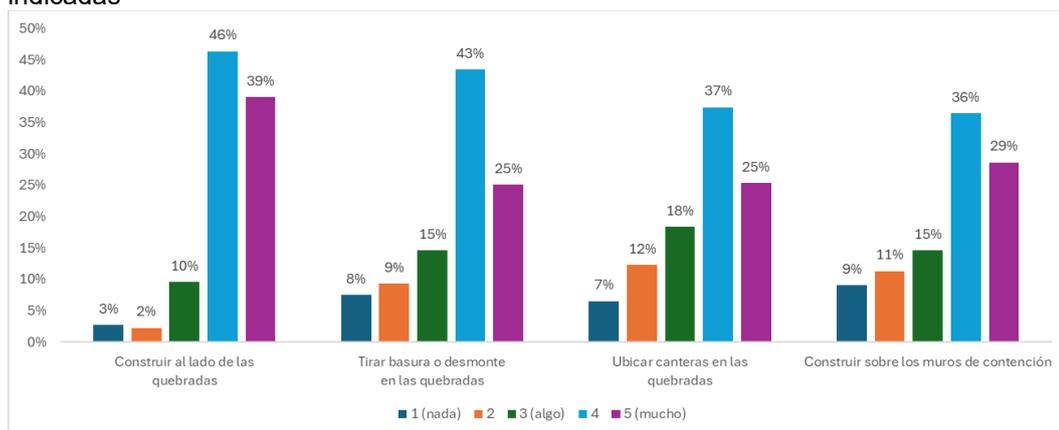


Fuente: Encuesta realizada.

En la sexta pregunta se pidió a los encuestados que calificaran, usando una escala lineal del 1 al 5, donde 1 es nada y 5 es mucho, cuánto pueden incrementar el riesgo las siguientes prácticas: (a) Construir al lado de las quebradas, (b) Tirar basura en las quebradas (c) Construir sobre los muros de contención y (d) Ubicar canteras en las quebradas. Así se cuantifica la intensidad percibida del impacto de cada práctica sobre el riesgo, antes que recoger un juicio de valor sobre estas, en cuyo caso se habría aplicado una escala de Likert. Los resultados se resumen en la figura 8.

Figura 8

Apreciación de la muestra sobre el nivel de incremento del peligro debido a las prácticas indicadas



Fuente: Encuesta realizada

La tabla 10 presenta los promedios de las calificaciones otorgadas por los encuestados a cada práctica, evidenciando que la muestra considera que todas las prácticas incrementan significativamente el riesgo.

Tabla 10

Apreciación de la muestra sobre el nivel de incremento del riesgo debido a las prácticas y actividades indicadas

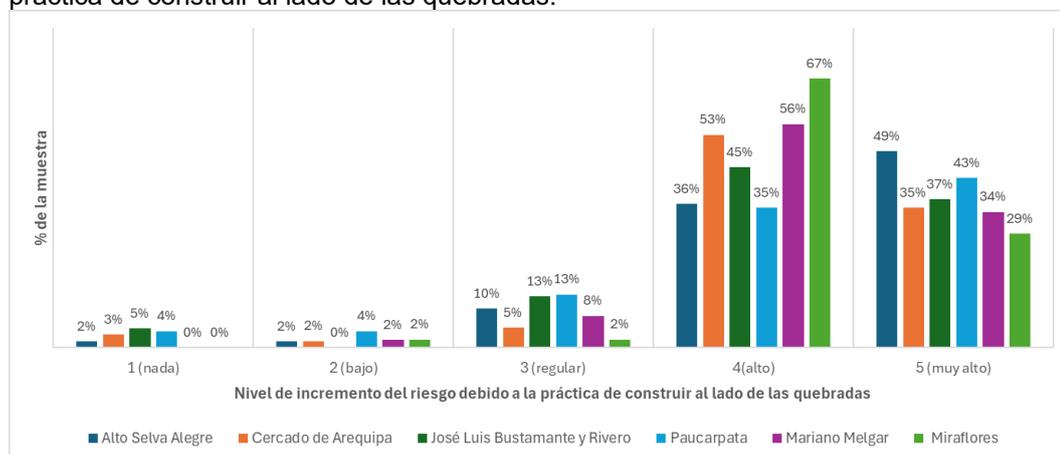
Nivel de incremento del riesgo	Promedio	Apreciación
Construir al lado de las quebradas	4,17	Alto
Tirar basura o desmonte en las quebradas	3,69	Alto
Ubicar canteras en las quebradas	3,63	Alto
Construir sobre los muros de contención	3,64	Alto

Fuente: Encuesta realizada.

Las figuras 9 a 12 detallan los resultados de la apreciación de la muestra, por distrito, sobre el incremento del riesgo debido a cada práctica indicada.

Figura 9

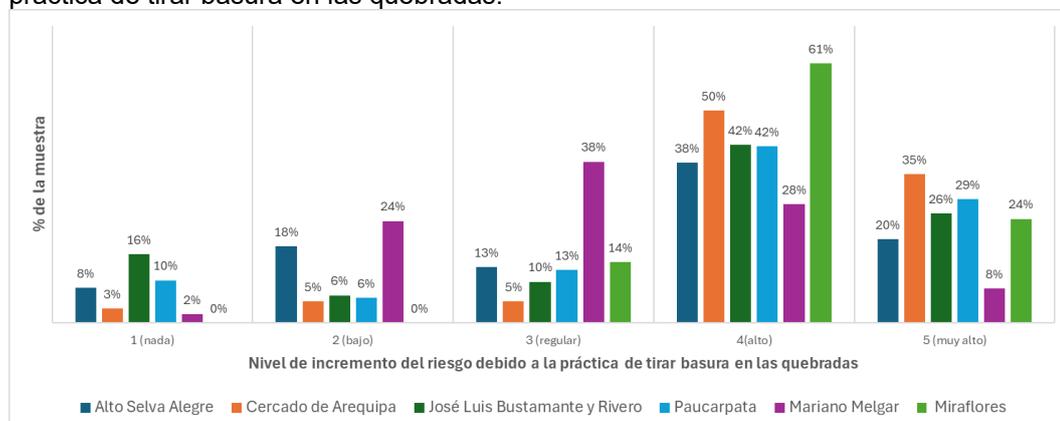
Apreciación de la muestra, por distrito, sobre el nivel incremento del riesgo debido a la práctica de construir al lado de las quebradas.



Fuente: Encuesta realizada.

Figura 10

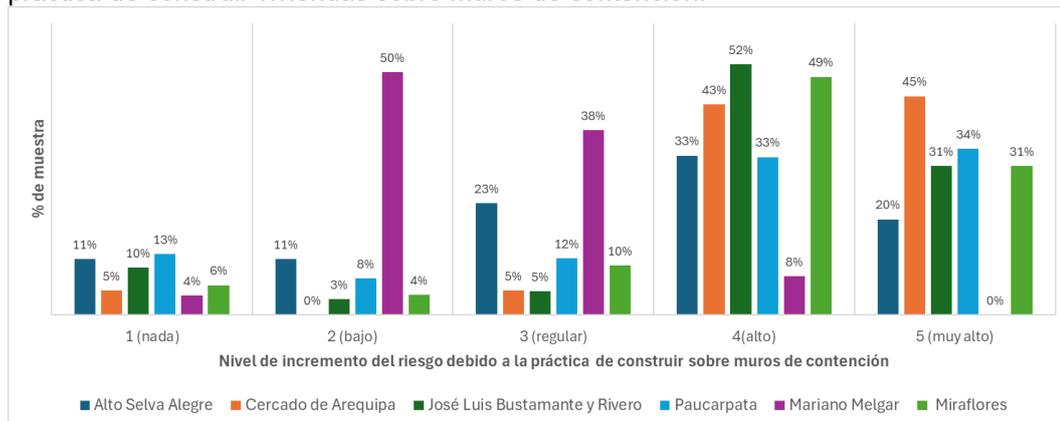
Apreciación de la muestra, por distrito, sobre el nivel incremento del riesgo debido a la práctica de tirar basura en las quebradas.



Fuente: Encuesta realizada.

Figura 11

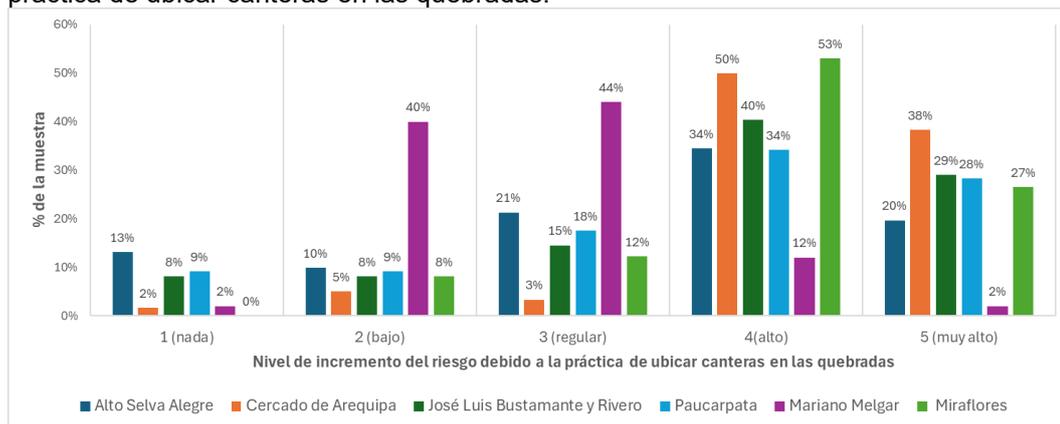
Apreciación de la muestra, por distrito, sobre el nivel incremento del riesgo debido a la práctica de construir viviendas sobre muros de contención.



Fuente: Encuesta realizada.

Figura 12

Apreciación de la muestra, por distrito, sobre el nivel incremento del riesgo debido a la práctica de ubicar canteras en las quebradas.



Fuente: Encuesta realizada.

Al resumir los promedios de las calificaciones desagregados por distrito en la tabla 11, se evidenció que en todos los distritos consideran que las prácticas indicadas incrementan el riesgo; siendo la muestra del Cercado de Arequipa la menos permisiva con las prácticas, mientras que la muestra de Mariano Melgar es la más permisiva.

Tabla 11

Apreciación de la muestra sobre el nivel de incremento del peligro debido a las prácticas indicadas

	Construir al lado de las quebradas	Tirar basura o desmonte en las quebradas	Ubicar canteras en las quebradas	Construir sobre los muros de contención
(a) Alto de Selva Alegre	4,32	3,44	3,38	3,38
(b) Cercado de Arequipa	4,17	4,10	4,20	4,25
(c) José Luis Bustamante y Rivero	4,10	3,55	3,74	3,90
(d) Paucarpata	4,08	3,75	3,64	3,69
(e) Mariano Melgar	4,22	3,16	2,72	2,50
(f) Miraflores	4,22	4,10	3,98	3,94

Fuente: Encuesta realizada

5.1.2 Sobre el servicio de seguimiento y alerta.

En la séptima pregunta se les preguntó a los encuestados que indicaran, de una lista de opciones, cuáles son las entidades que emiten alertas sobre el descenso de lahares. Las respuestas se resumen en la tabla 12, donde se aprecia que las entidades mencionadas con mayor frecuencia fueron el SENAMHI y el Gobierno Regional, mientras que el 13% no señaló a ninguna de las entidades presentadas.

Tabla 12

Porcentaje de la población que reconoce a cada entidad como emisora de alertas sobre el posible de lahares.

Entidad	Porcentaje
SENAMHI	46%
Gobierno Regional	36%
Municipalidad Distrital	19%
Municipalidad Provincial	15%
Ninguno	13%

Fuente: Encuesta realizada.

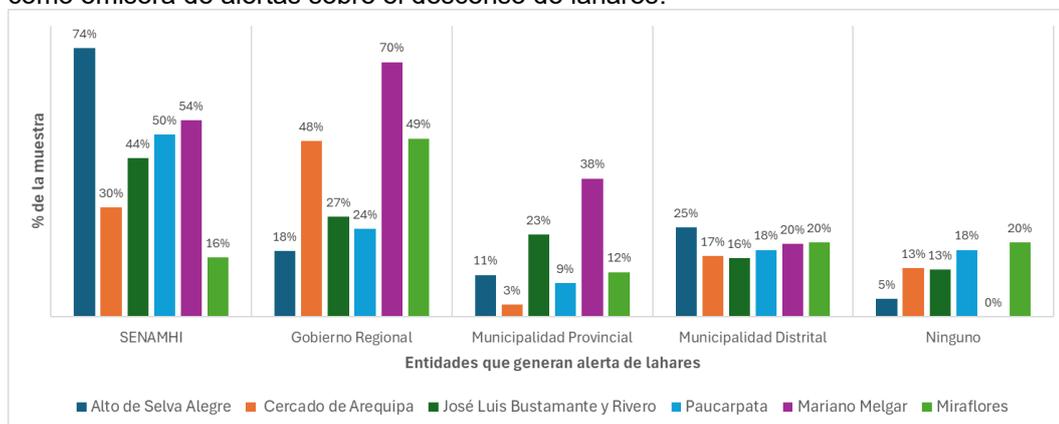
Al desglosar las respuestas por distrito, en la figura 13, se observó que:

- Las muestras de Alto Selva Alegre, José Luis Bustamante y Rivero, y Paucarpata destacaron al SENAMHI como la principal institución que genera alertas sobre el descenso de lahares.

- Las muestras de Cercado de Arequipa, Mariano Melgar y Miraflores destacaron al Gobierno Regional como la principal institución que genera alertas sobre el descenso de lahares.

Figura 13

Porcentaje de la muestra, de cada distrito, que reconoce a cada entidad mencionada como emisora de alertas sobre el descenso de lahares.



Fuente: Encuesta realizada.

En la octava pregunta, se pidió a los encuestados que indicaran, a partir de una lista de opciones, cuáles entidades generan alarmas sobre el descenso de lahares. Las respuestas se resumen en la tabla 13, donde nuevamente la muestra destaca al SENAMHI como la entidad responsable de la emisión de alarmas ante la ocurrencia de lahares; mientras que el 15% no señaló a ninguna de las opciones presentadas.

Tabla 13

Porcentaje de la muestra que reconoce a cada entidad como emisora de alarmas sobre descenso de lahares.

Entidad	Porcentaje
SENAMHI	49%
Gobierno Regional de Arequipa	28%
Municipalidad Distrital	21%
Municipalidad Provincial de Arequipa	10%
Ninguno	15%

Fuente: Encuesta realizada.

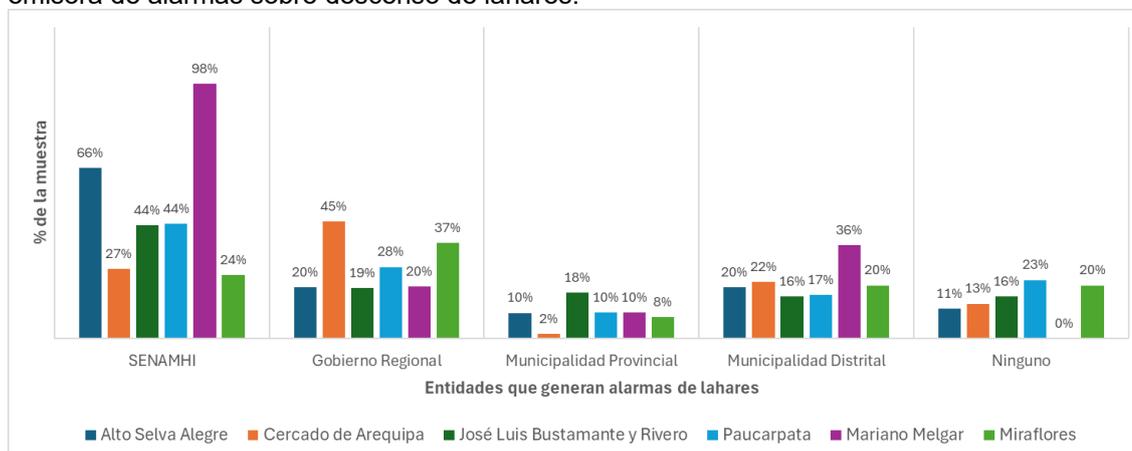
La figura 14 resume las respuestas desglosadas por distrito, donde se observó que:

- Las muestras de Alto Selva Alegre y Mariano Melgar destacaron al SENAMHI como la principal entidad emisora de alertas sobre el descenso de lahares.

- Las muestras del Cercado de Arequipa y Miraflores destacaron al Gobierno Regional como la principal entidad emisora de alertas sobre el descenso de lahares.

Figura 14

Porcentaje de la muestra, por distrito, que reconoce a cada entidad mencionada como emisora de alarmas sobre descenso de lahares.



Fuente: Encuesta realizada.

5.1.3 Sobre la difusión y comunicación.

En la novena pregunta se pidió a los encuestados que indicaran, a partir de una lista de opciones, cuáles son los medios por los que se informan acerca de las alertas y alarmas sobre el descenso de lahares, los resultados se consignan en la tabla 14, donde se observa que los medios más mencionados por la muestra son la radio, los vecinos y el serenazgo.

Tabla 14

Medios por los que la población se informa sobre la emisión de alertas y alarmas de ocurrencia de lahares.

Medio	Porcentaje
Radio	34%
Vecinos	30%
Serenazgo	29%
Celular	24%
Policía	12%
Alerta comunitaria (bocinas)	11%
Ninguno	11%

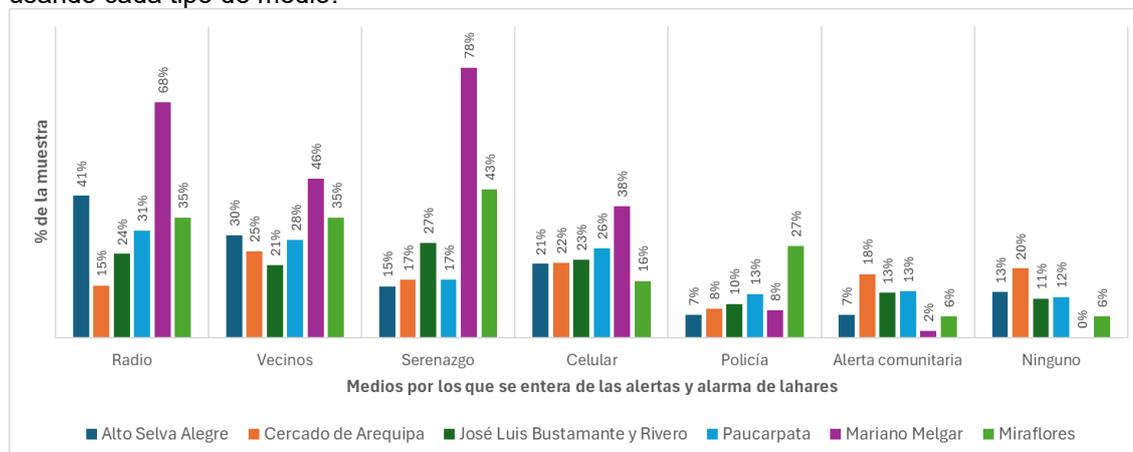
Fuente: Encuesta realizada.

La figura 15 resume las respuestas desglosadas por distrito, destacando que:

- Los medios más mencionados por la muestra de Alto Selva Alegre son la radio y los vecinos.
- Los medios más mencionados por la muestra del Cercado de Arequipa son los vecinos y el celular.
- Los medios más mencionados por la muestra de José Luis Bustamante y Rivero son el serenazgo, la radio y el celular.
- Los medios más mencionados por la muestra de Paucarpata son la radio, los vecinos y el celular.
- Los medios más mencionados por la muestra de Mariano Melgar son el serenazgo y la radio.
- Los medios más mencionados por la muestra de Miraflores son el serenazgo, los vecinos y la radio.
- El 20% de la muestra del Cercado de Arequipa no identificó a ninguno de los medios presentados en la lista de opciones.

Figura 15

Porcentaje de la población, según distrito, que se informa de las alertas y alarmas usando cada tipo de medio.



Fuente: Encuesta realizada.

5.1.4 Sobre la capacidad de respuesta.

En la décima pregunta se solicitó a los encuestados que indicaran, a partir de una lista con opciones, cuáles son las medidas de preparación sobre las que han sido informados. La tabla 15 resume las respuestas obtenidas, destacando como las principales medidas “la preparación de la mochila de emergencia” y “la elaboración del plan familiar de emergencia”, mientras que el 22% no indicó ninguna de las medidas de preparación presentadas.

Tabla 15

Medidas de preparación para la respuesta sobre las que ha sido informada la muestra.

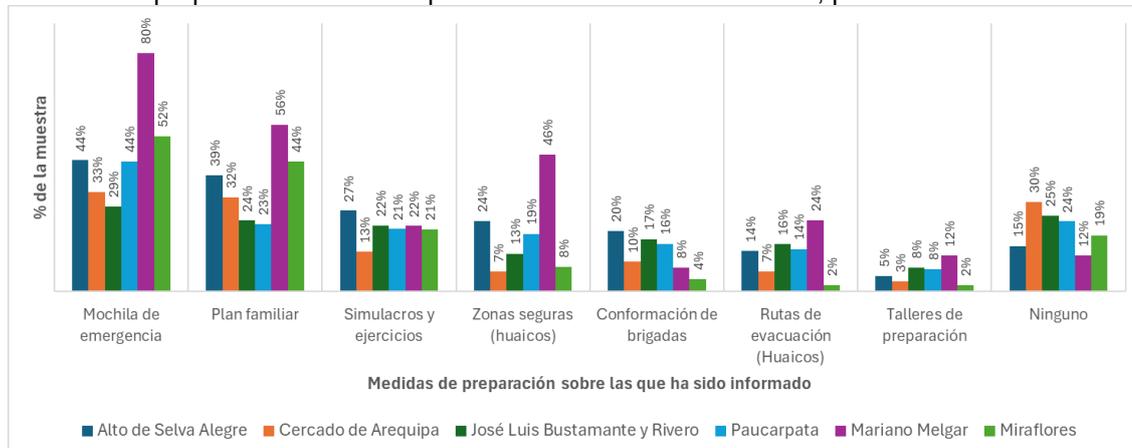
Medida de preparación	Porcentaje
Preparación de la mochila de emergencia	45%
Elaboración de un plan familiar de emergencia	33%
Realización de simulacros o ejercicios de evacuación ante la ocurrencia de lahar	21%
Definición de zonas seguras o de evacuación en caso de ocurrencia de lahar	19%
Conformación de brigadas de emergencia en su zona de residencia	14%
Definición de rutas de evacuación en caso de ocurrencia de lahar	13%
Talleres que organizan las autoridades para preparar a la población ante la ocurrencia de lahar	7%
Ninguna	22%

Fuente: Encuesta realizada.

La figura 16 resume las repuestas por distritos, en cada uno de ellos se cumple la misma tendencia que la muestra total, además se destaca que en Mariano Melgar el 46% de la muestra aseguró haber recibido información sobre las zonas seguras o de evacuación en caso de ocurrencia de lahar.

Figura 16

Medidas de preparación sobre las que ha sido informada la muestra, por distrito.



Fuente: Encuesta realizada.

En la última pregunta se solicitó a los encuestados que indicaran, a partir de una lista de opciones, cuáles son las actividades de preparación que han llevado a cabo. Los resultados se resumen en la tabla 16, donde se evidencia que las actividades más mencionadas son la preparación de la mochila de emergencia y la elaboración del plan familiar, mientras que el 23% de la muestra indicó no haber realizado ninguna de las actividades de preparación listadas.

Tabla 16
Actividades de preparación que ha realizado la población.

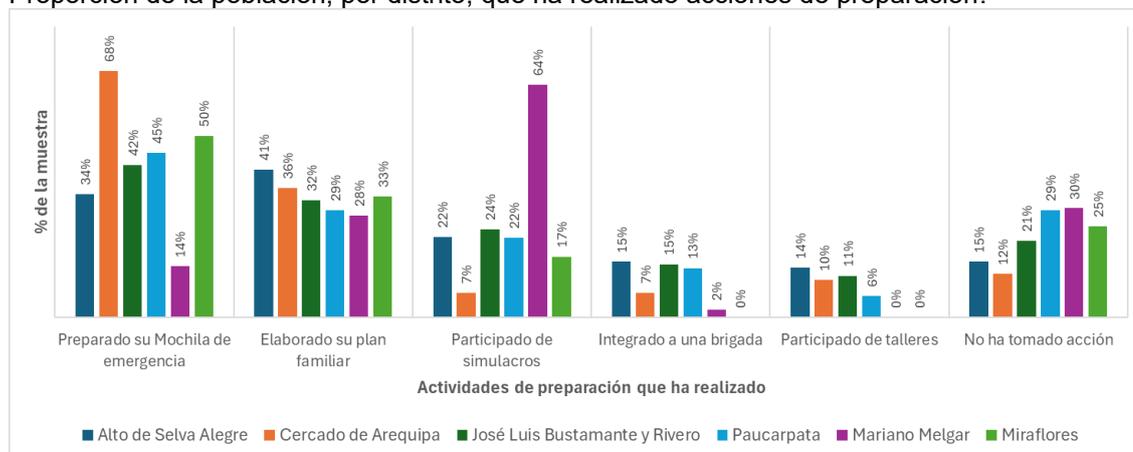
Actividad de preparación	Porcentaje
Preparación de la mochila de emergencia	43%
Elaboración de plan familiar	33%
Participación en simulacro o ejercicio de evacuación	25%
Integrar una brigada	10%
Participación en talleres organizados por las autoridades para la preparación ante lahares	7%
Ninguna	23%

Fuente: Encuesta realizada.

La figura 17, resume los resultados desglosados por distrito, donde se destaca que la actividad de preparación más realizada por la muestra de Mariano Melgar es la participación en simulacros o ejercicios de evacuación, a diferencia del resto de distritos donde las actividades más realizadas son la preparación de la mochila de emergencia y la elaboración del plan familiar.

Figura 17

Proporción de la población, por distrito, que ha realizado acciones de preparación.



Fuente: Encuesta realizada.

5.2 Apreciación de los especialistas en gestión del riesgo de desastres

Esta sección describe los resultados de las entrevistas realizadas (ver Apéndice 3) a los especialistas en GRD para conocer su apreciación sobre estado del SAT. La siguiente tabla resume los principales hallazgos realizados en las entrevistas.

Tabla 17

Principales hallazgos de las entrevistas realizadas a los especialistas en GRD sobre el SAT

Tema	Hallazgos
Conocimiento del riesgo	<p>Las evaluaciones de riesgos deberían actualizarse con mayor frecuencia para poder tomar en cuenta los cambios debido a la continua expansión urbana en las faldas del Misti. Se recomienda que éstas se actualicen cada 2 o 3 años.</p> <p>Factores como género, discapacidad, acceso a infraestructura, diversidad económica, desigualdad social y sensibilidad ambiental no han sido tomados en cuenta en las evaluaciones del riesgo.</p> <p>No se identificaron aspectos culturales en la población que puedan ser aprovechados para reducir los riesgos; aunque sí se identificaron prácticas que contribuyen a incrementarlo, tales como construir, improvisar badenes, y tirar basura o desmonte en el cauce de las quebradas.</p>
Seguimiento técnico y servicio de alerta	<p>Los medios disponibles como estaciones sísmicas y estaciones meteorológicas resultan insuficientes para poder monitorear adecuadamente el peligro, los especialistas señalan que una alternativa sería incluir más estaciones de monitoreo o inclusive radares meteorológicos.</p> <p>Se cuenta con el apoyo de vigías comunitarios para monitorear el estado de las lluvias intensas en las proximidades de las quebradas, quienes no reciben ningún tipo de reconocimiento o retroalimentación por parte de las autoridades locales.</p> <p>Las funciones, responsabilidades y mecanismos de comunicación interinstitucionales de las entidades responsables de la generación de alarmas y alertas están claramente dispuestas; aunque en la ejecución se observan limitaciones tales como (a) los gobiernos locales tienen dificultades para decidir sobre la emisión de alertas y alarmas en su jurisdicción, optando por replicar la alertas o alarmas que se emiten a nivel de gobierno regional. (b) los COEL, a diferencia del COER Arequipa, no se mantienen operativos las 24 horas de día.</p>
Difusión y comunicación	<p>Se utilizan diversos mecanismos para difundir y comunicar los avisos a la población, incluyendo la aplicación móvil del IGP, los mensajes de radio y las bocinas comunitarias.</p> <p>Los mensajes no incluyen información sobre el impacto previsto, sólo indican la ocurrencia de la amenaza y algunas medidas de respuesta.</p>
Capacidad de respuesta	<p>Se han desarrollado actividades de sensibilización, simulacros y ejercicios de evacuación para la población expuesta.</p>
Aspectos transversales al SAT	<p>Si bien la normatividad es clara, y otorga a los grupos de trabajo en gestión del riesgo de desastres la responsabilidad de implementar y gestionar los SAT; esto no se refleja en la práctica, se reconoce que si algunos elementos no están institucionalizados y siguen funcionando gracias a la actuación de una "red de amigos".</p>

Fuente: Elaboración propia

5.3 Apreciación de las autoridades responsables de la GRD de los gobiernos locales

Esta sección describe los resultados de las entrevistas realizadas a las autoridades responsables de la GRD para conocer su apreciación sobre estado del SAT (ver Apéndice 4). La siguiente tabla resume los principales hallazgos realizados en las entrevistas.

Tabla 18

Principales hallazgos de las entrevistas realizadas a las autoridades responsables de la GRD

Tema	Hallazgos
Conocimiento del riesgo	<p>Los gobiernos locales tienen capacidad limitada para actualizar las evaluaciones de vulnerabilidad, ya que no cuentan con personal suficiente para realizar dicha labor, en algunos casos la mayor parte del tiempo se dedica a atender los requerimientos relacionados a los trámites de licencia de funcionamiento. En el caso de Paucarpata, los vecinos de los asentamientos humanos que realizan trámites de formalización encargan a terceros la evaluación de peligros a fin de incluirlos dentro del expediente del trámite, posteriormente la entidad eleva el expediente a la municipalidad provincial para su validación.</p> <p>Los gobiernos locales realizan esfuerzos para concientizar a la población por medio de trato directo o mediante campañas informativas; en casos de distritos muy extensos como Paucarpata estos esfuerzos han resultado insuficientes habiendo tenido que recurrir al Ministerio Público con el fin de evitar que los habitantes coloquen desmonte en el cauce de las quebradas.</p> <p>Si en caso la entidad ha realizado la evaluación de la vulnerabilidad, no se han tomado en cuenta los factores relacionados a género, discapacidad, acceso a infraestructura, desigualdad social, económica, o sensibilidad ambiental.</p>
Seguimiento técnico y servicio de alerta	<p>En caso el evento peligroso sea monitoreado por el SENAMHI o el IGP, los gobiernos locales reciben las alertas y alarmas emitidas por el COER, en caso contrario toman decisión a partir de los avisos que reciben de los vigías comunitarios a través de los grupos de WhatsApp de cada quebrada o de sus pares en otros municipios por medio del grupo de WhatsApp de los responsables de la GRD de toda la provincia. No en todos los casos, las alertas recibidas de la red de vigías son comunicadas al COER o a los distritos aledaños por medio del WhatsApp.</p> <p>La participación de los vigías comunitarios es muy valorada por las autoridades, pero no se habían considerado beneficios o incentivos para fidelizarlos con la actividad.</p>
Difusión y comunicación	<p>Los gobiernos locales emplean diferentes medios para difundir las alertas o alarmas a la población. Cuando se trata de una alerta, utilizan las bocinas comunitarias (donde las haya), el perifoneo mediante las unidades de seguridad ciudadana, comunicados de prensa y mensajes de WhatsApp a las juntas vecinales; en caso de una alarma, además de los medios anteriores se comunican con las estaciones de radio local para emitir los mensajes en vivo.</p> <p>Los mensajes a la población son directos, indican la materialización del peligro, incluyen algunas indicaciones para la población, mas no indican los posibles impactos que puede producir el evento.</p> <p>No se tiene prevista la implementación de un sistema de comunicación</p>
Capacidad de respuesta	<p>Las capacidades para la respuesta son dispares, algunos gobiernos locales actualizaron y difundieron oportunamente sus planes de Contingencia o de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres mientras otros no consiguieron elaborarlos.</p> <p>Se observa diferencias en la capacidad de vinculación, ya que los distritos que tienen actualizados sus planes lo han conseguido gracias a convenios con entidades técnico-científicas y la cooperación internacional.</p> <p>La participación de la población en las campañas de concientización ha venido incrementando, pero aún resulta insuficiente. Sin embargo, la participación en simulacros de sismos o multipeligro que se organiza en coordinación con el INDECI sí es masiva.</p> <p>Algunos gobiernos locales realizan charlas y talleres en colegios y capacitaciones a los municipios escolares en materia de primeros auxilios.</p>

Fuente: Elaboración propia

5.4 Descripción del sistema de alerta temprana existente

En esta sección se describe en detalle cada uno de los componentes del SAT y los aspectos transversales caracterizados a partir de la información obtenida de la indagación documental, así como de la aplicación de las encuestas a la población y entrevistas a especialistas y autoridades responsables de la GRD en Arequipa.

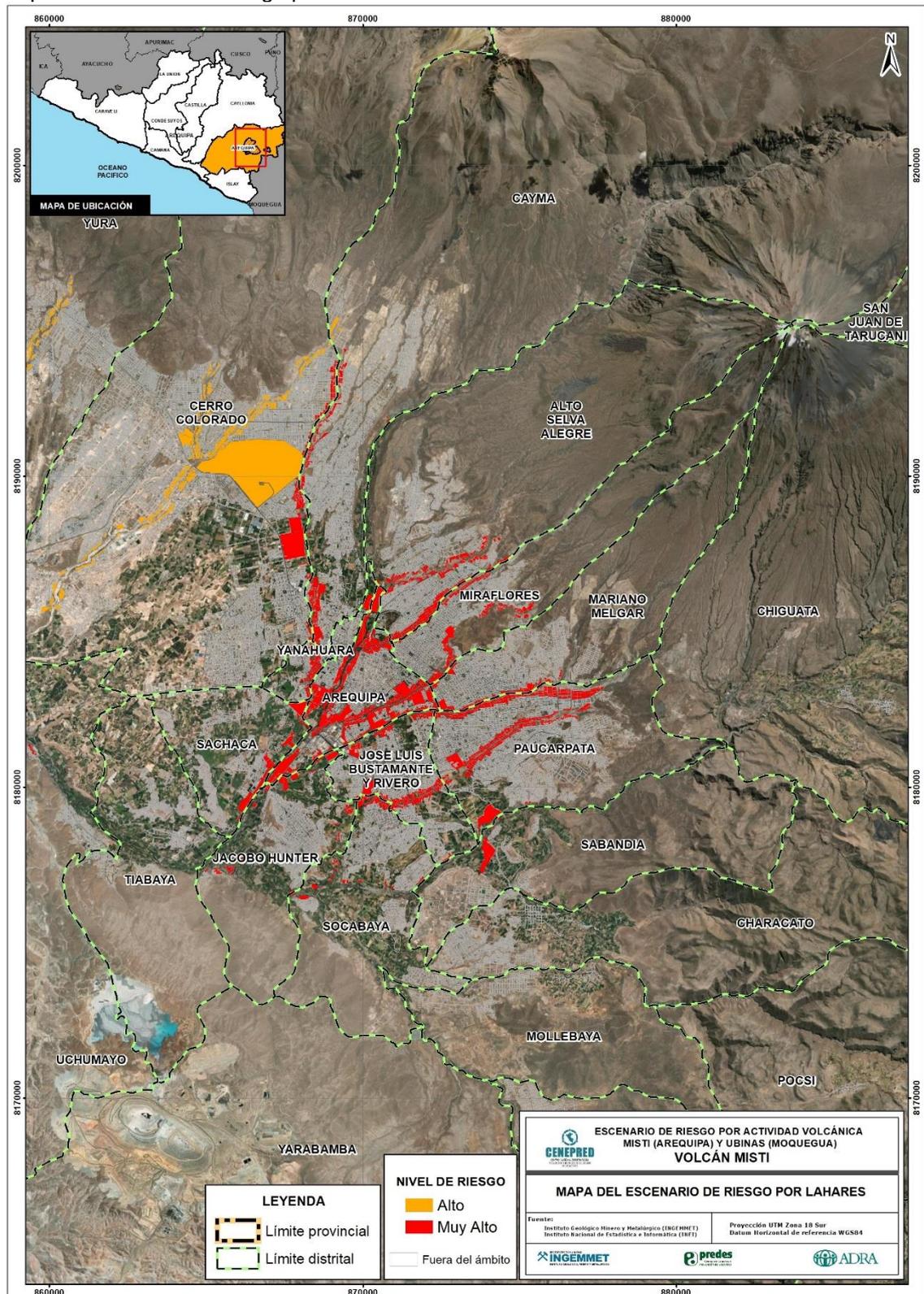
5.4.1 Conocimiento de los riesgos.

En 2021, el CENEPRED junto con el INGEMMET, ADRA PERÚ, el IGP y PREDES realizaron el Proyecto “Aumento la resiliencia de las comunidades y gobiernos locales y regionales ante el peligro volcánico y sísmico” por el cual elaboraron un escenario de riesgo volcánico para los distritos de Alto Selva Alegre, Cayma, Chiguata, Paucarpata, Mariano Melgar y Miraflores.

El escenario fue elaborado a partir del mapa de peligros por lahares realizado por el INGEMMET en 2016 (Mariño et al., 2016), al que se superpusieron la base de manzanas censales y los datos de población y vivienda del Censo Nacional de 2017 (CENEPRED, 2021). El escenario comprende los mapas de riesgo por lahares en zonas urbanas (figura 18) y en zonas agropecuarias (figura 19), y a partir de este trabajo, se actualizaron los mapas de riesgos por lahares de los distritos de Mariano Melgar (ver figura 20) y de Alto Selva Alegre (ver figura 21).

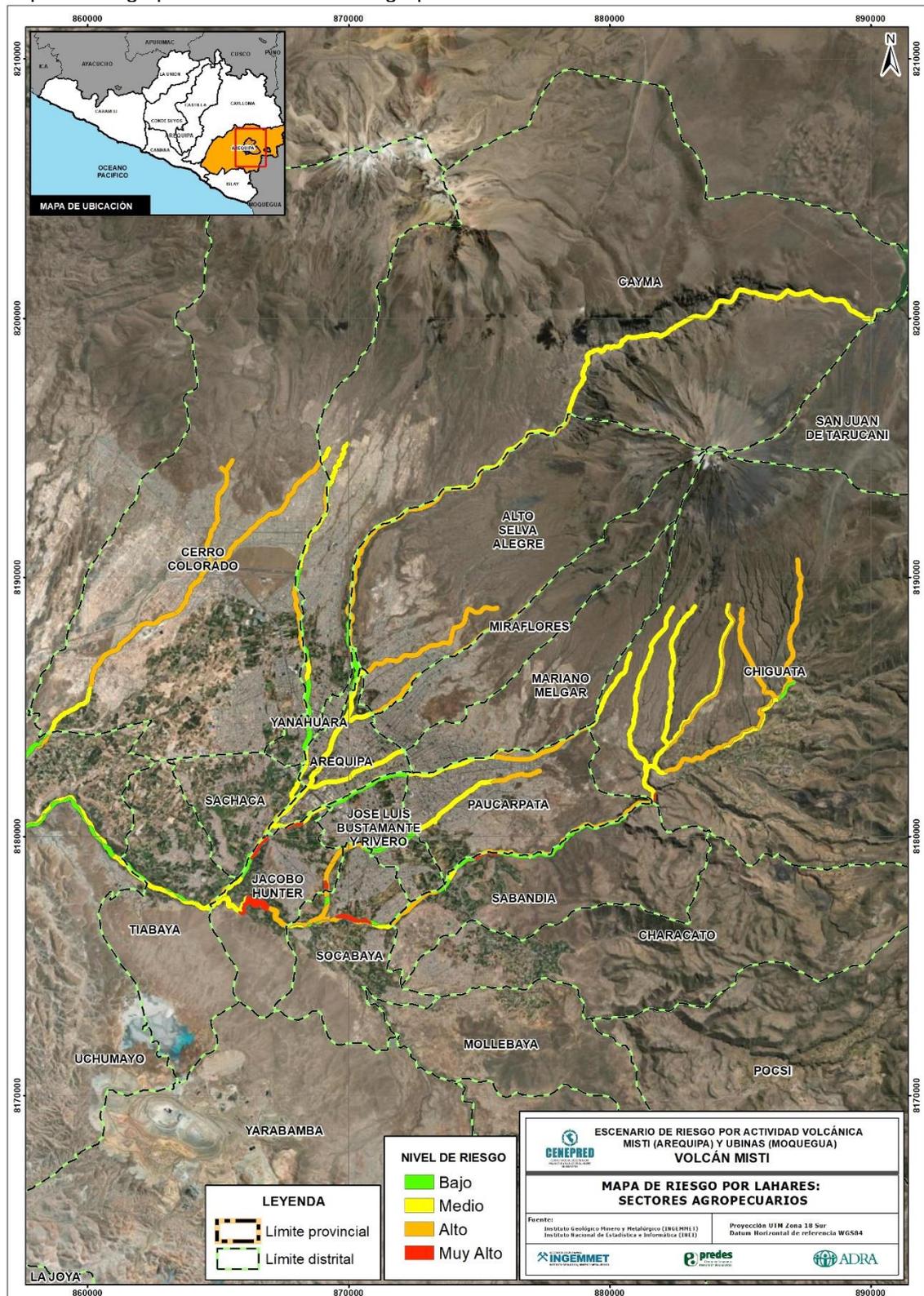
Asimismo, se realizaron ferias informativas en los distritos de “Paucarpata, Mariano Melgar, Cayma, Alto Selva Alegre, Miraflores, Chiguata y Ubinas, cuyo propósito fue compartir información sobre peligros volcánicos de una manera más sencilla y dinámica, usando mapas, maquetas, equipos, videos, entre otros elementos, con la finalidad de sensibilizar a la población que radica cerca a los volcanes.” (INGEMMET 2022).

Figura 18
 Mapa del escenario de riesgo por lahares en zonas urbanas.



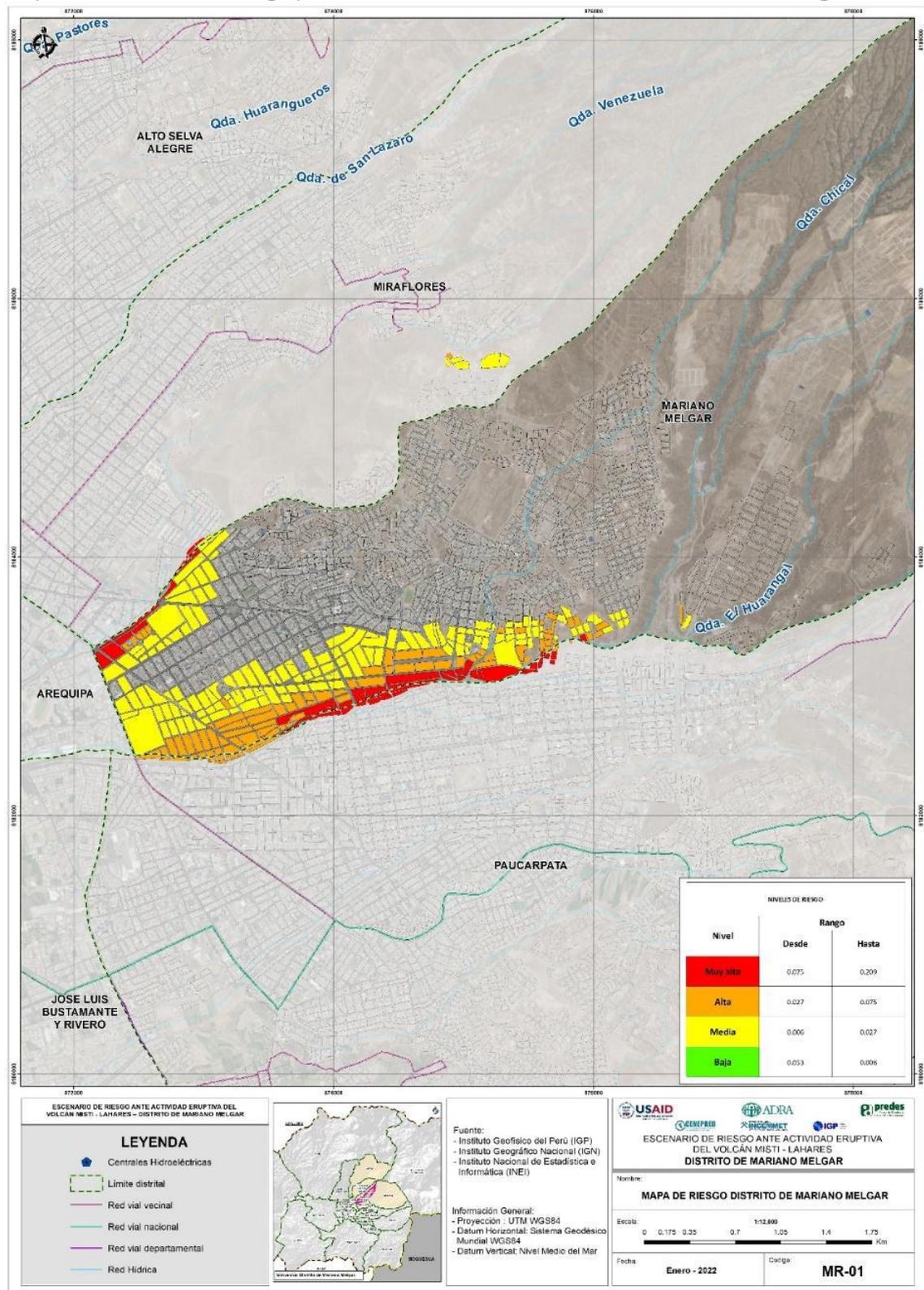
Fuente: CENEPRED (2021).

Figura 19
 Mapa de riesgo por lahares: Sectores Agropecuarios.



Fuente: CENEPRED (2021).

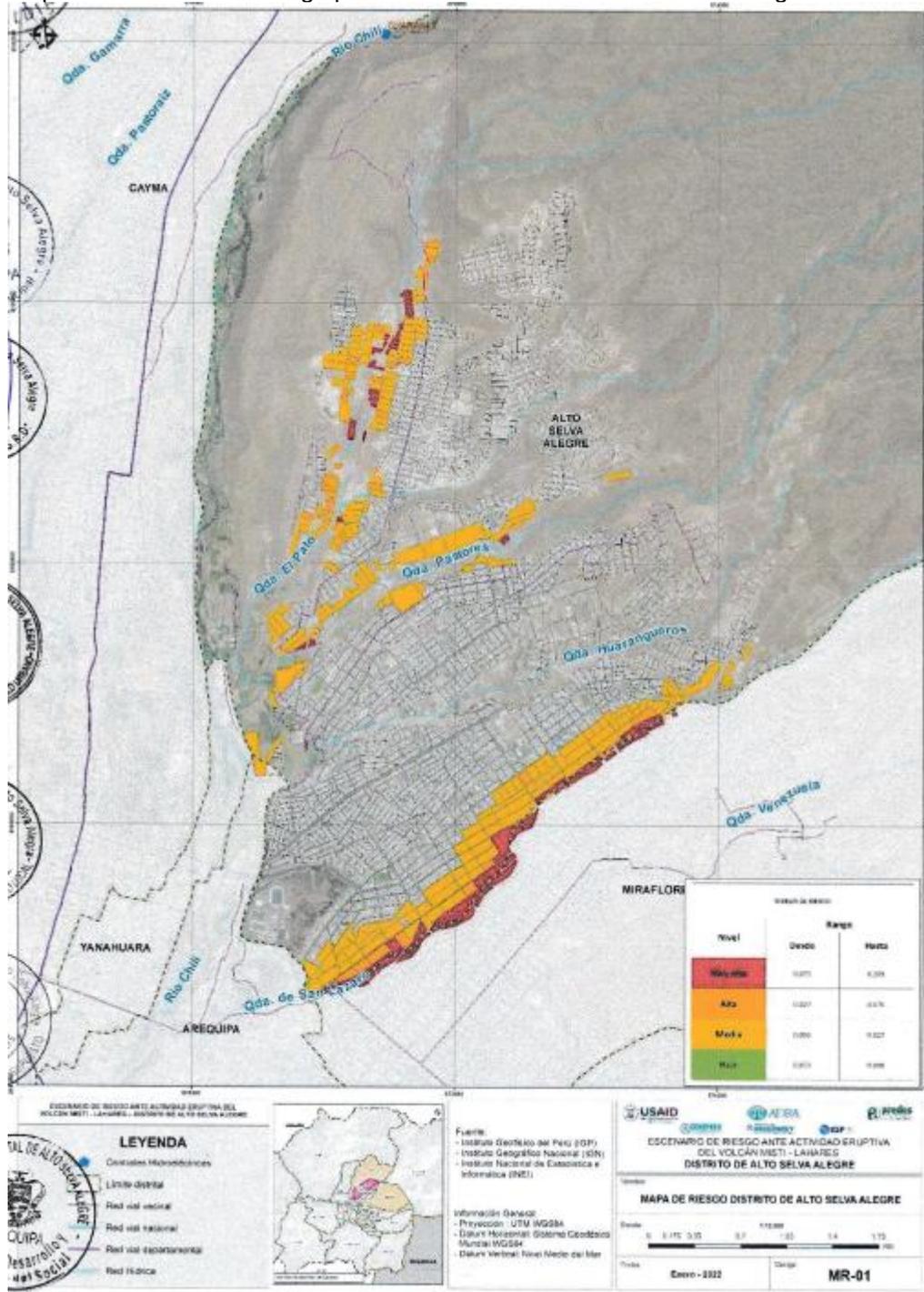
Figura 20
 Mapa del escenario de riesgo por lahares - sector urbano del distrito de Mariano Melgar.



Fuente: Municipalidad Distrital de Mariano Melgar (2022).

Figura 21

Mapa del escenario de riesgo por Lahares del distrito de Alto Selva Alegre.



Fuente: Municipalidad Alto Selva Alegre (2023).

Si bien las entidades técnico – científicas como el SENAMHI y el IGP tienen la responsabilidad de realizar estudios sobre el conocimiento del peligro para posteriormente dimensionar el riesgo, no se evidencia que haya un cronograma para la actualización de los estudios realizados, sino que esto

ha dependido de la disponibilidad de fondos concursables o del apoyo de la cooperación internacional.

5.4.2 Seguimiento y alerta.

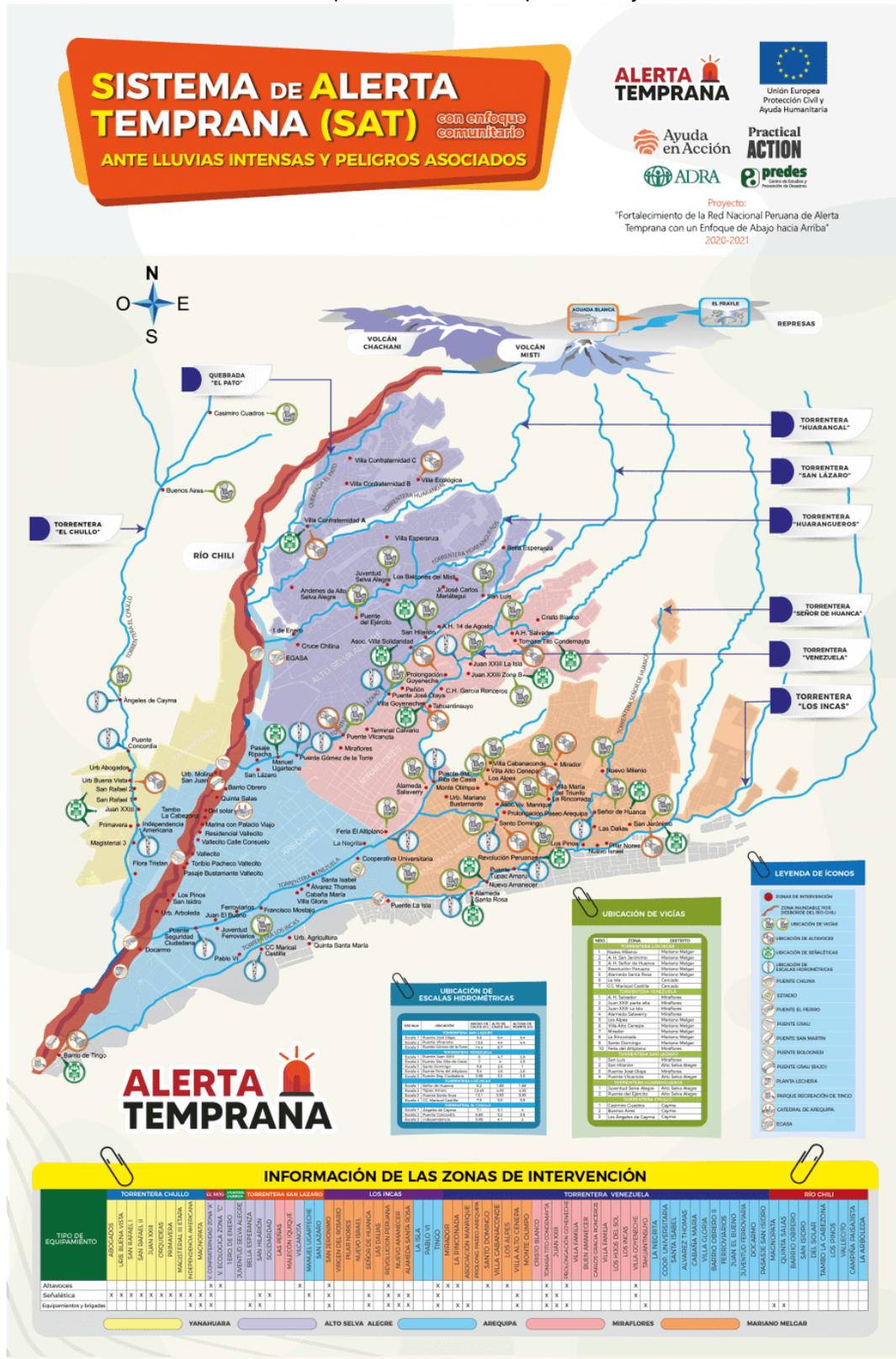
Aguas arriba de las quebradas y en sus nacientes, el CENVUL del IGP realiza la detección del descenso de lahares mediante una red de 06 estaciones sísmicas, la red capta vibraciones en el suelo con una sensibilidad tal que es posible detectar el desplazamiento de personas. Según el Ing. Del Carpio, la red permite estimar el volumen del lahar y conocer el sector por el cual está descendiendo mas no identifica cuál será la quebrada por la que seguirá descendiendo ni el área que sería impactada. Una vez que confirmada la formación de un lahar, se emite una alerta volcanológica que se distribuye a través de la aplicación móvil “Volcanes Perú” y por grupos de WhatsApp a las autoridades responsables de la GRD; si el caso lo amerita, se realizan llamadas telefónicas para asegurar que la información haya sido recibida. La emisión de alertas no es automática y requiere la intervención manual, aunque el CENVUL no opera las 24 horas, se realizan monitoreos continuos, especialmente durante la temporada de lluvias.

A nivel de la cuenca media, SENAMHI realiza el monitoreo mediante la medición del nivel de precipitaciones en sus estaciones meteorológicas ubicadas en Chiguata, La Pampilla y Cayma. Con esta información se califica un evento en curso como moderadamente lluvioso, lluvioso, muy lluvioso o extremadamente lluvioso; si bien todos los eventos se monitorean, sólo cuando el evento es muy lluvioso se emite una alerta y en caso el evento sea extremadamente lluvioso se activa la alarma.

Los avisos emitidos por el SENAMHI y el IGP son enviados al COEN y al COER Arequipa simultáneamente, y desde el COER Arequipa son diseminadas hacia el COEP Arequipa y a los COEL distrital y provincial para que tomen las medidas del caso.

En las zonas de la cuenca media donde no hay cobertura de las estaciones del SENAMHI, el monitoreo se realiza mediante la red de vigías voluntarios del SAT comunitario, quienes han sido capacitados en el monitoreo las condiciones meteorológicas y de los niveles de caudal en las torrenteras incluyendo la lectura de limnímetros instalados en lugares estratégicos de las quebradas (ver figura 22). Los vigías informan directamente a los COEL, mediante grupos de WhatsApp, acerca de la intensidad de las lluvias (clasificándola en 6 niveles) y del ingreso de huaicos (clasificándolos en 3 niveles). De ser necesario, el jefe del COEP activa la alerta y, en caso el evento continúe evolucionando, el jefe del COEP y el Grupo de Trabajo de Gestión del Riesgo de Desastres toman conjuntamente la decisión de emitir la alarma procediendo a activar los planes de contingencia y evacuación. En 2020, se inició el monitoreo con 25 vigías y 15 limnímetros; pero para 2023, se contaban sólo con 13 vigías y 7 limnímetros operativos (MPA, 2023).

Figura 22
 Infografía del SAT comunitario implementado por el proyecto “Fortalecimiento de la Red Nacional Peruana de Alerta Temprana con un Enfoque de Abajo hacia Arriba”.



Fuente: PREDES (2021).

5.4.3 Difusión y comunicación.

La difusión de las alertas y alarmas hacia la población se da por diferentes medios:

- Llamadas o envío de mensajes por WhatsApp a los líderes comunitarios.
- Llamadas o envío de mensajes por WhatsApp a los vecinos responsables de activar alarmas comunitarias (altavoces).
- Perifoneo desde unidades de seguridad ciudadana.
- Avisos en emisoras de radio local.
- Avisos en redes sociales.
- Aplicación móvil IGP.

En 2023, la Municipalidad Provincial de Arequipa indica que se encuentran operativas 14 alarmas comunitarias.

Los mensajes de alerta incluyen información sobre la localización del evento, los posibles efectos de su ocurrencia, indicaciones para que la población tome precauciones, recomendaciones sobre las acciones de preparación e información a los organismos de primera línea. Mientras que los mensajes de alarma comprenden la localización del evento, los posibles efectos de su ocurrencia, indicaciones para evacuación de la población.

5.4.4 Capacidad de respuesta.

Para mayo de 2024, de los 6 municipios considerados, un municipio no había actualizado su plan de prevención y reducción del riesgo de desastres y tres no habían actualizado sus planes de contingencias ante lluvias intensas; lo que se explica en parte por la rotación del personal, solo 3 de las autoridades responsables de la GRD en octubre de 2023 se mantenían en sus puestos para mayo de 2024.

Los municipios declaran hacer un trabajo de capacitación con la población por medio de los brigadistas comunitarios y las juntas vecinales,

normalmente en lo que respecta a las zonas seguras y las rutas de evacuación.

Respecto de los ejercicios de simulación y simulacros para poner a prueba el SAT, se evidenció la participación de los actores involucrados en:

- Simulacro por erupción volcánica del volcán Misti del 9 de julio de 2018, organizado por el COER Arequipa y la Municipalidad Distrital de Miraflores, que incluyó la evacuación de 300 personas desde los asentamientos humanos de Mateo Pumacahua, Villa Pacífico, Estrellas del Misti, El Mirador, Villa El Salvador, Corazón de Jesús, Señor de Los Milagros, Alameda Salaverry y Galaxias Zona III hacia un albergue temporal que fue implementado en el distrito de Characato (IGP, 2018).
- Simulacro por erupción volcánica del volcán Misti del 14 de julio de 2019, organizado por el COER Arequipa y las municipalidades distritales de Alto Selva Alegre, Miraflores, Mariano Melgar y Paucarpata, que incluyó la evacuación de 200 vecinos de cada distrito hacia un albergue temporal que fue implementado en el centro ferial Cerro Juli (Agencia Andina, 2019).
- Simulacro ante lluvias intensas y peligros asociados del 24 de octubre de 2021, realizado para evaluar la implementación del Sistema de Alerta Temprana (SAT) con enfoque comunitario (PREDES, 2021).
- Simulacro Nacional ante lluvias intensas del 27 de setiembre de 2023 (Corrales, 2023).
- Ejercicio de simulación por lluvias intensas del 04 de abril de 2024 (Gobierno Regional de Arequipa, 2024).

5.4.5 Aspectos transversales.

Se observó que los componentes han venido desarrollándose de manera poco articulada, el esfuerzo mejor integrado de hecho ha sido el proyecto PREDES-SAT, que es a la fecha de elaboración del presente documento

la base del SAT en Arequipa. Sin embargo, no hay una entidad que se encargue de la gestión del SAT, toda vez que las organizaciones que cooperaron en su implementación ya culminaron su participación y cerraron el proyecto, esto impacta principalmente en el mantenimiento de equipos especializados y en la participación de los vigías comunitarios que en 3 años se han reducido en un 50%.

Se evidenció que la mitad de las entidades responsables de la GRD en los distritos no han culminado con la actualización de los planes de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (PPRRD), y de contingencia ante la ocurrencia de lluvias de gran intensidad (Plan de contingencia).

Tabla 19

Estado de los planes sobre la GRD que deben ser emitidos por los gobiernos locales

Gobierno local	PPRRD	Plan de contingencia
M.D. José Luis Bustamante y Rivero	Actualizado	Actualizado
M.D. Alto Selva Alegre	Actualizado	En proceso
M.D. Mariano Melgar	Actualizado	En proceso
M.D. Miraflores	Actualizado	Actualizado
M.D. Paucarpata	En proceso	En proceso
M.P. Arequipa	Actualizado	Actualizado

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la revisión de los planes, se observó que sólo los municipios de Mariano Melgar y de Alto Selva Alegre consignan información específica y acciones concretas sobre el descenso de lahares, en el caso de la municipalidad distrital de Miraflores consideran sólo los peligros de sismo y de lluvias intensas, mas no el de lahares (ver tabla 20).

Tabla 20

Aspectos relacionados al descenso de lahares tratados en los planes

Entidad	Mapa de peligro	Escenario de riesgo	Acciones/Proyectos previstos
M.D. José Luis Bustamante y Rivero	Considera mapa de peligro volcánico.	No considerado	No considera una acción específica.
M.D. Alto Selva Alegre	Considerado	Considerado	Estudios de evaluación de riesgo en sectores

Entidad	Mapa de peligro	Escenario de riesgo	Acciones/Proyectos previstos
			críticos, enfatizando el peligro por lahares.
M.D. Mariano Melgar	Considerado	Considerado	Estudios de evaluación del riesgo de desastres en los sectores críticos identificados, enfatizando el peligro por lahares.
M.D. Miraflores	No analiza el peligro.	No analiza el peligro.	No considera una acción específica.
M.D. Paucarpata*	No considerado	No considerado	No considerado
M.P. Arequipa	No específico – Considera un mapa a nivel regional.	No considerado.	No considera una acción específica.

Fuente: Elaboración propia.

(*) La entidad no cuenta con planes vigentes.

5.5 Evaluación del sistema de alerta temprana existente

La evaluación del SAT ante la ocurrencia de lahares, descrito anteriormente, se realiza aplicando la lista de verificación para sistemas de alerta temprana planteada por la OMM.

5.5.1 Evaluación del componente de conocimiento del riesgo.

Se evaluó la existencia de información completa sobre las diferentes dimensiones del riesgo de lahares, incluyendo los peligros, el grado de exposición, la vulnerabilidad y la integración de estas informaciones en el sistema de alerta temprana.

A. Respecto del mapa de peligro por descenso de lahares.

Las instituciones técnico-científicas han generado conocimiento acerca del descenso de lahares por medio de estudios que implican el análisis de eventos históricos, la actualización del estado de las quebradas, la construcción de modelos numéricos y la ejecución de simulaciones hidrodinámicas para prever la trayectoria de los flujos y delimitar los puntos críticos según los caudales estimados.

Los estudios han permitido actualizar el mapa de peligro por descenso de lahares, cuya edición más reciente fue elaborada en

2016 por el INGEMMET. Actualmente, el IGP, a través del proyecto Lahares, se encuentra en proceso de actualizar el mapa de peligros, el que estará disponible durante el primer semestre de 2025.

El nivel de conocimiento de la población sobre los peligros es insuficiente y dispar:

- Sólo el 18% de los encuestados afirmó tener conocimiento de que las autoridades han realizado estudios sobre los peligros, el porcentaje alcanza su máximo para Miraflores (27%) y el mínimo para Alto Selva Alegre (13%)
- El 39% de los encuestados indicó haber observado un mapa de peligros de su zona de residencia, la proporción alcanza su máximo en Miraflores (57%) y el mínimo en José Luis Bustamante y Rivero (31%)
- Apenas el 21% reconoció estar expuesto a los lahares; destacando Mariano Melgar como el distrito con mayor conciencia de este peligro (54%) y el Cercado de Arequipa como el de menor conciencia (5%).

B. Respecto de los elementos expuestos y los riesgos.

El escenario de riesgo por lahares más reciente fue elaborado por el CENEPRED en 2021 al superponer la información del mapa de peligros por lahares de 2016 con la información de los censos nacionales de población, de vivienda y de comunidades indígenas de 2017; por tanto:

- La información empleada para identificar los elementos expuestos (viviendas, personas, establecimientos de salud, instituciones educativas y recursos para la respuesta) está desactualizada, debido a la expansión urbana hacia las laderas del Misti.

- La información empleada para evaluar la vulnerabilidad (dimensiones social, económica y ambiental) está desactualizada, debido al cambio en la dinámica social y en particular por el impacto de la pandemia del COVID-19.
- El escenario no integró los conocimientos históricos y autóctonos de la población al no haberse realizado un trabajo de campo.

A la fecha solamente los municipios de Mariano Melgar y Alto Selva Alegre habían integrado la información del escenario de riesgo por descenso de lahares en sus planes de GRD.

Se observa que existe el consenso entre autoridades, especialistas y población acerca de que actividades tales como “Construir al lado de las quebradas”, “Tirar basura en el cauce de las quebradas”, “Construir sobre los muros de contención”, “Ubicar canteras en el cauce de las quebradas” incrementan significativamente el riesgo. Sin embargo, se evidenció que la población de Mariano Melgar es más permisiva con este tipo de prácticas.

C. *Respecto de las funciones y responsabilidades de los actores.*

Se evaluó la participación, en el componente de conocimiento del riesgo, de los actores indicados por los Lineamientos RNAT (RM 173-2015-PCM), según el siguiente detalle:

- Se comprobó la participación de instituciones técnico-científicas, tales como el INGEMMET y el IGP, en la elaboración de estudios sobre las características de los lahares y la determinación de zonas expuesta a este tipo de peligros.
- Se comprobó las coordinaciones que realizan el Gobierno Regional de Arequipa, por medio del COER, la Municipalidad Provincial de Arequipa y los Municipios Distritales con las entidades técnico-científicas.

- Se comprobó la participación de las universidades, en particular de la Universidad Nacional San Agustín por medio de su Instituto de Investigación Geofísica y de la elaboración de proyectos de tesis orientados a incrementar el conocimiento del peligro y el riesgo de desastres. No se evidenció participación de los Institutos Superiores Tecnológicos ni otros tipos de instituciones académicas.
- Se comprobó la participación de los organismos de cooperación nacional e internacional, destacando PREDES, ADRA, PRACTICAL ACTION y UNISDR como promotoras de proyectos orientados a generar conocimiento e implementar acciones frente a los peligros de origen volcánicos y climáticos en la ciudad de Arequipa.
- Se observó una participación pasiva de las organizaciones comunitarias como las juntas vecinales, ya que no se identificaron procesos normados para implicarlos activamente en las evaluaciones sobre peligros y riesgos.

D. Respecto de la consolidación de la información sobre riesgos.

Existen diferentes portales web especializados con información relacionada a diversos riesgos, entre ellos los riesgos por lahares, entre ellos se tienen:

- La Plataforma Nacional de Datos Georreferenciados Geo Perú, implementada por la Presidencia del Consejo de Ministros, que contiene información vectorial de diferente índole provista por todas las entidades públicas, incluidas las que forman parte del SINAGERD.
- El Repositorio Geofísico Nacional del IGP, que contiene información y conocimientos obtenidos como resultado de las investigaciones científicas que se realizan en el campo de la Geofísica de fuentes nacionales y extranjeras, lo que

comprende información relacionada al riesgo de lahares en la ciudad de Arequipa.

- El sistema de información geológico y catastral minero (GEOCATMIN), implementado por el del INGEMMET, que entre otros datos contiene información relacionada a zonas críticas, avisos meteorológicos del SENAMHI, informes técnicos sobre peligros geológicos y peligros volcánicos incluido los lahares.

Si bien cada una de las plataformas mencionadas contiene información relevante, la normatividad vigente orienta que la información generada sobre los riesgos sea consolidada en el Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres del CENEPRED (SIGRID). No obstante, se observan las siguientes deficiencias:

- Sólo incluye información generada por entidades públicas, dejando de lado la generada por las universidades públicas o privadas nacionales y extranjeras, ONGs nacionales e internacionales y Organismos intergubernamentales.
- En la normatividad relacionada al SIGRID no se han dispuesto procedimientos que aseguren la actualización de la información sobre peligros o riesgos que generan los diversos actores según su responsabilidad. Por tanto, no consolida toda la información sobre los peligros de lahares generada por las entidades técnico-científicas públicas, mientras que apenas 2 de las 6 municipalidades han publicado sus planes de prevención y reducción del riesgo de desastres en el sistema.

Asimismo, no se evidenciaron procesos normados para mantener, examinar y actualizar periódicamente los datos sobre el riesgo por lahares, que prevea además de las funciones y responsabilidades, los mecanismos de financiamiento adecuados.

E. Respecto de la integración de la información sobre riesgos en el sistema de alerta temprana.

En sus planes de GRD, las municipalidades hacen referencia a los mapas de peligro o al escenario de riesgo por lahares y otros peligros; pero no indican rutas de evacuación, ubicación de zonas seguras o zonas de evacuación ante el descenso de lahares; si en caso se indica alguna ruta o zona, no se indica el tipo de peligro para el que fue elaborado.

Sólo el distrito de Mariano Melgar cuenta con un plan de evacuación ante descenso de lahares detallado que indica las rutas de evacuación, la ubicación de zonas seguras y de evacuación elaboradas con información del escenario de riesgo por erupción volcánica, el que puede ser aplicado en caso de descenso de lahares (Cruz et al., 2021).

Según lo indicado por las autoridades, al no tener información sobre grupos vulnerables, no pueden tomar en cuenta sus necesidades para el trazo de las rutas de evacuación ni la ubicación de zonas seguras y zonas de evacuación.

No se ha evidenciado un proceso normado para la actualización de los posibles cambios en las características del peligro debido a factores como la expansión urbana o cambios en el uso del suelo, con el fin de actualizar la información sobre zonas seguras, las rutas y zonas de evacuación.

En resumen, se evidenció que el componente tiene un mayor enfoque en el peligro descuidando los aspectos relacionados a la vulnerabilidad, una pobre integración de estas informaciones en los planes de GRD e insuficiente conocimiento de la población sobre el peligro de lahares al que se encuentra expuesta.

5.5.2 Evaluación del componente de servicio de seguimiento y alerta.

Se evalúan si los mecanismos de predicción y monitoreo se realizan con una sólida base científica y tecnológica.

A. Respetto de los sistemas de monitoreo.

Arequipa cuenta con un sistema de detección y monitoreo de lahares híbrido, que emplea:

- Una red de estaciones sísmicas operadas por el Observatorio Vulcanológico del Sur (OVS) ubicadas en las partes altas del volcán que cuentan con sistema de telemetría, permitiendo obtener información permanente sobre la formación de lahares en las partes altas del volcán, pero no permite identificar por cuál quebrada descenderá.
 - La información es recibida, procesada y facilitada por el OVS en un formato compatible en tiempo casi real; asimismo es conservada sistemáticamente con controles de calidad y es accesible para fines de verificación, investigación y otras aplicaciones.
 - Se realiza un mantenimiento ordinario de las estaciones y los programas utilizados, y es respaldado por una partida presupuestal para garantizar el funcionamiento del sistema con el paso del tiempo.
- Una red de vigías comunitarios que viven los distritos ubicados en zonas próximas a las quebradas por las que generalmente descienden los lahares.
 - Los vigías son voluntarios y han sido capacitados en el monitoreo de las precipitaciones y lectura de limnómetros con el fin de que informen de manera clara y precisa sobre la ocurrencia de los peligros.

- La información que generan la comunican mediante mensajes a grupos de WhatsApp a las autoridades, no es archivada y no es accesible para fines de verificación, investigación u otras aplicaciones.
- Los vigías son voluntarios, no reciben remuneración o estímulos, tampoco cuentan con un coordinador que los vincule. A la fecha sólo la mitad de los vigías capacitados siguen brindando información.

B. Respetto de la predicción y la emisión de avisos.

El SENAMHI realiza pronósticos sobre el clima, que anticipan la ocurrencia de lluvias intensas que podrían o no desencadenar el descenso de lahares; sin embargo, dado que se tienen solo 3 estaciones pluviométricas para monitorear toda la ciudad y a la ocurrencia de lluvias focalizadas en la parte media de las laderas del Misti, los datos obtenidos no permiten hacer un modelamiento que genere pronósticos precisos, por lo que, en ocasiones no consiguen emitir avisos oportunos sobre la ocurrencia de lahares.

Los avisos sobre lluvias intensas que emite el SENAMHI son enviados al Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) y al COER Arequipa via internet, correo electrónico o teléfono.

En el caso del OVS, los datos recopilados permiten detectar la formación de un flujo de lahares en la parte alta del volcán, pero no pueden anticipar con precisión cuál será la torrentera por la que descenderá el lahar y por tanto no se puede establecer el tiempo en que impactará a la población en las partes bajas. Los avisos que emite el OVS, son enviados al COEN, al COER Arequipa y publicados en la Aplicación Móvil IGP.

La red de vigías comunitarios emite avisos sobre la intensidad de las lluvias y sobre la intensidad del flujo de detritos en las

quebradas, informando directamente a las autoridades municipales provinciales y distritales para que tomen la decisión de activar los planes de emergencia. Cabe señalar que ninguno de los COEL opera de manera permanente las 24 horas, por lo que los avisos los reciben directamente los responsables de la GRD de cada municipio lo que no necesariamente garantiza una respuesta inmediata.

Los avisos emitidos son claros, coherentes e incluyen información sobre los niveles de los peligros útiles para que las autoridades correspondientes tomen las decisiones del caso. Diferentes autoridades coinciden que no se han producido falsas alarmas, aunque se han dado casos de eventos que no fueron alertados oportunamente. No obstante, no se encontraron referencias sobre:

- Realización de pruebas periódicas de los sistemas de emisión de avisos.
- Estrategias para mejorar la credibilidad y confianza en los avisos.
- Actividades de seguimiento y evaluación del proceso de emisión de avisos.
- Procesos para verificar que los avisos hayan llegado a las partes interesadas o personas en peligro.

Por otro lado, casi la mitad de la población encuestada identifica al SENAMHI como la principal entidad emisora de alertas y alarmas de lahares. Sin embargo, el SENAMHI sólo advierte sobre precipitaciones intensas, y no sobre la formación o descenso de estos flujos. Las verdaderas alertas o alarmas de lahar las emite el IGP, cuando el evento es detectado por la red sísmica; o las emiten las autoridades municipales, cuando el evento es detectado por la red de vigías comunitarios.

En síntesis, existen dos redes de detección y monitoreo de lahares que proporcionan información de distinta calidad, pero sólo se registran los datos de una de ellas para análisis posterior. Actualmente no se dispone de capacidad para predecir de forma anticipada la ocurrencia de lahares ni sus posibles impactos. Además, la población local no identifica correctamente a las autoridades responsables de emitir las alertas o alarmas, y ningún COEL opera de manera continua, contraviniendo lo indicado por los lineamientos RNAT

5.5.3 Evaluación del componente de difusión y comunicación.

Se evalúan los sistemas de comunicación y difusión que permiten a las personas y comunidades recibir con antelación avisos sobre el descenso de lahares.

A. Respecto de los sistemas y equipos de comunicación.

El área de influencia del estudio abarca zonas urbanas y urbano marginales de los distritos considerados, las que se encuentran en la cobertura de la red celular por lo que no es necesario contar con sistemas de comunicación especializados para la difusión de las alertas o alarmas (estaciones repetidoras, sistemas satelitales, sistemas con energía redundante, etc.).

En sus planes de GRD, las municipalidades indican que difunden los avisos mediante estaciones de radio comercial, mensajes de texto y WhatsApp a juntas vecinales o grupos de vecinos, perifoneo por parte de serenazgo, perifoneo con apoyo de policía y activación de alertas comunitarias (bocinas instaladas en puntos críticos). Esto se corresponde con el hecho que la población identificara a la radio, a sus vecinos y al serenazgo como los principales medios por los que toma conocimiento de las alertas y alarmas que emiten las autoridades.

Las autoridades perciben a las estaciones de radio como el medio de difusión más efectivo; destacando que, aún sin un acuerdo formal, les brindan todas las facilidades e inclusive les permiten 'salir en vivo' si así lo solicitan. Sin embargo, no se encontraron referencias sobre procesos de evaluación de los canales de comunicación ni sobre la actualización de estrategias de comunicación que aseguren que los avisos lleguen a la mayor parte de la población.

El porcentaje de población que señaló no recibir información sobre las alertas o alarmas es del 11%, este porcentaje llega a ser del 20% en el distrito del Cercado de Arequipa. Sin embargo, en los planes de GRD consultados, no se incluyeron acciones orientadas a disminuir el porcentaje de la población que no consigue informarse de las alertas y alarmas.

B. Respecto de los mensajes de alerta temprana.

Los mensajes de alerta y alarma proporcionan orientación para que la población tome acciones de preparación o realice la evacuación de la zona si la situación lo amerita. Sin embargo, no se ha evaluado si la población comprende los mensajes y estos tampoco incluyen indicaciones específicas para grupos vulnerables o población con necesidades especiales.

Se constató el empleo de diversos canales para difundir las alertas y alarmas, con especial protagonismo de las emisoras de radio. No obstante, no se identificaron mecanismos que permitan verificar que los mensajes lleguen efectivamente a la población ni que sean comprendidos de manera adecuada.

5.5.4 Evaluación del componente de capacidad de respuesta.

Se evalúa si las instituciones y la población están preparadas para actuar rápidamente y responder a un aviso mediante una mejor educación en materia de riesgos.

A. Respecto de las medidas de preparación para casos de desastre y planes de contingencia.

Las municipalidades consideran el peligro de lahares como derivado de la ocurrencia de lluvias intensas, por lo que no elaboran planes de contingencia ante el descenso de lahares sino planes de contingencia ante lluvias intensas. Respecto de los planes se destaca lo siguiente:

- A pesar de que la normatividad vigente obliga a su elaboración, 3 de los 6 municipios analizados no han actualizado sus planes de contingencia.
- No se evalúa la capacidad de la comunidad para comunicarse en respuesta a alertas tempranas.
- Se incluyen procedimientos de operación identificando el alcance de cada uno y los responsables de ejecutarlos; sin embargo, algunos planes no incluyen acciones que deban ser realizadas por líderes comunitarios.
- No toman en cuenta las necesidades particulares de grupos vulnerables o población con necesidades especiales.

B. Respecto de las campañas de educación y concienciación del público.

No se evidencia que se haya incorporado en los planes de estudio, de los diferentes niveles de educación, programas de concienciación y educación sobre los peligros, las vulnerabilidades, el grado de exposición y la manera de reducir los impactos de los desastres.

Las municipalidades y el gobierno regional ejecutan continuamente sus planes de educación comunitaria, que incluye capacitación a la población acerca de los diferentes peligros y riesgos con el fin de posibilitar y fomentar la aplicación de medidas de respuesta. El alcance de las actividades de formación es limitado debido a restricciones presupuestarias y la baja capacidad de convocatoria de las municipalidades. En la encuesta realizada apenas el 7% de la población declaró haber sido informada de los talleres de preparación que organizan las autoridades.

Se evidencia la realización de campañas de educación y concientización, producto de la cooperación de las municipalidades con organismos internacionales, muchas de ellas realizadas en el marco de los proyectos sobre el conocimiento del riesgo.

C. Respeto de la evaluación de la concienciación y respuesta del público.

Se evidencia que los funcionarios evalúan y analizan los casos de emergencia y desastres previos como parte de una reflexión personal, lo que no se sistematizan como lecciones aprendidas en documentos que puedan servir de referencia. En ese sentido, cuando el funcionario abandona la entidad, ese conocimiento no es plasmado en los futuros planes de preparación y respuesta.

No se ha evidencia el uso de estrategias que permitan evaluar periódicamente la efectividad de los esfuerzos de educación comunitaria y los programas de concienciación pública se evalúan periódicamente, los indicadores utilizados se limitan a contabilizar el número de participantes en las actividades mas no la aplicación de los conocimientos facilitados.

En la encuesta realizada, los porcentajes de la población que señaló haber sido informada sobre la preparación de la mochila de emergencia, la elaboración del plan familiar de emergencia y la

conformación de brigadas se corresponde con el porcentaje que declaró contar con su mochila de emergencia, haber elaborado su plan familiar y se integró a una brigada en su distrito; por lo que se deduce que las inducciones fueron efectivas. Respecto de la participación en simulacros, destaca la participación de mayoritaria de los vecinos de Mariano Melgar en simulacros (64%). Aun así, el 23% señaló no haber recibido información sobre medidas de preparación y porcentaje similar declaró no haber ejecutado ninguna acción de preparación.

El nivel de preparación para la respuesta es dispar en los diferentes distritos, al punto que la mitad de los municipios no cuenta con un plan de contingencia actualizado. Si bien, se realizan campañas de educación y concienciación, muchas de ellas en colaboración con la cooperación internacional, no se evidencian acciones de seguimiento sobre la aplicación de los saberes adquiridos por parte de la población.

5.5.5 Aspectos transversales al SAT

Se evalúan los aspectos que permitan asegurar la sostenibilidad y el buen funcionamiento del sistema.

A. Respetto de la gobernabilidad y los arreglos institucionales

No se evidencia la participación de gestione y opere el SAT, responsabilidad que según los lineamientos RNAT debiera asumir un equipo técnico designado por el Grupo de trabajo en gestión del riesgo de desastres de la Municipalidad Provincial de Arequipa, cuya actuación podría contribuir a superar las siguientes deficiencias:

- El COEP no opera las 24 horas.
- Ausencia de entidad responsable de gestionar el SAT comunitario implementado por el Proyecto SAT PREDES.

- Deserción de los vigías voluntarios.
- Falta de articulación de los proyectos y esfuerzos que, en materia de SAT, realizan los diferentes actores relacionados a la GRD
- Limitada participación de la población en el diseño e implementación del SAT.

5.6 Propuesta de mejora del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares

La presente propuesta se elaboró partir de la evaluación realizada, se presenta a manera de plan estratégico para facilitar su aterrizaje en acciones concretas.

5.6.1 Objetivos Estratégicos

1. Establecer arreglos institucionales para centralizar la gestión del SAT.
2. Asegurar la actualización de la información sobre el riesgo.
3. Garantizar el funcionamiento de las redes de monitoreo y alerta.
4. Mejorar la efectividad de los sistemas de difusión y comunicación.
5. Incrementar la capacidad de respuesta del SAT.

5.6.2 Fases de la implementación

A. Recuperación

Las acciones se enfocan en recuperar la capacidad de los sistemas en funcionamiento, en particular las del SAT comunitario.

B. Consolidación del sistema

Contiene acciones orientadas a asegurar la sostenibilidad del SAT.

C. Expansión

Contiene acciones orientadas a expandir la cobertura del SAT.

5.6.3 Articulación de los diferentes Actores

A. Municipalidad Provincial de Arequipa

Se articula con el SAT por medio de:

- El Grupo de trabajo en GRD, designando al equipo técnico responsable de la priorización, implementación y monitoreo del SAT.
- El equipo técnico responsable del SAT, integrando el SAT comunitario implementado por el Proyecto SAT PREDES, así como asumiendo la responsabilidad de mantenerlo, actualizarlo y replicarlo en sectores sin cobertura.
- La Sub-Gerencia de GRD, (a) incorporando el SAT en los planes, documentos de gestión y previsión presupuestal; (b) integrando la información del peligro en las evaluaciones de riesgo, los planes de contingencia, plan de evacuación y plan de educación comunitaria; (c) ejecutando simulacros de alcance provincial y (d) estableciendo convenios con el IGP y el SENAMHI para expandir las redes de estaciones meteorológicas y de monitoreo de lahares.
- Por medio del COEP, operando de manera continua para consolidar los avisos que reciben del COER Arequipa, COE SEDAPAR, las entidades técnico-científicas y la red de vigías comunitarios para luego distribuirlos a los COELs.

B. Municipalidades distritales

Se articulan con el SAT a través de:

- Sus COELs, tomando las previsiones para operar de manera continua, al menos en temporada de lluvias o en caso de alerta naranja por actividad volcánica del Misti, con el fin de recibir, procesar y difundir oportunamente las alertas y alarmas.

- Sus gerencias de GRD, integrando la información del peligro en sus evaluaciones de riesgo para actualizar sus planes de contingencia, de evacuación y de educación comunitaria.

C. *Gobierno Regional de Arequipa*

Se articula al SAT por medio del COER Arequipa, distribuyendo los mensajes que emiten las entidades técnico-científicas de alcance nacional y el COEN. Asimismo, mediante la integración de la información sobre los peligros en sus planes de GRD, así como la adecuación y ejecución de sus planes de educación comunitaria.

D. *INDECI*

Se articula al SAT brindando asistencia técnica para su implementación, desarrollando capacidades en los gestores de riesgo y; por medio del COEN, distribuyendo los avisos que recibe de las entidades técnico científica de alcance nacional hacia el COER Arequipa. Y de manera colaborativa con las entidades técnico-científicas, actualizando los procedimientos y lineamientos para la toma de decisiones sobre la emisión de alertas.

E. *Entidades técnico-científicas*

Se articulan al SAT proveyendo información acerca del peligro, monitoreando y vigilando su ocurrencia, emitiendo las alertas y brindando pautas para el manejo de la información y toma de decisiones a fin de emitir alertas. Así como transfiriendo tecnología a las autoridades locales para gestionar y operar sistemas de monitoreo.

F. *Organismos de cooperación*

Se articulan al SAT mediante la ejecución de proyectos de desarrollo de capacidades y facilidades tecnológicas orientadas a la identificación y monitoreo de peligros.

G. Población civil

Se articulan con el SAT mediante la participación en capacitaciones, simulacros, ejercicios de entrenamiento, identificación de puntos críticos, implementación y operación de bocinas comunitarias, monitoreo y reporte de evolución del peligro.

5.6.4 Plan de acción

Tabla 21

Plan de acción para aplicación de la propuesta

Objetivo Estratégico	Línea de acción	Actividades clave	Responsable	Indicador	Cronograma semestral									
					Recuperación		Consolidación			Crecimiento				
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1. Establecer arreglos institucionales para centralizar la gestión del SAT.	1.1 Gestión del SAT	Designar equipo técnico responsable de la gestión del SAT Arequipa como responsable de la gestión y operación del SAT comunitario implementado por el Proyecto SAT PREDES.	GT-GRD de la MPA	Resolución de designación	X									
2. Asegurar la actualización de la información sobre el riesgo.	2.1 Actualización de información sobre el peligro	Actualizar los mapas de peligro.	Entidades Técnico-Científicas	Mapas de peligro con antigüedad menor a los 3 años publicados en la plataforma SIGRID			X			X				
	2.2 Actualización de las evaluaciones de riesgo	Contratar la actualización de las evaluaciones de riesgo considerando información actualizada acerca de factores como la discapacidad, el acceso a la infraestructura, la diversidad económica, las desigualdades sociales y la sensibilidad ambiental de la población vulnerable.	Equipo técnico SAT Arequipa Gerencias de GRD de los municipios distritales	Evaluaciones de riesgo con antigüedad menor a 3 años publicados en la plataforma SIGRID				X			X			
	2.3 Calidad de los datos sobre los peligros y riesgos	Establecer y mantener una infraestructura de datos interoperable para el registro, difusión y evaluación por pares de la información sobre los peligros, el grado de exposición, las vulnerabilidades y los riesgos.	CENEPRED	Plataforma de datos abiertos sobre peligros y riesgos				X	X	X	X	X	X	X

Objetivo Estratégico	Línea de acción	Actividades clave	Responsable	Indicador	Cronograma semestral							
					Recuperación		Consolidación			Crecimiento		
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
3. Garantizar el funcionamiento de las redes de monitoreo y alerta	3.1 Continuidad operativa	Implementar procedimientos para comprobar la operatividad de los sistemas de monitoreo y generación de alertas	Equipo técnico SAT Arequipa	Registro de procedimientos ejecutados	X	X	X	X	X	X	X	X
		Mantener o reponer los equipamientos del SAT comunitario	Equipo técnico SAT Arequipa	Reporte de mantenimiento de los equipos.		X	X	X	X	X	X	X
		Brindar seguridad a las estaciones y otros equipamientos desplegados en campo	Gerencias de seguridad ciudadana	Registro de rondas.		X	X	X	X	X	X	X
		Facilitar un programa para captación y capacitación de vigías voluntarios	Gerencias de GRD de los municipios distritales	Cantidad de vigías capacitados		X	X	X	X	X	X	X
		Otorgar estímulos y reconocimientos a vigías voluntarios.	Equipo técnico SAT Arequipa	Cantidad de estímulos otorgados a los vigías comunitarios				X		X		X
	3.2 Ampliación de la cobertura	Ampliar el alcance de las redes de monitoreo mediante el despliegue en campo de estaciones de bajo costo	Entidades técnico-científicas	Estaciones de bajo costo implementadas						X	X	X
	3.3 Calidad de los datos sobre el monitoreo de las amenazas	Implementar un registro de las informaciones proporcionadas por los vigías voluntarios, con fines de auditoría y análisis	Equipo técnico SAT Arequipa	Base de datos histórica de los eventos monitoreados por el SAT comunitario			X	X	X	X	X	X
		Ejecutar proyectos de investigación aplicada sobre métodos para pronosticar el descenso de lahares y predecir su impacto	Entidades técnico-científicas y Universidades	Modelos de pronóstico del descenso de lahares y predicción de su impacto						X	X	X
4. Mejorar la efectividad de los	4.1 Fortalecimiento de los COEL	Módulos de comunicaciones operando 24 x 7	Jefes de los COEL	Reportes de horas de operación continua de los COEL	X	X	X	X	X	X	X	X

Objetivo Estratégico	Línea de acción	Actividades clave	Responsable	Indicador	Cronograma semestral								
					Recuperación		Consolidación			Crecimiento			
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
sistemas de difusión y comunicación.	4.2 Formalización de convenios	Establecer convenios con los medios de comunicación social públicos y privados para la difusión de alertas y alarmas	Jefes de los COEL	Convenios firmados			X		X			X	
	4.3 Evaluación de los medios de difusión	Implementar procedimientos para comprobar la operatividad y evaluar la efectividad de los medios de difusión de las alertas y alarmas	Jefes de los COEL	Registro de procedimientos ejecutados			X	X	X	X	X	X	X
5. Incrementar la capacidad de respuesta del SAT.	5.1 Medidas de preparación para casos de desastre	Contratar la elaboración de los planes de contingencia ante la materialización del peligro	Gerencias de GRD de los municipios distritales	Planes de contingencia actualizados y publicados en la plataforma SIGRID			X			X			
		Validar y ensayar los planes de contingencia ante la materialización del peligro	Gerencias de GRD de los municipios distritales	Informe de evaluación de ejercicios de evacuación				X			X		
		Implementar y mantener la señalética de zonas seguras, rutas de evacuación y localización prevista de albergues temporales	Gerencias de GRD de los municipios distritales	Señalización implementada en las zonas de riesgo del distrito				X	X	X	X	X	X
	5.2 Desarrollo de capacidades	Integrar la GRD como enfoque transversal en los niveles inicial, primaria, secundaria, técnico y superior.	Instituciones Educativas	Programas curriculares adaptados con contenidos específicos sobre peligros, vulnerabilidades y medidas preventivas.						X	X	X	
		Formar docentes en GRD y resiliencia comunitaria.	Universidades	Programas de formación docente en GRD y resiliencia comunitaria.			X	X	X	X	X	X	X
		Implementar procedimientos de evaluación de la efectividad de los aprendizajes obtenidos en los programas de educación comunitaria	Gerencias de GRD de los municipios distritales	Informe de evaluación de desempeño de la población capacitada durante los simulacros				X	X	X	X	X	X

Objetivo Estratégico	Línea de acción	Actividades clave	Responsable	Indicador	Cronograma semestral								
					Recuperación		Consolidación			Crecimiento			
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
		Realizar simulacros escolares y comunitarios específicos para ocurrencia de lahares.	Gerencias de GRD de los municipios distritales	Informe de evaluación y retroalimentación para mejorar los protocolos y participación.			X		X			X	
		Fortalecer la formación de los funcionarios responsables de la GRD	INDECI	Funcionarios responsables de la GRD capacitados				X	X	X	X	X	X
		Establecer programas de voluntariado universitario en educación comunitaria	Universidades	Red de facilitadores voluntarios en educación comunitaria				X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

5.6.5 Actividades financiables por el Programa Presupuestal 0068 (PP 0068)

En la tabla siguiente se identifican las actividades que pueden ser financiadas por el PP 0068, según los criterios de la programación multianual (PCM, 2024)

Tabla 22

Identificación de actividades elegibles para ser financiadas con el PP 0068 (PREVAED)

Línea de acción	Actividades clave	Responsable	Presupuesto	Clasificadores de gasto
1.1 Gestión del SAT	Designar equipo técnico responsable de la gestión del SAT Arequipa como responsable de la gestión y	GT-GRD de la MPA	Presupuesto ordinario	

Línea de acción	Actividades clave	Responsable	Presupuesto	Clasificadores de gasto
	operación del SAT comunitario implementado por el Proyecto SAT PREDES			
2.1 Actualización de información sobre el peligro	Actualizar los mapas de peligro	Entidades Técnico-Científicas	PP 0068	PRODUCTO: 3000737. Estudios para la estimación del riesgo de desastres ACTIVIDAD: 5005571. Desarrollo de Estudios para Establecer el Riesgo a Nivel Territorial ESPECÍFICA DE GASTO: 2.3.2.7.13.98 Servicios técnicos y profesionales desarrollados por personas jurídicas
2.2 Actualización de las evaluaciones de riesgo	Contratar la actualización de las evaluaciones de riesgo considerando información actualizada acerca de factores como la discapacidad, el acceso a la infraestructura, la diversidad económica, las desigualdades sociales y la sensibilidad ambiental de la población vulnerable	Equipo técnico SAT Arequipa Gerencias de GRD de los municipios distritales	PP 0068	PRODUCTO: 3000737. Estudios para Establecer el Riesgo a Nivel Territorial ACTIVIDAD: 5005571. Desarrollo de Estudios para Establecer el Riesgo a Nivel Territorial ESPECÍFICA DE GASTO: 2.3.2.7.12.1 Contratación de Servicios de terceros
2.3 Calidad de los datos sobre los peligros y riesgos	Establecer y mantener una infraestructura de datos interoperable para el registro, difusión y evaluación por pares de la información sobre los peligros, el grado de exposición, las vulnerabilidades y los riesgos.	CENEPRED	PP 0068	PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA ESPECÍFICA DE GASTO: (relacionados a Sistemas de información) 2.6.7.1.2.1 Gastos por contratación de personal. 2.6.7.1.2.3 Gastos por la contratación de servicios. 2.6.7.1.2.2 Gastos por la compra de bienes.
3.1 Continuidad operativa	Implementar procedimientos para comprobar la operatividad de los sistemas de monitoreo y generación de alertas	Equipo técnico SAT Arequipa	PP 0068	PRODUCTO: 3000001 Acciones Comunes ACTIVIDAD: 5004280. Desarrollo de instrumentos estratégicos para la Gestión del Riesgo de Desastres ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.3.2.7.2.11 Diseño de metodologías, reformas y similares

Línea de acción	Actividades clave	Responsable	Presupuesto	Clasificadores de gasto
	Mantener o reponer los equipamientos del SAT comunitario	Equipo técnico SAT Arequipa	PP 0068	PRODUCTO: 3000739 Población con prácticas seguras para la resiliencia ACTIVIDAD: 5003293 Desarrollo del sistema de alerta temprana y de comunicación ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.3.2.4.7.1 Mantenimiento y reparación de maquinarias y equipos
	Brindar seguridad a las estaciones y otros equipamientos desplegados en campo	Gerencias de seguridad ciudadana	Presupuesto ordinario	
	Facilitar un programa para captación y capacitación de vigías voluntarios	Gerencias de GRD de los municipios distritales	PP 0068	PRODUCTO: 3000739 Población con prácticas seguras para la resiliencia ACTIVIDAD: 5005583 Organización y entrenamiento de comunidades en habilidades frente al riesgo de desastres ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.3.2.2.4.1 Servicios de publicidad 2.3.2.7.3.2 Servicio de capacitación y perfeccionamiento realizado por personas naturales
	Otorgar estímulos y reconocimientos a vigías voluntarios.	Equipo técnico SAT Arequipa	Presupuesto ordinario	PRODUCTO: 3000739 Población con prácticas seguras para la resiliencia ACTIVIDAD: 5005583 Organización y entrenamiento de comunidades en habilidades frente al riesgo de desastres ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.3.1.99.1.4 Compra de símbolos, distintivos y condecoraciones

Línea de acción	Actividades clave	Responsable	Presupuesto	Clasificadores de gasto
3.2 Ampliación de la cobertura	Ampliar el alcance de las redes de monitoreo mediante el despliegue en campo de estaciones de bajo costo	Entidades técnico-científicas	PP 0068	<p>PRODUCTO: 3000737. Estudios para la estimación del riesgo de desastres</p> <p>ACTIVIDAD: 5005576. Generación de información y monitoreo de peligro volcánico</p> <p>ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.3.2.9.1 Locación de servicios 2.3.2.7.5 Practicantes, secgristas y similares 2.3.2.7.2 Servicios de consultoría y similares desarrollados por personas naturales 2.3.2.4.7 Servicio de mantenimiento de maquinarias y equipos 2.3.1.5.4 Compra de bienes de electricidad, iluminación y electrónica</p>
3.3 Calidad de los datos sobre el monitoreo de las amenazas	Implementar un registro de las informaciones proporcionadas por los vigías voluntarios, con fines de auditoría y análisis	Equipo técnico SAT Arequipa	PP 0068	<p>PRODUCTO: 3000739 Población con prácticas seguras para la resiliencia</p> <p>ACTIVIDAD: 5003293 Desarrollo del sistema de alerta temprana y de comunicación</p> <p>ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.3.2.7.4.2 Servicio de procesamiento de datos</p>
	Ejecutar proyectos de investigación aplicada sobre métodos para pronosticar el descenso de lahares y predecir su impacto	Entidades técnico-científicas Universidades	PP 0068	<p>PRODUCTO: 3000737. Estudios para la estimación del riesgo de desastres</p> <p>ACTIVIDAD: 5005572. Desarrollo de investigación aplicada para la gestión del riesgo de desastres</p> <p>ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.3.2.7.4.2 Servicio de procesamiento de datos 2.3.2.7.3.2 Servicio de capacitación y perfeccionamiento realizado por personas naturales 2.3.2.7.5.10 Subvención adicional de prácticas profesionales 2.3.2.7.2.9 Elaboración de estudios 2.1.1.13.1.2 Contrato administrativo de servicios transitorio</p>

Línea de acción	Actividades clave	Responsable	Presupuesto	Clasificadores de gasto
4.1 Fortalecimiento de los COEL	Dotar a los módulos de comunicaciones operando 24 x 7	Jefes de los COEL	PP 0068	PRODUCTO: 3000734 Capacidad instalada para la preparación y respuesta frente a emergencias y desastres ACTIVIDAD: 5005612. Desarrollo de los centros y espacios de monitoreo de emergencias y desastres. ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.1.1.13.1.2 Contrato administrativo de servicios transitorio
4.2 Formalización de convenios	Establecer convenios con los medios de comunicación social públicos y privados para la difusión de alertas y alarmas	Jefes de los COEL	Presupuesto ordinario	
4.3 Evaluación de los medios de difusión	Implementar procedimientos para comprobar la operatividad y evaluar la efectividad de los medios de difusión de las alertas y alarmas	Jefes de los COEL	PP 0068	PRODUCTO: 3000001 Acciones Comunes ACTIVIDAD: 5004280. Desarrollo de instrumentos estratégicos para la Gestión del Riesgo de Desastres ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.3.2.7.2.11 Diseño de metodologías, reformas y similares
5.1 Medidas de preparación para casos de desastre	Contratar la elaboración de los planes de contingencia ante la materialización del peligro	Gerencias de GRD de los municipios distritales	PP 0068	PRODUCTO: 3000001 Acciones Comunes ACTIVIDAD: 5004280. Desarrollo de instrumentos estratégicos para la Gestión del Riesgo de Desastres ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.3.2.7.2.9 Elaboración de estudios
	Validar y ensayar los planes de contingencia ante la materialización del peligro	Gerencias de GRD de los municipios distritales	PP 0068	PRODUCTO: 3000001 Acciones Comunes ACTIVIDAD: 5004280. Desarrollo de instrumentos estratégicos para la Gestión del Riesgo de Desastres ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.3.2.7.2.9 Elaboración de estudios

Línea de acción	Actividades clave	Responsable	Presupuesto	Clasificadores de gasto
	Implementar y mantener la señalética de zonas seguras, rutas de evacuación y localización prevista de albergues temporales	Gerencias de GRD de los municipios distritales	Presupuesto ordinario	
5.2 Desarrollo de capacidades	Incorporar la GRD como un enfoque transversal a los planes de estudio de los diferentes niveles educativos	Instituciones Educativas	PPR 0068	<p>PRODUCTO: 3000738 Personas con formación y conocimiento en gestión del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático</p> <p>ACTIVIDAD: 5005580. Formación y capacitación en materia de Gestión de Riesgo de Desastres y adaptación al cambio climático</p> <p>ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.3.2.7.3.2 Servicio de capacitación y perfeccionamiento realizado por personas naturales</p>
	Implementar procedimientos de evaluación de la efectividad de los aprendizajes obtenidos en los programas de educación comunitaria	Gerencias de GRD de los municipios distritales	PP 0068	<p>PRODUCTO: 3000001 Acciones Comunes</p> <p>ACTIVIDAD: 5004280. Desarrollo de instrumentos estratégicos para la Gestión del Riesgo de Desastres</p> <p>ESPECÍFICAS DE GASTO: 2.3.2.7.2.11 Diseño de metodologías, reformas y similares</p>

Fuente: Elaboración propia

5.6.6 Impactos esperados

A. Al cabo de la fase de recuperación (1 año)

- Gestión integrada del SAT, incluyendo al SAT comunitario, a cargo de una entidad adscrita a la MPA
- Los 15 limnímetros, 13 altavoces y 24 puntos de señalética recuperados se encuentran operativos, y protegidos contra hurto y vandalismo.
- Red de vigías voluntarios con 25 integrantes reportando información de las 8 torrenteras consideradas en el despliegue inicial del proyecto SAT PREDES.
- 02 Estaciones de monitoreo de lahares del IGP desplegadas, operativas y protegidas contra hurto o vandalismo.

B. Al cabo de la fase de consolidación (1 año y medio)

- Mapas de peligro y evaluaciones de riesgos actualizados y publicados en SIGRID
- Base de datos consolidada de informaciones generadas por la red sísmica y estaciones de monitoreo de lahares del IGP, y por la red de vigías voluntarios.
- Procedimientos establecidos para el control y evaluación de la información, los medios, las personas involucradas y los equipamientos especializados

C. Al cabo de la fase de expansión (1 año y medio)

- Cobertura del SAT ampliada al 80% de las quebradas habitadas que desembocan en la margen izquierda del río Chili.

Capítulo VI Discusión de los resultados

En este capítulo se realiza el análisis de los resultados obtenidos contrastándolos con el marco legal, marco teórico y antecedentes.

6.1 Aporte metodológico

Para el desarrollo de la investigación se siguió una ruta metodológica basada en la aplicación de la Lista de verificación para sistemas de alerta temprana elaborada por la OMM en 2018, adaptando los criterios a la realidad de Arequipa y al marco normativo vigente en el país. Este es un procedimiento similar al aplicado por Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020) para el diagnóstico de los sistemas de alerta temprana de los ríos Coyolate y Achiguate, con la diferencia que estuvo basado en la lista de verificación elaborada por la OMM en 2006.

Mientras otros estudios desarrollaron metodologías de evaluación enfocadas en un aspecto particular de los SAT, tales como la conexión entre componentes, la confiabilidad de los elementos tecnológicos para la emisión de las alertas o alarmas o la efectividad de los mensajes.

Así, el marco metodológico aplicado para la evaluación del SAT ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti puede ser tomado como referencia para trabajos posteriores en los que se requieran evaluar el estado de otros SAT sean éstos referido a otro o a múltiples peligros.

6.2 Sobre el conocimiento del peligro

La investigación reveló que la mayoría de la población de Arequipa no identifica los lahares como un tipo de peligro al que se encuentra expuesta siendo considerado como menos relevante que los sismos y las lluvias intensas, esto coincide parcialmente con lo obtenido por Heitz y Nagata (2017) quienes encontraron que los lahares eran considerados como menos relevantes que los sismos y las erupciones volcánicas. Esta apreciación se explica (a) por el impacto de las campañas de sensibilización sobre sismos y lluvias intensas que ha venido realizando el INDECI en los últimos años, (b) porque el último

descenso de lahar importante ocurrió en 2013 y (c) porque muchas entidades consideran los lahares como un peligro secundario derivado de las lluvias intensas.

Tanto Heitz y Nagata (2017) como Jacquez y Rouquette (2023) coinciden en señalar que la población que ha experimentado un lahar o que vive en las zonas expuestas es más consciente del peligro; en concordancia, la investigación encontró que la población de los distritos ubicados más cerca al cráter del Misti es más consciente del peligro, con la excepción de Miraflores donde el nivel de conciencia es similar al de los distritos ubicados en la parte más baja del volcán.

Si bien el 39% de la muestra señaló haber observado un mapa de peligro de su zona de residencia, esto no necesariamente implica un mayor conocimiento del peligro; ya que como señalan Thouret et al. (2023), estos mapas siendo técnicamente útiles, no siempre son entendidos o correctamente interpretados por la población expuesta. La investigación encontró que apenas uno de cada cinco personas en Arequipa tiene conocimiento que las autoridades realizan estudios sobre los peligros en Arequipa o ha conversado con las autoridades acerca de los peligros en su zona de residencia.

Se observó además que, a pesar de ser la más consciente del peligro por lahares, la muestra de Mariano Melgar es más permisiva con prácticas habituales que incrementan el riesgo.

Tabla 23

Apreciación de Población, Autoridades y Especialistas sobre el conocimiento del riesgo de lahares

Población	Autoridades	Especialistas
Poco conscientes del peligro de lahares 34% declaró no tener acceso a información sobre los peligros	Conscientes del peligro de lahares 30% Reconoce limitaciones para informar acerca de los riesgos	Conscientes del riesgo de lahares Reconocen que existe un problema de actualización y de flujo de la información
Son conscientes de las prácticas que incrementan el riesgo	Reconocen que la sensibilización no es suficiente para evitar las prácticas que incrementan el riesgo	Señalan que muchos puntos críticos se han formado debido a prácticas que incrementan el riesgo

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados representan un reto para la implementación del SAT, ya que el nivel de conocimiento sobre el peligro es dispar en cada distrito, generando

diferentes reacciones en población expuesta a niveles similares al peligro, lo que puede condicionar la participación de la población en el diseño del SAT.

6.3 Sobre el servicio de seguimiento y alerta

Los resultados indican que la población identifica al SENAMHI como la principal entidad emisora de las alertas y alarmas ante el descenso de lahares, a pesar de que esa institución solo advierte sobre lluvias intensas mas no sobre flujo de detritos. Este hallazgo indica que la población tiende a sobredimensionar el rol del SENAMHI al punto que le atribuyen actividades que realizan el IGP, cuando detectan lahares mediante la red sísmica, y el gobierno local, cuando la red de vigías voluntarios informa sobre el descenso de lahares.

Tabla 24

Apreciación de la población, autoridades y especialistas respecto de los emisores de alertas

Población	Autoridades	Especialistas
Identifican al SENAMHI como el principal emisor de alertas y alarmas por descenso de lahares	Identifican al COER Arequipa como el principal emisor de alertas y alarmas.	Identifican al IGP como el principal emisor de alertas y alarmas por descenso de lahares

Fuente: Elaboración propia

Es importante comunicar a la población cuáles son las entidades que emiten los avisos, ya que se corre el riesgo de que la población haga caso omiso cuando reciba los mensajes o no reaccione hasta tener confirmación de otras entidades.

6.4 Sobre la difusión y comunicación

La población reconoce a la radio, los vecinos y el serenazgo como los principales medios por los que se entera de las alertas y alarmas ante el descenso de lahares; los datos también indican que el 37% de la población usa más de un medio para informarse, lo que concuerda con un estudio previo que señala que la población tiende a verificar la información por diferentes medios, lo que compromete la efectividad de las alertas al demorar la ejecución de las medidas de preparación y respuesta (Thouret et al., 2023).

Tabla 25

Apreciación de la población, autoridades y especialistas sobre la difusión y comunicación de alertas y alarmas

Población	Autoridades	Especialistas
Identifica a la radio como el principal medio para difusión de alertas y alarmas	Algunos priorizan la difusión mediante radio Otros priorizan el perifoneo mediante los vehículos de seguridad ciudadana	Sugieren difundir los mensajes usando todos los medios disponibles
37% tiende a confirmar las alertas o alarmas con otro medio		

Fuente: Elaboración propia

Por ello es importante despertar confianza en los medios utilizados para difundir los avisos, para ello es importante posicionar a las instituciones que preparan los avisos, los voceros que los comunican y los medios que los difunden. Asimismo, una evaluación continua de la efectividad de los medios podría ayudar a mejorar el desempeño del SAT.

6.5 Sobre la preparación y respuesta ante la ocurrencia de un lahar

El porcentaje de la población que recibió información sobre la preparación de la mochila de emergencia y sobre la preparación del plan familiar se corresponde con el porcentaje de quienes aplicaron ambas medidas. Sin embargo, es preocupante que la quinta parte de la población encuestada señale no haber sido informada sobre ninguna medida de prevención. Este hallazgo explica por qué según Jacquez y Rouquette (2023) porqué el 48% indicó, casi intuitivamente, que evacuarían en caso de riesgo volcánico, el 35% reconoció que en realidad no sabrían cómo actuar.

La muestra de Mariano Melgar destaca por ser la única población que participa frecuentemente de simulacros o ejercicios de evacuación, esto es coherente con que sea el único distrito que cuenta con un plan de evacuación ante erupción volcánica el que puede ser aplicado como respuesta ante la ocurrencia de lahares.

Tabla 26

Apreciación de la población, autoridades y especialistas sobre la capacidad de respuesta

Población	Autoridades	Especialistas
-----------	-------------	---------------

El 22% declara no haber sido informado sobre las medidas de preparación	Se han desarrollado actividades de sensibilización, simulacros y ejercicios de evacuación para la población expuesta.	Se han desarrollado actividades de sensibilización, simulacros y ejercicios de evacuación para la población expuesta.
El 23% afirma no haber aplicado medidas de preparación		
El 35% señala no saber cómo actuar		
El 48% señaló que evacuaría como medida de protección	Sólo 1 de 6 municipios tiene un plan de evacuación establecido	

Fuente: Elaboración Propia

Por tanto, es necesario que los municipios elaboren sus planes de contingencia y de evacuación para incluirlos en los programas educativos y validarlos con participación de la población; de esta forma se puede incrementar la efectividad del SAT.

Capítulo VII Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- Existe un conjunto de herramientas tecnológicas, procedimientos operativos y mecanismos de coordinación que, a pesar de haber sido implementados de manera independiente, permiten alertar a la población acerca de la ocurrencia de lluvias intensas, lo que constituye un SAT ante lluvias intensas y peligros asociados, que por tanto abarca el descenso de lahares del volcán Misti como peligro relacionado.
- En el SAT existente comprende un sistema de monitoreo científico gestionado por el CENVUL del IGP y un SAT comunitario implementado por el Proyecto SAT- PREDES basado en la actuación de vigías voluntarios. Si bien este último no cuenta con un ente responsable de su gobernanza, se mantiene con funcionalidad reducida respecto de su capacidad inicial.
- Respecto del componente de conocimiento de los riesgos, se concluye que:
 - Se observa un enfoque predominante en los peligros antes que, en la vulnerabilidad, el riesgo y la resiliencia.
 - Para los pobladores, los lahares no son un peligro relevante, predominando la preocupación por otras amenazas como los sismos y las lluvias intensas; sin embargo, la población es capaz de identificar prácticas habituales que incrementan el riesgo.
 - La información acerca de los peligros se encuentra en proceso de actualización, mientras que la información sobre los riesgos por lahares se encuentra desactualizada. No se ha previsto un mecanismo para la actualización continua de la información sobre los riesgos que incluya una asignación presupuestal. Tampoco existe un mecanismo para auditar o evaluar por pares los datos obtenidos en las evaluaciones de peligros o riesgos.
- Respecto del componente de seguimiento técnico y servicio de alerta, se concluye que:
 - La población identifica al SENAMHI y al Gobierno Regional de Arequipa como los principales emisores de alertas y alarmas ante de ocurrencia de lahares.

- La ausencia de un sistema de registro de los datos generados por los vigías comunitarios captados en el proyecto SAT PREDES no permite el desarrollo de modelos para la predicción del descenso de lahares o la estimación anticipada de su impacto.
- La cantidad de vigías comunitarios del SAT comunitario ha venido disminuyendo debido a la ausencia de estímulos y de un programa de formación de nuevos vigías.
- Respecto del componente de comunicación y difusión de las alertas, se concluye que:
 - La población toma conocimiento de las alertas y alarmas por medio de la radio, sus vecinos y el serenazgo; teniendo la tendencia a comprobar los avisos consultando más de un medio lo que retrasa las acciones de respuesta.
 - No existe una estrategia para la evaluación de la efectividad de los medios utilizados para difundir las alertas.
- Respecto del componente de capacidad de respuesta, se concluye que:
 - Las principales medidas de preparación que ha adoptado la población son la preparación de la mochila de emergencia y la elaboración del plan familiar de emergencia; toda vez que son las medidas sobre las que han recibido más información.
 - La quinta parte de la población declara no haber realizado ninguna medida de preparación ante la ocurrencia de lahares.
 - La mitad de los municipios de los distritos considerados no cuentan con planes de contingencia actualizados, por lo que no hay garantía de puedan ejecutar procesos de respuestas efectivos.
 - Los municipios y el gobierno regional realizan actividades de educación comunitaria y campañas de sensibilización, pero no han establecido una estrategia para medir su efectividad.
- No existe una gestión centralizada del SAT comunitario que asegure la retención, captación, capacitación de vigías voluntarios, la evaluación de la efectividad del sistema y planificar la ampliación de su alcance.
- Se elaboró una propuesta para la mejora del SAT, que incluye objetivos, líneas de acción y actividades concretas para la recuperación de sus

capacidades, su consolidación y su crecimiento. Se identificaron además aquellas actividades que son elegibles para ser financiadas por el PREVAED

7.2 Recomendaciones

- Que la Municipalidad Provincial de Arequipa evalúe, junto con los actores participantes del SAT, la propuesta presentada en el presente documento.
- Que el INDECI, en cumplimiento de las disposiciones específicas de los lineamientos para la conformación y funcionamiento de la red nacional de alerta temprana, brinde el apoyo técnico al Gobierno Regional de Arequipa, la Municipalidad Provincial de Arequipa y las municipalidades distritales para validar e incorporar los recursos necesarios con cargo al PREVAED y recursos ordinarios según lo propuesto.
- Ejecutar una segunda etapa del Proyecto Lahares para ampliar la cobertura a las quebradas no contempladas en el alcance inicial.
- Ejecutar proyectos de investigación básica para la elaboración de modelos de predicción de ocurrencia de lahares y pronóstico de sus impactos.
- Fortalecer las capacidades de las oficinas de gestión del riesgo de los gobiernos locales, mediante:
 - La incorporación de profesionales formados en la GRD.
 - La derivación de las actividades relacionadas a las inspecciones técnicas y permisos de licencia de funcionamiento hacia otras oficinas.
- Realizar estudios similares en otros territorios a fin de establecer patrones o deficiencias comunes en la implementación de los SAT.

Referencias bibliográficas

- Agencia Andina. (9 de setiembre de 2014). IGP actualiza estaciones sísmicas del volcán Misti con modernos equipos. *Agencia Andina*. IGP actualiza estaciones sísmicas del volcán Misti con modernos equipos: <https://andina.pe/agencia/noticia-igp-actualiza-estaciones-sismicas-del-volcan-misti-modernos-equipos-525340.aspx>
- Agencia Andina. (14 de Julio de 2019). Arequipa: cuatro distritos participaron en simulacro de erupción volcánica. *Agencia Andina*. <https://andina.pe/agencia/noticia-arequipa-cuatro-distritos-participaron-simulacro-erupcion-volcanica-758637.aspx>
- Banco Mundial, CEPAL, & PNUD. (2018). *Evaluación de daños y pérdidas del Volcán de Fuego*. World Bank.
- Bardintzeff, J., & McBirney, A. (2000). *Volcanology*. Jones and Bartlett publishers.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Educación.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Budimir, M. (2020). *Transforming lives through ingenuity: Practical Action and early warning systems*. Practical Action Publishing. <https://practicalaction.org/knowledge-centre/resources/practical-action-and-early-warning-systems/>
- Cayca, L., Meza, P., Carlotto, V., & Mamani, L. (2013). Foro Internacional Peligros Geológicos. *Libro de resúmenes*. Arequipa. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1132>

Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. (2017). *Implementación de sistemas de alerta temprana (SAT) en las cuencas binacionales Suches-Titicaca y Catamayo-Chira*. <http://181.198.20.220/documents/1164>

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2021). *Escenario de riesgo volcánico: Misti (Arequipa)*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/11846>

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (s.f.). *Glosario de Términos de la Gestión del Riesgo de Desastres*. Sistema de Información de Monitoreo,: <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/glosario>

Chirinos, D., Hermitaño, B., Armas, R., Urbano, O., Aguilar, A., & Ortiz, M. (2022). Prototipo de sistema de alerta temprana para la prevención de huaicos, Chosica, Perú. *Revista Dilemas contemporáneos*, 9(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.46377/dilemas.v9i2.3163>

Choque, J. (2022). Experiencia reciente de la gestión local del riesgo volcánico y sísmico. *Libro de Resúmenes IX Foro internacional de peligros volcánicos*. INGEMMET. https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/4521/1/Choque-Experiencia_reciente_riesgo_volcanico.pdf

Corrales, M. (27 de Setiembre de 2023). Simulacro Nacional ante lluvias intensas: así se desarrolló el evento. *La República*. <https://larepublica.pe/sociedad/2023/09/25/arequipa-piura-cajamarca-tumbes-indeci-simulacro-ante-lluvias-y-peligros-asociados-en-regiones-del-peru-cuando-se-realizara-lrsd-1822450>

Cruz, J., Macedo, L., Lazarte, I., & Vargas, K. (2021). *Escenarios críticos por descenso de lahares en el distrito de Mariano Melgar*. Lima: Instituto Geofísico del Perú.

https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/5010/IGP_2021_Escenarios-criticos-por-descenso-de-lahares-Mariano-Melgar-Arequipa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cruz, R. (2009). *Gestión del riesgo por inundación en asentamientos populares, distrito de Mariano Melgar, Arequipa.*

Cuno, J. J., Cueva, K. A., Mariño, J., Arias, C., Andy, A., & Soncco, Y. (2023). Simulación de lahares en las microcuencas del volcán Misti, Arequipa – Perú. *Libro de Resúmenes IX Foro Internacional de Peligros Volcánicos - IX FIPVO* (págs. 99-102). Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

Damman, G. (Ed.). (2008). *Sistemas de información y alerta temprana para enfrentar al cambio climático.* Soluciones Prácticas-ITDG.

DS 019-2016-MTC. (2016). *Reglamento de la ley N° 30472 Ley que dispone la creación, implementación, operación y mantenimiento del sistema de mensajería de alerta temprana de emergencias (SISMATE).*

Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas. (2006). Desarrollo de Sistemas de Alerta temprana: Lista de comprobación [Documento]. *Tercera Conferencia Internacional sobre Alerta Temprana (EWC III)*. https://www.unisdr.org/files/608_spanish.pdf

Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas. (2009). *2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres.*

Fakhruddin, B., & Schick, L. (2019). Benefits of economic assessment of cyclone early warning systems - A case study on Cyclone Evan in Samoa. *Progress in Disaster Science*, 2(100034). <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100034>

- Firdaus, A., Lestari, F., Afiff, S., & Herdiansyah, H. (2023). Integration of knowledge and local wisdom for disaster resilience in Anak Krakatau volcano. *Jàmbá: Journal of Disaster Risk Studies*, 15(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.4102/jamba.v15i1.1457>
- Fuse, J., & Benites, A. (2003). *Inundaciones en la localidad de Arequipa ocasionadas por el ingreso de las torrenteras*.
- García, C., & Fearnley, C. (2012). Evaluating Critical Links in Early Warning Systems for Natural Hazards. *Environmental Hazards*, 123-137. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/17477891.2011.609877>
- Global Commission on Adaptation. (2019). *Adapt now: a global call for leadership on climate resilience*.
- Global Volcanism Program. (2024). Report on Marapi (Indonesia). En S. Sennert (Ed.), *Weekly Volcanic Activity Report, 8 May-14 May 2024*. Smithsonian Institution and US Geological Survey.
- Gobierno Regional de Arequipa. (2024). *Plan Regional de Educación Comunitaria 2024 - 2025 del Gobierno Regional de Arequipa*.
- Gobierno Regional de Arequipa. (04 de Abril de 2024). Se realizó ejercicio de simulación por lluvias intensas. *Plataforma digital única del Estado Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/regionarequipa/noticias/930422-se-realizo-ejercicio-de-simulacion-por-lluvias-intensas>
- Golding, B. (Ed.). (2022). *Towards the "Perfect" Weather Warning: Bridging Disciplinary Gaps through Partnership and Communication*. Springer.
- Gómez, C., Prado, G., & Carrasco, H. (2007). *Tecnologías respondiendo a los desastres*. Soluciones Prácticas - ITDG.
- Heitz, C., & Nagata, M. (2017). The role of individuals' risk representations in risk management - case-study on lahars in Arequipa (Peru).

Geoenvironmental Disasters, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40677-017-0093-x>

Hernández, R., Collado, C., B. M., Méndez, S., & Mendoza, C. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

Huanca, C., & Vigo, B. (2023). *Planteamiento de zonas y rutas de evacuación frente a un escenario de riesgo volcánico en el distrito de Miraflores - Arequipa 2022 [Tesis de pregrado] Universidad Católica de Santa María*. Repositorio institucional. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12728>

INDECI. (2020). *Reporte complementario N° 1318 - 16/3/2020 / COEN - INDECI / 00:10 HORAS*.

Instituto Geofísico del Perú. (11 de Julio de 2018). *Arequipa realiza simulacro por erupción volcánica del volcán Misti*. Plataforma del Estado Peruano: <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/74264-arequipa-realiza-simulacro-por-erupcion-volcanica-del-volcan-misti>

Instituto Geofísico del Perú. (2023). *IGP implementará un sistema para monitorear los lahares que descienden del volcán Misti*. Retrieved 25 de Abril de 2023, from Noticias - Instituto Geofísico del Perú - Plataforma del Estado Peruano: <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/747632-igp-implementara-un-sistema-para-monitorear-los-lahares-que-descienden-del-volcan-misti>

Instituto Geográfico Nacional. (2024). Peru 100K Hidrografía [capa vectorial]. Retrieved 18 de Junio de 2024, from <https://www.idep.gob.pe/geovisor/VisorDeMapas/>

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (2022). *Evaluación de peligro geológico por lahares (huaycos) en el distrito de Cayma. Distrito Cayma, provincia Arequipa, departamento Arequipa*.

https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3954/1/A7270-Eval.pelg_geologico_Cayma-Arequipa.pdf

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2010). *Terminología de Defensa Civil*. http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/mat_edu/terminologia2010.pdf

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2016). *Gestión reactiva del riesgo - Marco conceptual*. Instituto Nacional de Defensa Civil.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2024). *Situación de la Población Peruana, 2024. Una mirada de la diversidad étnica*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2020). *Análisis del sistema de alerta temprana y propuesta de monitoreo de lahares e inundaciones en las cuencas de los ríos coyolate y achiguate*.

Iryani, S. (2020). Analisis Karakteristik Hujan Ekstrim Untuk Mendukung Pengembangan Peringatan Dini Lahar Dingin di Lereng Gunung Merapi. *Rekonstruksi Tadulako*, 1(2), 35-40. <https://doi.org/https://doi.org/10.22487/renstra.v1i2.28>

Jacquez, L., & Rouquette, S. (2023). Réceptions de campagnes de communication publiques sur le risque volcanique. *Communiquer*, 36. <https://doi.org/10.4000/communiquer.10369>

Johnson, J., Roca, A., Pineda, A., Mérida, R., Escobar-Wolf, R., Anderson, J., . . . Waite, G. (2023). Infrasound detection of approaching lahars. *Scientific Reports*, 13(1), 1-12.

Kataoka, K., Matsumono, T., Saito, T., Kawashima, K., Nagahashi, Y., Iyobe, T., . . . Suzuki, K. (2018). Lahar characteristics as a function of triggering mechanism at a seasonally snow-clad volcano: contrasting lahars

following the 2014 phreatic eruption of Ontake Volcano, Japan. *Earth, Planets and Space*, 70(113). <https://doi.org/10.1186/s40623-018-0873-x>

Machacca, R., Calderón, J., Miranda, R., Mariño, J., Lazarte, I., Ramos, D., . . . Ortega, M. (2016). Implementación de Sistema de Alerta Temprana ante Lahares en el Volcán Ubinas, Mediante SMS. *XVIII Congreso Peruano de Geología*.

https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2822/1/Machacca-Implementacion_Sistema_de_Alerta_Temprana.pdf

Machacca, R., Del Carpio, J., Rivera, M., Tavera, H., Macedo, L., Concha, J., . . . Malpartida, A. (2021). Monitoreo de volcanes activos en Perú por el Instituto Geofísicodel Perú: Sistemas de alerta temprana, comunicación y difusión de la información. *Volcanica*, 4(S1), 61-71. <https://doi.org/https://doi.org/10.30909/vol.04.S1.4971>

Mariño, J., Rivera, M., Thouret, J. C., & Macedo, L. (2016). Geología y mapa de peligros del volcán Misti. *Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*. INGEMMET.

Medianero D. (2022). *Investigación en gestión pública: Conceptos básico y clasificación general*. Instituto de Investigaciones Económicas.

Mulatillo, J. (2020). *Reporte complementario N° 1318 - 16/3/2020 / COEN - INDECI / 00:10 HORAS*.

Municipalidad Distrital de Mariano Melgar. (2022). *Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - PPRRD ante Actividad Eruptiva del Volcán Misti*.

Municipalidad Provincial de Arequipa. (2023). *Plan de contingencias ante llluvias intensas 2023 - 2024*. Arequipa.

Ordoñez, J. (2023). *Percepción Social de la Gestión de Riesgos de Desastres y Sistema de Alerta Temprana contra inundaciones*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI

Organización de las Naciones Unidas. (2016). *Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres*.

https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreports spanish.pdf

Organización Meteorológica Mundial. (2018). *Sistemas de Alerta Temprana Multirriesgos: Lista de verificación. Primera Conferencia de Alerta Temprana Multirriesgos*. Cancún.

https://library.wmo.int/records/item/60606-sistemas-de-alerta-temprana-multirriesgos-lista-de-verificacion?language_id=13&back=&offset=

Organización Meteorológica Mundial. (2022). *Early Warnings for All. Executive Action Plan 2023-2027*. <https://library.wmo.int/idurl/4/58209>

Oviedo, H. C., & Campos-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572-580. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502005000400009&lng=en&tIng=es

PREDES. (30 de noviembre de 2020). *Proyecto Alerta Temprana en Arequipa*. [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=4yjUVrodHLI>

PREDES. (29 de Octubre de 2021). *Cinco distritos de Arequipa cuentan con su SAT comunitario ante lluvias intensas : PREDES*. PREDES: <https://predes.org.pe/cinco-distritos-de-arequipa-cuentan-con-un-sat-comunitario-ante-lluvias-intensas-y-peligros-asociados/>

PREDES. (25 de octubre de 2021). Con simulacro y simulación evalúan implementación de SAT en Arequipa. <https://predes.org.pe/con-simulacro-y-simulacion-ponen-a-prueba-implementacion-de-sat-en-arequipa/>

PREDES. (20 de Octubre de 2022). *Webinar: Los SAT salvan vidas y los escenarios de riesgo también.* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=XEye8sNYg-Q>

PREDES. (21 de Julio de 2022). [predes.org]. *Reunión Nacional de Cierre del Proyecto.* [Video adjunto]. Facebook. <https://fb.watch/ubFYS4HNCa/>

Presidencia del Consejo de Ministros. (2024). *Contenidos mínimos PP0068 2024.*

Proyecto LIFE BAETULO. (2022). *Sistema de alerta integral para la adaptación al cambio climático - Documento resumen del proyecto.*

Quesada-Román, A. (2021). Landslide risk index map at the municipal scale for Costa Rica. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 56. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102144>

Ramos-Cañón, A., Munévar, M., Prada-Sarmient, L., Escobar-Vargas, J., Vargas-Luna, A., Prieto, A., . . . Dorado, L. (2023). Redundancia de los umbrales del sistema de alerta temprana para avenidas torrenciales de Mocoa, Putumayo, Colombia. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 7(2), 142-155. <https://doi.org/https://doi.org/10.55467/reder.v7i2.129>

Red de Medios Regionales del Perú. (21 de Diciembre de 2023). Instalan 5 estaciones para la Red pluviométrica del Sistema de Alerta Temprana. *La lupa*. Gob.pe Plataforma digital única del Estado Peruano: <https://lalupa.pe/regionales/instalan-5-estaciones-para-la-red-pluviometrica-del-sistema-de-alerta-temprana-79372/>

- Rivera, M., Del Carpio, J., Tavera, H., Cruz, J., Vargas, K., Torres, J., & Concha, J. (2021). *Análisis y evaluación de escenarios críticos por descenso de lahares en volcanes peruanos*. Instituto Geofísico del Perú.
- Rivera, M., Vilchez, M., & Vela, J. (2018). Peligros por huaicos en la ciudad de Arequipa. *Libro de Resúmenes del Taller Internacional Fortalecimiento de capacidades para mitigar los impactos de huaicos en Perú*, (págs. 45-49). <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2589>
- RM 173-2015-PCM. (2015). *Lineamientos para la Conformación y Funcionamiento de la Red Nacional de Alerta Temprana – RNAT y la Conformación, Funcionamiento y Fortalecimiento de los Sistemas de Alerta Temprana – SAT*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-lineamientos-conformacion-funcionamiento-red-nacional-alerta>
- Rogers, D., & Tsirkunov, V. (2010). *Costs and benefits of early warning systems*. UNISDR.
- Sahana, M., Pravin, P., Rehman, S., Rahaman, H., Masroor, M., Imdad, K., & Sajjad, H. (2023). Assessing the effectiveness of existing early warning systems and emergency preparedness towards reducing cyclone-induced losses in the Sundarban Biosphere Region, India. *International journal of disaster risk reduction*, 90, 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103645>
- Sättele, M., Bründl, M., & Straub, D. (2015). Reliability and effectiveness of early warning systems for natural hazards: Concept and application to debris flow warning. (142), 192-202.
- Sättele, M., Bründl, M., & Straub, D. (2016). Quantifying the effectiveness of early warning systems for natural hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16, 149-166. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-149-2016>

Saunders, K., Forbes, O., Hopf, J., Patterson, C., Vollert, S., Brown, K., . . . Helmstedt, K. (2023). Data-driven recommendations for enhancing real-time natural hazard warnings, communication, and response. *arXiv*. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.14678>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2023). *Arequipa: Senamhi inaugura red de estaciones pluviométricas con fines de alerta temprana*. Gob.pe Plataforma digital única del Estado Peruano: <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/noticias/886043-arequipa-senamhi-inaugura-red-de-estaciones-pluviometricas-con-fines-de-alerta-temprana>

Sukatja, C. (2016). Early Warning System for Lahar Flow Based on Lahar Arrival Time Forecasting. *Journal of applied environmental and biological sciences*, 6(11), 11-21.

Thouret, J.-C., Fnizola, A., Fornari, M., Legeley-Padovani, A., Suni, J., & Frechen, M. (2001). Geology of El Misti volcano near the city of Arequipa, Peru. *GSA Bulletin*, 113(12), 1593-1610. [https://doi.org/https://doi.org/10.1130/0016-7606\(2001\)113<1593:GOEMVN>2.0.CO;2](https://doi.org/https://doi.org/10.1130/0016-7606(2001)113<1593:GOEMVN>2.0.CO;2)

Thouret, J.-C., Taillandier, M., Arapa, E., & Wavelet, E. (2023). Vulnerable settlements to debris flows in Arequipa, Peru: population characteristics, hazard knowledge, risk perception, and disaster risk management. *Natural Hazards*, 120, 901–955. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06167-8>

UK Met Office Press. (2022). *The importance of Evaluation for Early Warnings*. Official blog of the Met Office News Team: <https://blog.metoffice.gov.uk/2022/11/01/the-importance-of-evaluation-for-early-warnings/>

Vallance, J., & Iverson, R. (2015). Chapter 37 - Lahars and Their Deposits. En H. Sigurdsson (Ed.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (págs. 649-664).

Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385938-9.00037-7>

Vilchez, M., & Sosa, N. (2021). *Peligro geológico por movimientos en masa en la ciudad de Arequipa*. INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3186>

Villagrán de León, J. C., Pruessner, I., & Breedlove, H. (2013). Alert and Warning Frameworks in the Context of Early Warning Systems. A Comparative Review. *Intersections*(12). https://www.droughtmanagement.info/literature/UNU-EHS_alert_warning_frameworks_ews_2013.pdf

Voight, B. (1990). The 1985 Nevado del Ruiz volcano catastrophe: anatomy and retrospection. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 151-188.

We are Water Foundation. (18 de diciembre de 2019). *Lahares: la amenaza del agua bajo el volcán - We Are Water*. <https://www.wearewater.org/es/insights/lahares-la-amenaza-del-agua-bajo-el-volcan/>

Anexos

Apéndice 1: Matriz de consistencia

Título: “PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA LAHARES DEL VOLCÁN MISTI”				
Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Variables / Dimensiones	Metodología / Muestra
General	General	General		
¿Cuál es el estado del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti?	Evaluar el sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti.	El tipo de estudio no requiere la definición de hipótesis	V1/VI Estado del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del Volcán Misti	Método: Analítico sintético Tipo: Mixta Alcance: Descriptiva-Propositiva Diseño Diseño no experimental Población: Autoridades y especialistas que trabajan en GRD: representantes de las entidades públicas técnico-científicas, agencias de cooperación y autoridades responsables de la implementación del SAT en Arequipa
Específicos	Específicos	Específicas	Dimensiones	
¿Cuál es el estado del componente de conocimiento de los riesgos del sistema de alerta temprana?	Evaluar el componente de conocimiento de los riesgos del sistema de alerta temprana.		- Conocimiento de los riesgos. - Seguimiento técnico y servicio de alerta. - Comunicación y difusión de las alertas oficiales. - Capacidad de respuesta.	
¿Cuál es el estado del componente seguimiento técnico y servicio de alerta del sistema de alerta temprana?	Evaluar el componente de seguimiento técnico y servicio de alerta del sistema de alerta temprana.			
¿Cuál es el estado del componente de comunicación y difusión de las alertas oficiales del sistema de alerta temprana?	Evaluar el componente de comunicación y difusión de las alertas oficiales del sistema de alerta temprana.			Población civil: Vecinos de los distritos de José Luis Bustamante y Rivero, Cercado de Arequipa, Paucarpata, Mariano Melgar, Alto de Selva Alegre y Miraflores

Título: "PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA LAHARES DEL VOLCÁN MISTI"				
Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Variables / Dimensiones	Metodología / Muestra
General	General	General		
¿Cuál es el estado del componente de capacidad de respuesta del sistema de alerta temprana?	Evaluar el componente de capacidad de respuesta del sistema de alerta temprana.			<p>Muestra:</p> <p>Autoridades: Toda la población</p> <p>Población civil: 385 vecinos</p> <p>Técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entrevista semi estructurada. - Encuesta - Revisión documental <p>Instrumento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Guiones de entrevista semiestructurada. - Cuestionario

Apéndice 2: Cuestionario para encuesta a la población

La presente encuesta tiene por finalidad recoger información acerca de la experiencia de la población expuesta antes y durante la ocurrencia de lahares (huaicos) en las laderas del volcán Misti, esta información será de utilidad para el Proyecto de Tesis “PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA LAHARES DEL VOLCÁN MISTI”. Al contestar esta encuesta, usted autoriza que la información brindada sea usada de manera anónima, por lo que se agradece su sincera participación.

Generalidades:

- 1) Indique si reside en alguno de los siguientes distritos:

(a) Alto Selva Alegre	(d) Paucarpata
(b) Cercado de Arequipa	(e) Mariano Melgar
(c) José Luis Bustamante y Rivero	(f) Miraflores

- 2) Indique su rango de edad

(a) 18-25	(d) 46-55
(b) 26-35	(e) 56-65
(c) 36-45	(f) 65 a más

- 3) Indique su nivel educativo

(a) Primaria	(d) Universitaria
(b) Secundaria	(e) Postgrado universitario
(c) Superior Tecnológica	

Acerca del conocimiento del riesgo

- 4) Indique cuáles de los siguientes peligros pueden ocurrir en la zona donde vive: (puede ser más de uno)

(a) Lluvias intensas	(d) Sismos
(b) Huaicos	(e) Erupción volcánica
(c) Inundaciones	(f) Derrumbes

- 5) Indique en cada caso, si alguna vez: (puede ser más de uno)
 - (a) Ha observado un mapa con las zonas de peligro de su distrito.

- (b) Ha tomado conocimiento que las autoridades han realizado estudios acerca de los peligros a los que se encuentra expuesta su zona de residencia.
 - (c) Ha conversado con las autoridades acerca de los peligros en su zona de residencia.
 - (d) Ninguno de los anteriores
- 6) Indique del 1 al 5, donde 1 es nada y 5 es mucho, qué tanto pueden incrementar el peligro las siguientes situaciones:
- (a) Construir al lado de las quebradas ()
 - (b) Tirar basura o desmonte en las quebradas ()
 - (c) Ubicar canteras en las quebradas ()
 - (d) Construir sobre los muros de contención ()

Acerca de la difusión y comunicación de alertas o alarmas

- 7) Indique cuál o cuáles de las siguientes instituciones generan avisos con anticipación de días sobre la **posible ocurrencia** de un lahar (huaico): (Puede ser más de una)
- (a) SENAMHI
 - (b) Municipalidad distrital
 - (c) Municipalidad provincial
 - (d) Gobierno regional
 - (e) Ninguno de los anteriores
- 8) Indique cuál o cuáles de las siguientes instituciones generan avisos sobre la **inminente ocurrencia** de un lahar (huaico) (Puede ser más de una)
- (a) SENAMHI
 - (b) Municipalidad distrital
 - (c) Municipalidad provincial
 - (d) Gobierno regional
 - (e) Ninguno de los anteriores
- 9) Por cuáles medios se ha enterado de los avisos sobre la posible o inminente ocurrencia de un lahar (huaico) en su distrito (Puede ser más de una)
- (a) Vecinos
 - (b) Serenazgo
 - (c) Radio
 - (d) Alerta vecinal (bocinas y/o silbatos)
 - (e) Policía
 - (f) Mensaje de celular
 - (g) Ninguno

Acerca de la preparación y respuesta ante la ocurrencia de un lahar (huaico)

10) Indique si usted conoce o ha sido informado sobre: (puede ser una o más respuestas)

- (a) Las zonas seguras o de evacuación en caso de ocurrencia de lahar (huaico)
- (b) Las rutas de evacuación en caso de ocurrencia de lahar (huaico)
- (c) Los talleres que organizan las autoridades para preparar a la población ante la ocurrencia de lahar (huaico)
- (d) Los simulacros o ejercicios de evacuación ante la ocurrencia de lahar (huaico)
- (e) La conformación de brigadas de emergencia en su zona.
- (f) La preparación de la mochila de emergencia
- (g) La elaboración del plan familiar de emergencia
- (h) Ninguna de las anteriores

11) Indique si usted: (puede ser una o más respuestas)

- (a) Ha participado de algún taller organizado por las autoridades para la preparación ante lahares (huaicos)
- (b) Ha participado de algún simulacro o ejercicio de evacuación
- (c) Tiene preparada su mochila de emergencia
- (d) Ha elaborado su plan familiar de emergencia.
- (e) Forma parte de una brigada de emergencia.
- (f) Ninguna de las anteriores

Apéndice 3: Guion de entrevista semiestructurada para especialistas

La presente entrevista tiene por finalidad recoger su opinión técnica acerca del estado actual del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti. Al contestar esta entrevista, usted acuerda que la información brindada sea usada para fines del proyecto, por lo que se agradece su sincera participación.

- 1) ¿Puede reseñar brevemente su trayectoria profesional relacionada a la Gestión del Riesgo de Desastres?

Acerca del componente conocimiento del riesgo

- 2) ¿Considera que es adecuada la frecuencia con la que se actualizan las evaluaciones de peligro ante la ocurrencia de lahares? ¿Cuáles son los principales factores que dificultan o facilitan esa tarea?
- 3) En su opinión, ¿En qué medida factores como género, discapacidad, acceso a infraestructura, diversidad económica, desigualdad social y sensibilidad ambiental son o deberían ser considerados en la evaluación del riesgo?
- 4) ¿Ha identificado aspectos culturales que pueden ser aprovechados para reducir los riesgos? ¿y algunos que incrementen los riesgos?

Acerca del componente seguimiento técnico y servicio de alerta

- 5) ¿Considera que son claras las funciones, responsabilidades y mecanismos de comunicación interinstitucionales de las entidades responsables de la generación de alarmas y alertas? ¿Cómo se podrían optimizar?

Acerca del componente difusión y comunicación

- 6) ¿Considera que los mecanismos de difusión y comunicación de las alarmas y alertas son efectivos? ¿Cómo se podrían optimizar?
- 7) ¿Considera que la población está en capacidad de entender los mensajes que acompañan las alertas o alarmas?

Acerca del componente Capacidad de respuesta

- 8) ¿Cuáles considera que son los principales retos para mejorar la capacidad de respuesta?
- 9) ¿Considera que la población se encuentra interesada en participar? ¿Qué acciones podrían realizarse para potenciar su participación?

Apéndice 4: Guion de entrevista semiestructurada para autoridades

La presente entrevista tiene por finalidad recoger su opinión técnica acerca del estado actual del sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de lahares del volcán Misti. Al contestar esta encuesta, usted autoriza que la información brindada sea usada para fines del proyecto, por lo que se agradece su sincera participación.

- 1) ¿Puede reseñar brevemente su trayectoria profesional relacionada a la Gestión del Riesgo de Desastres?

Acerca del componente conocimiento del riesgo

- 2) ¿Cuáles son las principales dificultades que existen para la evaluación del peligro y/o de la vulnerabilidad en su distrito?
- 3) ¿Cuáles son los esfuerzos que realiza su institución para que la población tome consciencia del riesgo al que se encuentra expuesto?
- 4) En su opinión, ¿En qué medida factores como género, discapacidad, acceso a infraestructura, diversidad económica, desigualdad social y sensibilidad ambiental son o deberían ser considerados en la evaluación del riesgo?
- 5) ¿La población está informada de las zonas seguras, rutas de evacuación y ubicaciones previstas para albergues temporales en caso de ocurrencia de lahares?
- 6) ¿Ha identificado aspectos culturales que pueden ser aprovechados para reducir los riesgos? ¿y algunos que incrementen los riesgos?

Acerca del componente seguimiento técnico y servicio de alerta

- 7) ¿Considera que son claras las funciones, responsabilidades y mecanismos de comunicación interinstitucionales de las entidades responsables de la generación de alarmas y alertas? ¿Cómo se podrían optimizar?
- 8) ¿Cómo recibe su institución las alertas o alarmas acerca de la ocurrencia de un peligro?
- 9) ¿Se ha involucrado a la población en los esfuerzos de monitoreo de los peligros?

Acerca del componente difusión y comunicación

- 10) ¿Cuáles son los principales mecanismos que ha implementado su institución para comunicar a la población de la posible o inminente ocurrencia de un peligro?
- 11) ¿Se tiene prevista la implementación de nuevos medios de comunicación?
- 12) ¿Tiene algún ejemplo del tipo de mensaje que se transmite con las alertas o alarmas?

Acerca del componente Capacidad de respuesta

- 13) ¿Qué esfuerzos realiza su institución para la difusión del plan de contingencia o PPRRDD en la población? ¿Considera que están en capacidad de comprenderlo?
- 14) ¿La población participa de los simulacros o ejercicios de evacuación? ¿Cuáles son los principales desafíos para mejorar su disposición a participar?

Apéndice 5: Reportes de validación de instrumento de investigación



REPORTE DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN (VALIDEZ DE CONTENIDO)

I. DATOS GENERALES

1. **Título de la investigación:** Propuesta de mejora del sistema de alerta temprana para lahares del volcán Misti
2. **Autores de la investigación:** Bach. Jaime Eloy Sotelo Ramírez
3. **Nombre del Instrumento:** Guion de entrevista semiestructurada para especialistas
4. **Nombre del experto:** Msc. Wilmer Solier Quispe
5. **Área de desempeño laboral:** Consultor en Gestión del Riesgo de Desastres y Gestión Pública

Marque en el recuadro respectivo, si el instrumento a su juicio cumple o no con el criterio exigido:

Criterios		Valoración		Observación
		Si	No	
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje claro y preciso.	X	
2	OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.	X	
3	PERTINENCIA	Adecuado al avance de la ciencia de la Educación.	X	
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica	X	
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.	X	
6	ADECUACIÓN	Adecuado para valorar el constructo o variable a medir.	X	
7	CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos.	X	
8	COHERENCIA	Entre las definiciones, dimensiones e indicadores.	X	
9	METODOLOGÍA	La estrategia corresponde al propósito de la medición.	X	
10	SIGNIFICATIVIDAD	Es útil y adecuado para la investigación.	X	

6. Criterio de validación del experto: Procede su aplicación: Si (X) No()

Nombres y apellidos	WILMER SOLIER QUISPE	
Dirección	JR. ALBERTO ALEXANDER 2325 – DPTO. 203 - LINCE	
Título profesional/ Especialidad	LICENCIADO EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS	
Grado académico y mención	MAESTRO EN GESTIÓN PÚBLICA	
Firma		

**REPORTE DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
(VALIDEZ DE CONTENIDO)**

I. DATOS GENERALES

1. **Título de la investigación:** Propuesta de mejora del sistema de alerta temprana para lahares del volcán Misti
2. **Autores de la investigación:** Bach. Jaime Eloy Sotelo Ramírez
3. **Nombre del Instrumento:** Guion de entrevista semiestructurada para autoridades
4. **Nombre del experto:** Msc. Wilmer Solier Quispe
5. **Área de desempeño laboral:** Consultor en Gestión del Riesgo de Desastres y Gestión Pública

Marque en el recuadro respectivo, si el instrumento a su juicio cumple o no con el criterio exigido:

Criterios			Valoración		Observación
			Si	No	
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje claro y preciso.	X		
2	OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.	X		
3	PERTINENCIA	Adecuado al avance de la ciencia de la Educación.	X		
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica	X		
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.	X		
6	ADECUACIÓN	Adecuado para valorar el constructo o variable a medir.	X		
7	CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos.	X		
8	COHERENCIA	Entre las definiciones, dimensiones e indicadores.	X		
9	METODOLOGÍA	La estrategia corresponde al propósito de la medición.	X		
10	SIGNIFICATIVIDAD	Es útil y adecuado para la investigación.	X		

6. Criterio de validación del experto: Procede su aplicación: Si (X) No()

Nombres y apellidos	WILMER SOLIER QUISPE	
Dirección	JR. ALBERTO ALEXANDER 2325 – DPTO. 203 - LINCE	
Título profesional/ Especialidad	LICENCIADO EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS	
Grado académico y mención	MAESTRO EN GESTIÓN PÚBLICA	
Firma		

**REPORTE DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
(VALIDEZ DE CONTENIDO)**

I. DATOS GENERALES

1. **Título de la investigación:** Propuesta de mejora del sistema de alerta temprana para lahares del volcán Misti
2. **Autores de la investigación:** Bach. Jaime Eloy Sotelo Ramírez
3. **Nombre del Instrumento:** Encuesta para población expuesta
4. **Nombre del experto:** Msc. Wilmer Solier Quispe
5. **Área de desempeño laboral:** Consultor en Gestión del Riesgo de Desastres y Gestión Pública

Marque en el recuadro respectivo, si el instrumento a su juicio cumple o no con el criterio exigido:

	Criterios	Valoración		Observación
		Si	No	
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje claro y preciso.	X	
2	OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.	X	
3	PERTINENCIA	Adecuado al avance de la ciencia de la Educación.	X	
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica	X	
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.	X	
6	ADECUACIÓN	Adecuado para valorar el constructo o variable a medir.	X	
7	CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos.	X	
8	COHERENCIA	Entre las definiciones, dimensiones e indicadores.	X	
9	METODOLOGÍA	La estrategia corresponde al propósito de la medición.	X	
10	SIGNIFICATIVIDAD	Es útil y adecuado para la investigación.	X	

6. Criterio de validación del experto: Procede su aplicación: Si (X) No()

Nombres y apellidos	WILMER SOLIER QUISPE	
Dirección	JR. ALBERTO ALEXANDER 2325 -- DPTO. 203 - LINCE	
Título profesional/ Especialidad	LICENCIADO EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS	
Grado académico y mención	MAESTRO EN GESTIÓN PÚBLICA	
Firma		

**REPORTE DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
(VALIDEZ DE CONTENIDO)**

I. DATOS GENERALES

1. **Título de la investigación:** Propuesta de mejora del sistema de alerta temprana para lahares del volcán Misti
2. **Autores de la investigación:** Bach. Jaime Eloy Sotelo Ramírez
3. **Nombre del Instrumento:** Guión de entrevista semiestructurada para especialistas
4. **Nombre del experto:** Msc. Badí Bizet Bendezú Boza
5. **Área de desempeño laboral:** Gestión de riesgo de desastres

Marque en el recuadro respectivo, si el instrumento a su juicio cumple o no con el criterio exigido:

Criterios			Valoración		Observación
			Si	No	
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje claro y preciso.	X		
2	OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.	X		
3	PERTINENCIA	Adecuado al avance de la ciencia de la Educación.	X		
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica	X		
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.	X		
6	ADECUACIÓN	Adecuado para valorar el constructo o variable a medir.	X		
7	CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos.	X		
8	COHERENCIA	Entre las definiciones, dimensiones e indicadores.	X		
9	METODOLOGÍA	La estrategia corresponde al propósito de la medición.	X		
10	SIGNIFICATIVIDAD	Es útil y adecuado para la investigación.	X		

6. Criterio de validación del experto: Procede su aplicación: Si (X) No()

Nombres y apellidos	BADI BIZET BENDEZÚ BOZA	
Dirección	HUANCAYO	
Título profesional/ Especialidad	INGENIERA CIVIL	
Grado académico y mención	MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL	
Firma		

**REPORTE DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
(VALIDEZ DE CONTENIDO)**

1. DATOS GENERALES

1. **Título de la investigación:** Propuesta de mejora del sistema de alerta temprana para lahares del volcán Misti
2. **Autores de la investigación:** Bach. Jaime Eloy Sotelo Ramírez
3. **Nombre del Instrumento:** Guión de entrevista semiestructurada para autoridades
4. **Nombre del experto:** Msc. Badi Bizet Bendejú Boza
5. **Área de desempeño laboral:** Gestión de riesgo de desastres

Marque en el recuadro respectivo, si el instrumento a su juicio cumple o no con el criterio exigido:

Criterios			Valoración		Observación
			Si	No	
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje claro y preciso.	X		
2	OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.	X		
3	PERTINENCIA	Adecuado al avance de la ciencia de la Educación.	X		
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica	X		
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.	X		
6	ADECUACIÓN	Adecuado para valorar el constructo o variable a medir.	X		
7	CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos.	X		
8	COHERENCIA	Entre las definiciones, dimensiones e indicadores.	X		
9	METODOLOGÍA	La estrategia corresponde al propósito de la medición.	X		
10	SIGNIFICATIVIDAD	Es útil y adecuado para la investigación.	X		

6. Criterio de validación del experto: Procede su aplicación: Si (X) No()

Nombres y apellidos	BADI BIZET BENDEZÚ BOZA	
Dirección	HUANCAYO	
Título profesional/ Especialidad	INGENIERA CIVIL	
Grado académico y mención	MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL	
Firma		

**REPORTE DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
(VALIDEZ DE CONTENIDO)**

I. DATOS GENERALES

1. **Título de la investigación:** Propuesta de mejora del sistema de alerta temprana para lahares del volcán Misti
2. **Autores de la investigación:** Bach. Jaime Eloy Sotelo Ramírez
3. **Nombre del Instrumento:** Encuesta para población expuesta
4. **Nombre del experto:** Msc. Badi Bizet Bendezú Boza
5. **Área de desempeño laboral:** Gestión de riesgo de desastres

Marque en el recuadro respectivo, si el instrumento a su juicio cumple o no con el criterio exigido:

Criterios			Valoración		Observación
			Si	No	
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje claro y preciso.	X		
2	OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.	X		
3	PERTINENCIA	Adecuado al avance de la ciencia de la Educación.	X		
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica	X		
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.	X		
6	ADECUACIÓN	Adecuado para valorar el constructo o variable a medir.	X		
7	CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos.	X		
8	COHERENCIA	Entre las definiciones, dimensiones e indicadores.	X		
9	METODOLOGÍA	La estrategia corresponde al propósito de la medición.	X		
10	SIGNIFICATIVIDAD	Es útil y adecuado para la investigación.	X		

6. Criterio de validación del experto: Procede su aplicación: Si (X) No()

Nombres y apellidos	BADI BIZET BENDEZÚ BOZA	
Dirección	HUANCAYO	
Título profesional/ Especialidad	INGENIERA CIVIL	
Grado académico y mención	MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL	
Firma		

**REPORTE DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
(VALIDEZ DE CONTENIDO)**

I. DATOS GENERALES

1. **Título de la investigación:** Propuesta de mejora del sistema de alerta temprana para lahares del volcán Misti
2. **Autores de la investigación:** Bach. Jaime Eloy Sotelo Ramirez
3. **Nombre del Instrumento:** Guion de entrevista semiestructurada para especialistas
4. **Nombre del experto:** Dr. Marco Antonio Rivera Porras
5. **Área de desempeño laboral:** Experto en estudios vulcanológicos, petrológicos, geoquímicos y de evaluación de peligros volcánicos

Marque en el recuadro respectivo, si el instrumento a su juicio cumple o no con el criterio exigido:

Criterios			Valoración		Observación
			Si	No	
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje claro y preciso.	X		
2	OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.	X		
3	PERTINENCIA	Adecuado al avance de la ciencia de la Educación.	X		
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica	X		
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.	X		
6	ADECUACIÓN	Adecuado para valorar el constructo o variable a medir.	X		
7	CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos.	X		
8	COHERENCIA	Entre las definiciones, dimensiones e indicadores.	X		
9	METODOLOGÍA	La estrategia corresponde al propósito de la medición.	X		
10	SIGNIFICATIVIDAD	Es útil y adecuado para la investigación.	X		

6. Criterio de validación del experto: Procede su aplicación: Si (X) No()

Nombres y apellidos	MARCO ANTONIO RIVERA PORRAS	
Dirección	AREQUIPA	
Título profesional/ Especialidad	INGENIERO GEÓLOGO	
Grado académico y mención	DOCTOR EN CIENCIAS DE LA TIERRA	
Firma		

**REPORTE DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
(VALIDEZ DE CONTENIDO)**

I. DATOS GENERALES

1. **Título de la investigación:** Propuesta de mejora del sistema de alerta temprana para lahares del volcán Misti
2. **Autores de la investigación:** Bach. Jaime Eloy Sotelo Ramírez
3. **Nombre del Instrumento:** Guion de entrevista semiestructurada para autoridades
4. **Nombre del experto:** Dr. Marco Antonio Rivera Porras
5. **Área de desempeño laboral:** Experto en estudios vulcanológicos, petrológicos, geoquímicos y de evaluación de peligros volcánicos

Marque en el recuadro respectivo, si el instrumento a su juicio cumple o no con el criterio exigido:

Criterios			Valoración		Observación
			Si	No	
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje claro y preciso.	X		
2	OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.	X		
3	PERTINENCIA	Adecuado al avance de la ciencia de la Educación.	X		
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica	X		
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.	X		
6	ADECUACIÓN	Adecuado para valorar el constructo o variable a medir.	X		
7	CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos.	X		
8	COHERENCIA	Entre las definiciones, dimensiones e indicadores.	X		
9	METODOLOGÍA	La estrategia corresponde al propósito de la medición.	X		
10	SIGNIFICATIVIDAD	Es útil y adecuado para la investigación.	X		

6. Criterio de validación del experto: Procede su aplicación: Sí (X) No()

Nombres y apellidos	MARCO ANTONIO RIVERA PORRAS	
Dirección	AREQUIPA	
Título profesional/ Especialidad	INGENIERO GEÓLOGO	
Grado académico y mención	DOCTOR EN CIENCIAS DE LA TIERRA	
Firma		

**REPORTE DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
(VALIDEZ DE CONTENIDO)**

I. DATOS GENERALES

1. **Título de la investigación:** Propuesta de mejora del sistema de alerta temprana para lahares del volcán Misti
2. **Autores de la investigación:** Bach. Jaime Eloy Sotelo Ramírez
3. **Nombre del Instrumento:** Encuesta para población expuesta
4. **Nombre del experto:** Dr. Marco Antonio Rivera Porras
5. **Área de desempeño laboral:** Experto en estudios vulcanológicos, petrológicos, geoquímicos y de evaluación de peligros volcánicos

Marque en el recuadro respectivo, si el instrumento a su juicio cumple o no con el criterio exigido:

	Criterios	Valoración		Observación
		Si	No	
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje claro y preciso.	X	
2	OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.	X	
3	PERTINENCIA	Adecuado al avance de la ciencia de la Educación.	X	
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica	X	
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.	X	
6	ADECUACIÓN	Adecuado para valorar el constructo o variable a medir.	X	
7	CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos.	X	
8	COHERENCIA	Entre las definiciones, dimensiones e indicadores.	X	
9	METODOLOGÍA	La estrategia corresponde al propósito de la medición.	X	
10	SIGNIFICATIVIDAD	Es útil y adecuado para la investigación.	X	

6. Criterio de validación del experto: Procede su aplicación: Si (X) No()

Nombres y apellidos	MARCO ANTONIO RIVERA PORRAS	
Dirección	AREQUIPA	
Título profesional/ Especialidad	INGENIERO GEÓLOGO	
Grado académico y mención	DOCTOR EN CIENCIAS DE LA TIERRA	
Firma		