



**Generación de Herramientas de Visualización para la construcción del GeoPortal de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para el módulo Amenazas y Riesgos para el empleo de las Fuerzas Armadas en apoyo a las instituciones del estado, generando dashboards y storymaps para la toma de decisiones y apoyo de la comunidad y de diferentes entidades del estado.**

Cabrera Soto, Jimmy Wladimir; Gallardo Camacho, Nickol Stefany; Gómez Coral, Nicole Abigail; López Hoyos, Bladimir Alexander; Salas Herrera, Francisco Xavier y Salazar Espinoza, Vicente Ricardo

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geoespacial

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero Geoespacial

Ing. Padilla Almeida Oswaldo Vinicio

28 de agosto de 2023



Copyleaks  
Plagiarism report

**MIC\_COTOPAXI\_REVISION.pdf**

---

**Scan details**

Scan time: August 22th, 2023 at 16:51 UTC      Total Pages: 64      Total Words: 15986

**Plagiarism Detection**



Types of plagiarism		Words
Identical	2.2%	345
Minor Changes	0.5%	75
Paraphrased	5.1%	811
Omitted Words	0%	0

**AI Content Detection**



Text coverage	
AI text	0%
Human text	100%

---



Copyleaks  
Plagiarism report

**Mic\_final1\_copy\_lopez.pdf**

---

**Scan details**

Scan time: August 22th, 2023 at 13:14 UTC      Total Pages: 61      Total Words: 15164

**Plagiarism Detection**



Types of plagiarism		Words
Identical	0.7%	108
Minor Changes	3.6%	541
Paraphrased	3.3%	495
Omitted Words	0%	0

**AI Content Detection**



Text coverage	
AI text	0%
Human text	100%

[🔍 Plagiarism Results: \(41\)](#)



Copyleaks  
Plagiarism report

**Escrito\_sin\_Bilio.pdf**

---

**Scan details**

Scan time: August 21th, 2023 at 20:53 UTC      Total Pages: 56      Total Words: 13913

**Plagiarism Detection**



Types of plagiarism		Words
Identical	4%	550
Minor Changes	4.2%	583
Paraphrased	0.6%	88
Omitted Words	0%	0

**AI Content Detection**



Text coverage	
AI text	0%
Human text	100%

.....

**Ing. Padilla Almeida, Oswaldo Vinicio PhD**

**Director**



## Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

### Carrera de Ingeniería Geoespacial

#### Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: “**Generación de Herramientas de Visualización para la construcción del GeoPortal de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para el módulo Amenazas y Riesgos para el empleo de las Fuerzas Armadas en apoyo a las instituciones del estado, generando dashboards y storymaps para la toma de decisiones y apoyo de la comunidad y de diferentes entidades del estado**” fue realizado por los señores **Cabrera Soto, Jimmy Wladimir; Gallardo Camacho, Nickol Stefany; Gómez Coral, Nicole Abigail; López Hoyos, Bladimir Alexander; Salas Herrera, Francisco Xavier y Salazar Espinoza, Vicente Ricardo**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 25 de agosto 2023**

.....  
**Ing. Padilla Almeida, Oswaldo Vinicio PhD**

C. C 1709776650



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geoespacial

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Cabrera Soto, Jimmy Wladimir; Gallardo Camacho, Nickol Stefany; Gómez Coral, Nicole Abigail; López Hoyos, Bladimir Alexander; Salas Herrera, Francisco Xavier y Salazar Espinoza, Vicente Ricardo**, con cédulas de ciudadanía N° 1725176091, 1723469373, 1750922146, 0704409176, 1726924549 y 1716754559, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Generación de Herramientas de Visualización para la construcción del GeoPortal de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para el módulo Amenazas y Riesgos para el empleo de las Fuerzas Armadas en apoyo a las instituciones del estado, generando dashboards y storymaps para la toma de decisiones y apoyo de la comunidad y de diferentes entidades del estado** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 25 de agosto 2023

**López Hoyos,  
Bladimir Alexander  
CC: 0704409176**

**Gallardo Camacho,  
Nickol Stefany  
CC: 1723469373**

**Cabrera Soto,  
Jimmy Wladimir  
CC: 1725176091**

**Salazar Espinoza,  
Vicente Ricardo  
CC: 1716754559**

**Gómez Coral,  
Nicole Abigail  
CC: 1750922146**

**Salas Herrera,  
Francisco Xavier  
CC: 1726924549**



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geoespacial

Autorización de Publicación

Nosotros, **Cabrera Soto, Jimmy Wladimir; Gallardo Camacho, Nickol Stefany; Gómez Coral, Nicole Abigail; López Hoyos, Bladimir Alexander; Salas Herrera, Francisco Xavier y Salazar Espinoza, Vicente Ricardo**, con cédulas de ciudadanía N° **1725176091, 1723469373, 1750922146, 0704409176, 1726924549 y 1716754559**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Título: Generación de Herramientas de Visualización para la construcción del GeoPortal de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para el módulo Amenazas y Riesgos para el empleo de las Fuerzas Armadas en apoyo a las instituciones del estado, generando dashboards y storymaps para la toma de decisiones y apoyo de la comunidad y de diferentes entidades del estado en el Repositorio Institucional**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 25 de agosto 2023

**López Hoyos,  
Bladimir Alexander  
CC: 0704409176**

**Gallardo Camacho,  
Nickol Stefany  
CC: 1723469373**

**Cabrera Soto,  
Jimmy Wladimir  
CC: 1725176091**

**Salazar Espinoza,  
Vicente Ricardo  
CC:1716754559**

**Gómez Coral,  
Nicole Abigail  
CC:1750922146**

**Salas Herrera,  
Francisco Xavier  
CC:1726924549**

### **Dedicatoria**

*Dedico este trabajo a mis padres, mis pilares y fuente inagotable de apoyo, quiero dedicarles este logro que hoy culmina. Desde el inicio de mi carrera académica, han estado a mi lado, brindándome aliento y confianza en cada paso del camino. Su amor incondicional y sus sacrificios han sido mi mayor motivación y fortaleza. Cada logro que he alcanzado es gracias a su constante apoyo y guía.*

*A mi amada esposa, tu amor inquebrantable y tu apoyo incondicional han sido el motor que me impulsa a seguir adelante en este viaje académico, tu paciencia, comprensión y compañía han sido mi refugio en los momentos de dificultad, gracias por estar a mi lado, por creer en mí y por ser mi mayor motivación. Sin ti, este logro no tendría el mismo significado.*

*A mis adorables hijas, que son mi mayor inspiración y razón de ser, su alegría y entusiasmo por la vida me impulsan a superar mis propios límites. Su amor incondicional y su confianza en mí me han dado la fuerza para perseverar en este arduo camino, que este logro sea un ejemplo para ustedes de que, con dedicación y esfuerzo, se pueden alcanzar los sueños más grandes.*

**López Bladimir**

*Atribuyo mi éxito a mis queridos padres y hermanos, quienes han sido mis inquebrantables pilares a lo largo del trayecto. Su apoyo incondicional ha sido mi motor contante. Ellos han moldeado mi carácter y valores, infundiendo en mí la perseverancia necesaria para alcanzar mis metas.*

*Sus amorosos gestos y sabios consejos han sido fundamentales en mi evolución personal, permitiéndome alcanzar mi mejor versión.*

*Así mismo, deseo dedicar mis logros a aquellos que dudan de sí mismos.*

*Quiero transmitirles que, a través del esfuerzo continuo progresivo, eventualmente experimentarán la satisfacción de decir “lo logre”, ese día se convertirá en uno de los más gratificantes de sus vidas.*

**Gallardo Nickol**

*Dedico este trabajo primero a Dios por haberme iluminado en todo momento, a mis padres, que son el pilar fundamental de mi vida en este trayecto arduo de conocimiento y aprendizaje, quienes con su amor, paciencia y sacrificio me guiaron para cumplir mi objetivo; a mi hijo, fuente de inspiración en mi vida y por quién trato de ser una mejor persona cada día; a mis hermanos que han sido un ejemplo de superación y finalmente a mis docentes que fueron guía de sabiduría y conocimiento, permitiéndome alcanzar nuevos aprendizajes que sin duda servirán en mi vida profesional.*

**Capt. De E. Salazar Espinoza, Vicente Ricardo**

*Dedico el desarrollo de este proyecto a Dios y la esperanza de que todo el esfuerzo siempre será recompensado. Del mismo modo, quiero dedicarlo a las siguientes personas, sin quienes no podría haber encontrado la motivación y fuerza para siempre mantenerme enfocado:*

*A mi madre Lucía, una mujer completamente luchadora de quién he aprendido que en base al trabajo duro y la honestidad en alto es posible alcanzar cualquier meta,*

*A la luz de mis días, Carolina, las palabras me terminarían por hacer falta para expresar el enorme agradecimiento a tu persona, pues el amor, acompañamiento y la paciencia que me has demostrado han hecho de mí una mejor persona y me han servido de mucha ayuda para continuar siempre en mi camino,*

*A mis hermanos, Evelyn, Erick y Javier, quienes me han inspirado a esforzarme por un mejor futuro para todos nosotros,*

*A mis hijos de cuatro patitas, Rafaello, Pollux, Gea y Maxi, de donde obtengo gran parte de mi alegría.*

**Ing. Jimmy Wladimir Cabrera Soto**

*A mis padres, que han sabido guiarme durante este largo camino y han tenido la fortaleza necesaria para seguir apoyándome sin importar las dificultades presentadas.*

*A mis hermanos Jenny, Roberto y Fernando que han sido testigos del esfuerzo hecho.*

*A mis amigos que han sido partícipes de este logro brindándome una mano en los momentos más difíciles.*

**Salas Herrera, Francisco Xavier**

*A Dios por haber permitido llegar a este punto y haberme dado salud y vida para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

*A mis padres Robert y María Sol por su amor incondicional y por creer en mí desde el primer día. Por sus sacrificios, apoyo constante y por enseñarme a nunca rendirme ante los obstáculos de la vida, que han sido la clave de mi éxito, este logro es también suyo.*

*A mi hermano Mateo por su respaldo y cariño, por las veces que me acompañó a dejarme a la U.*

*A Gabriel, tu ayuda ha sido fundamental, por estar en los momentos difíciles, el transcurso de la carrera no fue fácil, pero estuviste ayudándome y motivándome hasta donde tus alcances lo permitían, fue un placer estudiar y hacer deberes junto a ti.*

*A Anais, por ser una verdadera amiga, por compartir cada semestre y ayudarnos mutuamente.*

*A mis docentes, por brindarme una formación profesional con calidad.*

*A Blanquita y Saso por acompañarme en mis deberes, trabajos, madrugadas y amanecidas.*

**Gómez Coral, Nicole Abigail**

## **Agradecimiento**

*Agradecemos profundamente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por brindarnos una educación de calidad y por ser el espacio donde hemos adquirido conocimientos fundamentales para nuestra formación profesional.*

*Expresamos nuestro sincero agradecimiento al Ing. Oswaldo Padilla, cuyo apoyo inquebrantable y dedicación constante fueron esenciales para orientarnos en el proceso de desarrollo de esta investigación.*

*Extendemos nuestro reconocimiento a todos los profesores que nos han acompañado en nuestro camino de crecimiento personal, quienes han cultivado en nosotros los valores más destacados y han fomentado un alto nivel de profesionalismo a lo largo de nuestros años de estudio.*

## Índice de Contenido

Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	12
Índice de Tablas .....	24
Índice de figuras.....	25
Resumen .....	36
Abstract.....	37
Objetivo 1: Realizar el levantamiento y estructuración de información geoespacial relativa a una eventual erupción del Volcán Cotopaxi .....	38
Capítulo I .....	38
Introducción.....	38
Objetivo General.....	38
Objetivo Específico.....	38
Metas .....	39
Antecedentes .....	39
Problema.....	40
Justificación.....	41
Zona de estudio.....	42
Capítulo II .....	43
Marco Teórico.....	43
Amenazas y Riesgos .....	43
Gestión de riesgos.....	44

	14
Fuerzas Armadas: funciones y roles en situación de emergencia .....	48
Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) .....	49
Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	52
Modelamiento geoespacial.....	53
Sistemas de visualización .....	54
Geoportales.....	55
Dashboards y Storymaps como herramientas de visualización.....	56
Importancia de los dashboards y storymaps en la toma de decisiones .....	58
Dashboards y storymaps utilizados en la gestión de desastres naturales.....	58
Metodologías de diseño y desarrollo de Geoportales .....	59
Ciclo de vida del desarrollo de Geoportales .....	60
Metodologías ágiles aplicadas al desarrollo de Geoportales .....	60
Geoportales en el ámbito militar .....	61
Erupciones Volcánicas: conceptos fundamentales.....	62
Historia de las erupciones volcánicas en el Ecuador y su impacto .....	65
Marco normativo y legal relacionado .....	66
Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP) .....	66
Normativa referente a la información pública y su difusión. ....	67
Políticas Nacionales de Información Geoespacial (CONAGE). ....	67
Capítulo III .....	70
Metodología.....	70
Modelo de la metodología estructurada .....	70

	15
Obtención de la Información .....	70
Generación de los modelos.....	71
Modelo de altura de lahares.....	72
Modelo de rutas de evacuación.....	83
Integración de bases de datos .....	91
Generación de Survey123 .....	97
Generación de Dashboards.....	104
Generación de Storymaps.....	112
Análisis de usabilidad .....	115
Capítulo IV.....	118
Resultados y análisis .....	118
Estructuración de la información geoespacial en la plataforma ArcGIS.....	118
Modelos de caracterización de la eventual erupción del Volcán Cotopaxi .....	118
Formulario de necesidades y bases de datos .....	126
Dashboard de afectaciones en base al modelo propuesto.....	127
Dashboard de rutas de evacuación.....	128
Dashboard de infraestructura afectada con información oficial de la SGR.....	130
Storymap de la eventual erupción del Volcán Cotopaxi.....	131
Análisis de usabilidad .....	132
Capítulo V.....	134
Conclusiones y recomendaciones.....	134
Conclusiones .....	134

Recomendaciones .....	135
Referencias Bibliográficas .....	136
Objetivo 2: Realizar el levantamiento y estructuración de información geoespacial relativa a un eventual tsunami en las costas ecuatorianas .....	146
Capítulo I .....	146
Introducción .....	146
Objetivos .....	146
Objetivo General .....	146
Objetivo Específico.....	146
Metas .....	147
Antecedentes .....	147
Problema .....	148
Justificación.....	149
Zona de estudio.....	150
Capitulo II .....	151
Resumen .....	151
Conceptos Fundamentales .....	152
Gestión de riesgo .....	152
Principales actividades en gestión de riesgos.....	153
Respuesta.....	153
Recuperación .....	153
Preparación.....	153

Mitigación .....	154
Ciclo de la gestión de riesgo.....	154
Riesgo.....	154
Amenaza .....	155
Vulnerabilidad.....	156
Peligro .....	156
Vulnerabilidad.....	157
Modelamiento geoespacial.....	158
Tecnologías de la información geográfica .....	159
Sensores remotos .....	159
Fotogrametría .....	160
Cartografía .....	160
Infraestructura de datos espaciales.....	161
Características de la Infraestructura de Datos Espaciales en el Ecuador: .....	162
Sistema de Información Geográfico.....	163
Sistemas de visualización.....	164
Geoportales.....	165
Fuerzas Armadas: funciones y roles en situación de emergencia .....	167
Herramientas de visualización de geoportales.....	168
Importancia de herramientas de visualización de datos espaciales.....	168
Dashboards y Storymaps como herramientas de visualización.....	170
Dashboards .....	170

StoryMaps .....	171
Importancia de los Dashboards y StoryMaps en la toma de decisiones .....	172
Dashboards y StoryMaps utilizados en la gestión de desastres naturales .....	172
Esri's Story Maps for Disaster Management.....	172
Survey123 .....	172
Flujo de trabajo survey123 .....	173
Metodologías de diseño y desarrollo de Geoportales.....	174
Enfoques de diseño centrados en el usuario para Geoportales.....	174
Ciclo de vida del desarrollo de Geoportales .....	175
Geoportales en el ámbito militar .....	175
Casos de Geoportales implementados por fuerzas armadas en apoyo a instituciones del estado .....	176
Tsunamis: conceptos fundamentales .....	177
Definición y características de los tsunamis .....	177
Causas y mecanismos de generación de tsunamis .....	178
Causas de los tsunamis: .....	178
Mecanismos de generación de tsunamis:.....	179
Tipos de tsunamis y su impacto en las costas.....	180
Historia de tsunamis en las costas ecuatorianas y su impacto .....	181
Marco normativo y legal relacionado .....	183
Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP) .....	183
Normativa referente a la información pública y su difusión. ....	184

Políticas Nacionales de Información Geoespacial (CONAGE) .....	184
Política 1: Referente a las políticas de generación y actualización de geo información. ....	185
Política 2: Referente al uso de la geoinformación. ....	185
Política 3: Referente a la difusión de la geoinformación. ....	186
Política 4: Referente a la entrega, intercambio y venta de información geoespacial. ....	186
Capítulo III .....	187
Metodología.....	187
Modelo de la metodología estructurada .....	187
Obtención de la información .....	188
Modelo de ola tsunami .....	188
Áreas de inundación .....	190
Área de afectación .....	192
Población Afectada .....	193
Infraestructura Afectada.....	195
Dashboard.....	196
ArcGIS Online .....	196
Elaboración de mapas.....	200
Elaboración del Dashboard .....	201
Survey123 .....	204
Generación de story maps .....	211
Análisis de Usabilidad .....	215
Capitulo IV .....	217

	20
Resultados y análisis .....	217
Dashboards de afectaciones del modelo .....	217
StoryMap en la exposición de los situacionales .....	220
Análisis de usabilidad .....	222
Capítulo V .....	226
Conclusiones y recomendaciones .....	226
Conclusiones .....	226
Recomendaciones .....	227
Referencias Bibliográficas .....	229
Objetivo 3: Identificar los posibles escenarios ante una amenaza de inundaciones en las costas del Ecuador .....	233
Capítulo I .....	233
Introducción .....	233
Objetivo General .....	233
Objetivos Específicos .....	233
Metas .....	234
Antecedentes .....	234
Problema .....	235
Justificación .....	236
Zona de Estudio .....	236
Capitulo II .....	238
Marco Teórico .....	238

	21
Gestión de Riesgos .....	238
Principales Actividades en gestión de Riesgos.....	238
Respuesta.....	238
Recuperación .....	238
Preparación.....	239
Mitigación .....	239
Ciclo de la gestión de riesgos.....	239
Fuerzas Armadas: funciones y roles en situación de emergencia .....	240
Riesgo.....	241
Amenaza.....	241
Vulnerabilidad.....	242
Peligros Naturales .....	243
Definición y características de las inundaciones.....	244
Tipos de inundaciones y su impacto .....	245
Historia de las inundaciones, Fenómeno de “El Niño” y su impacto.....	246
Tecnologías de la Información Geográfica (TIG).....	248
Sensores Remotos.....	248
Fotogrametría .....	249
Cartografía .....	250
Infraestructura de datos geoespaciales (IDE) .....	250
Sistemas de información geográfica (SIG) .....	252
Modelamiento .....	253

	22
Sistemas de visualización .....	254
Geoportales.....	255
Metodologías de diseño y desarrollo de Geoportales.....	256
Geoportales en el ámbito militar .....	258
Casos de Geoportales implementados por fuerzas armadas en apoyo a instituciones del estado .....	258
Dashboards .....	259
Dashboards y Storymaps como herramientas de visualización.....	260
Storymaps .....	260
Importancia de los dashboards y storymaps en la toma de decisiones .....	260
Esri's Story Maps for Disaster Management.....	261
Survey.....	261
Marco normativo y legal relacionado .....	261
Usabilidad .....	265
Capitulo III .....	266
Metodología.....	266
Recolección de Información.....	266
Modelamiento de la ola de inundación .....	267
Generación de la ola .....	267
Áreas de inundación .....	269
Área de afectación .....	270
Población Afectada .....	272

	23
Infraestructura Afectada.....	274
Diseño de Dashboards .....	277
ArcGIS Online .....	277
Carga de datos .....	278
Elaboración de mapas.....	280
Elaboración del Dashboard.....	281
Elaboración de Storymaps .....	284
Elaboración Survey.....	287
Análisis de Usabilidad .....	292
Capitulo IV.....	295
Resultados.....	295
Recolección de la información geoespacial .....	295
Modelos de caracterización de la eventual llegada de El Niño .....	297
Afectaciones sobre la población, infraestructura y servicios .....	299
Dashboard de afectaciones del modelo propuesto.....	302
Storymap de El Niño .....	304
Análisis de usabilidad.....	305
Capítulo V.....	307
Conclusiones y Recomendaciones .....	307
Conclusiones .....	307
Recomendaciones.....	309
Bibliografía .....	311

### Índice de Tablas

Tabla 1 Insumos cartográficos empleados para el modelamiento .....	70
Tabla 2 Insumos cartográficos empleados para webmaps.....	71
Tabla 3 Variables de estudio .....	72
Tabla 4 Indicadores para las parroquias afectadas salvo Quito .....	92
Tabla 5 Indicadores de las afectaciones en Quito .....	92
Tabla 6 Tiempo promedio por pregunta.....	117
Tabla 7 Tiempos de evacuación desde diferentes localidades .....	125
Tabla 8 Tabla de insumos utilizados dentro del proyecto .....	188
Tabla 9 Decimales para el cálculo de área .....	192
Tabla 10 Preguntas del formulario Survey123.....	222
Tabla 11 Tabla de tiempos .....	224
Tabla 12 Relación riesgo, amenaza, vulnerabilidad.....	243
Tabla 13 Tabla de insumos utilizados dentro del proyecto .....	266
Tabla 14 Decimales para el cálculo de área .....	271
Tabla 15 Tiempo que tardan en resolver las preguntas .....	294

## Índice de figuras

Figura 1 Zona de estudio del Volcán Cotopaxi.....	42
Figura 2 Ejemplo de riesgo.....	44
Figura 3 Ejemplo de amenaza .....	45
Figura 4 Ejemplo de vivienda con alta vulnerabilidad .....	46
Figura 5 Ciclo de Gestión de Riesgos .....	47
Figura 6 Ejemplo de sensor remoto .....	49
Figura 7 Ejemplo de fotogrametría.....	50
Figura 8 Ejemplo de cartografía .....	50
Figura 9 Componente de las IDE.....	52
Figura 10 Arquitectura de un SIG.....	53
Figura 11 Modelamiento Geoespacial .....	54
Figura 12 Geoportales.....	56
Figura 13 Ejemplo de Dashboard .....	57
Figura 14 Ejemplo de StoryMaps .....	57
Figura 15 Diagrama de la metodología empleada en la investigación .....	70
Figura 16 Modelo cartográfico para la generación del modelo de altura del Lahar .....	73
Figura 17 Conversión de la cobertura vectorial de tipo polígono a línea .....	74
Figura 18 Conversión de la cobertura vectorial de tipo línea a puntos.....	75
Figura 19 Modelo digital del terreno de la zona de estudio.....	75
Figura 20 Tabla de extracción de valores de elevación .....	76
Figura 21 Puntos con valores de alturas .....	77
Figura 22 Barra de herramientas de edición de capas.....	78
Figura 23 Perfil topográfico de una sección transversal.....	78
Figura 24 Secciones transversales a la zona de recorrido de lahares.....	78

Figura 25 Extensión de las secciones transversales al nuevo límite .....	79
Figura 26 Red de triángulos irregulares (TIN) .....	80
Figura 27 Modelo de elevaciones del lahar .....	80
Figura 28 Modelo de alturas del lahar .....	81
Figura 29 Reclasificación de los valores del modelo de alturas del lahar .....	82
Figura 30 Capa de la categorización de las alturas del recorrido del lahar .....	82
Figura 31 Esquema de flujo de la generación de las rutas de evacuación.....	83
Figura 32 Modelo cartográfico para la determinación de los puntos de llegada .....	84
Figura 33 Puntos de llegada (puntos de evacuación) .....	84
Figura 34 Modelo cartográfico para la determinación de los puntos de partida.....	85
Figura 35 Predios en la zona de influencia del recorrido del lahar.....	86
Figura 36 Puntos de partida (Demand Points).....	86
Figura 37 Modelo cartográfico para la preparación de la red vial.....	87
Figura 38 Capa de la red vial parametrizada.....	88
Figura 39 Modelo cartográfico para la preparación de la red vial.....	89
Figura 40 Tipos de análisis de redes .....	89
Figura 41 Adición de los insumos al entorno del análisis .....	90
Figura 42 Rutas de evacuación de la zona de recorrido del lahar .....	90
Figura 43 Exportación de las rutas de evacuación a la GDB .....	91
Figura 44 Esquema de consumo de información de una base de datos en ArcGIS Online .....	91
Figura 45 Base de datos de los indicadores de afectación debido al recorrido del lahar .....	93
Figura 46 Publicación de la base de datos en la web.....	93
Figura 47 Diversas formas de integrar la base de datos a ArcGIS Online .....	94
Figura 48 Selección de la base de datos .....	95
Figura 49 Modo de acceso y publicación de datos .....	95
Figura 50 Base de datos integrada al entorno de ArcGis Online .....	95

Figura 51 Consumo de información de una base de datos para la definición de un indicador.....	96
Figura 52 Ingreso a la aplicación Survey123 .....	97
Figura 53 Interfaz de la aplicación Survey123 .....	97
Figura 54 Generación de la aplicación survey123 .....	98
Figura 55 Elaboración del Survey123.....	99
Figura 56 Herramientas básicas del Survey123 .....	99
Figura 57 Herramientas de opción múltiple del Survey123 .....	100
Figura 58 Herramientas de localización del Survey123 .....	101
Figura 59 Herramientas de multimedia del Survey123 .....	101
Figura 60 Herramientas de estructuración del Survey123 .....	101
Figura 61 Herramientas de edición del Survey123 .....	102
Figura 62 Herramientas de diseño del Survey123 .....	102
Figura 63 Herramientas de opciones del Survey123 .....	103
Figura 64 Herramientas de guardado, visualización y publicación del Survey123 .....	104
Figura 65 Barra de herramientas de ArcGIS Online .....	104
Figura 66 Botón New Item (carga de datos) .....	104
Figura 67 Botón Create App (creación de aplicaciones) .....	105
Figura 68 Archivos en formato .zip .....	105
Figura 69 Opciones del archivo de carga .....	106
Figura 70 Nombre, ubicación y categoría del archivo .....	106
Figura 71 Espacio de trabajo del archivo de carga .....	107
Figura 72 Botón Map .....	107
Figura 73 Espacio de trabajo para la elaboración de mapas .....	108
Figura 74 Opciones para guardar el mapa.....	108
Figura 75 Opciones para elaborar el dashboard.....	109
Figura 76 Opciones para el diseño del dashboard.....	110

Figura 77 Selección del mapa principal para el dashboard .....	110
Figura 78 Configuración de los indicadores.....	111
Figura 79 Configuración de los cuadros estadísticos .....	111
Figura 80 Diseño final del dashboard.....	111
Figura 81 Subir imagen de portada.....	112
Figura 82 Crear un diseño integrando la imagen y el título.....	112
Figura 83 Ícono para acceder a las herramientas del story map .....	113
Figura 84 Herramientas básicas del story map .....	113
Figura 85 Herramientas multimedia del story map .....	114
Figura 86 Herramientas dinámicas del story map .....	114
Figura 87 Opciones de diseño, previsualización y publicación del story map .....	115
Figura 88 Pregunta 1 de la evaluación de usabilidad.....	115
Figura 89 Manipulación de dashboards por parte de los usuarios.....	116
Figura 90 Captura de pantalla donde se toma el tiempo por pregunta .....	116
Figura 91 Información cartográfica y bases de datos en ArcGIS Online .....	118
Figura 92 Modelo continuo de alturas del recorrido del lahar .....	119
Figura 93 Modelo vectorial (categorizado) de alturas del recorrido del lahar .....	121
Figura 94 Sección transversal en una zona con escasos puntos de iguales elevaciones en la cartografía.....	122
Figura 95 Mapa de ruta de evacuación en la zona norte de Rumiñahui .....	123
Figura 96 Rutas de evacuación desde distintos lugares de la zona norte de Rumiñahui .....	124
Figura 97 Formulario de necesidades en Survey123 .....	126
Figura 98 Requerimientos establecidos.....	127
Figura 99 Dashboard de Afectaciones a causa del recorrido del lahar en la parroquia de Conocoto	127
Figura 100 Dashboard de Afectaciones a causa del recorrido del lahar en la parroquia de Sangolquí .....	128

Figura 101 Esquema de flujo para visualizar rutas de evacuación en el dashboard .....	129
Figura 102 Dashboard de rutas de evacuación.....	129
Figura 103 Dashboard de infraestructura afectada.....	130
Figura 104 Storymap de afectaciones debido al recorrido de lahares .....	131
Figura 105 Contenido del Storymap .....	131
Figura 106 Información levantada a través de Survey123 .....	132
Figura 107 Resultados estadísticos para de la pregunta 1 del test de usabilidad .....	132
Figura 108 Resultados estadísticos para de la pregunta 2 del test de usabilidad .....	133
Figura 109 Zona de estudio.....	150
Figura 110 Figura del ciclo de la gestión de riesgo. ....	154
Figura 111 Ejemplo de Amenaza.....	155
Figura 112 Figura de Relación riesgo, amenaza, vulnerabilidad.....	156
Figura 113 Tipos de amenazas. ....	156
Figura 114 Ejemplo de vivienda con alta vulnerabilidad. ....	157
Figura 115 Modelamiento geoespacial en ArcGIS. ....	158
Figura 116 Ejemplo de un sensor remoto Lansat 9. ....	159
Figura 117 Imagen de fotogrametría. ....	160
Figura 118 Imagen de fotogrametría. Nota. Tomado de Global Mediterránea Geomática .....	161
Figura 119 Componentes de las IDE. ....	163
Figura 120 Figura de un SIG. ....	163
Figura 121 Tipos de información de la visualicen. ....	165
Figura 122 Figura de un Geoportal. ....	166
Figura 123 Apoyo de las Fuerzas Armadas en inundaciones. ....	168
Figura 124 Herramientas de Visualización.....	170
Figura 125 Dashboards. ....	170
Figura 126 StoryMaps. ....	171

Figura 127 Survey123.....	173
Figura 128 Flujo de trabajo survey123.....	174
Figura 129 Diferencias entre ondas generadas por viento.....	178
Figura 130 Formación de las olas.....	179
Figura 131 Sismos en el fondo marino.....	180
Figura 132 Tipos de tsunamis. ....	181
Figura 133 Diagrama de la metodología empleada en la investigación. ....	187
Figura 134 Modelo de inundación por una ola de tsunami.....	189
Figura 135 Intersección del polígono de la ola con poblados.....	191
Figura 136 Resultados de la población afectada. ....	193
Figura 137 Resultados de heridos, desaparecidos y fallecidos.....	195
Figura 138 Resultados de infraestructura afectada.....	196
Figura 139 Barra de herramientas de ArcGis Online. ....	197
Figura 140 Botón New Item (carga de datos). ....	197
Figura 141 Botón Create App (carga de datos).....	198
Figura 142 Archivos en formato .zip. ....	198
Figura 143 Opciones del archivo de carga. ....	199
Figura 144 Nombre, ubicación y categoría del archivo. ....	199
Figura 145 Espacio de trabajo del archivo de carga. ....	199
Figura 146 Botón Map. ....	200
Figura 147 Espacio de trabajo para la elaboración de mapas. ....	200
Figura 148 Opciones para guardar el mapa.....	201
Figura 149 Opciones para elaborar el dashboard.....	202
Figura 150 Opciones para el diseño del dashboard.....	202
Figura 151 Selección del mapa principal para el dashboard. ....	202
Figura 152 Configuración de los indicadores.....	203

Figura 153 Configuración de los cuadros estadísticos. ....	203
Figura 154 Diseño final del dashboard. ....	204
Figura 155 Ingreso a la aplicación survey123. ....	205
Figura 156 Interfaz de la aplicación survey123.....	205
Figura 157 Generación de la aplicación survey123. ....	206
Figura 158 Elaboración del survey123. ....	206
Figura 159 Herramientas básicas del survey123. ....	207
Figura 160 Herramientas de opción múltiple del survey123.....	207
Figura 161 Herramientas de localización del survey123. ....	208
Figura 162 Herramientas de multimedia del survey123.....	208
Figura 163 Herramientas de estructuración del survey123. ....	209
Figura 164 Herramientas de edición del survey123. ....	209
Figura 165 Herramientas de diseño del survey123. ....	210
Figura 166 Herramientas de opciones del survey123.....	210
Figura 167 Herramientas de Publicación. ....	211
Figura 168 Subir imagen de portada.....	212
Figura 169 Crear un diseño integrando la imagen y el título.....	212
Figura 170 Ícono para acceder a las herramientas del StoryMap. ....	213
Figura 171 Herramientas básicas del StoryMap. ....	213
Figura 172 Herramientas multimedia del StoryMap. ....	213
Figura 173 Herramientas dinamicas del StoryMap.....	214
Figura 174 Opciones de diseño, pre visualización y publicación del StoryMap. ....	214
Figura 175 Pregunta 1 de la evaluación de usabilidad. ....	215
Figura 176 Manipulación de dashboards por parte de los usuarios.....	215
Figura 177 Dashboards presentado en el ejercicio MECODEX. ....	217
Figura 178 Infraestructura vial afectada.....	218

Figura 179 Dashboards centro de salud afectados.....	219
Figura 180 Dashboards reporte de desplazados.....	219
Figura 181 Dashboards reporte de desplazados.....	220
Figura 182 StoryMaps de la séptima situación particular.....	221
Figura 183 Formulario de necesidades “MECODEX” .....	221
Figura 184 Formulario de usabilidad. ....	223
Figura 185 Manipulación de dashboards por parte de los usuarios.....	223
Figura 186 Captura de pantalla donde se toma el tiempo por pregunta. ....	224
Figura 187 Zona de Estudio.....	237
Figura 188 Ciclo de la GR.....	239
Figura 189 Ejemplo de riesgo.....	241
Figura 190 Ejemplo de amenaza .....	242
Figura 191 Ejemplo de vulnerabilidad .....	242
Figura 192 Tipos de peligros naturales .....	244
Figura 193 Inundación .....	245
Figura 194 Total, de 15.264 viviendas quedaron afectadas, especialmente en las provincias costeras .....	246
Figura 195 Daños económicos ocasionados en Ecuador a causa de “El Niño” .....	247
Figura 196 Ejemplo de sensores remotos.....	248
Figura 197 Ejemplo de fotogrametría.....	249
Figura 198 Ejemplo de cartografía.....	250
Figura 199 Componentes de las IDE .....	252
Figura 200 Estructura de un SIG .....	253
Figura 201 Modelamiento geoespacial en ArcGIS.....	253
Figura 202 Ejemplo de Geoportal .....	256
Figura 203 Ejemplo de dashboard. ....	259

Figura 204 Ejemplo de Storymap.....	260
Figura 205 Diagrama de la metodología implementada.....	266
Figura 206 Descarga de datos a través de la plataforma Earth Explorer.....	268
Figura 207 Ejemplo del uso de la herramienta Flow Distance.....	268
Figura 208 Ejemplo de zonas de inundación .....	269
Figura 209 Zonas inundadas .....	270
Figura 210 Creación de campos dentro de ArcGIS .....	272
Figura 211 Cálculo de capos a través de ArcGIS Pro.....	273
Figura 212 Mapa de aeropuertos afectados por El Niño .....	274
Figura 213 Mapa de vías afectadas por El Niño .....	275
Figura 214 Mapa de infraestructura de salud afectada por El Niño .....	276
Figura 215 Barra de herramientas de ArcGIS Online. ....	277
Figura 216 Botón New Item (carga de datos). ....	277
Figura 217 Botón Create App (carga de datos).....	278
Figura 218 Archivos en formato .zip. ....	278
Figura 219 Opciones del archivo de carga. ....	278
Figura 220 Nombre, ubicación y categoría del archivo.....	279
Figura 221 Espacio de trabajo del archivo de carga. ....	279
Figura 222 Selección para la creación de un Mapa.....	280
Figura 223 Espacio de trabajo para la elaboración de mapas. ....	280
Figura 224 Opciones para guardar el mapa. ....	280
Figura 225 Opciones para elaborar el dashboard.....	281
Figura 226 Opciones para el diseño del dashboard.....	281
Figura 227 Selección del mapa principal para el dashboard. ....	282
Figura 228 Configuración de los indicadores.....	282
Figura 229 Configuración de los cuadros estadísticos. ....	283

Figura 230	Diseño final del dashboard.....	283
Figura 231	Subir imagen de portada.....	284
Figura 232	Crear un diseño integrando la imagen y el título.....	284
Figura 233	Ícono para acceder a las herramientas del story map .....	285
Figura 234	Herramientas básicas del Story map.....	285
Figura 235	Herramientas multimedia del Storymap.....	286
Figura 236	Herramientas dinámicas del Storymap.....	286
Figura 237	Opciones de diseño, previsualización y publicación del Storymap.....	287
Figura 238	Ingreso a la aplicación survey123 .....	287
Figura 239	Interfaz de la aplicación survey123 .....	287
Figura 240	Generación de la aplicación survey123.....	288
Figura 241	Elaboración del survey123 .....	288
Figura 242	Herramientas básicas del survey123.....	289
Figura 243	Herramientas de opción múltiple del survey123.....	289
Figura 244	Herramientas de localización del survey123 .....	290
Figura 245	Herramientas de multimedia del survey123.....	290
Figura 246	Herramientas de estructuración del survey123.....	290
Figura 247	Herramientas de edición del survey123 .....	291
Figura 248	Herramientas de diseño del survey123 .....	291
Figura 249	Herramientas de opciones del survey123.....	292
Figura 250	Pregunta 1 de la evaluación de usabilidad.....	293
Figura 251	Manipulación de dashboards por parte de los usuarios.....	293
Figura 252	Captura de pantalla donde se toma el tiempo por pregunta .....	293
Figura 253	Información de la Infraestructura crítica para gestión de riesgos.....	295
Figura 254	GDB proporcionada por las Instituciones mencionadas.....	296
Figura 255	GDB Infraestructura proporcionada por la SNGR .....	296

Figura 256 Capa de centros de salud a nivel nacional .....	296
Figura 257 Generación de la ola de inundación .....	297
Figura 258 Formulario de necesidades en Survey .....	300
Figura 259 Dashboard alerta naranja .....	302
Figura 260 Dashboard alerta roja .....	303
Figura 261 Dashboard Requerimientos .....	304
Figura 262 Storymap generado para el ejercicio ENOS 2023 .....	304
Figura 263 Información levantada a través de Survey.....	305
Figura 264 Estadística por pregunta del análisis de usabilidad .....	305

## Resumen

Nuestro planeta, un entorno dinámico, experimenta una variedad de procesos y fenómenos que moldean la vida en interacción. Las erupciones volcánicas, especialmente en zonas como Ecuador, ubicadas en el cinturón de fuego del Pacífico, representan eventos catastróficos de gran impacto. La comprensión de estos fenómenos es crucial para formular estrategias de mitigación de riesgos. Los Sistemas de Información Geográfica y las Herramientas de Visualización han adquirido importancia al permitir el análisis detallado de datos y la modelización de patrones geoespaciales.

Un proyecto reciente se enfocó en modelar la amenaza de lahares tras posibles erupciones del Volcán Cotopaxi en Ecuador, generando herramientas efectivas como cuadros de mando y storymaps. Además, se ha dado énfasis a la gestión de riesgos relacionados con El Niño, impulsando el desarrollo de aplicaciones interactivas como storymaps y paneles de control, que permiten una mejor comprensión de los posibles impactos y apoyan la toma de decisiones.

La investigación se extiende a la generación de información geoespacial para abordar la amenaza de tsunamis en las costas ecuatorianas. Se busca identificar áreas de alto riesgo y evaluar su posible impacto en la población, infraestructura y servicios básicos. La implementación de procesos para obtener información en tiempo real y la creación de paneles de control interactivos mejoran significativamente la capacidad de respuesta y la preparación ante posibles tsunamis en la región.

*Palabras Clave:* Cotopaxi, lahar, modelos, dashboards, storymaps, mitigar, El Niño, sistemas de información geográfica, Mitigar, Tsunami, Herramientas de visualización.

## Abstract

Our planet, a dynamic environment, experiences a variety of processes and phenomena that shape life in interaction. Volcanic eruptions, especially in areas like Ecuador, located in the Pacific ring of fire, represent catastrophic events of great impact. Understanding these phenomena is crucial to formulate risk mitigation strategies. Geographic Information Systems and Visualization Tools have gained importance by allowing detailed data analysis and modeling of geospatial patterns.

A recent project focused on modeling the threat of lahars following possible eruptions of the Cotopaxi Volcano in Ecuador, generating effective tools such as dashboards and storymaps. In addition, emphasis has been given to the management of risks related to El Niño, promoting the development of interactive applications such as storymaps and control panels, which allow a better understanding of the possible impacts and support decision making.

The research extends to the generation of geospatial information to address the threat of tsunamis on the Ecuadorian coasts. The aim is to identify high-risk areas and evaluate their possible impact on the population, infrastructure and basic services. The implementation of processes to obtain information in real time and the creation of interactive dashboards significantly improve the response capacity and preparation for possible tsunamis in the region.

*Key words:* Cotopaxi, lahar, models, dashboards, storymaps, mitigate, El Niño, geographic information system, Tsunami, Visualization tools.

**Objetivo 1: Realizar el levantamiento y estructuración de información geoespacial relativa a una eventual erupción del Volcán Cotopaxi**

## Capítulo I

### Introducción

#### Objetivo General

Realizar el levantamiento y estructuración de información geoespacial relativa a una eventual erupción del Volcán Cotopaxi, generando dashboards y storymaps para la toma de decisiones y apoyo de la comunidad y de diferentes entidades del estado.

#### Objetivo Específico

- Recolectar información geoespacial precisa y actualizada relacionada con las características geográficas y topográficas del Volcán Cotopaxi, así como cualquier otro dato relevante que pueda influir en la ocurrencia y el impacto de una eventual erupción.
- Analizar los datos geoespaciales para identificar las zonas que podrían estar en mayor riesgo en caso de una eventual erupción del Volcán Cotopaxi, así como su afectación sobre la población, servicios básicos e infraestructura, considerando factores geográficos, topográficos y climatológicos.
- Establecer una metodología para el levantamiento de información en tiempo real, con el fin de recopilar datos e integrarlos a las herramientas de visualización manteniendo la información actualizada.
- Diseñar y crear dashboards interactivos que visualicen de manera clara y comprensible la información geoespacial, permitiendo a las entidades estatales y a la comunidad entender mejor los posibles escenarios ante una eventual erupción del Volcán Cotopaxi y tomar decisiones oportunas.
- Elaborar storymaps que sinteticen modelos de caracterización de los fenómenos, mapas, imágenes y texto descriptivo para contar una narrativa coherente sobre los riesgos de una

erupción volcánica, destacando las áreas de mayor preocupación en apoyo a la generación de medidas de mitigación.

- Realizar pruebas de usabilidad, basándose en la información proporcionada por los dashboards y storymaps con el fin de evaluar su utilidad en apoyo a las instituciones del Estado.

#### Metas

- Consolidar información geoespacial precisa y actualizada en la plataforma de ArcGIS Online.
- Modelos de las áreas de influencia que caracterice la eventual erupción del Volcán Cotopaxi sobre la población, infraestructura y servicios básicos.
- Formulario de necesidades y base de datos de información actualizable.
- Dashboards interactivos que contengan mapas desplazables, gráficos dinámicos e indicadores estadísticos.
- Storymaps que contengan mapas, imágenes, texto descriptivo y que sinteticen la información generada en los dashboards.

#### Antecedentes

En la actualidad, el estudio de los fenómenos naturales que tienen lugar en la geodinámica de la Tierra es fundamental para evaluar medidas de respuesta y mitigación ante los posibles escenarios que se originan tras la concurrencia de algún tipo de desastre natural, por ello, cobran mucha importancia las herramientas informáticas que permiten el modelamiento y la visualización de dichos fenómenos a través del tratamiento de datos geoespaciales.

En este sentido, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL, 2023), en su octava sesión de la Plataforma para la Reducción del Riesgo de Desastres en América Latina y el Caribe (PR13), reconoció que el desarrollo de plataformas para la gestión de datos georreferenciados, propician el intercambio de datos de una manera eficiente, fundamentando de esta manera una mejor toma de decisiones y la consecución de planes eficientes para antes, durante y después de una situación de desastres naturales.

Por otra parte, la información referente al monitoreo de la actividad volcánica es clave para el modelamiento y gestión ante una eventual situación volcánica, siendo de ese modo que, instituciones como el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional mantienen bajo vigilancia la actividad volcánica en el territorio nacional, resaltando de particular interés la Red de Monitoreo del Volcán Cotopaxi, pues siendo este considerado como “uno de los volcanes más peligrosos del mundo debido a la frecuencia de sus erupciones, su estilo eruptivo, su relieve, su cobertura glaciaria y por la cantidad de poblaciones potencialmente expuestas a sus amenazas” (Instituto Geofísico, 2023).

### Problema

La información geoespacial es un recurso de mucho valor estratégico, pues brinda las herramientas necesarias para fundamentar una planificación efectiva ante un determinado fenómeno que genere afectaciones sobre la población, infraestructura y servicios.

En este sentido, se puede mencionar que son escasas las fuentes como geoportales o repositorios con información en materia de gestión de riesgos, donde sea posible navegar por sus archivos y encontrar la información que se requiera para caracterizar un determinado fenómeno natural que genere afectaciones.

Para la población en general, sin conocimientos de sistemas de información geográfica, el obtener información de este tipo de variables y fenómenos es una tarea poco accesible, limitándose muchas veces en simples tablas con valores asociados que expresan las magnitudes de una determinada afectación sin incluir información adicional pero relevante para relacionar diferentes procesos.

En la actualidad existen diferentes herramientas de visualización como dashboards y storymaps que pueden ser empleados para presentar de manera rápida, eficiente y confiable datos geográficos y estadísticos de gran relevancia en la caracterización de este tipo de fenómenos, más sin embargo, son pocas o nulas las plataformas que han explotado las capacidades de integración y publicación de datos geoespaciales para que la población y los tomadores de decisiones puedan

hacer uso de esos indicadores y orientar sus medidas o planes de acción y respuesta ante una eventualidad de esta naturaleza.

### Justificación

Ecuador es un país que alberga gran cantidad de volcanes a lo largo y ancho de su territorio, pues este es atravesado por la Cordillera de los Andes, donde se contabilizan 84 volcanes (27 potencialmente activos y 4 en actividad) (Ramírez, 2023).

El Volcán Cotopaxi es uno de los 4 volcanes activos dentro del territorio ecuatoriano, se encuentra localizado sobre la Cordillera Oriental en la provincia de Cotopaxi, en las coordenadas S 0.683° y W 78.436° a una altura de 5897 msnm, pertenece al tipo estratovolcán y mantiene un diámetro de alrededor de 20km (Instituto Geofísico, 2023).

A lo largo del tiempo, desde donde se tiene registros (Siglo XVI), el Volcán Cotopaxi ha experimentado cinco periodos eruptivos de alta peligrosidad, siendo el último de ellos registrado entre 1877 a 1880 con grandes pérdidas para las poblaciones adyacentes al volcán (Instituto Geofísico, 2023).

La alta peligrosidad del Volcán Cotopaxi se atribuye mayormente a los efectos adversos que caracterizan a los lahares derivados de las erupciones volcánicas. Los lahares son un conjunto de sedimentos volcánicos, a modo de avalancha, que tienen el potencial de arrasar todo lo que se encuentre en medio de su trayectoria (Volcano Active Foundation, 2021), causando afectaciones sobre la población y destrucción sobre la infraestructura.

En este contexto, la problemática surge precisamente de la necesidad de entender y modelar el recorrido de los lahares para establecer las zonas de influencia de este fenómeno natural, así como sus afectaciones sobre la población e infraestructura y de esta manera generar las herramientas necesarias en apoyo a la generación de planes de contingencia y mitigación de los efectos adversos que son subsecuentes a un fenómeno de esta naturaleza, de tal forma que las instituciones del Estado cuenten con las herramientas tecnológicas necesarias para obtener información confiable en tiempo real.

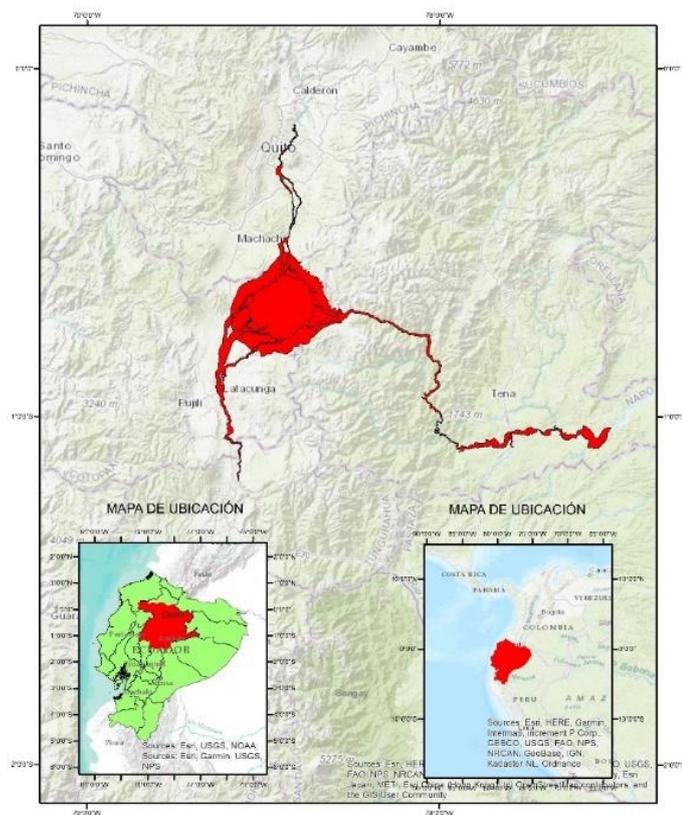
Es en este escenario que las herramientas de visualización como dashboards y storymaps juegan un papel importante, pues es mediante a estas plataformas que la información referente a un eventual fenómeno natural puede ser modelada y sintetizada para que toda la población pueda encaminar sus planes y esfuerzos en la mitigación de las afectaciones de un evento como lo es el recorrido de lahares.

### Zona de estudio

La zona de estudio se centra en el Volcán Cotopaxi, ubicado en la región Andina de América del Sur, en la provincia de Cotopaxi, a unos 50 kilómetros al sur de la capital ecuatoriana, Quito, y cerca de la ciudad de Latacunga. Esta zona de estudio abarca las provincias de Cotopaxi, Pichincha y Napo, lugares para los cuales se ha identificado que ante una eventual erupción se desplazarían los lahares.

### Figura 1

#### Zona de estudio del Volcán Cotopaxi



*Nota.* La figura muestra la ubicación de la zona de estudio.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### Amenazas y Riesgos

Las amenazas y los riesgos son conceptos fundamentales en la gestión de la seguridad y la prevención de desastres. Comprender la diferencia entre ambos términos es crucial para evaluar y mitigar los peligros a los que están expuestas las personas y las comunidades.

En primer lugar, una amenaza se refiere a cualquier evento o situación que pueda causar daño o perjuicio. Puede ser de origen natural, como terremotos, inundaciones o huracanes, o de origen humano, como incendios, ataques terroristas o derrames de sustancias tóxicas. Las amenazas representan una potencial fuente de peligro y pueden tener consecuencias devastadoras si no se gestionan adecuadamente (González-Gaudiano & Maldonado-González, 2017).

Por otro lado, el riesgo se refiere a la probabilidad de que una amenaza se materialice y cause daños. Es una medida de la posibilidad de que ocurra un evento peligroso y la magnitud de las consecuencias que pueda tener. El riesgo se determina mediante la evaluación de factores como la frecuencia con la que ocurren los eventos, la vulnerabilidad de las personas y las infraestructuras, y la capacidad de respuesta y mitigación existente.

En cuanto a la clasificación de las amenazas y los riesgos, existen diferentes enfoques. Una clasificación común es la distinción entre amenazas naturales y amenazas antropogénicas. Las amenazas naturales incluyen eventos como terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas y tormentas, que son producidos por fuerzas de la naturaleza. Las amenazas antropogénicas, por otro lado, son causadas por actividades humanas, como accidentes industriales, conflictos armados o ataques terroristas (González-Gaudiano & Maldonado-González, 2017).

Además de esta clasificación, también se pueden clasificar los riesgos en función de su impacto potencial. Por ejemplo, se puede hablar de riesgos de baja probabilidad, pero alto impacto, como un asteroide que impacta la Tierra, o riesgos de alta probabilidad, pero bajo impacto, como los

accidentes automovilísticos. Esta clasificación permite priorizar la asignación de recursos y medidas de prevención y mitigación.

### *Gestión de riesgos*

La gestión de riesgos se refiere al procedimiento de reconocer, examinar, valorar y contrarrestar las posibles amenazas en una entidad, proyecto o actividad, con el fin de disminuir las consecuencias perjudiciales y capitalizar las perspectivas favorables. Requiere una estrategia y organización cuidadosas para identificar los riesgos, medir su probabilidad y alcance, luego instaurar medidas preventivas y de contingencia con el propósito de atenuar o disminuir los efectos adversos. Este proceso de administración de riesgos resulta fundamental para efectuar elecciones bien fundamentadas de tal forma que permita ampliar la resistencia y prosperidad en diversos entornos (Lavell, 2001).

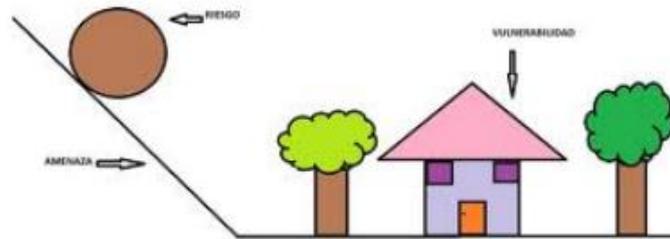
Según (Lavell, 2001), “El objetivo final de la gestión es el de garantizar que los procesos de desarrollo impulsados en la sociedad se dan en las condiciones óptimas de seguridad posible y que la atención dado al problema de los desastres y la acción desplegada para enfrentarlos y sus consecuencias promueven hasta el máximo el mismo desarrollo”.

La gestión de riesgos está orientada justamente a enfrentar:

**Riesgo.** Según (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, 2020), el riesgo es el producto de la interacción entre dos variables: la amenaza y la vulnerabilidad. Esta combinación puede dar lugar a resultados desfavorables, incluyendo la posibilidad de sufrir pérdidas económicas, medioambientales y físicas en un lugar geográfico específico durante un período determinado.

### **Figura 2**

*Ejemplo de riesgo*



*Nota.* La figura muestra un ejemplo de riesgo. Tomado de (Desconocido, 2023).

**Amenaza.** Hace referencia al peligro latente de que un evento físico de origen natural o antrópico, se presente en una escala lo suficientemente alta como para causar pérdidas de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños de infraestructura, medios de sustento, prestación de servicios y recursos ambientales (Colombia, 2012).

### Figura 3

*Ejemplo de amenaza*



*Nota.* La figura muestra diferentes ejemplos de amenazas. Tomado de (Telegrafía, 2023).

**Vulnerabilidad.** Conjunto de características determinadas por factores de diferentes naturalezas como físicos, socio-económicos o ambientales, que determinan el grado de susceptibilidad de una comunidad o población a sufrir los embates de efectos adversos. Entre los principales factores que determinan la vulnerabilidad de una comunidad ante un evento adverso encontramos: diseño de las construcciones, medidas de protección implementadas, difusión del conocimiento de la susceptibilidad a eventos adversos en la comunidad y la generación de políticas para la gestión de riesgos (Office for Outer Space Affairs UN-SPIDER Knowledge Portal., s.f.).

#### Figura 4

*Ejemplo de vivienda con alta vulnerabilidad*



*Nota.* La imagen muestra una construcción con alto grado de vulnerabilidad a eventos sísmicos debido al diseño y materiales de construcción. Tomado de *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián, utilizando el model builder del ArcGIS*, por (Tinoco Meyhuay, Cotos Vera, & Bayona Antúnez, 2018), Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

**Peligros Naturales.** El término peligro natural engloba a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos, siendo estos últimos sísmicos y volcánicos, que pueden afectar de manera adversa a la población, a sus estructuras o actividades, los que se pueden ser atmosféricos, volcánicos, hidrológicos, sísmicos, incendios u otras amenazas geológicas hidrológicas (OEA, 1991) (Toulkeridis, Parra, Mato, & D´Howitt, 2017).

**Principales actividades en gestión de riesgos.**

**Respuesta.** La respuesta hace referencia a las respuestas que se pueden adoptar antes, durante o inmediatamente después de un evento catastrófico con el fin de evitar el mayor número de vidas perdidas, reducir los impactos en la salud y velar por la seguridad pública (UNISDR, 2009).

**Recuperación.** Según la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres:

El restablecimiento o mejora de los medios de vida y la salud, así como de los bienes, sistemas y actividades económicas, físicas, sociales, culturales y ambientales de una

comunidad o sociedad afectada por un desastre, siguiendo los principios del desarrollo sostenible y de “reconstruir mejor”, con el fin de evitar o reducir el riesgo de desastres en el futuro (UNISDR, 2009).

**Preparación.** La preparación se basa en el análisis sensato del riesgo de desastres y en el establecimiento de vínculos apropiados con los sistemas de alerta temprana.

UNISDR acerca de la preparación comenta.

La preparación incluye diferentes actividades como la planificación de contingencias, reserva de equipos y suministros, desarrollo de disposiciones para la coordinación, evacuación y la información pública (UNISDR, 2009).

**Mitigación.** Consiste en la disminución de los impactos adversos de las amenazas y los diferentes eventos naturales o antrópicos. Las medidas de mitigación abarcan técnicas de ingeniería y construcciones resistentes a las amenazas, al igual que mejores políticas ambientales y una mayor sensibilización pública (UNISDR, 2009).

## Figura 5

### *Ciclo de Gestión de Riesgos*



*Nota.* El gráfico representa el ciclo de la Gestión de Riesgos. Tomado de *Cálculo de los tiempos de evacuación horizontal y vertical en caso de una eventual erupción del Volcán Cotopaxi*, por O.V.

Padilla, 2017, Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE.

### *Fuerzas Armadas: funciones y roles en situación de emergencia*

Las Fuerzas Armadas ecuatorianas desempeñan un papel crucial en la protección y defensa del país en todo momento, incluyendo situaciones de emergencia. Su participación en este tipo de escenarios es esencial para brindar apoyo y asistencia a la población afectada, así como para garantizar la seguridad y el orden en medio de la crisis.

Una de las principales funciones de las Fuerzas Armadas en situaciones de emergencia es la respuesta rápida y eficiente ante desastres naturales, como terremotos, inundaciones o erupciones volcánicas. Estas situaciones pueden causar daños significativos en infraestructuras y poner en peligro la vida de las personas, por lo que la presencia y la acción inmediata de las Fuerzas Armadas son fundamentales para proporcionar ayuda humanitaria, evacuar a las personas afectadas y garantizar la seguridad en la zona afectada (Pesantes, 2015).

Además, las Fuerzas Armadas también desempeñan un papel esencial en la coordinación y el mando de las operaciones de respuesta en situaciones de emergencia. Trabajan en estrecha colaboración con otros actores, como las autoridades civiles, la policía y los servicios de emergencia, para establecer un sistema eficiente de gestión de la crisis. Esto implica la organización de los recursos disponibles, la distribución de suministros, la evacuación de personas en peligro y el restablecimiento de la normalidad en la medida de lo posible (Pesantes, 2015).

Otro rol importante de las Fuerzas Armadas en situaciones de emergencia es el de garantizar la seguridad y el orden público. En momentos de crisis, pueden producirse situaciones de caos y desorden, lo que puede afectar negativamente a la respuesta y a la seguridad de la población. En este sentido, las Fuerzas Armadas intervienen para mantener la paz, prevenir saqueos o actos delictivos, y asegurar que las operaciones de respuesta se lleven a cabo de manera segura y eficiente.

Dentro de las herramientas que permitirían tener una respuesta adecuada en el ciclo de la gestión de riesgos, está el uso de herramientas geo informáticas y la visualización de los datos que se produzcan para poder apoyar en un evento como la erupción del Volcán Cotopaxi.

## *Tecnologías de la Información Geográfica (TIG)*

**Sensores remotos.** Los sensores remotos son dispositivos que permiten capturar información de los objetos sin tener contacto directo con ellos; por ello poseen un sistema de resolución que se define como la habilidad de registrar información al detalle, permitiendo discriminarla (Chuvieco, 2003), por lo tanto, el concepto de resolución implica, al menos cuatro manifestaciones: espacial, espectral, radiométrica y temporal.

Chuvieco en su libro comenta:

La interpretación de imágenes de sensores remotos es una técnica que consiste en examinar las imágenes de los objetos registrados por los sensores remotos, con el propósito de identificarlas, deducir su significado y valorarlas según el objetivo que se persigue, por ende, se puede trabajar con las diferentes disciplinas para conseguir los diferentes objetivos (Chuvieco, 2003).

### **Figura 6**

*Ejemplo de sensor remoto*



*Nota.* La imagen muestra un sensor remoto en el espacio. Tomado de la (EOS Data Analytics, 2021).

**Fotogrametría.** La fotogrametría es un campo que se dedica a medir y cartografiar objetos y áreas en tres dimensiones mediante el uso de imágenes fotográficas. Esta disciplina combina principios geométricos y ópticos para obtener información precisa sobre la forma, tamaño y posición de objetos a partir de fotografías aéreas, terrestres o tomadas desde satélites (Buill Pozuelo, Nuñez, & Rodríguez, 2003).

La fotogrametría encuentra aplicación en diversos ámbitos, como la creación de mapas, la topografía, la arqueología y la ingeniería, con el propósito de generar modelos tridimensionales detallados y mapas precisos a partir de imágenes bidimensionales (Buill Pozuelo, Nuñez, & Rodríguez, 2003).

### Figura 7

*Ejemplo de fotogrametría*

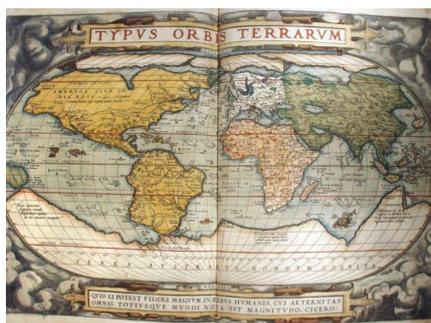


*Nota.* Tomado de *El Auge de la Fotogrametría en la construcción*, por (Grupo IME, 2023).

**Cartografía.** Tiene una naturaleza dinámica, evolucionando constantemente con las nuevas tecnologías, es el un proceso en el cual se recopilan los datos, se compilan y se diseñan mapas que brinden representaciones precisas de áreas particulares, detallando los elementos cartográficos de interés y de acuerdo a la temática del mapa (Ingeoexpert, 2019).

### Figura 8

*Ejemplo de cartografía*



*Nota.* La figura muestra una cartografía. Tomado de *Cartografía: Representando el mundo en papel*, por (Geoinnova, 2016).

**Infraestructura de datos espaciales (IDE).** Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) posibilitan la creación de nueva información mediante la combinación de recursos técnicos,

informáticos y humanos. Su objetivo primordial radica en facilitar la difusión, el acceso y la utilización de información geográfica a través de un conjunto de estándares, protocolos y especificaciones (IGM, 2017).

Según se menciona en (IGM, Geoportal IGM, 2013), la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) en el Ecuador y gestionado por el Instituto Geográfico Militar, es un sistema organizado y conjunto de tecnologías, políticas, estándares y recursos geospaciales que permite la captura, gestión, almacenamiento, análisis y distribución de información geográfica de manera eficiente y coordinada. Esta infraestructura facilita el acceso y uso de datos geospaciales tanto para entidades gubernamentales como para el público en general.

*Características de la Infraestructura de Datos Espaciales en el Ecuador.*

- **Interoperabilidad:** La IDE Ecuatoriana se basa en estándares y protocolos que permiten la comunicación y el intercambio de datos entre diferentes entidades y sistemas, independientemente de su origen o tecnología.
- **Acceso Abierto:** La IDE promueve la disponibilidad y accesibilidad de la información geoespacial al público en general, facilitando la toma de decisiones informadas y el desarrollo de aplicaciones basadas en la ubicación.
- **Datos Actualizados:** Se enfoca en mantener los datos geospaciales actualizados y precisos, lo que es esencial para una planificación y gestión eficaz del territorio.
- **Coordinación Gubernamental:** Involucra a múltiples entidades gubernamentales y organizaciones en la generación y mantenimiento de datos geospaciales, garantizando la coordinación y colaboración en la gestión de información.
- **Amplia Variedad de Datos:** La IDE ecuatoriana abarca una amplia gama de datos, como mapas, imágenes satelitales, datos geográficos, información climática, datos de infraestructuras, entre otros.

- Plataformas Tecnológicas: Utiliza sistemas y herramientas tecnológicas para la captura, almacenamiento y análisis de datos geoespaciales, permitiendo su fácil visualización y manipulación.
- Apoyo a la Toma de Decisiones: La IDE es una valiosa herramienta para la toma de decisiones en áreas como urbanismo, medio ambiente, gestión de desastres, agricultura y planificación territorial.
- Educación y Conciencia: Promueve la educación y la conciencia sobre el valor de los datos geoespaciales en la sociedad, fomentando su uso responsable y ético.
- Seguridad y Privacidad: La IDE implementa medidas de seguridad para proteger la integridad y privacidad de los datos, evitando accesos no autorizados.
- Aplicaciones Específicas: Permite el desarrollo de aplicaciones y servicios específicos que utilizan datos geoespaciales, como mapas interactivos, sistemas de navegación, análisis de riesgos, entre otros.

**Figura 9**

*Componente de las IDE*



Componentes básicos de una Infraestructura de Datos Espaciales

*Nota.* La figura muestra los componentes de una Infraestructura de Datos Espaciales. Tomado de *Office Outer Space Affairs UN-SPIDER Knowledge Portal*.

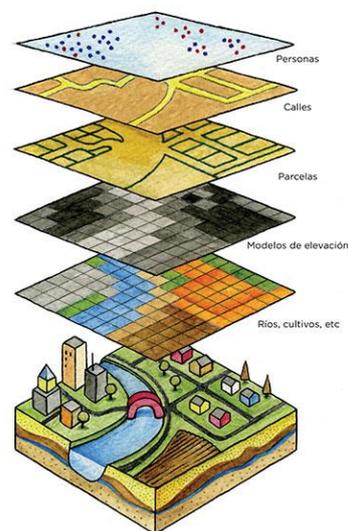
### *Sistemas de Información Geográfica (SIG)*

ESRI menciona en su página:

Es una estructura para recopilar, gestionar y analizar datos. Arraigado a la ciencia de la geografía, GIS integra muchos tipos de datos. Analiza la ubicación espacial y organiza capas de información en visualizaciones mediante mapas y escenas en 3D. Con esta capacidad única, GIS revela información más profunda sobre los datos, como los patrones, las relaciones y las situaciones, lo que ayuda a los usuarios a tomar decisiones más inteligentes (Esri, Esri, s.f.).

### Figura 10

#### *Arquitectura de un SIG*



*Nota.* El gráfico muestra la arquitectura de un Sistema de Información Geográfica. Tomado de *La arquitectura y los sistemas de información geográfica*, por (Ramirez, 2015).

#### *Modelamiento geoespacial*

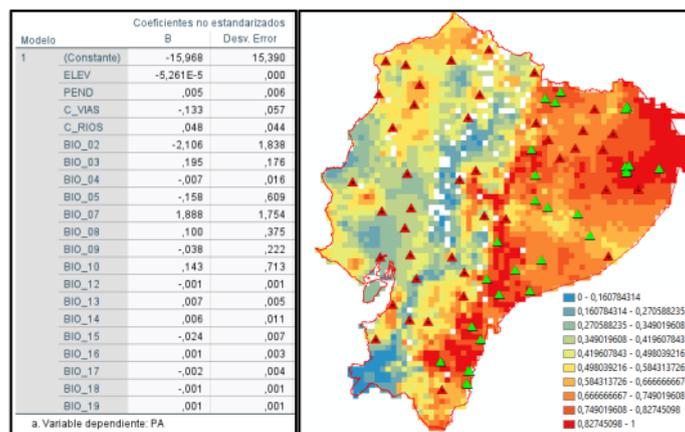
Según (IBM, 2021), “las técnicas de modelado geoespacial están diseñadas para descubrir patrones de datos que incluyen un componente geoespacial”, siendo de esta manera que, los métodos de análisis que se emplean para determinar los patrones de datos obedecen a la caracterización de un fenómeno espacio-temporal en base a un conjunto de reglas que tienen por objetivo la asociación de eventos o elementos a través de sus propiedades o características

representativas, así como su comportamiento evidenciado a través de datos de localización y/o series temporales.

Por otro lado, desde el punto de vista de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el modelamiento geoespacial consiste en la abstracción de los elementos, interacciones y fenómenos que ocurren en el mundo real, siendo estos representados mediante modelos conceptuales y gráficos que emplean atributos y geometrías para describirlos. (Lima Ramírez, 2018).

**Figura 11**

### *Modelamiento Geoespacial*



*Nota.* El gráfico muestra el modelamiento de la distribución de la especie vegetal *Ocotea Aciphylla*.

Tomado de *Modelos Predictivos: Tarea de Modelamiento Geoespacial*, por los Autores, 2023, Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE.

### *Sistemas de visualización*

Las herramientas de visualización desempeñan un papel fundamental en los geoportales, según (Gustavo, 2011) “Son plataformas en línea que permiten la visualización y el análisis de datos geoespaciales”. Estas herramientas son de gran importancia ya que nos permite aprovechar al máximo la información espacial que se encuentra en las diferentes fuentes de información. Las herramientas de visualización de datos espaciales nos permiten representar gráfica e intuitiva los datos, facilitando el análisis y comprensión de la información por parte de los usuarios, la

visualización proporciona una representación clara y efectiva de patrones, tendencias y relaciones espaciales.

Las herramientas de visualización de datos albergan una gran cantidad de datos geoespaciales provenientes de diversas fuentes y formatos, permitiendo tener una base de datos integral, ofreciendo capacidades avanzadas de análisis espacial, superponer capas, realizar consultas espaciales, realizar diferentes mediciones, identificar patrones espaciales, interpolaciones y diferentes operaciones analíticas. Estas capacidades permiten comprender mejor los fenómenos geográficos, facilitando la toma de decisiones.

Las herramientas de visualización de datos espaciales facilitan la comunicación:

“Las visualizaciones geoespaciales pueden ser compartidas en línea, lo que permite a las personas acceder, explorar y discutir los datos de manera conjunta. Esto fomenta la participación, el intercambio de conocimientos y la toma de decisiones colaborativa basada en información geográfica” (Goborot, 2017).

Permitiendo comprender mejor los patrones espaciales y tomar decisiones contextuales.

### *Geoportales*

El Geoportal es una herramienta digital que proporciona acceso a información geoespacial de manera organizada y fácilmente accesible. Esta plataforma en línea reúne diversos datos cartográficos, imágenes satelitales, mapas interactivos y otras capas de información geográfica en un solo lugar, permitiendo a los usuarios explorar y analizar de manera efectiva el entorno geográfico.

Una de las principales características del Geoportal es su capacidad para integrar datos de diferentes fuentes y formatos en una interfaz unificada. Esto significa que los usuarios pueden acceder a información proveniente de instituciones gubernamentales, organizaciones ambientales, empresas privadas y otras entidades, facilitando la obtención de datos actualizados y confiables (ESRI, 2023).

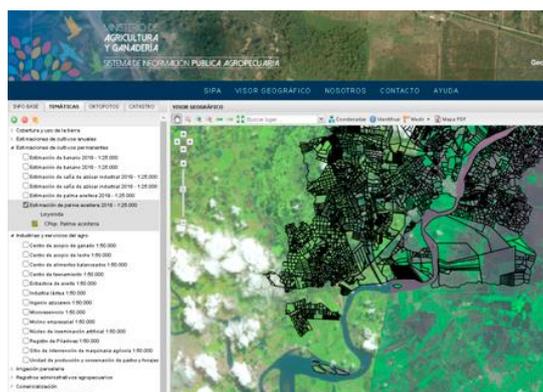
Además, el Geoportal ofrece diversas herramientas de visualización y análisis espacial que permiten a los usuarios explorar y comprender mejor los datos geoespaciales. Estas herramientas

incluyen la capacidad de superponer capas de información, realizar mediciones, crear mapas temáticos y realizar consultas espaciales, entre otras funcionalidades. Esto brinda a los usuarios la oportunidad de realizar análisis geográficos y tomar decisiones informadas basadas en la información obtenida.

Otra característica destacada del Geoportal es su capacidad de compartir datos y colaborar. Los usuarios pueden cargar y compartir sus propios conjuntos de datos geoespaciales, lo que fomenta la colaboración entre diferentes actores y promueve la creación de conocimiento colectivo. Esto es especialmente valioso en proyectos que involucran múltiples partes interesadas y requieren el intercambio de información geográfica para la toma de decisiones conjuntas (ESRI, 2023)

**Figura 12**

*Geoportales*



*Nota.* El gráfico muestra el Geoportal del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Tomado de *Geoportal MAGAP-SIGTIERRAS*, por MAGAP, 2019.

### *Dashboards y Storymaps como herramientas de visualización*

Según (Rafael, 2016), “Los dashboards y los storymaps son herramientas de visualización ampliamente utilizadas que ofrecen una forma efectiva de presentar y comunicar información de manera visual”. Esto permite comunicar información compleja de manera más accesible.

**Dashboards.** Referente al tema (Córdova, 2021), “Los dashboards son herramientas que permiten compartir, agrupar, centralizar y proporcionar una visualización gráfica de la información

relevante de una organización, facilitando la toma de decisiones”, proporcionando una visión general y accesible de información compleja.

Los dashboards permite reunir datos de diversas fuentes y presentarlos en un único lugar, facilitando el acceso y la visualización de la información, emplea gráficos, tablas y otros elementos visuales facilitando la identificación de tendencia, patrones y relación de datos.

### Figura 13

*Ejemplo de Dashboard*



*Nota.* El gráfico muestra la arquitectura de un dashboard. Tomado de (ESRI, 2023).

**Storymaps.** Según (Ray, 2015), “Los storymaps son herramientas que combinan narrativa y visualización para contar una historia o presentar información de manera secuencial y atractiva”. Permite combinar texto, imágenes, videos o secuencia de eventos, para guiar a los usuarios a través de un argumento.

Los storymaps son especialmente útiles para presentar información geoespacial de manera contextual y envolvente. Pueden utilizarse en diversos contextos, como la divulgación de datos, el turismo, la planificación urbana y la educación.

### Figura 14

*Ejemplo de StoryMaps*



*Nota.* El gráfico muestra un ejemplo de StoryMap. Tomado de *Archdaily, s.f.*

### *Importancia de los dashboards y storymaps en la toma de decisiones*

Los dashboards y storymaps son herramientas visuales cada vez más utilizadas en la toma de decisiones, ya que facilitan la comprensión y el análisis de datos complejos al presentarlos de manera clara y concisa, según (Row, 2019) “Los dashboards y storymaps permiten a los tomadores de decisiones acceder rápidamente a información relevante, evitando la necesidad de revisar múltiples fuentes de datos”.

Los dashboards y storymaps desempeñan un papel fundamental en la toma de decisiones al facilitar el acceso a información relevante, asimismo (Frech, 2019) menciona que “Los dashboards permiten el monitoreo en tiempo real de los indicadores clave de rendimiento, lo que permite una toma de decisiones más ágil y basada en datos actualizados”

### *Dashboards y storymaps utilizados en la gestión de desastres naturales*

En la gestión de desastres naturales, los dashboards y storymaps se han convertido en herramientas efectivas para recopilar, visualizar y comunicar información crítica de manera clara y concisa, se presentan ejemplos destacando su importancia y beneficios.

United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). El OCHA utiliza un dashboard interactivo para visualizar y monitorear información en tiempo real durante desastres naturales. El dashboard muestra datos sobre la situación actual, la respuesta humanitaria y los recursos disponibles, permitiendo una toma de decisiones informada y coordinada (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, 2020).

ESRI's Story Maps for Disaster Management. ESRI, una empresa líder en tecnología geoespacial, ha desarrollado storymaps específicos para la gestión de desastres naturales. Estos storymaps combinan mapas interactivos, imágenes y narrativas para presentar información sobre amenazas, evacuaciones, albergues y recursos disponibles, brindando una comprensión contextualizada de la situación (Esri, Story Maps for Disaster Management, 2021).

### *Metodologías de diseño y desarrollo de Geoportales*

Enfoques de diseño centrados en el usuario para Geoportales. La edificación de información, cuyo propósito es la generación de diseños eficaces para la presentación y comprensión de la información, junto con la usabilidad, que estudia el conjunto de características del diseño y funcionamiento de una interfaz de usuario, son disciplinas cuyo desarrollo está dirigido a lograr la máxima satisfacción del usuario durante el proceso de interacción con cualquier sistema de información (Manrique Sancho, La usabilidad de los geoportales, 2015).

Manrique comenta lo siguiente acerca de geoportales:

En el caso particular de los geoportales que dan acceso a todo tipo de información geoespacial, su usabilidad suele obviar al usuario final, centrándose en otros parámetros de diseño tales como la programación y el cumplimiento de estándares técnicos. Para ello se cree necesario conocerlos a profundidad por medio de un estudio pormenorizado (Manrique Sancho, La usabilidad de los geoportales, s.f.).

A partir de la aplicación de la técnica de Diseño Orientado a Metas (DOM) para la búsqueda de una arquitectura de interfaz eficiente, es posible dotar a los actuales geoportales de un nuevo concepto basado en las capacidades cognitivas (Moya Honduvilla J. B.).

Se describen brevemente los fundamentos e ideas básicas de la técnica de Diseño Orientada a Metas (DOM), detallando a continuación una metodología concreta y ejemplificada de su aplicación.

- A su vez, se resume la experiencia extraída en un ejemplo concreto, la creación de un geoportal poseedor de una interfaz orientada a resolver distintas metas de usuarios.

Por último, se propone un conjunto de conclusiones aplicable a cualquier proceso de creación de un geoportal enfocado a difundir datos y servicios geográficos. (Manrique Sancho, La usabilidad de los geoportales, s.f.)

### *Ciclo de vida del desarrollo de Geoportales*

Es indispensable se siga impulsando el desarrollo y mejoramiento de este tipo de sistemas con el propósito de convertirlas en excelentes herramientas para la gestión universitaria. Esto permitirá tener una base de datos geográfica actualizada con el pasar del tiempo y en su efecto personas capacitadas que realicen las modificaciones del sistema pertinentes para la satisfacción de los usuarios. (GUANCHA, 2016).

### ***Metodologías ágiles aplicadas al desarrollo de Geoportales***

Los aspectos favorables que se han constatado en la aplicación de la metodología se sintetizan en los siguientes puntos:

- La forma en la que se disponen las fases, y el modo de trabajo iterativo a que obligan, implica desarrollar un producto con unas bases sólidas. Las tareas fluyen naturalmente, sin dar pasos que no tengan un apoyo anterior, lo que aporta seguridad y confianza.
- Se obliga al equipo de trabajo a discurrir sobre el porqué de las cosas, y nada se deja a la improvisación. En cada una de las fases se concretan perfectamente los puntos de interés en base a entregables que sirven de datos de entrada para las fases inmediatamente posteriores.
- El uso de personajes como modelos de usuario ayudan en la comunicación del equipo de trabajo, proporcionando un lenguaje común en las decisiones de diseño.
- Se constata que la forma narrativa de los modelos desarrollados (básicamente personajes y escenarios) aun pareciendo a priori dudosa y poco operativa, es capaz de generar información y listas de datos y objetos de un modo más fácil y accesible que los clásicos informes de requisitos. Así, destaca la capacidad del método para genera nuevas ideas (Moya Honduvilla, 2015).

### *Geoportales en el ámbito militar*

Casos de Geoportales implementados por fuerzas armadas en apoyo a instituciones del estado. Las fuerzas armadas en muchos países utilizan sistemas de información geográfica (SIG) y tecnologías relacionadas para apoyar sus operaciones y tomar decisiones informadas. Esto puede incluir la recopilación y el análisis de datos geoespaciales para la planificación de misiones, el seguimiento de fuerzas en el campo, la evaluación de amenazas y la respuesta a desastres naturales.

En el caso específico de Ecuador, las Fuerzas Armadas pueden utilizar GeoPortales para recopilar y visualizar información geográfica relevante en apoyo a las instituciones estatales. Algunos posibles casos de uso podrían incluir:

*Apoyo a la gestión de desastres.* Las Fuerzas Armadas pueden utilizar un GeoPortal para recopilar y compartir información sobre áreas afectadas por desastres naturales, como terremotos, inundaciones o erupciones volcánicas. Esta información puede ser utilizada por instituciones estatales responsables de la respuesta y la atención de emergencias.

*Vigilancia y control fronterizo.* Un Geoportal podría ser utilizado para monitorear y visualizar datos geográficos relacionados con la vigilancia y el control de fronteras. Esto puede incluir la visualización de áreas sensibles, puntos de control, rutas de tráfico ilegal u otros datos relevantes para la seguridad nacional.

*Planificación y desarrollo territorial.* Las Fuerzas Armadas podrían colaborar con instituciones estatales encargadas de la planificación urbana y el desarrollo territorial mediante la recopilación y análisis de datos geográficos. Un GeoPortal podría facilitar la visualización de información sobre infraestructuras críticas, áreas estratégicas y planificación de operaciones conjuntas.

El Instituto Geográfico Militar, una institución perteneciente a Fuerzas Armadas, ha implementado su IDE institucional y ha desarrollado aplicaciones Cartográficas-Geográficas apoyadas en los avances tecnológicos, que contribuyen con el desarrollo nacional. (Militar, 2013).

### *Erupciones Volcánicas: conceptos fundamentales*

Definición y características de las erupciones. La erupción volcánica es un fenómeno natural en el cual el material fundido, gases volcánicos y fragmentos de roca son expulsados desde el interior de un volcán hacia la superficie terrestre. Estas erupciones pueden variar en intensidad y duración, y están asociadas con la liberación de energía y la actividad magmática en el subsuelo.

Una erupción volcánica también se la puede definir como un evento violento en el que el material fundido y gases volcánicos, como magma y ceniza, son expulsados desde un volcán hacia la superficie terrestre. Esto puede ocurrir a través de aberturas llamadas cráteres, fisuras laterales o flujos de lava (MOTHES, 1998).

Las características de una erupción volcánica son:

**Expulsión de magma.** Durante una erupción volcánica, el magma, una mezcla de rocas fundidas, gases disueltos y fragmentos sólidos, asciende desde el interior de la Tierra hacia la superficie. La cantidad y viscosidad del magma influyen en la forma y el estilo de la erupción.

**Columna eruptiva.** Cuando el magma alcanza la superficie, puede ser expulsado violentamente formando una columna eruptiva. Esta columna puede ascender a gran altura en la atmósfera, transportando cenizas, gases y fragmentos sólidos. La altura de la columna depende de la explosividad de la erupción y la cantidad de material expulsado.

**Flujos de lava.** En algunas erupciones, el magma puede fluir hacia abajo del volcán en forma de ríos de lava. Estos flujos de lava pueden ser de diferentes tipos, como coladas de lava basáltica fluida o flujos de lava viscosa y lenta. Los flujos de lava representan uno de los principales peligros asociados con las erupciones volcánicas.

**Cenizas y tefra.** Durante una erupción, se pueden generar grandes cantidades de cenizas y tefra, que son fragmentos sólidos de roca y vidrio volcánico pulverizado. Estos materiales son expulsados en la columna eruptiva y pueden caer en áreas cercanas al volcán, afectando la calidad del aire, la vegetación y la infraestructura.

*Gases volcánicos.* Los volcanes también liberan gases volcánicos durante una erupción. Estos gases, como dióxido de azufre, dióxido de carbono y vapor de agua, pueden ser liberados en grandes cantidades y tener efectos ambientales y climáticos significativos (MOTHES, 1998).

*Causas y mecanismos de generación de erupciones volcánicas.* Las erupciones volcánicas complejas y pueden ser causadas por diversas razones. Aquí tienes algunas de las principales causas de las erupciones volcánicas:

*Subducción de placas tectónicas.* La subducción ocurre cuando una placa tectónica se desplaza debajo de otra en una zona de convergencia. Durante este proceso, la placa que se sumerge puede llegar a zonas de alta presión y temperatura, lo que provoca la fusión parcial del material rocoso y la formación de magma. Este magma asciende hacia la superficie y puede generar una erupción volcánica.

*Extensión de placas tectónicas.* En las zonas de rift, donde las placas tectónicas se separan, puede ocurrir la fusión del manto terrestre y la generación de magma. Este magma puede ascender a través de las fracturas y fisuras creadas por la extensión de las placas, dando lugar a erupciones volcánicas. Siendo como ejemplo el Rift Africano.

*Puntos calientes.* Los puntos calientes son regiones localizadas del manto terrestre donde se produce una intensa actividad volcánica. Aunque su origen no está completamente comprendido, se cree que están asociados con corrientes ascendentes de material caliente en el manto. Se forma una cadena de volcanes cuando la placa tectónica se mueve sobre el punto caliente. Un ejemplo famoso de un punto caliente es el archipiélago de Hawái.

*Interacción magma-agua.* La presencia de agua cerca de un volcán puede desencadenar una erupción volcánica. Si el magma asciende cerca de cuerpos de agua, como lagos o acuíferos subterráneos, el agua puede entrar en contacto con el magma. Esto puede provocar una rápida vaporización del agua, generando una explosión y fragmentación del magma, lo que resulta en una erupción volcánica explosiva.

*Acumulación de presión.* A medida que el magma se acumula debajo de la superficie terrestre, puede ejercer presión en las rocas circundantes. Si la presión se acumula lo suficiente, puede superar la resistencia de las rocas y provocar una ruptura, permitiendo que el magma ascienda y se produzca una erupción (Salazar, 2009).

**Tipos de erupciones volcánicas y su impacto.** Existen varios tipos de erupciones volcánicas, cada una con características y efectos distintos. A continuación, se mencionan algunos de los tipos más comunes y su impacto asociado:

*Erupción explosiva.* Estas erupciones son altamente explosivas y se caracterizan por la liberación de grandes cantidades de material piroclástico, cenizas volcánicas y gases a la atmósfera. El material piroclástico consiste en fragmentos de roca y lava pulverizados que son expulsados violentamente desde el volcán. Estas erupciones pueden generar columnas eruptivas de gran altura y producir flujos piroclásticos que se desplazan rápidamente por las laderas del volcán. El impacto de estas erupciones puede incluir destrucción de paisajes cercanos, daños a la infraestructura, riesgos para la salud debido a la inhalación de cenizas y la contaminación del aire, así como la interrupción del tráfico aéreo debido a la presencia de cenizas en la atmósfera.

*Erupción efusiva.* Este tipo de erupción se caracteriza por la emisión de lava fluida que fluye lentamente desde el volcán. La lava se desplaza por las laderas del volcán en forma de coladas de lava, extendiéndose sobre áreas extensas. Aunque las erupciones efusivas pueden ser menos explosivas que las erupciones explosivas, aún pueden representar riesgos para las comunidades cercanas. El impacto de estas erupciones puede incluir la destrucción de estructuras, la interrupción de vías de comunicación y la pérdida de tierras agrícolas.

*Erupción phreatomagmática.* Estas erupciones ocurren cuando el magma entra en contacto con agua, ya sea de un cuerpo de agua cercano, glaciares o acuíferos subterráneos. La interacción explosiva entre el magma y el agua puede generar erupciones violentas y producir flujos piroclásticos, cenizas y material volcánico fragmentado. El impacto de estas erupciones puede incluir

la liberación repentina de energía, flujos piroclásticos destructivos y la expulsión de cenizas y fragmentos que pueden afectar áreas extensas alrededor del volcán.

*Erupción hawaiana.* Este tipo de erupción se caracteriza por la emisión de lava muy fluida que fluye fácilmente desde el volcán. La lava puede salir a través de grietas o fisuras en el suelo y desplazarse lentamente. Aunque las erupciones hawaianas son generalmente menos explosivas, pueden tener un impacto significativo en las áreas cercanas al volcán. El flujo de lava puede destruir estructuras, infraestructura y terrenos agrícolas, y amenazar comunidades si la lava se dirige hacia áreas habitadas (Bedón Jiménez, 2014).

### *Historia de las erupciones volcánicas en el Ecuador y su impacto*

El Ecuador es conocido por ser uno de los países más volcánicamente activos del mundo debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico. A lo largo de su historia, ha experimentado numerosas erupciones volcánicas que han dejado un impacto significativo en el país. Aquí tienes algunos ejemplos destacados:

*Volcán Cotopaxi.* El Cotopaxi es uno de los volcanes más altos y activos de Ecuador. Ha tenido varias erupciones a lo largo de los siglos, siendo una de las más significativas la erupción de 1877. En esa ocasión, se registraron flujos de lava, emisión de cenizas y gases, y la formación de una columna eruptiva de gran altura. La erupción causó la destrucción de comunidades cercanas y afectó a los cultivos y ganado en las zonas adyacentes.

*Volcán Tungurahua.* El Tungurahua es otro volcán activo en Ecuador y ha tenido erupciones importantes en los últimos años. En 1999, el volcán experimentó una serie de erupciones explosivas que generaron flujos piroclásticos y columnas eruptivas de gran altura. Estas erupciones causaron la evacuación de miles de personas y la destrucción de viviendas y cultivos en las áreas circundantes (Paladinez & Zamora, 2011).

*Volcán Chimborazo.* Aunque el Chimborazo no ha tenido erupciones explosivas en tiempos históricos, se le considera un volcán extinto. Sin embargo, su última actividad volcánica se estima que ocurrió hace aproximadamente 1,200 años. A pesar de no presentar actividad reciente, el

impacto del Chimborazo se debe principalmente a su importancia geográfica y cultural como una de las montañas más altas de Ecuador y como un destino turístico popular.

*Volcán Guagua Pichincha.* El Guagua Pichincha, ubicado cerca de la ciudad de Quito, ha experimentado erupciones en tiempos históricos. En 1999, el volcán tuvo una erupción explosiva que generó flujos piroclásticos y emisión de cenizas. Esto llevó a la evacuación de la ciudad de Quito y causó daños en la infraestructura y la agricultura de la zona.

#### Marco normativo y legal relacionado

##### *Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP)*

La Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP), publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 337 de 18 de mayo de 2004, en cuyo Título I Art.1, referente a los principios generales menciona al Principio de Publicidad de la Información Pública, mismo que establece que “el acceso a la información es un derecho de las personas que garantiza el Estado” (Congreso Nacional, 2004).

De manera detallada, en dicho artículo se contempla que “toda la información que emane o que esté en poder de las instituciones, organismos y entidades, personas jurídicas de derecho público o privado (...) están sometidas al principio de publicidad; por lo tanto, toda información que posean es pública, salvo las excepciones establecidas en esta Ley” (Congreso Nacional, 2004).

Por otro lado, en el Art. 3 de la presente ley, se delimita a las instituciones y organismos para los cuales esta ley es aplicable, siendo así que, el ámbito de aplicación de esta ley está orientado a:

- a) Los organismos y entidades que conforman el sector público en los términos del artículo 118 de la Constitución Política de la República;
- b) Los entes señalados en el artículo 1 de la presente Ley.
- c) Las personas jurídicas cuyas acciones o participaciones pertenezcan en todo o en parte al Estado, exclusivamente sobre el destino y manejo de recursos del Estado.
- e) Las corporaciones, fundaciones y organismos no gubernamentales (ONGs) aunque tengan el carácter de privadas y sean encargadas de la provisión o administración de bienes o servicios

públicos, que mantengan convenios, contratos o cualquier forma contractual con instituciones públicas y/u organismos internacionales, siempre y cuando la finalidad de su función sea pública.

h) Las personas jurídicas de derecho privado que posean información pública en los términos de esta Ley.

No obstante, en el Art. 4, referente a los Principios de Aplicación de la Ley se destaca que, según el literal a), “La información pública pertenece a los ciudadanos y ciudadanas. El Estado y las instituciones (...) están obligados a garantizar el acceso a la información”. Dicha información puede estar declarada como pública o reservada.

#### ***Normativa referente a la información pública y su difusión.***

El Art.6 de la LOTAIP define la Información Confidencial como “aquella información pública personal, que no está sujeta al principio de publicidad y comprende aquella derivada de sus derechos personalísimos y fundamentales”, siendo de este modo que, el uso de dicha información personal de manera ilegal, conllevará al inicio de acciones legales pertinentes (Congreso Nacional, 2004).

No obstante, en lo referente a la difusión de la información pública, el Art. 7 de la ley en cuestión, se menciona que la información pública se difundirá mediante un “portal de información o página web, así como de los medios necesarios a disposición del público” (Congreso Nacional, 2004).

#### ***Políticas Nacionales de Información Geoespacial (CONAGE).***

El 22 de septiembre de 2004, mediante el Decreto Ejecutivo No. 2250, publicado en el Registro Oficial No. 466, se crea el Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE), este organismo técnico, subordinado a la Presidencia de la República tiene como objetivo principal el impulsar la creación, mantenimiento y administración de la Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales (IEDG) (Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE), 2010).

Bajo el mismo Decreto Ejecutivo No. 2250, en su Art. 3 literal a), se atribuye al Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE) la formulación de las políticas nacionales referentes a la generación de información geoespacial, las cuales según el ámbito de aplicación se presentan bajo

carácter obligatorio tanto para las instituciones públicas, como para las instituciones privadas que, haciendo uso de los recursos del Estado, generen información geoespacial (Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE), 2010).

Siendo de este modo que, el 01 de septiembre de 2010, son publicadas en el Registro Oficial Nro. 269 las '*Políticas Nacionales de Información Geoespacial*', las cuales se rigen bajo una serie de principios, entre los cuales se destaca el principio de '*Publicidad y accesibilidad*' definido en el Art. 1 de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública, bajo la cual se enmarca la publicación y accesibilidad de información mediante herramientas como dashboards, storymaps y geoportales (Consejo Nacional de Geo informática (CONAGE, 2010).

**Política 1: Referente a las políticas de generación y actualización de geo información.**

- Numeral 1.2.- Las instituciones generadoras de información geoespacial deben garantizar que sus productos sean interoperables entre sí, esto conlleva al uso de los estándares respectivos para la compartición y acceso a la información generada.
- Numeral 1.8.- Las instituciones generadoras de información geoespacial deben proporcionar los metadatos de los productos generados, respetando la normativa vigente y los derechos de autor respectivos.
- Numeral 1.12.- Las instituciones generadoras y/o custodias de información geoespacial deben proporcionar una base de datos geográfica (GDB) estructurada conforme al catálogo de objetos vigente.

**Política 2: Referente al uso de la geoinformación.**

- Numeral 2.2.- Toda persona natural o jurídica que difunda por cualquier medio información geoespacial generada por instituciones del sector público deberá reconocer la autoría de la fuente que generó dicha información, tras cuya violación se sancionará conforme lo establezca la Ley de Propiedad Intelectual.

**Política 3: Referente a la difusión de la geoinformación.**

- Numeral 3.1.- La información geoespacial que esté contemplada dentro del principio de publicidad debe ser sujeta a comprobación por parte de una institución competente, de tal manera que la misma no haya sido alterada o sea falsa.
- Numeral 3.2.- Es deber de toda institución que custodie información pública garantizar el acceso a su información, salvo aquella que este declarada como secreta, reservada o sea de carácter confidencial.
- Numeral 3.3.- Toda institución custodia de información pública debe da a conocer al público la naturaleza de dicha información, sea de carácter público o la que se considere reservada.

**Política 4: Referente a la entrega, intercambio y venta de información geoespacial.**

- Numeral 4.6.- La información pública no debe ser empleada con fines ilícitos, ni atentar contra la seguridad nacional.
- Numeral 4.10.- Para fines académicos y de investigación, la información geoespacial será entregada de manera gratuita, siempre y cuando se canalice mediante la institución patrocinadora.

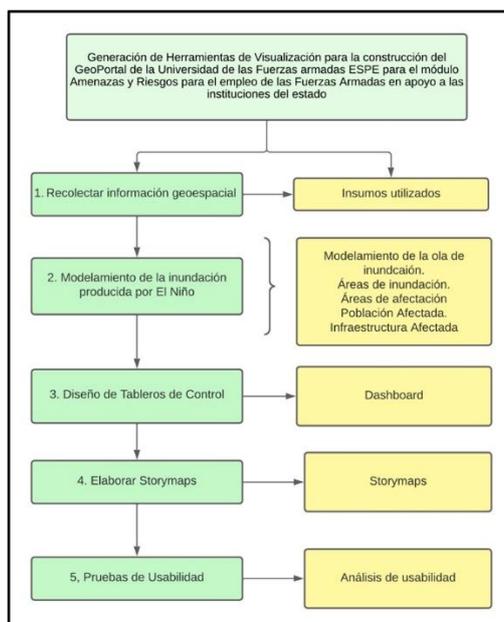
## Capítulo III

### Metodología

#### *Modelo de la metodología estructurada*

**Figura 15**

*Diagrama de la metodología empleada en la investigación*



#### *Obtención de la Información*

Los insumos cartográficos empleados para la elaboración de este proyecto pueden ser detallados en dos conjuntos, el primero correspondiente a los insumos que fueron empleados para el modelamiento geoespacial del recorrido del lahar (Tabla 1) y el segundo conjunto que responde a la cartografía base empleada para la elaboración de los webmaps en los dashboards y storymaps (Tabla 2).

**Tabla 1**

*Insumos cartográficos empleados para el modelamiento*

Insumo	Fuente	Año	Tipo	Escala / Resol.	Public.
Recorrido de lahares	SGR	2011	Vector (polígonos)	-	2019

MDT	IGM	-	Ráster	Píxel (2m)	-
Cobertura vial	MTOP	2019	Vector (líneas)	1:5.000	2019
Capa predial del DMQ	Geoportal Metropolitano	2023	Vector (polígonos)	1:5.000	2023
Capa predial de Rumiñahui	GAD de Rumiñahui	2012	Vector (polígonos)	1:5.000	2012

Nota. La tabla recopila la información sobre los insumos cartográficos empleados para el modelamiento geoespacial del recorrido del lahar.

**Tabla 2**

*Insumos cartográficos empleados para webmaps*

Insumo	Fuente	Año	Tipo	Escala / Resol.	Public.
Amenaza volcánica	IG EPN	2016	Vector (polígonos)	-	2016
Amenaza por ceniza	SGR	2023	Vector (polígonos)	-	2023
Exposición por Flujos Piroclásticos	INEC	2020	Vector (polígonos)	-	2020
Exposición por Lahares	INEC	2020	Vector (polígonos)	-	2020
Aeropuertos	IGM	2018	Vector (puntos)	-	2018
Establecimientos de Salud	MSP	-	Vector (puntos)	-	-
Instituciones educativas	MINEDUC	2019	Vector (puntos)	-	2019
Parroquias priorizadas	SNGRE	2022	Vector (polígonos)	-	2022
Rutas de evacuación	SNGRE	2015	Vector (líneas)	-	2015
Sirenas volcanes	SNGRE	2022	Vector (puntos)	-	2022

Nota. La tabla recopila la información sobre los insumos cartográficos empleados como base para webmaps. En base a información de *Alertas Ecuador: Volcán Cotopaxi, 2023*, Secretaría de Gestión de Riesgos.

### *Generación de los modelos*

Para la generación de los modelos fueron empleadas las herramientas y algoritmos del software ArcGIS, cuyo procesamiento se detalla a continuación para cada modelo.

### Variables de estudio

Las variables de estudio que se emplearon a para el modelamiento de las alturas que alcanzaría el lahar a lo largo de su trayectoria, así como las variables empleadas para modelar las rutas de evacuación se detallan a continuación (Tabla 3).

**Tabla 3**

#### *Variables de estudio*

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
Zona de recorrido del lahar	Polígono que representa la zona del recorrido del lahar.
Elevación	Valores de elevación extraídos a partir del MDT de la zona de estudio.
Alturas alcanzadas por el lahar	Altura para cada vertical de las secciones transversales a la trayectoria de recorrido del lahar.
Vialidad	Red vial de la zona de estudio conformada por arcos y nodos que permiten el análisis de redes.
Población y Vivienda	Indicadores de población, afectación y vivienda obtenidos a partir de información oficial del INEC y los catastros de Quito y Rumiñahui.
Demand Points	Puntos de partida obtenidos a partir del centroide de los predios que se encuentran dentro de la zona de recorrido del lahar.
Facility Points	Puntos de llegada o puntos de evacuación obtenidos a partir de la intersección de la red vial y el perímetro de la zona de influencia del lahar.
Rutas de evacuación	Ruta más cercana recorrida a través de la red vial que conecta los puntos de partida con los de llegada.
Tiempos de evacuación	Tiempo que tarda una persona en recorrer una ruta específica acorde a su posición dentro de la zona de recorrido del lahar.

*Nota.* La tabla describe la naturaleza de las variables de estudio empleadas.

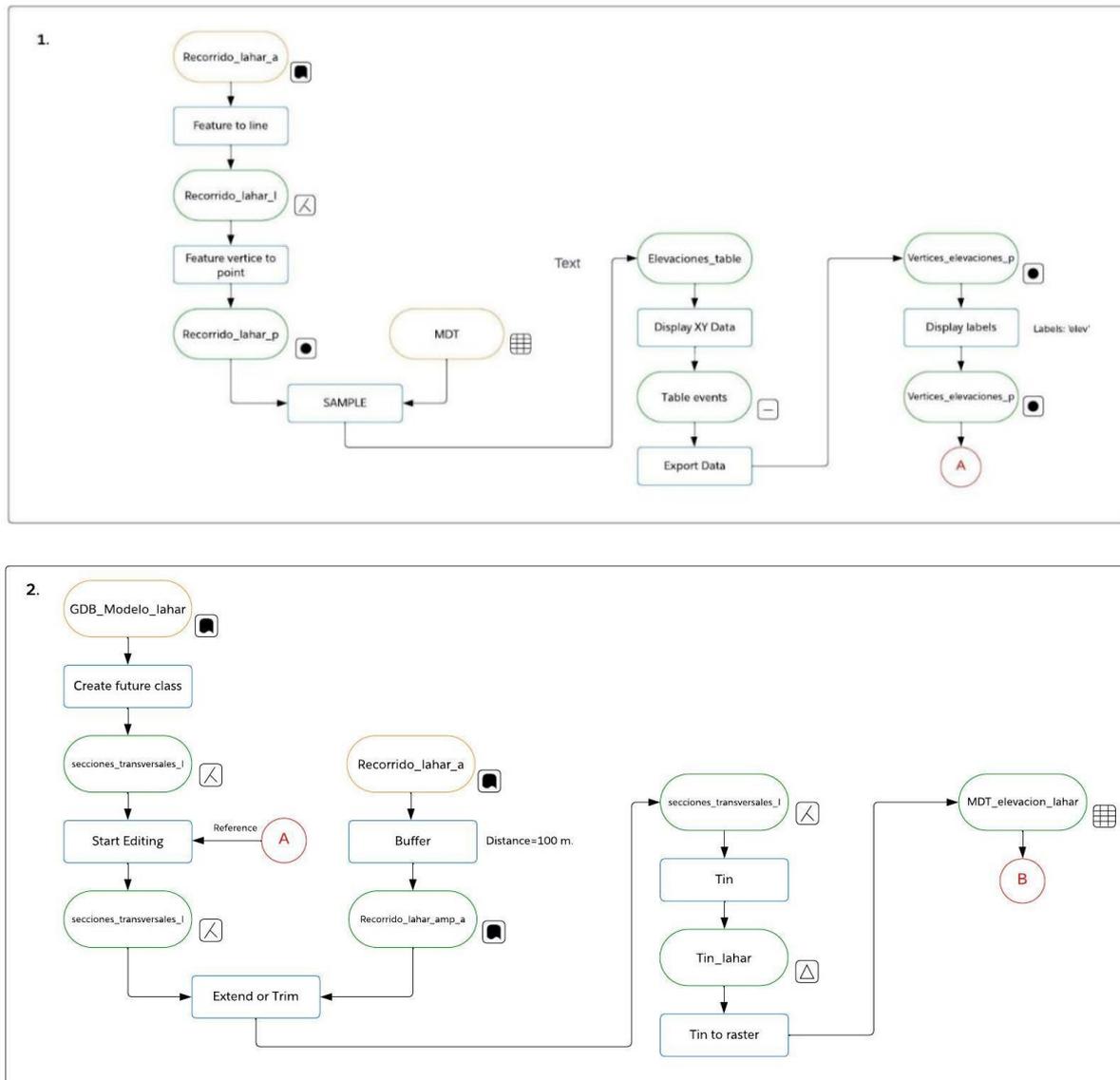
#### *Modelo de altura de lahares*

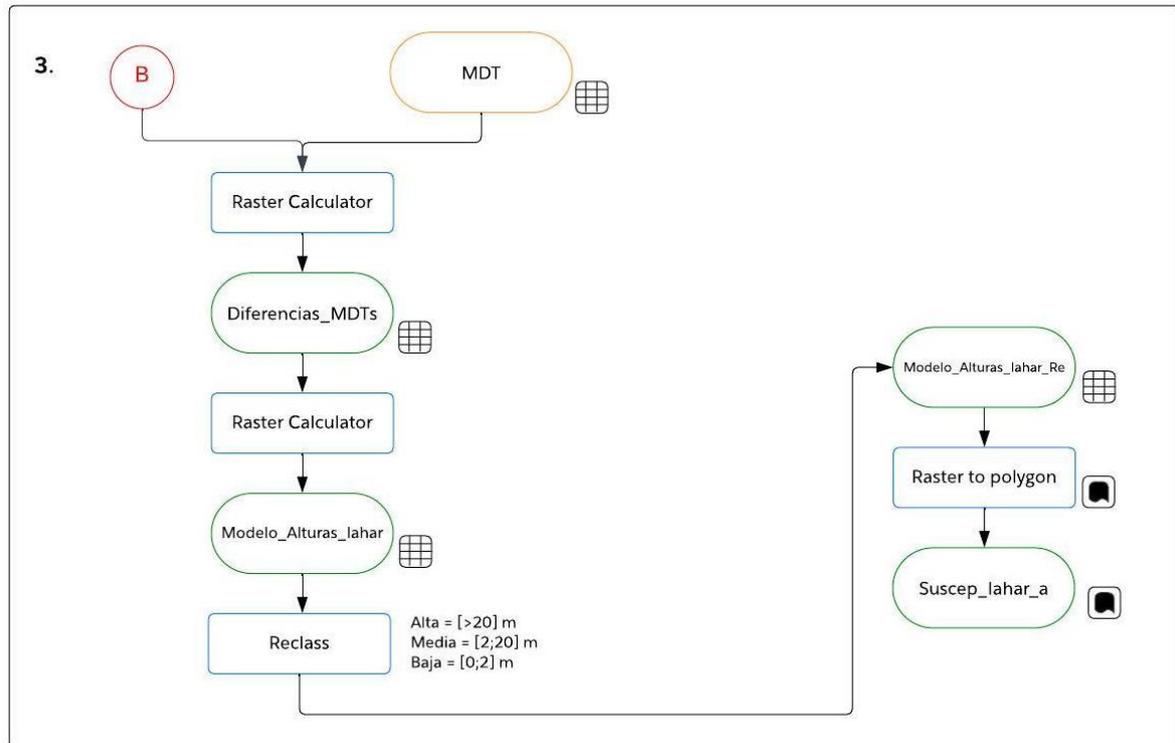
El modelo calculado tiene la finalidad de representar la magnitud de las alturas alcanzadas por el lahar para cada punto de la trayectoria dentro de su zona de influencia.

A continuación, se presenta el modelo cartográfico (figura 16) empleado para la generación del modelo de alturas y posterior a ello una descripción del procedimiento.

**Figura 16**

*Modelo cartográfico para la generación del modelo de altura del Lahar*

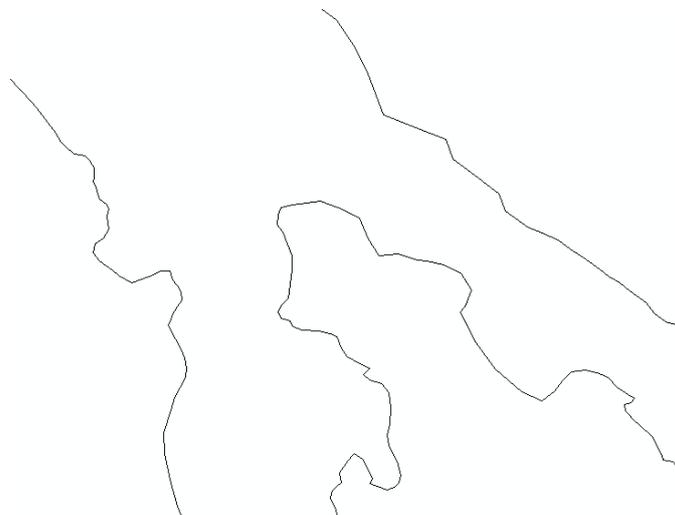




Extracción de los valores de elevación. Para la extracción de los valores de elevación fueron necesarios dos insumos, una capa vectorial de puntos y un modelo digital de elevaciones. La capa de puntos (figura 17) se obtuvo a partir del contorno de la zona de influencia del lahar mediante los siguientes procesos “*Feature to Line*” y “*Feature Vertices to points*”.

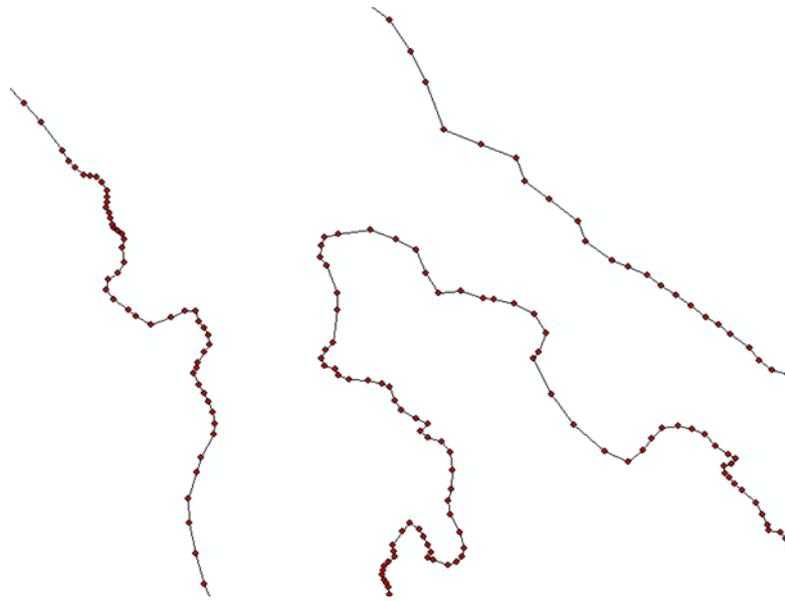
### Figura 17

*Conversión de la cobertura vectorial de tipo polígono a línea*



**Figura 18**

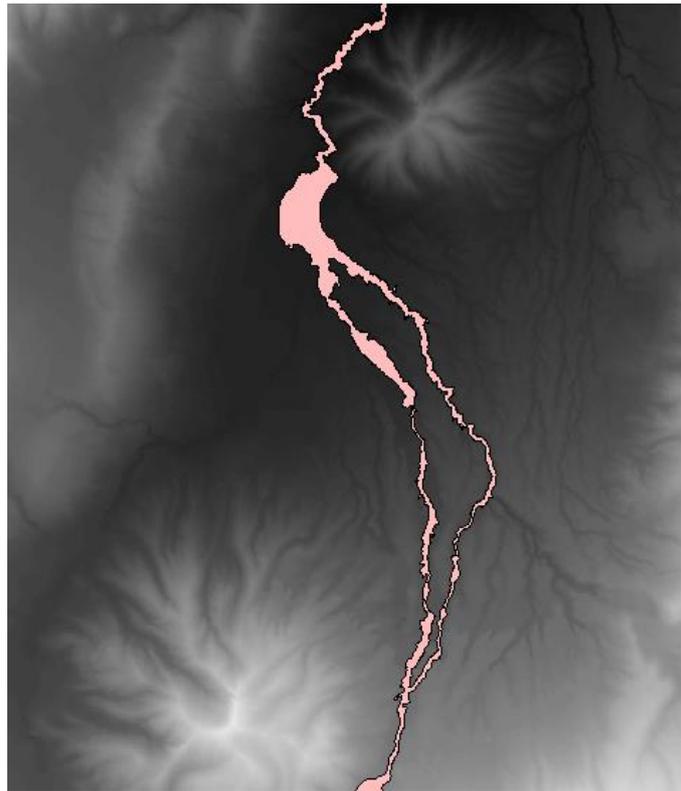
*Conversión de la cobertura vectorial de tipo línea a puntos*



El segundo insumo empleado fue el ráster del modelo digital del terreno (MDT) de la zona de estudio con resolución espacial de 2m (figura 19).

**Figura 19**

*Modelo digital del terreno de la zona de estudio*



Mediante dichos insumos fueron extraídos los valores de elevación mediante el algoritmo “*Sample*”, el cuál arrojó como resultado una tabla (figura 20) con las coordenadas de los vértices y su correspondiente elevación. Inmediatamente después, esta tabla fue vectorizada mediante la herramienta “*Display XY Data*”. A continuación de ello, fue creado un campo para la recolección de los valores de las elevaciones, al cual se le adicionó un valor de 0.50m como parámetro de tolerancia y seguido se activó la visualización de las etiquetas con el valor de la elevación (figura 21).

**Figura 20**

*Tabla de extracción de valores de elevación*

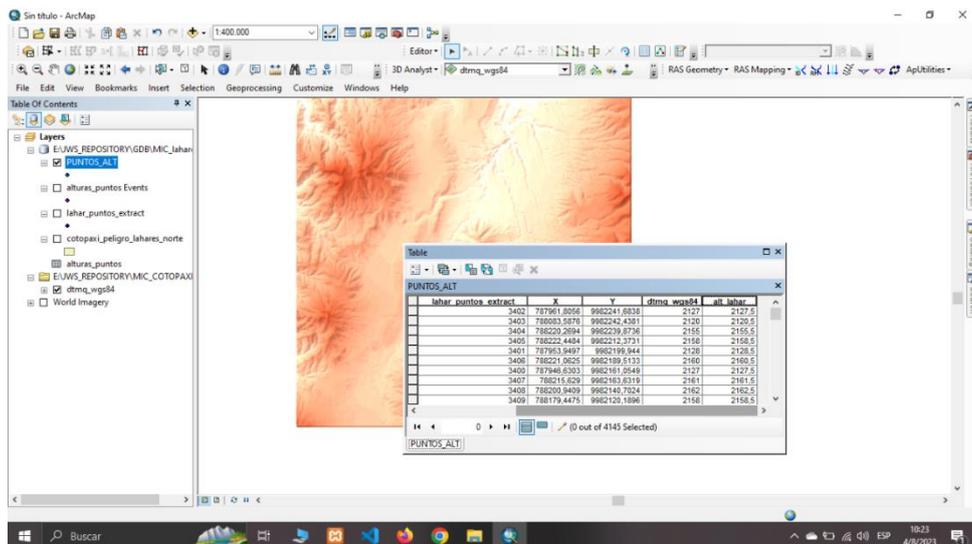
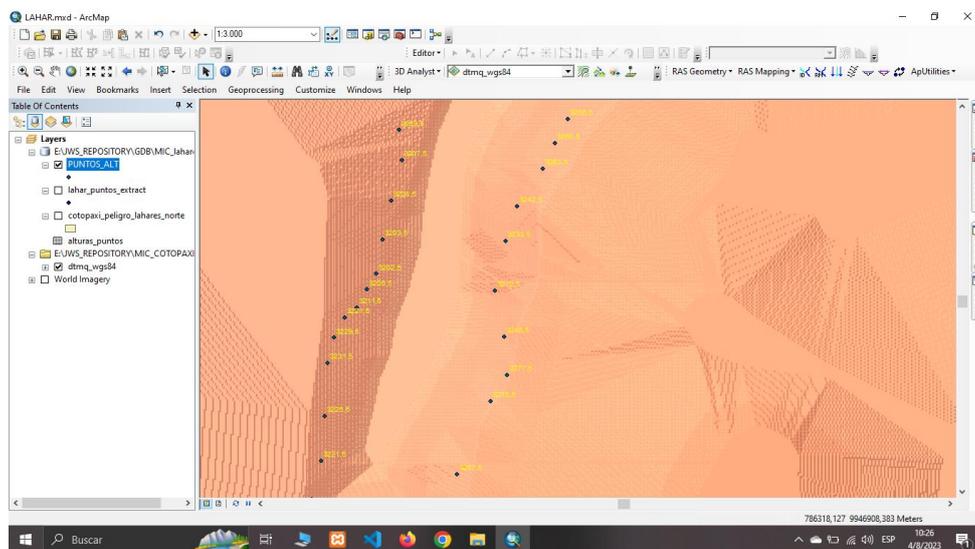


Figura 21

*Puntos con valores de alturas*



Generación de secciones transversales. Para la generación de las secciones transversales se procedió a crear una capa vectorial de líneas sobre la cual se digitalizó la unión entre puntos con elevaciones similares, mediante las herramientas de edición (figura 22), manteniendo un rango de diferencia de +/- 2 metros, tal como se muestra en el perfil topográfico de una sección transversal (figura 23). Este procedimiento se realizó sobre la totalidad de la extensión del polígono de la zona de influencia del lahar, tal como se muestra en la (figura 24).

Figura 22

Barra de herramientas de edición de capas

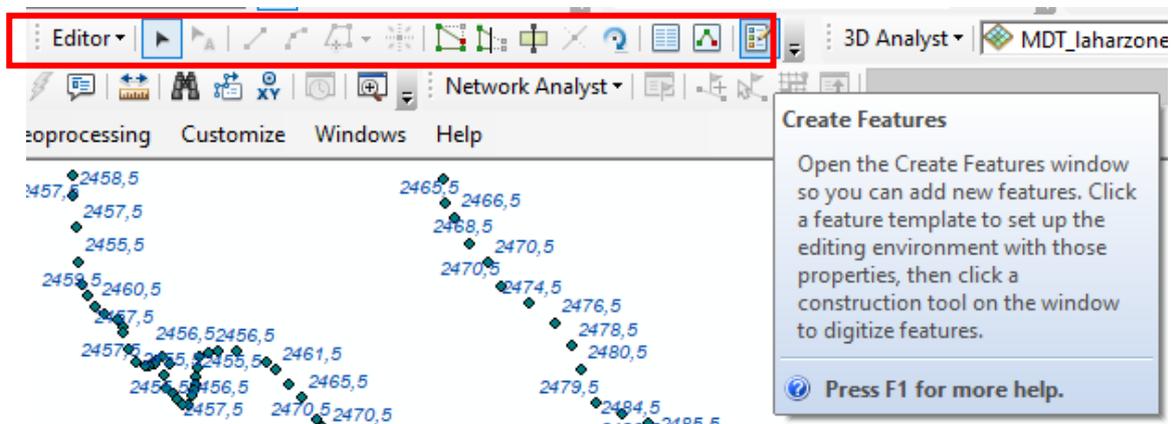


Figura 23

Perfil topográfico de una sección transversal

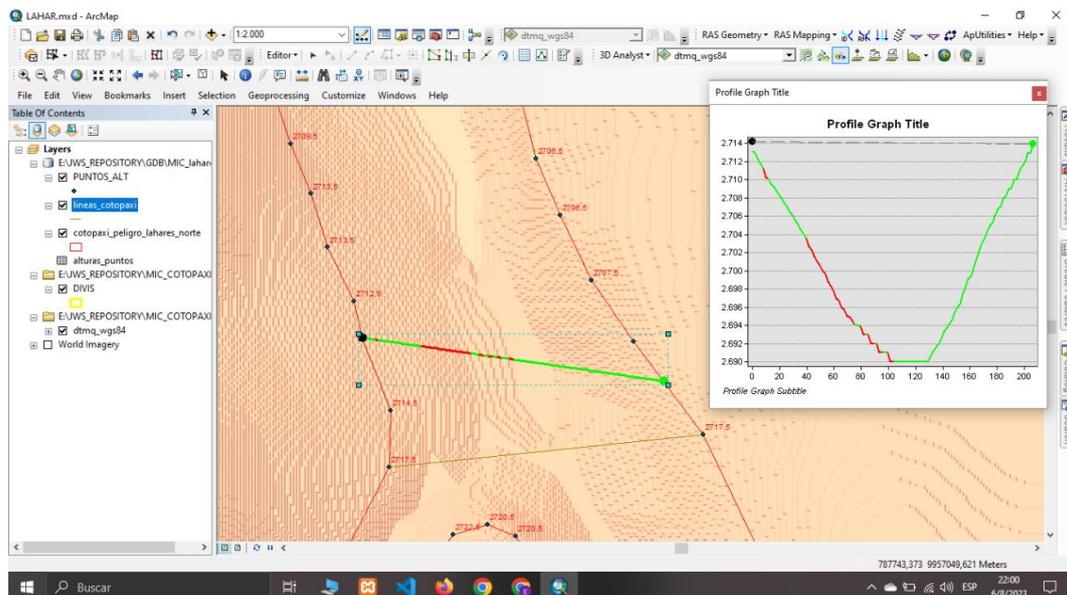


Figura 24

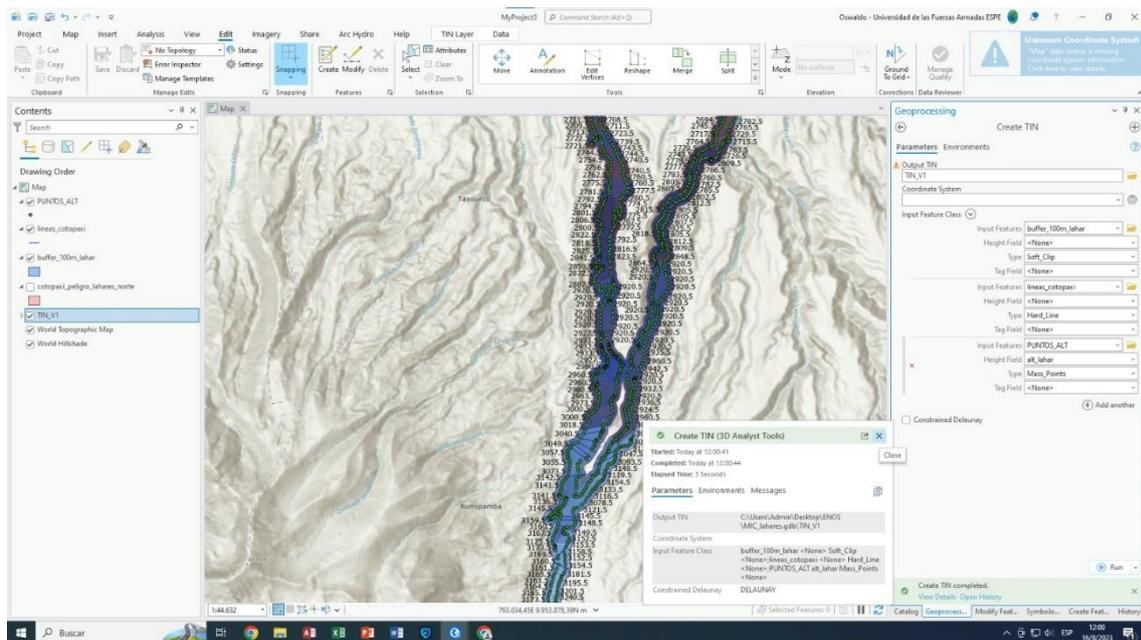
Secciones transversales a la zona de recorrido de lahares



Se generó la TIN (figura 26), mediante el algoritmo “Create TIN” tomando como insumos las cotas de los puntos en el perímetro de la zona de influencia del lahar, las secciones transversales y el buffer de la zona de influencia del lahar, tal como se muestra a continuación.

**Figura 26**

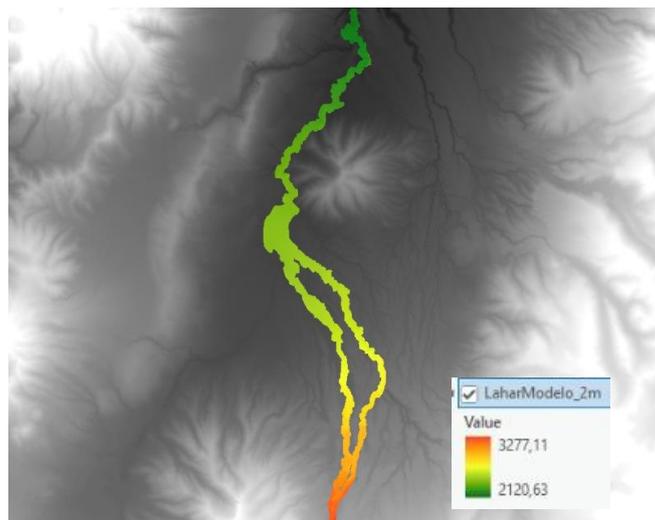
*Red de triángulos irregulares (TIN)*



Generación del modelo digital del lahar. El modelo digital de elevaciones del lahar se generó a partir del procesamiento de la TIN mediante el algoritmo “TIN to Raster” (figura 27).

**Figura 27**

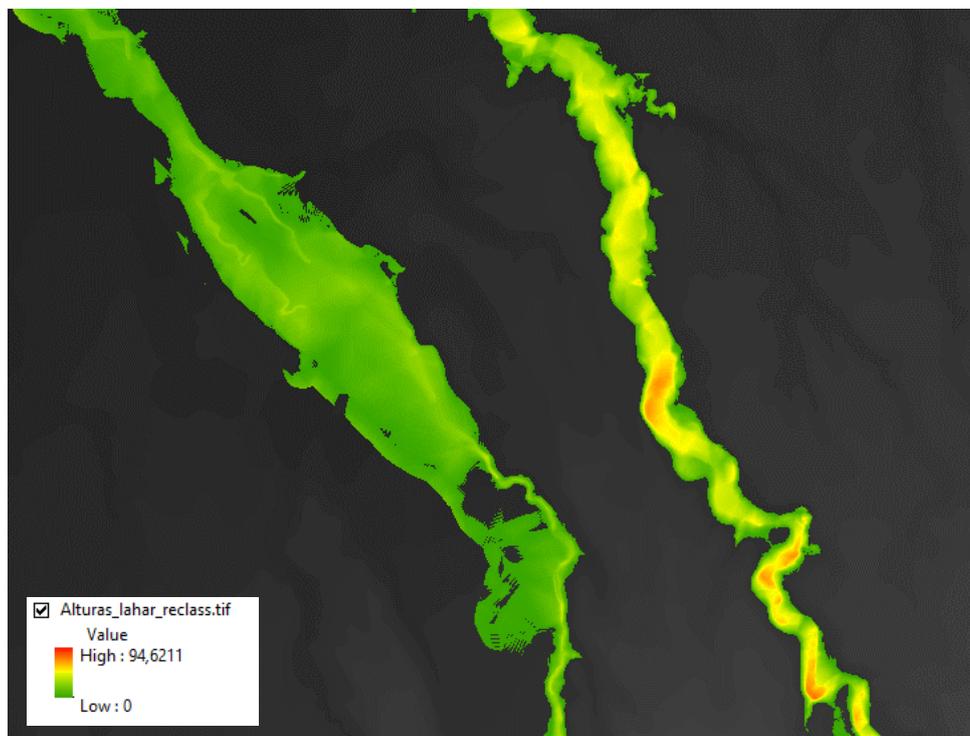
*Modelo de elevaciones del lahar*



Generación del modelo de alturas alcanzadas por el lahar. A continuación de lo anterior, fueron calculadas las alturas del recorrido del lahar como resultado de las diferencias positivas entre el MDT del lahar y el MDT de la zona de estudio (figura 28) mediante la herramienta "Raster Calculator".

**Figura 28**

*Modelo de alturas del lahar*

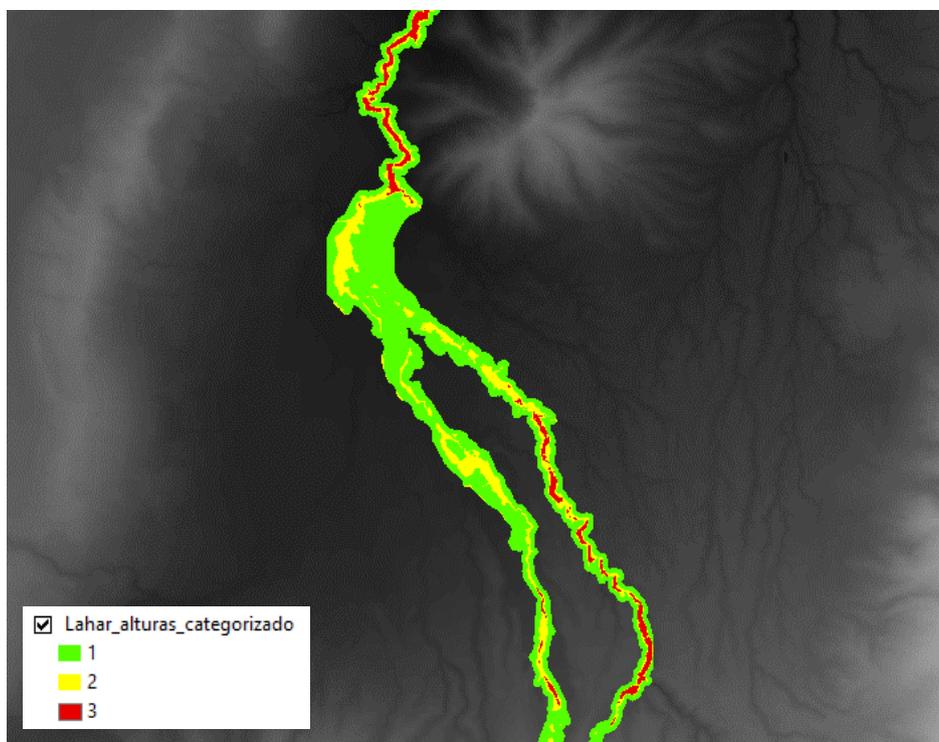


Se reclasificaron los valores de alturas (figura 29) agrupándolos en rangos de valores acorde a sus *'natural breaklines'*, esto es:

- Categoría 1: [0 – 7.02] metros.
- Categoría 2: [7.02 – 24.76] metros.
- Categoría 3: [>24.76] metros.

**Figura 29**

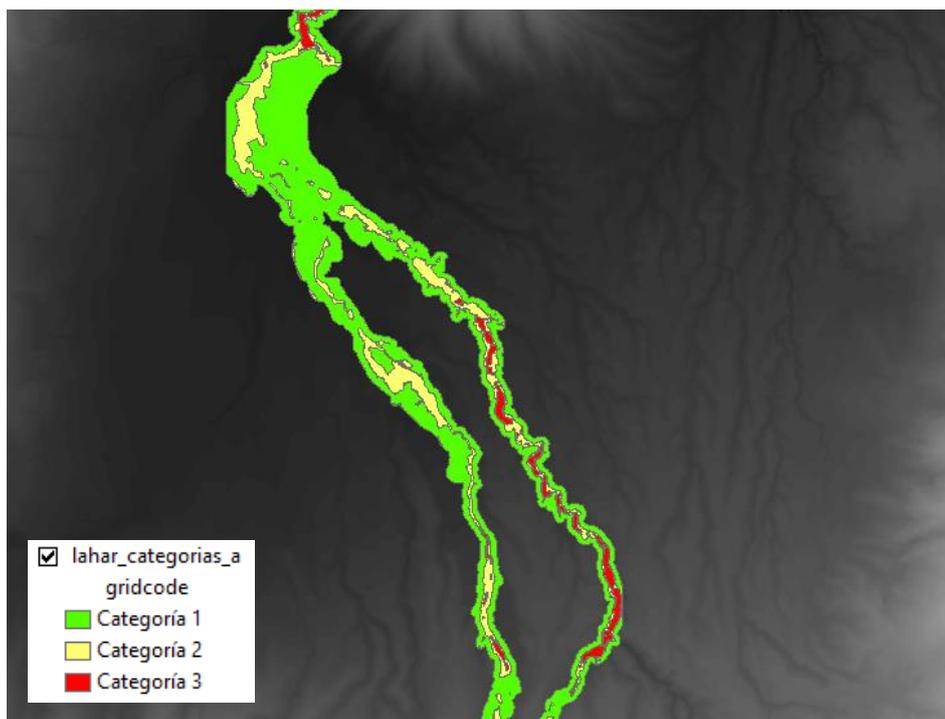
*Reclasificación de los valores del modelo de alturas del lahar*



Finalmente, se transformaron a polígonos (figura 30) las tres categorías de alturas del lahar mediante el algoritmo *"Raster to Polygon"*, culminando de esta manera el modelamiento de las alturas del recorrido del lahar.

**Figura 30**

*Capa de la categorización de las alturas del recorrido del lahar*



### *Modelo de rutas de evacuación*

El modelo de rutas de evacuación calculado empleó las herramientas y algoritmos del módulo “Network Analyst” de ArcGis, mediante las cuales fue posible calcular la ruta más cercana para la pronta salida de una persona localizada en cualquier punto dentro de la zona de influencia del lahar hacia el punto de evacuación más cercano situado en el exterior del área de recorrido del lahar.

La metodología que se empleó para el modelamiento de las rutas de evacuación puede resumirse en cuatro procedimientos generales, los cuales se representan en el siguiente esquema (figura 31).

### **Figura 31**

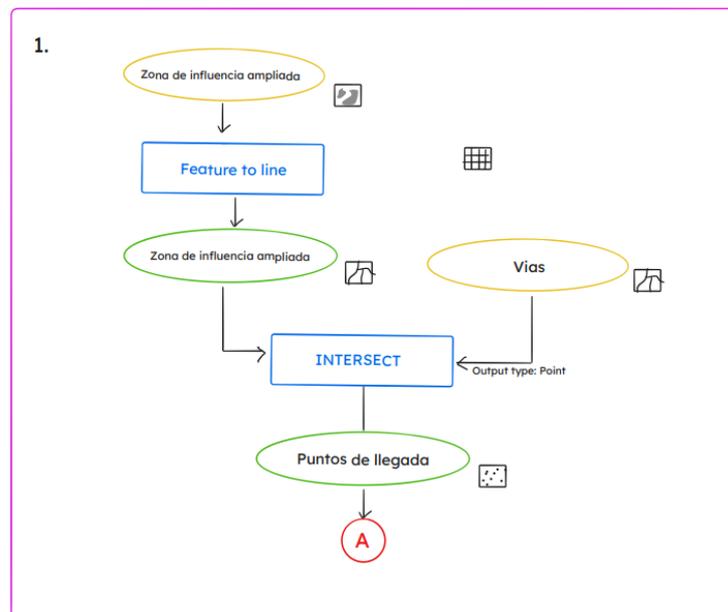
*Esquema de flujo de la generación de las rutas de evacuación*



Determinación de los puntos de llegada (Facility Points). La metodología empleada para la determinación de los puntos de llegada o puntos de evacuación se describe en el modelo cartográfico de la figura 32, donde los puntos de llegada (figura 33) fueron obtenidos a partir de la intersección de la capa de la red vial en la zona de estudio con el perímetro de la zona de influencia ampliada del recorrido del lahar, resultando de esta manera una cobertura que representa los puntos de evacuación hacia el exterior.

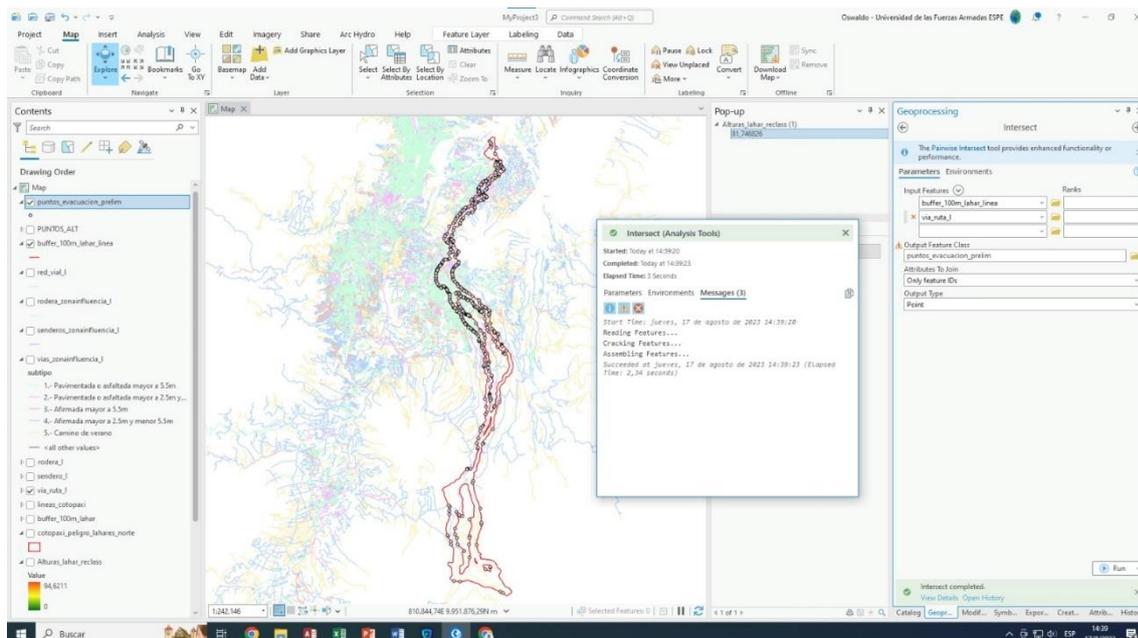
**Figura 32**

*Modelo cartográfico para la determinación de los puntos de llegada*



**Figura 33**

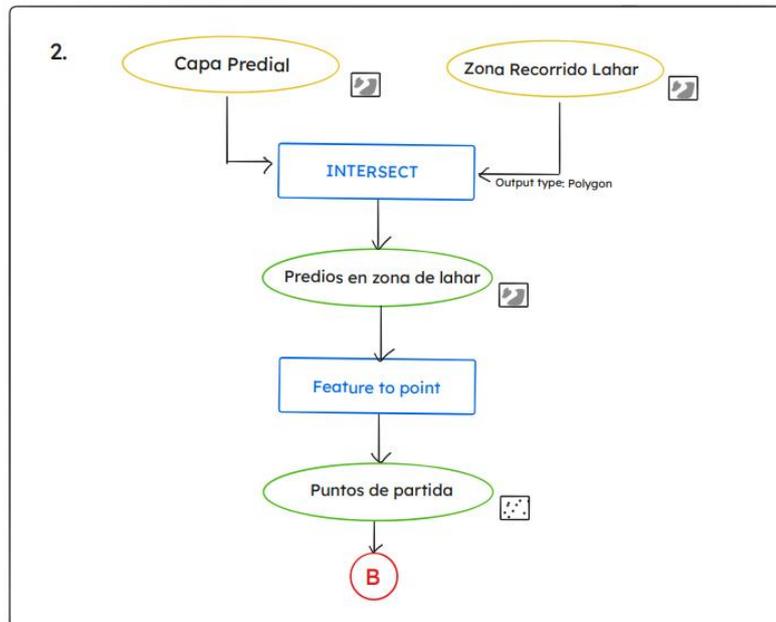
*Puntos de llegada (puntos de evacuación)*



Determinación de los puntos de partida (Demand Points). Los puntos de partida fueron determinados acordes a la metodología expuesta en el modelo cartográfico de la figura 34, donde dichos puntos se generaron a partir de la determinación de los predios que se sobrepone al polígono de la zona de recorrido del lahar (figura 35), tanto de Quito como de Rumiñahui, posterior a lo cual se calculó su centroide, siendo estos los puntos de partida o 'Demand Points' (figura 36).

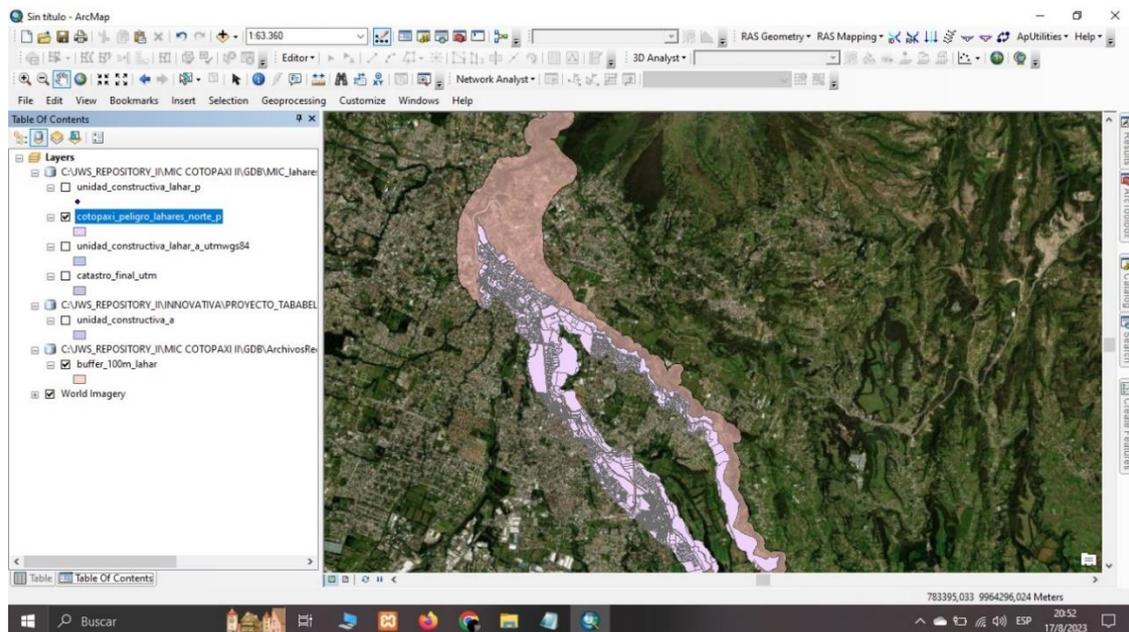
**Figura 34**

*Modelo cartográfico para la determinación de los puntos de partida*



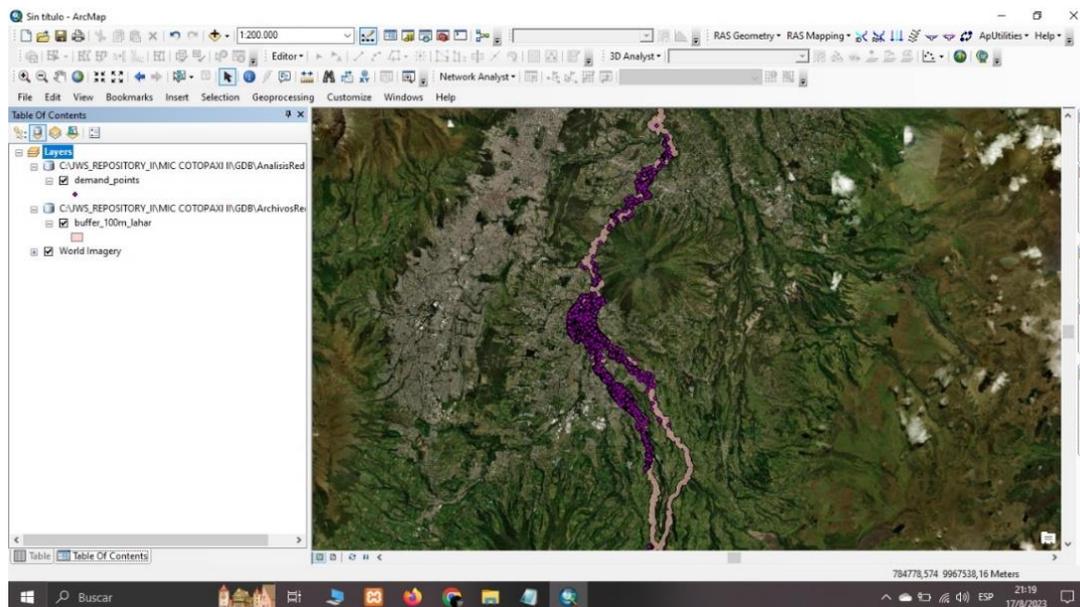
**Figura 35**

*Predios en la zona de influencia del recorrido del lahar*



**Figura 36**

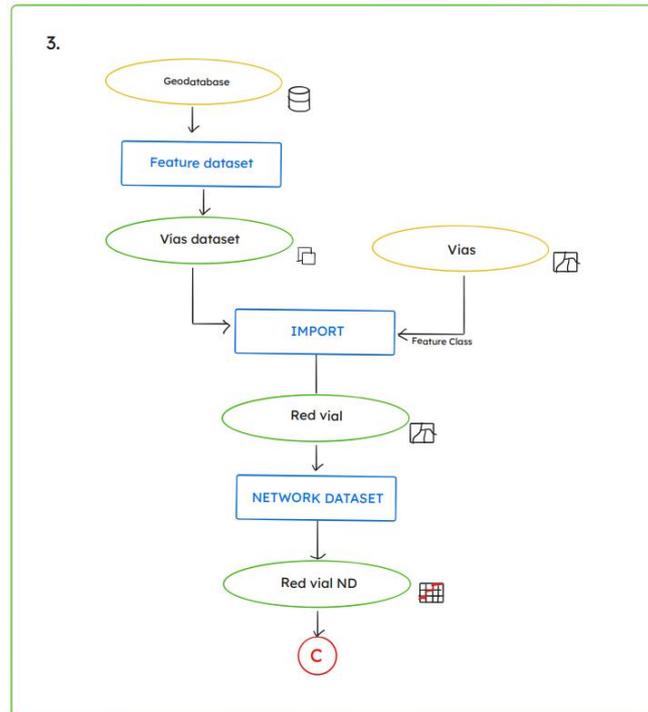
*Puntos de partida (Demand Points)*



Preparación de la red vial. La metodología que fue empleada para la preparación de la red vial se presenta en el modelo cartográfico de la figura 37, esta consistió en la parametrización de la capa de vías en arcos, nodos y restricciones mediante la herramienta 'Network Dataset', resultando así en una capa funcional (figura 38) sobre la cual es posible efectuar análisis de redes.

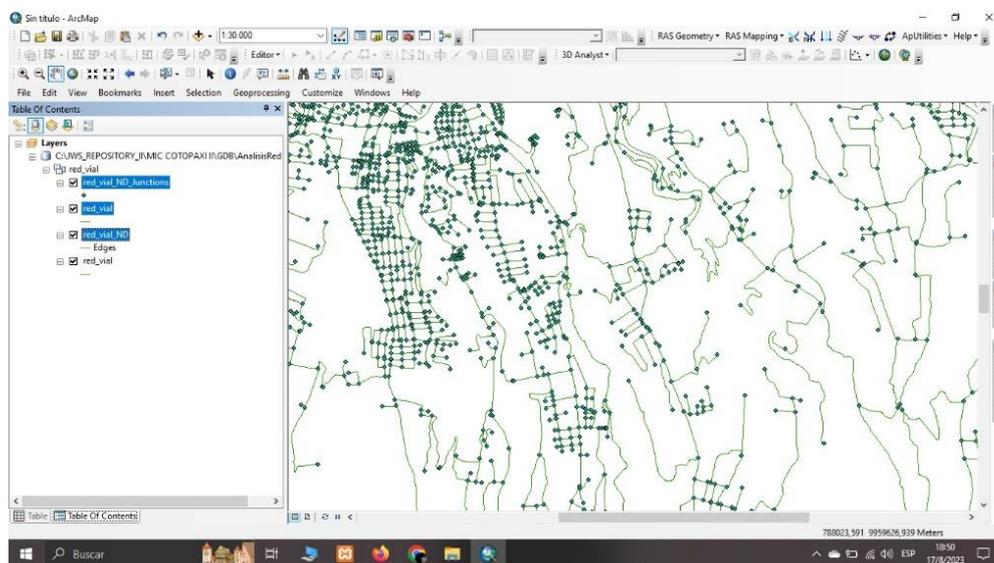
### Figura 37

*Modelo cartográfico para la preparación de la red vial*



**Figura 38**

*Capa de la red vial parametrizada*

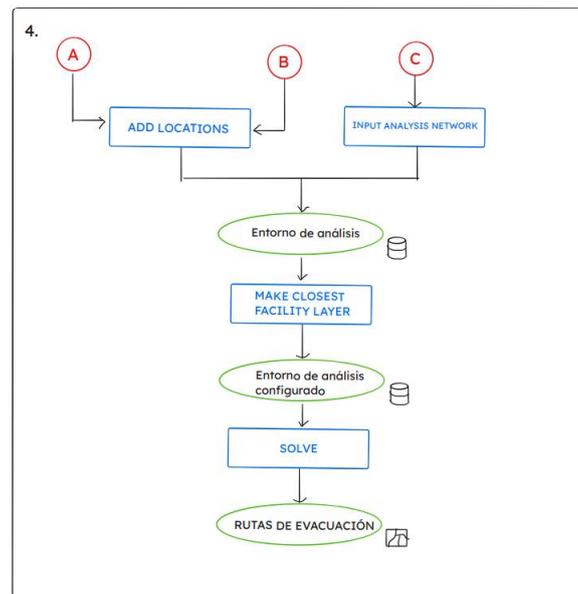


Cálculo de las rutas de evacuación. La metodología que se empleó para el cálculo de las rutas de evacuación se sintetiza en el modelo cartográfico de la figura 39, este procedimiento comenzó por la definición del tipo de análisis necesario para la generación de las rutas (figura 40), siendo este

análisis conocido como 'Closest Facility', mediante el cual se determinaron las rutas más cortas de salida hasta el punto de evacuación más próximo para cada punto de partida.

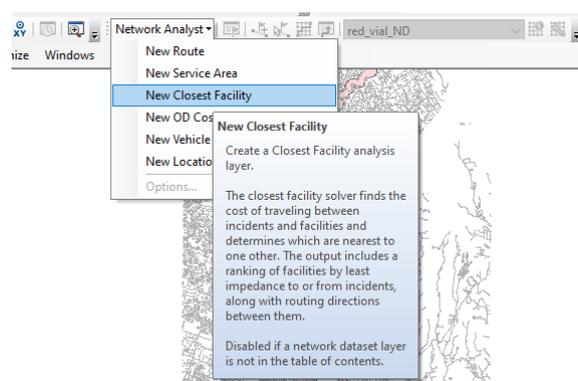
**Figura 39**

*Modelo cartográfico para la preparación de la red vial*



**Figura 40**

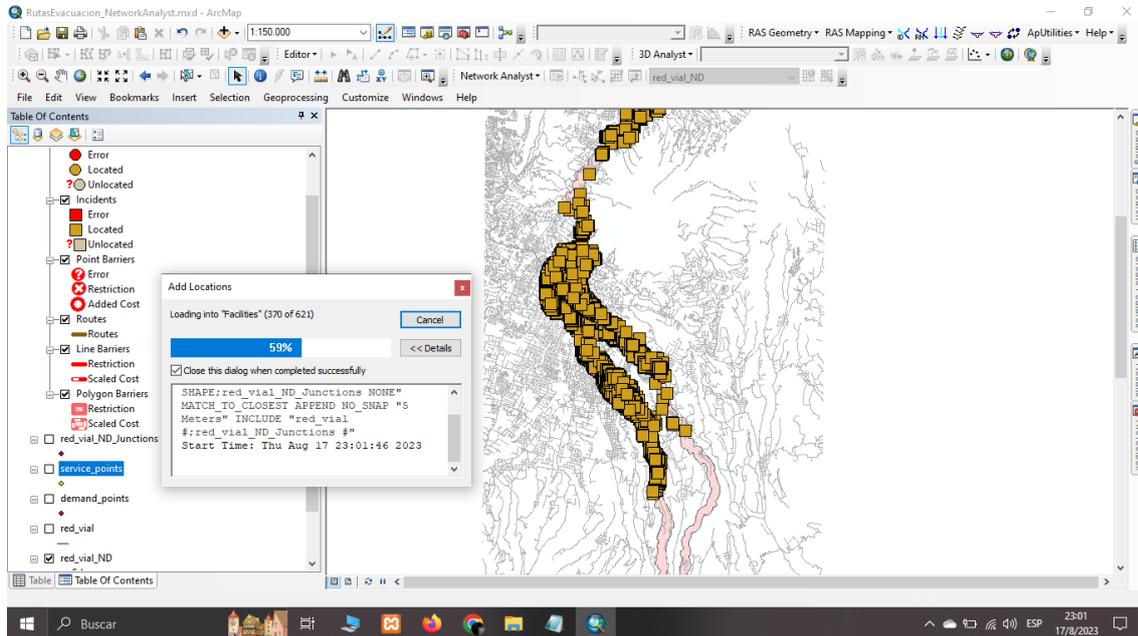
*Tipos de análisis de redes*



Posterior a la definición y configuración del tipo de análisis a efectuar, se procedió a integrar los insumos necesarios al entorno del análisis (figura 41) mediante el algoritmo 'Add Locations', esto se tradujo a la importación de las capas de puntos de partida y llegada como puntos de interés y la definición de la red vial como base para la ejecución del análisis.

Figura 41

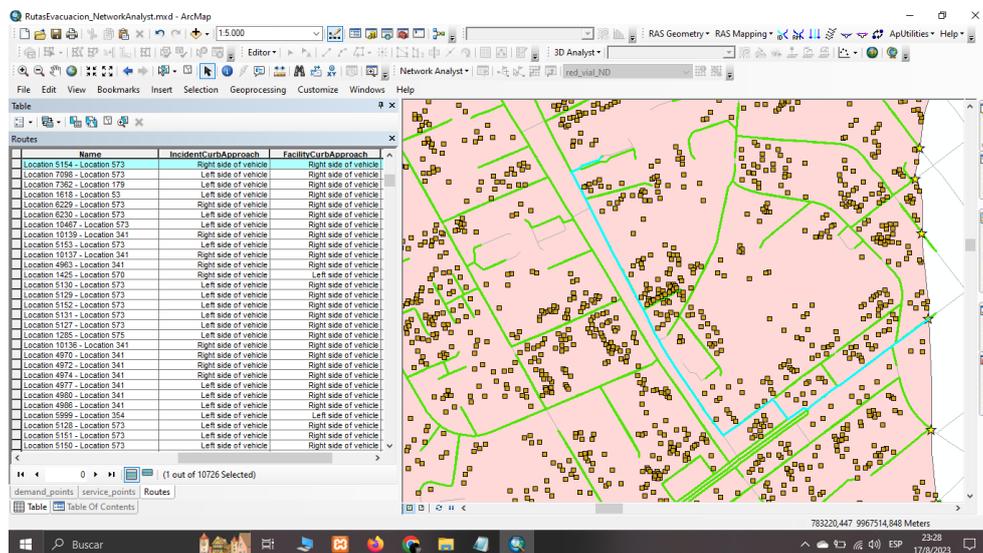
Adición de los insumos al entorno del análisis



Finalmente, se calcularon las rutas de evacuación (figura 42) mediante el algoritmo 'Solve' y se exportó esta capa como Feature Class en la GDB (figura 43), siendo así que se culminó con el modelamiento de las rutas.

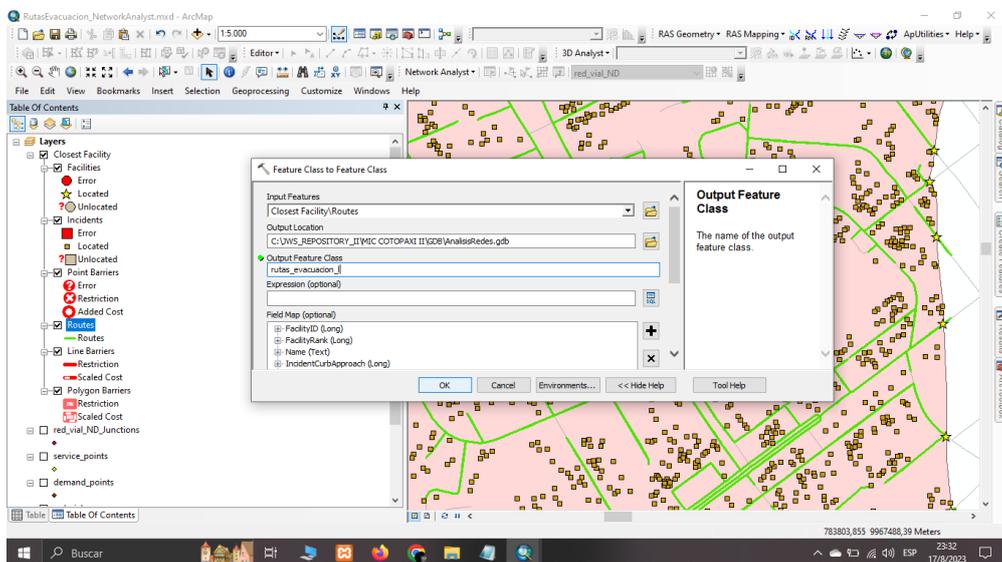
Figura 42

Rutas de evacuación de la zona de recorrido del lahar



**Figura 43**

*Exportación de las rutas de evacuación a la GDB*



*Integración de bases de datos*

La integración de bases de datos como fuentes de información para los dashboards es fundamental para dinamizar las estadísticas y proporcionar a los usuarios de los geoportales la información más actualizada, es por ello que a continuación, se presenta un esquema general (figura 44) de la metodología empleada para la conexión de bases de datos a la plataforma ArcGIS Online.

**Figura 44**

*Esquema de consumo de información de una base de datos en ArcGIS Online*



**Definición del tipo de base de datos.** La definición del tipo de base de datos a utilizar consistió en la determinación de la naturaleza de la plataforma que se empleó para alojar los datos, siendo así que, se decidió emplear un Google Sheets (figura 45) sobre el cuál se integraron los

valores de los diferentes tipos de variables o indicadores estadísticos organizados a nivel parroquial, tales como población, número de afectados, fallecidos, heridos, entre otros.

Los valores de cada indicador, por otra parte, fueron obtenidos a partir de información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en adición a la inferencia del grado de afectación a la población en base a criterios espaciales asociados a la naturaleza del fenómeno, la dimensión o alcance del lahar y consenso entre los autores siendo así que a continuación, se presenta en detalle (Tabla I y II) las ponderaciones para la obtención de cada valor.

**Tabla 4**

*Indicadores para las parroquias afectadas salvo Quito*

<b>Variable</b>	<b>Razón</b>	<b>Descripción</b>
Población	INEC, 2010	Datos oficiales
Afectados	$\text{Población} * 0.2$	El 20% de la población son afectados
Fallecidos	$\text{Población} * 0.005$	El 0.5% de la población son fallecidos
Heridos	$\text{Población} * 0.045$	El 4.5% de la población son heridos
Desaparecidos	$\text{Población} * 0.01$	El 1% de la población son desaparecidos
<b><math>\text{Población} * 100 / \text{Total}</math></b>		
<b>Porcentaje Afectados de afectados</b>		

*Nota.* Esta tabla muestra cómo fueron calculados los valores de los indicadores en la base de datos generada.

**Tabla 5**

*Indicadores de las afectaciones en Quito*

<b>Variable</b>	<b>Razón</b>	<b>Descripción</b>
Población	INEC, 2010	Datos oficiales
Afectados	$\text{Población} * 0.01$	El 1% de la población son afectados
Fallecidos	$\text{Población} * 0.0005$	El 0.05% de la población son fallecidos
Heridos	$\text{Población} * 0.00045$	El 0.045% de la población son heridos
Desaparecidos	$\text{Población} * 0.005$	El 0.5% de la población son desaparecidos

**Porcentaje Afectados**  
**Población\*100/Total**  
**de afectados**

*Nota.* Esta tabla muestra cómo fueron calculados los valores de los indicadores en la base de datos generada.

**Figura 45**

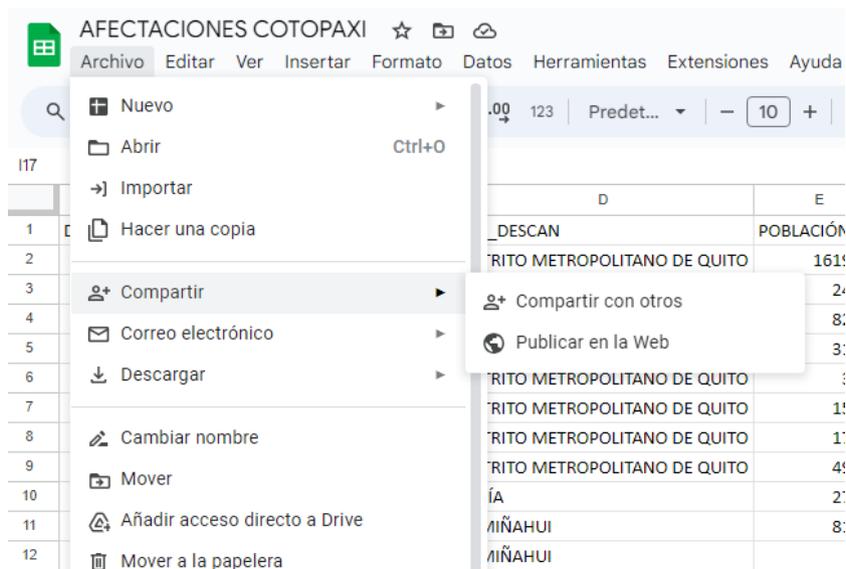
*Base de datos de los indicadores de afectación debido al recorrido del lahar*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	DPA_PARROQ	DPA_DESPAR	DPA_CANTON	DPA_DESCAN	POBLACIÓN	AFFECTADOS	FALLECIDOS	HERIDOS	DESAPARECIDOS	PORCENTAJE AFECTADOS	
1	170150	QUITO	1701	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	1619146	16191	810	729	8096	19.51	
2	170151	ALANGASÍ	1701	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	24251	4850	121	1091	243	5.85	
3	170156	CONOCOTO	1701	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	82072	16414	410	3693	821	19.78	
4	170157	CUMBAYÁ	1701	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	31463	6293	157	1416	315	7.58	
5	170162	GUANGOPOLO	1701	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	3059	612	15	138	31	0.74	
6	170170	NAYÓN	1701	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	15635	3127	78	704	156	3.77	
7	170176	PÍNTAG	1701	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	17930	3586	90	807	179	4.32	
8	170184	TUMBACO	1701	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	49944	9989	250	2247	499	12.04	
9	170350	MACHACHI	1703	MEJÍA	27623	5525	138	1243	276	6.66	
10	170550	SANGOLQUÍ	1705	RUMIÑAHUI	81140	16228	406	3651	811	19.56	
11	170552	RUMIPAMBA	1705	RUMIÑAHUI	775	155	4	35	8	0.19	
12						82970					

Publicación de la base de datos en la web. Para poder acceder a la información de la base de datos desde ArcGIS Online o cualquier otra plataforma, fue necesario publicar la base de datos en la web, esta opción la encontramos en la pestaña de Archivo → Compartir → Publicar en la Web (figura 46).

**Figura 46**

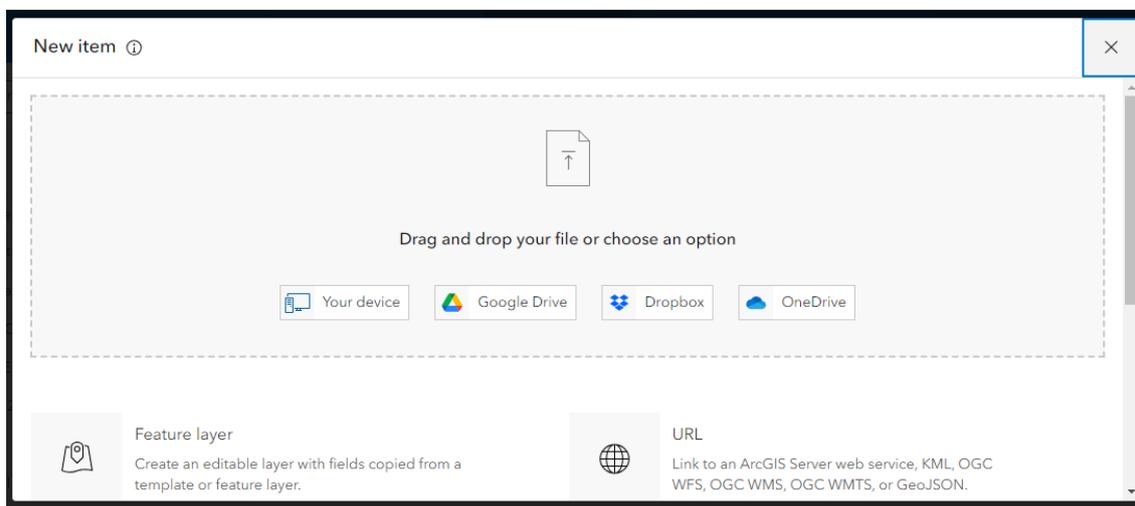
*Publicación de la base de datos en la web*



Integración de la base de datos en ArcGIS Online. Se puede integrar una base de datos a ArcGIS Online de diferentes formas, por ejemplo, a través de un URL o iniciando sesión en una plataforma de almacenamiento en la nube para acceder de manera remota (figura 47).

**Figura 47**

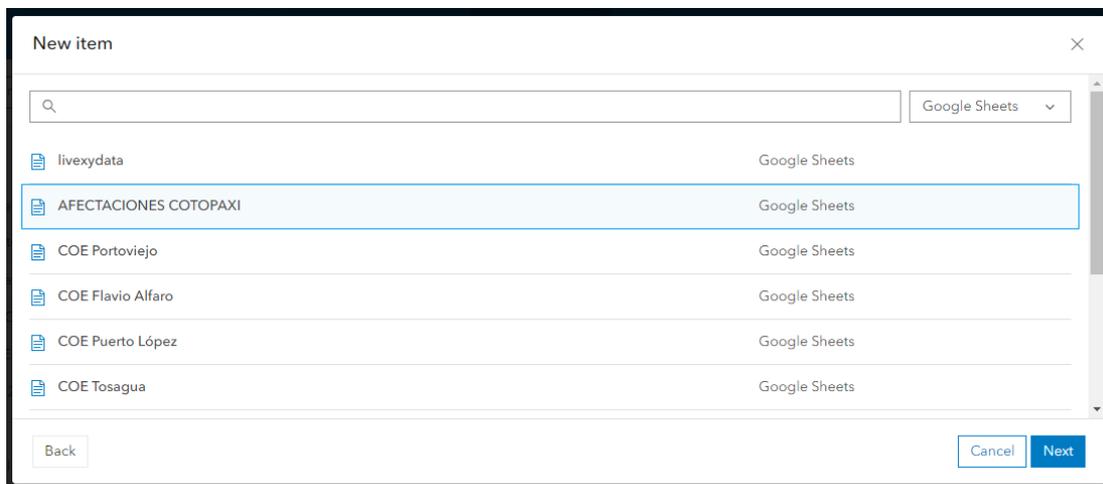
*Diversas formas de integrar la base de datos a ArcGIS Online*



El método que se empleó para enlazar y acceder a la información de la base de datos fue a través de iniciar sesión en la plataforma Google Drive y posteriormente seleccionar la base de datos (figura 48).

**Figura 48**

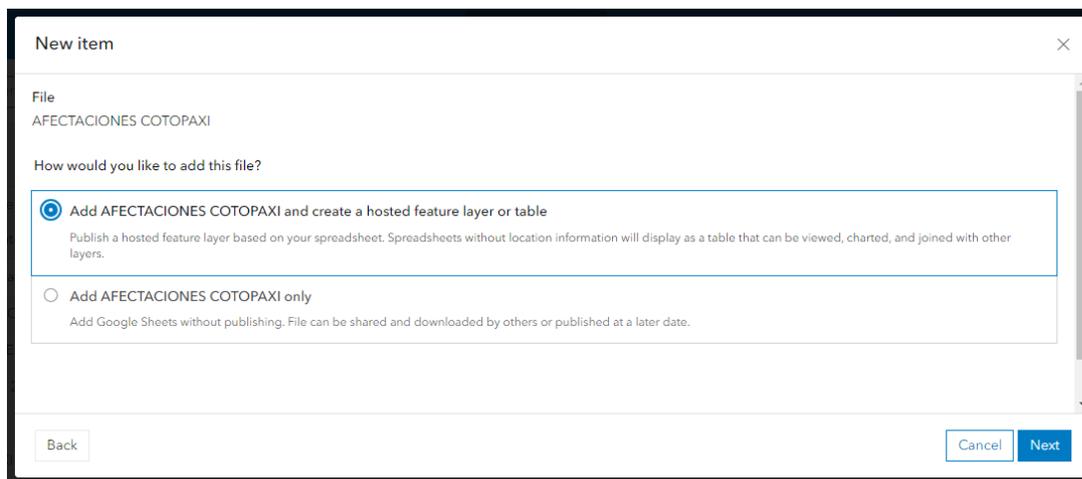
*Selección de la base de datos*



Posteriormente definimos el tipo de acceso (figura 49) a la base de datos bajo la opción de integración como una tabla consultable y su publicación correspondiente en la web (figura 50).

**Figura 49**

*Modo de acceso y publicación de datos*

**Figura 50**

*Base de datos integrada al entorno de ArcGis Online*



Consumo de información de bases de datos en dashboards. La información contenida en la base de datos alimentó los indicadores de los dashboards que se generaron para caracterizar las afectaciones sobre la población, para ello en la definición de la fuente de los indicadores se seleccionó como origen de los datos a la base de datos 'AFECTACIONES COTOPAXI' (figura 51) y se configuraron los parámetros de selección de la información, para el ejemplo que a continuación se muestra se ha seleccionado el campo de 'FALLECIDOS' como valores para el indicador.

**Figura 51**

*Consumo de información de una base de datos para la definición de un indicador*

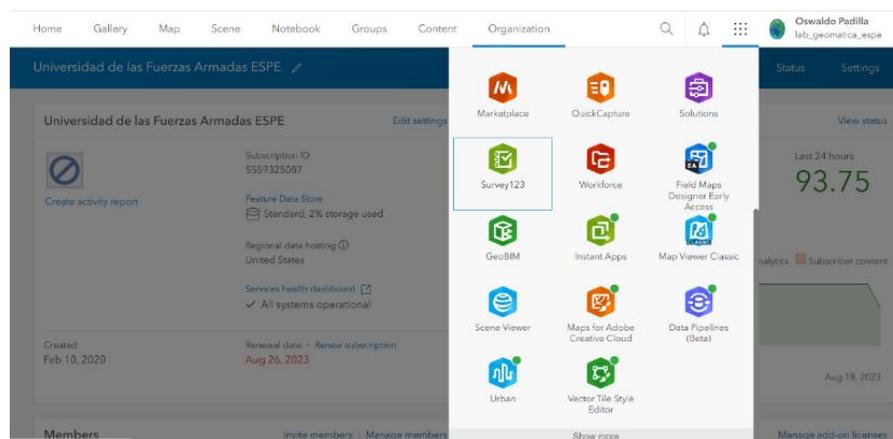


## Generación de Survey123

Entorno de ArcGIS Online. Para la elaboración del Survey123 se ingresa a la cuenta de ArcGIS Online y se escoge la opción Survey123 (figura 52).

**Figura 52**

*Ingreso a la aplicación Survey123*

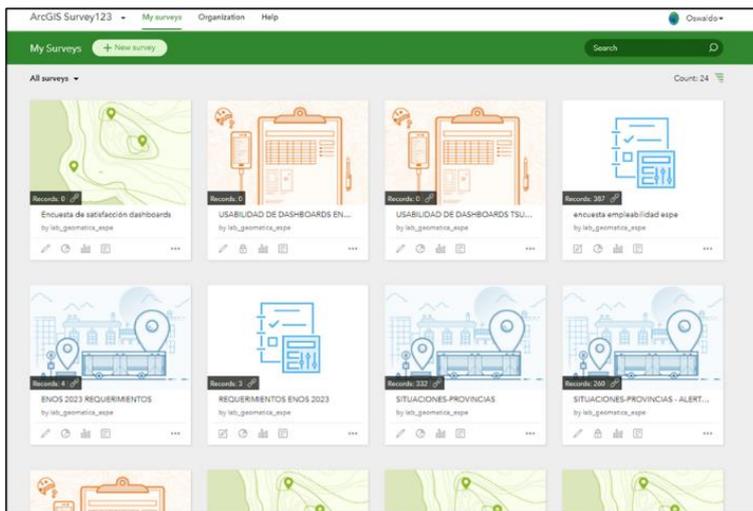


*Nota.* El gráfico representa el ingreso para la aplicación survey123, tomado de (ESRI, 2023).

Para la elaboración de los formularios, resulta esencial contar con un profundo conocimiento de la interfaz de Survey123, como se ilustra en la (figura 53). Esta representación visual de la interfaz expone todas las alternativas a disposición, las cuales simplifican el proceso de confección de formularios. La comprensión cabal de esta interfaz emerge como un pilar fundamental para la habilidad de concebir y edificar formularios de manera que sean tanto efectivos como eficientes.

**Figura 53**

*Interfaz de la aplicación Survey123*

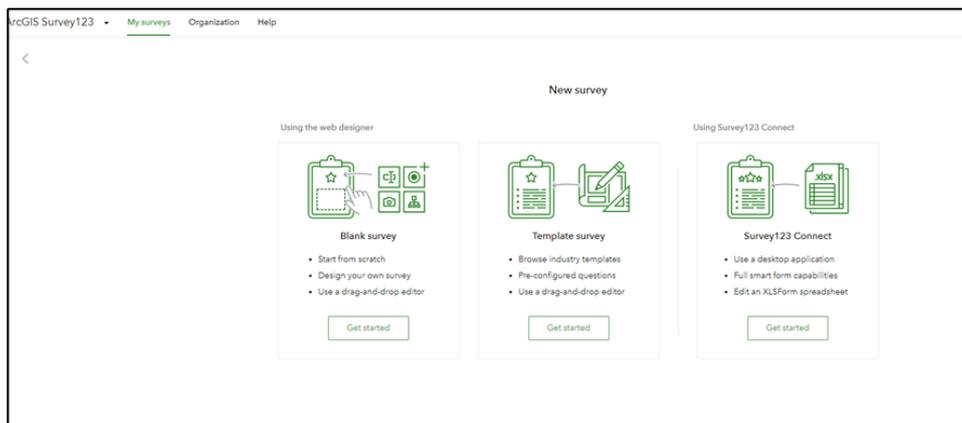


Nota. El gráfico representa el interfaz de la aplicación survey123, tomado de (ESRI, 2023).

En la parte superior de la interfaz se ubica la alternativa "Nueva Encuesta". Al optar por esta selección, se desplegará una ventana en la cual se presentan tres alternativas distintas. En este caso, se procederá a elegir la primera opción.

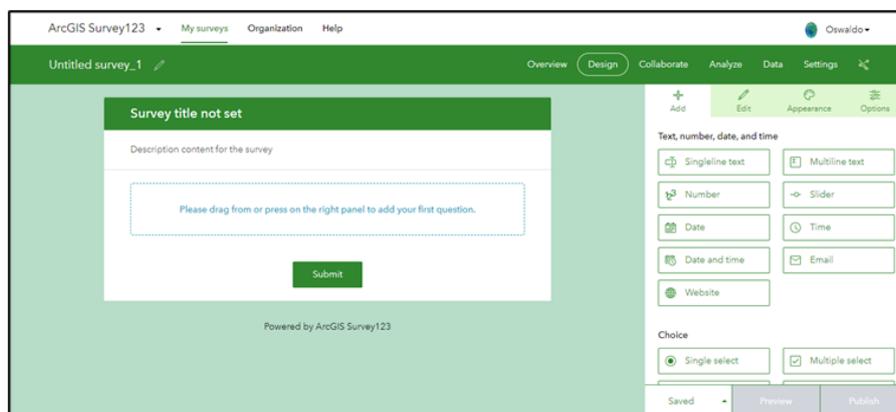
Figura 54

Generación de la aplicación survey123



Nota. El gráfico representa el interfaz de la aplicación survey123, tomado de (ESRI, 2023).

Seguidamente, se generará una ventana en la que, al hacer clic en "Diseño", surgirá una plantilla predefinida. En el extremo izquierdo de dicha plantilla, se localizan las herramientas que habilitarán la configuración del cuestionario de manera visual y estructural.

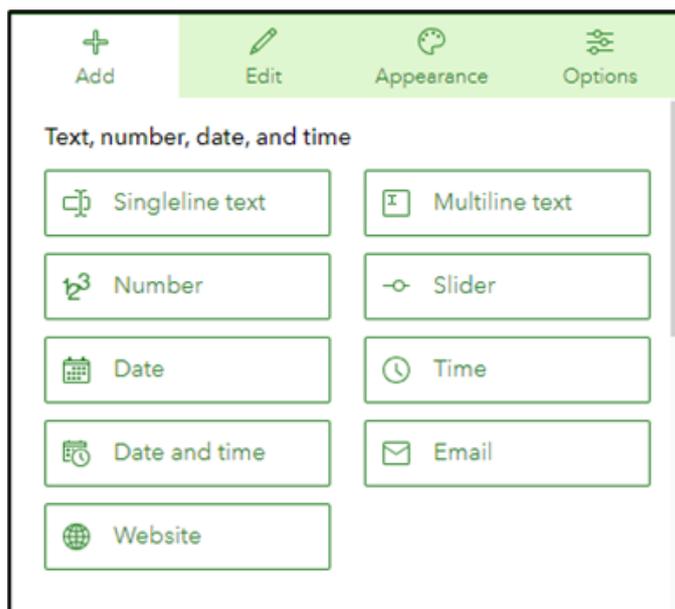
**Figura 55***Elaboración del Survey123*

*Nota.* El gráfico representa el interfaz de la aplicación survey123, tomado de (ESRI, 2023).

Dentro de la pestaña "Diseñar", se encuentra la alternativa "Añadir", la cual brinda la capacidad de adaptar la interfaz en función de necesidades particulares. Esta característica posibilita la acción de arrastrar y soltar elementos para construir el formulario de manera instintiva.

En el apartado denominado "Texto, Número, Fecha y Hora", que constituye el primer grupo, se dispone de una diversidad de tipos de preguntas a disposición. Esta selección concede la oportunidad de incorporar diversas opciones como campos de texto libre, valores numéricos, fechas y horarios, entre otras posibilidades.

**Figura 56***Herramientas básicas del Survey123*

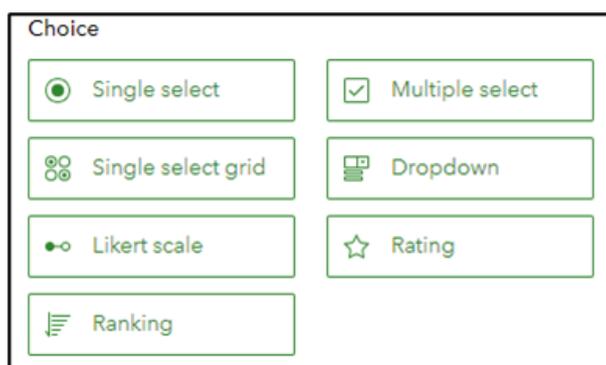


*Nota.* El gráfico representa las herramientas de la aplicación survey123, tomado de (ESRI, 2023).

En el segundo grupo denominado "Choice", tendrás la capacidad de incluir opciones múltiples que se desglosan de diversas formas, tales como selección única, selección múltiple, y algunas incluso incorporarán un formato de diagrama de selección, entre otras variantes.

### Figura 57

*Herramientas de opción múltiple del Survey123*

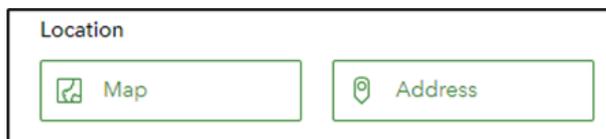


*Nota.* El gráfico representa las herramientas de la aplicación survey123, tomado de (ESRI, 2023).

En el tercer grupo llamado "Locación", se tendrá la posibilidad de crear un mapa o insertar una dirección. También se podrá ubicar la dirección mediante un punto o una línea en el mapa, según tus preferencias.

**Figura 58**

*Herramientas de localización del Survey123*



*Nota.* El gráfico representa las herramientas de la aplicación survey123, tomado de (ESRI, 2023).

En el cuarto grupo, titulado "Media and Files", se tendrá la capacidad de cargar contenido multimedia, como audios e imágenes. Además, esta función te permitirá subir archivos adicionales, incluyendo firmas si así lo deseas.

**Figura 59**

*Herramientas de multimedia del Survey123*

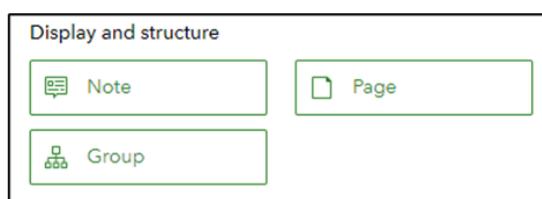


*Nota.* El gráfico representa las herramientas de la aplicación survey123, tomado de (ESRI, 2023).

La última herramienta "Display and Structure", brinda la posibilidad de organizar el formulario en secciones, agregar páginas adicionales e incluir notas pertinentes con relación a cada pregunta.

**Figura 60**

*Herramientas de estructuración del Survey123*

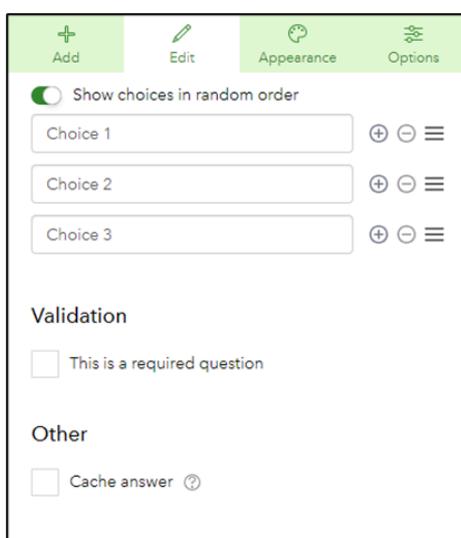


*Nota.* El gráfico representa las herramientas de la aplicación survey123, tomado de (ESRI, 2023).

La sección Edición, permite ajustar detalles según el elemento seleccionado. Esto brinda la flexibilidad de modificar aspectos como la cantidad de caracteres permitidos, los formatos de fecha, la visualización de la georeferenciación (ya sea en forma de punto o línea), y en el caso de preguntas de selección múltiple, la cantidad de opciones disponibles, entre otras opciones.

### Figura 61

#### *Herramientas de edición del Survey123*

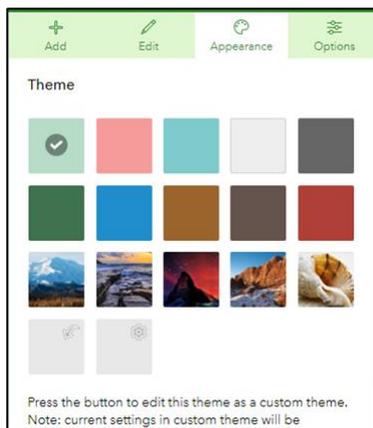


*Nota.* El gráfico representa las herramientas de edición de la aplicación survey123, tomado de (ESRI, 2023).

La pestaña "Apariencia", tiene la capacidad de ajustar la apariencia del formulario utilizando una variedad de temas diseñados para adaptarse al tipo de formulario que se desee crear. Esto permite lograr una presentación más atractiva y adecuada a los objetivos.

### Figura 62

#### *Herramientas de diseño del Survey123*

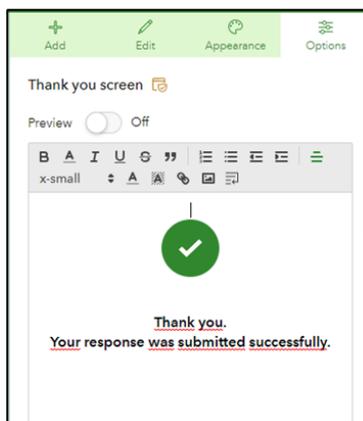


*Nota.* El gráfico representa las herramientas de diseño survey123, tomado de (ESRI, 2023).

La pestaña "Opciones", presenta funciones más avanzadas que permite enriquecer el cuestionario. Estas incluyen la posibilidad de establecer límites de tiempo para el cuestionario, redirigir a los participantes mediante URLs específicas y agregar mensajes al final del cuestionario, entre otras funcionalidades.

### Figura 63

#### *Herramientas de opciones del Survey123*

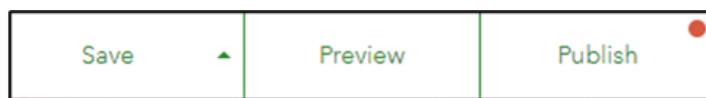


*Nota.* El gráfico representa las herramientas de opciones avanzadas survey123, tomado de (ESRI, 2023).

Una vez completado el formulario, se habilitaron tres opciones: la primera para guardar los cambios, la segunda ofrece una vista previa para visualizar cómo quedará, y la última para publicar el cuestionario, permitiendo que los participantes puedan comenzar a utilizarlo.

**Figura 64**

*Herramientas de guardado, visualización y publicación del Survey123*



*Nota.* El gráfico representa las herramientas de guardar, previsualización y publicación survey123, tomado de (ESRI, 2023).

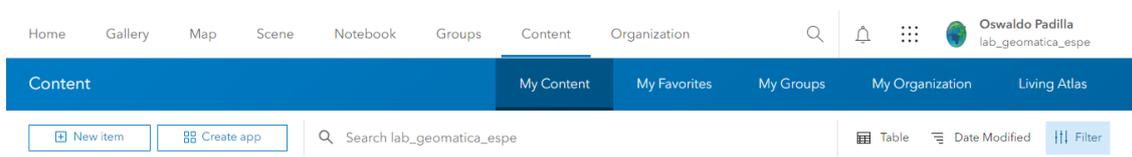
### *Generación de Dashboards*

Entorno de ArcGIS Online. Para la elaboración de los dashboards se empleó la plataforma de ArcGIS Online la cual permite desplegar a los desarrolladores mapas interactivos, gráficos dinámicos e indicadores estadísticos, además de posibilitar la integración de información proveniente de bases de datos externas, como de plataformas de almacenamiento basados en la nube para poder diseñar y publicar los dashboards.

En el área de trabajo de la plataforma se encuentra una barra de herramientas con varias opciones, al seleccionar Content nos dio dos botones principales 'New Item' y 'Create App' (figura 65).

**Figura 65**

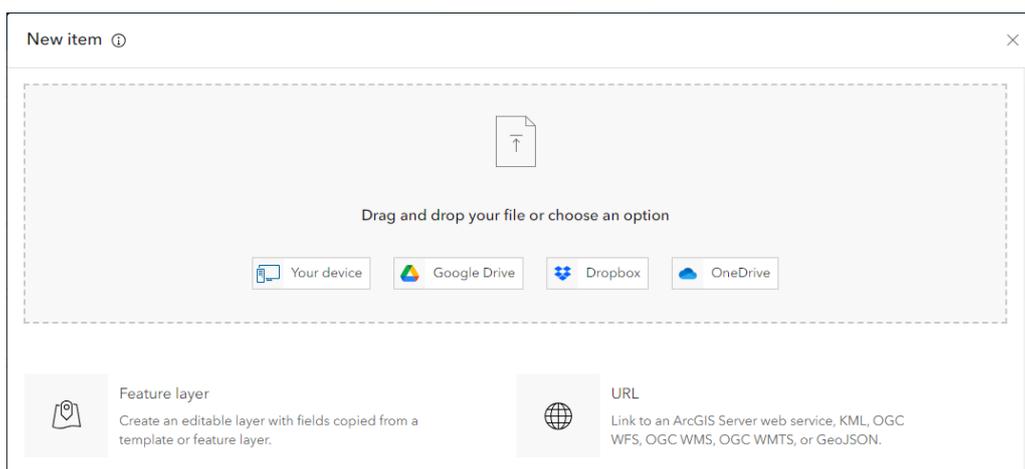
*Barra de herramientas de ArcGIS Online*



Al seleccionar la opción 'New Item' permitió cargar los datos (figura 66) en varias opciones ya sea desde la computadora o mediante información desde la nube.

**Figura 66**

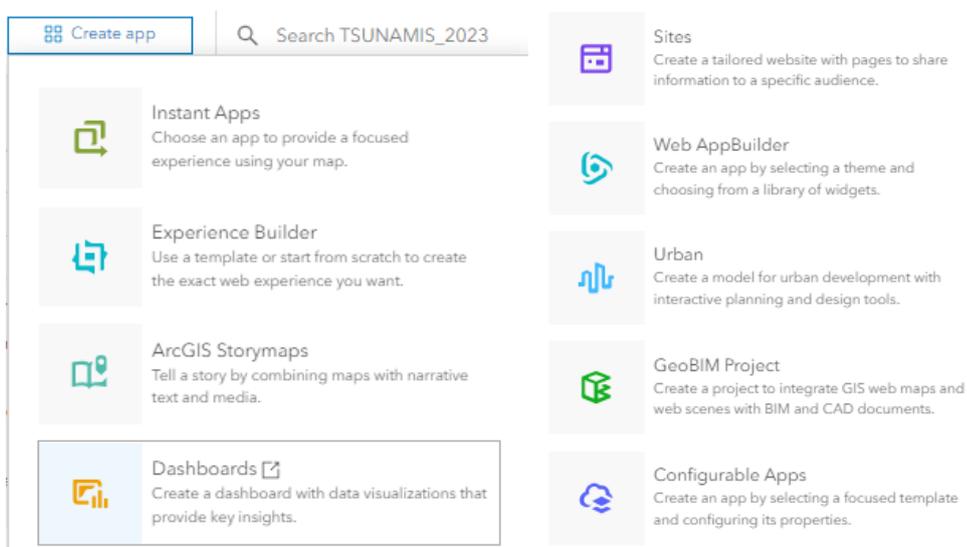
*Botón New Item (carga de datos)*



El botón 'Create App' mostró opciones de diferentes aplicaciones que presenta la plataforma (figura 67), para este caso se usó la opción "Dashboards".

**Figura 67**

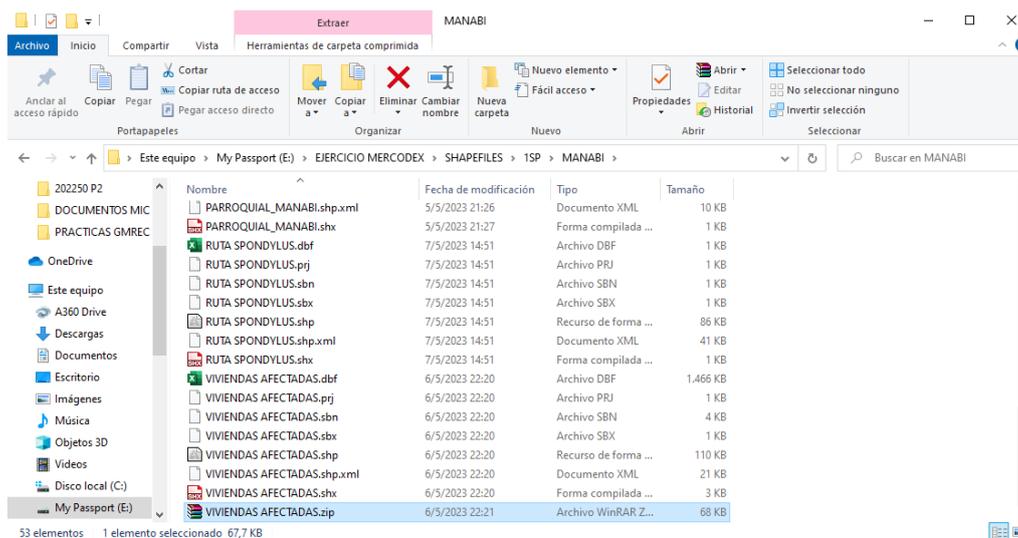
*Botón Create App (creación de aplicaciones)*



Carga de datos. Para subir la información generada (Shapefiles, GDB) a la plataforma fue necesario primero comprimir los mismos en un archivo .zip (figura 68).

**Figura 68**

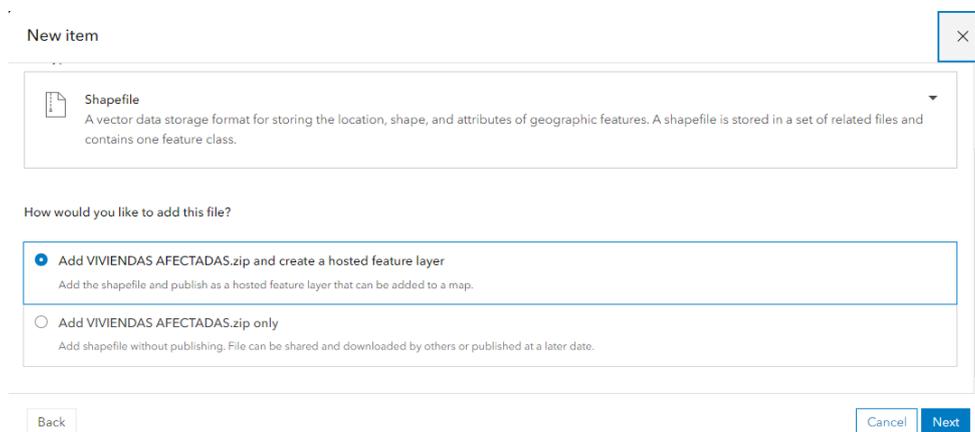
*Archivos en formato .zip*



En la carga de los datos se seleccionó el tipo de archivo y el tipo de publicación de la capa alojada en el host (figura 69).

**Figura 69**

*Opciones del archivo de carga*



Se abre una ventana donde se debe colocar el título del archivo, ubicación, etiquetas de trabajo y un resumen tal como se muestra en la (figura 70).

**Figura 70**

*Nombre, ubicación y categoría del archivo*

**New item** ✕

VIVIENDAS AFECTADAS.zip

**Title**

**Folder**

**Tags**

**Summary**

Characters left: 2048

Se carga el archivo y genera el espacio de trabajo que sirvió para la elaboración de los webmaps (figura 71).

## Figura 71

*Espacio de trabajo del archivo de carga*

Home Gallery Map Scene Notebook Groups Content Organization 🔍 🔔 ⋮ Oswaldo Padilla  
lab\_geomatica\_espe

**VIVIENDAS AFECTADAS** Overview Usage Settings

[Edit thumbnail](#)

 [Add to Favorites](#)

[Add a brief summary about the item.](#)

[Shapefile by lab\\_geomatica\\_espe](#)

Item created: May 6, 2023 Item updated: May 6, 2023 Number of downloads: 1

[Download](#)

[Update Data](#)

[Share](#)

[Description](#)

[Add an in-depth description of the item.](#)

[Terms of Use](#)

[Add any special restrictions, disclaimers, terms and conditions, or limitations on using the item's content.](#)

[Comments](#)

[Item Information](#) [Learn more](#)

Low  High

[Top Improvement: Add a summary](#)

[Details](#)

Published as:  
 VIVIENDAS AFECTADAS, Feature layer  
 Size: 67.739 KB

Elaboración de mapas. Para la elaboración de mapas nos dirigimos a la barra de herramientas del ArcGIS Online y se seleccionó la opción “Map”. (figura 72).

## Figura 72

*Botón Map*

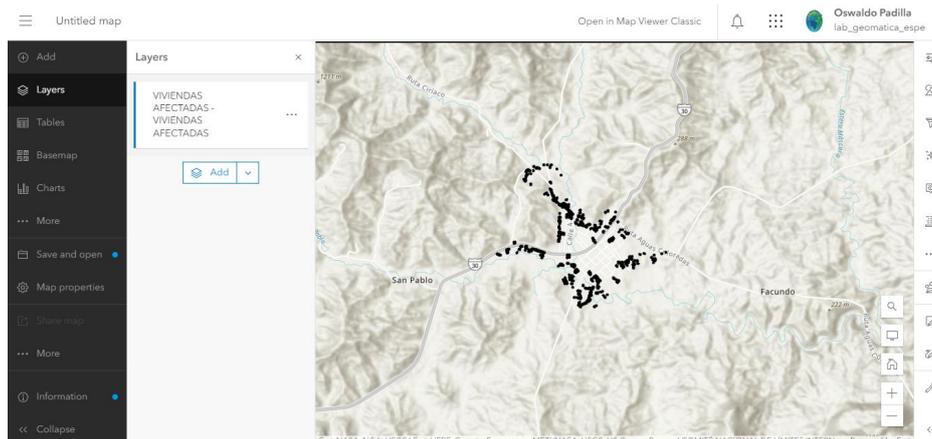
Home Gallery **Map** Scene Notebook Groups Content Organization 🔍 🔔 ⋮ Oswaldo Padilla  
lab\_geomatica\_espe

**Content** My Content My Favorites My Groups My Organization Living Atlas

Se genera un espacio de trabajo (figura 73) para crear mapas donde se tiene opciones como: cargar coberturas, diseño de atributos, funciones para el mapa, etc.

### Figura 73

*Espacio de trabajo para la elaboración de mapas*



Una vez creado el mapa es indispensable generar una copia del mismo dentro de la plataforma, la misma que permite colocar el título, la ubicación del espacio de trabajo, etiquetas para su búsqueda y un resumen (figura 74).

### Figura 74

*Opciones para guardar el mapa*

Save map
×

---

Title

Folder

Tags

VIVIENDAS AFECTADAS
×
Add tags
×
▼

Summary

Esto es una representación de las viviendas afectadas por los diferentes fenómenos naturales.

Characters left: 1955

---

Save
Cancel

Elaboración de Dashboard. Al crear un dashboard, se desplegó una pantalla donde se debe ingresó el título, etiqueta para la búsqueda, resumen y la ubicación del espacio de trabajo (figura 75).

### Figura 75

*Opciones para elaborar el dashboard*

### Create new dashboard

Title\*

Tags

Summary

Tablero dinámico del reporte de afectaciones de los fenómenos naturales

Folder



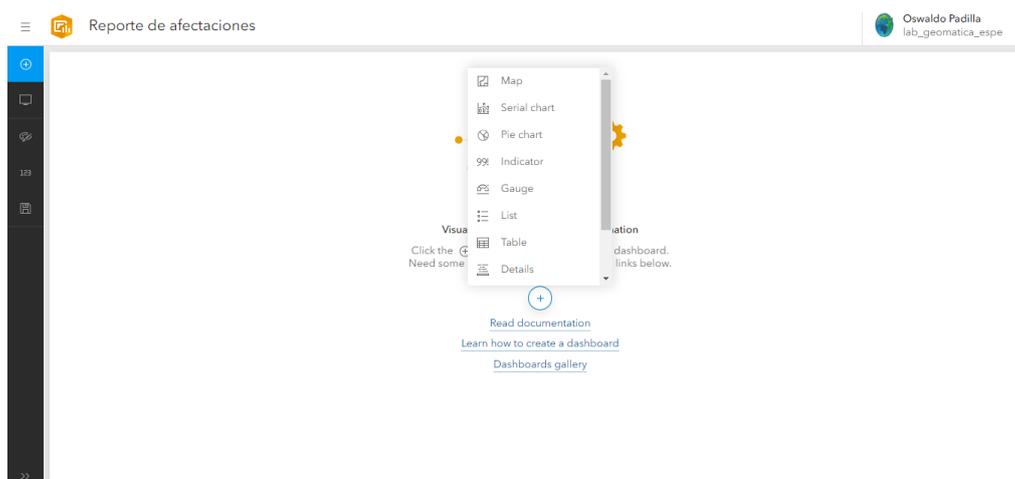
---

Cancel
Create dashboard

Para dar el diseño al dashboard se cuenta con diferentes opciones que permitieron cargar mapas, indicadores, cuadros estadísticos, tablas, listas, etc., que representan campos de atributos que se desea visualizar (figura 76).

**Figura 76**

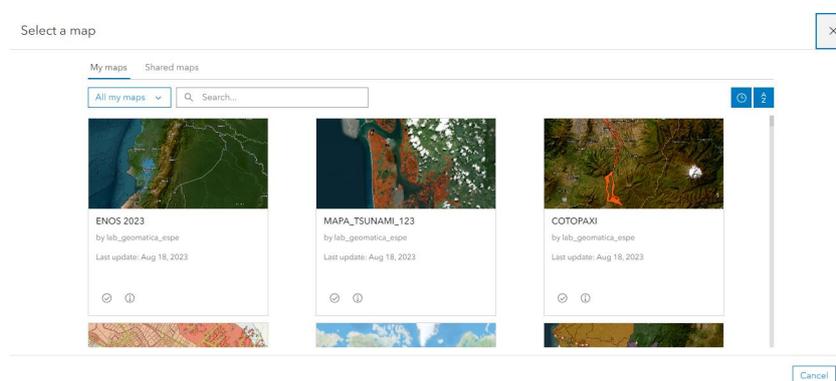
*Opciones para el diseño del dashboard*



Como componente principal se escoge un mapa que ya se encuentre en los datos de la plataforma y represente los diferentes fenómenos naturales (figura 77).

**Figura 77**

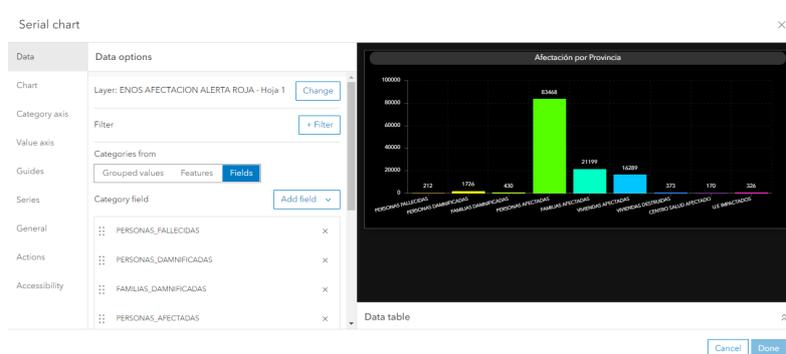
*Selección del mapa principal para el dashboard*



Se coloca los indicadores en base a lo que se quiere representar, configurando de acuerdo a las opciones que dispone cada indicador (figura 78).

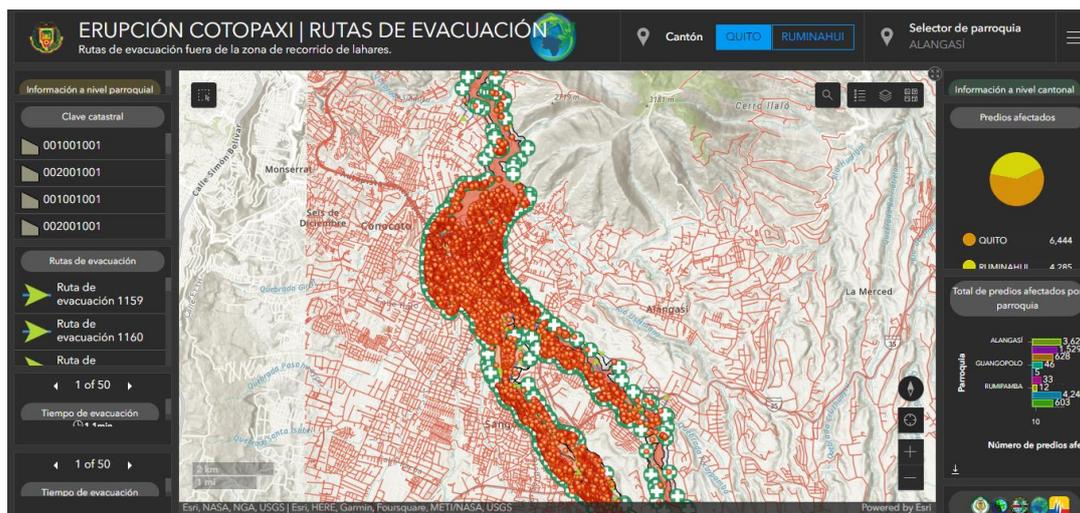
**Figura 78***Configuración de los indicadores*

Se añade la opción de cuadros estadísticos de acuerdo a la base de datos cargada en la plataforma, configurando las opciones que presenta la misma (figura 79).

**Figura 79***Configuración de los cuadros estadísticos*

Finalmente se ubicó todos los elementos que constituyen el dashboard de acuerdo a la información que se va a plasmar para que sirva de ayuda a las autoridades con el fin de facilitar la toma de decisiones y la mitigación de los riesgos por fenómenos naturales (figura 80).

**Figura 80***Diseño final del dashboard*

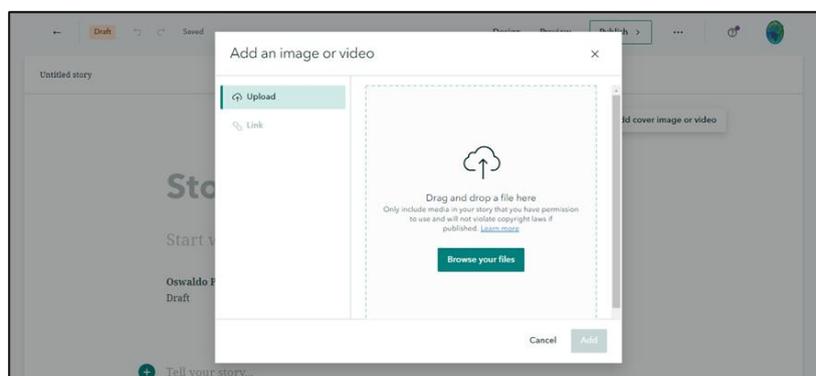


### Generación de Storymaps

Al comenzar a crear un story map dentro de la interfaz, se encontró la opción 'Add an image or video', la cual permitió añadir una imagen o un video como punto de partida.

### Figura 81

#### Subir imagen de portada

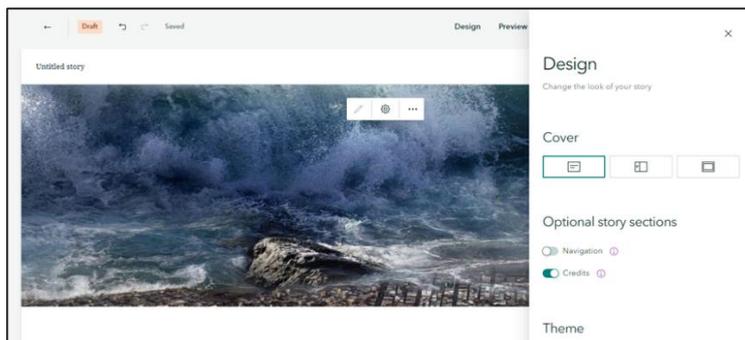


*Nota.* El gráfico representa como subir la imagen de portada del story map, tomado de (ESRI, 2023).

Una vez cargada la imagen, se seleccionó la opción "Diseño", la cual permite introducir el título del story map, además presenta tres alternativas de presentación.

### Figura 82

#### Crear un diseño integrando la imagen y el título



*Nota.* El gráfico representa como general el diseño del story map.

Una vez agregado el contenido dentro de la interfaz, se seleccionó la opción "más" la cual desplegaron una amplia gama de herramientas para comenzar a insertar la información.

### Figura 83

*Ícono para acceder a las herramientas del story map*

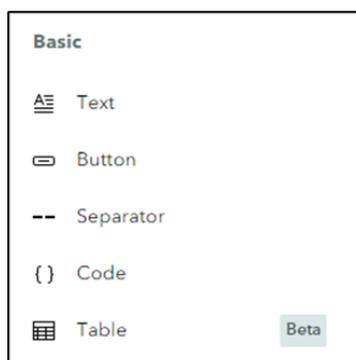


*Nota.* El gráfico representa el icono para acceder a las herramientas del story map, tomado de (ESRI, 2023).

Se desplegaron herramientas fundamentales que brindaron la posibilidad de añadir diversos elementos como texto, botones que redirigen a otras páginas, separadores, códigos e incluso tablas.

### Figura 84

*Herramientas básicas del story map*

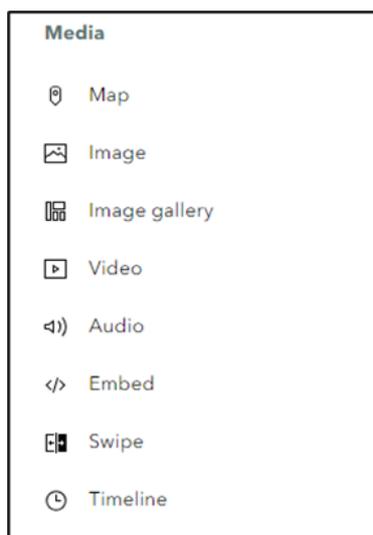


*Nota.* El gráfico representa las herramientas basicas del story map, tomado de (ESRI, 2023).

Posteriormente, se desplegaron herramientas que permitieron agregar imágenes, videos, audios e incluso mapas que hayan sido previamente elaborados, entre otras opciones.

### Figura 85

#### *Herramientas multimedia del story map*



*Nota.* El gráfico representa las herramientas multimedia del story map, tomado de (ESRI, 2023).

Finalmente, se desplegaron herramientas más dinámicas, las cuales permitieron crear mapas interactivos que presentan recorridos predefinidos con ubicaciones específicas, imágenes y descripciones detalladas.

### Figura 86

#### *Herramientas dinámicas del story map*



*Nota.* El gráfico representa las herramientas dinámicas del story map, tomado de (ESRI, 2023).

Una vez completado el diseño, se escogió la opción de "Previsualización", la cual permite una observación previa del story map. Luego, al seleccionar la opción "Publicar", el contenido se publicará automáticamente y estará disponible para ser visualizado por el público en general.

### Figura 87

*Opciones de diseño, previsualización y publicación del story map*



*Nota.* El gráfico representa las herramientas de guardar, previsualización y publicación del story map, tomado de (ESRI, 2023).

### *Análisis de usabilidad*

Para evaluar este parámetro en los productos generados durante este proyecto, se recurrió a una prueba de usabilidad la cual consta de un cuestionario realizado en la plataforma Survey el cual permite analizar si los tableros de control realizados, realmente tienen una utilidad y pueden ser comprendidos y manejados por diferentes usuarios.

El formulario realizado a través de Survey es una encuesta dicotómica que contiene cinco preguntas y plantea diferentes problemas como encontrar e identificar información importante dentro de los dashboards además de evaluar si el usuario se siente cómodo mientras usa esta aplicación.

### Figura 88

*Pregunta 1 de la evaluación de usabilidad*

1 Identifica los indicadores generales (infraestructura afectada, km afectados, unidades educativas afectadas etc etc)

Si

No

La prueba de usabilidad se la realizo en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, el día 18 de agosto del presente año y consto con la presencia de alrededor 10 estudiantes que sirvieron como evaluadores de los tableros de control. La prueba duro alrededor de 10 minutos y no existió un tiempo límite para la resolución de las preguntas, sin embargo, se tomó el tiempo que cada usuario tardaba en resolver la pregunta, pues dependiendo de esto el grado de usabilidad será adecuado o inadecuado.

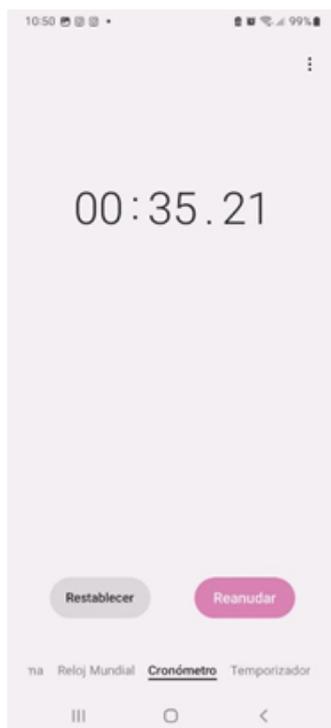
### Figura 89

*Manipulación de dashboards por parte de los usuarios*



### Figura 90

*Captura de pantalla donde se toma el tiempo por pregunta*



La siguiente tabla muestra el tiempo promedio en que los usuarios pudieron resolver el problema impuesto por los supervisores en cada una de las preguntas.

**Tabla 6**

*Tiempo promedio por pregunta*

Pregunta	Tiempo
Pregunta 1	30.37 s
Pregunta 2	25.50 s
Pregunta 3	25.61 s
Pregunta 4	26.57 s
Pregunta 5	25.15 s

*Nota.* Esta tabla muestra el tiempo promedio en la que los usuarios resolvieron las preguntas. Los tiempos están dados en segundos y como se observa en la tabla la resolución del problema impuesto por parte de los usuarios fue ágil dando entender que el sistema de tableros de control presentado a los usuarios goza de una buena usabilidad y comprensión por parte de todos.

## Capítulo IV

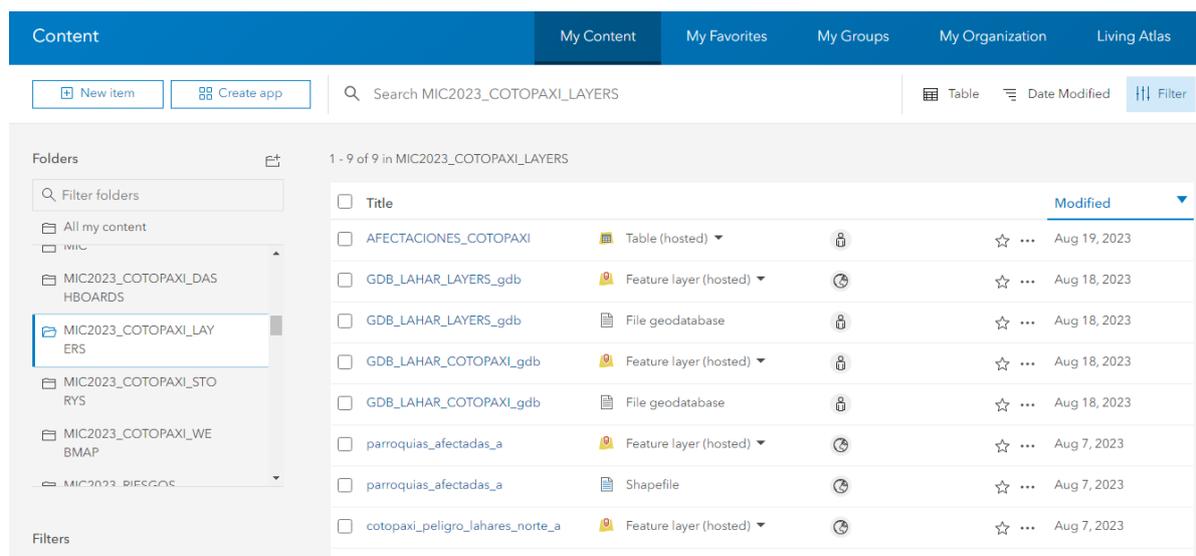
### Resultados y análisis

#### *Estructuración de la información geoespacial en la plataforma ArcGIS*

La información geoespacial generada a partir de los diferentes modelamientos efectuados fue compilada, estructura y organizada de manera coherente en la plataforma ArcGIS Online, de tal manera que esta información pueda alimentar a los dashboards y storymaps. En la figura siguiente se muestra la estructuración de la información en las carpetas determinadas para el desarrollo del proyecto.

**Figura 91**

#### *Información cartográfica y bases de datos en ArcGIS Online*



#### *Modelos de caracterización de la eventual erupción del Volcán Cotopaxi*

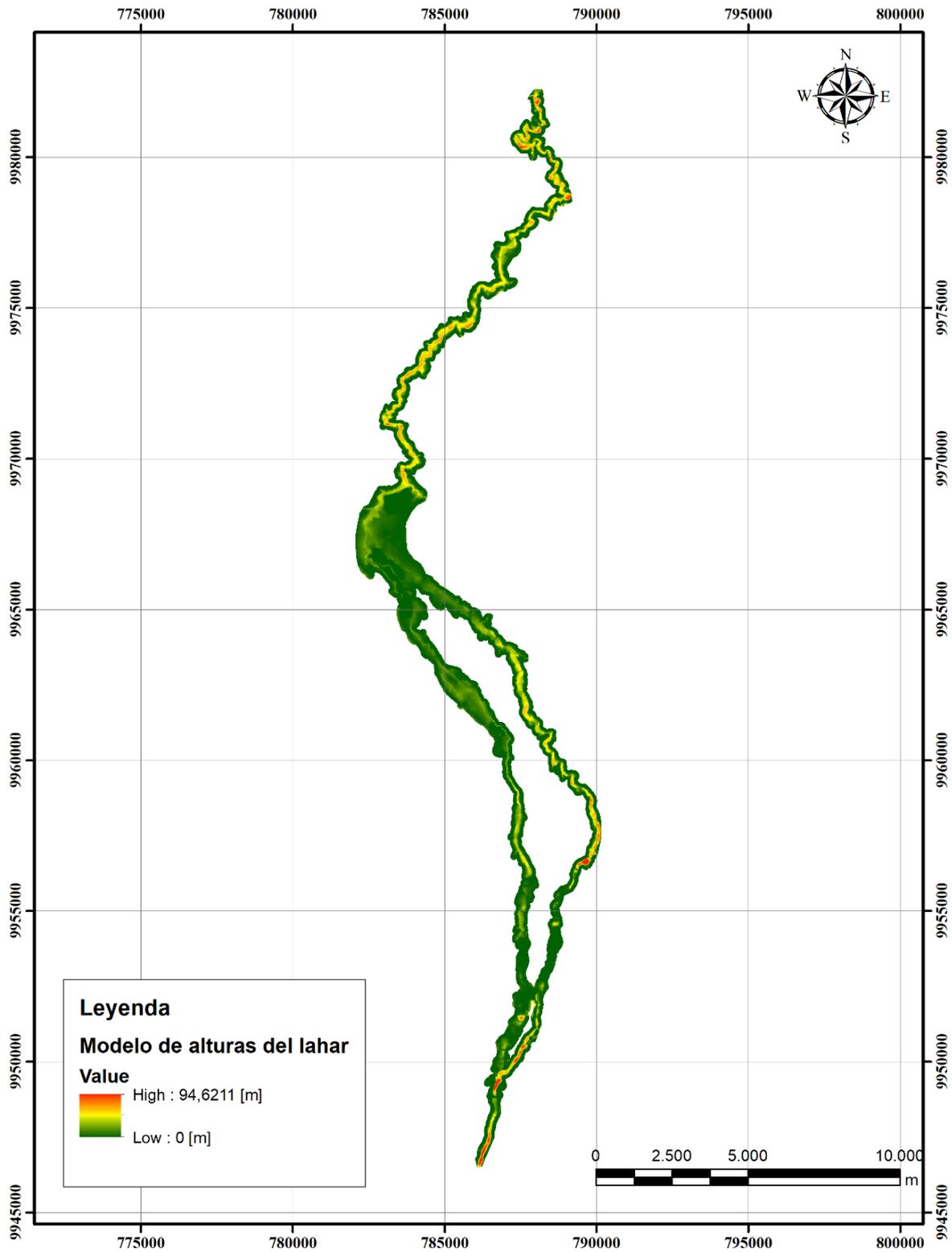
Alturas del recorrido del lahar. El modelo de alturas del recorrido del lahar generado es una cobertura continua de tipo ráster (figura 92) que recoge valores en el rango de 0 a 95 metros aproximadamente, para efectos prácticos este modelo fue convertido a una cobertura vectorial de tipo polígono para ser empleado en los dashboards (figura 93), por lo cual su rango de valores fue discretizado en tres categorías de alturas para representar alturas bajas, medias y altas.

Cabe mencionar que el rango de valores en primera instancia tiene una cota superior demasiado elevada, pero puntualizamos que aquellos valores extremos solamente se encuentran en escasas locaciones, atribuimos estos resultados a los insumos cartográficos mas no a la metodología empleada para el cálculo de las alturas del lahar, puesto que la cobertura del recorrido del lahares en ciertos tramos no se ajustó a la perfección con la topografía de la zona de estudio (figura 94), esto se evidenció al momento de digitalizar las secciones transversales del recorrido del lahar, donde se pudo observar que el flujo transversal acorde a la capa vectorial en el peor de los casos tenía una tendencia inclinada debido a que no se encontraban puntos con iguales elevaciones para unirlos.

**Figura 92**

*Modelo continuo de alturas del recorrido del lahar*

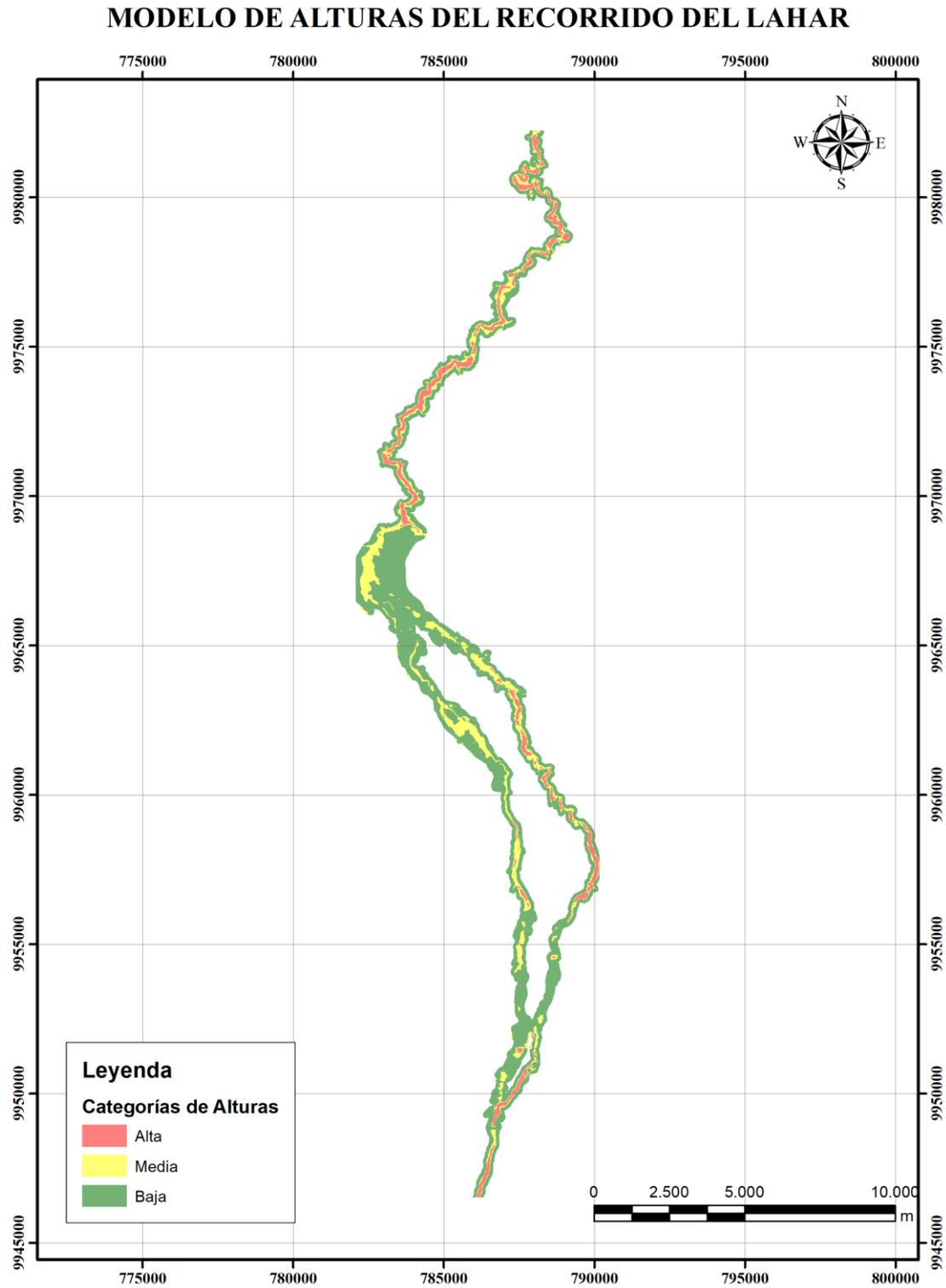
## MODELO DE ALTURAS DEL RECORRIDO DEL LAHAR



*Nota.* La figura muestra el modelo continuo de alturas a lo largo del trayecto que corresponde al flujo del lahar. Elaborado por los autores.

Figura 93

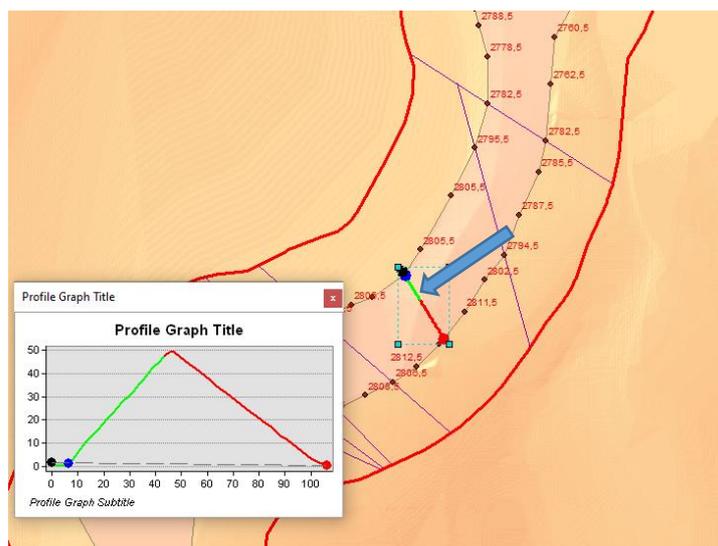
Modelo vectorial (categorizado) de alturas del recorrido del lahar



*Nota.* La figura muestra el modelo vectorial de alturas a lo largo del trayecto que corresponde al flujo del lahar.

### Figura 94

*Sección transversal en una zona con escasos puntos de iguales elevaciones en la cartografía*



*Nota.* La figura muestra las incompatibilidades entre la trayectoria del lahar y la topografía del terreno, puesto que se evidencia que en ese tramo el lahar atravesaría un montículo.

**Rutas de evacuación.** El modelo de rutas de evacuación generadas a partir del procesamiento de la información geoespacial a través del módulo 'Network Analyst' de ArcGIS establece la ruta más cercana que debe seguir un usuario ubicado dentro de la zona del recorrido del lahar para salir en el menor tiempo posible del área de riesgo.

Esta información es de vital importancia para la población dentro de la zona de influencia del recorrido de lahares ante una eventual erupción del Volcán Cotopaxi, pues es mediante a esta que un usuario puede informarse y elaborar planes de contingencia ante la eventual amenaza y de esta manera ponerse a salvo a sí misma como a sus familiares.

El modelo de rutas de evacuación generado se muestra en la figura 95, destacando que el mayor tiempo de evacuación varía entre 37 a 56 minutos, dependiendo de la velocidad en la que se

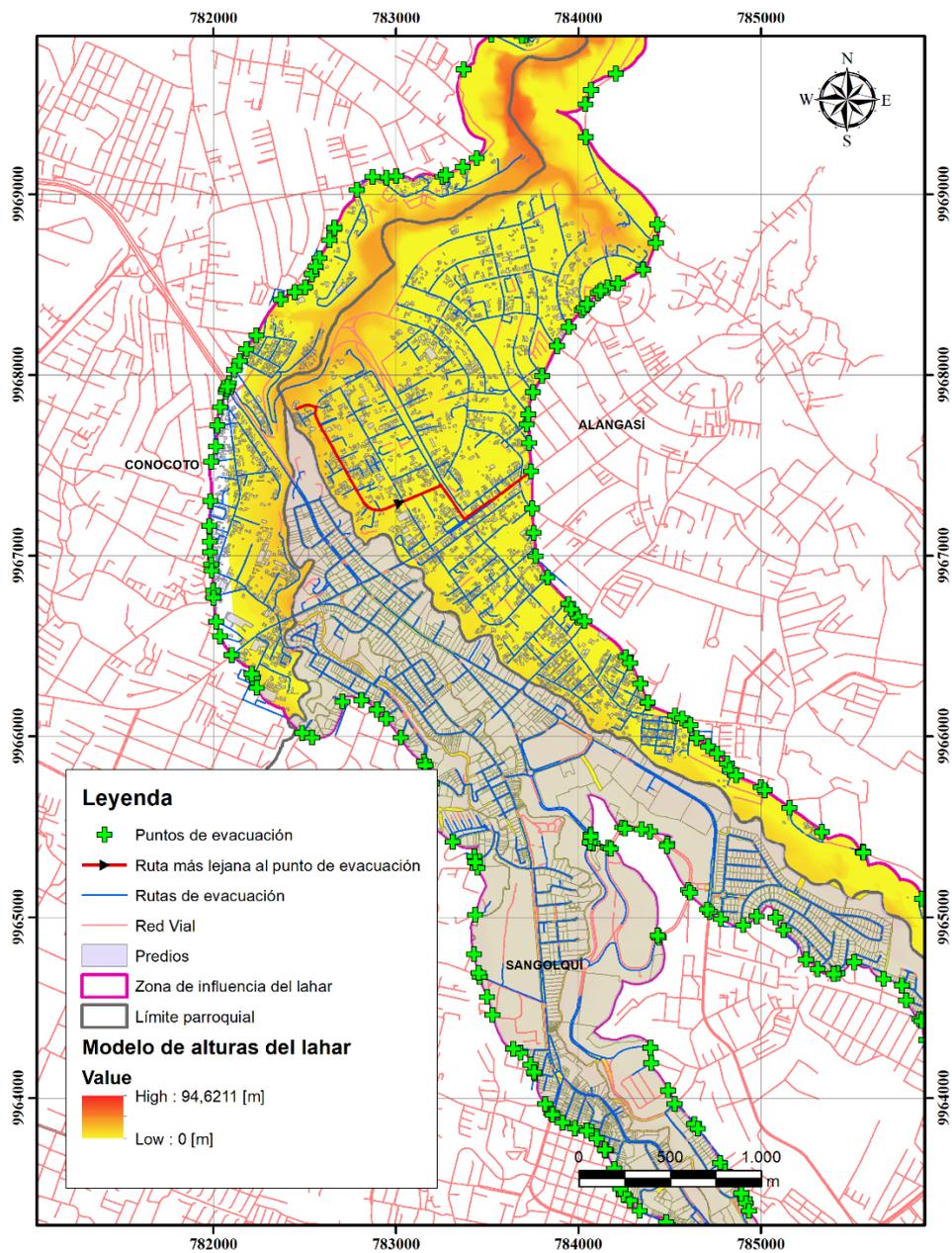
desplace a pie la población desde ese punto, se asumieron valores de velocidad promedio de 3 y 2 km/h respectivamente.

Como resultado del modelamiento de las rutas de evacuación se identificaron 621 puntos de evacuación a lo largo del perímetro de la zona de influencia del lahar, así mismo, podemos enmarcar diferentes tiempos de evacuación a través de las rutas determinadas, a modo de ejemplo en la tabla 7 se detallan los tiempos de evacuación para 10 localidades seleccionadas aleatoriamente (figura 96).

### **Figura 95**

*Mapa de ruta de evacuación en la zona norte de Rumiñahui*

### MAPA DE RUTAS DE EVACUACIÓN ANTE EL RECORRIDO DE LAHARES EN LA ZONA NORTE DE RUMIÑAHUI

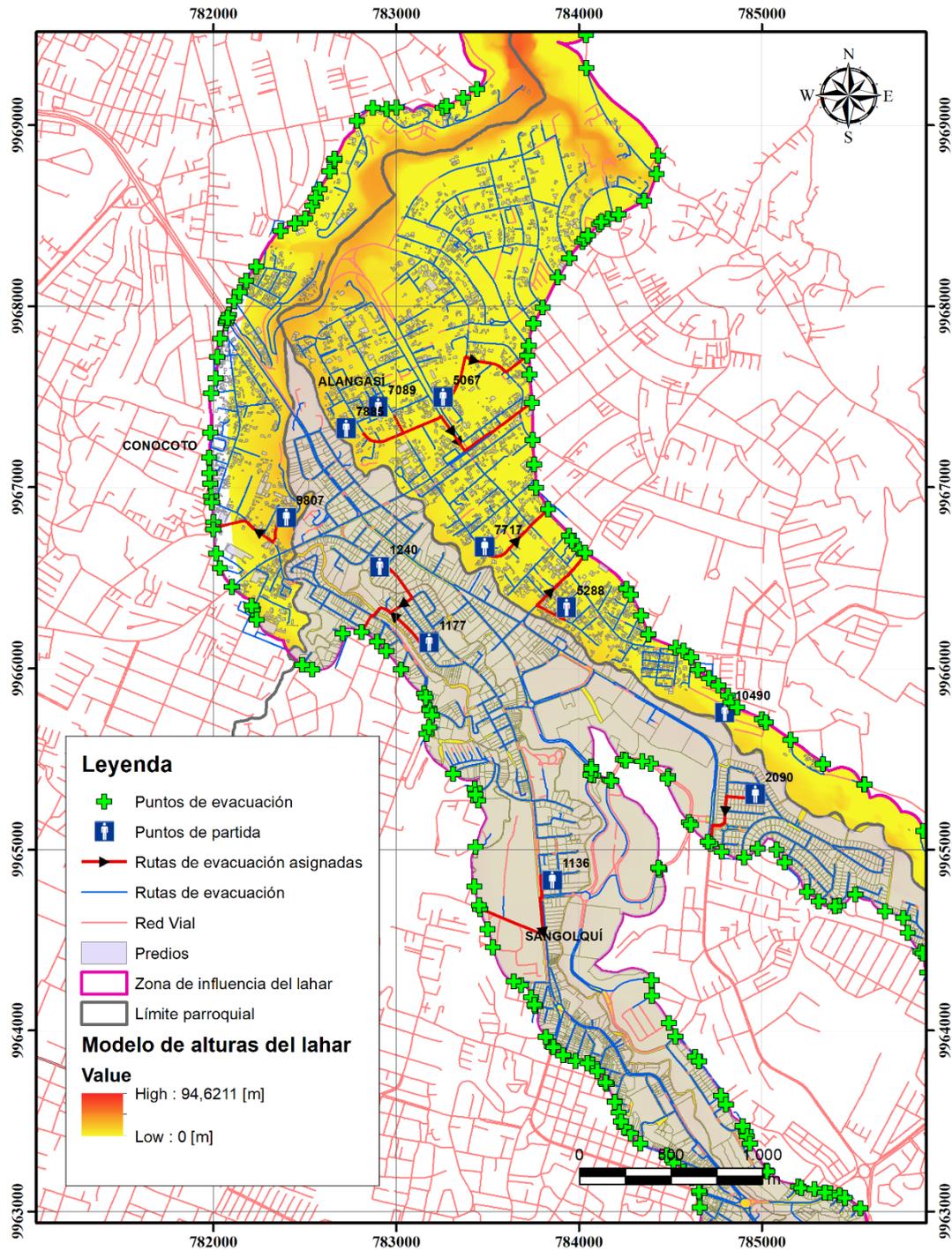


*Nota.* En la figura se muestra la ruta de evacuación en la zona norte de Rumiñahui, donde se destaca la ruta que genera el mayor tiempo de evacuación.

**Figura 96**

*Rutas de evacuación desde distintos lugares de la zona norte de Rumiñahui*

## RUTAS DE EVACUACIÓN DESDE DIFERENTES UBICACIONES EN LA ZONA NORTE DE RUMIÑAHUI



*Nota.* La figura muestra que debe seguir la población que se encuentra en los lugares establecidos para abandonar la zona de influencia del lahar.

**Tabla 7**

*Tiempos de evacuación desde diferentes localidades*

Punto de partida	Distancia [m]	Tiempo de evacuación	
		mínimo [min]	máximo [min]
7885	1160.80	23	35
7089	1019.68	20	31
1136	767.96	15	23
5067	677.00	14	20
1240	635.38	13	19
5288	570.11	11	17
9807	546.44	11	16
1177	525.68	11	16
7717	491.16	10	15
2090	482.33	10	14

*Nota.* La tabla describe los tiempos de evacuación y la distancia recorrida a través de la red vial para salir de la zona de influencia del recorrido del lahar hacia el punto de evacuación más cercano.

### Formulario de necesidades y bases de datos

#### Figura 97

#### Formulario de necesidades en Survey123

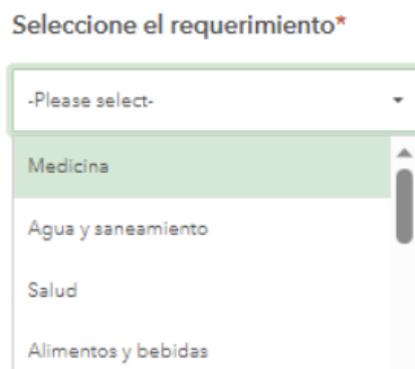
The image shows a Survey123 form titled "FORMULARIO DE REQUERIMIENTOS". The form is divided into two main sections. The left section contains several dropdown menus for selection: "Nombre del solicitante" (text input), "Selección de una mesa técnica", "Selección de la mesa técnica a quien va dirigido el requerimiento", "Selección de la provincia", "Selección de el cantón", and "Selección de el requerimiento". Below these is a label "Estado de requerimiento". The right section includes a "Describe el pedido" text area, a "Selección de la prioridad" dropdown menu, and a "Ubicación del requerimiento" map. The map shows a geographical area with a blue location pin. At the bottom right of the form is a green "Submit" button.

Del 26 al 28 de julio se realizó un ejercicio de simulación en conjunto con diferentes instituciones como la SNGR, IGM, Policía Nacional, MSP, en el cual se puso a servicio de las

diferentes mesas técnicas el uso de este formulario, el cual se hacen diferentes requerimientos de tipo:

### Figura 98

#### *Requerimientos establecidos*



Esto es de gran apoyo en el caso de que ocurra un desastre natural de este tipo, ya que estos requerimientos se harían en tiempo real, con la ubicación geográfica exacta. De manera que los requerimientos puedan hacer atendidos lo más pronto por cada uno de las diferentes instituciones del Estado, llevar un conteo y costos de cada uno de estos pedidos.

#### *Dashboard de afectaciones en base al modelo propuesto*

El dashboard de afectaciones producidas sobre la población de la zona de estudio integra los indicadores establecidos en la base de datos y los modelos generados para presentarlos de manera eficiente, de tal forma que esta información fluya de manera dinámica y confiable a los tomadores de decisiones y la población en general, quienes podrán desarrollar medidas de acción ante la eventual erupción del Volcán Cotopaxi.

En la figura 99 se muestra el diseño final del dashboard de afectaciones, mediante el cual es posible acceder y filtrar los datos numéricos y estadísticos referentes a afectaciones del lahar tanto a nivel cantonal como parroquial.

### Figura 99

#### *Dashboard de Afectaciones a causa del recorrido del lahar en la parroquia de Conocoto*

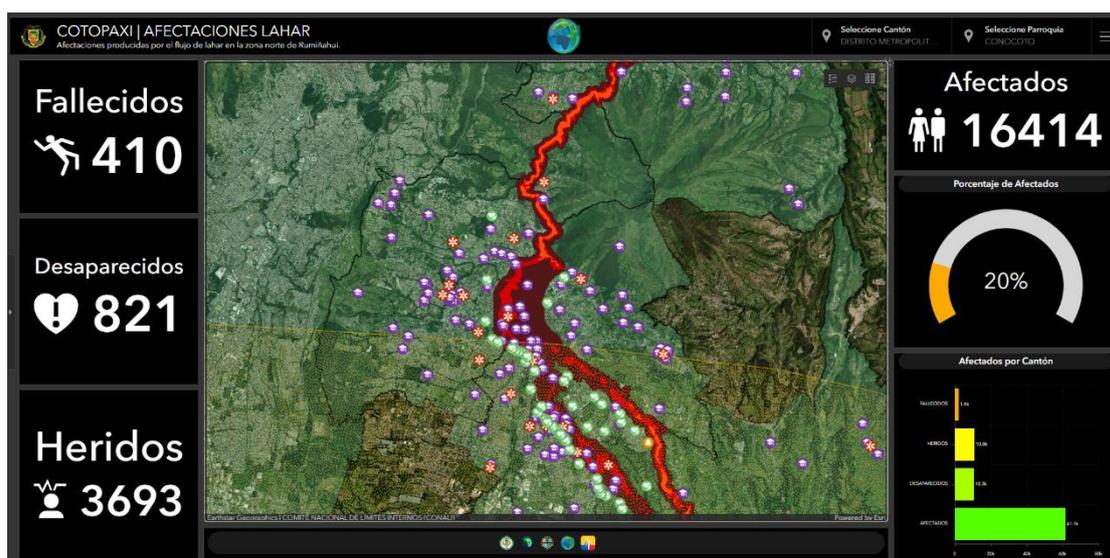
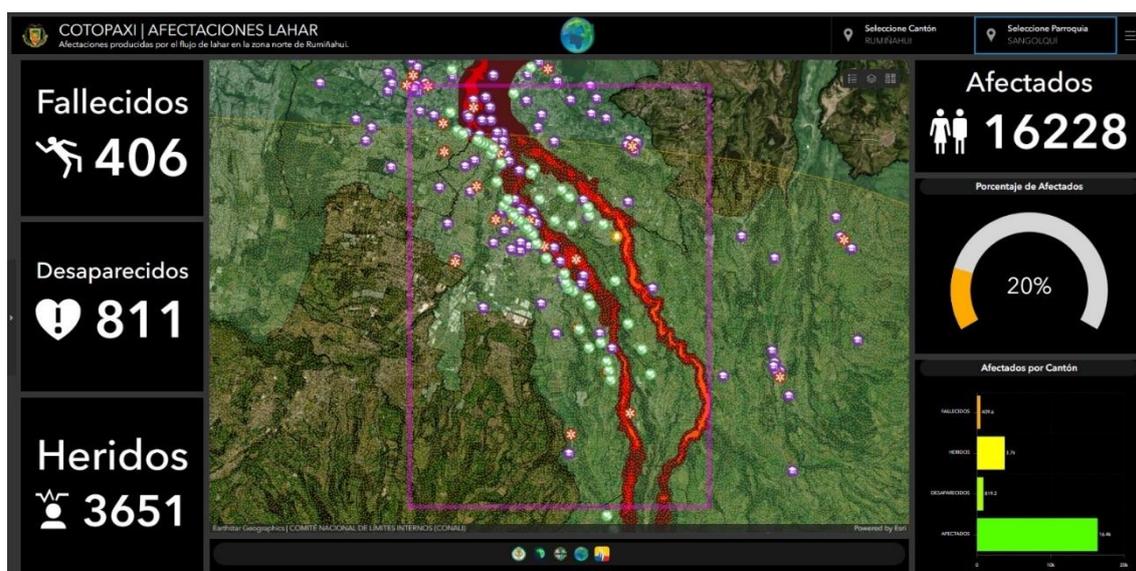


Figura 100

*Dashboard de Afectaciones a causa del recorrido del lahar en la parroquia de Sangolquí*



*Nota.* La figura muestra las estadísticas de las afectaciones del recorrido del lahar para la parroquia de Sangolquí.

### *Dashboard de rutas de evacuación*

El dashboard de las rutas de evacuación recoge, sintetiza y presenta información a nivel parroquial y cantonal, de tal manera que esta sea fácilmente desplegada. Su funcionamiento puede describirse a través del siguiente esquema de flujo.

**Figura 101**

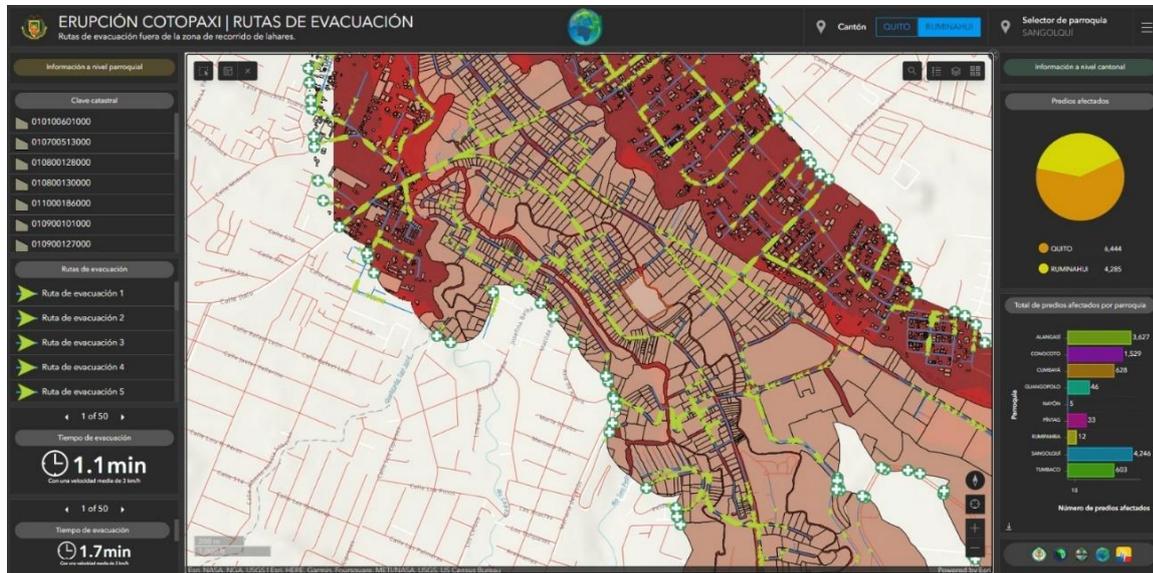
*Esquema de flujo para visualizar rutas de evacuación en el dashboard*



Entre las utilidades más resaltables del funcionamiento del dashboard podemos destacar la dinámica con la que los usuarios pueden acceder a la información de las rutas más cercanas a un punto en específico dentro de la zona de influencia del lahar, así como la determinación del coste en términos de tiempos de evacuación, en adición a los valores estadísticos del total de predios afectados.

**Figura 102**

*Dashboard de rutas de evacuación*



*Nota.* La figura muestra el diseño final del Dashboard de rutas de evacuación en la zona norte de Rumiñahui.

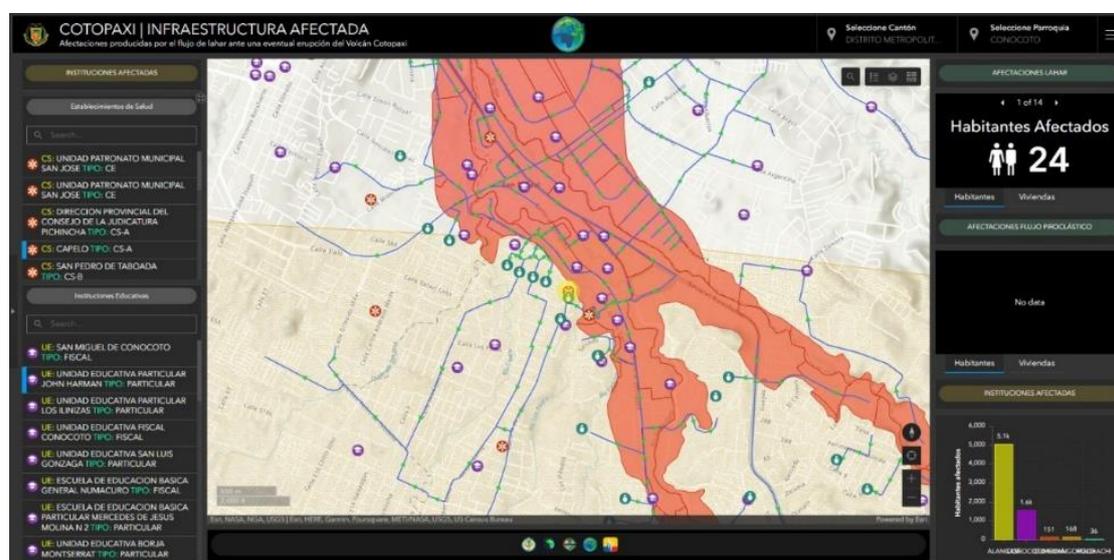
### *Dashboard de infraestructura afectada con información oficial de la SGR*

El dashboard de infraestructura afectada a razón de los diferentes fenómenos derivados de una eventual erupción del Volcán Cotopaxi, es capaz de brindar información de manera rápida y precisa referente al contexto situacional de afectaciones a las diferentes infraestructuras en la zona de recorrido de los lahares, caída de ceniza o flujos piroclásticos.

Siendo de esta manera que, seleccionando un cantón y una parroquia de interés, es posible obtener información de forma inmediata de los establecimientos de salud y unidades educativas afectadas directa e indirectamente por los efectos de la erupción, por ejemplo, en la figura 103, se muestran las diferentes infraestructuras afectadas por el recorrido del lahar, destacando la posibilidad de interactuar con el webmap y visualizar los atributos de dicha infraestructura.

**Figura 103**

### *Dashboard de infraestructura afectada*



*Nota.* La figura muestra el dashboard de infraestructuras afectadas donde se destaca la afectación a la población a causa del recorrido del lahar y el flujo piroclástico.

### *Storymap de la eventual erupción del Volcán Cotopaxi*

El desarrollo del Storymap para la caracterización de las afectaciones del recorrido de lahares se llevó a cabo a partir de la recopilación de los eventos volcánicos suscitados en el país a lo largo del tiempo, remontándonos inclusive a registros de actividades eruptivas en el siglo XIV.

Del mismo modo, se consiguió integrar al Storymap modelos 3D del Volcán Cotopaxi y la zona del recorrido de lahares, obtenidos a partir del procesamiento del MDT (SRTM) en diferentes softwares, lo cual permitió una representación de la geomorfología del volcán como una medida de aproximación a la realidad del terreno.

Finalmente se integraron los dashboards y webmaps para complementar la descripción del fenómeno, así como también la presentación de las rutas de evacuación y la información referente a la posible erupción del Volcán Cotopaxi.

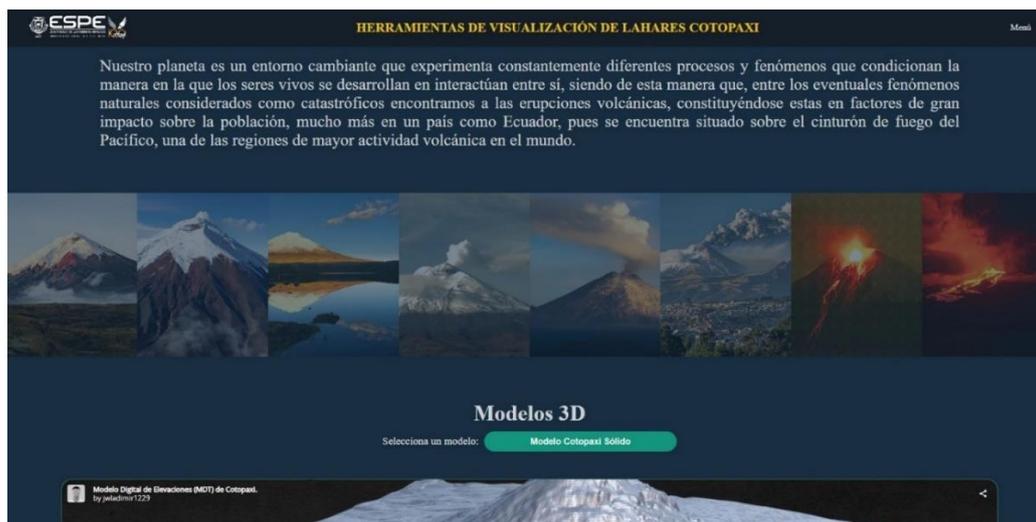
#### **Figura 104**

*Storymap de afectaciones debido al recorrido de lahares*



#### **Figura 105**

*Contenido del Storymap*



### *Análisis de usabilidad*

Posterior a la presentación de los dashboards a los usuarios encargados de realizar las pruebas a las plataformas, se otorgó un cuestionario (Survey123) para cuantificar la usabilidad de las herramientas de visualización desarrolladas, obteniéndose los siguientes resultados.

### **Figura 106**

#### *Información levantada a través de Survey123*



El test de usabilidad empleó un conjunto de 5 preguntas realizadas a un grupo de 12 personas en calidad de evaluadores, siendo completado el test por la totalidad de los participantes. Los resultados estadísticos de este test se abordan en las figuras 107 y 108.

### **Figura 107**

#### *Resultados estadísticos para de la pregunta 1 del test de usabilidad*



**Figura 108**

*Resultados estadísticos para de la pregunta 2 del test de usabilidad*



Acorde a esta metodología, se pudo evaluar el desempeño y usabilidad de las herramientas desarrolladas, de esta manera se pudo evidenciar la funcionalidad de los mismos, pese a ello, también es interesante mencionar que los usuarios evaluados, al desconocer de estas nuevas herramientas geoespaciales, han evidenciado una dificultad para relacionar los indicadores, pese a ello la curva de aprendizaje para la manipulación de estas plataformas resulta ser apreciablemente corta.

## Capítulo V

### Conclusiones y recomendaciones

#### *Conclusiones*

- Es de mucha relevancia destacar la importancia de la cooperación interinstitucional con entidades estatales como la Secretaría de Gestión de Riesgos, GAD Rumiñahui, Ministerio de Salud Pública (MSP), Ministerio de Educación, Instituto Geográfico Militar (IGM), Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), pues mediante estas instituciones fue posible recolectar y hacer uso de información valiosa y actualizada para la generación de las herramientas de visualización.
- El análisis y procesamiento de la información geoespacial permitió generar un modelo digital que describe las alturas alcanzadas a lo largo de la trayectoria de los lahares ocasionados por la eventual erupción del Volcán Cotopaxi, así como también la generación de un modelo de rutas de evacuación que puede ser empleado por la ciudadanía para dirigirse al punto de evacuación más cercano a su posición y de esta forma poder abandonar la zona de influencia del lahar en el menor tiempo posible, además estos modelos fueron empleados para caracterizar la afectación de este fenómeno sobre la población e infraestructura.
- La metodología propuesta y empleada para la recopilación de datos en tiempo real por medio de la aplicación Survey123 de ESRI permitió la obtención de información oportuna en campo proporcionando mayor facilidad para alimentar la base de datos en las herramientas de visualización.
- Mediante los insumos cartográficos obtenidos a través del modelamiento geoespacial fue posible diseñar dashboards interactivos para la visualización oportuna, clara y comprensible de la información geoespacial referente a una eventual erupción del Volcán Cotopaxi, favoreciendo al conocimiento de los diferentes escenarios derivados de este fenómeno natural y sentando las bases para que los tomadores de decisiones lleven a cabo una planificación eficiente en materia de gestión de riesgos.

- Los storymaps se consolidan como herramientas de gran utilidad para la difusión del conocimiento sobre una problemática, siendo de esta manera que, mediante estas herramientas se logró sintetizar la información referente a la caracterización de la erupción volcánica y presentar una narrativa coherente sobre los acontecimientos, afectaciones y medidas de mitigación que se derivan de este evento.
- Las pruebas de usabilidad efectuadas sobre las herramientas de visualización (dashboards y storymaps) demostraron que estas plataformas son esencialmente fáciles de comprender y de utilizar tanto para conocedores de sistemas de información geográfica como para la comunidad en general, lo cual es un indicador de que estas plataformas pueden ser empleadas por las instituciones del Estado para alimentar sus sistemas de información y dar a conocer los diferentes proyectos de gestión de riesgos a la comunidad.

### *Recomendaciones*

- Es importante mantener una estrecha relación con las instituciones del estado en el tema de gestión de riesgos para poder apoyar en la generación de herramientas que permitan a las autoridades tomar las mejores decisiones con el fin de mitigar los efectos de los desastres naturales.
- Las herramientas de visualización son instrumentos de gran ayuda para tener una idea de las consecuencias que podría ocasionar un fenómeno natural, por lo que es indispensable que las instituciones del estado, relacionadas con este tema, dispongan de estas herramientas de tal forma que su reacción ante estos sucesos sea la más efectiva.
- Es recomendable que las instituciones del estado, con pertinencia a las capas de información geográfica generadas, realicen la validación respectiva de los modelos calculados para la caracterización de los fenómenos, de tal manera que esta información pueda ser publicada por los medios oficiales y consumida por las demás instituciones del estado y la ciudadanía.

## Referencias Bibliográficas

- ArcGIS. (2021). Introducción a los geoportales. ArcGIS.com. <https://enterprise.ArcGIS.com/es/inspire/10.8/get-started/introduction-to-geoportals.htm>
- González-Gaudiano, E. J., & Maldonado-González, A. L. (2017). Amenazas y riesgos climáticos en poblaciones vulnerables. El papel de la educación en la resiliencia comunitaria. *Teoría de la Educación Revista Interuniversitaria*, 29(1), 273–294. <https://doi.org/10.14201/teoredu291273294>
- Torres, N. F. P., & Concha, V. F. (2022). POLIVALENCIA DE FUERZAS ARMADAS EN SITUACIÓN DE CRISIS: ECUADOR Y CHILE. *Revista de la Academia del Guerra del Ejército Ecuatoriano*, 15(1), 12–12. <https://doi.org/10.24133/AGE.N15.2022.09>
- Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón. (2019). *¿Qué es un tsunami? Retrieved*. Obtenido de <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/faq/faq29.html>
- Aules, P., & Emilio, G. (2022). El uso de Geo-Herramientas epidemiológica como apoyo al Ministerio de Salud Pública en el marco de la pandemia de coronavirus COVID-19.
- Bedón Jiménez, M. G. (2014). Propuesta de un Plan para la Gestión de riesgos volcánicos, con enfoque a la afectación sector agropecuario del Cantón Mejía.
- Buill Pozuelo, F., Nuñez, M. A., & Rodríguez, J. J. (2003). *Fotogrametría analítica*. Edicions UPC.
- CEPAL. (1 de Marzo de 2023). *Datos estadísticos e información geoespacial para la reducción del riesgo de desastres*. Recuperado el 2023, de <https://www.cepal.org/es/eventos/datos-estadisticos-informacion-geoespacial-la-reduccion-riesgo-desastres>
- Chuvieco, E. (2003). *Fundamentos de teledetección espacial*. Estudios Geográficos.

- Colombia, G. N. (24 de abril de 2012). *Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*. Obtenido de gov.co: <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/1523%20-%202012.pdf>
- Congreso Nacional. (2004). Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública. *Registro Oficial Suplemento No. 337*.
- Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE). (2010). Políticas Nacionales de Información Geoespacial. *Registro Oficial No.269*.
- Córdova, Y. (2021). Propuesta de metodología para el diseño de dashboard. *Revista Cubana de Transformación Digital* , 56-76.
- Desconocido. (20 de Agosto de 2023). *Desastres*. Obtenido de <http://riesgosucv.blogspot.com/2013/09/riesgos-y-desastres.html>
- EOS Data Analytics. (09 de 11 de 2021). *Teledetección Satelital: Tipos, Usos y Aplicaciones*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/teledeteccion/>
- Esri. (2021). *Story Maps for Disaster Management*. Obtenido de <https://www.esri.com/en-us/disaster-response/overview>
- ESRI. (15 de 08 de 2023). *intersecar (Análisis)*. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/analysis/intersect.htm>
- Esri. (s.f.). *Esri*. Obtenido de Esri Ecuador: <https://www.esri.co/es-ec/nosotros/sobre-esri/que-son-los-sig>
- Frech, L. (2019). How to design useful dashboards. Harvard Business Review.
- Geoinnova. (11 de 05 de 2016). *Cartografía: Representando el mundo en papel*. Obtenido de <https://geoinnova.org/blog-territorio/cartografia-representando-mundo-papel/>
- Goborot, A. (2017). *Visual Analytics of Movement*. Springer.

- Grupo IME. (12 de 03 de 2023). *El auge de la fotogrametría en la construcción*. Obtenido de <https://grupoime.com/hola-mundo/>
- GUANCHA, R. L. (2016). *DESARROLLO DEL GEOPORTAL DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/24334/0543319.pdf?sequence=1>
- Gustavo, N. (2011). Geoportales en el Ecuador. *Revista de Ciencias de la Vida*, 58-64.
- IBM. (28 de 02 de 2021). *Modelado geoespacial*. Recuperado el 20 de Agosto de 2023, de <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/27.0.0?topic=features-geospatial-modeling>
- Ingeoexpert. (25 de enero de 2019). *¿Qué es la cartografía? Características y evolución*. Obtenido de Ingeoexpert: <https://ingeoexpert.com/2019/01/25/que-es-la-cartografia-caracteristicas-y-evolucion/>
- Instituto Geofísico. (2023). *Cotopaxi*. Recuperado el 21 de 08 de 2023, de <https://www.igepn.edu.ec/cotopaxi>
- Lavell, A. (2001). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. *Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS*, 1-22.
- Lima Ramírez, A. (2018). *Modelamiento geoespacial para la caracterización física, socioeconómica y alternativas de aprovechamiento de la unidad hidrográfica Puyango Ecuador* (11-13 ed.). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Manrique Sancho, M. (s.f.). *La usabilidad de los geoportales*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148676527.pdf>

- Militar, I. G. (2013). *Geoportal IGM*. Obtenido de [https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2013/07/Manual\\_GEOPORTAL.pdf](https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2013/07/Manual_GEOPORTAL.pdf)
- Militar, I. G. (2017). *Instituto Geográfico Militar*. Obtenido de <http://www.geograficomilitar.gob.ec/>
- Militar, I. G. (s.f.). *Instituto Geográfico Militar*. Obtenido de <http://www.geograficomilitar.gob.ec/>
- MOTHEs, P. (1998). *Actividad Volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador*. Quito: Abya - Yala.
- Moya Honduvilla, J. (2015). *La usabilidad de los geoportales*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148676527.pdf>
- Office for Outer Space Affairs UN-SPIDER Knowledge Portal. (s.f.). *Gestión del Riesgo de Desastres*. Recuperado el 20 de Agosto de 2023, de <https://www.un-spider.org/es/riesgos-y-desastres/gestion-del-riesgo-de-desastres>
- Paladinez, J., & Zamora, C. (2011). Impacto provocado por el volcán Tungurahua en la salud de los pobladores de Penipe durante el periodo eruptivo comprendido entre el año 2003-2010.
- Rafael, A. (2016). La Investigación e Innovación en la Enseñanza de la Geografía.
- Ramirez, D. J. (2015). *La arquitectura y los sistemas de información geográfica*. Obtenido de <https://www.lexgeo.com/arquitecturaenterreno/>
- Ramírez, K. (22 de Marzo de 2023). *Cotopaxi, el volcán más peligroso del Ecuador*. Obtenido de <https://conexion.puce.edu.ec/cotopaxi-el-volcan-mas-peligroso-de-ecuador/>
- Ray, R. (2015). Story maps improve comprehension. *The Reading Teacher*, 400-415.

- Row, F. (2019). Data visualization for human perception. In *Interactive Data Visualization for the Web*. O'Reilly Media, 43-63.
- Salazar, D. (2009). Percepción del riesgo asociado al volcán Cotopaxi y vulnerabilidad en el Valle de Los Chillos (Ecuador). *Open Edition Journal*.
- Telegrafía. (2023). *¿Cómo se protege el mundo de los desastres naturales?* Obtenido de <http://www.sirenaselectronicas.com/como-se-protege-el-mundo-de-los-desastres-naturales/>
- Tinoco Meyhuay, T., Cotos Vera, J., & Bayona Antúnez, R. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián, utilizando el model builder del ArcGIS. *Aporte Santiaguino*, 263-274.  
doi:<https://doi.org/10.32911/as.2018.v11.n2.580>
- Toulkeridis, T., Parra, H., Mato, F., & D'Howitt, M. (2017). Contrasting results of potential tsunami hazards in Muisne, central coast of Ecuador. *Journal of Tsunami Society International*, 30-32.
- UNISDR. (2009). *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra, Suiza.
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. (2020). *Humanitarian Data Exchange*. Obtenido de <https://data.humdata.org/>
- Volcano Active Foundation. (2021). *La peligrosidad de los lahares*. Obtenido de <https://volcanofoundation.org/es/creando-conocimiento-de-los-riesgos/monitorizacion/hidrologia/deteccion-de-lahares/#:~:text=La%20peligrosidad%20de%20los%20lahares&text=vigilar%20la%20legada%20y%20el,con%20per%C3%ADodos%20de%20actividad%20volc%C3%A1nica.>

- Yaquelin, C. (2021). Propuesta de metodología para el diseño de dashboard. *Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba*, 50-85.
- Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón. (2019). *¿Qué es un tsunami? Retrieved*. Obtenido de <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/kuon/faq/faq29.html>
- Aules, P., & Emilio, G. (2022). El uso de Geo-Herramientas epidemiológica como apoyo al Ministerio de Salud Pública en el marco de la pandemia de coronavirus COVID-19.
- Bedón Jiménez, M. G. (2014). Propuesta de un Plan para la Gestión de riesgos volcánicos, con enfoque a la afectación sector agropecuario del Cantón Mejía.
- Buill Pozuelo, F., Nuñez, M. A., & Rodríguez, J. J. (2003). *Fotogrametría analítica*. Edicions UPC.
- CEPAL. (1 de Marzo de 2023). *Datos estadísticos e información geoespacial para la reducción del riesgo de desastres*. Recuperado el 2023, de <https://www.cepal.org/es/eventos/datos-estadisticos-informacion-geoespacial-la-reduccion-riesgo-desastres>
- Chuvieco, E. (2003). *Fundamentos de teledetección espacial*. Estudios Geográficos.
- Colombia, G. N. (24 de abril de 2012). *Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*. Obtenido de gov.co: <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/1523%20-%202012.pdf>
- Congreso Nacional. (2004). Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública. *Registro Oficial Suplemento No. 337*.
- Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE). (2010). Políticas Nacionales de Información Geoespacial. *Registro Oficial No.269*.

- Córdova, Y. (2021). Propuesta de metodología para el diseño de dashboard. *Revista Cubana de Transformación Digital* , 56-76.
- Desconocido. (20 de Agosto de 2023). *Desastres*. Obtenido de <http://riesgosucv.blogspot.com/2013/09/riesgos-y-desastres.html>
- EOS Data Analytics. (09 de 11 de 2021). *Teledetección Satelital: Tipos, Usos y Aplicaciones*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/teledeteccion/>
- Esri. (2021). *Story Maps for Disaster Management*. Obtenido de <https://www.esri.com/en-us/disaster-response/overview>
- ESRI. (15 de 08 de 2023). *intersecar (Análisis)*. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/analysis/intersect.htm>
- Esri. (s.f.). *Esri*. Obtenido de Esri Ecuador: <https://www.esri.co/es-ec/nosotros/sobre-esri/que-son-los-sig>
- Frech, L. (2019). How to design useful dashboards. Harvard Business Review.
- Geoinnova. (11 de 05 de 2016). *Cartografía: Representando el mundo en papel*. Obtenido de <https://geoinnova.org/blog-territorio/cartografia-representando-mundo-papel/>
- Gaborot, A. (2017). *Visual Analytics of Movement*. Springer.
- Grupo IME. (12 de 03 de 2023). *El auge de la fotogrametría en la construcción*. Obtenido de <https://grupoime.com/hola-mundo/>
- GUANCHA, R. L. (2016). *DESARROLLO DEL GEOPORTAL DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/24334/0543319.pdf?sequence=1>
- Gustavo, N. (2011). Geoportales en el Ecuador. *Revista de Ciencias de la Vida*, 58-64.

- IBM. (28 de 02 de 2021). *Modelado geoespacial*. Recuperado el 20 de Agosto de 2023, de <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/27.0.0?topic=features-geospatial-modeling>
- Ingeoexpert. (25 de enero de 2019). *¿Qué es la cartografía? Características y evolución*. Obtenido de Ingeoexpert: <https://ingeoexpert.com/2019/01/25/que-es-la-cartografia-caracteristicas-y-evolucion/>
- Instituto Geofísico. (2023). *Cotopaxi*. Recuperado el 21 de 08 de 2023, de <https://www.igepn.edu.ec/cotopaxi>
- Lavell, A. (2001). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. *Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS*, 1-22.
- Lima Ramírez, A. (2018). *Modelamiento geoespacial para la caracterización física, socioeconómica y alternativas de aprovechamiento de la unidad hidrográfica Puyango Ecuador* (11-13 ed.). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Manrique Sancho, M. (s.f.). *La usabilidad de los geoportales*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148676527.pdf>
- Militar, I. G. (2013). *Geoportal IGM*. Obtenido de [https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2013/07/Manual\\_GEOPORTAL.pdf](https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2013/07/Manual_GEOPORTAL.pdf)
- Militar, I. G. (2017). *Instituto Geográfico Militar*. Obtenido de <http://www.geograficomilitar.gob.ec/>
- Militar, I. G. (s.f.). *Instituto Geográfico Militar*. Obtenido de <http://www.geograficomilitar.gob.ec/>
- MOTHESS, P. (1998). *Actividad Volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador*. Quito: Abya - Yala.

- Moya Honduvilla, J. (2015). *La usabilidad de los geoportales*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148676527.pdf>
- Office for Outer Space Affairs UN-SPIDER Knowledge Portal. (s.f.). *Gestión del Riesgo de Desastres*. Recuperado el 20 de Agosto de 2023, de <https://www.un-spider.org/es/riesgos-y-desastres/gestion-del-riesgo-de-desastres>
- Paladinez, J., & Zamora, C. (2011). Impacto provocado por el volcán Tungurahua en la salud de los pobladores de Penipe durante el periodo eruptivo comprendido entre el año 2003-2010.
- Rafael, A. (2016). La Investigación e Innovación en la Enseñanza de la Geografía.
- Ramirez, D. J. (2015). *La arquitectura y los sistemas de información geográfica*. Obtenido de <https://www.lexgeo.com/arquitecturaenterreno/>
- Ramírez, K. (22 de Marzo de 2023). *Cotopaxi, el volcán más peligroso del Ecuador*. Obtenido de <https://conexion.puce.edu.ec/cotopaxi-el-volcan-mas-peligroso-de-ecuador/>
- Ray, R. (2015). Story maps improve comprehension. *The Reading Teacher*, 400-415.
- Row, F. (2019). Data visualization for human perception. In *Interactive Data Visualization for the Web*. O'Reilly Media, 43-63.
- Salazar, D. (2009). Percepción del riesgo asociado al volcán Cotopaxi y vulnerabilidad en el Valle de Los Chillos (Ecuador). *Open Edition Journal*.
- Telegrafía. (2023). *¿Cómo se protege el mundo de los desastres naturales?* Obtenido de <http://www.sirenaselectronicas.com/como-se-protege-el-mundo-de-los-desastres-naturales/>
- Tinoco Meyhuay, T., Cotos Vera, J., & Bayona Antúnez, R. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián,

utilizando el model builder del ArcGIS. *Aporte Santiaguino*, 263-274.

doi:<https://doi.org/10.32911/as.2018.v11.n2.580>

- Toulkeridis, T., Parra, H., Mato, F., & D'Howitt, M. (2017). Contrasting results of potential tsunami hazards in Muisne, central coast of Ecuador. *Journal of Tsunami Society International*, 30-32.
- UNISDR. (2009). *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra, Suiza.
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. (2020). *Humanitarian Data Exchange*. Obtenido de <https://data.humdata.org/>
- Volcano Active Foundation. (2021). *La peligrosidad de los lahares*. Obtenido de <https://volcanofoundation.org/es/creando-conocimiento-de-los-riesgos/monitorizacion/hidrologia/deteccion-de-lahares/#:~:text=La%20peligrosidad%20de%20los%20lahares&text=vigilar%20la%20llegada%20y%20el,con%20per%C3%ADodos%20de%20actividad%20volc%C3%A1nica>.
- Yaquelin, C. (2021). Propuesta de metodología para el diseño de dashboard. *Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba*, 50-85.

## **Objetivo 2: Realizar el levantamiento y estructuración de información geoespacial relativa a un eventual tsunami en las costas ecuatorianas**

### **Capítulo I**

#### **Introducción**

#### **Objetivos**

##### **Objetivo General**

Realizar el levantamiento y estructuración de información geoespacial relativa a un eventual tsunami en las costas ecuatorianas, generando dashboards y storymaps para la toma de decisiones y apoyo de la comunidad y de diferentes entidades del estado.

##### **Objetivo Específico**

- Recolectar información geoespacial lo más precisa y actualizada relacionada con las características físicas geográficas y topográficas de las costas ecuatorianas, así como cualquier otro dato relevante que pueda influir en la ocurrencia y el impacto de un eventual tsunami.
- Analizar los datos geoespaciales para identificar las áreas de la costa ecuatoriana que podrían estar en mayor riesgo en caso de un tsunami, así como su afectación sobre la población, servicios básicos e infraestructura, considerando factores geográficos, topográficos y climatológicos.
- Establecer un proceso para el levantamiento de información en tiempo real, con el fin de recopilar datos e integrarlos a las herramientas de visualización manteniendo la información actualizada.
- Diseñar y crear tableros de control (dashboards) interactivos que permitan visualizar de manera clara y comprensible la información geoespacial, permitiendo a las entidades estatales y a la comunidad entender mejor los posibles escenarios de tsunami apoyando la toma de decisiones oportunas.

- Elaborar storymaps que sinteticen modelos de caracterización de los fenómenos, mapas, imágenes y texto descriptivo para contar una narrativa coherente sobre los riesgos de tsunami en las costas ecuatorianas, destacando las áreas de mayor preocupación en apoyo a la generación de medidas de mitigación.
- Realizar pruebas de usabilidad, basándose en la información proporcionada por los dashboards y storymaps con el fin de evaluar su utilidad en apoyo a las instituciones del Estado.

### **Metas**

- Consolidar información geoespacial precisa y actualizada en la plataforma de ArcGis Online.
- Modelos de las áreas de influencia que caracterice la eventual afectación sobre la población, infraestructura y servicios básicos ocasionados por el fenómeno en las costas ecuatorianas.
- Formulario de necesidades y base de datos de información actualizable.
- Dashboards interactivos que contengan mapas desplazables, gráficos dinámicos e indicadores estadísticos.
- Storymaps que contengan mapas, imágenes, texto descriptivo y que sinteticen la información generada en los dashboards.

### **Antecedentes**

Los tsunamis son eventos naturales potencialmente devastadores que pueden afectar a las zonas costeras ( Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón, 2019). Según (López, 2018) “Ecuador se encuentra ubicado en una región geográficamente propensa a la actividad sísmica y a la generación de tsunamis”. Históricamente en el Ecuador se han producido tsunamis que han generado pérdidas humanas y materiales significativas. Estudiar y comprender el riesgo de tsunamis en las costas ecuatorianas es esencial para implementar medidas de prevención y respuesta adecuadas (Padilla, 2017).

Las informaciones geoespaciales ayudan a identificar la ubicación del lugar donde se está produciendo un fenómeno y desempeña un papel fundamental en el análisis y la comprensión,

además permite identificar áreas vulnerables, evaluar la amenaza, y planificar estrategias de mitigación y respuesta. La disponibilidad de información geoespacial precisa y actualizada es crucial para la toma de decisiones informadas.

En los últimos años, ha existido avances significativos en el desarrollo de herramientas de visualización de datos, como Arcgis Online. “Estas tecnologías permiten presentar información compleja de manera clara y accesible, utilizando mapas interactivos, gráficos y narrativas visuales” (Esri, Story Maps for Disaster Management, 2021). La combinación de datos geoespaciales con herramientas de visualización mejora la comunicación y comprensión de los riesgos de tsunamis, tanto para la comunidad como para las instituciones estatales. Frente al tema (Rafael, 2016) afirma que “Arcgis Online es una propuesta didáctica acerca de las Exposiciones Universales e Internacionales que nos permite integrar mapas con texto narrativo, imágenes y contenido multimedia”. Por lo que es una herramienta muy útil para el levantamiento y estructuración de información geoespacial.

### **Problema**

La falta de coordinación entre las diferentes instituciones del estado y la carencia de información espacial y actualizada sobre los riesgos de tsunamis dificulta la evaluación precisa del riesgo y la planificación de medidas de mitigación. La información geoespacial existente se encuentra fragmentada y desactualizada, además de no estar liberada. La falta de herramientas de visualización de datos espaciales dificulta la comunicación de los diferentes actores, incluyendo las diferentes instituciones del estado y la comunidad en general. Esto limita la capacidad de tomar decisiones oportunas y de implementar acciones de mitigación ante un eventual tsunami.

A pesar de los avances en tecnologías de visualización de datos, como los dashboards y storymaps, su implementación en la gestión de desastres, específicamente en el contexto de un eventual tsunamis en las costas ecuatorianas es inexistente. La falta de uso de estas herramientas visuales y accesibles impide aprovechar su potencial para mejorar la comprensión de los riesgos, la toma de decisiones y la cooperación interinstitucional.

En ausencia de información actualizada y oportuna, la disponibilidad de una herramienta efectiva para afrontar posibles amenazas y la consiguiente afectación a la población se verá comprometida. Esta carencia limitaría la capacidad de tomar decisiones informadas y ofrecer una respuesta oportuna en caso de que surja cualquier tipo de riesgo. La falta de esta herramienta no solo afectaría la toma de decisiones, sino también la posibilidad de proporcionar asistencia adecuada a la población, lo cual es crucial para enfrentar eficazmente una eventual amenaza, como un tsunami.

### **Justificación**

Según (Padilla, 2017), “Ecuador es una región geográficamente vulnerable a los tsunamis debido a su ubicación en el cinturón de fuego del pacífico, por lo que su actividad sísmica es alta, además de sus extensas costas”. La comprensión precisa y actualizada del riesgo de tsunamis es esencial para implementar medidas de prevención y mitigación efectivas

La información geoespacial juega un papel fundamental en la gestión de desastres naturales, como un eventual tsunamis. Permitiendo identificar áreas de mayor vulnerabilidad, evaluar la amenaza, el impacto potencial y planificar estrategias de respuesta y recuperación. El desarrollo de dashboards y storymaps basados en información espacial incluyendo diferentes variables, permitirá generar una herramienta visual y accesible para facilitar la toma de decisiones interinstitucional.

Según, (Yaquelin, 2021) “Los dashboards son herramientas que permiten compartir, agrupar, centralizar y proporcionar una visualización gráfica de la información relevante de una organización, facilitando la toma de decisiones”. Por lo que al generar dashboards interactivos y storymaps que presenten información geoespacial sobre posibles tsunamis, se podrá difundir información clave de manera accesible a las diferentes instituciones del estado. Esto ayudará a aumentar la conciencia sobre los riesgos de tsunamis y fomentará la implementación de obras de mitigación ante un eventual caso de tsunamis.

La generación de dashboards y storymaps que incorporen información de datos espaciales sobre un eventual tsunami en las costas ecuatorianas, proporcionará herramientas visuales y

accesibles para facilitar la toma de decisiones. Estas herramientas podrán ayudar cooperación institucional y a la comunidad en general para evaluar los riesgos, planificar estrategias de mitigación, asimismo de promover la participación activa en la gestión de desastres.

### Zona de estudio

La zona de estudio para la investigación se centra en las costas ecuatorianas, abarcando la extensa franja de tierra que bordea el Océano Pacífico y constituye una parte fundamental del territorio del Ecuador. Esta región geográfica se extiende desde la frontera norte con Colombia hasta la frontera sur con Perú, y comprende una variedad de características topográficas y geoespaciales que son esenciales para comprender los posibles riesgos de un eventual tsunami y su impacto en la comunidad y las entidades del estado.

La zona de estudio abarcará las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y el Oro, considerando sus diversas características geográficas y la interacción entre los elementos terrestres y marítimos. Esta investigación tiene como objetivo generar información geoespacial precisa y actualizada que permita la creación de dashboards y storymaps destinados a la toma de decisiones informadas y al apoyo tanto de la comunidad como de las diferentes entidades estatales involucradas en la gestión de riesgos y desastres.

### Figura 109

*Zona de estudio.*



## Capítulo II

### Resumen

Este capítulo se enfoca en proporcionar definiciones claras de los conceptos centrales empleados en esta investigación. Se describe el Geoportal como una plataforma digital que simplifica el acceso organizado a información geoespacial, combinando datos cartográficos, imágenes satelitales y mapas interactivos en una interfaz unificada. Los usuarios pueden explorar y analizar el entorno geográfico, así como colaborar, gracias a la integración de datos de diversas fuentes y herramientas de visualización y análisis.

El término "amenazas" se refiere a eventos potenciales, ya sean naturales o inducidos por el ser humano, que pueden causar daño. Por otro lado, los "riesgos" representan la probabilidad de que una amenaza específica genere daños. Las amenazas pueden ser tanto naturales, como terremotos e inundaciones, como antropogénicas, como accidentes industriales o conflictos. En este contexto, las Fuerzas Armadas desempeñan roles cruciales en la respuesta a emergencias, como desastres naturales, así como en la coordinación de operaciones y el mantenimiento del orden y la seguridad pública.

Se presentan las herramientas de visualización utilizadas en los geoportales para simplificar la comprensión de datos espaciales. Tanto los dashboards como los Storymaps son ampliamente adoptados. Los dashboards resumen información crítica en gráficos para respaldar decisiones informadas. Por su parte, los Storymaps combinan narrativa y visualización, presentando información secuencial y atractiva. Estas herramientas son fundamentales para la toma de decisiones al simplificar datos complejos, resultando esenciales en la gestión de desastres para comunicar información crucial de manera clara.

En cuanto a las metodologías de diseño y desarrollo de geoportales, se destaca la importancia de enfoques centrados en el usuario para garantizar la máxima satisfacción durante la interacción con sistemas de información. Se introduce la metodología de Diseño Orientado a Metas

(DOM) y su aplicación en geoportales para satisfacer las metas de los usuarios y mejorar su experiencia de uso.

El ciclo de vida del desarrollo de geoportales se presenta como un proceso en constante evolución y mejora para convertirlos en herramientas eficaces para la gestión. Se resalta la importancia de mantener bases de datos y aplicaciones actualizadas, además de la necesidad de añadir nuevas funciones y servicios a lo largo del tiempo.

En el contexto militar, se explora cómo las fuerzas armadas emplean geoportales para respaldar operaciones, planificación y respuesta a desastres. Se toma como ejemplo Ecuador, donde las Fuerzas Armadas utilizan geoportales para diversos propósitos, como gestión de desastres, control fronterizo y planificación territorial.

En cuanto a los tsunamis, se definen y se explora cómo se generan, destacando su impacto en las costas. Se abordan las causas y mecanismos de generación, así como la forma en que las ondas de tsunami se propagan y cambian en aguas someras, afectando las áreas costeras y las comunidades.

Para finalizar, se revisa la historia de las costas ecuatorianas, desde las culturas indígenas hasta el desarrollo económico y turístico actual. Se abordan hitos históricos, como la independencia, así como preocupaciones ambientales y desafíos relacionados con la utilización de recursos naturales y la conservación de ecosistemas marinos.

En términos legales, se destaca la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP) en Ecuador, que establece principios de acceso a la información. También se mencionan las Políticas Nacionales de Información Geoespacial (CONAGE), que regulan la generación, uso, difusión y venta de información geoespacial en el país.

## **Conceptos Fundamentales**

### **Gestión de riesgo**

La gestión de riesgos se refiere al procedimiento de reconocer, examinar, valorar y contrarrestar las posibles amenazas en una entidad, proyecto o actividad, con el fin de disminuir las

consecuencias perjudiciales y capitalizar las perspectivas favorables. Requiere una estrategia y organización cuidadosas para identificar los riesgos, medir su probabilidad y alcance, luego instaurar medidas preventivas y de contingencia con el propósito de atenuar o disminuir los efectos adversos. Este proceso de administración de riesgos resulta fundamental para efectuar elecciones bien fundamentadas de tal forma que permita ampliar la resistencia y prosperidad en diversos entornos. (Lavell, 2001).

Según (Lavell, 2001), “El objetivo final de la gestión es el de garantizar que los procesos de desarrollo impulsados en la sociedad se dan en las condiciones óptimas de seguridad posible y que la atención dado al problema de los desastres y la acción desplegada para enfrentarlos y sus consecuencias promueven hasta el máximo el mismo desarrollo”.

### **Principales actividades en gestión de riesgos**

#### ***Respuesta***

Según (UNISDR, 2009) la respuesta se puede definir como “Medidas adoptadas directamente antes, durante o inmediatamente después de un desastre con el fin de salvar vidas, reducir los impactos en la salud, velar por la seguridad pública y atender las necesidades básicas de subsistencia de la población afectada”.

#### ***Recuperación***

Según (UNISDR, 2009) “El restablecimiento o mejora de los medios de vida y la salud, así como de los bienes, sistemas y actividades económicas, físicas, sociales, culturales y ambientales de una comunidad o sociedad afectada por un desastre”.

#### ***Preparación***

La mejor definición de preparación es la que la menciona (UNISDR, 2009) mencionando que es “La preparación se basa en el análisis sensato del riesgo de desastres y en el establecimiento de vínculos apropiados con los sistemas de alerta temprana. La preparación incluye actividades tales como la planificación de contingencias, la reserva de equipos y suministros, el desarrollo de disposiciones para la coordinación, la evacuación y la información pública, y la capacitación y los

ejercicios de campo correspondientes”. Estas actividades deben recibir el apoyo de las capacidades institucionales, jurídicas y presupuestarias formales. El término afín de “prontitud” describe la habilidad de responder de forma rápida y apropiada cuando así se requiera (UNISDR, 2009).

### **Mitigación**

La definición de mitigación según (UNISDR, 2009) es “La disminución o la limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines. Las medidas de mitigación abarcan técnicas de ingeniería y construcciones resistentes a las amenazas, al igual que mejores políticas ambientales y una mayor sensibilización pública”.

### **Ciclo de la gestión de riesgo**

#### **Figura 110**

*Figura del ciclo de la gestión de riesgo.*



*Nota.* Ciclo de la GR, tomado de cálculo de los tiempos de evacuación horizontal y vertical en caso de una eventual erupción del volcán Cotopaxi (Padilla, 2017).

### **Riesgo**

Según (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, 2020), el riesgo es el producto de la interacción entre dos variables: la vulnerabilidad y la amenaza. Esta combinación puede dar lugar a resultados desfavorables, incluyendo la posibilidad de sufrir pérdidas

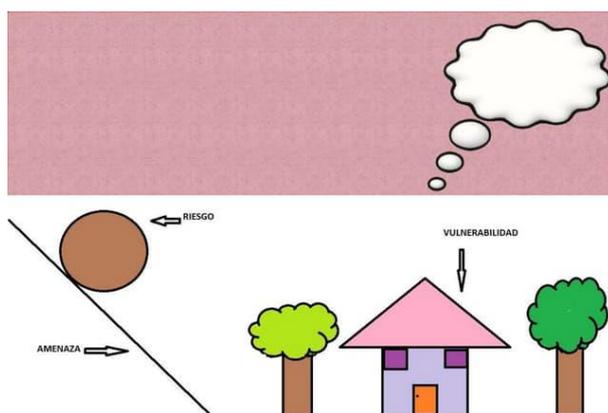
económicas, medioambientales y físicas en un lugar geográfico específico durante un período determinado.

### Amenaza

“Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales” (Colombia, 2012).

#### Figura 111

*Ejemplo de Amenaza.*



*Nota.* Amenaza (desconocido,2023)

## Vulnerabilidad

**Figura 112**

*Figura de Relación riesgo, amenaza, vulnerabilidad.*

Evento	Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Haití, 2010	Terremoto 7.1 grados en la escala de Richter	Pobreza elevada	= 316.000 personas fallecidas
		Institucional y organizacional	
		Tipo de construcción anti técnica	
Ecuador, 2016	Terremoto 7.8 grados en la escala de Richter	Pobreza	= 663 personas fallecidas
		Tipo de construcción anti técnica	
Chile, 2010	Maremoto con tsunami 8.8 grados en la escala de Richter	Ambiente urbano	= 525 personas fallecidas
		Falla de alerta temprana	
Los Ángeles, 1994	Terremoto 6.7 grados en la escala de Richter	Ambiente urbano	= 72 personas fallecidas

Fuente: SICH,2011; Bolaños, C, 2012.

## Peligro

Para la (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, 2020)El término peligro natural “engloba a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos, siendo estos últimos sísmicos y volcánicos, que pueden afectar de manera adversa a la población, a sus estructuras o actividades, los que se pueden ser atmosféricos, volcánicos, hidrológicos, sísmicos, incendios u otras amenazas geológicas hidrológicas, disgregándose de la siguiente forma.

**Figura 113**

**Tipos de amenazas.**

- Atmosféricos:
  - Granizo
  - Huracanes
  - Incendios
  - Tornados
  - Tormentas tropicales
- Volcánicos:
  - Gases volcánicos
  - Caída de cenizas
  - Flujos piroclásticos
  - Lahares
  - Avalanchas de escombros
  - Sismos volcánicos
  - Flujos de lava
- Hidrológicos:
  - Inundación costera
  - Desertificación
  - Salinización
  - Sequía
  - Erosión y sedimentación
  - Desbordamientos de ríos
- Sísmicos:
  - Fallas
  - Temblores
  - Dispersiones laterales
  - Licuefacción
  - Tsunamis
  - Marejadas
- Otras amenazas geológicas hidrológicas:
  - Avalanchas de ripio
  - Suelos expansivos
  - Deslizamientos
  - Desprendimientos de roca
  - Deslizamientos submarinos
  - Hundimientos de tierra
- Incendios:
  - Matorrales
  - Bosques
  - Pastizales
  - Sabanas
  - Olas ciclónicas

Este estudio se centrará en las inundaciones y se extenderá la investigación a las afectaciones producidas por la eventual llegada de un tsunami y el impacto que produce su llegada

### **Vulnerabilidad.**

“Conjunto de características determinadas por factores de diferentes naturalezas como físicos, socio-económicos o ambientales, que determinan el grado de susceptibilidad de una comunidad o población a sufrir los embates de efectos adversos. Entre los principales factores que determinan la vulnerabilidad de una comunidad ante un evento adverso encontramos: diseño de las construcciones, medidas de protección implementadas, difusión del conocimiento de la susceptibilidad a eventos adversos en la comunidad y la generación de políticas para la gestión de riesgos” (Office for Outer Space Affairs UN-SPIDER Knowledge Portal., s.f.).

### **Figura 114**

*Ejemplo de vivienda con alta vulnerabilidad.*



*Nota.* La imagen muestra una construcción con alto grado de vulnerabilidad a eventos sísmicos debido al diseño y materiales de construcción. Toma de Evaluación de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián, utilizando el model builder de ArcGis, por (Tinoco Meyhuay, Cotos Vera, & Bayona Antúñez, 2018) Universidad Nacional Santiago Antuñez de Mayolo.

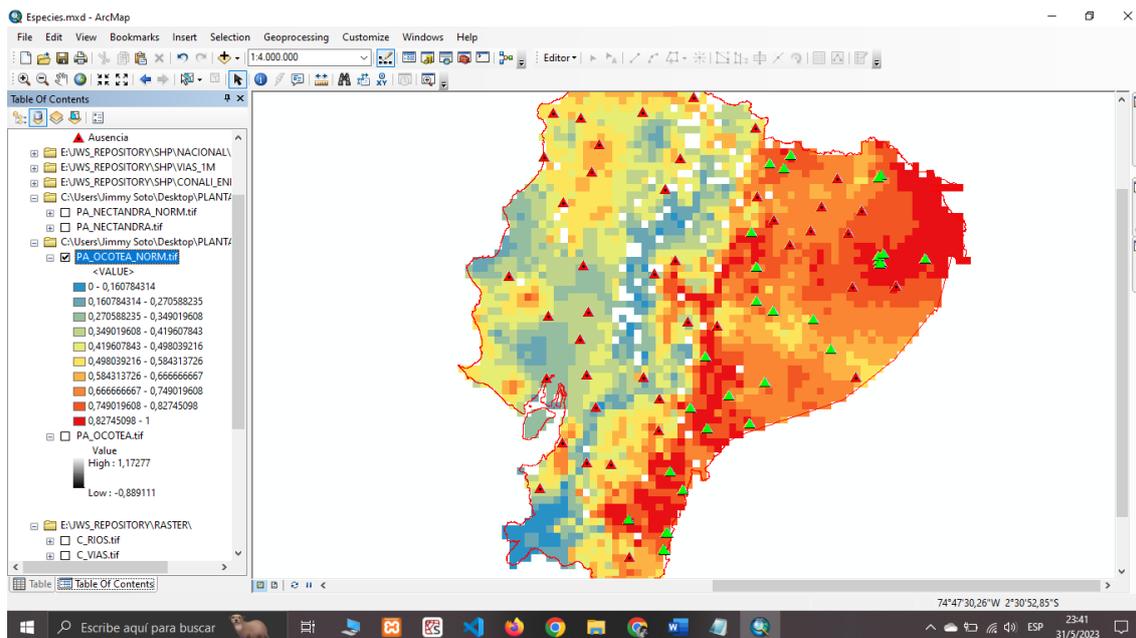
### **Modelamiento geoespacial**

Según (IBM, 2021), “las técnicas de modelado geoespacial están diseñadas para descubrir patrones de datos que incluyen un componente geoespacial”, siendo de esta manera que, los métodos de análisis que se emplean para determinar los patrones de datos obedecen a la caracterización de un fenómeno espacio-temporal en base a un conjunto de reglas que tienen por objetivo la asociación de eventos o elementos a través de sus propiedades o características representativas, así como su comportamiento evidenciado a través de datos de localización y/o series temporales.

Por otro lado, desde el punto de vista de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el modelamiento geoespacial consiste en la abstracción de los elementos, interacciones y fenómenos que ocurren en el mundo real, siendo estos representados mediante modelos conceptuales y gráficos que emplean atributos y geometrías para describirlos. (Lima Ramírez, 2018).

### **Figura 115**

*Modelamiento geoespacial en ArcGIS.*



*Nota.* El gráfico muestra el modelamiento de la distribución de la especie vegetal *Ocotea Aciphylla*. Tomado de áreas de Modelamiento Geoespacial, por los Autores, 2023, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

### Tecnologías de la información geográfica

#### **Sensores remotos**

Según (Chuvieco, 2003) “Los sensores remotos son dispositivos que permiten capturar información de los objetos sin tener contacto directo con ellos; por ello poseen un sistema de resolución que se define como la habilidad de registrar información al detalle, permitiendo discriminarla”, por lo tanto, el concepto de resolución implica, al menos cuatro manifestaciones: espacial, espectral, radiométrica y temporal.

Según (Chuvieco, 2003), “La interpretación de imágenes de sensores remotos es una técnica que consiste en examinar las imágenes de los objetos registrados por los sensores remotos, con el propósito de identificarlas, deducir su significado y valorarlas según el objetivo que se persigue, por ende se puede trabajar con las diferentes disciplinas para conseguir los diferentes objetivos”.

#### **Figura 116**

*Ejemplo de un sensor remoto Landsat 9.*



*Nota.* Imagen extraída de la Nasa (Nasa,2023)

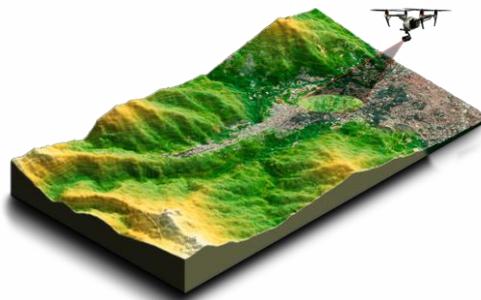
### **Fotogrametría**

La fotogrametría es un campo que se dedica a medir y cartografiar objetos y áreas en tres dimensiones mediante el uso de imágenes fotográficas. Esta disciplina combina principios geométricos y ópticos para obtener información precisa sobre la forma, tamaño y posición de objetos a partir de fotografías aéreas, terrestres o tomadas desde satélites. (Buill Pozuelo, Nuñez, & Rodríguez, 2003)

La fotogrametría encuentra aplicación en diversos ámbitos, como la creación de mapas, la topografía, la arqueología y la ingeniería, con el propósito de generar modelos tridimensionales detallados y mapas precisos a partir de imágenes bidimensionales. (Buill Pozuelo, Nuñez, & Rodríguez, 2003)

### **Figura 117**

*Imagen de fotogrametría.*



*Nota.* Imagen tomada de UAV Latam

### **Cartografía**

“Tiene una naturaleza dinámica, evolucionando constantemente con las nuevas tecnologías, es el un proceso en el cual se recopilan los datos, se compilan y se producen mapas que brinden representaciones precisas de un área en particular, detallando los elementos cartográficos que interesen en función del tipo de mapa. La tecnología también permite el cálculo de distancias de un lugar a otro, lo que ha hecho que la elaboración de un mapa cartográfico sea mucho más preciso gracias a esto” (Ingeoexpert, 2019).

*Figura 118*

*Imagen de fotogrametría.*



*Nota.* Tomado de Global Mediterránea Geomática

### ***Infraestructura de datos espaciales***

Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) posibilitan la creación de nueva información mediante la combinación de recursos técnicos, informáticos y humanos. Su objetivo primordial radica en facilitar la difusión, el acceso y la utilización de información geográfica a través de un conjunto de estándares, protocolos y especificaciones (IGM, Instituto Geográfico Militar, 2017).

Según se menciona (IGM, Geoportal IGM, 2013) La Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) en el Ecuador y gestionado por el Instituto Geográfico Militar, es un sistema organizado y conjunto de tecnologías, políticas, estándares y recursos geoespaciales que permite la captura, gestión, almacenamiento, análisis y distribución de información geográfica de manera eficiente y coordinada.

Esta infraestructura facilita el acceso y uso de datos geospaciales tanto para entidades gubernamentales como para el público en general.

***Características de la Infraestructura de Datos Espaciales en el Ecuador:***

- **Interoperabilidad:** La plataforma de desarrollo integrado (IDE) de Ecuador se fundamenta en normas y procedimientos que posibilitan la interacción y la transferencia de información entre diversas entidades y sistemas, sin importar su procedencia o tecnología.
- **Acceso Abierto:** La IDE promueve la disponibilidad y accesibilidad de la información geoespacial al público en general, facilitando la toma de decisiones informadas y el desarrollo de aplicaciones basadas en la ubicación.
- **Datos Actualizados:** Se enfoca en mantener los datos geospaciales actualizados y precisos, lo que es esencial para una planificación y gestión eficaz del territorio.
- **Coordinación Gubernamental:** Involucra a múltiples entidades gubernamentales y organizaciones en la generación y mantenimiento de datos geospaciales, garantizando la coordinación y colaboración en la gestión de información.
- **Amplia Variedad de Datos:** La IDE ecuatoriana abarca una amplia gama de datos, como mapas, imágenes satelitales, datos geográficos, información climática, datos de infraestructuras, entre otros.
- **Plataformas Tecnológicas:** Utiliza sistemas y herramientas tecnológicas para la captura, almacenamiento y análisis de datos geospaciales, permitiendo su fácil visualización y manipulación.
- **Apoyo a la Toma de Decisiones:** La IDE es una valiosa herramienta para la toma de decisiones en áreas como urbanismo, medio ambiente, gestión de desastres, agricultura y planificación territorial.
- **Educación y Conciencia:** Promueve la educación y la conciencia sobre el valor de los datos geospaciales en la sociedad, fomentando su uso responsable y ético.

- Seguridad y Privacidad: La IDE implementa medidas de seguridad para proteger la integridad y privacidad de los datos, evitando accesos no autorizados.
- Aplicaciones Específicas: Permite el desarrollo de aplicaciones y servicios específicos que utilizan datos geoespaciales, como mapas interactivos, sistemas de navegación, análisis de riesgos, entre otros.

**Figura 119**

*Componentes de las IDE.*



Componentes básicos de una Infraestructura de Datos Espaciales

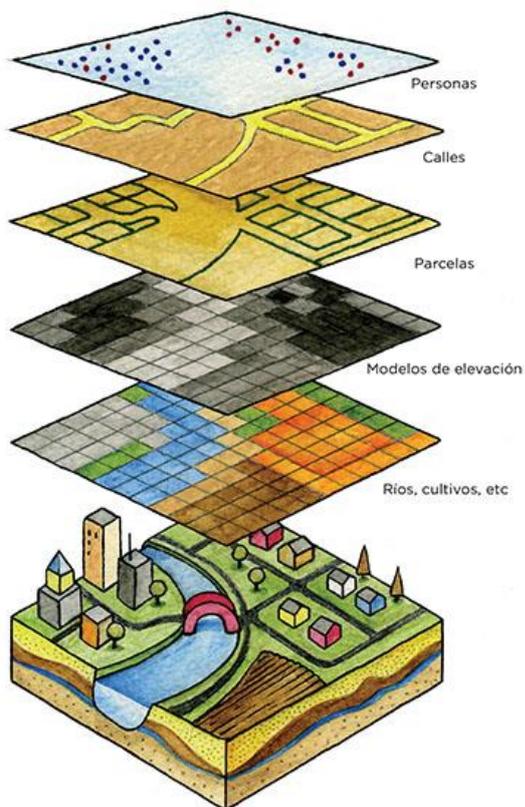
*Nota.* Tomado de Office for Outer Space Affairs UN-SPIDER Knowledge Portal

### **Sistema de Información Geográfico**

“Es una estructura para recopilar, gestionar y analizar datos. Arraigado a la ciencia de la geografía, GIS integra muchos tipos de datos. Analiza la ubicación espacial y organiza capas de información en visualizaciones mediante mapas y escenas en 3D. Con esta capacidad única, GIS revela información más profunda sobre los datos, como los patrones, las relaciones y las situaciones, lo que ayuda a los usuarios a tomar decisiones más inteligentes” (Esri, Esri, 2015).

**Figura 120**

*Figura de un SIG.*



*Nota.* La arquitectura y los sistemas de información geográfica, tomado de (Juan, 2010)

### **Sistemas de visualización**

Las herramientas de visualización desempeñan un papel fundamental en los geoportales, según (Gustavo, 2011) “Son plataformas en línea que permiten la visualización y el análisis de datos geoespaciales”. Estas herramientas son de gran importancia ya que nos permite aprovechar al máximo la información espacial que se encuentra en las diferentes fuentes de información. Las herramientas de visualización de datos espaciales nos permiten representar gráfica e intuitiva los datos, facilitando el análisis y comprensión de la información por parte de los usuarios, la visualización proporciona una representación clara y efectiva de patrones, tendencias y relaciones espaciales.

Las herramientas de visualización de datos albergan una gran cantidad de datos geoespaciales provenientes de diversas fuentes y formatos, permitiendo tener una base de datos

integral, ofreciendo capacidades avanzadas de análisis espacial, superponer capas, realizar consultas espaciales, realizar diferentes mediciones, identificar patrones espaciales, interpolaciones y diferentes operaciones analíticas. Estas capacidades permiten comprender mejor los fenómenos geográficos, facilitando la toma de decisiones.

Las herramientas de visualización de datos espaciales facilitan la comunicación:

“Las visualizaciones geoespaciales pueden ser compartidas en línea, lo que permite a las personas acceder, explorar y discutir los datos de manera conjunta. Esto fomenta la participación, el intercambio de conocimientos y la toma de decisiones colaborativa basada en información geográfica” (Goborot, 2017).

Permitiendo comprender mejor los patrones espaciales y tomar decisiones contextuales.

### Figura 121

*Tipos de información de la visualicen.*



*Nota.* Tomado de (Ingeoexpert, 2019)

### Geoportales

El Geoportal es una herramienta digital que proporciona acceso a información geoespacial de manera organizada y fácilmente accesible. Esta plataforma en línea reúne diversos datos cartográficos, imágenes satelitales, mapas interactivos y otras capas de información geográfica en un solo lugar, permitiendo a los usuarios explorar y analizar de manera efectiva el entorno geográfico.

Una de las principales características del Geoportal es su capacidad para integrar datos de diferentes fuentes y formatos en una interfaz unificada. Esto significa que los usuarios pueden

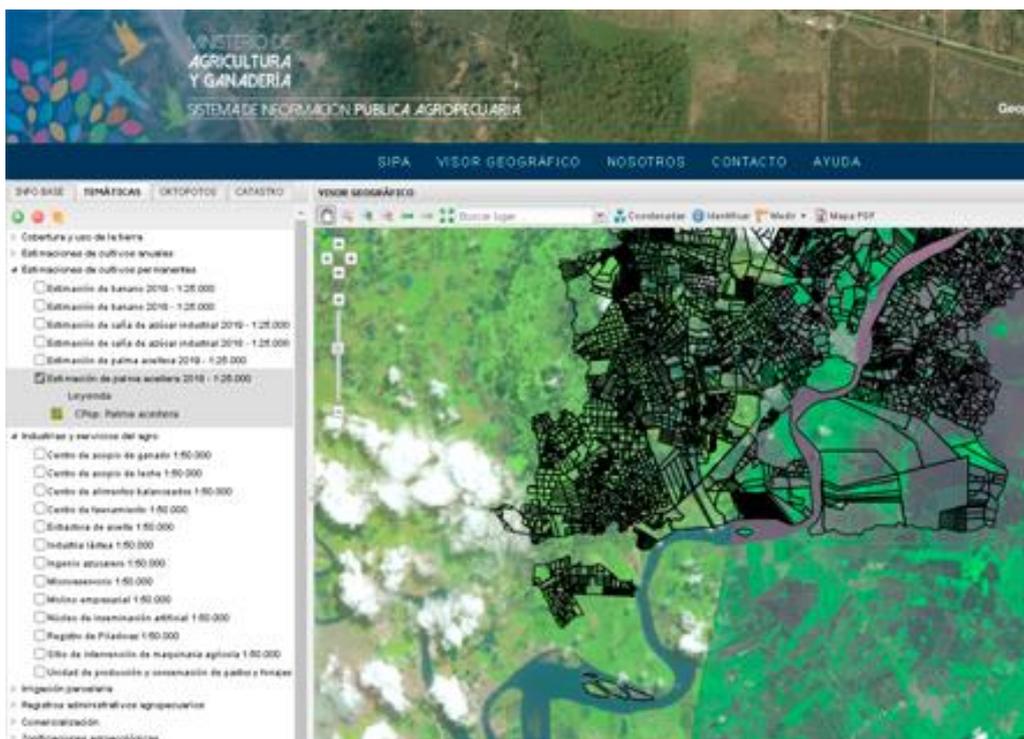
acceder a información proveniente de instituciones gubernamentales, organizaciones ambientales, empresas privadas y otras entidades, facilitando la obtención de datos actualizados y confiables (ESRI, 2023).

Además, el Geoportal ofrece diversas herramientas de visualización y análisis espacial que permiten a los usuarios explorar y comprender mejor los datos geoespaciales. Estas herramientas incluyen la capacidad de superponer capas de información, realizar mediciones, crear mapas temáticos y realizar consultas espaciales, entre otras funcionalidades. Esto brinda a los usuarios la oportunidad de realizar análisis geográficos y tomar decisiones informadas basadas en la información obtenida.

Otra característica destacada del Geoportal es su capacidad de compartir datos y colaborar. Los usuarios pueden cargar y compartir sus propios conjuntos de datos geoespaciales, lo que fomenta la colaboración entre diferentes actores y promueve la creación de conocimiento colectivo. Esto es especialmente valioso en proyectos que involucran múltiples partes interesadas y requieren el intercambio de información geográfica para la toma de decisiones conjuntas (Esri, Esri, 2015).

### **Figura 122**

*Figura de un Geoportal.*



*Nota.* Tomado de SIGTIERRAS-MAG

### **Fuerzas Armadas: funciones y roles en situación de emergencia**

Las Fuerzas Armadas ecuatorianas desempeñan un papel crucial en la protección y defensa del país en todo momento, incluyendo situaciones de emergencia. Su participación en este tipo de escenarios es esencial para brindar apoyo y asistencia a la población afectada, así como para garantizar la seguridad y el orden en medio de la crisis.

Una de las principales funciones de las Fuerzas Armadas en situaciones de emergencia es la respuesta rápida y eficiente ante desastres naturales, como terremotos, inundaciones o erupciones volcánicas. Estas situaciones pueden causar daños significativos en infraestructuras y poner en peligro la vida de las personas, por lo que la presencia y la acción inmediata de las Fuerzas Armadas son fundamentales para proporcionar ayuda humanitaria, evacuar a las personas afectadas y garantizar la seguridad en la zona afectada (Pesantes, 2015).

Además, las Fuerzas Armadas también desempeñan un papel esencial en la coordinación y el mando de las operaciones de respuesta en situaciones de emergencia. Trabajan en estrecha colaboración con otros actores, como las autoridades civiles, la policía y los servicios de emergencia,

para establecer un sistema eficiente de gestión de la crisis. Esto implica la organización de los recursos disponibles, la distribución de suministros, la evacuación de personas en peligro y el restablecimiento de la normalidad en la medida de lo posible (Pesantes, 2015).

Otro rol importante de las Fuerzas Armadas en situaciones de emergencia es el de garantizar la seguridad y el orden público. En momentos de crisis, pueden producirse situaciones de caos y desorden, lo que puede afectar negativamente a la respuesta y a la seguridad de la población. En este sentido, las Fuerzas Armadas intervienen para mantener la paz, prevenir saqueos o actos delictivos, y asegurar que las operaciones de respuesta se lleven a cabo de manera segura y eficiente.

### **Figura 123**

*Apoyo de las Fuerzas Armadas en inundaciones.*



*Nota.* Tomado OPSIC-Ejército Ecuatoriano

### **Herramientas de visualización de geoportales**

#### ***Importancia de herramientas de visualización de datos espaciales.***

Las herramientas de visualización desempeñan un papel fundamental en los geoportales, según, (Gustavo, 2011) “Son plataformas en línea que permiten la visualización y el análisis de datos geoespaciales”. Estas herramientas son de gran importancia ya que nos permite aprovechar al máximo la información espacial que se encuentra en las diferentes fuentes de información. Las herramientas de visualización de datos espaciales nos permiten representar gráfica e intuitiva los

datos, facilitando el análisis y comprensión de la información por parte de los usuarios, la visualización proporciona una representación clara y efectiva de patrones, tendencias y relaciones espaciales.

Las herramientas de visualización de datos albergan una gran cantidad de datos geoespaciales provenientes de diversas fuentes y formatos, permitiendo tener una base de datos integral, ofreciendo capacidades avanzadas de análisis espacial, superponer capas, realizar consultas espaciales, realizar diferentes mediciones, identificar patrones espaciales, interpolaciones y diferentes operaciones analíticas. Estas capacidades permiten comprender mejor los fenómenos geográficos, facilitando la toma de decisiones.

Las herramientas de visualización de datos espaciales facilitan la comunicación:

“Las visualizaciones geoespaciales pueden ser compartidas en línea, lo que permite a las personas acceder, explorar y discutir los datos de manera conjunta. Esto fomenta la participación, el intercambio de conocimientos y la toma de decisiones colaborativa basada en información geográfica” (Goborot, 2017).

Permitiendo comprender mejor los patrones espaciales y tomar decisiones contextuales.

Figura 124

Herramientas de Visualización.

HERRAMIENTAS DE VISUALIZACIÓN GEOESPACIAL						
	CARTO	OPEN LAYERS	OPEN STREET MAP	GEOCODER Y GEOPY	GDAL	PROJ.4 Y PROJ4.JS
LOGO						
TIPO DE HERRAMIENTA	Visualización			Librerías de geocodificación	Librerías de traslación	Librerías de transformación de coordenadas
EXTENSIONES	GDAL, PostgreSQL, De, ck, gl, Python, entre otras	TextPath, AnimatedCluster, Canvas, GeoRSS, entre otras	Geocoder, Kartograph, Atlas, GDAL, entre otras	Se pueden invocar desde: Python, PostGIS, JavaScript, OpenStreetMap, entre otros	Se pueden invocar desde: PostGIS, Carto, ArcGIS, R, entre otros	Se pueden invocar desde: JavaScript, Ruby, MySQL, Excel, entre otros
PRECIO	Gratuita/diferentes versiones de pago	Gratuita				

datos.gob.es  
resulta la información pública

Nota. Imagen tomada de los datos públicos del gobierno de España (España, 2022)

### **Dashboards y Storymaps como herramientas de visualización**

Según (Rafael, 2016). “Los dashboards y los storymaps son herramientas de visualización ampliamente utilizadas que ofrecen una forma efectiva de presentar y comunicar información de manera visual”. Esto permite comunicar información compleja de manera más accesible.

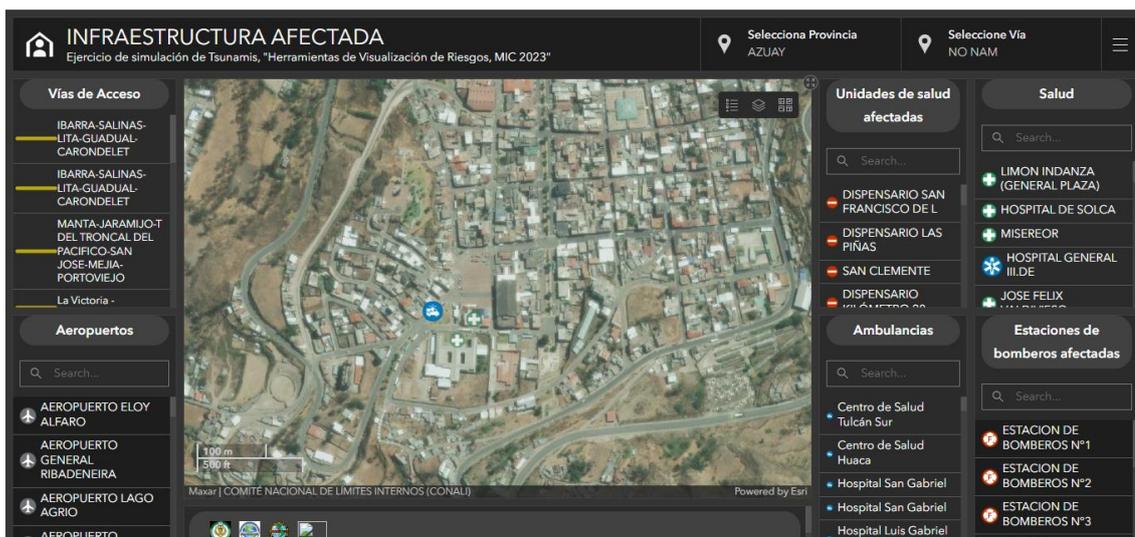
#### **Dashboards**

Referente al tema (Córdoba, 2021), “Los dashboards son herramientas que permiten compartir, agrupar, centralizar y proporcionar una visualización gráfica de la información relevante de una organización, facilitando la toma de decisiones”, proporcionando una visión general y accesible de información compleja.

Los dashboards permite reunir datos de diversas fuentes y presentarlos en un único lugar, facilitando el acceso y la visualización de la información, emplea gráficos, tablas y otros elementos visuales facilitando la identificación de tendencia, patrones y relación de datos.

Figura 125

Dashboards.



*Nota.* Interfaz (Esri, 2023)

### **StoryMaps**

Según (Ray, 2015), “Los StoryMaps son herramientas que combinan narrativa y visualización para contar una historia o presentar información de manera secuencial y atractiva”. Permite combinar texto, imágenes, videos o secuencia de eventos, para guiar a los usuarios a través de un argumento.

Los StoryMaps son especialmente útiles para presentar información geoespacial de manera contextual y envolvente. Pueden utilizarse en diversos contextos, como la divulgación de datos, el turismo, la planificación urbana y la educación.

### **Figura 126**

*StoryMaps.*



*Nota.* Interfaz (Esri, 2023)

### ***Importancia de los Dashboards y StoryMaps en la toma de decisiones***

Los Dashboards y StoryMaps son herramientas visuales cada vez más utilizadas en la toma de decisiones, ya que facilitan la comprensión y el análisis de datos complejos al presentarlos de manera clara y concisa, según (Row, 2019) “Los Dashboards y StoryMaps permiten a los tomadores de decisiones acceder rápidamente a información relevante, evitando la necesidad de revisar múltiples fuentes de datos”.

Los Dashboards y StoryMaps desempeñan un papel fundamental en la toma de decisiones al facilitar el acceso a información relevante, asimismo (Frech, 2019) menciona que “Los Dashboards permiten el monitoreo en tiempo real de los indicadores clave de rendimiento, lo que permite una toma de decisiones más ágil y basada en datos actualizados”

### ***Dashboards y StoryMaps utilizados en la gestión de desastres naturales***

En la gestión de desastres naturales, los Dashboards y StoryMaps se han convertido en herramientas efectivas para recopilar, visualizar y comunicar información crítica de manera clara y concisa, se presentán ejemplos destacando su importancia y beneficios.

El OCHA utiliza un Dashboard interactivo para visualizar y monitorear información en tiempo real durante desastres naturales. El Dashboard muestra datos sobre la situación actual, la respuesta humanitaria y los recursos disponibles, permitiendo una toma de decisiones informada y coordinada, (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, 2020).

### ***Esri's Story Maps for Disaster Management***

Esri, una empresa líder en tecnología geoespacial, ha desarrollado StoryMaps específicos para la gestión de desastres naturales. Estos StoryMaps combinan mapas interactivos, imágenes y narrativas para presentar información sobre amenazas, evacuaciones, albergues y recursos disponibles, brindando una comprensión contextualizada de la situación (Esri, Story Maps for Disaster Management, 2021).

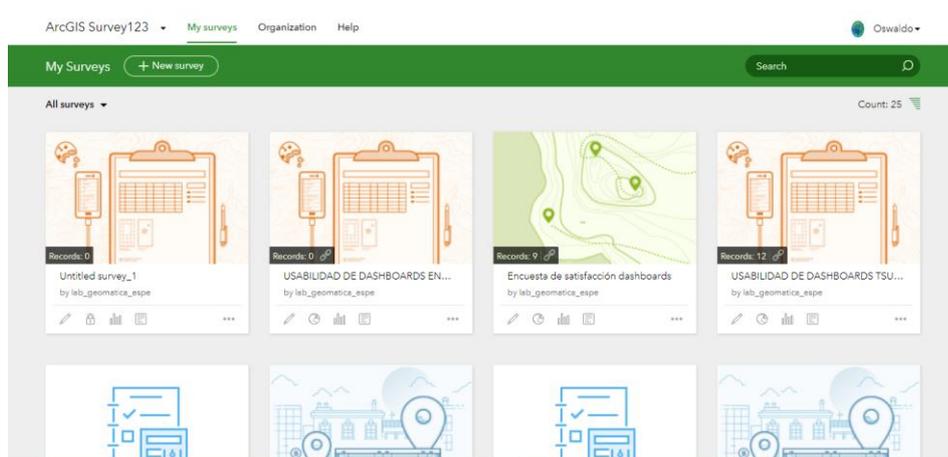
### ***Survey123***

Según (ESRI, 2023), “ArcGIS Survey123 es una solución completa y basada en formularios que permite crear, compartir y analizar encuestas”. Puede emplearse para diseñar formularios con

funciones de exclusión lógica, valores predefinidos y soporte para múltiples idiomas. Además, permite recopilar información mediante la web o dispositivos móviles, incluso en situaciones sin conexión a Internet.

**Figura 127**

*Survey123.*



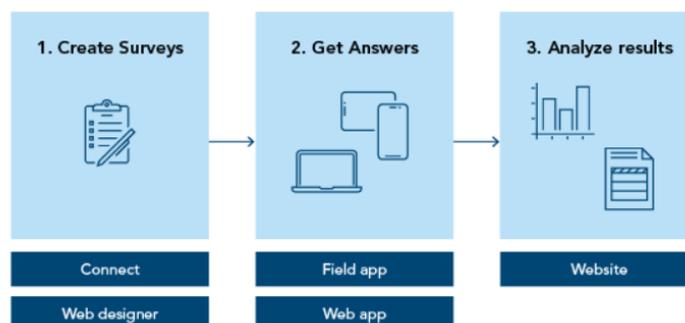
*Nota.* Interfaz (Esri, 2023)

### ***Flujo de trabajo survey123***

El 1-2-3 en el nombre del producto indica la filosofía integral del producto. Survey123 proporciona todo lo que necesita para crear encuestas (1), obtener respuestas (2) y analizar los resultados (3).

**Figura 128**

Flujo de trabajo survey123.



*Nota.* Este gráfico representa el flujo de trabajo de survey123, tomado de (ESRI, 2023)

### **Metodologías de diseño y desarrollo de Geoportales**

#### **Enfoques de diseño centrados en el usuario para Geoportales**

La edificación de información, cuyo propósito es la generación de diseños eficaces para la presentación y comprensión de la información, junto con la usabilidad, que estudia el conjunto de características del diseño y funcionamiento de una interfaz de usuario, son disciplinas cuyo desarrollo está dirigido a lograr la máxima satisfacción del usuario durante el proceso de interacción con cualquier sistema de información.

Según (Manrique Sancho, 2015) “En el caso particular de los geoportales que dan acceso a todo tipo de información geo-espacial, su usabilidad suele obviar al usuario final, centrándose en otros parámetros de diseño tales como la programación y el cumplimiento de estándares técnicos”. Para corregir en lo posible esta situación, desde el Grupo de Investigación Mercator se cree necesario dotar a los actuales geoportales de un nuevo concepto basado en las necesidades reales de los usuarios a los que pretende dar cabida. Para ello se ha creído necesario conocerlos en profundidad por medio de un estudio pormenorizado. Posteriormente este conocimiento se canaliza

en modelos de usuario que asisten en la creación de soluciones coherentes de diseño que integren las necesidades de los usuarios.

Según (Cooper, 1999) “El DOM es una metodología novedosa pero ya contrastada en el mundo informático; sin embargo, no se tiene constancia de su aplicación formal en el mundo de los sistemas gestores de Información Geográfica” . Así, la propuesta pretende asumir como prioridad satisfacer las diferentes metas que puede tener todo usuario potencial del sistema, con el fin de lograr una experiencia positiva en el uso del geoportal. Por último, (Manrique Sancho, 2015)“ propone un conjunto de conclusiones aplicable a cualquier proceso de creación de un geoportal enfocado a difundir datos y servicios geográficos.

#### **Ciclo de vida del desarrollo de Geoportales**

Es indispensable se siga impulsando el desarrollo y mejoramiento de este tipo de sistemas con el propósito de convertirlas en excelentes herramientas para la gestión universitaria. Esto permitirá tener una base de datos geográfica actualizada con el pasar del tiempo y en su efecto personas capacitadas que realicen las modificaciones del sistema pertinentes para la satisfacción de los usuarios. (GUANCHA, 2016).

El mantenimiento de las bases de datos como también de los aplicativos y los módulos del sistema (SIG) deben contemplar innovaciones tecnológicas y el monitoreo del ciclo de vida del sistema, es decir a lo largo del tiempo es necesario añadir nuevos servicios, actualizar los modelos cartográficos, la información y todas las acciones referentes a la conservación del sistema.

El sistema está abierto a actualizaciones, de esta manera no queda obsoleto, en el momento en que se requiera agregar nuevas funciones se podrán adicionar, lo mismo sucede con la base de datos, esta requiere de actualizaciones debido a los constantes cambios que se realizan, por otra parte, es necesaria la conservación de copias de seguridad de la información en algún dispositivo de almacenamiento externo o en la nube, en donde permanezcan las últimas actualizaciones del sistema.

#### ***Geoportales en el ámbito militar***

## **Casos de Geoportales implementados por fuerzas armadas en apoyo a instituciones del estado**

Las fuerzas armadas en muchos países utilizan sistemas de información geográfica (SIG) y tecnologías relacionadas para apoyar sus operaciones y tomar decisiones informadas. Esto puede incluir la recopilación y el análisis de datos geoespaciales para la planificación de misiones, el seguimiento de fuerzas en el campo, la evaluación de amenazas y la respuesta a desastres naturales.

En el caso específico de Ecuador, las Fuerzas Armadas pueden utilizar GeoPortales para recopilar y visualizar información geográfica relevante en apoyo a las instituciones estatales. Algunos posibles casos de uso podrían incluir:

**Apoyo a la gestión de desastres:** Las Fuerzas Armadas pueden utilizar un GeoPortal para recopilar y compartir información sobre áreas afectadas por desastres naturales, como terremotos, inundaciones o erupciones volcánicas. Esta información puede ser utilizada por instituciones estatales responsables de la respuesta y la atención de emergencias.

**Vigilancia y control fronterizo:** Un GeoPortal podría ser utilizado para monitorear y visualizar datos geográficos relacionados con la vigilancia y el control de fronteras. Esto puede incluir la visualización de áreas sensibles, puntos de control, rutas de tráfico ilegal u otros datos relevantes para la seguridad nacional.

**Planificación y desarrollo territorial:** Las Fuerzas Armadas podrían colaborar con instituciones estatales encargadas de la planificación urbana y el desarrollo territorial mediante la recopilación y análisis de datos geográficos. Un GeoPortal podría facilitar la visualización de información sobre infraestructuras críticas, áreas estratégicas y planificación de operaciones conjuntas.

El Instituto Geográfico Militar, una institución perteneciente a Fuerzas Armadas, ha implementado su IDE institucional y ha desarrollado aplicaciones Cartográficas-Geográficas apoyadas en los avances tecnológicos, que contribuyen con el desarrollo nacional. (IGM, Geoportal IGM, 2013).

La Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del Instituto Geográfico Militar tiene como objetivo principal proveer servicios geográficos de los productos generados en el IGM, basados en normas y estándares nacionales e internacionales aplicados en la temática; integrados adecuadamente para facilitar la producción, el acceso y el uso de la geoinformación regional, nacional o local, para el apoyo al desarrollo social, económico y ambiental de los pueblos. (IGM, Instituto Geográfico Militar, 2017).

### **Tsunamis: conceptos fundamentales**

#### ***Definición y características de los tsunamis***

Los tsunamis son fenómenos naturales de gran impacto y potencial destructivo que se producen principalmente en áreas costeras, según ( Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón, 2019) “Un tsunami es una serie de olas de gran amplitud generadas por una perturbación sísmica, volcánica o deslizamiento submarino que se propaga en el océano o mar abierto y puede afectar áreas costeras distantes”.

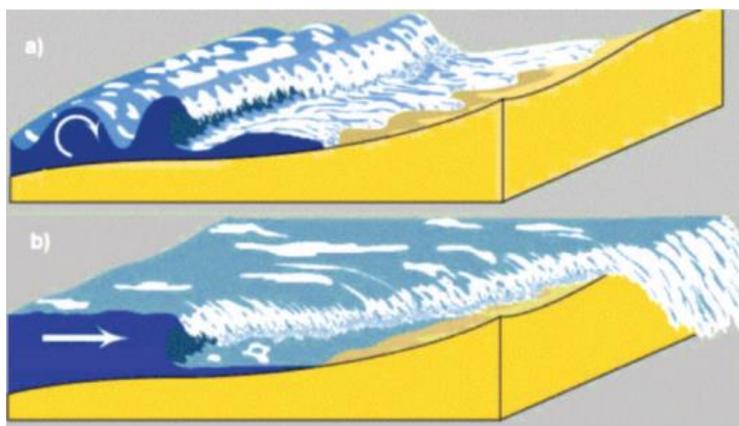
Las características de un Tsunami son:

- **Amplitud y energía:** Los tsunamis pueden tener una amplitud de varias decenas de metros y transportar una gran cantidad de energía (Titov & Gonzalez, 2017).
- **Velocidad de propagación:** Los tsunamis pueden viajar a velocidades muy altas en aguas profundas, alcanzando hasta varios cientos de kilómetros por hora (Hébert, 2020).
- **Longitud de onda:** Los tsunamis tienen longitudes de onda muy largas en comparación con las olas oceánicas regulares, lo que les permite propagarse a grandes distancias sin perder energía significativa (National Tsunami Hazard Mitigation Program, 2021).

**Periodo:** “El periodo de un tsunami, es decir, el tiempo que tarda en repetirse una onda completa, puede variar desde minutos hasta horas” ( Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón, 2019).

**Figura 129**

*Diferencias entre ondas generadas por viento.*



*Nota.* Tomado de Cronología de Tsunamis en Ecuador desde 1586 a 2012 (Contreras, 2013)

### ***Causas y mecanismos de generación de tsunamis***

Los tsunamis son fenómenos naturales que pueden tener consecuencias devastadoras en las zonas costeras. En este tema, se abordarán las causas y los mecanismos de generación de los tsunamis, brindando una comprensión más profunda de estos eventos.

#### ***Causas de los tsunamis:***

Terremotos submarinos: “Los tsunamis son comúnmente generados por terremotos submarinos, en los cuales hay un desplazamiento vertical significativo del fondo marino. Esto puede ocurrir debido a la actividad tectónica de placas, donde una placa se mueve por debajo de otra en una zona de subducción” ( Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón, 2019).

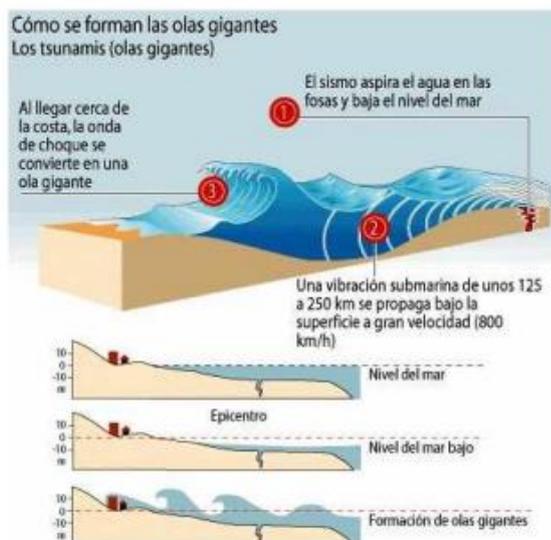
Erupciones volcánicas: “Las erupciones volcánicas en entornos costeros también pueden generar tsunamis. Las explosiones volcánicas pueden generar una perturbación en el agua, ya sea por la propia explosión o por el colapso de los flancos volcánicos” ( Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón, 2019).

Deslizamientos submarinos: “Los deslizamientos de tierra submarinos, como los deslizamientos de laderas submarinas o los desprendimientos de acantilados, pueden desencadenar

tsunamis. Estos deslizamientos pueden ser causados por terremotos, erupciones volcánicas o inestabilidades geológicas” ( Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón, 2019).

### Figura 130

*Formación de las olas.*



*Nota.* Sismo con epicentro en el fondo marino genera un tsunami ((Instituto Oceanográfico de Chile, 2004)

#### **Mecanismos de generación de tsunamis:**

Desplazamiento vertical del fondo marino: “En los terremotos submarinos, el desplazamiento vertical del fondo marino es el mecanismo principal de generación de tsunamis. El movimiento ascendente o descendente de una porción del lecho marino provoca una perturbación en el agua, creando una serie de ondas de gran amplitud” ( Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón, 2019)

Ondas de gravedad: “Los tsunamis son ondas de gravedad que se propagan a través del océano o mar abierto. A medida que estas ondas se mueven hacia aguas más someras, se comprimen y su altura aumenta, lo que puede dar lugar a un aumento significativo del nivel del agua en la costa” ( Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón, 2019).

Refracción y difracción: “A medida que las ondas de tsunami se acercan a la costa, pueden ser refractadas (cambiando su dirección) y difractadas (doblando alrededor de obstáculos costeros), lo que afecta su comportamiento y puede causar inundaciones en áreas específicas” ( Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón, 2019).

### Figura 131

*Sismos en el fondo marino.*



*Nota.* Convergencia de Placas Tectónicas: Cocos, Nazca y la continental de Sudamérica (El universo, 2006)

### ***Tipos de tsunamis y su impacto en las costas***

Según ( Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón, 2019) Los tsunamis son “fenómenos naturales devastadores que pueden tener un impacto significativo en las costas y las comunidades que se encuentran cerca del océano. Estos eventos, generados principalmente por terremotos submarinos, deslizamientos de tierra submarinos o erupciones volcánicas, pueden desencadenar poderosas olas que se propagan hacia la costa, causando daños materiales y pérdida de vidas. El estudio de los tipos de tsunamis y su impacto en las costas es crucial para comprender mejor estos eventos y desarrollar medidas de prevención y mitigación adecuadas”

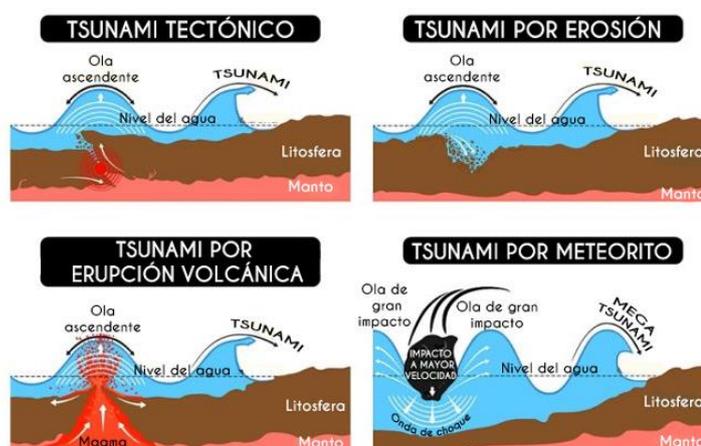
En primer lugar, es importante destacar los diferentes tipos de tsunamis que pueden ocurrir. Los tsunamis generados por terremotos son los más comunes y se producen cuando un movimiento vertical repentino del lecho marino desplaza grandes volúmenes de agua. Estas ondas expansivas se

propagan en todas las direcciones desde el epicentro, llegando a las costas con fuerza destructiva. Además, los tsunamis generados por deslizamientos de tierra submarinos son igualmente peligrosos. Los deslizamientos de tierra costeros o colapsos de acantilados submarinos pueden causar perturbaciones en el agua, creando olas masivas que se dirigen hacia la costa. Por último, las erupciones volcánicas explosivas también pueden dar lugar a tsunamis si expulsan una gran cantidad de material en el agua o si causan el colapso de flancos volcánicos.

Es crucial desarrollar una comprensión profunda de los tipos de tsunamis y su impacto en las costas para implementar medidas efectivas de prevención y mitigación. Los sistemas de alerta temprana desempeñan un papel fundamental en la protección de las comunidades costeras, ya que proporcionan tiempo suficiente para evacuar áreas en riesgo antes de que lleguen las olas del tsunami. Además, “la planificación urbana y la construcción de infraestructuras resilientes pueden ayudar a reducir el impacto de los tsunamis en las áreas costeras, minimizando así los daños materiales y las pérdidas humanas” (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, 2020)

**Figura 132**

*Tipos de tsunamis.*



*Nota:* (Lifeder, 2020)

***Historia de tsunamis en las costas ecuatorianas y su impacto***

A lo largo de la historia, las costas ecuatorianas han sido testigo de una evolución fascinante que ha dejado una huella profunda en la región. Desde los primeros asentamientos humanos hasta los desarrollos económicos y ambientales actuales, la historia de las costas ecuatorianas refleja la interacción entre el ser humano y su entorno marítimo.

En sus primeras etapas, las costas ecuatorianas fueron hogar de diversas culturas indígenas que establecieron comunidades a lo largo del litoral. “Los pueblos precolombinos como los Valdivia y los Manteño-Huancavilca aprovecharon los abundantes recursos marinos y desarrollaron una estrecha relación con el océano. Estas culturas dejaron un legado arqueológico valioso, que incluye complejas estructuras ceremoniales y obras de arte que atestiguan su conocimiento y dominio del medio marino” (Tinoco Meyhuay, Cotos Vera, & Bayona Antúnez, 2018)

Con la llegada de los españoles en el siglo XVI, las costas ecuatorianas experimentaron cambios significativos. La región costera se convirtió en una parte integral del imperio español y se establecieron importantes puertos y asentamientos a lo largo del litoral. Guayaquil se convirtió en un centro estratégico para el comercio y la navegación, fomentando la conexión con otras colonias españolas y el flujo de mercancías hacia Europa. (Padilla, 2017)

Sin embargo, la historia de las costas ecuatorianas también estuvo marcada por luchas por la independencia y cambios políticos. Durante el proceso de liberación de la corona española, la región costera fue escenario de batallas y conflictos. Guayaquil, en particular, desempeñó un papel crucial en la independencia del país y se convirtió en un símbolo de resistencia y lucha por la libertad (Contreras, 2013).

A medida que avanzaba el siglo XX, las costas ecuatorianas experimentaron un crecimiento económico y turístico significativo. Las hermosas playas, los paisajes exuberantes y los ecosistemas marinos diversos se convirtieron en un imán para los visitantes nacionales e internacionales. El turismo costero se desarrolló rápidamente, dando lugar a la construcción de complejos turísticos, hoteles y servicios relacionados. Esta industria se convirtió en una fuente importante de ingresos para las comunidades costeras y contribuyó al desarrollo económico de la región (López, 2018).

No obstante, la historia de las costas ecuatorianas también ha estado marcada por desafíos y preocupaciones ambientales. La explotación de recursos naturales, como la pesca y la industria del camarón, ha generado debates sobre la sostenibilidad y la preservación de los ecosistemas marinos. Además, eventos naturales como terremotos y tsunamis han demostrado el poder destructivo que puede tener el océano, afectando negativamente a las comunidades costeras y su infraestructura. (López, 2018)

### **Marco normativo y legal relacionado**

#### ***Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP)***

La Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP), publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 337 de 18 de mayo de 2004, en cuyo Título I Art.1, referente a los principios generales menciona al Principio de Publicidad de la Información Pública, mismo que establece que “el acceso a la información es un derecho de las personas que garantiza el Estado”. (Congreso Nacional, 2004).

De manera detallada, en dicho artículo se contempla que “toda la información que emane o que esté en poder de las instituciones, organismos y entidades, personas jurídicas de derecho público o privado (...) están sometidas al principio de publicidad; por lo tanto, toda información que posean es pública, salvo las excepciones establecidas en esta Ley”. (Congreso Nacional, 2004).

Por otro lado, en el Art. 3 de la presente ley, se delimita a las instituciones y organismos para los cuales esta ley es aplicable, siendo así que, el ámbito de aplicación de esta ley está orientado a:

- Los organismos y entidades que conforman el sector público en los términos del artículo 118 de la Constitución Política de la República;
- Los entes señalados en el artículo 1 de la presente Ley.
- Las personas jurídicas cuyas acciones o participaciones pertenezcan en todo o en parte al Estado, exclusivamente sobre el destino y manejo de recursos del Estado.
- Las corporaciones, fundaciones y organismos no gubernamentales (ONGs) aunque tengan el carácter de privadas y sean encargadas de la provisión o administración de

bienes o servicios públicos, que mantengan convenios, contratos o cualquier forma contractual con instituciones públicas y/u organismos internacionales, siempre y cuando la finalidad de su función sea pública.

- h) Las personas jurídicas de derecho privado que posean información pública en los términos de esta Ley.

No obstante, en el Art. 4, referente a los Principios de Aplicación de la Ley se destaca que, según el literal a), “La información pública pertenece a los ciudadanos y ciudadanas. El Estado y las instituciones (...) están obligados a garantizar el acceso a la información”. Dicha información puede estar declarada como pública o reservada.

***Normativa referente a la información pública y su difusión.***

El Art.6 de la LOTAIP define la Información Confidencial como “aquella información pública personal, que no está sujeta al principio de publicidad y comprende aquella derivada de sus derechos personalísimos y fundamentales”, siendo de este modo que, el uso de dicha información personal de manera ilegal, conllevará al inicio de acciones legales pertinentes. (Congreso Nacional, 2004).

No obstante, en lo referente a la difusión de la información pública, el Art. 7 de la ley en cuestión, se menciona que la información pública se difundirá mediante un “portal de información o página web, así como de los medios necesarios a disposición del público”. (Congreso Nacional, 2004).

***Políticas Nacionales de Información Geoespacial (CONAGE).***

El 22 de septiembre de 2004, mediante el Decreto Ejecutivo No. 2250, publicado en el Registro Oficial No. 466, se crea el Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE), este organismo técnico, subordinado a la Presidencia de la República tiene como objetivo principal el impulsar la creación, mantenimiento y administración de la Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales (IEDG). (Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE), 2010).

Bajo el mismo Decreto Ejecutivo No. 2250, en su Art. 3 literal a), se atribuye al Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE) la formulación de las políticas nacionales referentes a la generación de información geoespacial, las cuales según el ámbito de aplicación se presentan bajo carácter obligatorio tanto para las instituciones públicas, como para las instituciones privadas que, haciendo uso de los recursos del Estado, generen información geoespacial. (Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE), 2010).

Siendo de este modo que, el 01 de septiembre de 2010, son publicadas en el Registro Oficial Nro. 269 las 'Políticas Nacionales de Información Geoespacial', las cuales se rigen bajo una serie de principios, entre los cuales se destaca el principio de 'Publicidad y accesibilidad' definido en el Art. 1 de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública, bajo la cual se enmarca la publicación y accesibilidad de información mediante herramientas como dashboards, storymaps y geoportales. (Consejo Nacional de Geo informática (CONAGE, 2010).

***Política 1: Referente a las políticas de generación y actualización de geo información.***

Numeral 1.2.- Las instituciones generadoras de información geoespacial deben garantizar que sus productos sean interoperables entre sí, esto conlleva al uso de los estándares respectivos para la compartición y acceso a la información generada.

Numeral 1.8.- Las instituciones generadoras de información geoespacial deben proporcionar los metadatos de los productos generados, respetando la normativa vigente y los derechos de autor respectivos.

Numeral 1.12.- Las instituciones generadoras y/o custodias de información geoespacial deben proporcionar una base de datos geográfica (GDB) estructurada conforme al catálogo de objetos vigente.

***Política 2: Referente al uso de la geoinformación.***

Numeral 2.2.- Toda persona natural o jurídica que difunda por cualquier medio información geoespacial generada por instituciones del sector público deberá reconocer la autoría de la fuente

que generó dicha información, tras cuya violación se sancionará conforme lo establezca la Ley de Propiedad Intelectual.

***Política 3: Referente a la difusión de la geoinformación.***

Numeral 3.1.- La información geoespacial que esté contemplada dentro del principio de publicidad debe ser sujeta a comprobación por parte de una institución competente, de tal manera que la misma no haya sido alterada o sea falsa.

Numeral 3.2.- Es deber de toda institución que custodie información pública garantizar el acceso a su información, salvo aquella que este declarada como secreta, reservada o sea de carácter confidencial.

Numeral 3.3.- Toda institución custodia de información pública debe da a conocer al público la naturaleza de dicha información, sea de carácter público o la que se considere reservada.

***Política 4: Referente a la entrega, intercambio y venta de información geoespacial.***

Numeral 4.6.- La información pública no debe ser empleada con fines ilícitos, ni atentar contra la seguridad nacional.

Numeral 4.10.- Para fines académicos y de investigación, la información geoespacial será entregada de manera gratuita, siempre y cuando se canalice mediante la institución patrocinadora.

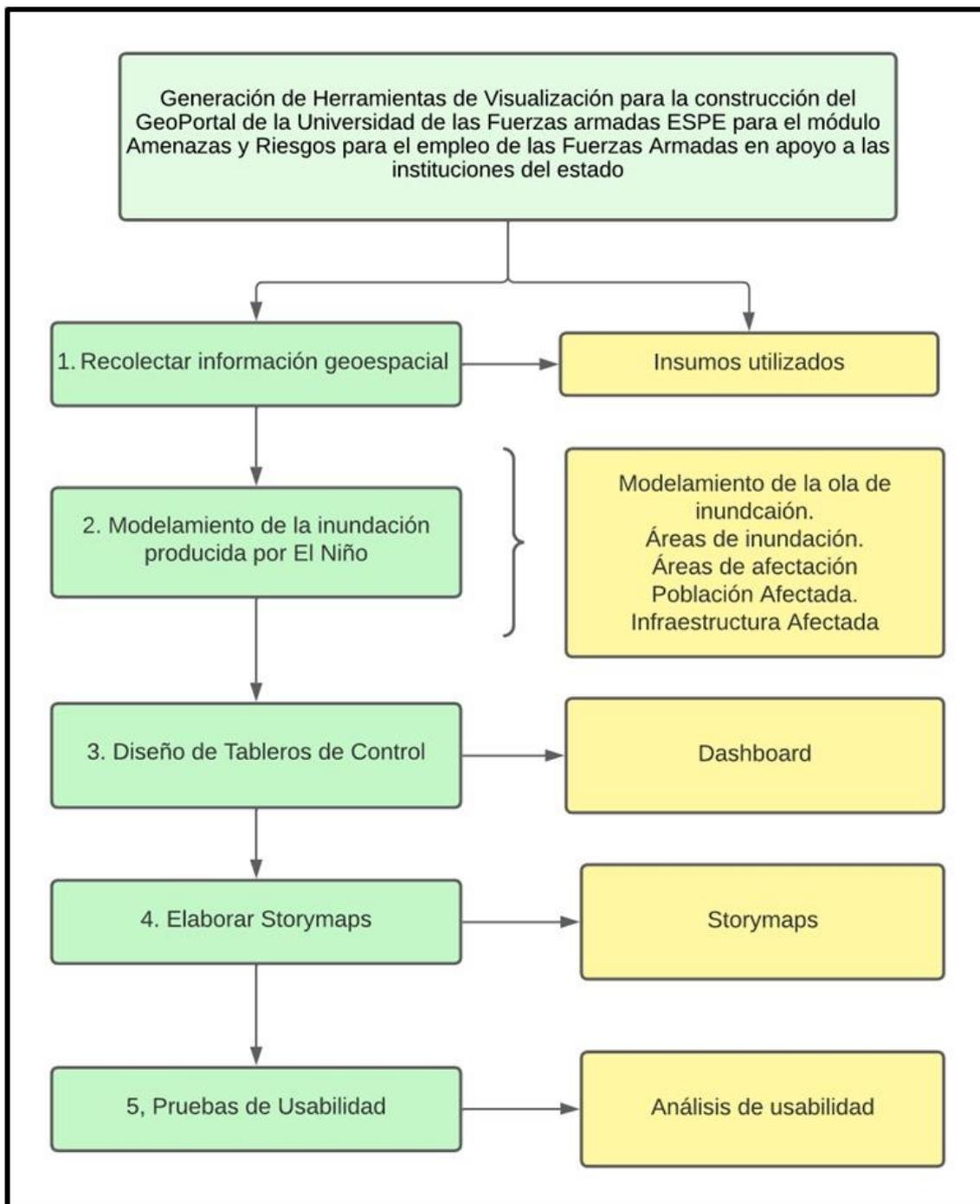
### Capítulo III

#### Metodología

#### Modelo de la metodología estructurada

Figura 133

Diagrama de la metodología empleada en la investigación.



### Obtención de la información

**Tabla 8**

**Tabla de insumos utilizados dentro del proyecto**

Nombre Insumo	Fuente	Tipo	Escala	Año
<b>Cartografía</b> <b>Base</b>	Instituto Geográfico Militar (IGM).	Geodatabase	1:5000	2020
<b>Cartografía</b> <b>Censal</b>	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).	Shapefile	1:1000	2021
<b>Información</b> <b>Censal</b>	Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).	Excel (.xls)	La información de población es mostrada por cantones a nivel de cada parroquia.	2010
<b>Afectación</b> <b>1982-83</b>	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE	DWG/Shapefile	-	
<b>Susceptibilidad</b>	Secretaria Nacional de gestión de Riesgos	Shapefile	-	2015

### Modelo de ola tsunami

La simulación de un tsunami en las costas de Ecuador se fundamenta en un enfoque multidisciplinario que conjuga la sismología, la oceanografía, la geología y el modelado numérico. En este contexto, para la generación de la ola tsunami se adoptó el enriquecedor enfoque propuesto por (Padilla, 2017) en la publicación “CONTRASTING RESULTS OF POTENTIAL TSUNAMI HAZARDS IN MUISNE, CENTRAL COAST OF ECUADOR”. Este enfoque amalgama registros históricos de tsunamis y un análisis profundo de la evaluación de peligros sísmicos en la costa central de Ecuador, además de integrar un perspicaz enfoque híbrido que combina elementos deterministas y probabilísticos.

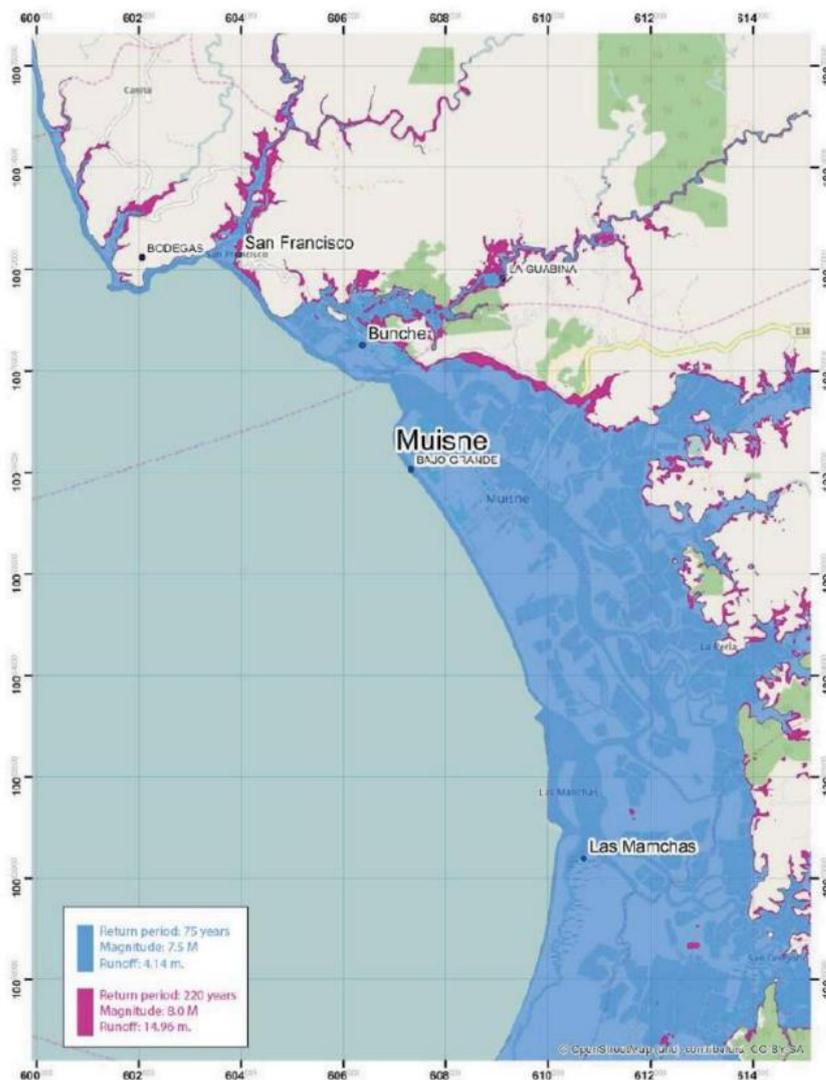
La base del modelo desarrollado radica en la comprensión meticulosa de los registros pasados de tsunamis, lo cual proporciona una valiosa perspectiva de los posibles patrones y magnitudes de eventos de este tipo en la región costera. A esto se suma un minucioso examen de la amenaza sísmica en la zona de estudio. Para delinear el escenario de amenaza sísmica, se emplea un enfoque determinista, que asume que la distancia entre el epicentro del sismo y la línea de costa de nuestro sector en estudio desempeña un papel crucial en la magnitud de las olas tsunami generadas. Esta premisa resulta esencial en la modelación del impacto que podría tener un terremoto en distintas localizaciones.

Sin embargo, la singularidad del enfoque propuesto reside en su abrazo de una metodología probabilística. Este segundo enfoque se despliega para estimar la probabilidad de que ocurra un tsunami en el futuro, considerando distintos factores de incertidumbre en la actividad sísmica y las características oceanográficas. A través de este enfoque, se pueden evaluar diversos escenarios posibles, brindando una visión más completa de los riesgos asociados a un eventual tsunami.

En síntesis, la metodología para la simulación de un tsunami en las costas de Ecuador no se limita a un solo enfoque, sino que fusiona de manera innovadora dos perspectivas complementarias: una determinista, que utiliza la información histórica y la relación entre el epicentro y la costa para prever el impacto directo; y otra probabilística, que se sumerge en la complejidad de la incertidumbre para abordar posibles futuros escenarios. Esta conjunción de enfoques refuerza la robustez y precisión de la simulación, brindando una comprensión más completa y matizada de los riesgos asociados a los tsunamis en las costas de Ecuador.

#### **Figura 134**

*Modelo de inundación por una ola de tsunami.*



*Nota.* El gráfico representa el mapa de amenazas de tsunami y posterior inundación para los eventos potenciales de Mw 7.5 y Mw 8.1. tomado de (Padilla, 2017).

### Áreas de inundación

Se procedió a la generación de los polígonos de inundación mediante la utilización del software ArcGIS. Para este propósito, se empleó la ola de tsunami previamente simulada y la cartografía censal provista por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) como insumos esenciales para llevar a cabo la generación precisa de estos polígonos. Cabe resaltar que dichos polígonos desempeñarán el papel crucial de representar las áreas de afectación en las diversas parroquias de la costa ecuatoriana.

Un requisito primordial para el éxito de este procedimiento radica en la preparación adecuada de los insumos de entrada. Estos deben ser formateados en el estándar shapefile y posteriormente cargados en el entorno del software ArcGIS. Es esencial garantizar que ambas capas, es decir, la ola de tsunami simulada y la cartografía censal del INEC, se encuentren definidas en un sistema de coordenadas coherente y uniforme. Esta alineación coordinada resulta crucial para asegurar que el procesamiento subsecuente sea preciso y eficiente.

En el marco de la generación de los polígonos de inundación, se hizo uso de la herramienta de geoprocésamiento denominada "INTERSECT". Esta herramienta desempeña la función esencial de calcular una intersección geométrica entre las entidades de entrada (ESRI, 2023), es decir, la ola de tsunami simulada y la cartografía censal del INEC. La operación de intersección geométrica permite la creación de áreas de intersección entre estas dos capas, lo que a su vez representa las zonas que serían afectadas por la inundación en el escenario simulado del tsunami.

Este proceso de generación de los polígonos de inundación no solo implica la manipulación precisa de los datos, sino también la interpretación detallada de las áreas de riesgo en las parroquias costeras. Los polígonos resultantes de esta operación de geoprocésamiento se convertirán en representaciones visuales tangibles de las áreas afectadas por la inundación en función de la simulación de la ola de tsunami. Estas representaciones son de gran relevancia para la toma de decisiones informadas y la planificación de medidas de mitigación en caso de eventos reales.

El primer insumo de entrada dentro de esta herramienta es la cartografía censal del INEC y como segunda entrada se encuentra la ola de tsunami generada, esto debido a que el insumo de salida debe contener los atributos espaciales de la capa de cartografía censal pues dentro de su tabla de atributos se encuentra el área real de las parroquias que son afectadas, este campo será utilizado más tarde para calcular el área de afectación de la parroquia.

### **Figura 135**

*Intersección del polígono de la ola con poblados.*



### Área de afectación

La determinación del área de impacto en las parroquias se simplifica al requerir únicamente el polígono de inundación, un componente generado previamente en la simulación. Este archivo en formato shapefile incluye el atributo que corresponde al área original de cada parroquia, el cual será complementado con un campo adicional llamado "Área\_Inundación". Este nuevo campo, estructurado conforme a las especificaciones detalladas en la tabla 3, está destinado a albergar información relevante para caracterizar el impacto de la inundación en cada área. La incorporación del campo "Área Inundación" no solo posibilita una cuantificación precisa de la extensión afectada en cada parroquia.

**Tabla 9**

**Decimales para el cálculo de área**

Nombre del Campo	Area_Inund
Tipo de Dato	Double
Propiedades del campo	Precisión: Número de dígitos que serán almacenados

---

Escala: Número de decimales que  
almacenara el campo.

---

Con el campo creado de manera adecuada y utilizando la herramienta calculate geometry se procede a calcular el nuevo valor de área el cual debe estar calculado en las mismas unidades que el área original, es decir, si el área original está calculada en kilómetros cuadrados el área de inundación también deberá estar calculada en estas unidades.

Para el cálculo del área de afectación en porcentaje utilizaremos la siguiente ecuación:

$$\text{Área de afectación} = \frac{\text{Área inundada}}{\text{Área Original}}$$

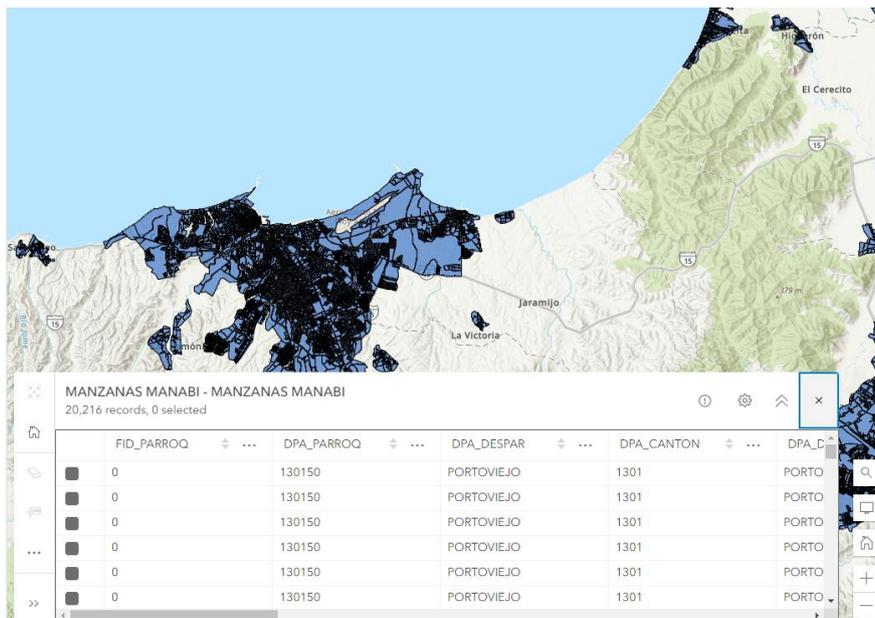
El resultado de la misma se debe colocar en un nuevo campo dentro de la tabla de atributos del polígono de inundación, esta ecuación se ingresa con la herramienta field calculator la cual permite realizar operaciones entre campos de una misma tabla y que utiliza VB Script para realizar sus cálculos.

#### **Población Afectada**

Para el cálculo de la población afectado dentro del área del tsunami se utilizó como insumos de entrada el shapefile correspondiente al área de afectación y el documento correspondiente a la información censal, el proceso por el cual se genera creando campos dentro de la tabla de atributos.

#### **Figura 136**

*Resultados de la población afectada.*



Se utilizó el campo de porcentaje previamente calculado para determinar el número de personas afectadas, para esto se crearon los campos de población que se completaron con la información censal del INEC, los campos de “Afectados”, “Desplazados”, “Heridos”, “Desaparecidos” y “Fallecidos los cuales se llenaron de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$\text{Afectados} = \text{Porcentaje} * \text{Población}$$

La ecuación determina el número de personas totales que el tsunami afectó de manera directa o indirecta. Para el resto de campos creados se calculó en base a un porcentaje de 100 donde el 100 por ciento es la población total de afectados y los siguientes campos tienen un peso diferente para cada uno de los campos de población afectada.

$$\text{Desplazados} = \text{Afectados} * 0,5$$

El campo de desplazados toma el valor del cincuenta por ciento total de la población afectada.

$$\text{Heridos} = \text{Afectados} * 0,3$$

El campo de heridos toma el valor del treinta por ciento total de la población afectada.

$$\text{Desaparecidos} = \text{Afectados} * 0,18$$

El campo de desaparecidos toma el valor del dieciocho por ciento total de la población afectada.

$$Fallecidos = Afectados * 0.02$$

Finalmente, el campo de fallecidos toma el valor del dos por ciento total de la población afectada. Cabe mencionar que esta metodología se basa en que el ejercicio para el que fue hecha fue una simulación, por lo tanto, no se determina de manera exacta el número de personas que realmente serán afectadas.

La aplicación de estas fórmulas se las realiza a través de la herramienta field calculator la cual permite realizar operaciones algebraicas entre campos de una misma tabla.

Finalmente, el campo de fallecidos toma el valor del dos por ciento total de la población afectada. Cabe mencionar que esta metodología se basa en que el ejercicio para el que fue hecha fue una simulación, por lo tanto, no se determina de manera exacta el número de personas que realmente serán afectadas.

La aplicación de estas fórmulas se las realiza a través de la herramienta field calculator la cual permite realizar operaciones algebraicas entre campos de una misma tabla.

### Figura 137

*Resultados de heridos, desaparecidos y fallecidos.*

HERIDOS	DESAPARECI	FALLECIDOS
6,123	4,694	408
128	98	9
17	13	1
350	268	23
1,974	1,513	132
1,257	964	84

### Infraestructura Afectada

La infraestructura afectada por el tsunami fue generada con los insumos de entrada de la cartografía base del IGM 1:5000, la cartografía del ministerio de salud pública, y la ola de inundación del tsunami.

Las coberturas utilizadas dentro de estos insumos son: aeropuertos, vías de primer orden y hospitales, centros de salud. Estas coberturas son de tipo vectorial y tipo punto en todas las coberturas mencionadas a excepción de la cobertura de vías que es de tipo línea.

Para la generación de estas nuevas coberturas de infraestructura afecta se utiliza la herramienta de geoprocésamiento del software ArcGIS conocida como INTERSECT.

Para la generación de aeropuertos afectados se utiliza el shape de aeropuertos y el shape de ola dentro de esta herramienta, tomando como cobertura principal la ola. El resultado de este procesamiento son todos los aeropuertos afectados por la ola de tsunami.

Para la generación de vías afectadas se utiliza el shape de vías y el shape de ola dentro de esta herramienta, tomando como cobertura principal la ola. El resultado de este procesamiento son las vías afectadas por la ola de tsunami.

Para la generación de infraestructura de salud afectada se utiliza el shape del ministerio de salud pública y el shape de ola dentro de esta herramienta, tomando como cobertura principal la ola. El resultado de este procesamiento es la infraestructura de salud afectada por la ola de tsunami.

### Figura 138

*Resultados de infraestructura afectada.*



**Dashboard**

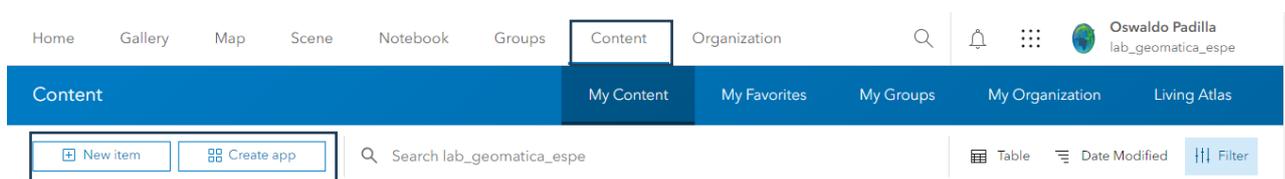
**ArcGIS Online**

Para la elaboración de los Dashboards se usó la plataforma de ArcGIS Online la cual permite realizar mapas desplegables, gráficos dinámicos e indicadores estadísticos.

En el área de trabajo de la plataforma se encuentra una barra de herramientas con varias opciones, al seleccionar Content nos da dos botones principales New Item y Create App (figura 1).

**Figura 139**

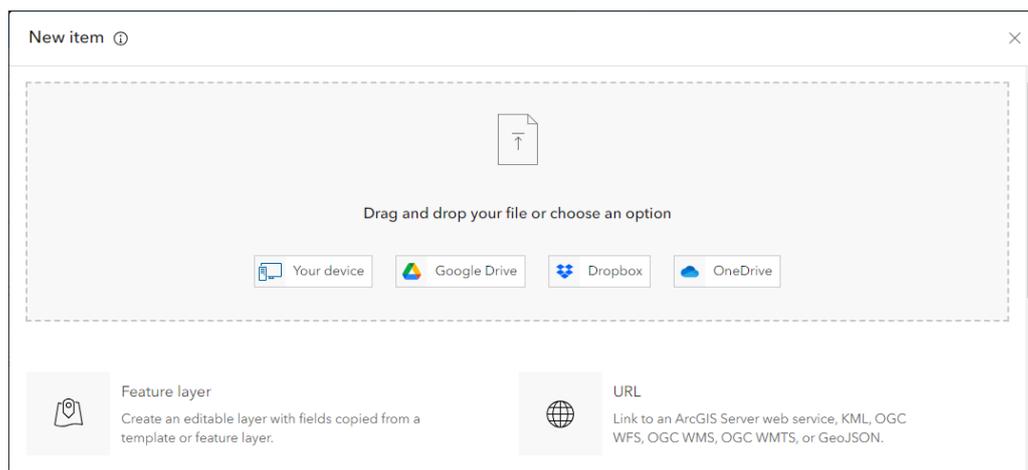
*Barra de herramientas de ArcGis Online.*



Al seleccionar la opción New item nos permite cargar los datos (figura 2) en varias opciones ya sea desde la computadora o mediante información desde la nube.

**Figura 140**

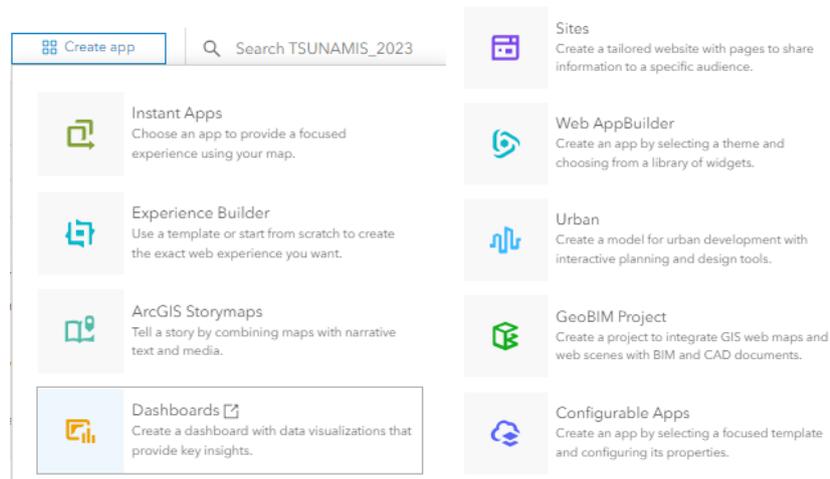
*Botón New Item (carga de datos).*



El botón Create App nos muestra opciones de diferentes aplicaciones que presenta la plataforma (figura 3), para este caso se usará la opción "Dashboards".

Figura 141

Botón Create App (carga de datos).

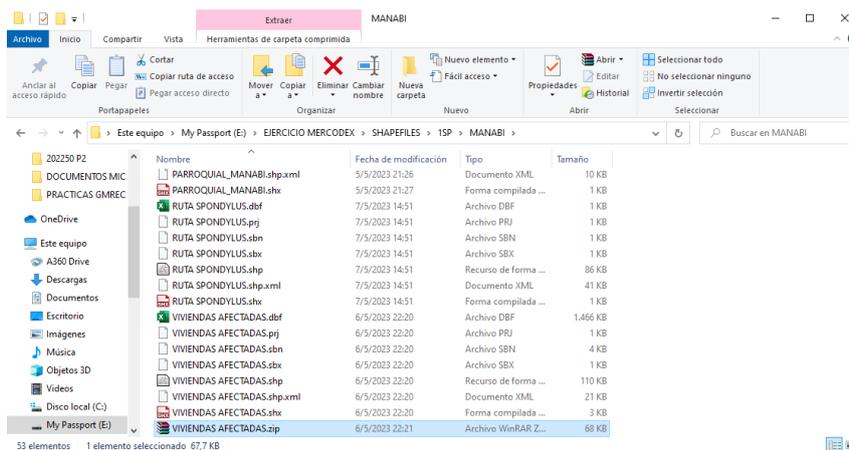


## Carga de datos

Para subir los datos (shapes) a la plataforma se debe primero comprimir los mismos en un archivo .zip (figura 4).

Figura 142

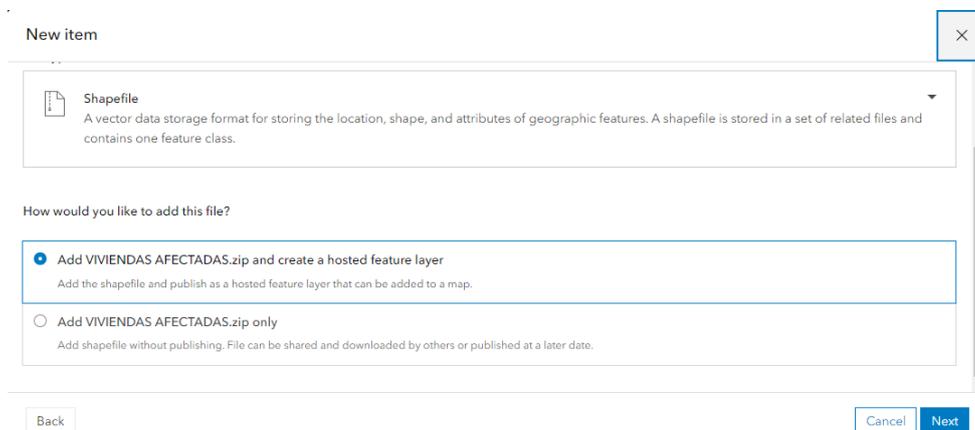
Archivos en formato .zip.



En la carga de los datos se selecciona el tipo de archivo y si se desea la capa alojada en el host (figura 5).

**Figura 143**

*Opciones del archivo de carga.*



Se abre una ventana donde se debe colocar el título del archivo, ubicación, etiquetas de trabajo y un resumen tal como se muestra en la (figura 6).

**Figura 144**

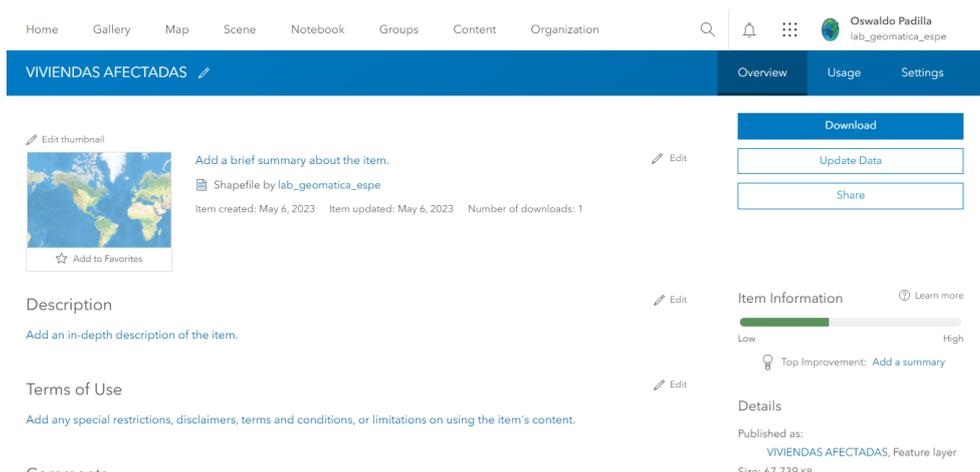
*Nombre, ubicación y categoría del archivo.*



Se carga el archivo y genera el espacio de trabajo que servirá para la elaboración de los webs maps (figura 7).

**Figura 145**

*Espacio de trabajo del archivo de carga.*



### ***Elaboración de mapas***

Para la elaboración de mapas nos dirigimos a la barra de herramientas del ArcGIS Online y seleccionamos la opción "Map". (figura 8).

### **Figura 146**

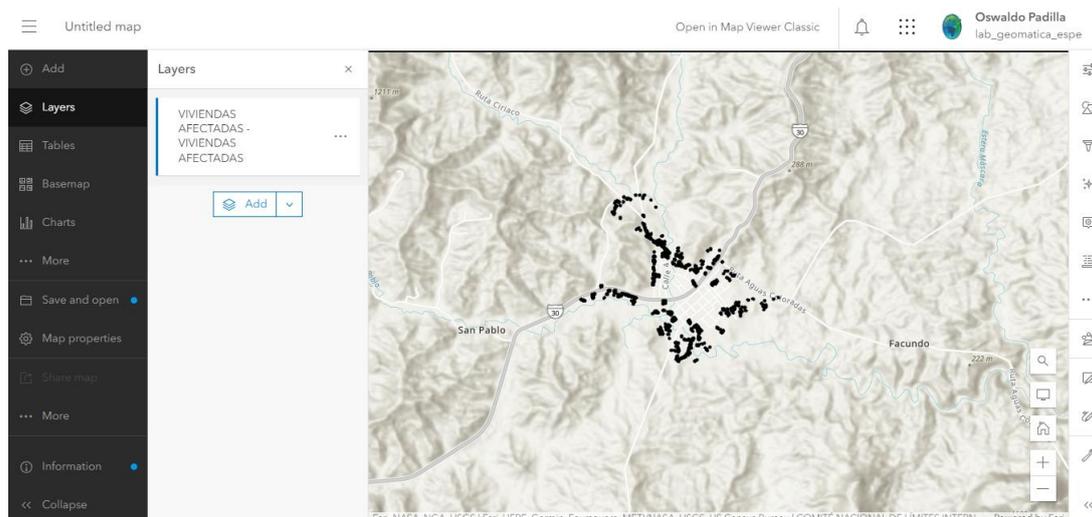
*Botón Map.*



Se genera un espacio de trabajo (figura 9) para crear mapas donde se tiene opciones como: cargar coberturas, diseño de atributos, funciones para el mapa, etc.

### **Figura 147**

*Espacio de trabajo para la elaboración de mapas.*



Una vez creado el mapa es indispensable generar una copia del mismo dentro de la plataforma, la misma que permite colocar el título, la ubicación del espacio de trabajo, etiquetas para su búsqueda y un resumen (figura 10).

**Figura 148**

*Opciones para guardar el mapa.*

Save map
×

---

Title

Folder

Tags

VIVIENDAS AFECTADAS
×
Add tags
×
▼

Summary

Esto es una representación de las viviendas afectadas por los diferentes fenómenos naturales.

Characters left: 1955

Save
Cancel

### ***Elaboración del Dashboard***

Al crear un dashboard como se muestra en la figura 3, se despliega una pantalla donde se debe ingresar el título, etiqueta para la búsqueda, resumen y la ubicación del espacio de trabajo (figura 11).

**Figura 149**

*Opciones para elaborar el dashboard.*

Create new dashboard

Title\*

Tags

Summary

Folder

Para dar el diseño al dashboard se cuenta con diferentes opciones que permiten cargar mapas, indicadores, cuadros estadísticos, tablas, listas, etc., que representan campos de atributos que se desea visualizar (figura 12).

**Figura 150**

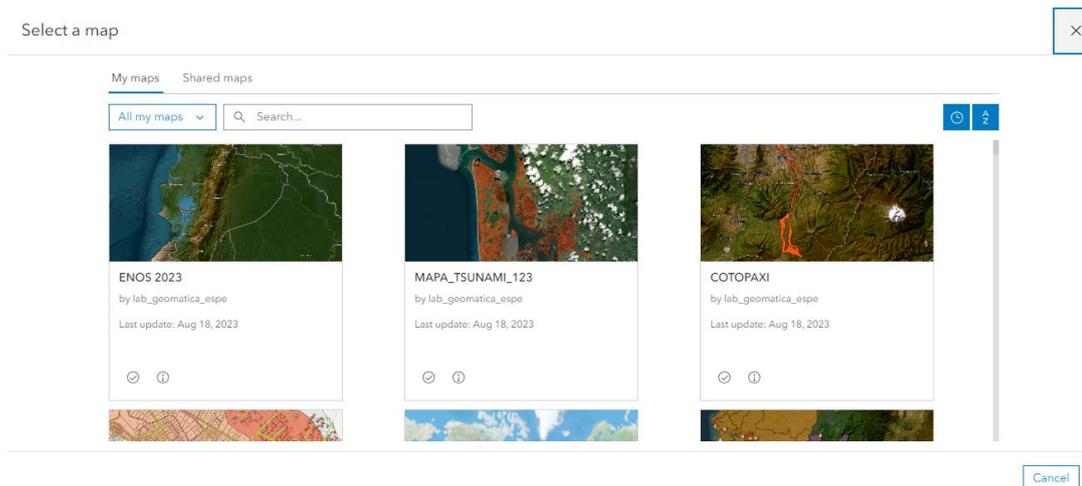
**Opciones para el diseño del dashboard.**



Como componente principal se escoge un mapa que ya se encuentre en los datos de la plataforma y represente los diferentes fenómenos naturales (figura 13).

**Figura 151**

*Selección del mapa principal para el dashboard.*



Se coloca los indicadores en base a lo que se quiere representar, configurando de acuerdo a las opciones que dispone cada indicador (figura 14).

### Figura 152

*Configuración de los indicadores.*



Se añade la opción de cuadros estadísticos de acuerdo a la base de datos cargada en la plataforma, configurando las opciones que presenta la misma (figura 15).

### Figura 153

*Configuración de los cuadros estadísticos.*



Finalmente se ubica todos los elementos que constituyen el dashboard de acuerdo a la información que se va a plasmar para que sirva de ayuda a las autoridades con el fin de facilitar la toma de decisiones y la mitigación de los riesgos por fenómenos naturales (figura 16).

Figura 154

*Diseño final del dashboard.*

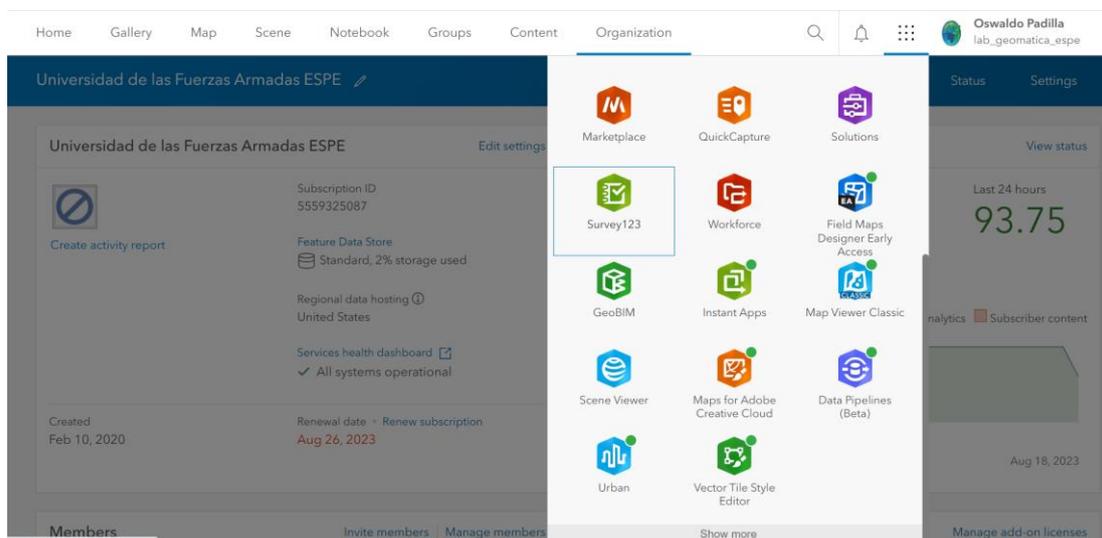


### Survey123

Para llevar a cabo la elaboración de la encuesta utilizando Survey123, se accede a la cuenta de ArcGIS Online y se procede a la selección de la opción correspondiente a Survey123.

**Figura 155**

*Ingreso a la aplicación survey123.*

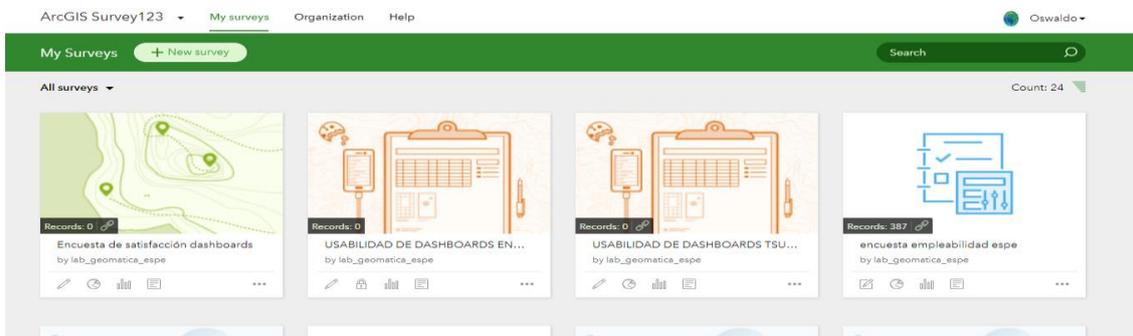


*Nota.* El gráfico representa el ingreso para la aplicación Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

Para la elaboración de los formularios, resulta esencial contar con un profundo conocimiento de la interfaz de Survey123, como se ilustra en la (figura 1). Esta representación visual de la interfaz expone todas las alternativas a disposición, las cuales simplifican el proceso de confección de formularios. La comprensión cabal de esta interfaz emerge como un pilar fundamental para la habilidad de concebir y edificar formularios de manera que sean tanto efectivos como eficientes.

**Figura 156**

*Interfaz de la aplicación survey123.*

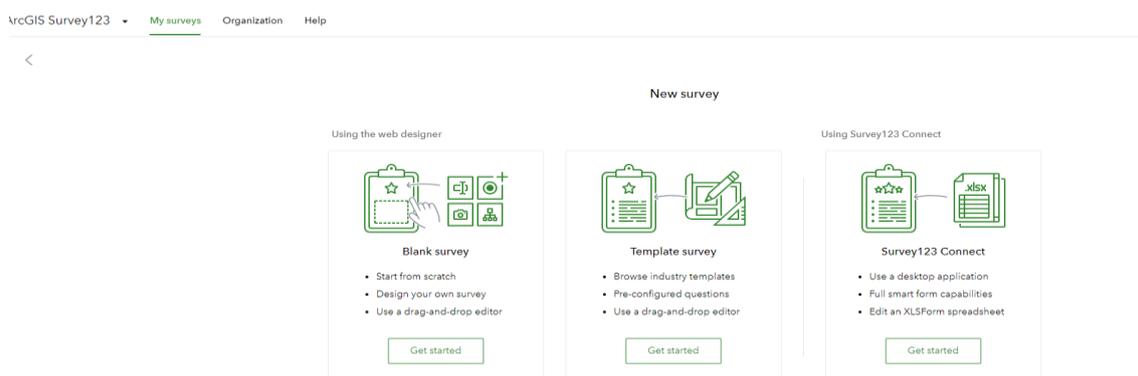


*Nota.* El gráfico representa la interfaz de la aplicación Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

En la parte superior de la interfaz se ubica la alternativa "Nueva Encuesta". Al optar por esta selección, se desplegará una ventana en la cual se presentan tres alternativas distintas. En este caso, se procederá a elegir la primera opción.

**Figura 157**

*Generación de la aplicación survey123.*

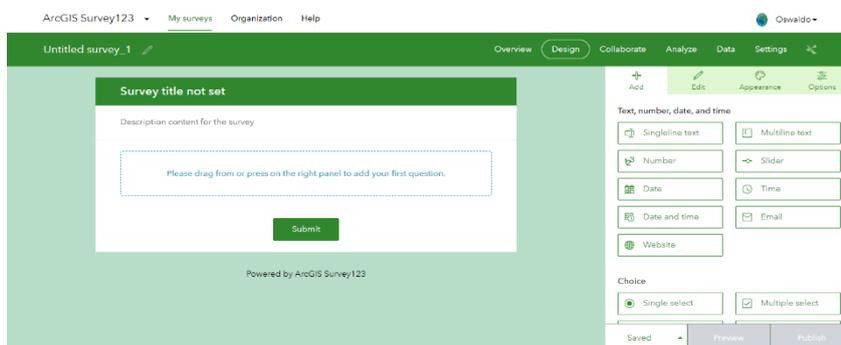


*Nota.* El gráfico representa la interfaz de la aplicación Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

Seguidamente, se generará una ventana en la que, al hacer clic en "Diseño", surgirá una plantilla predefinida. En el extremo izquierdo de dicha plantilla, se localizan las herramientas que habilitarán la configuración del cuestionario de manera visual y estructural.

**Figura 158**

*Elaboración del survey123.*



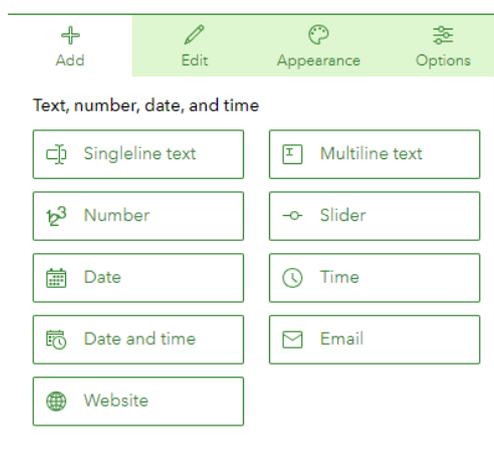
*Nota.* El gráfico representa la interfaz de la aplicación Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

Dentro de la pestaña "Diseñar", se encuentra la alternativa "Añadir", la cual brinda la capacidad de adaptar la interfaz en función de necesidades particulares. Esta característica posibilita la acción de arrastrar y soltar elementos para construir el formulario de manera instintiva.

En el apartado denominado "Texto, Número, Fecha y Hora", que constituye el primer grupo, se dispone de una diversidad de tipos de preguntas a disposición. Esta selección concede la oportunidad de incorporar diversas opciones como campos de texto libre, valores numéricos, fechas y horarios, entre otras posibilidades.

### Figura 159

*Herramientas básicas del survey123.*

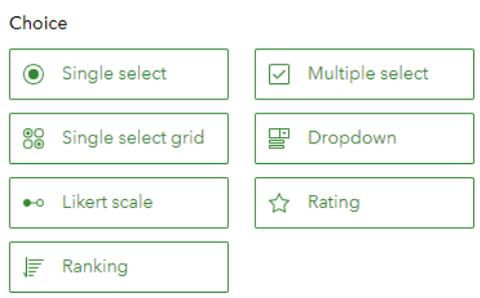


*Nota.* El gráfico representa las herramientas de la aplicación Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

En el segundo grupo denominado "Choice", tendrás la capacidad de incluir opciones múltiples que se desglosan de diversas formas, tales como selección única, selección múltiple, y algunas incluso incorporarán un formato de diagrama de selección, entre otras variantes.

### Figura 160

*Herramientas de opción múltiple del survey123.*



*Nota.* El gráfico representa las herramientas de la aplicación Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

En el tercer grupo llamado "Locación", se tendrá la posibilidad de crear un mapa o insertar una dirección. También se podrá ubicar la dirección mediante un punto o una línea en el mapa, según tus preferencias.

### Figura 161

*Herramientas de localización del survey123.*

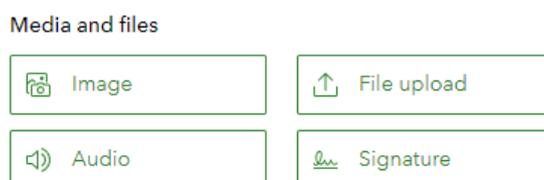


*Nota.* El gráfico representa las herramientas de la aplicación Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

En el cuarto grupo, titulado "Media and Files", se tendrá la capacidad de cargar contenido multimedia, como audios e imágenes. Además, esta función te permitirá subir archivos adicionales, incluyendo firmas si así lo deseas.

### Figura 162

*Herramientas de multimedia del survey123.*



*Nota.* El gráfico representa las herramientas de la aplicación Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

Como último grupo, se encuentra "Display and Structure", que te brinda la posibilidad de organizar el formulario en secciones, agregar páginas adicionales o incluir notas pertinentes con relación a cada pregunta.

### Figura 163

*Herramientas de estructuración del survey123.*

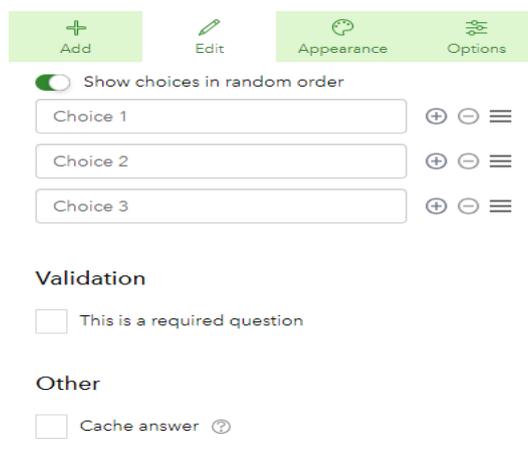


*Nota.* El gráfico representa las herramientas de la aplicación Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

En la sección de edición, se podrá ajustar los detalles según el elemento que se haya seleccionado. Esto brindará la flexibilidad de modificar aspectos como la cantidad de caracteres permitidos, los formatos de fecha, la visualización de la geoposición (ya sea en forma de punto o línea), y en el caso de preguntas de selección múltiple, la cantidad de opciones disponibles, entre otras posibilidades.

### Figura 164

*Herramientas de edición del survey123.*

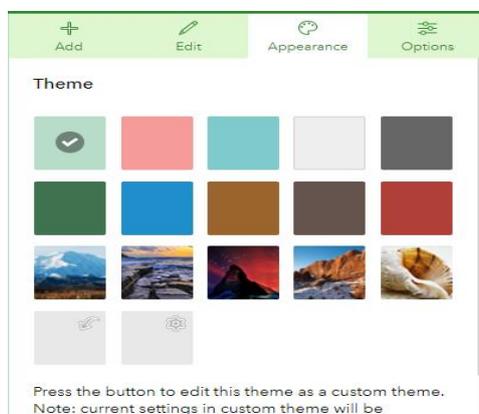


*Nota.* El gráfico representa las herramientas de edición de la aplicación Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

En la pestaña "Apariencia", se tendrá la capacidad de ajustar la apariencia del formulario utilizando una variedad de temas diseñados para adaptarse al tipo de formulario que desees crear. Esto te permitirá lograr una presentación más atractiva y adecuada a tus objetivos.

### Figura 165

*Herramientas de diseño del survey123.*

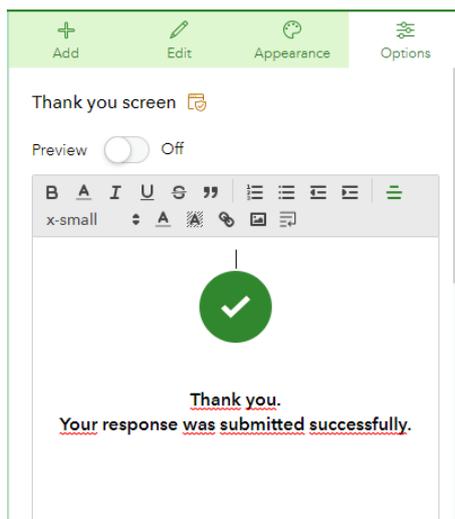


*Nota.* El gráfico representa las herramientas de diseño Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

En la pestaña de "Opciones", se tendrá las funciones más avanzadas que permitirán enriquecer el cuestionario. Estas incluyen la posibilidad de establecer límites de tiempo para el cuestionario, redirigir a los participantes mediante URLs específicas y agregar mensajes al final del cuestionario, entre otras funcionalidades.

### Figura 166

*Herramientas de opciones del survey123.*



*Nota.* El gráfico representa las herramientas de opciones avanzadas Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

Una vez que se ha completado el formulario, se contará con tres opciones disponibles: la primera permitirá guardar los cambios, la segunda ofrecerá una vista previa para visualizar cómo quedará, y la última te posibilitará publicarlo, permitiendo que los participantes puedan comenzar a utilizarlo.

### Figura 167

*Herramientas de Publicación.*



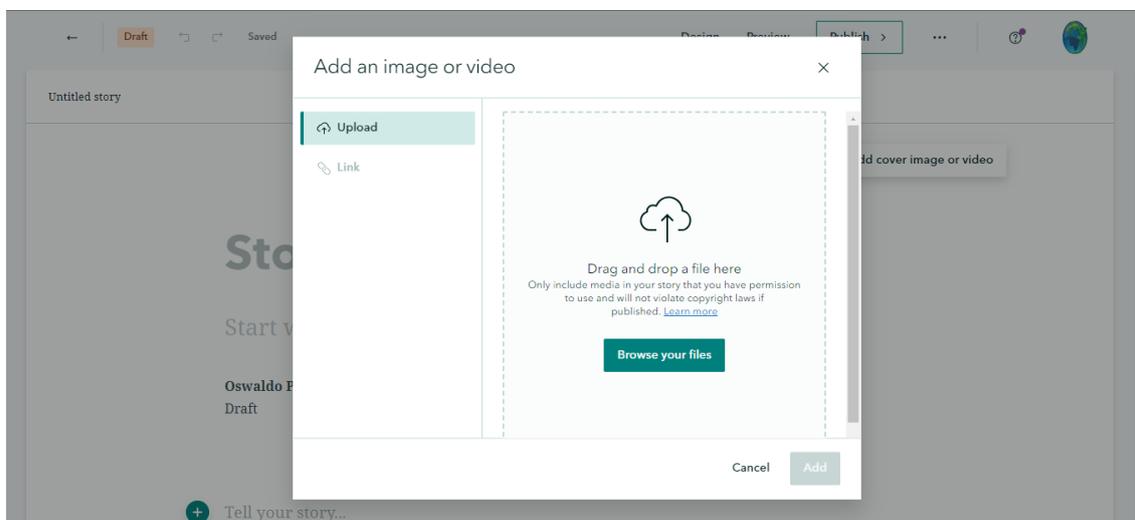
*Nota.* El gráfico representa las herramientas de guardar, previsualizar y publicación Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

### Generación de story maps

Al comenzar a crear un story map dentro de la interfaz, se encontrará la opción "Add an image or video", la cual brindará la posibilidad de empezar con una imagen o un video como punto de partida.

Figura 168

Subir imagen de portada.

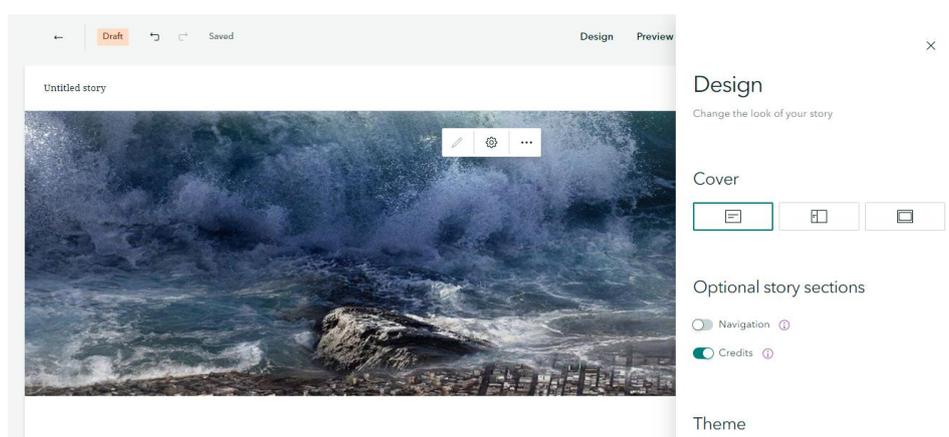


*Nota.* El gráfico representa como subir la imagen de portada del StoryMaps, tomado de (ESRI, 2023)

Una vez que se ha cargado la imagen, se dirige a la opción "Diseño", donde se podrá introducir el título del story map y, además, se tendrá tres alternativas de presentación disponibles.

Figura 169

Crear un diseño integrando la imagen y el título.



Cuando se está listo para agregar contenido dentro de la interfaz, se verá un ícono de "más" que al seleccionarlo se desplegará una amplia gama de herramientas para comenzar a insertar la información.

**Figura 170**

*Ícono para acceder a las herramientas del StoryMap.*

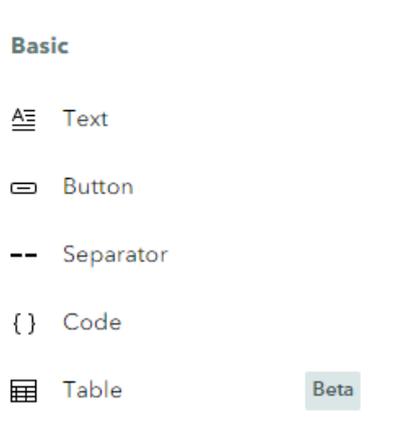


*Nota.* El gráfico representa el icono para acceder a las herramientas del StoryMaps, tomado de (ESRI, 2023)

La herramienta fundamental brindará la posibilidad de añadir diversos elementos como texto, botones que redirigen a otras páginas, separadores, códigos e incluso tablas.

**Figura 171**

*Herramientas básicas del StoryMap.*

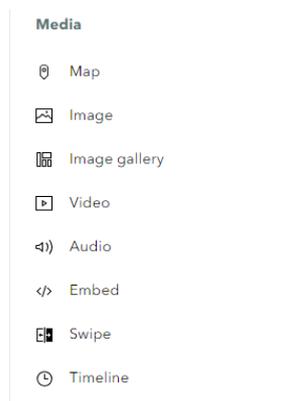


*Nota.* El gráfico representa las herramientas básicas del StoryMap, tomado de (ESRI, 2023)

Posteriormente, se encontrará las herramientas que te posibilitan agregar imágenes, videos, audios e incluso mapas que hayan sido previamente elaborados, entre otras opciones disponibles.

**Figura 172**

*Herramientas multimedia del StoryMap.*



*Nota.* El gráfico representa las herramientas multimedia del StoryMap, tomado de (ESRI, 2023)

Por último, se encontrará el grupo de herramientas más dinámicas, las cuales permitirá crear mapas interactivos que presentan recorridos predefinidos con ubicaciones específicas, imágenes y descripciones detalladas.

### Figura 173

*Herramientas dinámicas del StoryMap.*

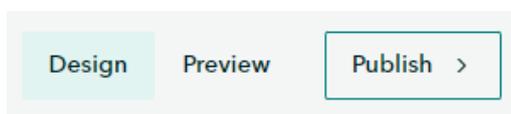


*Nota.* El gráfico representa herramientas dinámicas del StoryMap, tomado de (ESRI, 2023)

Una vez completado el diseño, se podrá dirigir a la opción de "Previsualización", la cual permitirá observar cómo ha quedado tu story map. Luego, al seleccionar la opción "Publicar", el contenido se publicará automáticamente y estará disponible para ser visualizado por el público en general.

### Figura 174

*Opciones de diseño, pre visualización y publicación del StoryMap.*



*Nota.* El gráfico representa las herramientas de guardar, previsualizar y publicación del StoryMap, tomado de (ESRI, 2023)

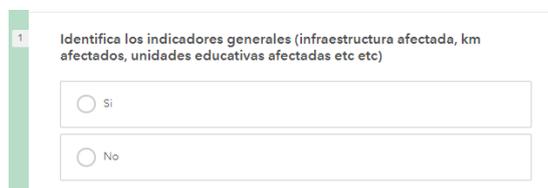
### Análisis de Usabilidad

Para evaluar este parámetro en los productos generados durante este proyecto, se recurrió a una prueba de usabilidad la cual consta de un cuestionario realizado en la plataforma Survey el cual permite analizar si los tableros de control realizados, realmente tienen una utilidad y pueden ser comprendidos y manejados por diferentes usuarios.

El formulario realizado a través de Survey es una encuesta dicotómica que contiene cinco preguntas y plantea diferentes problemas como encontrar e identificar información importante dentro de los dashboards además de evaluar si el usuario se siente cómodo mientras usa esta aplicación.

#### Figura 175

*Pregunta 1 de la evaluación de usabilidad.*



1 Identifica los indicadores generales (infraestructura afectada, km afectados, unidades educativas afectadas etc etc)

Sí

No

La prueba de usabilidad se la realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, el día 18 de agosto del presente año y constó con la presencia de alrededor 10 estudiantes que sirvieron como evaluadores de los tableros de control. La prueba duró alrededor de 10 minutos y no existió un tiempo límite para la resolución de las preguntas, sin embargo, se tomó el tiempo que cada usuario tardaba en resolver la pregunta, pues dependiendo de esto el grado de usabilidad será adecuado o inadecuado.

#### Figura 176

*Manipulación de dashboards por parte de los usuarios.*



## Capítulo IV

### Resultados y análisis

#### Dashboards de afectaciones del modelo

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE participó activamente en el ejercicio simulado de asistencia humanitaria del Mecanismo de Cooperación en Casos de Desastre de los países pertenecientes a la Conferencia de Ministros de Defensa de las Américas (MECODEX). Este ejercicio tuvo lugar durante el mes de mayo de 2023 y abordó diversos escenarios desafiantes. Para abordar y resolver estos escenarios, se emplearon tableros de control (dashboards), como se puede apreciar en la (figura 1). Estos tableros desempeñaron un papel crucial al permitir la visualización y presentación clara de los eventos y simulaciones planteados, lo que a su vez facilitó la toma de decisiones por parte de las autoridades involucradas.

#### Figura 177

*Dashboards presentado en el ejercicio MECODEX.*



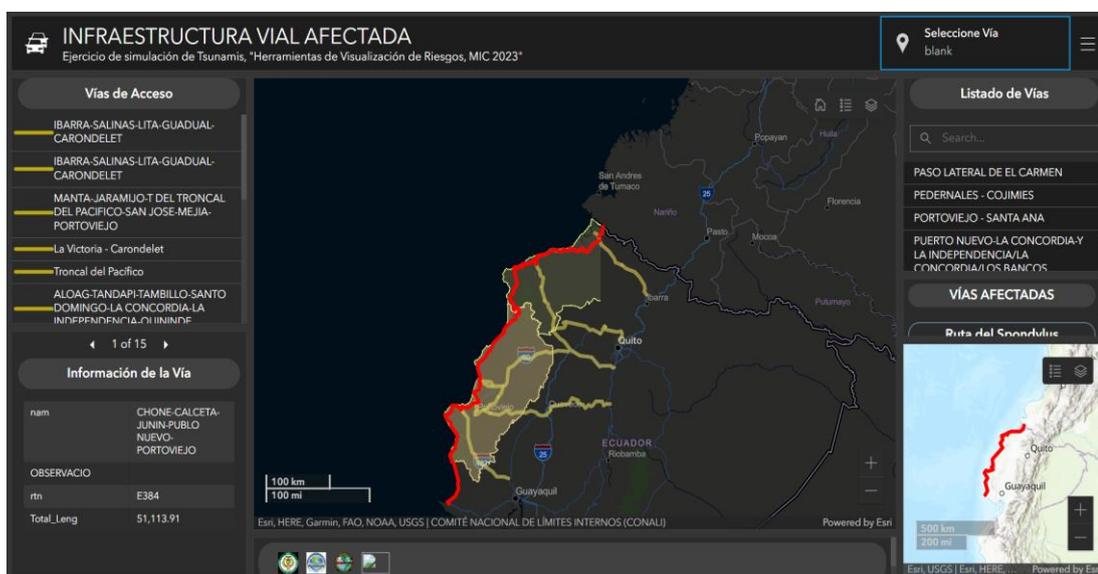
El evento abordó con precisión siete situaciones específicas, comenzando desde el momento en que se desencadenó el sismo inicial. A lo largo de esta secuencia, se simularon las fases consecutivas de la crecida de la ola y se exploraron sus repercusiones a lo largo de la costa

ecuatoriana. Estos acontecimientos se desarrollaron de manera progresiva hasta culminar en la séptima y última situación planteada.

La simulación se extendió a lo largo de una semana completa, durante la cual los tableros de control fueron puestos a prueba rigurosamente. Estos tableros se ajustaron y adaptaron de acuerdo con las necesidades cambiantes de los usuarios a medida que se desarrollaba el evento. (La figura 1) ilustra de manera gráfica la infraestructura vial que se vio afectada por las circunstancias, organizada por provincias y cantones en correspondencia con las situaciones planteadas.

### Figura 178

*Infraestructura vial afectada.*



La colaboración interinstitucional y la valiosa información aportada por el Ministerio de Salud Pública y el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social han permitido elaborar detalladamente la figura 1. En esta representación gráfica, se destacan de manera visible los centros de salud que han resultado afectados por la situación, siendo clasificados según sus niveles de atención y la institución a la que están adscritos.

Figura 179

Dashboards centro de salud afectados.



La cooperación interinstitucional y la valiosa información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) permitieron la meticulosa elaboración de los tableros de control (dashboards) como se muestra en la figura 1. Esta representación gráfica destacó de manera evidente las personas heridas, fallecidas, desaparecidas y desplazadas, al mismo tiempo que posibilitó la visualización precisa de los porcentajes de afectación en las diferentes provincias y cantones.

Figura 180

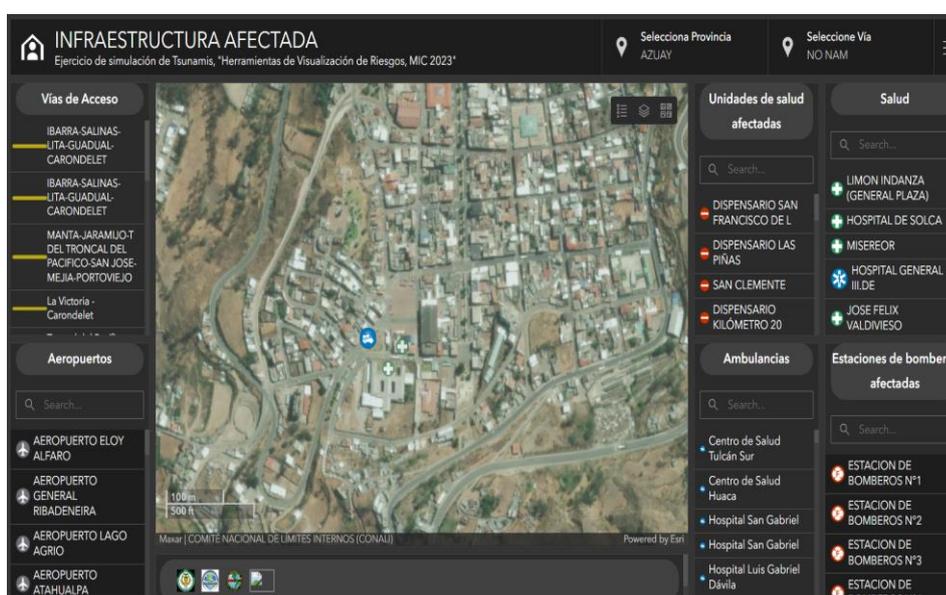
Dashboards reporte de desplazados.



La construcción del tablero de control con sus dashboards, como se presenta en la figura 1, fue posible gracias a la colaboración interinstitucional y a la valiosa aportación de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo y las diversas instituciones estatales. Esta representación gráfica pone de relieve de forma clara las diversas infraestructuras afectadas por un posible tsunami en las costas ecuatorianas, incluyendo estaciones de bomberos y aeropuertos.

**Figura 181**

*Dashboards reporte de desplazados.*



Cada panel de control proporcionaba la capacidad de aplicar filtros, permitiendo así la extracción de datos estadísticos que abarcaban a toda la población. Esta funcionalidad, al mismo tiempo, permitía realizar filtrados más específicos, enfocados en provincias y cantones particulares. La implementación de esta herramienta conllevó a una notable optimización en el proceso de toma de decisiones por parte de las autoridades competentes.

### **StoryMap en la exposición de los situacionales**

La incorporación de los StoryMaps durante la realización del ejercicio demostró ser de gran utilidad. Este recurso permitió presentar cada una de las diversas situaciones de manera clara, precisa y dinámica. Esta efectividad se debe a las diversas herramientas que la aplicación ofrece, tales como la navegación virtual, mapas interactivos y la posibilidad de navegar por distintos mapas,

entre otras funcionalidades. La representación visual en la figura 1 da una idea clara de cómo se emplearon estas herramientas para lograr una presentación impactante y comprensible.

### Figura 182

*StoryMaps de la séptima situación particular.*



En el proceso de recopilación de datos durante el ejercicio de simulación MECODEX, las mesas técnicas emplearon con éxito la aplicación Survey123 de ArcGIS Online. Esta elección fue motivada por múltiples razones, ya que la aplicación se distinguió por su excepcional facilidad de uso, lo que la convirtió en una herramienta accesible y amigable para todos los involucrados.

La versatilidad de la aplicación también se destacó, ya que pudo ser aplicada en una variedad de entornos sin complicaciones. Además, su capacidad de adaptarse sin problemas a diferentes dispositivos y plataformas fue una característica que desempeñó un papel fundamental en su elección. En resumen, la adopción de Survey123 no solo agilizó la obtención de datos, sino que también simplificó significativamente la experiencia de recopilación para todos los participantes en el ejercicio.

### Figura 183

*Formulario de necesidades "MECODEX".*

Oswardo

Ejercicio simulado de asistencia humanitaria del Mecanismo de Cooperación de Desastres de los países de la Conferencia de Ministros de Defensa de las Américas MECODEX 2023

MECODEX 2023

ESPE

Mayo, 2023

Latin Geo

Description content for the survey

Seleccione la mesa o grupo de trabajo

-Please select-

Nombre del solicitante

Nombre del destinatario o institución

Fecha y Hora de emisión

MM/DD/YYYY

hh:mm

### Análisis de usabilidad

Dentro de los elementos de usabilidad de los paneles de control, se llevó a cabo un cuestionario de satisfacción dirigido a cada mesa técnica. El objetivo era evaluar el nivel de aceptación de los paneles de control y determinar la eficacia con la que fueron empleados por cada una de las instituciones.

El cuestionario constaba de seis preguntas, las cuales se describen a continuación.

**Tabla 10**

#### Preguntas del formulario Survey123

1. Nombre de la Institución
2. Tenía conocimiento de la información geoespacial generada por el Centro de Datos Geoespaciales (CDG-ESPE) utilizado en el ejercicio de asistencia humanitaria
3. Le pareció útil la información generada por el CDG-ESPE empleada en el ejercicio de asistencia humanitaria
4. Califique la información generada por el CDG-ESPE utilizado en el ejercicio (DASHBOARD)

5. Califique la información generada por el CDG-ESPE utilizado en el ejercicio (STORY MAP)
6. Ayúdanos a mejorar con una recomendación

### Figura 184

*Formulario de usabilidad.*

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL SISTEMA

ESPE-MECODEX 2023

1 Nombre de la Institución \*

Please input 1 - 50 characters

2 ¿Tenía conocimiento de la información geoespacial generada por el Centro de Datos Geoespaciales (CDG-ESPE) utilizado en el ejercicio de asistencia humanitaria? \*

SI

NO

3 ¿Le pareció útil la información generada por el CDG-ESPE empleada en el ejercicio de asistencia humanitaria? \*

SI

NO

*Nota.* El gráfico representa el cuestionario elaborado en el Survey123, tomado de (ESRI, 2023)

El proceso de evaluación de usabilidad se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE el 18 de agosto del presente año. Esta evaluación contó con la participación de aproximadamente 10 estudiantes, quienes fungieron como evaluadores de los tableros de control. La evaluación se extendió por alrededor de 10 minutos por evaluador, y no se estableció un límite de tiempo específico para la resolución de las preguntas planteadas. Sin embargo, se registró el tiempo que cada usuario requería para completar las tareas, ya que este factor influiría en la determinación del grado de usabilidad, considerándolo como adecuado o inadecuado según el tiempo empleado en la resolución de las tareas.

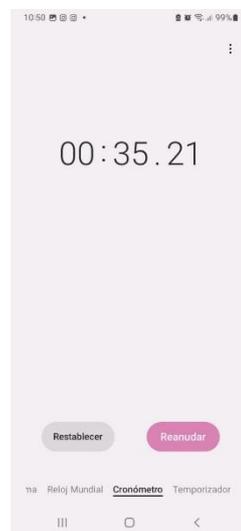
### Figura 185

*Manipulación de dashboards por parte de los usuarios.*



**Figura 186**

*Captura de pantalla donde se toma el tiempo por pregunta.*



La tabla presentada refleja el tiempo promedio que los usuarios necesitaron para resolver los desafíos planteados por los supervisores en cada una de las preguntas.

**Tabla 11**

**Tabla de tiempos**

Pregunta	Tiempo
Pregunta 1	30.37 s
Pregunta 2	25.50 s
Pregunta 3	25.61 s
Pregunta 4	26.57 s
Pregunta 5	25.15 s

Los valores temporales están expresados en segundos y, al analizar detenidamente la tabla, se observa que la resolución de los desafíos planteados por los usuarios fue llevada a cabo de manera eficiente y ágil. Este resultado es altamente indicativo de que el sistema de tableros de control presentado a los usuarios posee una excelente usabilidad y es comprendido de manera efectiva por todos los implicados en la evaluación. La rapidez con la que los usuarios pudieron abordar y resolver los problemas demuestra que la interfaz y las funcionalidades del sistema están diseñadas de manera intuitiva y amigable, lo que contribuye en gran medida a una experiencia satisfactoria y efectiva de usuario. Estos hallazgos respaldan el enfoque exitoso en la usabilidad y la comunicación clara en el diseño de los tableros de control.

## Capítulo V

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

La colaboración interinstitucional con actores clave como el IGM, MIDUVI, INEC, Ministerio de Educación y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo ha desempeñado un papel esencial en la obtención de información geoespacial precisa y actualizada, fundamental para comprender a profundidad las características geográficas y topográficas que definen las costas ecuatorianas. La sinergia entre estas instituciones ha demostrado su valía al proporcionar datos de alta calidad, abarcando una gama diversa de factores que podrían influir en la ocurrencia y el impacto potencial de un tsunami en la región.

La implementación del proceso de recopilación en tiempo real mediante la aplicación Survey123 de Esri ha demostrado su eficacia en la obtención de información, este enfoque ha permitido una captura precisa y oportuna de datos esenciales, fundamentales para alimentar las herramientas de análisis y visualización, garantizando así la constante actualización y representación precisa de las diferentes situaciones en tiempo real, la integración de Survey123 ha demostrado su eficacia al ofrecer formularios adaptables que facilitan la recolección sistemática y coherente de datos relevantes por parte de los equipos de campo, superando las limitaciones de los métodos tradicionales.

La ejecución exitosa del diseño y elaboración de tableros de control interactivos mediante la plataforma ArcGIS Online, y su posterior implementación en el ejercicio MECODEX, ha representado un logro significativo en la visualización efectiva de la información geoespacial relacionada con los posibles escenarios de tsunami. Estos tableros de control, que se han mostrado exitosos en su implementación, han demostrado ser herramientas esenciales para proporcionar a las entidades estatales y a la comunidad una comprensión clara y accesible de los riesgos potenciales. La utilización de ArcGIS Online como plataforma para la creación de estos dashboards ha permitido una

representación visual intuitiva y personalizable, lo que ha facilitado una toma de decisiones más informada y oportuna en caso de desastre.

La elaboración StoryMaps mediante la plataforma ArcGIS Online y su aplicación StoryMaps, y su consecuente implementación en el ejercicio MECODEX, representa un hito destacado en la comunicación efectiva de los riesgos de tsunami en las costas ecuatorianas. Estos storymaps, que fusionan modelos de caracterización de fenómenos, mapas, imágenes y textos descriptivos, han demostrado ser una herramienta poderosa para construir una narrativa coherente en torno a esta amenaza. La integración de elementos visuales y de texto en los storymaps ha logrado transmitir de manera clara e impactante la naturaleza y magnitud de los riesgos, resaltando áreas de mayor preocupación. La ejecución exitosa de los storymaps durante el ejercicio MECODEX ha reforzado aún más su utilidad al abordar situaciones en tiempo real, validando su eficacia para transmitir información crucial durante eventos de desastre.

Se realizaron pruebas de usabilidad exhaustivas en base a la información proporcionada por los dashboards y storymaps. Estas pruebas han confirmado la utilidad de las herramientas para apoyar a las instituciones estatales en la comprensión y toma de decisiones relacionadas con posibles tsunamis. El proceso de prueba ha validado la eficacia y funcionalidad de las herramientas en un contexto práctico.

### **Recomendaciones**

En el contexto de esta investigación, se desprenden importantes recomendaciones que pueden contribuir significativamente a la mejora continua de la gestión de riesgos relacionados con tsunamis en las costas ecuatorianas.

En relación a la colaboración interinstitucional, es esencial fortalecer y consolidar los lazos ya establecidos con actores clave como el IGM, MIDUVI, INEC, Ministerio de Educación y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo. Para ello, se sugiere la implementación de acuerdos formales que regulen la transferencia constante de información geoespacial y datos relevantes. Asimismo, se podría explorar la posibilidad de expandir la red de colaboradores a otras entidades relacionadas, lo

que podría enriquecer la calidad y la diversidad de datos disponibles, y fortalecer aún más la base de conocimientos para la gestión de desastres.

En lo que respecta a la implementación del proceso de recopilación en tiempo real mediante la aplicación Survey123 de Esri, se recomienda la continua actualización y adaptación de los formularios utilizados. Esto permitiría ajustarse a los cambios en la información requerida y mejorar la experiencia del usuario en el proceso de recopilación. Además, podría considerarse la incorporación de tecnologías de sensores automatizados y sistemas de alerta temprana, lo que podría potenciar la eficacia de la recopilación de datos en tiempo real y proporcionar información aún más precisa y oportuna.

En relación al diseño y la elaboración de tableros de control interactivos a través de la plataforma ArcGIS Online, es fundamental mantener la versatilidad y adaptabilidad de estas herramientas. Esto permitiría abordar una variedad de situaciones de riesgo y desastre, asegurando que las entidades estatales y la comunidad puedan tomar decisiones informadas en diferentes escenarios. Paralelamente, sería beneficioso explorar oportunidades para capacitar a un grupo más amplio de usuarios en el manejo de estos dashboards, ampliando así la capacidad de respuesta y preparación en situaciones de emergencia.

Por último, con respecto a la elaboración de StoryMaps, se sugiere continuar actualizando y expandiendo estos recursos a medida que se disponga de nueva información y se identifiquen aspectos adicionales del riesgo de tsunamis. Esto permitiría mantener la relevancia y la utilidad de los StoryMaps en un entorno en constante evolución. Además, sería valioso explorar la posibilidad de difundir estos StoryMaps a través de múltiples canales, como redes sociales y sitios web institucionales, con el fin de alcanzar un público más amplio y sensibilizar a la comunidad sobre los riesgos y medidas de mitigación asociados.

## Referencias Bibliográficas

- Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Japón. (2019). *¿Qué es un tsunami?* Retrieved.  
Obtenido de <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownow/faq/faq29.html>
- [Instituto Oceanográfico de Chile. (2004).
- Aules, P., & Emilio, G. (2022). El uso de Geo-Herramientas epidemiológica como apoyo al Ministerio de Salud Pública en el marco de la pandemia de coronavirus COVID-19.
- Buill Pozuelo, F., Nuñez, M. A., & Rodríguez, J. J. (2003). *Fotogrametría analítica*. Edicions UPC.
- Chuvieco, E. (2003). *Fundamentos de teledetección espacial*. Estudios Geográficos.
- Colombia, G. N. (24 de abril de 2012). *Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*. Obtenido de gov.co: <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/1523%20-%202012.pdf>
- Congreso Nacional. (2004). Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública.  
*Registro Oficial Suplemento No. 337*.
- Contreras, M. (2013). *visual.ly*.
- Córdova, Y. (2021). Propuesta de metodología para el diseño de dashboard. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 56-76.
- El universo. (30 de Enero de 2006).
- España, G. d. (22 de junio de 2022). *datos.gob.es*. Obtenido de <https://datos.gob.es/es/blog/las-herramientas-de-visualizacion-geoespacial-mas-populares>
- Esri. (2015). *Esri*. sn. Obtenido de Esri Ecuador: <https://www.esri.co/es-ec/nosotros/sobre-esri/que-son-los-sig>
- Esri. (2021). *Story Maps for Disaster Management*. Obtenido de <https://www.esri.com/en-us/disaster-response/overview>

- Esri. (21 de Agosto de 2023). *geomaticaespe.maps.arcgis.com*. Obtenido de <https://geomaticaespe.maps.arcgis.com/apps/dashboards/ea4d62aaa39740d5bc4300fe6e66e0b9>
- ESRI. (15 de 08 de 2023). *intersecar (Análisis)*. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/analysis/intersect.htm>
- Frech, L. (2019). How to design useful dashboards. Harvard Business Review.
- Goborot, A. (2017). Visual Analytics of Movement. Springer.
- GUANCHA, R. L. (2016). *DESARROLLO DEL GEOPORTAL DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/24334/0543319.pdf?sequence=1>
- Gustavo, N. (2011). Geoportales en el Ecuador. *Revista de Ciencias de la Vida*, 58-64.
- IBM. (28 de 02 de 2021). *Modelado geoespacial*. Recuperado el 20 de Agosto de 2023, de <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/27.0.0?topic=features-geospatial-modeling>
- IGM. (2013). *Geoportal IGM*. Obtenido de [https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2013/07/Manual\\_GEOPORTAL.pdf](https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2013/07/Manual_GEOPORTAL.pdf)
- IGM. (2017). *Instituto Geográfico Militar*. Obtenido de <http://www.geograficomilitar.gob.ec/>
- Ingeoexpert. (25 de enero de 2019). *¿Qué es la cartografía? Características y evolución*. Obtenido de Ingeoexpert: <https://ingeoexpert.com/2019/01/25/que-es-la-cartografia-caracteristicas-y-evolucion/>
- Juan, R. (2010). *Sistema de Información Geográfica*.
- Lavell, A. (2001). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. *Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS*, 1-22.

- Lifeder. (2020). <https://www.lifeder.com/>. Obtenido de <https://www.lifeder.com/tsunami/>
- Lima Ramírez, A. (2018). *Modelamiento geoespacial para la caracterización física, socioeconómica y alternativas de aprovechamiento de la unidad hidrográfica Puyango Ecuador* (11-13 ed.). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- López, C. (2018). *Tsunamis en el Ecuador* .
- Manrique Sancho, M. (s.f.). *La usabilidad de los geoportales*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148676527.pdf>
- Moya Honduvilla, J. (2015). *La usabilidad de los geoportales*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148676527.pdf>
- Office for Outer Space Affairs UN-SPIDER Knowledge Portal. (s.f.). *Gestión del Riesgo de Desastres*. Recuperado el 20 de Agosto de 2023, de <https://www.un-spider.org/es/riesgos-y-desastres/gestion-del-riesgo-de-desastres>
- Padilla, T. T. (2017). *CONTRASTING RESULTS OF POTENTIAL TSUNAMI HAZARDS IN MUISNE CENTRAL COAST OF ECUADOR*. Quito: Science of tsunami hazards.
- Pesantes, M. (2015). *El rol de las Fuerzas Armadas en la seguridad interna del Estado la falta de cumplimiento de los estándares internacionales por parte de Ecuador* . Quito.
- Rafael, A. (2016). La Investigación e Innovación en la Enseñanza de la Geografía.
- Ray, R. (2015). Story maps improve comprehension. *The Reading Teacher*, 400-415.
- Row, F. (2019). Data visualization for human perception. In *Interactive Data Visualization for the Web*. O'Reilly Media, 43-63.
- Tinoco Meyhuay, T., Cotos Vera, J., & Bayona Antúnez, R. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián, utilizando el model

builder del ArcGIS. *Aporte Santiaguino*, 263-274.

doi:<https://doi.org/10.32911/as.2018.v11.n2.580>

UNISDR. (2009). *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra, Suiza.

United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. (2020). *Humanitarian Data Exchange*. Obtenido de <https://data.humdata.org/>

Yaquelin, C. (2021). Propuesta de metodología para el diseño de dashboard. *Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba*, 50-85.

### **Objetivo 3: Identificar los posibles escenarios ante una amenaza de inundaciones en las costas del Ecuador**

#### **Capítulo I**

#### **Introducción**

##### **Objetivo General**

Identificar los posibles escenarios ante una amenaza de inundaciones en las costas del Ecuador para el empleo de las Fuerzas Armadas en apoyo a las instituciones del estado. Realizar el levantamiento y estructuración de información geoespacial relativa a una eventual inundación en las costas ecuatorianas, generando dashboards y storymaps para la toma de decisiones y apoyo de la comunidad y de diferentes entidades del estado.

##### **Objetivos Específicos**

- Recolectar información geoespacial lo más precisa y actualizada relacionada con las características físicas, de infraestructura y de población en la costa ecuatoriana, así como cualquier otro dato relevante que pueda influir en la concurrencia del Fenómeno de “El Niño”.
- Realizar el modelamiento de inundación por la presencia de “El Niño” en la costa ecuatoriana e identificar las áreas de mayor riesgo en caso de que el evento ocurra.
- Establecer un proceso para el levantamiento de información en tiempo real, con el fin de recopilar datos actualizados e integrarlos a las herramientas de visualización.
- Diseñar y crear tableros de control (dashboards) que permitan visualizar de manera clara y comprensible la información geoespacial permitiendo a los tomadores de decisiones y usuarios civiles entender la gravedad del evento de “El Niño”.
- Elaborar storymaps que sinteticen modelos de caracterización de fenómenos, mapas imágenes y texto predictivo para contar una narrativa coherente sobre el fenómeno de “El

Niño”, destacando las áreas de mayor preocupación en apoyo a la generación de medidas de mitigación.

- Realizar pruebas de usabilidad, basándose en la información proporcionada por los tableros de control y storymaps con el fin de evaluar su utilidad en apoyo a las instituciones del Estado ecuatoriano.

### **Metas**

- Realizar una investigación de los diferentes fenómenos físicos que pueden desencadenar una inundación.
- Recolectar datos de levantamiento de información sobre una amenaza de inundación en las costas ecuatorianas para posteriormente procesar dicha información.
- Realizar pruebas de usabilidad a todos los productos digitales diseñados.
- Promover la colaboración y el intercambio de información entre diferentes entidades del estado y la comunidad para mejorar la preparación y el apoyo en caso de un evento del ENOS.
- Evaluar el impacto y la efectividad de los dashboards y storymaps en la toma de decisiones y el apoyo de la comunidad, y realizar ajustes y mejoras en función de los resultados obtenidos.

### **Antecedentes**

El fenómeno de “El Niño” es uno de los varios ciclos climáticos irregulares que se producen por la interacción entre el océano y la atmósfera (Martelo, 1998). Este fenómeno ha sido estudiado con mayor frecuencia en los países andinos donde su presencia suele ser concurrente produciendo un exceso o déficit en las precipitaciones, así como también el aumento de temperatura, lo que ha venido desencadenando amenazas como inundaciones, sequías y deslizamientos, entre otros, con impactos socioeconómicos de gran envergadura (Fomento, 2000).

“El Niño” de 1982-83 sorprendió al país y a expertos porque no se había observado ninguno de los indicadores durante los meses posteriores al evento, no se observó un fortalecimiento de vientos o aumento de temperatura en el Océano Pacífico (POURRUT, 1998).

La casi nula preparación ante este sorpresivo evento causó un impacto socioeconómico devastador en el país calculando pérdidas de hasta 600 millones de dólares y causando 260 decesos, además de un impacto ecológico en las islas Galápagos e ingresos nulos por dos años en la industria pesquera (POURRUT, 1998).

“El Niño” de 1997-98 causó unas pérdidas 2.200 millones de dólares, dicha cifra representa cerca de la mitad del monto anual promedio de formación capital bruto en el país (MSP, 2000) , además de destruir alrededor de 15.000 viviendas alrededor de toda la costa ecuatoriana en ciudades como Esmeraldas, Portoviejo, Manta, Bahía de Caráquez y Chone.

### **Problema**

La poca cooperación entre instituciones públicas genera que mucha información geográfica útil para monitorear a El Niño se encuentre incompleta o desactualizada, además mucha de esta información se encuentra restringida para uso civil, científico o de academia lo que entorpece el trabajo de las instituciones preocupadas por este evento. Esto también a su vez limita la toma de decisiones por parte del Estado ecuatoriano, la población general y las acciones que se puedan implementar para mitigar el daño por El Niño.

A pesar de los diversos avances tecnológicos correspondientes a la visualización y manejo de datos espaciales, como dashboards, storymaps o geoportales, su implementación en la gestión de riesgos específicamente en el contexto del fenómeno de El Niño es inexistente. La falta de uso de estas herramientas visuales y accesibles impide aprovechar su potencial para mejorar la comprensión de los riesgos, la toma de decisiones y la cooperación interinstitucional.

En caso de darse una eventualidad relacionada con un fenómeno natural que afecte a la población, sí se sigue trabajando con herramientas de difusión de información o manejo de datos

tradicionales no se logrará realizar una gestión de riesgos adecuada imposibilitando así una respuesta oportuna y eficaz en apoyo a la ciudadanía en las zonas de mayor afectación.

### **Justificación**

En la actualidad se encuentra en internet una gran cantidad y variedad de mapas de susceptibilidad a inundaciones del Ecuador, pero la información que proporcionan estos a los usuarios suele ser desactualizada, mal representada o muy técnica dependiendo la persona lo visualice. Al momento de realizado este trabajo en su página web no existe información cartográfica alguna sobre inundaciones en el país por lo que los ciudadanos no comprenden la gravedad del evento.

La herramienta adecuada para la consulta de este tipo de datos que no solo incluirías las zonas de inundación sino también a su vez el catastro para que cualquier persona que viva cerca de esta zona pueda consultar si su vivienda será afectada por una posible inundación sería un tablero de control (dashboards) que tiene como objetivo primordial el análisis de una situación y acelerar la toma de decisiones por parte de las autoridades correspondientes, mediante una correcta representación visual de la información más significativa.

El uso de un tablero de control frente a una posible inundación por parte de distintas instituciones nacionales, gubernamentales, provinciales o parroquiales ayudará a que las mismas puedan brindar una pronta respuesta ante este evento el cual es bastante recurrente en nuestro país.

### **Zona de Estudio**

Debido a que el fenómeno de El Niño es un evento global, el área de estudio de este proyecto ha quedado delimitada a nivel nacional, es decir, el área de interés es el Ecuador Continental. El Ecuador se encuentra delimitando al norte con Colombia, al sur con Perú, al este con el Océano Pacífico y al Oeste con Perú. Ecuador se divide en 24 provincias a cuyo frente se sitúa un

Gobernador (designado por el presidente) y un Prefecto (elegido por votación popular). A su vez, estas se dividen en cantones (221) (Diplomática, 2023).

**Figura 187**

*Zona de Estudio*



## Capítulo II

### Marco Teórico

#### Gestión de Riesgos

La gestión de riesgos se refiere al procedimiento de reconocer, examinar, valorar y contrarrestar las posibles amenazas en una entidad, proyecto o actividad, con el fin de disminuir las consecuencias perjudiciales y capitalizar las perspectivas favorables. Requiere una estrategia y organización cuidadosas para identificar los riesgos, medir su probabilidad y alcance, luego instaurar medidas preventivas y de contingencia con el propósito de atenuar o disminuir los efectos adversos. Este proceso de administración de riesgos resulta fundamental para efectuar elecciones bien fundamentadas de tal forma que permita ampliar la resistencia y prosperidad en diversos entornos. (Lavell, 2001)

Según (Lavell, 2001), “El objetivo final de la gestión es el de garantizar que los procesos de desarrollo impulsados en la sociedad se dan en las condiciones óptimas de seguridad posible y que la atención dado al problema de los desastres y la acción desplegada para enfrentarlos y sus consecuencias promueven hasta el máximo el mismo desarrollo”.

#### Principales Actividades en gestión de Riesgos

##### Respuesta

La respuesta hace referencia a las respuestas que se pueden adoptar antes, durante o inmediatamente después de un evento catastrófico con el fin de evitar el mayor número de vidas perdidas, reducir los impactos en la salud y velar por la seguridad pública (UNISDR, Terminología sobre reducción del riesgo de desastres, 2009)

##### Recuperación

Según la Oficina de Naciones Unidas para la reducción del Riesgo de Desastres:

El restablecimiento o mejora de los medios de vida y la salud, así como de los bienes, sistemas y actividades económicas, físicas, sociales, culturales y ambientales de una comunidad o sociedad afectada por un desastre, siguiendo los principios del desarrollo sostenible y de “reconstruir mejor”, con el fin de evitar o reducir el riesgo de desastres en el futuro (UNISDR, Terminología sobre reducción del riesgo de desastres, 2009).

### Preparación

La preparación se basa en el análisis sensato del riesgo de desastres y en el establecimiento de vínculos apropiados con los sistemas de alerta temprana.

UNISDR acerca de la preparación comenta.

La preparación incluye diferentes actividades como la planificación de contingencias, reserva de equipos y suministros, desarrollo de disposiciones para la coordinación, evacuación y la información pública (UNISDR, Terminología sobre reducción del riesgo de desastres, 2009).

Estas actividades deben recibir el apoyo de las capacidades institucionales, jurídicas y presupuestarias formales. El término afín de “prontitud” describe la habilidad de responder de forma rápida y apropiada cuando así se requiera (UNISDR, Terminología sobre reducción del riesgo de desastres, 2009).

### Mitigación

Consiste en la disminución de los impactos adversos de las amenazas y los diferentes eventos naturales o antrópicos. Las medidas de mitigación abarcan técnicas de ingeniería y construcciones resistentes a las amenazas, al igual que mejores políticas ambientales y una mayor sensibilización pública. (UNISDR, Terminología sobre reducción del riesgo de desastres, 2009).

### Ciclo de la gestión de riesgos

#### Figura 188

*Ciclo de la GR*



*Nota:* Cálculo de los tiempos de evacuación horizontal y vertical en caso de una eventual erupción del volcán Cotopaxi; Padilla, O, 2017.

### **Fuerzas Armadas: funciones y roles en situación de emergencia**

Las Fuerzas Armadas ecuatorianas desempeñan un papel crucial en la protección y defensa del país en todo momento, incluyendo situaciones de emergencia. Su participación en este tipo de escenarios es esencial para brindar apoyo y asistencia a la población afectada, así como para garantizar la seguridad y el orden en medio de la crisis.

Una de las principales funciones de las Fuerzas Armadas en situaciones de emergencia es la respuesta rápida y eficiente ante desastres naturales, como terremotos, inundaciones o erupciones volcánicas. Estas situaciones pueden causar daños significativos en infraestructuras y poner en peligro la vida de las personas, por lo que la presencia y la acción inmediata de las Fuerzas Armadas son fundamentales para proporcionar ayuda humanitaria, evacuar a las personas afectadas y garantizar la seguridad en la zona afectada. (Torres & Concha, 2022).

Además, las Fuerzas Armadas también desempeñan un papel esencial en la coordinación y el mando de las operaciones de respuesta en situaciones de emergencia. Trabajan en estrecha colaboración con otros actores, como las autoridades civiles, la policía y los servicios de emergencia, para establecer un sistema eficiente de gestión de la crisis. Esto implica la organización de los recursos disponibles, la distribución de suministros, la evacuación de personas en peligro y el restablecimiento de la normalidad en la medida de lo posible. (Torres & Concha, 2022).

Otro rol importante de las Fuerzas Armadas en situaciones de emergencia es el de garantizar la seguridad y el orden público. En momentos de crisis, pueden producirse situaciones de caos y desorden, lo que puede afectar negativamente a la respuesta y a la seguridad de la población. En este sentido, las Fuerzas Armadas intervienen para mantener la paz, prevenir saqueos o actos delictivos, y asegurar que las operaciones de respuesta se lleven a cabo de manera segura y eficiente.

Dentro de las herramientas que permitirían tener una respuesta adecuada en el ciclo de la gestión de riesgos, está el uso de herramientas geo informáticas y la visualización de los datos que se produzcan para poder apoyar en un evento como El Fenómeno de “El Niño”.

La gestión de riesgos está orientada justamente a enfrentar:

## Riesgo

Según Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2023), el riesgo es el producto de la interacción entre dos variables: la vulnerabilidad y la amenaza. Esta combinación puede dar lugar a resultados desfavorables, incluyendo la posibilidad de sufrir pérdidas económicas, medioambientales y físicas en un lugar geográfico específico durante un período determinado.

### Figura 189

*Ejemplo de riesgo*



## Amenaza

Hace referencia al peligro latente de que un evento físico de origen natural o antrópico, se presente en una escala lo suficientemente alta como para causar pérdida de vidas, lesiones u otros

impactos en la salud, así como también daños de infraestructura, medios de sustento, prestación de servicios y recursos ambientales (Colombia, 2012).

### Figura 190

*Ejemplo de amenaza*



*Nota:* Telegrafía, (2023).

### Vulnerabilidad

Es la incapacidad de un sistema de resistir en la presencia de un fenómeno natural o la incapacidad de reponerse después de que el desastre haya ocurrido. Depende de diferentes factores, como la edad y salud de la persona y las condiciones de vida (UNISDR, UNISDR.ORG, 2023).

### Figura 191

*Ejemplo de vulnerabilidad*



*Nota:* INCIBE 2023

**Tabla 12***Relación riesgo, amenaza, vulnerabilidad*

Evento	Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Haití, 2010	Terremoto 7.1 grados en la escala de Richter	Pobreza elevada Institucional y organizacional Tipo de construcción antitécnica	=316.000 personas fallecidas
Ecuador, 2016	Terremoto de 7.8 grados en la escala de Richter.	Pobreza Tipo de construcción antitécnica	=663 personas fallecidas
Chile, 2010	Maremoto con tsunami 8.8 grados en la escala de Richter	Ambiente Urbano Falla Alerta Temprana	=525 personas fallecidas
Los Ángeles, 1994	Terremoto 6.7 grados en la escala de Richter	Ambiente Urbano	=72 personas fallecidas

*Nota:* Esta tabla muestra la relación riesgo, amenaza, vulnerabilidad. SICH, 2011; Bolaños, C, 2012.

### **Peligros Naturales**

El término peligro natural engloba a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos, siendo estos últimos sísmicos y volcánicos, que pueden afectar de manera adversa a la población, a sus estructuras o actividades, los que se pueden ser atmosféricos, volcánicos, hidrológicos, sísmicos, incendios u otras amenazas geológicas hidrológicas, disgregándose de la siguiente forma: (OEA, 1991) (Toulkeridis, 2013)

**Figura 192**

*Tipos de peligros naturales*

- Atmosféricos:
  - Granizo
  - Huracanes
  - Incendios
  - Tornados
  - Tormentas tropicales
- Volcánicos:
  - Gases volcánicos
  - Caída de cenizas
  - Flujos piroclásticos
  - Lahares
  - Avalanchas de escombros
  - Sismos volcánicos
  - Flujos de lava
- Hidrológicos:
  - Inundación costera
  - Desertificación
  - Salinización
  - Sequía
  - Erosión y sedimentación
  - Desbordamientos de ríos
- Sísmicos:
  - Fallas
  - Temblores
  - Dispersiones laterales
  - Licuefacción
  - Tsunamis
  - Marejadas
- Otras amenazas geológicas
  - hidrológicas:
    - Avalanchas de ripio
    - Suelos expansivos
    - Deslizamientos
    - Desprendimientos de roca
    - Deslizamientos submarinos
    - Hundimientos de tierra
  - Incendios:
    - Matorrales
    - Bosques
    - Pastizales
    - Sabanas
    - Olas ciclónicas

Este estudio se centrará en las inundaciones y se extenderá la investigación a las afectaciones producidas por el fenómeno de “El Niño” y el impacto que produce su llegada

### **Definición y características de las inundaciones**

Las inundaciones son fenómenos naturales y puede esperarse que ocurra a intervalos irregulares de tiempo en todos los cursos de agua (OAS, s.f.).

Rico comenta que:

Las inundaciones son una de las amenazas más peligrosas de la naturaleza. Diferentes fenómenos atmosféricos como vaguadas, ondas tropicales, frentes fríos o estacionarios, ciclones tropicales, o bandas exteriores de ciclones tropicales, pueden producir lluvias intensas o prolongadas. (Rico, 2020)

Los efectos de los desastres naturales pueden resumirse en estas declaraciones de la ONU (24 de julio de 2014), luego de las deliberaciones efectuadas por 60 países sobre Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM): “Una inundación grande o un tifón pueden retrasar el desarrollo de una región en 20 años”.

### Figura 193

#### *Inundación*



*Nota:* Ejemplo de una inundación, 123RF, Creador Aleksandra Sabelskaia

#### **Tipos de inundaciones y su impacto**

Las inundaciones son uno de los desastres naturales más comunes en todo el mundo. Se pueden clasificar en dos tipos: las causadas por desbordamiento de ríos debido a fuertes lluvias y las originadas en el mar producidas por olas ciclónicas que afectan a las áreas costeras (OEIDOC, 2023)

Las inundaciones o fuertes lluvias ocurridas pueden atribuirse al fenómeno El Niño, puesto que ocurren inundaciones provocadas o amplificadas por las acciones antrópicas sobre la faja marginal y planicie inundable de los ríos, principalmente del desarrollo urbano y/o actividad agropecuaria (OSNIRH, 2010).

En la costa, las grandes inundaciones son ocasionadas por los desbordes de los ríos, predominando un mecanismo de desarrollo típico de las inundaciones fluviales, que se forman lentamente durante un intervalo de tiempo de días. (OSNIRH, 2010).

El INAMHI ha categorizado las inundaciones en estos tipos: por extremas precipitaciones de lluvias, desbordamientos de ríos y taponamiento de los sistemas de drenajes; en El Niño han acontecido todos estos tres, aumentándose con deslizamientos de tierras y bloqueo de caminos. (López, 2015).

#### **Figura 194**

*Total, de 15.264 viviendas quedaron afectadas, especialmente en las provincias costeras*



*Nota: MSP Ecuador*

#### **Historia de las inundaciones, Fenómeno de “El Niño” y su impacto**

La superposición de aguas calientes que proceden del hemisferio norte sobre las aguas frías de la corriente de Humboldt, lo que origina intensas lluvias, con efectos negativos, en América del Sur, sobre todo en las costas del Pacífico. El curioso nombre de El Niño se debe a que pescadores peruanos le llamaron así, por aparecer en diciembre, cuyo máximo referente es Navidad (el nacimiento del Niño Jesús, para los cristianos) (López, 2015).

Los años en que este fenómeno ocasionó mayores estragos han quedado en esos registros con la siguiente cronología: 1578, 1728, 1790–93, 1828, 1876–78, 1891 y 1925–26. Los de 1982–83 y 1997–98, así como los de 1957–58 y 1972–73, se presentaron con características desastrosas. En un estudio efectuado por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador y la OPS, se determinó que los daños de El Niño (1982–83) ascendieron a pérdidas en los sectores productivos en el 63%, infraestructura 33% y sectores sociales 4%, con efectos negativos para el crecimiento del PIB, así como la disminución de exportaciones, incremento del déficit fiscal y de la inflación, lo que trajo otras consecuencias nada recomendables para la población. Siguiendo con los datos concernientes a 1982–83, DesInventar de la RED dio a conocer que todas las provincias de la Costa ecuatoriana sufrieron este fenómeno, habiendo sido la parte inferior de la cuenca del Guayas la más afectada con más de cien inundaciones, luego y en este orden: Manabí y Los Ríos, Esmeraldas y El Oro. En la Sierra, Azuay sufrió los máximos estragos, singularmente Cuenca.

De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el fenómeno acontecido en el Ecuador, en 1982–83, produjo la inundación de 896.100 hectáreas, fallecieron aproximadamente 600 personas y el monto total de pérdidas se calculó en 650 millones de dólares. Según la misma CEPAL, el correspondiente a 1997–98 dejó daños cuyo monto ascendieron a USD. 2.869,3 millones, de ellos 783 fueron por daños directos y, por indirectos, 2.086,1 millones., lo que significó cuatro veces mayor que el anterior.

### **Figura 195**

*Daños económicos ocasionados en Ecuador a causa de “El Niño”*

<b>Fenómeno El Niño</b>				
<b>Resumen de daños ocasionados - Ecuador 1997-1998</b>				
<b>(Millones de dólares)</b>				
<u>Sector y subsector</u>	<u>Daños totales</u>	<u>Daños directos</u>	<u>Daños indirectos</u>	<u>Componente de importación y exportación *</u>
Total nacional	2869,3	783,2	2086,1	569,4
Sectores sociales	192,2	63,1	129,1	29,2
Vivienda	152,6	43,4	109,2	17,1
Salud	19,5	4,2	15,3	6,7
Educación	20,1	15,5	4,6	5,4
Pérdida de ingresos *	17,8		17,8	
Infraestructura	830,3	123,3	707	80,2
Agua y alcantarillado	16,7	5,5	11,2	9,6
Energía y electricidad	19	15,7	3,2	15,8
Transporte y telecomunicaciones	786,8	99,1	687,7	53,2
Infraestructura urbana	7,8	3	4,8	1,6
Sectores productivos	1515,7	596,8	918,9	483,8
Agropecuario y pesca	1243,7	547,7	696	388,8
Industria, comercio y turismo	272	49,1	222,9	95,2
Otros, gastos de emergencia, prevención y mitigación	331,1		331,1	66,2

*Nota:* Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL, Ecuador: Evaluación de los efectos socioeconómicos del Fenómeno El Niño en 1997-1998 sobre la base de cifras oficiales

## **Tecnologías de la Información Geográfica (TIG)**

### **Sensores Remotos**

Los sensores remotos son dispositivos que permiten capturar información de los objetos sin tener contacto directo con ellos; por ello poseen un sistema de resolución que se define como la habilidad de registrar información al detalle, permitiendo discriminarla (Chuvienco, 2003), por lo tanto, el concepto de resolución implica, al menos cuatro manifestaciones: espacial, espectral, radiométrica y temporal.

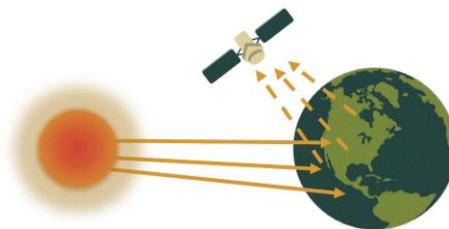
Chuvienco en su libro comenta:

La interpretación de imágenes de sensores remotos es una técnica que consiste en examinar las imágenes de los objetos registrados por los sensores remotos, con el propósito de identificarlas, deducir su significado y valorarlas según el objetivo que se persigue, por ende se puede trabajar con las diferentes disciplinas para conseguir los diferentes objetivos (Chuvienco, 2003).

### **Figura 196**

*Ejemplo de sensores remotos*

### Passive Sensors



*Nota:* Educación ambiental de Republica Dominicana, (2023)

### Fotogrametría

La fotogrametría es un campo que se dedica a medir y cartografiar objetos y áreas en tres dimensiones mediante el uso de imágenes fotográficas. Esta disciplina combina principios geométricos y ópticos para obtener información precisa sobre la forma, tamaño y posición de objetos a partir de fotografías aéreas, terrestres o tomadas desde satélites. (Buill Pozuelo, Nuñez, & Rodríguez, 2003)

La fotogrametría encuentra aplicación en diversos ámbitos, como la creación de mapas, la topografía, la arqueología y la ingeniería, con el propósito de generar modelos tridimensionales detallados y mapas precisos a partir de imágenes bidimensionales. (Buill Pozuelo, Nuñez, & Rodríguez, 2003).

### **Figura 197**

*Ejemplo de fotogrametría*



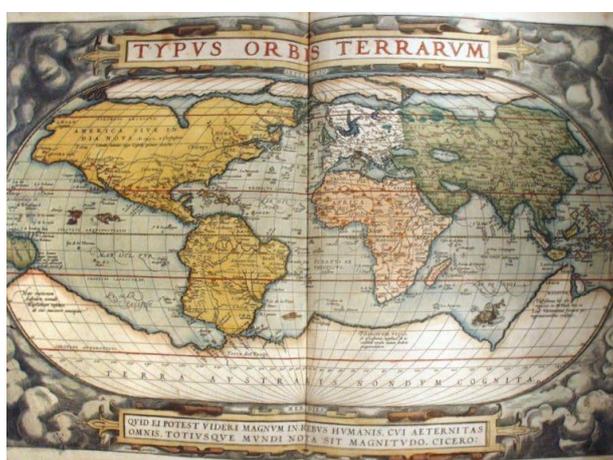
*Nota:* Grupo IME, (2023)

## Cartografía

Tiene una naturaleza dinámica, evolucionando constantemente con las nuevas tecnologías, es el un proceso en el cual se recopilan los datos, se compilan y se diseñan mapas que brinden representaciones precisas de áreas particulares, detallando los elementos cartográficos de interés y de acuerdo a la temática del mapa (Ingeoexpert, 2019).

### Figura 198

*Ejemplo de cartografía*



*Nota: GeoInnova, (2023)*

## Infraestructura de datos geospaciales (IDE)

Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) posibilitan la creación de nueva información mediante la combinación de recursos técnicos, informáticos y humanos. Su objetivo primordial radica en facilitar la difusión, el acceso y la utilización de información geográfica a través de un conjunto de estándares, protocolos y especificaciones (León et al., 2022).

Según se menciona en el Geoportal del IGM (2011) La Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) en el Ecuador y gestionado por el Instituto Geográfico Militar, es un sistema organizado y conjunto de tecnologías, políticas, estándares y recursos geospaciales que permite la captura, gestión, almacenamiento, análisis y distribución de información geográfica de manera eficiente y

coordinada. Esta infraestructura facilita el acceso y uso de datos geoespaciales tanto para entidades gubernamentales como para el público en general.

#### **Características de la Infraestructura de Datos Espaciales en el Ecuador.**

- **Interoperabilidad:** La IDE ecuatoriana se basa en estándares y protocolos que permiten la comunicación y el intercambio de datos entre diferentes entidades y sistemas, independientemente de su origen o tecnología.
- **Acceso Abierto:** La IDE promueve la disponibilidad y accesibilidad de la información geoespacial al público en general, facilitando la toma de decisiones informadas y el desarrollo de aplicaciones basadas en la ubicación.
- **Datos Actualizados:** Se enfoca en mantener los datos geoespaciales actualizados y precisos, lo que es esencial para una planificación y gestión eficaz del territorio.
- **Coordinación Gubernamental:** Involucra a múltiples entidades gubernamentales y organizaciones en la generación y mantenimiento de datos geoespaciales, garantizando la coordinación y colaboración en la gestión de información.
- **Amplia Variedad de Datos:** La IDE ecuatoriana abarca una amplia gama de datos, como mapas, imágenes satelitales, datos geográficos, información climática, datos de infraestructuras, entre otros.
- **Plataformas Tecnológicas:** Utiliza sistemas y herramientas tecnológicas para la captura, almacenamiento y análisis de datos geoespaciales, permitiendo su fácil visualización y manipulación.
- **Apoyo a la Toma de Decisiones:** La IDE es una valiosa herramienta para la toma de decisiones en áreas como urbanismo, medio ambiente, gestión de desastres, agricultura y planificación territorial.
- **Educación y Conciencia:** Promueve la educación y la conciencia sobre el valor de los datos geoespaciales en la sociedad, fomentando su uso responsable y ético.

- Seguridad y Privacidad: La IDE implementa medidas de seguridad para proteger la integridad y privacidad de los datos, evitando accesos no autorizados.
- Aplicaciones Específicas: Permite el desarrollo de aplicaciones y servicios específicos que utilizan datos geoespaciales, como mapas interactivos, sistemas de navegación, análisis de riesgos, entre otros.

**Figura 199**

Componentes de las IDE



Componentes básicos de una Infraestructura de Datos Espaciales

*Nota:* Office for Outer Space Affairs UN-SPIDER Knowledge Portal

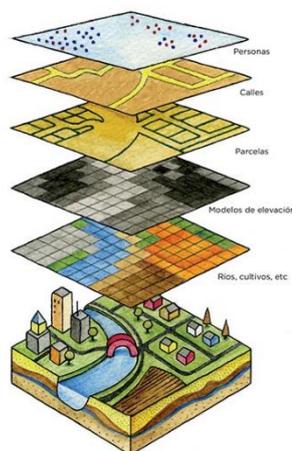
### Sistemas de información geográfica (SIG)

ESRI menciona en su página:

Es una estructura para recopilar, gestionar y analizar datos. Arraigado a la ciencia de la geografía, GIS integra muchos tipos de datos. Analiza la ubicación espacial y organiza capas de información en visualizaciones mediante mapas y escenas en 3D. Con esta capacidad única, GIS revela información más profunda sobre los datos, como los patrones, las relaciones y las situaciones, lo que ayuda a los usuarios a tomar decisiones más inteligentes (Esri, Esri, s.f.)

## Figura 200

*Estructura de un SIG*



*Nota:* La arquitectura y los sistemas de información geográfica; Ramirez, J, 2014.

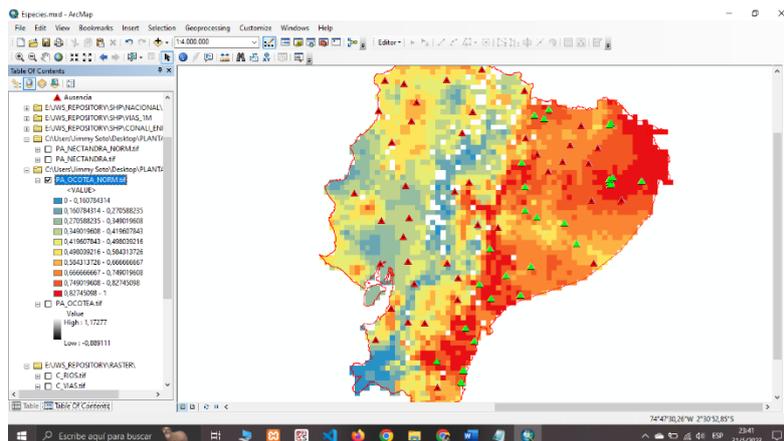
## Modelamiento

Según (IBM, 2021), “las técnicas de modelado geoespacial están diseñadas para descubrir patrones de datos que incluyen un componente geoespacial”, siendo de esta manera que, los métodos de análisis que se emplean para determinar los patrones de datos obedecen a la caracterización de un fenómeno espacio-temporal en base a un conjunto de reglas que tienen por objetivo la asociación de eventos o elementos a través de sus propiedades o características representativas, así como su comportamiento evidenciado a través de datos de localización y/o series temporales.

Por otro lado, desde el punto de vista de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el modelamiento geoespacial consiste en la abstracción de los elementos, interacciones y fenómenos que ocurren en el mundo real, siendo estos representados mediante modelos conceptuales y gráficos que emplean atributos y geometrías para describirlos. (Lima Ramírez, 2018).

## Figura 201

*Modelamiento geoespacial en ArcGIS*



*Nota.* El gráfico muestra el modelamiento de la distribución de la especie vegetal *Ocotea Aciphylla*. Tomado de *Tareas de Modelamiento Geoespacial*, por los Autores, 2023, Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE.

### Sistemas de visualización

Las herramientas de visualización desempeñan un papel fundamental en los geoportales, según (Gustavo, 2011) “Son plataformas en línea que permiten la visualización y el análisis de datos geoespaciales”. Estas herramientas son de gran importancia ya que nos permite aprovechar al máximo la información espacial que se encuentra en las diferentes fuentes de información. Las herramientas de visualización de datos espaciales nos permiten representar gráfica e intuitiva los datos, facilitando el análisis y comprensión de la información por parte de los usuarios, la visualización proporciona una representación clara y efectiva de patrones, tendencias y relaciones espaciales.

Las herramientas de visualización de datos albergan una gran cantidad de datos geoespaciales provenientes de diversas fuentes y formatos, permitiendo tener una base de datos integral, ofreciendo capacidades avanzadas de análisis espacial, superponer capas, realizar consultas espaciales, realizar diferentes mediciones, identificar patrones espaciales, interpolaciones y diferentes operaciones analíticas. Estas capacidades permiten comprender mejor los fenómenos geográficos, facilitando la toma de decisiones.

Las herramientas de visualización de datos espaciales facilitan la comunicación:

“Las visualizaciones geoespaciales pueden ser compartidas en línea, lo que permite a las personas acceder, explorar y discutir los datos de manera conjunta. Esto fomenta la participación, el intercambio de conocimientos y la toma de decisiones colaborativa basada en información geográfica” (Goborot, 2017).

Permitiendo comprender mejor los patrones espaciales y tomar decisiones contextuales.

### **Geoportales**

El Geoportal es una herramienta digital que proporciona acceso a información geoespacial de manera organizada y fácilmente accesible. Esta plataforma en línea reúne diversos datos cartográficos, imágenes satelitales, mapas interactivos y otras capas de información geográfica en un solo lugar, permitiendo a los usuarios explorar y analizar de manera efectiva el entorno geográfico.

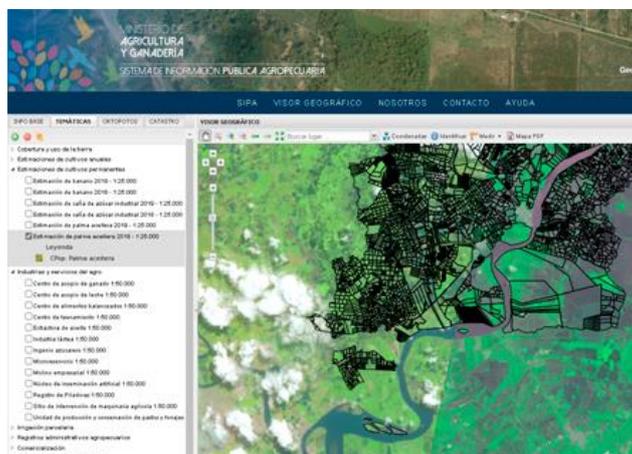
Una de las principales características del Geoportal es su capacidad para integrar datos de diferentes fuentes y formatos en una interfaz unificada. Esto significa que los usuarios pueden acceder a información proveniente de instituciones gubernamentales, organizaciones ambientales, empresas privadas y otras entidades, facilitando la obtención de datos actualizados y confiables. (Arcgis, 2021)

Además, el Geoportal ofrece diversas herramientas de visualización y análisis espacial que permiten a los usuarios explorar y comprender mejor los datos geoespaciales. Estas herramientas incluyen la capacidad de superponer capas de información, realizar mediciones, crear mapas temáticos y realizar consultas espaciales, entre otras funcionalidades. Esto brinda a los usuarios la oportunidad de realizar análisis geográficos y tomar decisiones informadas basadas en la información obtenida.

Otra característica destacada del Geoportal es su capacidad de compartir datos y colaborar. Los usuarios pueden cargar y compartir sus propios conjuntos de datos geoespaciales, lo que fomenta la colaboración entre diferentes actores y promueve la creación de conocimiento colectivo. Esto es especialmente valioso en proyectos que involucran múltiples partes interesadas y requieren el intercambio de información geográfica para la toma de decisiones conjuntas. (Arcgis, 2021).

**Figura 202**

Ejemplo de Geoportales



Nota: SIGTIERRAS-MAG,

## Metodologías de diseño y desarrollo de Geoportales

### Enfoques de diseño centrados en el usuario para Geoportales.

La edificación de información, cuyo propósito es la generación de diseños eficaces para la presentación y comprensión de la información, junto con la usabilidad, que estudia el conjunto de características del diseño y funcionamiento de una interfaz de usuario, son disciplinas cuyo desarrollo está dirigido a lograr la máxima satisfacción del usuario durante el proceso de interacción con cualquier sistema de información.

Manrique comenta lo siguiente acerca de geoportales:

En el caso particular de los geoportales que dan acceso a todo tipo de información geoespacial, su usabilidad suele obviar al usuario final, centrándose en otros parámetros de diseño tales como la programación y el cumplimiento de estándares técnicos. Para ello se cree necesario conocerlos a profundidad por medio de un estudio pormenorizado (Manrique Sancho, La usabilidad de los geoportales, s.f.).

A partir de la aplicación de la técnica de Diseño Orientado a Metas (DOM) para la búsqueda de una arquitectura de interfaz eficiente, es posible dotar a los actuales geoportales de un nuevo concepto basado en las capacidades cognitivas (Moya Honduvilla J. B.).

Se describen brevemente los fundamentos e ideas básicas de la técnica de Diseño Orientada a Metas (DOM), detallando a continuación una metodología concreta y ejemplificada de su aplicación.

- A su vez, se resume la experiencia extraída en un ejemplo concreto, la creación de un geoportal poseedor de una interfaz orientada a resolver distintas metas de usuarios.
- Por último, se propone un conjunto de conclusiones aplicable a cualquier proceso de creación de un geoportal enfocado a difundir datos y servicios geográficos. (Manrique Sancho, La usabilidad de los geoportales, s.f.)

#### **Ciclo de vida del desarrollo de Geoportales.**

Es indispensable se siga impulsando el desarrollo y mejoramiento de este tipo de sistemas con el propósito de convertirlas en excelentes herramientas para la gestión universitaria. Esto permitirá tener una base de datos geográfica actualizada con el pasar del tiempo y en su efecto personas capacitadas que realicen las modificaciones del sistema pertinentes para la satisfacción de los usuarios. (GUANCHA, 2016).

#### **Metodologías ágiles aplicadas al desarrollo de Geoportales.**

Los aspectos favorables que se han constatado en la aplicación de la metodología se sintetizan en los siguientes puntos:

- La forma en la que se disponen las fases, y el modo de trabajo iterativo a que obligan, implica desarrollar un producto con unas bases sólidas. Las tareas fluyen naturalmente, sin dar pasos que no tengan un apoyo anterior, lo que aporta seguridad y confianza.

- Se obliga al equipo de trabajo a discurrir sobre el porqué de las cosas, y nada se deja a la improvisación. En cada una de las fases se concretan perfectamente los puntos de interés en base a entregables que sirven de datos de entrada para las fases inmediatamente posteriores.

- El uso de personajes como modelos de usuario ayudan en la comunicación del equipo de trabajo, proporcionando un lenguaje común en las decisiones de diseño.
- Se constata que la forma narrativa de los modelos desarrollados (básicamente personajes y escenarios) aun pareciendo a priori dudosa y poco operativa, es capaz de generar información y listas de datos y objetos de un modo más fácil y accesible que los clásicos informes de requisitos. Así, destaca la capacidad del método para genera nuevas ideas. (Moya Honduvilla J. , 2015).

### **Geoportales en el ámbito militar**

#### **Casos de Geoportales implementados por fuerzas armadas en apoyo a instituciones del estado**

Las fuerzas armadas en muchos países utilizan tecnologías de la información geoespacial relacionadas para apoyar sus operaciones y tomar decisiones informadas. Esto puede incluir la recopilación y el análisis de datos geoespaciales para la planificación de misiones, el seguimiento de fuerzas en el campo, la evaluación de amenazas y la respuesta a desastres naturales.

En el caso específico de Ecuador, las Fuerzas Armadas pueden utilizar GeoPortales para recopilar y visualizar información geográfica relevante en apoyo a las instituciones estatales. Algunos posibles casos de uso podrían incluir:

**Apoyo a la gestión de desastres:** Las Fuerzas Armadas pueden utilizar un GeoPortal para recopilar y compartir información sobre áreas afectadas por desastres naturales, como terremotos, inundaciones o erupciones volcánicas. Esta información puede ser utilizada por instituciones estatales responsables de la respuesta y la atención de emergencias.

**Vigilancia y control fronterizo:** Un GeoPortal podría ser utilizado para monitorear y visualizar datos geográficos relacionados con la vigilancia y el control de fronteras. Esto puede incluir la visualización de áreas sensibles, puntos de control, rutas de tráfico ilegal u otros datos relevantes para la seguridad nacional.

**Planificación y desarrollo territorial:** Las Fuerzas Armadas podrían colaborar con instituciones estatales encargadas de la planificación urbana y el desarrollo territorial mediante la recopilación y

análisis de datos geográficos. Un Geoportal podría facilitar la visualización de información sobre infraestructuras críticas, áreas estratégicas y planificación de operaciones conjuntas.

El Instituto Geográfico Militar, una institución perteneciente a Fuerzas Armadas, ha implementado su IDE institucional y ha desarrollado aplicaciones Cartográficas-Geográficas apoyadas en los avances tecnológicos, que contribuyen con el desarrollo nacional. (Militar, Geoportal IGM, 2013).

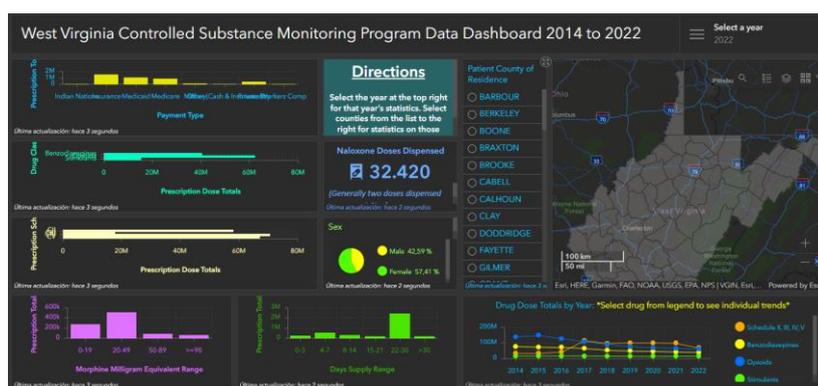
## Dashboards

Referente al tema (Córdova, 2021), “Los dashboards son herramientas que permiten compartir, agrupar, centralizar y proporcionar una visualización gráfica de la información relevante de una organización, facilitando la toma de decisiones”, proporcionando una visión general y accesible de información compleja.

Los dashboards permite reunir datos de diversas fuentes y presentarlos en un único lugar, facilitando el acceso y la visualización de la información, emplea gráficos, tablas y otros elementos visuales facilitando la identificación de tendencia, patrones y relación de datos.

### Figura 203

Ejemplo de dashboard.



Nota: La figura muestra el funcionamiento de un dashboard ESRI, (2023).

## Dashboards y Storymaps como herramientas de visualización

Según (Rafael, 2016). “Los dashboards y los storymaps son herramientas de visualización ampliamente utilizadas que ofrecen una forma efectiva de presentar y comunicar información de manera visual”. Esto permite comunicar información compleja de manera más accesible.

### Storymaps

Según (Ray, 2015), “Los storymaps son herramientas que combinan narrativa y visualización para contar una historia o presentar información de manera secuencial y atractiva”. Permite combinar texto, imágenes, videos o secuencia de eventos, para guiar a los usuarios a través de un argumento.

Los storymaps son especialmente útiles para presentar información geoespacial de manera contextual y envolvente. Pueden utilizarse en diversos contextos, como la divulgación de datos, el turismo, la planificación urbana y la educación.

### Figura 204

*Ejemplo de Storymap*



Nota: (Solano, 2023)

### Importancia de los dashboards y storymaps en la toma de decisiones

Los dashboards y storymaps son herramientas visuales cada vez más utilizadas en la toma de decisiones, ya que facilitan la comprensión y el análisis de datos complejos al presentarlos de manera clara y concisa, según (Row, 2019) “Los dashboards y storymaps permiten a los tomadores

de decisiones acceder rápidamente a información relevante, evitando la necesidad de revisar múltiples fuentes de datos”.

Los dashboard y story maps desempeñan un papel fundamental en la toma de decisiones al facilitar el acceso a información relevante, asimismo (Frech, 2019) menciona que “Los dashboards permiten el monitoreo en tiempo real de los indicadores clave de rendimiento, lo que permite una toma de decisiones más ágil y basada en datos actualizados”

### **Esri's Story Maps for Disaster Management**

Esri, una empresa líder en tecnología geoespacial, ha desarrollado storymaps específicos para la gestión de desastres naturales. Estos storymaps combinan mapas interactivos, imágenes y narrativas para presentar información sobre amenazas, evacuaciones, albergues y recursos disponibles, brindando una comprensión contextualizada de la situación (Esri, Story Maps for Disaster Management, 2021).

### **Survey**

"Survey" constituía una sección dentro de ArcGIS Online que posibilitaba el compartimiento y análisis de encuestas fundamentadas en formularios. Esta función permitió la captura de datos vía web, incluso en situaciones donde no había disponibilidad de conexión a internet, con el propósito de analizar los resultados obtenidos. (Esri, 2023).

### **Marco normativo y legal relacionado**

#### **Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP).**

La Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP), publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 337 de 18 de mayo de 2004, en cuyo Título I Art.1, referente a los principios generales menciona al Principio de Publicidad de la Información Pública, mismo que establece que “el acceso a la información es un derecho de las personas que garantiza el Estado”. (Congreso Nacional, 2004).

De manera detallada, en dicho artículo se contempla que “toda la información que emane o que esté en poder de las instituciones, organismos y entidades, personas jurídicas de derecho público o privado (...) están sometidas al principio de publicidad; por lo tanto, toda información que posean es pública, salvo las excepciones establecidas en esta Ley”. (Congreso Nacional, 2004).

Por otro lado, en el Art. 3 de la presente ley, se delimita a las instituciones y organismos para los cuales esta ley es aplicable, siendo así que, el ámbito de aplicación de esta ley está orientado a:

a) Los organismos y entidades que conforman el sector público en los términos del artículo 118 de la Constitución Política de la República;

b) Los entes señalados en el artículo 1 de la presente Ley.

c) Las personas jurídicas cuyas acciones o participaciones pertenezcan en todo o en parte al Estado, exclusivamente sobre el destino y manejo de recursos del Estado.

e) Las corporaciones, fundaciones y organismos no gubernamentales (ONGs) aunque tengan el carácter de privadas y sean encargadas de la provisión o administración de bienes o servicios públicos, que mantengan convenios, contratos o cualquier forma contractual con instituciones públicas y/u organismos internacionales, siempre y cuando la finalidad de su función sea pública.

h) Las personas jurídicas de derecho privado que posean información pública en los términos de esta Ley.

No obstante, en el Art. 4, referente a los Principios de Aplicación de la Ley se destaca que, según el literal a), “La información pública pertenece a los ciudadanos y ciudadanas. El Estado y las instituciones (...) están obligados a garantizar el acceso a la información”. Dicha información puede estar declarada como pública o reservada.

#### **Normativa referente a la información pública y su difusión.**

El Art.6 de la LOTAIP define la Información Confidencial como “aquella información pública personal, que no está sujeta al principio de publicidad y comprende aquella derivada de sus derechos personalísimos y fundamentales”, siendo de este modo que, el uso de dicha información

personal de manera ilegal, conllevará al inicio de acciones legales pertinentes. (Congreso Nacional, 2004).

No obstante, en lo referente a la difusión de la información pública, el Art. 7 de la ley en cuestión, se menciona que la información pública se difundirá mediante un “portal de información o página web, así como de los medios necesarios a disposición del público”. (Congreso Nacional, 2004).

### **Políticas Nacionales de Información Geoespacial (CONAGE).**

El 22 de septiembre de 2004, mediante el Decreto Ejecutivo No. 2250, publicado en el Registro Oficial No. 466, se crea el Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE), este organismo técnico, subordinado a la Presidencia de la República tiene como objetivo principal el impulsar la creación, mantenimiento y administración de la Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales (IEDG). (Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE), 2010).

Bajo el mismo Decreto Ejecutivo No. 2250, en su Art. 3 literal a), se atribuye al Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE) la formulación de las políticas nacionales referentes a la generación de información geoespacial, las cuales según el ámbito de aplicación se presentan bajo carácter obligatorio tanto para las instituciones públicas, como para las instituciones privadas que, haciendo uso de los recursos del Estado, generen información geoespacial. (Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE), 2010).

Siendo de este modo que, el 01 de septiembre de 2010, son publicadas en el Registro Oficial Nro. 269 las ‘Políticas Nacionales de Información Geoespacial’, las cuales se rigen bajo una serie de principios, entre los cuales se destaca el principio de ‘Publicidad y accesibilidad’ definido en el Art. 1 de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública, bajo la cual se enmarca la publicación y accesibilidad de información mediante herramientas como dashboards, storymaps y geoportales. (Consejo Nacional de Geo informática (CONAGE), 2010).

**Política 1: Referente a las políticas de generación y actualización de geo información.**

Numeral 1.2.- Las instituciones generadoras de información geoespacial deben garantizar que sus productos sean interoperables entre sí, esto conlleva al uso de los estándares respectivos para la compartición y acceso a la información generada.

Numeral 1.8.- Las instituciones generadoras de información geoespacial deben proporcionar los metadatos de los productos generados, respetando la normativa vigente y los derechos de autor respectivos.

Numeral 1.12.- Las instituciones generadoras y/o custodias de información geoespacial deben proporcionar una base de datos geográfica (GDB) estructurada conforme al catálogo de objetos vigente.

**Política 2: Referente al uso de la geo información.**

Numeral 2.2.- Toda persona natural o jurídica que difunda por cualquier medio información geoespacial generada por instituciones del sector público deberá reconocer la autoría de la fuente que generó dicha información, tras cuya violación se sancionará conforme lo establezca la Ley de Propiedad Intelectual.

**Política 3: Referente a la difusión de la geo información.**

Numeral 3.1.- La información geoespacial que esté contemplada dentro del principio de publicidad debe ser sujeta a comprobación por parte de una institución competente, de tal manera que la misma no haya sido alterada o sea falsa.

Numeral 3.2.- Es deber de toda institución que custodie información pública garantizar el acceso a su información, salvo aquella que este declarada como secreta, reservada o sea de carácter confidencial.

Numeral 3.3.- Toda institución custodia de información pública debe da a conocer al público la naturaleza de dicha información, sea de carácter público o la que se considere reservada.

**Política 4: Referente a la entrega, intercambio y venta de información geoespacial.**

Numeral 4.6.- La información pública no debe ser empleada con fines ilícitos, ni atentar contra la seguridad nacional.

Numeral 4.10.- Para fines académicos y de investigación, la información geoespacial será entregada de manera gratuita, siempre y cuando se canalice mediante la institución patrocinadora.

**Usabilidad**

Según la ISO 25010 entiende como usabilidad a la capacidad de un producto de ser entendido y resultar atractivo para el usuario mientras se use bajo condiciones específicas (ISO, 2023).

Los parámetros en los que se basa esta norma para analizar esta norma son:

- **Reconocibilidad de la adecuación.** que permite entender si las necesidades del usuario se pueden cumplir.
- **Aprendizabilidad.** indica la capacidad del producto para que el usuario aprenda de ella.
- **Operabilidad.** Es la capacidad del producto que permite al usuario manejarlo con facilidad (ISO, 2023).
- **Estética de la interfaz del usuario.** Capacidad de la interfaz del usuario de satisfacer la interacción del usuario.

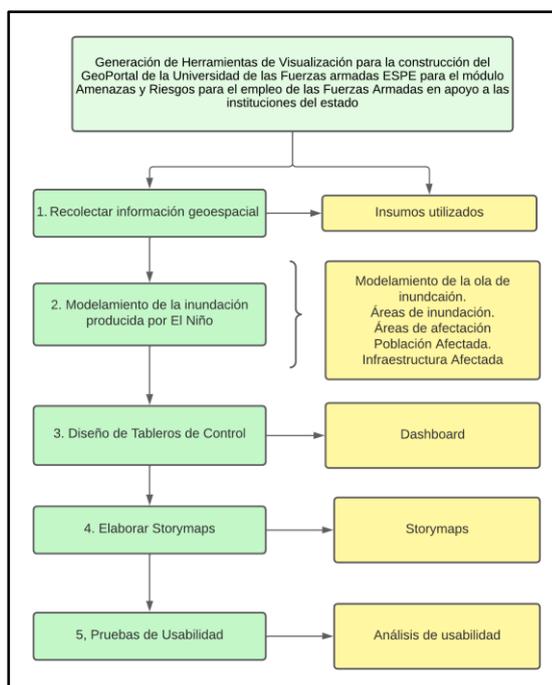
### Capítulo III

#### Metodología

Para poder explicar la metodología a seguir dentro del desarrollo del proyecto se diseñó un mapa conceptual donde se muestran los pasos seguidos en cada parte del proyecto.

**Figura 205**

*Diagrama de la metodología implementada.*



#### Recolección de Información

La tabla 1 muestra los insumos utilizados para este proyecto, la información pudo ser recolectada de manera inmediata debido al apoyo interinstitucional que existe entre la Universidad de las Fuerzas Armadas con las diferentes instituciones públicas que serán mencionadas en esta tabla.

**Tabla 13**

*Tabla de insumos utilizados dentro del proyecto*

Nombre Insumo	Fuente	Tipo	Escala	Año
---------------	--------	------	--------	-----

Cartografía Base	Instituto Geográfico Militar (IGM).	Geodatabase	1:5000	2020
Cartografía Censal	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).	Shapefile	1:1000	2021
Información Censal	Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).	Excel (.xls)	La información de población es mostrada por cantones a nivel de cada parroquia.	2010
Afectación 1982-83	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE	DWG/Shapefile	-	
Susceptibilidad	Secretaria Nacional de gestión de Riesgos	Shapefile	-	2015
SRTM	usgs	Raster	-	2023

*Nota:* Esta tabla muestra todos los insumos que fueron usados durante este proyecto de integración curricular.

### **Modelamiento de la ola de inundación**

#### **Generación de la ola**

Para la generación de la ola se utilizó el software ArcHydro el cual facilita la generación rápida y proceso de modelos dendríticos probados (Solano, 2023).

Al generar una cuenca con este software también se generan tres subproductos importantes como son la línea de drenaje (drainage line), puntos de drenaje (drainage points) la dirección de flujo (flow direction) entre otros productos que sirven para el análisis de la cuenca (Solano, 2023).

El insumo de entrada para la generación de cuencas y subcuencas que sirvan para el modelo es un DEM obtenido a partir de un STRM de un arco de segundo, es decir, con una precisión de 30 metros descargado desde la página de la USGS, Earth Explorer que permite este tipo de descarga de datos de forma gratuita.

**Figura 206**

*Descarga de datos a través de la plataforma Earth Explorer*



*Nota: Earth Explorer, (2023).*

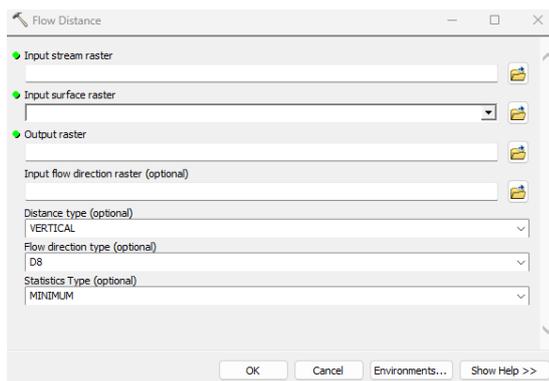
La herramienta utilizada para el modelo se llama Dendritic Terrain with Unknown Stream Location la cual toma el STRM como insumo entrada y genera nuevas coberturas entre las que encontramos: Drainage FC, Drainage Line Flow Split Table, Catchment FC, Adjoint Catchment FC, Catchment Flow Split Table, Drainage Point FC, Filled DEM, Flow Accumulation, Flow Direction, Catchment Raster, Stream Link Raster y Stream Raster (Solano, 2023).

De manera paralela y sin necesitar los productos anteriormente realizados se genera el modelo de altura sobre el drenaje más cercano o HAND por sus siglas en inglés, este modelo es utilizado para determinar las propiedades del suelo donde sucede el evento, así como también predecir el área por donde la inundación se va a extender. De igual manera el insumo de entrada de este modelo es el Modelo Digital de Elevación (DEM).

A través de la herramienta Flow distance de ArcGIS y utilizando el DEM y el raster Fdr que se generó en el anterior paso, el tipo de distancia es vertical, porque el modelo debe tomar en cuenta la altura de la red hídrica (Solano, 2023).

**Figura 207**

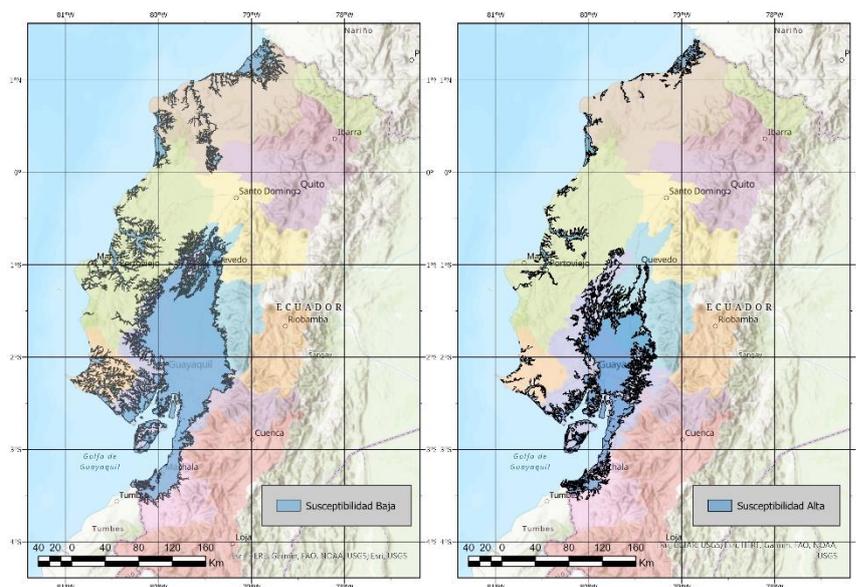
*Ejemplo del uso de la herramienta Flow Distance*



El ráster resultante debe tomar una simbología en tonos azules que muestra en tonos azules oscuros las zonas de mayor probabilidad de inundación y en zonas más claras las zonas de menor probabilidad de inundación.

### Figura 208

*Ejemplo de zonas de inundación*



### Áreas de inundación

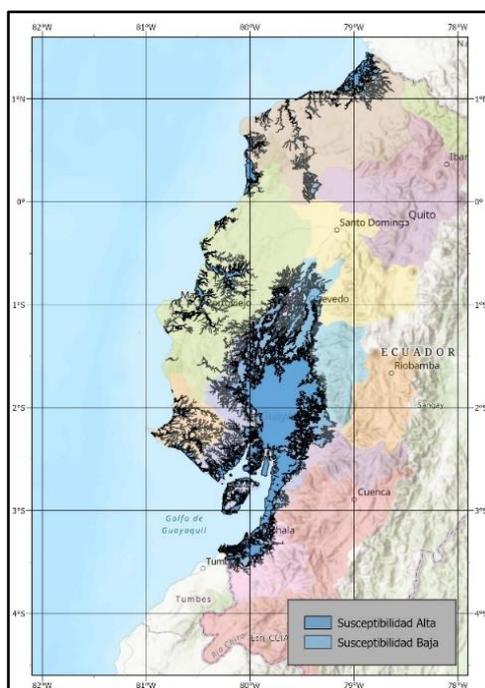
Los polígonos de inundación se generaron con el software ArcGIS, utilizando la ola de tsunami previamente generada y la cartografía censal del INEC como insumos de entrada para la generación de dichos polígonos los cuales a su vez se convertirán en las áreas de afectación de las parroquias de la costa ecuatoriana.

Los insumos de entrada deben estar en formato shapefile y cargarse en el software ArcGIS, se debe verificar que ambas capas se encuentren en el mismo sistema de coordenadas para que el procesamiento sea correcto. Para la generación de los polígonos de inundación se utilizó la herramienta de geoprocésamiento INTERSECT la cual calcula una intersección geométrica de las entidades de entrada (ESRI, 2023).

El primer insumo de entrada dentro de esta herramienta es la cartografía censal del INEC y como segunda entrada se encuentra la ola de tsunami generada, esto debido a que el insumo de salida debe contener los atributos espaciales de la capa de cartografía censal pues dentro de su tabla de atributos se encuentra el área real de las parroquias que son afectadas, este campo será utilizado más tarde para calcular el área de afectación de la parroquia.

### Figura 209

#### *Zonas inundadas*



### Área de afectación

Para calcular el área de afectación de las parroquias solamente es necesario como insumo de entrada el polígono de inundación previamente creado, este shapefile posee el campo del área

original de la parroquia al cual se le agregará un campo nuevo llamado "Area\_Inund" el cual tiene las características de la tabla 2.

**Tabla 14**

*Decimales para el cálculo de área.*

Nombre del Campo	Area_Inund
Tipo de Dato	Double
Propiedades del campo	Precisión: Número de dígitos que serán almacenados Escala: Número de decimales que almacenará el campo.

*Nota:* Esta tabla muestra el tipo de dato que usó para el cálculo de área.

Con el campo creado de manera adecuada y utilizando la herramienta calculate geometry se procede a calcular el nuevo valor de área el cual debe estar calculado en las mismas unidades que el área original, es decir, si el área original está calculada en kilómetros cuadrados el área de inundación también deberá estar calculada en estas unidades.

Para el cálculo del área de afectación en porcentaje utilizaremos la siguiente ecuación 1:

$$\text{Área de afectación} = \frac{\text{Área inundada}}{\text{Área Original}} (1)$$

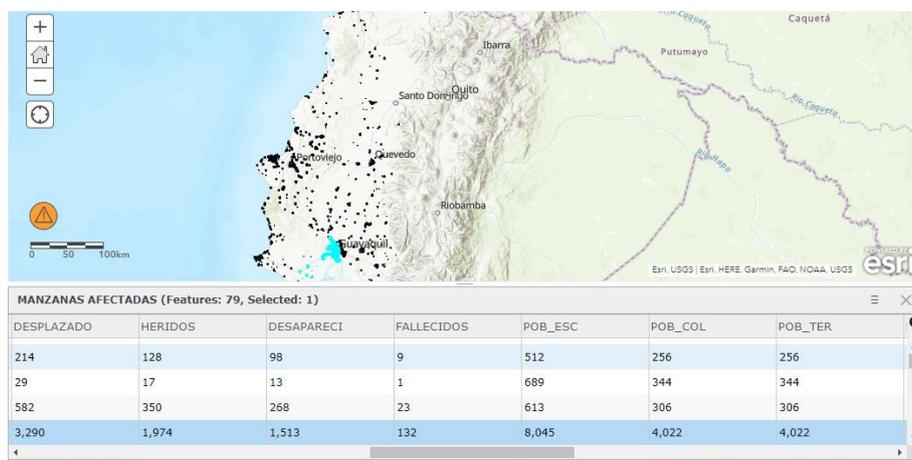
El resultado de la misma se debe colocar en un nuevo campo dentro de la tabla de atributos del polígono de inundación, esta ecuación se ingresa con la herramienta field calculator la cual permite realizar operaciones entre campos de una misma tabla y que utiliza VB Script para realizar sus cálculos.

## Población Afectada

Para el cálculo de la población afectado dentro del área del tsunami se utilizó como insumos de entrada el shapefile correspondiente al área de afectación y el documento correspondiente a la información censal, el proceso por el cual se genera creando campos dentro de la tabla de atributos.

**Figura 210**

*Creación de campos dentro de ArcGIS*



Se utilizó el campo de porcentaje previamente calculado para determinar el número de personas afectadas, para esto se crearon los campos de población que se completaron con la información censal del INEC, los campos de “Afectados”, “Desplazados”, “Heridos”, “Desaparecidos” y “Fallecidos los cuales se llenaron de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$Afectados = Porcentaje * Población (2)$$

La ecuación determina el número de personas totales que el tsunami afectó de manera directa o indirecta. Para el resto de campos creados se calculó en base a un porcentaje de 100 donde el 100 por ciento es la población total de afectados y los siguientes campos tienen un peso diferente para cada uno de los campos de población afectada.

$$Desplazados = Afectados * 0,5 (3)$$

El campo de desplazados toma el valor del cincuenta por ciento total de la población afectada.

$$\text{Heridos} = \text{Afectados} * 0,3 \text{ (4)}$$

El campo de heridos toma el valor del treinta por ciento total de la población afectada.

$$\text{Desaparecidos} = \text{Afectados} * 0,18 \text{ (5)}$$

El campo de desaparecidos toma el valor del dieciocho por ciento total de la población afectada.

$$\text{Fallecidos} = \text{Afectados} * 0.02 \text{ (6)}$$

Finalmente, el campo de fallecidos toma el valor del dos por ciento total de la población afectada. Cabe mencionar que esta metodología se basa en que el ejercicio para el que fue hecha fue una simulación, por lo tanto, no se determina de manera exacta el número de personas que realmente serán afectadas.

La aplicación de estas fórmulas se las realiza a través de la herramienta field calculator la cual permite realizar operaciones algebraicas entre campos de una misma tabla.

### Figura 211

*Cálculo de campos a través de ArcGIS Pro.*

HERIDOS	DESAPARECI	FALLECIDOS
6,123	4,694	408
128	98	9
17	13	1
350	268	23
1,974	1,513	132
1,257	964	84

### **Infraestructura Afectada**

La infraestructura afectada por el tsunami fue generada con los insumos de entrada de la cartografía base del IGM 1:5000, la cartografía del ministerio de salud pública, y la ola de inundación del tsunami.

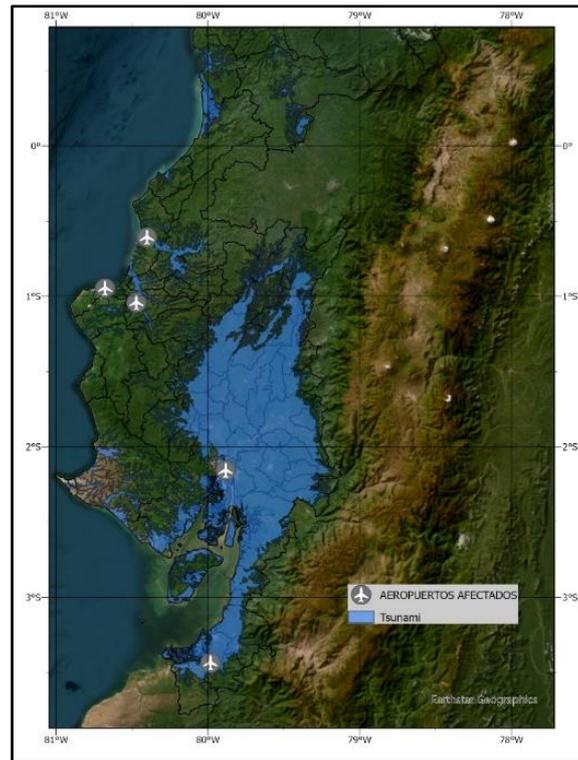
Las coberturas utilizadas dentro de estos insumos son: aeropuertos, vías de primer orden y hospitales, centros de salud. Estas coberturas son de tipo vectorial y tipo punto en todas las coberturas mencionadas a excepción de la cobertura de vías que es de tipo línea.

Para la generación de estas nuevas coberturas de infraestructura afecta se utiliza la herramienta de geoprocésamiento del software ArcGIS conocida como INTERSECT.

Para la generación de aeropuertos afectados se utiliza el shape de aeropuertos y el shape de ola dentro de esta herramienta, tomando como cobertura principal la ola. El resultado de este procesamiento son todos los aeropuertos afectados por la ola de tsunami.

### **Figura 212**

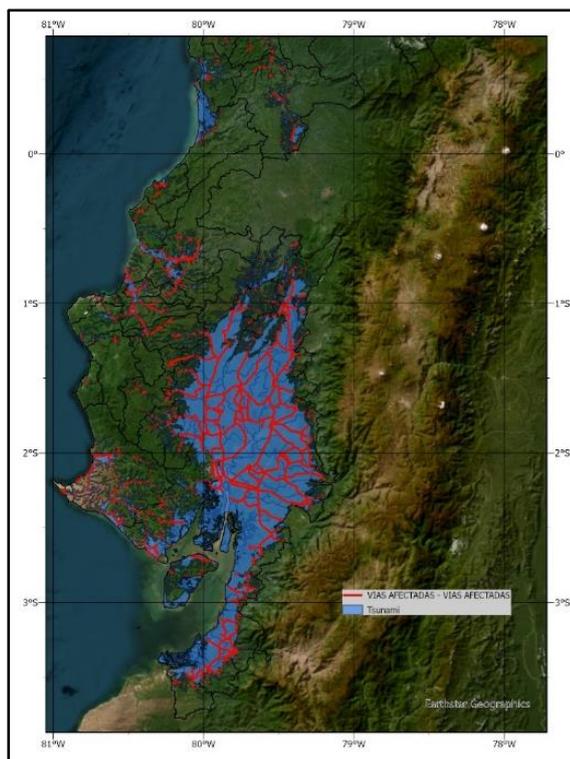
*Mapa de aeropuertos afectados por El Niño*



Para la generación de vías afectadas se utiliza el shape de vías y el shape de ola dentro de esta herramienta, tomando como cobertura principal la ola. El resultado de este procesamiento son las vías afectadas por la ola de tsunami.

### Figura 213

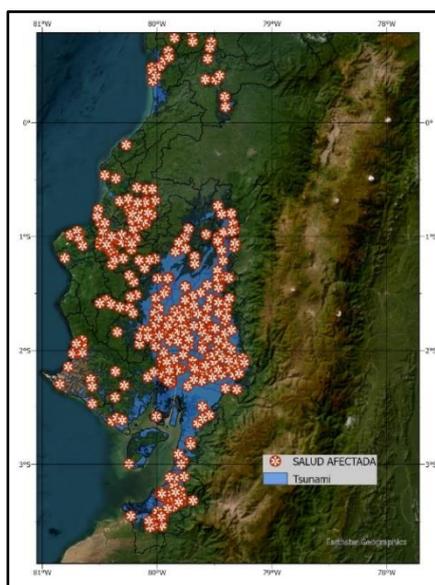
*Mapa de vías afectadas por El Niño*



Para la generación de infraestructura de salud afectada se utiliza el shape del ministerio de salud pública y el shape de ola dentro de esta herramienta, tomando como cobertura principal la ola. El resultado de este procesamiento es la infraestructura de salud afectada por la ola de tsunami.

#### Figura 214

*Mapa de infraestructura de salud afectada por El Niño*



## Diseño de Dashboards

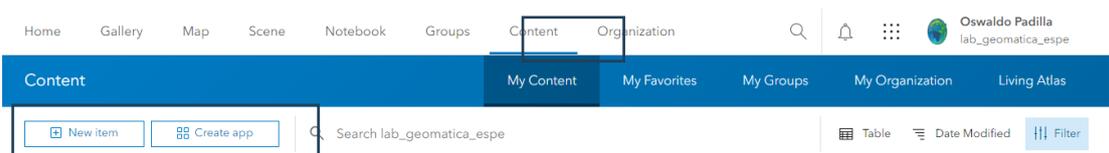
### ArcGIS Online

Para la elaboración de los dashboards se usó la plataforma de ArcGIS Online la cual permite realizar mapas desplegables, gráficos dinámicos e indicadores estadísticos. Esta plataforma permite compartir nuestros datos en una nube para poder diseñar y crear los dashboards.

En el área de trabajo de la plataforma se encuentra una barra de herramientas con varias opciones, al seleccionar Content nos da dos botones principales *New Item* y *Create App* (figura 29).

**Figura 215**

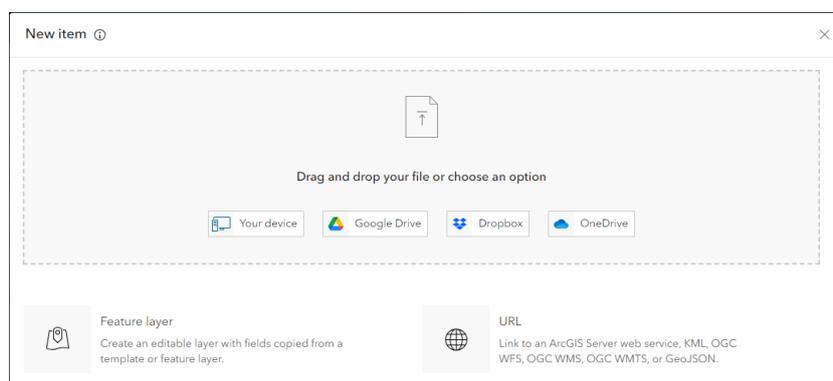
*Barra de herramientas de ArcGIS Online.*



Al seleccionar la opción *New ítem*, este permite cargar los datos (figura 30) en varias opciones ya sea desde el dispositivo o mediante subida de información desde la nube.

**Figura 216**

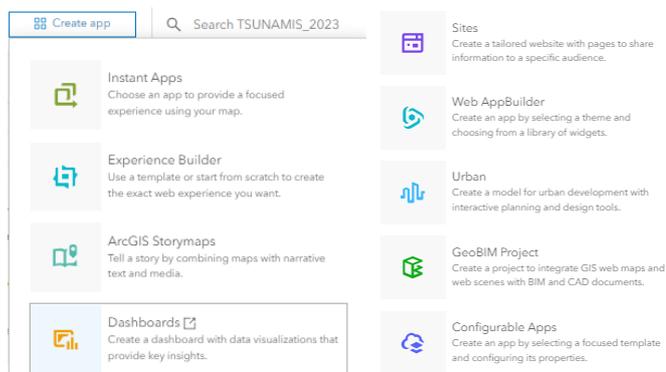
*Botón New Item (carga de datos).*



El botón *Create App* muestra opciones de diferentes aplicaciones que presenta la plataforma (figura 31), para este caso se usará la opción "Dashboards".

**Figura 217**

*Botón Create App (carga de datos).*

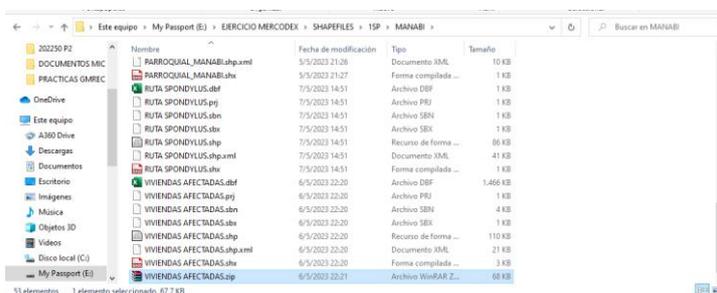


**Carga de datos**

Para subir los datos (shapes) a la plataforma se debe primero comprimir los mismos en un archivo .zip (figura 32).

**Figura 218**

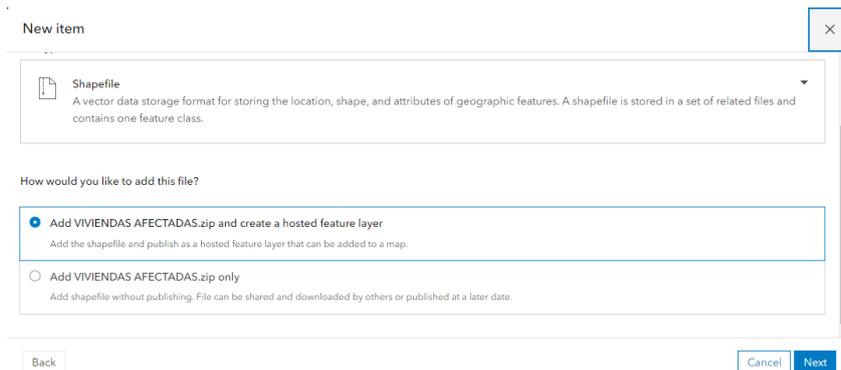
*Archivos en formato .zip.*



En la carga de los datos se selecciona el tipo de archivo y si se desea la capa alojada en el host (figura 33).

**Figura 219**

Opciones del archivo de carga.



Se abre una ventana donde se debe colocar el título del archivo, ubicación, etiquetas de trabajo y un resumen tal como se muestra en la (figura 34).

**Figura 220**

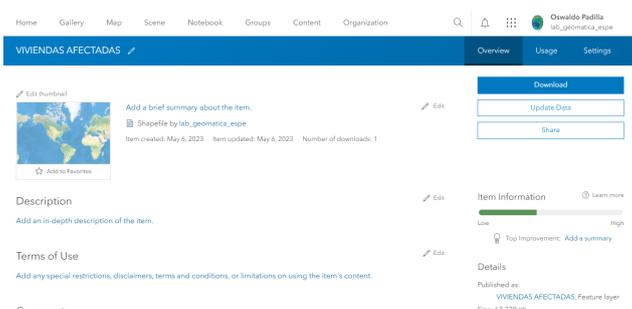
*Nombre, ubicación y categoría del archivo.*



Se carga el archivo y genera el espacio de trabajo que servirá para la elaboración de los webs maps (figura 35).

**Figura 221**

Espacio de trabajo del archivo de carga.

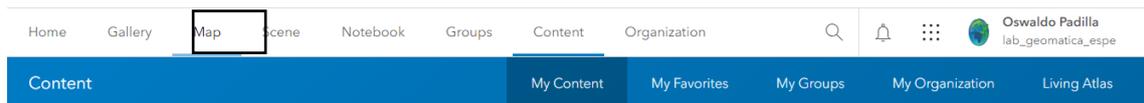


## Elaboración de mapas

Para la elaboración de mapas, seleccionar la opción mapa en la barra de herramientas del ArcGIS Online (figura 36).

### Figura 222

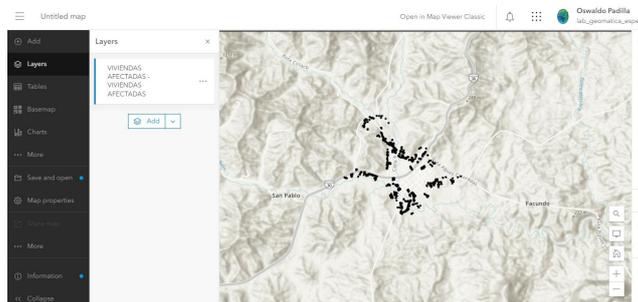
*Selección para la creación de un Mapa.*



Se genera un espacio de trabajo (figura 37) para crear mapas donde se tiene opciones como: cargar coberturas, diseño de atributos, funciones para el mapa, etc.

### Figura 223

Espacio de trabajo para la elaboración de mapas.



Una vez creado el mapa es indispensable generar una copia del mismo dentro de la plataforma, la misma que permite colocar el título, la ubicación del espacio de trabajo, etiquetas para su búsqueda y un resumen (figura 38)

### Figura 224

*Opciones para guardar el mapa.*

## Elaboración del Dashboard

Al crear un dashboard, se despliega una pantalla donde se debe ingresar el título, etiqueta para la búsqueda, resumen y la ubicación del espacio de trabajo (figura 39).

### Figura 225

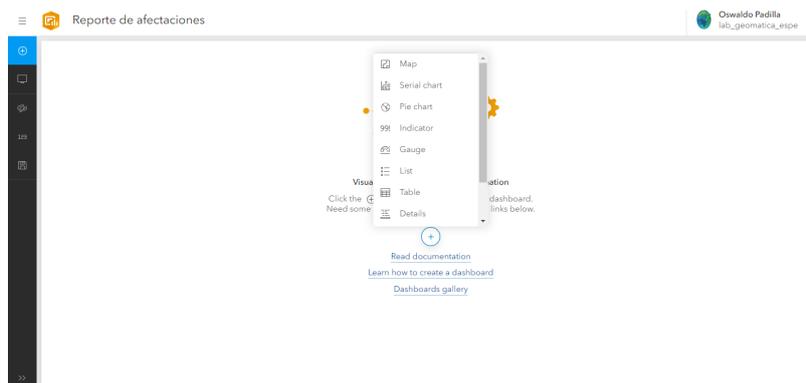
*Opciones para elaborar el dashboard.*

Para dar el diseño al dashboard ArcGIS Online cuenta con diferentes opciones que permiten agregar diferentes opciones como: mapas, indicadores, cuadros estadísticos, tablas, listas, etc., que representan campos de atributos que se desea visualizar (figura 40).

### Figura

226

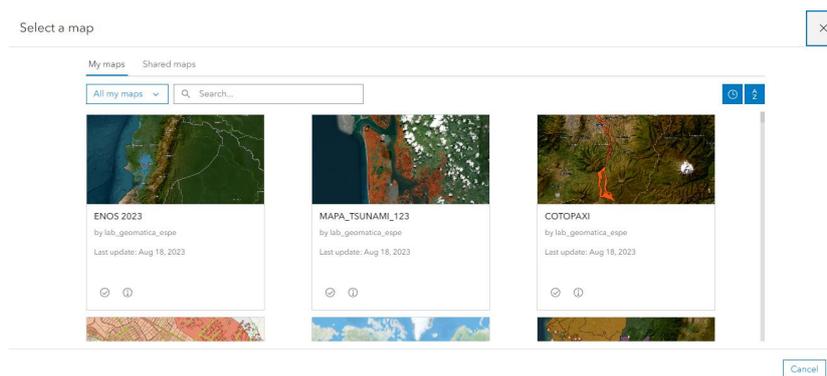
Opciones para el diseño del dashboard.



Como componente principal se escoge un mapa que ya se encuentre en los datos de la plataforma y represente los diferentes fenómenos naturales (figura 41).

### Figura 227

*Selección del mapa principal para el dashboard.*



Se coloca los indicadores en base a lo que se quiere representar, configurando de acuerdo a las opciones que dispone cada indicador (figura 42).

### Figura 228

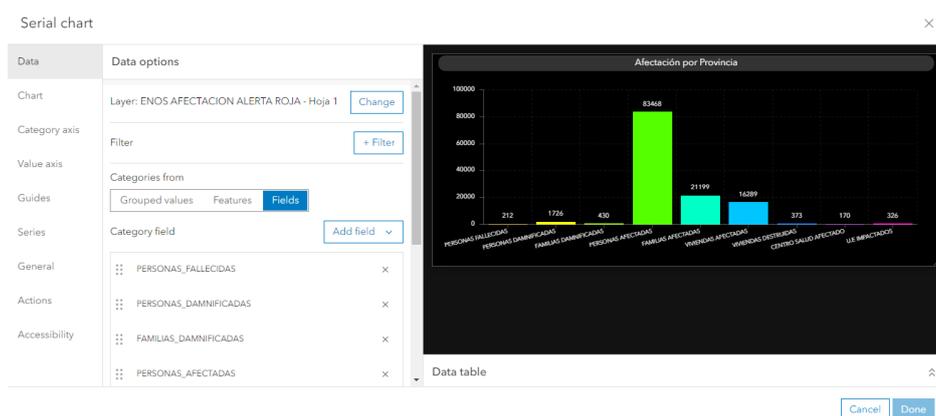
Configuración de los indicadores.



Se añade la opción de cuadros estadísticos de acuerdo a la base de datos cargada en la plataforma, configurando las opciones que presenta la misma (figura 43).

### Figura 229

*Configuración de los cuadros estadísticos.*

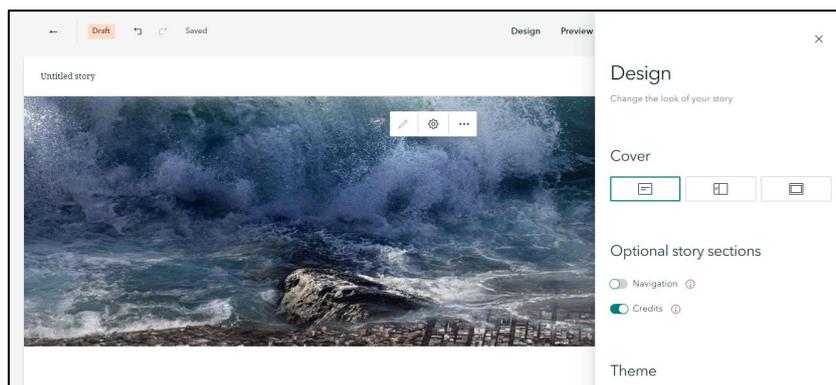


Finalmente se ubica todos los elementos que constituyen el dashboard de acuerdo a la información que se va a plasmar para que sirva de ayuda a las autoridades con el fin de facilitar la toma de decisiones y la mitigación de los riesgos por fenómenos naturales (figura 44).

### Figura 230

*Diseño final del dashboard.*





El ícono con símbolo de "más" permite agregar contenido y que al seleccionarlo desplegará una amplia gama de herramientas para comenzar a insertar la información.

**Figura 233**

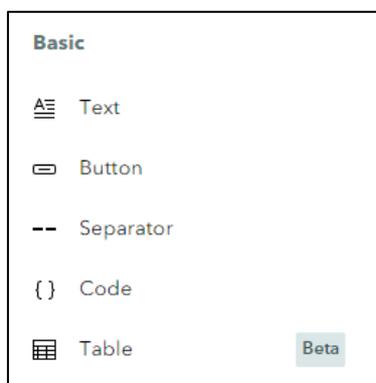
*Ícono para acceder a las herramientas del story map*



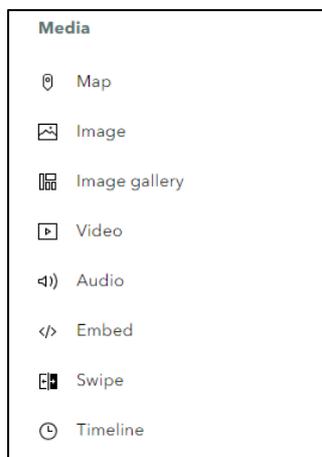
Las herramientas fundamentales brindan la posibilidad de añadir diversos elementos como texto, botones que pueden ser personalizados a través de código externo, separadores, códigos e incluso tablas.

**Figura 234**

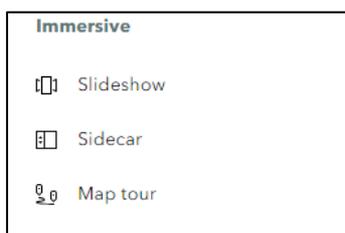
Herramientas básicas del Story map



Además, existen herramientas que permiten agregar imágenes, videos, audios e incluso mapas que hayan sido previamente elaborados, entre otras opciones disponibles.

**Figura 235***Herramientas multimedia del Storymap*

Por último, el grupo de herramientas más dinámicas permiten crear mapas interactivos que presentan recorridos predefinidos con ubicaciones personalizables, imágenes y descripciones detalladas.

**Figura 236***Herramientas dinámicas del Storymap*

Con el diseño completo, existe la posibilidad de visualizar el producto antes de publicarlo, esto es gracias a la opción de "Previsualización".

Luego, al seleccionar la opción "Publicar", el contenido se publicará automáticamente y estará disponible para ser visualizado dependiendo los permisos de visualización que hayamos entregado, los cuales son, privado si deseamos que nadie más vea el contenido, misma organización

sí dentro de ArcGIS online se trabaja en grupo y Público el cual permite a todas las personas que tengan acceso al link del storymap visualizar el mismo.

### Figura 237

*Opciones de diseño, previsualización y publicación del Storymap*

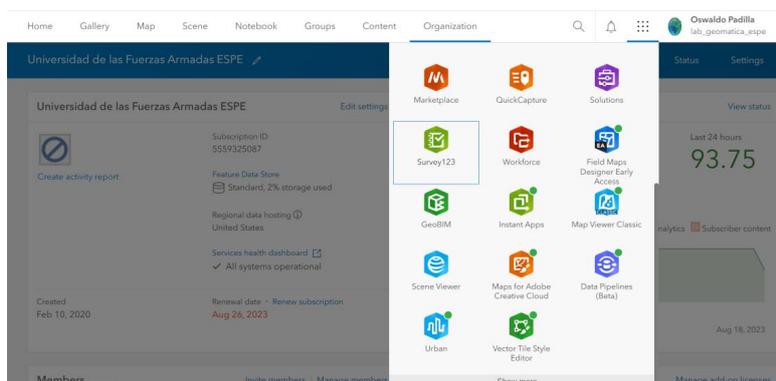


### Elaboración Survey

Para la elaboración de formularios propios de ESRI a través de una cuenta de ArcGIS Online se selecciona la herramienta Survey123.

### Figura 238

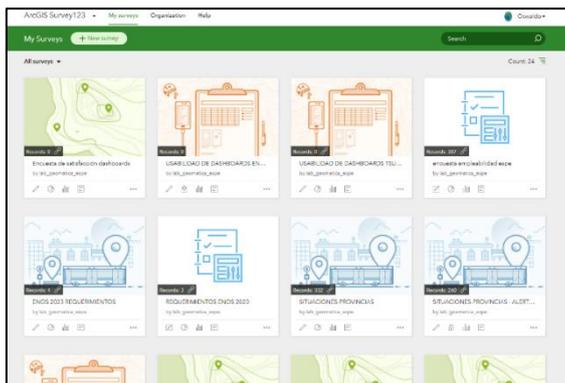
Ingreso a la aplicación survey123



Para desarrollar los formularios, es necesario tener un entendimiento sólido de la interfaz de Survey123 (Ver figura 33), se presenta de manera visual dicha interfaz, junto con todas las opciones disponibles que facilitan el proceso de creación de formularios. La comprensión de esta interfaz resulta fundamental para poder diseñar y construir formularios de manera efectiva y eficiente.

### Figura 239

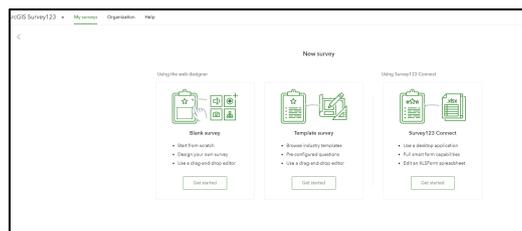
*Interfaz de la aplicación survey123*



En la parte superior se encuentra la opción 'Nueva Encuesta', al seleccionarla se abrirá una ventana en la que se muestran tres opciones. Seleccionaremos la primera opción.

**Figura 240**

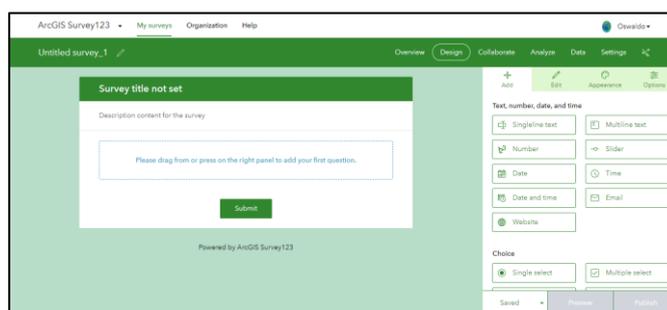
*Generación de la aplicación survey123*



A continuación, se abrirá una ventana en la cual al seleccionar "Diseño", aparecerá una plantilla. En el lado izquierdo de la plantilla se encuentran las herramientas que permiten dar forma al cuestionario.

**Figura 241**

*Elaboración del survey123*

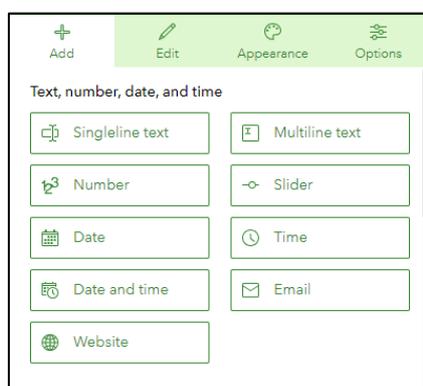


En la pestaña "Diseñar", en la opción Add existe la posibilidad de personalizar la interfaz según las necesidades del usuario. Esta funcionalidad permite arrastrar y soltar elementos para generar el formulario de manera intuitiva.

Se puede utilizar una variedad de tipos de preguntas que se encuentran en el primer grupo llamado "Text, Number, Date and Time". Esto facilita incorporar opciones como texto libre, números, fechas y horas, entre otras posibilidades.

**Figura 242**

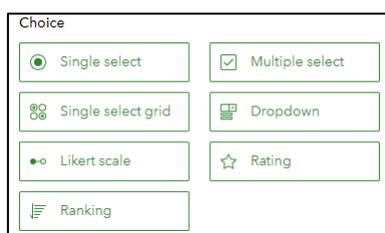
*Herramientas básicas del survey123*



En el segundo grupo denominado "Choice", existe la posibilidad de incluir opciones múltiples que se desglosan de diversas formas, tales como selección única, selección múltiple, y algunas incluso incorporarán un formato de diagrama de selección, entre otras variantes.

**Figura 243**

*Herramientas de opción múltiple del survey123*



En el tercer grupo llamado "Location", permite al usuario crear un mapa o insertar una dirección. Además de poder ubicar una dirección mediante un punto o una línea en el mapa.

**Figura 244**

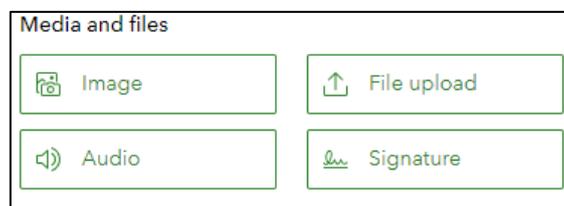
*Herramientas de localización del survey123*



El cuarto grupo, titulado "Media and Files", permite cargar contenido multimedia, como audios e imágenes. Además, esta función admite subir archivos adicionales, incluyendo firmas digitales.

**Figura 245**

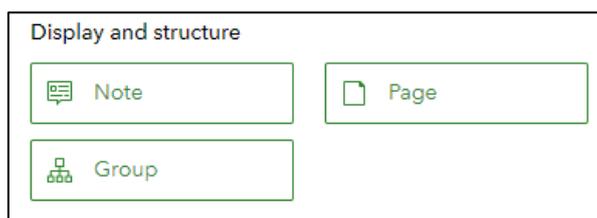
*Herramientas de multimedia del survey123*



Finalmente, el último grupo denominado "Display and Structure", brinda la posibilidad de organizar el formulario en secciones, agregar páginas adicionales o incluir notas pertinentes con relación a cada pregunta.

**Figura 246**

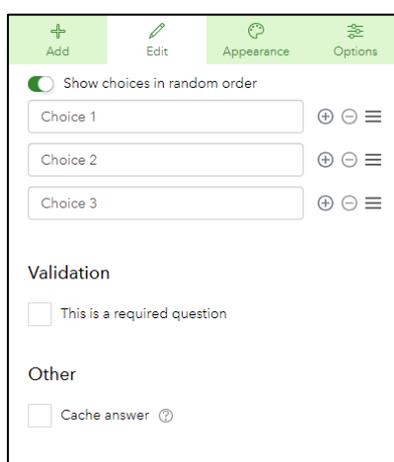
*Herramientas de estructuración del survey123*



En la sección de edición, también se pueden personalizar los detalles según el elemento seleccionado. Esto brinda la flexibilidad de modificar aspectos como la cantidad de caracteres permitidos, los formatos de fecha, la visualización de la geoposición (ya sea en forma de punto o línea), y en el caso de preguntas de selección múltiple, la cantidad de opciones disponibles, entre otras posibilidades.

**Figura 247**

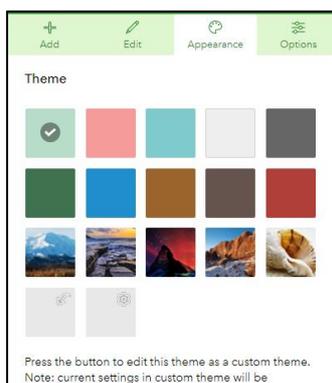
*Herramientas de edición del survey123*



La pestaña "Apariencia", tiene la capacidad de ajustar la apariencia del formulario utilizando una variedad de temas predefinidos. Esto permitirá lograr una presentación más atractiva y adecuada a tus objetivos.

**Figura 248**

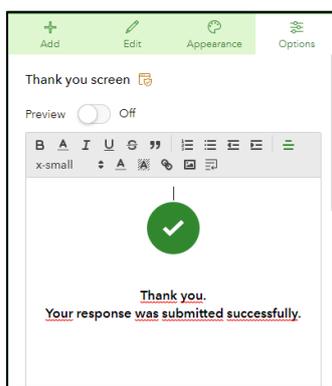
*Herramientas de diseño del survey123*



En la pestaña de "Opciones", posee funciones más avanzadas que permiten enriquecer el cuestionario. Estas incluyen la posibilidad de establecer límites de tiempo para el cuestionario, redirigir a los participantes mediante URLs específicas y agregar mensajes al final del cuestionario, entre otras funcionalidades.

### Figura 249

Herramientas de opciones del survey123



Una vez completado el formulario, existen tres opciones disponibles: la primera permite guardar los cambios, la segunda ofrece una vista previa para visualizar el formulario, y la última opción es la de publicar el formulario, permitiendo que los participantes puedan comenzar a utilizarlo.



### Análisis de Usabilidad

Para evaluar este parámetro en los productos generados durante este proyecto, se recurrió a una prueba de usabilidad la cual consta de un cuestionario realizado en la plataforma Survey el cual permite analizar si los tableros de control realizados, realmente tienen una utilidad y pueden ser comprendidos y manejados por diferentes usuarios.

El formulario realizado a través de Survey es una encuesta dicotómica que contiene cinco preguntas y plantea diferentes problemas como encontrar e identificar información importante

dentro de los dashboards además de evaluar si el usuario se siente cómodo mientras usa esta aplicación.

### Figura 250

*Pregunta 1 de la evaluación de usabilidad.*

1 Identifica los indicadores generales (infraestructura afectada, km afectados, unidades educativas afectadas etc etc)

Si

No

La prueba de usabilidad se la realizo en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, el día 18 de agosto del presente año y consto con la presencia de alrededor 10 estudiantes que sirvieron como evaluadores de los tableros de control. La prueba duro alrededor de 10 minutos y no existió un tiempo límite para la resolución de las preguntas, sin embargo, se tomó el tiempo que cada usuario tardaba en resolver la pregunta, pues dependiendo de esto el grado de usabilidad será adecuado o inadecuado.

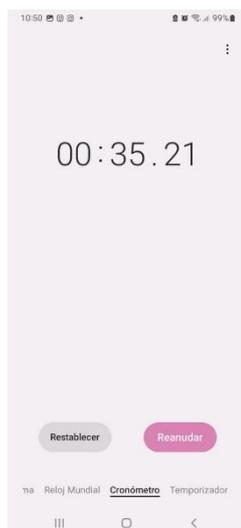
### Figura 251

*Manipulación de dashboards por parte de los usuarios*



### Figura 252

*Captura de pantalla donde se toma el tiempo por pregunta*



La siguiente tabla muestra el tiempo promedio en que los usuarios pudieron resolver el problema impuesto por los supervisores en cada una de las preguntas.

**Tabla 15**

*Tiempo que tardan en resolver las preguntas*

Pregunta	Tiempo
Pregunta 1	30.37 s
Pregunta 2	25.50 s
Pregunta 3	25.61 s
Pregunta 4	26.57 s
Pregunta 5	25.15 s

*Nota:* Esta tabla muestra los tiempos que están dados en segundos y como se observa, la resolución del problema impuesto por parte de los usuarios fue ágil dando entender que el sistema de tableros de control presentado a los usuarios goza de una buena usabilidad y comprensión.

## Capítulo IV

### Resultados

#### Recolección de la información geoespacial

Con la ayuda de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Instituto Geográfico Militar, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Universidad de las fuerzas Armadas ESPE se recopiló información oficial con la que se desarrolló este proyecto. Esta información fue incluida todos los procesos mencionados anteriormente en el capítulo de metodología.

La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos proporciona una geodatabase con información puntual, principalmente de infraestructura operativa, es decir, Infraestructura, escolar, medica, bomberos , MIESS, entre otros.

#### Figura 253

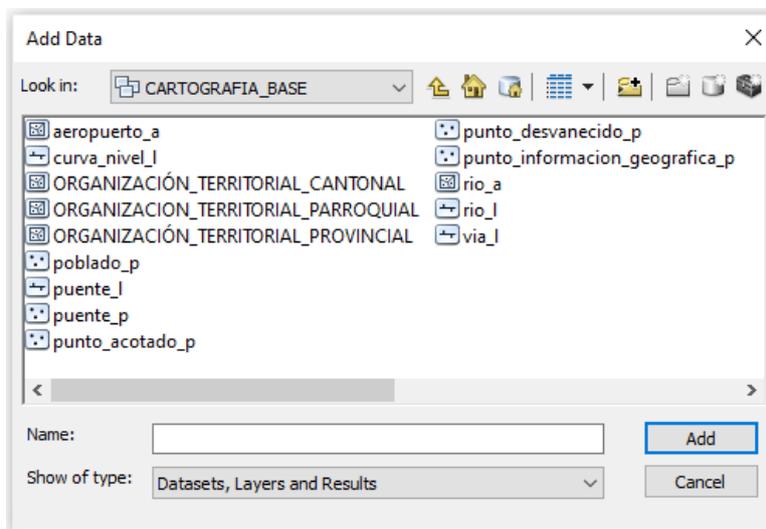
#### Información de la Infraestructura crítica para gestión de riesgos

INFORMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CRÍTICA PARA GESTIÓN DE RIESGOS				
Capa de las estaciones de policía comunitaria	UPC, UVC	Puntos	SHP	POLICIA NACIONAL
Capa de las estaciones de bomberos	Bomberos	Puntos	SHP	BOMBEROS
Capa de Unidades Militares	Unidades militares	Puntos	SHP	MIDENA, IGM
Capa de Unidades Educativas	Unidades educativas	Puntos	SHP	MINEDUC
Capa de Establecimientos de Salud	Establecimientos de salud	Puntos	SHP	MSP
Capa de Centros Geriátricos y Guarderías	Centros geriátricos y guarderías	Puntos	SHP	MIES
Capa de estaciones de gasolineras	Estaciones de gasolineras	Puntos	SHP	Petroecuador
Capa de Centros de Rehabilitación social	Centros de rehabilitación social	Puntos	SHP	SNAI
INFORMACIÓN PARA PLANIFICACIÓN				
Capa de cobertura de operadoras telefónicas	Cobertura de operadoras telefónicas	Polígonos	SHP	ARCOTEL
INFORMACIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE				
Capas base	Vías	Líneas	SHP	GAD
	Aeropuertos	Puntos	SHP	DAC, IGM
	Puentes	Puntos	SHP	IGM, MTOP
	Cotas	Puntos	SHP	IGM
	Curvas de Nivel	Puntos	SHP	IGM
	Centros poblados	Puntos	SHP	IGM
	Centros poblados	Polígonos	SHP	IGM
	Hidrografía	Líneas	SHP	IGM
	Límites administrativos	Polígonos	SHP	CONALI
	Manzanas Urbanas	Polígonos	SHP	GAD

Fuente: SNGR

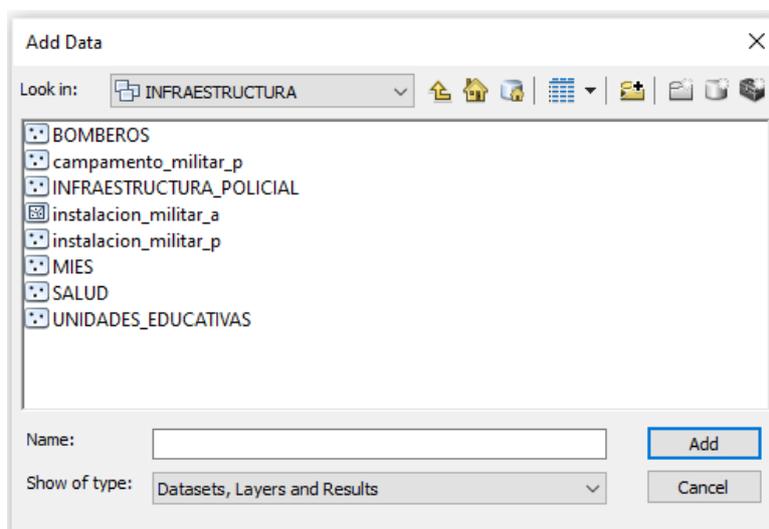
**Figura 254**

*GDB proporcionada por las Instituciones mencionadas*



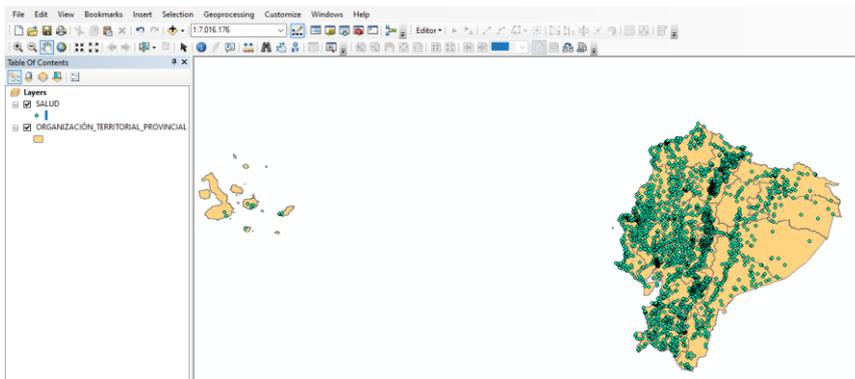
**Figura 255**

*GDB Infraestructura proporcionada por la SNGR*



**Figura 256**

*Capa de centros de salud a nivel nacional*



**Modelos de caracterización de la eventual llegada de El Niño**

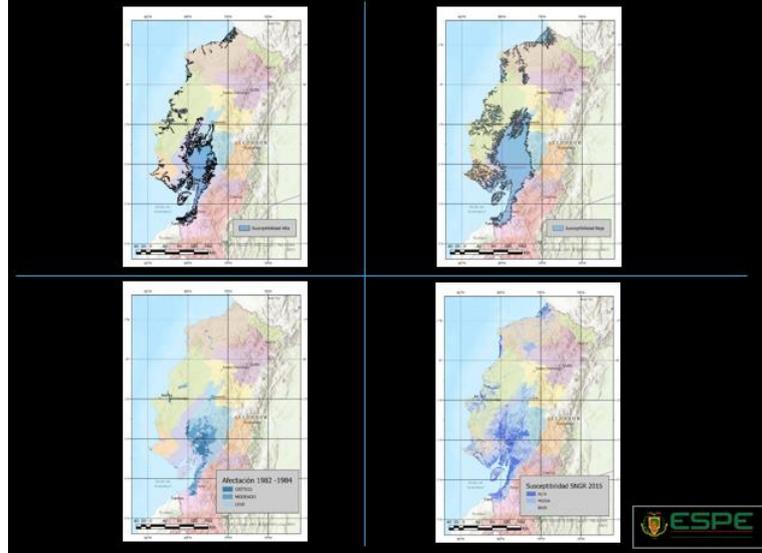
Se generó un diagrama que permite observar paso a paso el proceso de generación de la ola de inundación, además de una comparación con las capas proporcionadas por instituciones como la SNGRE o la ESPE, estas capas son el modelo de inundación realizado para El Niño 1882-83 y el modelo de inundación realizado por gestión de riesgos, cabe mencionar que estas tres coberturas son similares entre ellas, lo que permite validar el modelo realizado en este proyecto además de indicar que El Niño que viene en esta época podría ser similar al de los años 82-83.

**Figura 257**

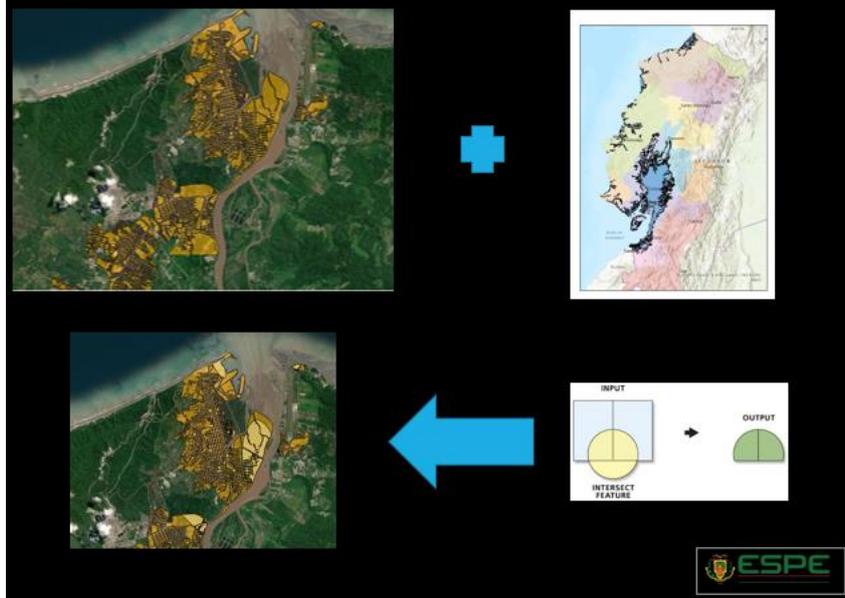
*Generación de la ola de inundación*



### Generación de la ola de inundación



### Áreas de inundación



### Áreas de afectación

PERSONAS	FAMILIAS	PERSONAS	FAMILIAS	PERSONAS	FAMILIAS
765	799	326			
7,968	6,917	5,398			
196	738	297			
141	148	60			
114	224	95			
2,219	2,311	968			
1,304	3,888	1,428			
45	43	17			
187	976	382			

### Afectaciones sobre la población, infraestructura y servicios

ENOS 2023 | AFECTACIONES MTT4

Seleccione Provincia: EL ORO

Seleccione Cantón: ARENILLAS

**Damnificados: 11k**

- Personas
- Familias

**Personas en familias de acogida: 9**

- Personas
- Familias

**Personas en campamentos: 9**

- Personas
- Familias

**Mapa:** Muestra la zona afectada en la costa de El Oro, Ecuador, con localidades como Zaruma, El Oro, Rosca, y Tumbes.

**Personas Afectadas: 10.1k**

- Directamente

**Campamentos afectados: 0**

- Campamentos
- Albergues

**Desplazados: 2**

- Personas
- Familias

**Personas en Refugios: 5**

- Personas
- Familias

**Alquiler para familias en emergencia: 0**

- Familias
- Personas

Este Dashboard muestra indicadores de personas afectadas, familias afectadas, desplazados a nivel provincial y cantonal con datos en tiempo real, para así observar que provincias del país son las más afectadas por “El Niño” y poder brindar la ayuda necesaria.



Este Dashboard muestra:

- Las vías colapsadas, esto ayuda para tener en cuenta cuales vías están en buen estado para poder acudir con la ayuda humanitaria a cada una de las zonas afectadas.
- Las unidades de salud afectadas, las cuales no podrán atender a heridos y poder trasladarlos a los centros de salud más cercanos
- Los aeropuertos que son afectados
- La infraestructura educativa afectada, la cual ya no podrá servir de albergues temporales para los afectados por el fenómeno.

Además y gracias a la participación en el ejercicio ENOS 2023 una cobertura agregada a este tablero de control fue, las líneas eléctricas afectadas a nivel costa.

### Figura 258

*Formulario de necesidades en Survey*

**FÓRMULARIO DE REQUERIMIENTOS**



Nombre del solicitante

Seleccione una mesa técnica

-Please select-

Seleccione la mesa técnica a quien va dirigido el requerimiento

-Please select-

Seleccione la provincia

-Please select-

Seleccione el cantón\*

-Please select-

Seleccione el requerimiento\*

-Please select-

Estado de requerimiento

-Please select-

Describe el pedido

Seleccione la prioridad

-Please select-

Ubicación del requerimiento\*



Submit

Del 26 al 28 de julio se realizó un ejercicio de simulación en conjunto con diferentes instituciones como la SNGR, IGM, Policía Nacional, MSP, en el cual se puso a servicio de las diferentes mesas técnicas el uso de este formulario, el cual se hacen diferentes requerimientos de tipo:

**Seleccione el requerimiento\***

-Please select-

Medicina

Agua y saneamiento

Salud

Alimentos y bebidas

### Seleccione el requerimiento\*

Esto es de gran apoyo en el caso de que ocurra un desastre natural de este tipo, ya que estos requerimientos se harían en tiempo real, con la ubicación geográfica exacta. De manera que los requerimientos puedan hacer atendidos lo más pronto por cada uno de las diferentes instituciones del Estado, llevar un conteo y costos de cada uno de estos pedidos.

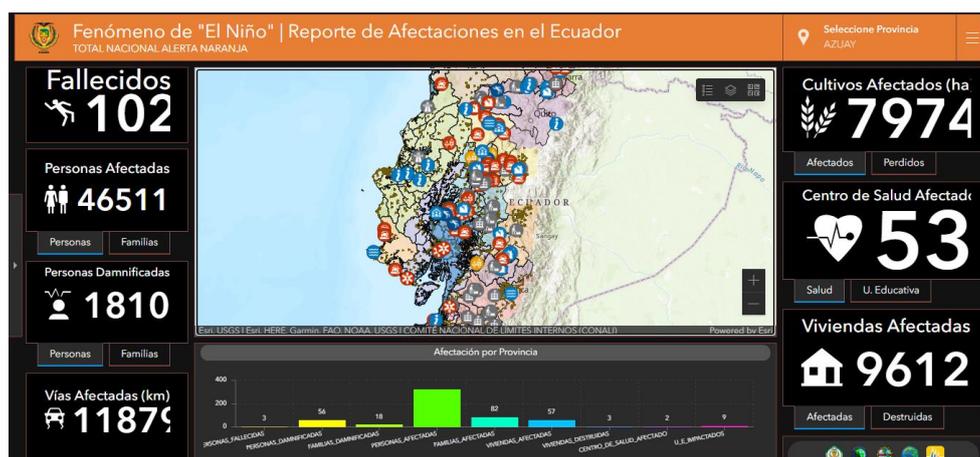
### **Dashboard de afectaciones del modelo propuesto**

Debido a que la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE participó en el *“Ejercicio de preparación y respuesta ante el fenómeno El niño oscilación sur”* el cual se desarrolló en el mes de julio y que cubrió dos tipos de alerta nacional en caso de que el evento se presente de diferentes maneras, se desarrollaron tres tableros de control, dos para las alertas antes mencionadas (naranja y roja) y uno adicional de requerimientos utilizado por las mesas técnicas.

El primer tablero de control correspondiente a la alerta naranja de El Niño, muestra datos a nivel nacional sobre personas afectadas, vías destruidas, cultivos perdidos, infraestructura operativa afectada y viviendas destruidas, el cual se puede observar en la figura 63. La información utilizada para este dashboard fue entregada por las personas a cargo del ejercicio, las cuales se encargaron de diseñar las situaciones y afectaciones, pues este fue un ejercicio de simulación.

### **Figura 259**

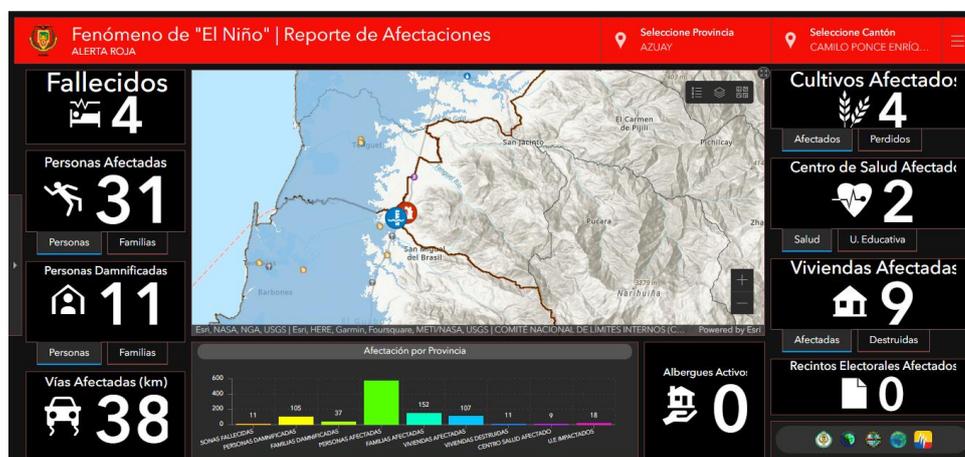
*Dashboard alerta naranja*



El segundo tablero de control correspondiente a la alerta roja de El Niño, muestra datos a nivel nacional, provincial y cantonal. Este dashboard contiene muchos de los indicadores que posee el de alerta naranja agregando información sobre albergues y recintos electorales afectados pues se estima que El Niño empiece a presentarse en el país a partir de los meses de agosto en adelante.

**Figura 260**

*Dashboard alerta roja*



Finalmente el tercer tablero de control correspondiente a requerimientos está destinado al trabajo de las mesas técnicas presentes durante el ejercicio de preparación ENOS 2023, este tablero permite a las instituciones participantes enviar y atender requerimientos que se vayan presentando mientras el ejercicio avanza, además este dashboard permite visualizar la zona exacta desde donde

se emitió el requerimiento facilitando así el manejo de información que apunta a la gestión de riesgo y la posible mitigación del mismo.

**Figura 261**

*Dashboard Requerimientos*

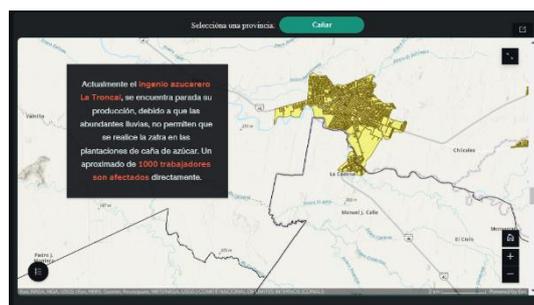


### Storymap de El Niño

De igual manera y gracias al ejercicio ENOS 2023 se generó un storymap general llamado “Afectaciones del Fenómeno de El Niño Oscilación Sur” que contiene cada una de las situaciones simuladas de las provincias que sufrieron alguna afectación. En este se puede observar información similar a la de los tableros de control, pero de una manera mucho más gráfica, pues estos contienen mapas, imágenes y otras aplicaciones ya mencionadas en el capítulo de metodología. Como un agregado más dentro del storymap también se pueden observar los dashboards de los que se habló en la sección anterior. Esta aplicación contiene información mucho más específica y explica de manera más textual la situación de ciertas zonas del país que fueron golpeados por El Niño en este ejercicio.

**Figura 262**

*Storymap generado para el ejercicio ENOS 2023*



## Análisis de usabilidad

Una vez presentados los dashboards a los evaluados se presentó a los mismo un cuestionario realizado en la plataforma de ArcGIS Online llamada Survey123 ya mencionada en la parte de metodología se obtuvieron los siguientes datos.

### Figura 263

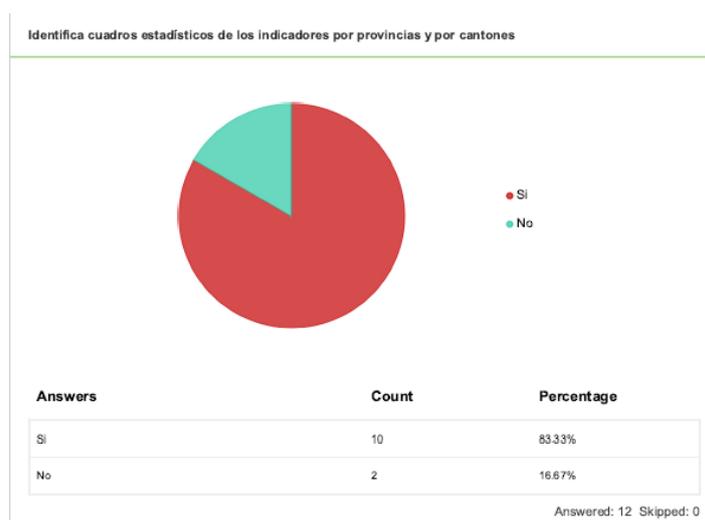
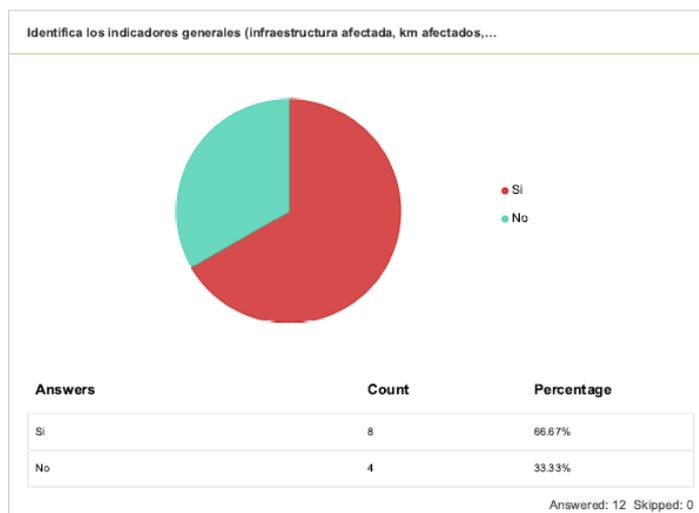
*Información levantada a través de Survey*



La prueba realizada constó de cinco preguntas y doce participantes de los cuales todos completaron las pruebas asignadas. El resultado estadístico de las respuestas entregadas por los evaluadores se puede observar en la figura 67.

### Figura 264

*Estadística por pregunta del análisis de usabilidad*



La negativa en las respuestas por parte de los evaluados se debe a que, al no estar familiarizados con un dashboard y sus herramientas estos tuvieron dificultades a la hora de saber a qué se refiere la palabra indicador, o que es lo que estaban buscando cuando se les pedía que identificasen uno.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

1. Se tiene registros históricos que datan de 1982, 1983, 1997, 1998 donde se detallan lo fuerte que fue este fenómeno causando grandes impactos socioeconómicos ya que no existía una preparación ante este tipo de desastres devastadores, por ende, se debe contemplar un plan de contingencia para que cuando ocurra, existe una gran afectación sobre la infraestructura, vías, población y cultivos, en el caso de darse el fenómeno en la zona de estudio, afectando a áreas urbanas densamente pobladas, y con un grave impacto económico Este proyecto de graduación se realizó con el fin de concientizar a la población ante el riesgo al que está expuesta, y a las autoridades para que tomen las medidas adecuadas para mitigar el efecto de esta amenaza hidrológica.
2. Se obtuvo el apoyo de las diferentes Instituciones como Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Instituto Geográfico Militar, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Universidad de las fuerzas Armadas ESPE para la recopilación de información oficial con la que se pudo trabajar, gracias a los archivos de tipo shp, gdb, Excel proporcionadas como alojamientos temporales, rutas de evacuación, puntos de encuentro, áreas de influencia, UPC, bomberos, unidades militares, unidades educativas, establecimientos de salud, centros geriátricos y de guardería , estaciones de gasolinera, centros de rehabilitación social, cartografía base.
3. Se desarrolló un base de datos con la ayuda del software ArcGis, la cual alimenta de información a cada una de las herramientas de visualización generadas, cabe recalcar que con el apoyo de la SNGR se generó una base de datos con las diferentes necesidades que presentaban los COE provinciales, cantonales

4. Se desarrolló una metodología basada en el uso de herramientas geoinformáticas de modelamiento y análisis espacial, el uso de tecnologías de la información geoespacial en la Gestión de Riesgos, SIG y análisis de datos, que permiten obtener un modelo de inundación, con el software ArcGIS se generaron polígonos de inundación se generaron, utilizando la ola de tsunami previamente generada y la cartografía censal del INEC como insumos de entrada para la generación de dichos polígonos los cuales a su vez nos muestran las provincias y cantones que serían mayormente afectadas si ocurre este fenómeno y evacuación de la población hacia los respectivos refugios. Para poder aplicar este modelo fue necesario recopilar y generar información básica como datos de población, datos espaciales, modelos digitales de terreno provistos, gracias a la colaboración desinteresada de instituciones anteriormente mencionadas. Esta metodología es factible aplicarla al mismo tipo de eventos en otros sitios o adaptarla a otro tipo de fenómenos naturales o antrópicos que pongan en riesgo a la población.
5. Se busca entregar una herramienta de soporte a las autoridades en sus actividades de gestión de riesgos, y dándole a la población una alternativa de evacuación hacia los refugios y zonas seguras, las herramientas de visualización realizadas para este fenómeno fueron Dashboards de Alerta Naranja y Alerta Roja, estos plasman indicadores como vías afectadas, infraestructura afectada, fallecidos, personas afectadas y damnificadas, refugios disponibles y afectación el cultivos, viviendas y centros de salud, estos nos muestran cifras a nivel provincial y cantonal, y sirven para la toma correcta de decisiones para las diferentes autoridades e instituciones del Estado, realizar planes de emergencia y contingencia en base a datos confiables.

## Recomendaciones

- Acudir a las instituciones del Estado que puedan para obtener información completa y lo más actualizada posible, ya que de esto parte toda la investigación que se va a realizar, para así mismo obtener resultados que puedan ser confiables, esta investigación partió de archivos shp, gdb, mde, srtm y datos que influyen en el fenómeno de “El Niño”
- La modelización hidrológica basada en modelos digitales de terreno pretende estimar los caudales generados en una cuenca a partir de sus características topográficas, así como las áreas inundables en función de la altura esperable. Por lo tanto es necesario compaginar los resultados obtenidos con modelos realizados anteriormente.
- El levantamiento de la información deber recogerse de manera sistemática y previamente establecida, ya que de los resultados obtenidos dependerá la calidad de los datos y los hallazgos que puedan obtenerse, para así lograr tener herramientas de visualización fiables.
- Durante el diseño de los tableros de control, existen una cantidad muy grande de herramientas para que la información pueda ser presentada de manera dinámica, sin embargo, el utilizar muchas de estas herramientas puede desviar la atención del usuario de lo que realmente es importante, debido a esto se recomienda agregar solamente la información necesaria sobre el tema del que trata el tablero, así se evitará una posible confusión o que el dashboard resulte demasiado abrumador para un civil.
- A la hora de generar un storymap existe una gran variedad de herramientas que permiten la personalización de la información mostrada, así como también su diseño, se recomienda utilizar esta aplicación de manera didáctica pues permite al creador mostrar un tema que puede ser o no bastante técnico de una manera mucho más ligera, permitiendo así que no solo profesionales entiendan y se apropien de la información levantada.
- Uno de los problemas que existen al trabajar con este tipo de aplicaciones es la conexión a internet, pues para que tanto dashboard como storymaps se puedan visualizar de manera correcta es necesario tener una conexión a internet, es recomendable que, a la hora de

evaluar este tipo de aplicaciones, los evaluados posean una conexión a internet óptima, de no ser así es posible que algunas funciones de un tablero de control no funcionen correctamente entorpeciendo así la evaluación de usabilidad.

### Bibliografía

- Buill Pozuelo, F., Nuñez, M. A., & Rodríguez, J. J. (2003). *Fotogrametría analítica*. Edicions UPC.
- Chuvieco, E. (2003). *Fundamentos de teledetección espacial*. Estudios Geográficos.
- Colombia, G. N. (24 de abril de 2012). *Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*. Obtenido de gov.co: <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/1523%20-%202012.pdf>
- Congreso Nacional. (2004). Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública. *Registro Oficial Suplemento No. 337*.
- Córdova, Y. (2021). Propuesta de metodología para el diseño de dashboard. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 56-76.
- Desconocido. (20 de 08 de 2023). *Desastres*. Obtenido de <http://riesgosucv.blogspot.com/2013/09/riesgos-y-desastres.html>
- Diplomática, O. d. (18 de 08 de 2023). *Ficha País: ECUADOR*. Obtenido de [https://www.exteriores.gob.es/documents/fichaspais/ecuador\\_ficha%20pais.pdf](https://www.exteriores.gob.es/documents/fichaspais/ecuador_ficha%20pais.pdf)
- Esri. (2021). *Story Maps for Disaster Management*. Obtenido de <https://www.esri.com/en-us/disaster-response/overview>
- Esri. (20 de Agosto de 2023). *ArcGis Survey123*. Obtenido de doc.arcgis.com: <https://doc.arcgis.com/es/survey123/reference/whatisurvey123.htm#:~:text=ArcGIS%20Survey123%20es%20una%20soluci%C3%B3n,y%20compatibilidad%20con%20varios%20idiomas>.
- ESRI. (15 de 08 de 2023). *intersecar (Análisis)*. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/analysis/intersect.htm>
- Esri. (s.f.). *Esri*. Obtenido de Esri Ecuador: <https://www.esri.co/es-ec/nosotros/sobre-esri/que-son-los-sig>
- Fomento, C. A. (2000). *EL fenómeno El Niño 1997 - 1998 Memorira, retos y soluciones*.
- Frech, L. (2019). How to design useful dashboards. Harvard Business Review.
- Goborot, A. (2017). *Visual Analytics of Movement*. Springer.
- GUANCHA, R. L. (2016). *DESARROLLO DEL GEOPORTAL DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/24334/0543319.pdf?sequence=1>
- Gustavo, N. (2011). Geoportales en el Ecuador. *Revista de Ciencias de la Vida*, 58-64.
- IBM. (28 de 02 de 2021). *Modelado geoespacial*. Recuperado el 20 de Agosto de 2023, de <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/27.0.0?topic=features-geospatial-modeling>
- Ingeoexpert. (25 de enero de 2019). *¿Qué es la cartografía? Características y evolución*. Obtenido de Ingeoexpert: <https://ingeoexpert.com/2019/01/25/que-es-la-cartografia-caracteristicas-y-evolucion/>
- ISO. (18 de 8 de 2023). *ISO 25000 Calidad de Software y Datos*. Obtenido de <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010/23-usabilidad>

- Lavell, A. (2001). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. *Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS*, 1-22.
- Lima Ramírez, A. (2018). *Modelamiento geoespacial para la caracterización física, socioeconómica y alternativas de aprovechamiento de la unidad hidrográfica Puyango Ecuador* (11-13 ed.). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- López, F. B. (2015). *Historia de los desastres naturales en el Ecuador*. Quito: Imprenta y Offset Santa Rita.
- Manrique Sancho, M. (s.f.). *La usabilidad de los geoportales*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148676527.pdf>
- Martelo, M. T. (1998). EL FENOMENO DE EL NIÑO. *COMUNIICA*, 48 - 55.
- Militar, I. G. (2013). *Geoportal IGM*. Obtenido de [https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2013/07/Manual\\_GEOPORTAL.pdf](https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2013/07/Manual_GEOPORTAL.pdf)
- Moya Honduvilla, J. (2015). *La usabilidad de los geoportales*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148676527.pdf>
- Moya Honduvilla, J. B. (s.f.). La usabilidad de los geoportales: Aplicación del Diseño Orientado a Metas (DOM). *ETSI en Topografía, Geodesia y Cartografía* .
- MSP. (2000). *El Fenómeno de El Niño en Ecuador*.
- OAS. (s.f.). *¿Qué son las amenazas Naturales?* Obtenido de OAR.ORG: <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea57s/ch005.htm#:~:text=Las%20inundaciones%20son%20fen%C3%B3menos%20naturales,de%20da%C3%B1os%20causados%20por%20inundaciones>.
- OEIDOC, P. (14 de abril de 2023). *¿Qué son los fenómenos hidrológicos?* Obtenido de INSteractúa: <https://insteractua.ins.gob.pe/que-son-los-fenomenos-hidrologicos/>
- OSNIRH, O. d. (Octubre de 2010). *PLAN DE PREVENCIÓN ANTE LA PRESENCIA DE FENOMENOS NATURALES POR INUNDACIONES, DESLIZAMIENTOS, HUAYCOS Y SEQUIAS*. Obtenido de Ministerio de Agricultura Perú: <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/ANA/Plan%20de%20prevencion%20ante%20la%20presencia%20de%20fenomenos%20naturales%20por%20inundaciones,%20deslizamientos,%20huaycos%20y%20sequias.pdf>
- POURRUT, P. (1998). EL NIÑO 1982-1983 A LA LUZ DE LAS ENSEÑANZAS DE LOS EVENTOS DEL PASADO - IMPACTOS EN EL ECUADOR . *Bull. Inst. fr. études andines*, 12 - 16.
- Rafael, A. (2016). La Investigación e Innovación en la Enseñanza de la Geografía.
- Ray, R. (2015). Story maps improve comprehension. *The Reading Teacher*, 400-415.
- Rico, M. d. (2020). *Inundaciones*. Obtenido de ECOExploratorio: <https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/inundaciones/que-son-las-inundaciones/>
- Row, F. (2019). Data visualization for human perception. In *Interactive Data Visualization for the Web. O'Reilly Media*, 43-63.
- Solano, M. (19 de 08 de 2023). *Simulación de Inundaciones*. Obtenido de <https://storymaps.arcgis.com/stories/820f4bf384b74b9487831f896b8b2814>

Toulkeridis, T., Parra, H., Mato, F., & D'Howitt, M. C. (2017). CONTRASTING RESULTS OF POTENTIAL TSUNAMI HAZARDS IN MUISNE, CENTRAL COAST OF ECUADOR. *Journal of Tsunami Society International*, 30 - 32.

UNISDR. (2009). *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra, Suiza.

UNISDR. (21 de 08 de 2023). *UNISDR.ORG*. Obtenido de <https://www.unisdr.org/2004/campaign/booklet-spa/page8-spa.pdf>