

ROL DE LA INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS INNOVADORAS EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGO AL FENÓMENO DEL NIÑO

ROLE OF INTEGRATING INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN INTEGRAL RISK MANAGEMENT OF THE EL NIÑO PHENOMENON

Madelin Mayte Tenesaca Rivera ^{1*}

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí, Instituto de Posgrado, Programa de Maestría en Gestión Ambiental. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7185-1706>. Correo: tenesaca-madeline0567@unesum.edu.ec

Luisa Anabel Palacios Lopez ²

² Universidad Estatal del Sur de Manabí, Instituto de Posgrado, Programa de Maestría en Gestión Ambiental. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9257-7557>. Correo: luisa.palacios@unesum.edu.ec

* Autor para correspondencia: tenesaca-madeline0567@unesum.edu.ec

Resumen

Los riesgos naturales, pueden ser atmosféricos, geológicos o hidrológicos, afectan a diferentes escalas y causan lluvias intensas, inundaciones, deslizamientos, daños a cultivos e infraestructura, y problemas de salud. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el uso de tecnologías innovadoras para mejorar la detección temprana, la respuesta a emergencias y la mitigación de riesgos asociados al fenómeno El Niño. Para ello, se utilizaron metodologías como la revisión bibliográfica de libros y artículos científicos, el análisis y síntesis de tecnologías relevantes para estos fenómenos en Ecuador, y el método comparativo para evaluar el impacto de las tecnologías en la Gestión Integral de Desastres (GID). Se analizaron dos tecnologías principales: el sistema de monitoreo de niveles de agua en ríos mediante radares y el sistema de monitoreo de inundaciones con drones. La investigación concluye que ambos sistemas ofrecen ventajas importantes. Los radares proporcionan datos en tiempo real sobre los niveles de agua, facilitando la detección temprana, mientras que los drones permiten una inspección detallada de las áreas afectadas. La combinación de estos sistemas mejora significativamente la vigilancia, la respuesta y la planificación para enfrentar inundaciones, siempre que se garantice su integración adecuada y adaptación a las condiciones locales.

Palabras clave: desastres; drones; inundación; lluvia; radares



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

Abstract

Natural risks, which can be atmospheric, geological or hydrological, affect different scales and cause intense rains, floods, landslides, damage to crops and infrastructure, and health problems. This research aims to evaluate the use of innovative technologies to improve early detection, emergency response and mitigation of risks associated with the El Niño phenomenon. To do this, methodologies were used such as the bibliographic review of books and scientific articles, the analysis and synthesis of technologies relevant to these phenomena in Ecuador, and the comparative method to evaluate the impact of technologies in Comprehensive Disaster Management (GID). Two main technologies were analyzed: the river water level monitoring system using radar and the flood monitoring system with drones. The research concludes that both systems offer important advantages. Radars provide real-time data on water levels, facilitating early detection, while drones allow for detailed inspection of affected areas. The combination of these systems significantly improves flood monitoring, response and planning, as long as their proper integration and adaptation to local conditions is ensured.

Keywords: *disasters; drones; flood; rain; radars*

Fecha de recibido: 16/02/2025

Fecha de aceptado: 23/04/2025

Fecha de publicado: 18/06/2025

Introducción

Los riesgos naturales son fenómenos físicos que se originan de forma atmosférico, geológico e hidrológico, y que pueden afectar a escala nacional, regional y global. Estos tipos de desastres son causantes de diferentes factores como crisis de sostenibilidad en el desarrollo económico y social. Con el paso de los años la población aprendió a convivir con la naturaleza y sus defectos los cuales son los cambios violentos o repentinos en la dinámica del medio ambiente, cuyas repercusiones pueden causar pérdidas materiales y de vidas, y que son producto de eventos ambientales en los que no se halla presente la mano del ser humano, como son los terremotos, inundaciones, tsunamis, entre otros.

Uno de los riesgos naturales más notorio en la actualidad es el “Fenómeno del Niño” o su nombre técnico “Oscilación del Sur (ENOS)”, es un evento climático que puede tener un impacto significativo en el planeta, este fenómeno ocurre, en promedio, cada dos a siete años y suele durar de nueve a doce meses. Según UNICEF (2023) se caracteriza por la presencia de lluvias, condiciones más frías y húmedas de lo normal, o sequías en diferentes partes del mundo.

En Ecuador, a lo largo del siglo XX se han producido numerosos fenómenos como El Niño con efectos negativos al igual que en los países de la región, los efectos de El Niño se sienten con el aumento de lluvias, estas suelen causar inundaciones, deslizamientos de tierra, daños en los cultivos, la infraestructura y efectos negativos en la salud de las personas. Según el Ministerio de Salud Pública del Ecuador (2020) Los más



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

notables, en orden de magnitud descendente y sin considerar el actual, han sido los de 1982-1983, 1957-1958 y 1972-1973.

Un claro ejemplo del impacto por el Fenómeno del Niño ocurridos desde el 01 de enero de 2024 hasta la actualidad presenta un registro de 390 eventos peligrosos. Según el Estudio Regional del Fenómeno El Niño (2024) a través de su comité indican que en 19 provincias han afectado 10710 personas en 100 cantones por lluvias, siendo los más recurrentes los siguientes: inundaciones (39,49%), deslizamientos (34,62%), colapso estructural (9,23%), vendaval (5,38%) y socavamientos (4,87%). En el transcurso de este periodo, las provincias con mayor impacto a la población son: Los Ríos, Esmeraldas, Manabí y Guayas.

La investigación en torno a los desastres naturales está orientada a encontrar soluciones para disminuir sus efectos negativos. Por ello el ser humano ha dedicado un gran tiempo para la creación de diferentes tecnologías que permitirá disminuir los desastres naturales. Según el reporte de Gallo (2020) en caso de una emergencia, la tecnología es un recurso que permite realizar evaluaciones de daños, obtener información en tiempo real y dar respuestas rápidas, además de crear un mapeo de las áreas afectadas y elaborar análisis para determinar qué clase de apoyo necesitan los damnificados.

Según Mateusz Brodowicz (2024) en su investigación “El papel de la tecnología en la gestión de desastres naturales como el fenómeno del niño,” la tecnología desempeña un papel importante en la mitigación de desastres al proporcionar datos precisos sobre el desarrollo y la propagación de este fenómeno. Por ejemplo, el uso de sistemas de monitoreo satelital y sensores avanzados ha permitido reducir en un 30% las pérdidas económicas globales asociadas al fenómeno del niño en la última década, según datos de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR). Esto resalta la importancia de invertir en soluciones tecnológicas que prioricen la prevención y respuesta rápida.

El objetivo principal de esta investigación con el tema: “Rol de la integración de tecnologías innovadoras en la gestión integral de riesgo al fenómeno del niño” busca resaltar el uso de tecnologías innovadoras con el fin de mejorar la capacidad de detección temprana, la respuesta a emergencias y la mitigación de riesgos asociado al fenómeno del niño, por lo que es necesario identificar las mejores tecnologías para poder incentivar el uso de las mismas.

Materiales y métodos

La metodología de análisis comprende varios métodos principales. En primer lugar, se empleó el método bibliográfico, mediante la revisión de libros y artículos científicos, cuya información fue analizada para conformar y desarrollar la investigación propuesta. Asimismo, se aplicó el método de análisis y síntesis, que permitió examinar las distintas tecnologías principales con el fin de determinar sus características generales, específicamente en relación con los fenómenos naturales más relevantes en Ecuador. Por último, se utilizó el método comparativo para evaluar el impacto de dichas tecnologías en GID, considerando factores como propiedades, indicadores, rendimiento, funcionalidad y usabilidad, con el objetivo de realizar una comparación exhaustiva y fundamentada.



Instrumentos de medición y técnicas

Para complementar esta investigación se realizó entrevistas a expertos en el área para obtener información de la aplicación en instituciones que realizan el seguimiento y monitoreo de las amenazas y actúan en cada área del Ciclo de la Gestión de Riesgo de tal manera se tuvo la intervención de un experto en fenómeno El Niño como lo es el Ing. Darío Marcelo Fierro Zapata, que es el director regional Ica – SENAMHI Perú.

La segunda etapa está orientada a la investigación tecnológica por el Ing. Alfredo Barrientos Padilla, que es el Coordinador de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Bogotá Colombia. Se elaboró un banco de preguntas que tuvieron como objetivo conocer la percepción de los funcionarios competentes en el área y especialista en el caso de estudio, así como el tipo de tecnología adecuada para el monitoreo y prevención del fenómeno del niño.

Los resultados obtenidos mediante las entrevistas aportaron conocimientos como propiedades, indicadores, rendimiento, funcionalidad, usabilidad de las tecnologías que ya se encuentran aplicadas y a su vez permitió conocer la importancia y necesidad de mejorar la (GIDN) en el Ecuador y en consecuencia determinar las tecnologías más apropiadas ante el fenómeno El Niño.

Procedimientos

Esta investigación se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Para el desarrollo de la investigación se empleó la metodología de revisión bibliográfica. Con el fin de obtener información concerniente al estudio, desde la perspectiva de análisis fue necesario recabar todo tipo de bibliografía vinculada con el fenómeno del Niño.
- Para identificar las tecnologías más relevantes en la Gestión Integral de Desastres Naturales (GIDN), se realizó un análisis exhaustivo mediante una revisión sistemática de 200 artículos científicos enfocados en la gestión de desastres naturales, especialmente relacionados con el fenómeno de El Niño. Los estudios revisados incluían aplicaciones de tecnologías como inteligencia artificial, teledetección, redes sociales, tecnologías móviles y TIC en países afectados por este fenómeno, incluyendo Ecuador. Los artículos fueron extraídos de bases de datos académicas como Scopus y Web of Science, seleccionando 10 estudios clave para sustentar la investigación, basándose en su relevancia y rigor metodológico.
- Según Laura Díaz Bravo (2013) la entrevista es una técnica de gran utilidad en la investigación cualitativa para recabar datos; se define como una conversación que se propone un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Por ende, se llevaron a cabo entrevistas con expertos y representantes de instituciones encargadas del monitoreo y seguimiento de amenazas, lo que permitió recopilar información detallada sobre las aplicaciones tecnológicas más efectivas para abordar los impactos del fenómeno de El Niño. Se realizaron tres entrevistas de las cuales participaron profesionales y expertos en la Gestión de Riesgo: Ing. Darío Marcelo Fierro Zapata, Director Regional Ica – SENAMHI Perú; Ing. Alfredo Barrientos Padilla, Coordinador de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Bogotá Colombia y Marco Bermeo Zambrano, Director del departamento de Gestión de Riesgos del GAD del cantón Pasaje.



- A partir de los resultados obtenidos, se propuso la implementación de dos tecnologías específicas: un sistema de monitoreo y alerta del nivel de agua en los ríos mediante radares y un sistema de monitoreo de inundaciones utilizando drones, ambos diseñados para fortalecer la prevención y respuesta ante emergencias climáticas.

Resultados y discusión

Revisión sistemática

A continuación, se presenta la Revisión Sistemática de 200 artículos tomando como referencia estudios relacionados con el monitoreo y tecnología aplicada al fenómeno del niño, gestión de riesgo, drones, sistemas de alerta temprana, soluciones tecnológicas ante el fenómeno del Niño, tecnologías aplicadas y a su vez investigaciones que se están llevando a cabo en el Ecuador enfocadas al fenómeno del Niño.

Tabla 1. Revisión sistemática

Países	Buscadores		Tipos de artículos			
	Google académico	Repositorio digital	SciELO	Revista	Tesis	Artículos
Argentina	3	1		3	1	
Bolivia	3			1		2
Chile	2	1	1	3	1	
Colombia		27	13		27	13
Cuba			5			5
Ecuador	15	23	21	3	23	36
España	4	10			4	10
Guatemala	1	1			1	1
Hondura	1	1			1	1
México	7	2			2	7
Panamá	2		1		2	1
Paraguay		2			2	
Perú	17	15		7	35	7
Total	55	83	41	17	99	83



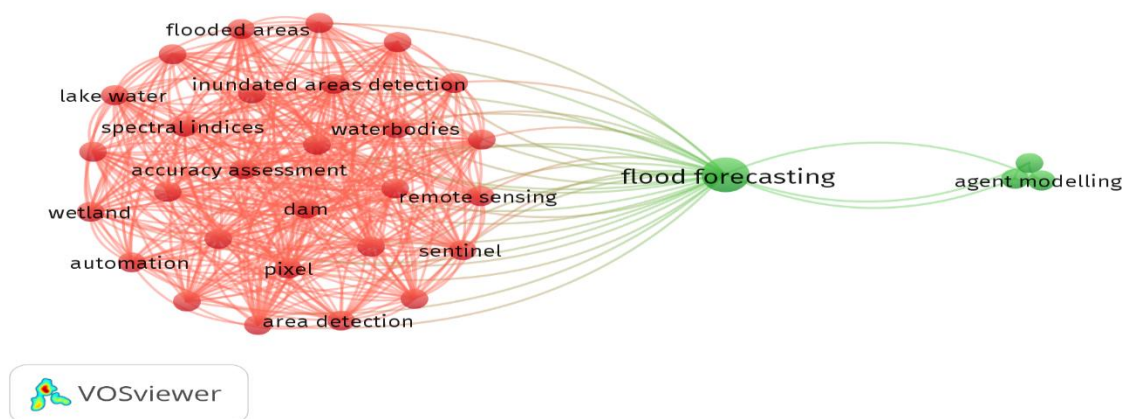


Figura 1. Relaciones y Técnicas Clave para la Gestión de Inundaciones por el Fenómeno del niño.

El gráfico refleja que las técnicas de detección y evaluación (clúster rojo) son las más frecuentemente empleadas. Esto puede justificarse porque la detección de áreas inundadas es el paso inicial en cualquier modelo de gestión de inundaciones además tienen mayor uso y conectividad porque son esenciales para recopilar datos iniciales. El alto grado de conectividad entre términos como *spectral indices*, *accuracy assessment*, y *remote sensing* indica que estas técnicas son complementarias. La conexión entre *flood forecasting* y el clúster rojo muestra que la predicción depende fuertemente de los datos obtenidos de sensores y análisis de imágenes satelitales.

Mientras que los modelos predictivos (clúster verde) son menos utilizados, pero más críticos para la prevención y mitigación, especialmente en el contexto de eventos como el Fenómeno del Niño, sin embargo, el enfoque en el uso combinado de estas técnicas cuantifica el impacto de las tecnologías innovadoras en la gestión de riesgos de inundaciones.

Desde el contexto de la aplicación de estas técnicas para Ecuador se podrían adoptar como tecnologías clave para mitigar los efectos del Fenómeno del Niño, pero enfrenta desafíos como: Infraestructura limitada debido a que los sistemas de monitoreo y predicción requieren una red robusta de estaciones meteorológicas y sensores, que no siempre están disponibles, se requieren expertos en análisis de los datos satelitales y los modelos computacionales para su interpretación además del limitado acceso a tecnologías avanzadas y sistemas de alerta con las zonas rurales, sin embargo la aplicación de estas tecnologías han sido objeto de diversos estudios y proyectos en las que Ecuador ha desarrollado algunas iniciativas que reflejan el esfuerzo continuo en la gestión de Riesgos que busca mitigar los efectos del Fenómeno del niño.

Una vez realizado la revisión sistemática de la literatura y hacer un filtrado de documentos se seleccionaron 10 artículos, donde se recabó información pertinente que sirvió de sustento para desarrollar un análisis a profundidad, en consecuencia, se determinó que las tecnologías más relevantes aplicadas a la GIDN son el sistema de monitoreo y alerta del nivel de agua del río utilizando radares y el sistema para el monitoreo de inundaciones utilizando drones.



Sistema de monitoreo y alerta del nivel de agua del río utilizando Radares

Los sistemas de monitoreo y alerta del nivel de agua de río que utilizan radares ofrecen una fiabilidad del 95% en la detección precisa del nivel del agua, según estudios realizados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la Asociación Internacional de Hidrología (IAH). Estos sistemas pueden detectar cambios en el nivel de agua de hasta 1 cm de precisión y proporcionar alertas tempranas en caso de inundaciones o desbordamientos. Además, la integración de tecnologías de procesamiento de señales de radar y algoritmos de inteligencia artificial puede mejorar la precisión del sistema hasta un 98%. La fiabilidad de este sistema se ve reforzada por la capacidad de operar en condiciones adversas, como lluvia intensa o niebla, y proporcionar datos en tiempo real. En efecto, el uso de esta tecnología utilizando radares para la detección del nivel del agua en ríos es confiable y efectiva para la gestión de recursos hídricos y la prevención de desastres naturales.

Tabla 2. Sistema de monitoreo y alerta del nivel de agua de río utilizando Radares

Descripción	Dependencia	Funcionalidad	Beneficio	Estimación del costo del proyecto
Esta solución tecnológica ha sido diseñada para monitorear en tiempo real parámetros del nivel de agua que posea el caudal de un río que influyen en la detección del nivel de peligrosidad de inundaciones, producto del desbordamiento de los ríos.	Inundación	- La solución tecnológica se compone de diversos dispositivos físicos, softwares y aplicaciones asociadas. - Permite monitorear en tiempo real el nivel de agua en el río.	- Con este sistema se puede conocer en todo momento el estado del nivel del río. - Permite alertar de manera rápida a la población cercana al río, cuando el agua del río esté en peligro de desbordarse.	\$ 23,641.32

Costo de los dispositivos y servicios cloud

El costo aproximado de los dispositivos y servicios cloud para el sistema de monitoreo y alerta del nivel de agua del río utilizando radares es de: \$ 5,307.83.

Tabla 2. Costo de los dispositivos y servicios cloud del sistema de monitoreo y alerta del nivel de agua del río utilizando radares

Dispositivos y Servicios	Unidades	Precio	Total
1			
IoT Hub	1 Unidad	\$ 10.00	\$ 10.00
Stream Analytics	1 Unidad	\$ 80.30	\$ 80.30
Cosmos DB	1 Unidad	\$ 17.52	\$ 17.52



Blob Storage	1	Unidad	\$ 3.49	\$ 3.49
Service Bus Queue	1	Unidad	\$ 0.05	\$ 0.05
Azure Functions	2	Unidad	\$ 13.60	\$ 27.20
Logic Apps	1	Unidad	\$ 300.15	\$ 300.15
Power BI	2	Unidad	\$ 9.99	\$ 19.98
Subtotal				\$ 458.69
2				
Meshlium	1	Unidad	\$ 1,750.00	\$ 1,750.00
Waspnote lora 4.5 dbi - 900 MHz	1	Unidad	\$ 204.83	\$ 204.83
Proto Sensor 2.0	1	Unidad	\$ 280.00	\$ 280.00
OTT RLS Sensor	1	Unidad	\$ 2,614.31	\$ 2,614.31
SolarWorld SWA 285 - Panel Solar	1	Unidad	\$ 259.00	\$ 259.00
Subtotal				\$ 4,849.14
TOTAL				\$ 5,307.83

Plano de construcción

Se debe diseñar una torreta de 12 metros de altura, de acero galvanizado. Esta torreta se ubicará por encima del río a monitorear. Los dispositivos de este sistema se ubicarán en la cima de la torreta, por prevención a robos o exposición de los dispositivos a cualquier desastre. A continuación, se muestra el detalle de los materiales y el plano de construcción.

Tabla 4. Plano de construcción

Materiales	Medidas
Tubo Galvanizado Rectangular	6m
Poste Acero Galvanizado	12m

Costo de implementación

Para implementar esta solución tecnológica, se requerirán programadores especializados en Microsoft Azure y expertos para las pruebas. También será necesario un jefe de proyecto para coordinar la planificación, diseño e implementación de los servicios en la nube, asegurando su compatibilidad, resiliencia y escalabilidad. El desarrollo del sistema tomará 2 meses. En cuanto a la infraestructura, se necesitarán un soldador para la torreta de acero y un peón para el cimiento, con un tiempo estimado de construcción de 10 días. A continuación, se presenta el costo de implementación:

Costo de implementación para el sistema de monitoreo y alerta del nivel de agua del río utilizando radares



Tabla 3. Costo de implementación para el sistema de monitoreo y alerta del nivel de agua del río utilizando radares

			Unidad	Precio	Precio Total
Desarrollo de la solución					
1.	Servicios Cloud				
	IoT Hub	1	Unidad	\$ 10.00	\$ 10.00
	Stream Analytics	1	Unidad	\$ 80.30	\$ 80.30
	Cosmos DB	1	Unidad	\$ 736.29	\$ 736.29
	Blob Storage	1	Unidad	\$ 54.75	\$ 54.75
	Service Bus Queue	1	Unidad	\$ 0.05	\$ 0.05
	Azure Functions	2	Unidad	\$ 13.60	\$ 13.60
	Logic Apps	1	Unidad	\$ 300.15	\$ 300.15
	Power BI	2	Unidad	\$ 9.99	\$ 19.98
	Subtotal				\$ 458.69
2.	Dispositivos				
	Meshlium	1	Unidad	\$ 1,750.00	\$ 1,750.00
	Wasmote lora 4.5 dbi - 900 MHz	1	Unidad	\$ 204.83	\$ 204.83
	Proto Sensor 2.0	1	Unidad	\$ 40.84	\$ 40.84
	OTT RLS Sensor	1	Unidad	\$ 2,614.31	\$ 2,614.31
	SolarWorld SWA 285 - Panel Solar	1	Unidad	\$ 259.00	\$ 259.00
	Subtotal				\$ 4,868.98
3.	Materiales de Obra				
3.1	Poste				
	Poste Solar Galvanizado 12 Metros			S/ 3,372.27	S/ 3,372.27
	Tubo Galvanizado Rectangular 3m			S/ 32.47	S/ 64.94
	Subtotal				\$ 1,032.20
4.	Personal de Obra				
	Operario	2			\$ 830.40
	Peón	1			\$ 372.80
	Soldador	1			\$ 600.80
	Subtotal				\$ 1,804.00
5.	Personal Desarrollo				
	Jefe del proyecto	1	Meses	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
	Desarrollo Plataforma Web	2	Meses	\$ 3,500.00	\$ 7,000.00
	Tester	2	Meses	\$ 2,000.00	\$ 4,000.00
	Subtotal				\$ 15,000.00
	Costo total de desarrollo				\$ 23,163.87



El costo aproximado de implementación es de \$ 23,163.87.

Sistema para el monitoreo de inundaciones utilizando drones

Los drones de socorro en casos de desastre se están convirtiendo en una herramienta esencial para las operaciones de respuesta a emergencias. Según Zurich North América Realizado por Measure, una empresa de 32 Advisors, en coordinación con la Cruz Roja Americana (2023) Estos sistemas aéreos no tripulados (UAS) proporcionan una serie de beneficios clave, como la capacidad de acceder rápidamente a áreas inaccesibles, monitorear en tiempo real y coordinar rescates de manera más eficiente. En situaciones de desastre, los drones pueden reducir el tiempo de respuesta hasta en un 30%, lo que mejora significativamente la rapidez con la que se pueden proporcionar recursos y asistencia a las zonas afectadas.

Tabla 4. Sistema para el monitoreo de inundaciones utilizando drones

Descripción	Dependencia	Funcionalidad	Beneficio	Estimación del costo del proyecto
La solución tecnológica se ha diseñado para monitorear el estado e impacto de las inundaciones mediante el uso de drones autónomos capturando imágenes en tiempo real sobre el área interesada.	Inundación	La aplicación de la presente tecnología ha permitido obtener información en tiempo real con alta resolución gracias a la facilidad de repetición de los vuelos, la recopilación de datos de alta precisión y buena resolución espacial, su efectividad aporta con información precisa a través de una monitorización continua sobre el comportamiento de las variables atmosféricas en la zona de estudio.	- Con el sistema propuesto se puede monitorear en tiempo real el estado actual de una inundación y alertar de manera inmediata a la población mediante un SMS. - Se puede monitorear en tiempo real el estado actual y el impacto de una inundación, con el fin de alertar de manera inmediata a la población que se encuentre cerca del área afectada, mostrándoles la propagación pronosticada de la inundación y puedan descubrir las mejores formas de evacuar la zona.	\$ 56,890.47.

Costo de los dispositivos y servicios cloud

El costo aproximado de los dispositivos y servicios cloud para el sistema de inundaciones utilizando drones es de: \$ 34,778.03.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

Tabla 5. Costo de los dispositivos y servicios cloud

Costo de los dispositivos y servicios del sistema para el monitoreo de inundaciones utilizando drones					
1.	Dispositivos	Unidades	Precio	Precio Total	
	Blob storage	1	Unidad	\$ 21.84	\$21.84
	Streaming Endpoint	1	Unidad	\$ 64.50	\$64.50
	CDN	1	Unidad	\$ 40.50	\$40.50
	Subtotal				
2.					
	Meshlium	1	Unidad	\$ 1,750.00	\$ 534.19\$ 1,750.00
	Waspnote 4G - 2600 MHz	1	Unidad	\$ 534.19	\$ 534.19
	Proto Sensor 2.0	1	Unidad	\$ 280.00	\$ \$ 280.00
	M210RTK Drone	1	Unidad	\$ 6,250.00	\$ 6,250.00
	FLIR Duo Pro R	1	Unidad	\$ 7,599.00	\$ 7,599.00
	Sensor IR-LOCK	1	Unidad	\$ 99.00	\$ 99.00
	IR Markers	1	Unidad	\$ 139.00	\$ 139.00
	Skyport	1	Unidad	\$ 18,000.00	\$ 18,000.00
	Subtotal				\$ 34,651.19
Total				\$ 34,778.03	

Construcción

Se debe diseñar una infraestructura que contiene todos los dispositivos del sistema propuesto. El diseño de esta estación cumple las normas que especifica el Senamhi. Sé un gabinete compacto que contiene a los instrumentos necesarios para el envío de información de los sensores. Está construida de madera y pintada de blanco, ya que este color refleja todas las ondas de luz, y no existe ingreso de energía. Se utiliza un panel solar y una estación (Skyport) en donde se puede cargar la energía de las baterías de los drones.

Tabla 6. Cálculo de áreas del sistema para el monitoreo de inundaciones utilizando drones

Largo(m)	Ancho (m)	Área (m2)	Área(m2)
5	5		25

Tabla 7. Metrado de Cimentación del sistema para el monitoreo de inundaciones utilizando drones

Largo(m)	Profundidad (m)	Ancho (m)	Volumen (m3)
20	0.7	0.6	8.4

Tabla 8. Metrado de Columna del sistema para el monitoreo de inundaciones utilizando drones

Nº de columnas	Área sección	Altura sección	Volumen sección
9	0.2	0.2	3
			1.08



Tabla 11. Materiales del sistema para el monitoreo de inundaciones utilizando drones

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	77	Bolsas
Arena Gruesa	5	m3
Piedra	9	m3
Agua	1659	Lt
Ladrillo King Kong	1573	Unidades
Vigas de fierro	1	m3

Costo de implementación

Para llevar a cabo la implementación de esta solución tecnológica, se necesitará la colaboración de programadores especializados en servicios en la nube de Microsoft Azure y de testers con amplia experiencia en pruebas para este tipo de soluciones. Además, se requiere un jefe de proyecto encargado de la planificación, diseño e implementación coordinada de los servicios en la nube, garantizando la compatibilidad, resiliencia y escalabilidad del entorno.

El desarrollo del sistema está proyectado para completarse en 2 meses. En la fase de construcción de la infraestructura, se necesitarán dos operarios para manejar las máquinas de construcción y cuatro peones para edificar el cimiento de la torreta, asegurando su estabilidad y firmeza. Todo el proceso debe ser supervisado por un capataz, quien se encargará del diseño y la coordinación de la edificación, asegurando su correcto funcionamiento. La construcción está estimada para durar 15 días, con un costo total de implementación de \$56,890.47.

Entrevista realizada a representantes de instituciones que realizan el seguimiento y monitoreo de las amenazas o expertos en el campo

Se desarrolló una lista de preguntas que abarcaban criterios sobre el uso de la tecnología para la gestión del riesgo. A continuación, se presentan las opiniones de expertos, sobre la aplicación de TICs desde su localidad y la propuesta sugerida.

La primera entrevista orientada a entender sobre las soluciones tecnológicas en la gestión del riesgo del fenómeno del niño se menciona que el sistema de monitoreo y alerta utilizando drones es una alternativa que se ha adaptado en Perú en las que se monitorean algunos ríos principales del país convirtiéndose en una tecnología de gran ayuda para la población. La adaptación de estas tecnologías tiene un % más alto de efectividad si se incorpora un sistema de predicción de lluvias además del monitoreo de nubes.

Los resultados de la segunda entrevista muestran la verificación de la investigación tecnológica, en ella se manifiesta que las propuestas presentadas en las tablas anteriores cumplen con lo siguiente:

- Están definidos los componentes de hardware requeridos para las soluciones tecnológicas.
- El estilo de presentación y detalle de las arquitecturas son las adecuadas, se recomienda un diseñador gráfico.
- Se debe asignar los nombres adecuados para definir los dispositivos.



La tercera entrevista buscó comprender las tecnologías aplicadas y entidades responsables para el monitoreo y prevención del fenómeno del niño en Ecuador y se define lo siguiente:

Para el monitoreo y prevención del fenómeno del niño en Ecuador se usan herramientas y tecnologías como; visor de datos hidrometeorológicos, boya oceanográfica al oeste de las islas Galápagos, GEOGloWS una plataforma web para el monitoreo y pronóstico de eventos hidrometeorológicos, sistema de alerta temprana, modelos numéricos de predicción, radares meteorológicos.

En Ecuador el Comité Nacional EFREN está integrado por directores o sus representantes y el personal científico dedicado al estudio del fenómeno “El Niño”, como miembros titulares, de las siguientes entidades u organismos:

- Instituto Oceanográfico de la Armada -INOCAR
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología -INAMHI
- Instituto Nacional de Pesca -INP
- Centro de Levantamiento Integrado de Recursos Naturales por Sensores Remotos
- Dirección Nacional de Defensa Civil -SDAC
- Subdirección de Aviación Civil -SDAC
- Escuela Superior Politécnica de Litoral -ESPOL
- Universidad Católica Santiago de Guayaquil –UCSG
- Universidad de Guayaquil -UG
- Dirección General de Soberanía Marítima, Aérea y Espacial -DG SMA

Discusión

El análisis llevado a cabo por el autor Aucasime (2022) revela que hay intervenciones efectivas para enfrentar el fenómeno El Niño en Perú. Un aporte significativo de su estudio es la propuesta de un enfoque integral para gestionar los desastres naturales asociados con El Niño, el cual debe incluir tres fases clave: prevención, adaptación y mitigación o respuesta. No obstante, se señala que, hasta ahora, las intervenciones se han centrado predominantemente en la fase de mitigación, mientras que la preparación y la prevención han sido descuidadas.

Según Estupiñán, *et al*, (2023), se observaron medidas que avanza el desarrollo tecnológico, se abren nuevas oportunidades para mejorar la gestión de riesgos asociados con desastres naturales. El progreso en este ámbito permite el uso de tecnologías para propósitos técnicos y científicos, incluyendo la predicción y el pronóstico de amenazas. En este artículo, se examina el papel de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la gestión del riesgo de desastres, destacando tanto las tecnologías actualmente en uso como sus principales ventajas y limitaciones. Se discuten de manera detallada los beneficios que ofrecen estas herramientas y las barreras que aún persisten en su aplicación efectiva.

Según los autores Bellido, *et al*, (2022) , mencionan que la red de sensores inalámbricos para este tipo de problemas que se encuentran relacionados con el clima y el medio ambiente son muy importantes. Por lo que, cabe destacar que a diferencia con otras redes inalámbricas como Wifi donde sus recursos son enfocados a la



conectividad de usuarios y velocidad de transmisión, en las Redes Sensoriales Inalámbricas (WSN) la principal prioridad es la energía.

Los autores Ayala y Ospino (2023) indicaron que la predicción de inundaciones es un proceso complejo debido a la interacción de numerosos factores que afectan los niveles de agua en un río, tales como la ubicación geográfica, la humedad del suelo, la precipitación, el caudal del río, el tipo de terreno y el tamaño de las cuencas hidrográficas. La relación entre estos elementos aún no se comprende completamente. Para mitigar el impacto de las inundaciones y reducir el número de víctimas, es crucial desarrollar un sistema de predicción de inundaciones altamente preciso. Integrar redes de sensores inalámbricos (WSN) en este sistema puede ser una solución efectiva, ya que estos sensores proporcionan datos valiosos para mejorar la precisión de las predicciones y optimizar la capacidad de respuesta ante eventos de inundación.

Según Suarez, *et al* (2020) indicaron a pesar de los desafíos asociados con la implementación de tecnologías innovadoras, los especialistas en gestión de desastres naturales subrayan la importancia de tener en cuenta las condiciones climatológicas al introducir nuevos sistemas. La infraestructura de estos sistemas, que está expuesta a los mismos desastres naturales que se encargan de monitorear, puede verse comprometida por dichos eventos, afectando su funcionamiento óptimo. Además, es crucial realizar un análisis exhaustivo de los requisitos técnicos de cada servicio contratado. Esto garantiza que se optimicen los recursos necesarios para asegurar la operatividad y eficacia de los sistemas, evitando problemas potenciales y mejorando su desempeño en situaciones extremas.

El análisis de tecnologías aplicadas a la Gestión Integral de Riesgo del fenómeno "El Niño" ha mostrado avances importantes, aunque persisten desafíos en su integración y adaptación local. Tecnologías como redes de sensores, sistemas predictivos y plataformas de análisis de datos han mejorado la capacidad de anticipación y respuesta ante desastres, pero requieren una planificación cuidadosa y constante actualización. La correcta integración de estas tecnologías y su adaptación a contextos específicos es crucial para maximizar su impacto en la gestión de riesgos y emergencias.

Conclusiones

El análisis documental de las tecnologías más relevantes aplicadas a la Gestión Integral de Riesgo del fenómeno El Niño revela avances significativos y áreas de mejora cruciales en este campo. Las tecnologías actuales, que incluyen redes de sensores inalámbricos, sistemas de predicción avanzados y herramientas de modelado climático, han demostrado ser fundamentales para mejorar la capacidad de anticipación y respuesta ante los desastres asociados con El Niño. Sin embargo, es evidente que, a pesar de estos avances, todavía existen desafíos importantes en la integración y optimización de estas tecnologías.

La eficacia de estos sistemas puede verse afectada por factores como las condiciones climatológicas extremas y los requisitos técnicos específicos, lo que subraya la necesidad de una planificación cuidadosa y una evaluación continua de los recursos y la infraestructura. Para maximizar el impacto positivo de las tecnologías en la gestión del riesgo de El Niño, es esencial seguir innovando y adaptando las soluciones tecnológicas a las condiciones locales y a la evolución del fenómeno.

La revisión sistemática de la literatura permitió recopilar información esencial para realizar un análisis exhaustivo de las tecnologías más destacadas aplicadas a la Gestión Integral del Fenómeno del Niño (GIDN)



a través de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Se seleccionaron las 10 investigaciones más relevantes, proporcionando una base sólida para identificar las mejores prácticas y tendencias en el uso de TIC para optimizar la GIDN. Además, se llevó a cabo una extracción de datos mediante un formulario que incluía información clave como el tema de la investigación, autores, lugar de investigación, detalles del estudio, y enlaces de referencia. Estos hallazgos ofrecen una visión clara de las herramientas tecnológicas más efectivas para mejorar el rendimiento organizacional.

La determinación del impacto de la aplicación de tecnologías en la Gestión Integral de Riesgo de Desastres Naturales (GIDN) revela una clara mejora en la efectividad y aplicación de estas herramientas en el manejo de emergencias. Los estudios realizados demuestran que la integración de diversas tecnologías, como los sistemas de monitoreo en tiempo real, los modelos predictivos avanzados y las plataformas de análisis de datos, ha sido crucial para optimizar la respuesta ante desastres. La implementación de estas tecnologías ha permitido una evaluación más precisa de los riesgos, una mejor coordinación en la respuesta y una planificación más eficiente.

No obstante, la efectividad de estas tecnologías también depende de su correcta integración y adaptación a los contextos locales específicos. Los resultados sugieren que, para maximizar el impacto positivo de las tecnologías en GIDN, es fundamental asegurar una integración fluida entre las distintas herramientas y una continua actualización basada en las lecciones aprendidas y los avances tecnológicos.

Referencias

- Aucasime Orihuela, A. (28 de Junio de 2022). Repositorio Institucional . Obtenido de <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/6578>
- Ayala García, J., & Ospino Ramos, K. (2023). Obtenido de <https://ideas.repec.org/p/bdr/region/317.html>
- Bellido Outeiriño, F. J., Ortiz López, M., & Arceo-Olague, J. G. (31 de Octubre de 2022). Viabilidad del uso de FPGAs en redes de sensores inalámbricos. Obtenido de <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/24253>
- Bravo, L. D., García, U. T., Martínez Hernández, M., & Varela Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. Investigación en educación médica.
- Brodowicz, M. (23 de 7 de 2024). Obtenido de <https://aithor.com/essay-examples/el-papel-de-la-tecnologia-en-la-gestion-de-desastres-naturales#2-importancia-de-la-tecnolog%C3%ADa-en-la-gesti%C3%B3n-de-desastres-naturales>
- Carrillo H., N., & Guadalupe G., E. (25 de Junio de 2020). Revista del instituto de investigacion de la facultad de Geologia, Minas, Metalurgia y Ciencias Geografica. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v04_n7/desast_nat.htm
- Erfen. (2024). COMITÉ NACIONAL PARA EL ESTUDIO REGIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO. 4.
- Erfen. (07 de Agosto de 2024). Estudio Regional del Fenómeno El Niño en el Pacífico Sudeste. Obtenido de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/erfen>



- Estrada Callisaya. (14 de Marzo de 2022). Repositorio Institucional de la Universidad Mayor de San Andrés. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/31065>
- Estudio Regional del Fenómeno El Niño. (Noviembre de 07 de 2024). Comité nacional para el estudio regional del Fenómeno el niño. Obtenido de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/erfen>
- Estupiñán Sánchez, A. S., Campoverde Ríos, N. I., Quinga Suntaxi, H. N., & Orellana Ochoa, M. d. (04 de Diciembre de 2023). Repositorio Digital UIDE. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/6524>
- Gallo, K. (10 de Enero de 2020). Universidad Técnica Particular de Loja. Obtenido de <https://noticias.utpl.edu.ec/uso-de-la-tecnologia-en-la-prevencion-de-desastres>
- IAH. (2019). Estado de arte en la tecnología de monitoreo de niveles de agua .
- Measure. (25 de 04 de 2023). Obtenido de <https://www.flytbase.com/es/blog/drone-disaster-relief>
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (Febrero de 2020). El Fenómeno El Niño en Ecuador. Obtenido de <https://www.eird.org/esp/cdcapra/pdf/spa/doc12863/doc12863-10.pdf>
- OMM. (2020). Guía para la implementación de sistemas de monitoreo y alerta de inundaciones.
- Quispe, A. M., Hinojosa Ticona, Y., Miranda, H. A., & Sedano, C. A. (2021). Serie de Redacción Científica: Revisiones Sistemáticas. Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo.
- Secretaría de Gestión de Riesgos . (Enero de 2023). Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2023/09/FENOMENO-DEL-NINO-LIBRO_FINALSGR-13Set23ok-comprimido.pdf
- Suarez Suarez, C. R., Gaona Garcia, P. A., Soto Gaona, S., & Montenegro Marín, C. E. (15 de Noviembre de 2020). Repositorio Institucional Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/items/e7f2ad45-7b03-4fd1-9062-70bac5e41441>
- Unicef. (15 de Enero de 2023). Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia . Obtenido de <https://www.unicef.org/ecuador/protege-ni%C3%B1os-ni%C3%B1as-y-adolescentes-frente-al-fen%C3%B3meno-de-el-ni%C3%B1o#:~:text=Se%20produce%20cuando%20la%20superficie,ni%C3%B1os%2C%20adolescentes%20y%20sus%20familias.>

