

Modelo de implementación de sensores sísmicos en las provincias del Ecuador

Implementation model of seismic sensors in the provinces of Ecuador.

Modelo para a implementação de sensores sísmicos nas províncias do Equador

Morales Guamán, Klever Patricio
Pontificia Universidad Católica del Ecuador
kpmorales@pucese.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4033-6900>



López Ramos, Milton Paul
Universidad Nacional de Chimborazo
milton.lopez@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1685-214X>



Moposita Lasso, Rebeca Mariana
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
rebeca.moposita@esepoch.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-9181-1008>



Barragán Torres, René Alfonso
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
rene.barragan@esepoch.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0001-9790-0608>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE1/818>

Como citar:

Morales Guamán, K. P., López Ramos, M. P., Moposita Lasso, R. M., & Barragán Torres, R. A. (2025). Modelo de implementación de sensores sísmicos en las provincias del Ecuador. Código Científico Revista De Investigación, 6(E1), 2331–2350. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE1/818>.

Recibido: 28/02/2025

Aceptado: 21/03/2025

Publicado: 31/03/2025

Resumen

Ecuador, por su ubicación geográfica en la costa del Pacífico y dentro del Cinturón de Fuego, está constantemente expuesto a actividad sísmica, lo que implica un riesgo permanente para su población. A lo largo de su historia, se han registrado eventos sísmicos significativos en ciudades como Ambato, Esmeraldas, Pedernales y Machala, que evidencian la necesidad de implementar mecanismos eficaces para mitigar sus efectos. En este contexto, se propone el desarrollo de un sensor sísmico de bajo costo, basado en tecnología Arduino, el cual emplea un acelerómetro para detectar vibraciones sísmicas. Este sensor está compuesto por un microcontrolador Arduino Nano, un LED y un zumbador que permiten generar alertas inmediatas ante la presencia de movimientos telúricos. Su diseño sencillo y replicable lo convierte en una solución accesible tanto para zonas urbanas como rurales. Como parte del estudio, se aplicó una encuesta a 240 personas distribuidas en las 24 provincias del país, con el fin de conocer su percepción sobre este tipo de tecnologías, revelando un alto grado de aceptación y disposición a adoptarlas, incluso si esto implica inversiones de tiempo o dinero. El proyecto no solo ofrece una herramienta técnica, sino que también promueve una cultura de prevención y preparación ante emergencias sísmicas.

Palabras clave: Alerta, Arduino, Seguridad, Sismo.

Abstract

Ecuador, due to its geographic location on the Pacific coast and within the Ring of Fire, is constantly exposed to seismic activity, which implies a permanent risk for its population. Throughout its history, significant seismic events have been recorded in cities such as Ambato, Esmeraldas, Pedernales and Machala, which demonstrate the need to implement effective mechanisms to mitigate their effects. In this context, we propose the development of a low-cost seismic sensor, based on Arduino technology, which uses an accelerometer to detect seismic vibrations. This sensor is composed of an Arduino Nano microcontroller, an LED and a buzzer to generate immediate alerts in the presence of telluric movements. Its simple and replicable design makes it an accessible solution for both urban and rural areas. As part of the study, a survey was applied to 240 people distributed in the 24 provinces of the country, in order to know their perception of this type of technology, revealing a high degree of acceptance and willingness to adopt them, even if this implies investments of time or money. The project not only offers a technical tool, but also promotes a culture of prevention and preparedness for seismic emergencies.

Keywords: Warning, Arduino, Safety, Earthquake.

Resumo

O Equador, devido à sua localização geográfica na costa do Pacífico e dentro do Anel de Fogo, está constantemente exposto à atividade sísmica, o que implica um risco permanente para a sua população. Ao longo da sua história, foram registados eventos sísmicos significativos em cidades como Ambato, Esmeraldas, Pedernales e Machala, o que demonstra a necessidade de implementar mecanismos eficazes para mitigar os seus efeitos. Neste contexto, propomos o desenvolvimento de um sensor sísmico de baixo custo, baseado na tecnologia Arduino, que utiliza um acelerómetro para detetar vibrações sísmicas. Este sensor é composto por um microcontrolador Arduino Nano, um LED e um buzzer para gerar alertas imediatos na presença de movimentos telúricos. A sua conceção simples e replicável torna-o uma solução acessível tanto para as zonas urbanas como para as zonas rurais. Como parte do estudo, foi aplicado um inquérito a 240 pessoas distribuídas pelas 24 províncias do país, a fim de conhecer a sua perceção deste tipo de tecnologia, revelando um elevado grau de aceitação e vontade de as adotar, mesmo que isso implique investimentos de tempo ou dinheiro. O projeto não oferece

apenas uma ferramenta técnica, mas também promove uma cultura de prevenção e preparação para emergências sísmicas.

Palavras-chave: Aviso, Arduino, Segurança, Sismo.

Introducción

Vivimos en un mundo caracterizado por una constante exposición al riesgo, donde fenómenos naturales, tecnológicos y sociales pueden incidir de forma crítica sobre las condiciones de vida de las poblaciones. Esta realidad ha hecho evidente la necesidad de fortalecer los mecanismos de prevención y gestión del riesgo, priorizando la protección de la vida humana y minimizando, en la medida de lo posible, las pérdidas económicas, sociales y materiales derivados de eventos adversos. En este contexto, Ecuador representa un caso particularmente sensible debido a su localización geográfica y características geológicas. El país se encuentra expuesto a una multiplicidad de amenazas naturales, entre las que destacan erupciones volcánicas, sismos, deslizamientos de tierra e inundaciones, fenómenos que de forma recurrente afectan la infraestructura nacional, interrumpen servicios esenciales como el transporte, la electricidad y las comunicaciones, y ponen en peligro la integridad y seguridad de miles de ciudadanos (d’Ercole & Trujillo, 2023).

Una de las amenazas más significativas y persistentes que enfrenta Ecuador es la actividad sísmica. El país se sitúa dentro del denominado “Anillo de Fuego del Pacífico”, una región tectónicamente activa que rodea el océano Pacífico y donde se concentra aproximadamente el 90 % de la actividad sísmica del planeta. En esta zona, la interacción entre la placa de Nazca y las placas Sudamericana y del Caribe genera un proceso de subducción que, al acumularse y liberarse en forma de energía sísmica, origina movimientos telúricos de considerable intensidad. Cuando estos alcanzan la superficie, lo hacen en forma de ondas sísmicas capaces de provocar daños severos en edificaciones, afectar el funcionamiento de

infraestructuras esenciales, alterar la dinámica socioeconómica local y, en los casos más graves, ocasionar pérdidas humanas (Puchol & Díaz, 2015).

El impacto de los sismos en Ecuador ha quedado evidenciado en diversos eventos históricos, como los terremotos registrados en Ambato (1949), Esmeraldas (2016) o más recientemente en la zona de Pedernales, donde las consecuencias humanas, económicas y estructurales fueron devastadoras. Pese a estos antecedentes, muchas regiones del país, especialmente aquellas con menores recursos, carecen aún de sistemas efectivos para la detección y monitoreo sísmico. Esta carencia limita la capacidad de respuesta inmediata, incrementando la vulnerabilidad de las comunidades frente a estos fenómenos. En consecuencia, se plantea la necesidad de desarrollar herramientas accesibles y funcionales que permitan detectar la actividad sísmica de forma oportuna y contribuyan a mejorar los tiempos de respuesta y evacuación.

En los últimos años, los avances en tecnologías de bajo costo han abierto una ventana de oportunidad para democratizar el acceso a sistemas de monitoreo sísmico. En particular, plataformas como Arduino han demostrado ser una alternativa viable para el desarrollo de sensores sísmicos sencillos, económicos y eficientes. Este tipo de dispositivos, al incorporar acelerómetros y microcontroladores, son capaces de identificar y analizar variaciones en el movimiento del terreno, generando alertas en tiempo real que pueden salvar vidas y reducir daños materiales en contextos de emergencia (Cisneros Mera, Enríquez López, & Marcillo Lara, 2005). Además, su implementación no requiere de grandes inversiones ni de infraestructura compleja, lo cual los convierte en una opción altamente replicable, incluso en comunidades rurales o de difícil acceso.

En este marco, el presente proyecto tiene como objetivo diseñar y construir un prototipo de sismógrafo de bajo costo utilizando tecnología Arduino, con el propósito de ser implementado en diferentes regiones del Ecuador como parte de una estrategia de prevención

sísmica. Esta propuesta pretende contribuir al fortalecimiento de una red descentralizada de monitoreo, basada en dispositivos accesibles que permitan detectar de manera temprana eventos sísmicos y emitir alertas rápidas a la población. Asimismo, se busca fomentar una cultura de prevención en torno al riesgo sísmico, promoviendo la apropiación comunitaria de herramientas tecnológicas como instrumentos de autoprotección.

La viabilidad del proyecto radica no solo en la disponibilidad de la tecnología requerida, sino también en la posibilidad de capacitar a actores locales para su instalación, mantenimiento y uso. Adicionalmente, la simplicidad del diseño facilita su reproducción a gran escala, lo cual abre la puerta a su incorporación en programas educativos, iniciativas comunitarias o proyectos municipales de gestión del riesgo. Por tanto, la implementación de esta tecnología representa una acción concreta, factible y pertinente frente a la urgente necesidad de reducir la exposición y vulnerabilidad de la población ecuatoriana ante amenazas sísmicas (Colin, 2012).

Metodología

Para la ejecución del presente estudio se adoptó un enfoque metodológico de carácter cuantitativo, dado que el propósito principal fue recopilar datos objetivos y mensurables que permitieran evaluar la percepción ciudadana respecto a la funcionalidad y pertinencia de los sensores sísmicos desarrollados sobre la plataforma Arduino. Esta elección metodológica responde a la necesidad de interpretar las respuestas de los participantes desde una perspectiva estadística, con el fin de establecer inferencias válidas y robustas para sustentar las conclusiones del estudio (Moreano & Caiza, 2018).

En cuanto a la naturaleza de la investigación, esta se enmarca dentro de los estudios descriptivos y predictivos. El carácter descriptivo radica en la intención de explicar detalladamente tanto el funcionamiento técnico del prototipo como su aplicabilidad en diferentes regiones del Ecuador, identificando sus componentes y operatividad. Por su parte,

la dimensión predictiva busca proyectar la viabilidad del modelo en escenarios futuros, considerando la alta exposición sísmica del país y las limitaciones estructurales existentes en materia de monitoreo y alerta temprana (Figueroa, 2008).

El diseño metodológico fue no experimental, puesto que no se manipularon deliberadamente las variables en un entorno controlado, sino que se procedió a la observación y análisis de los fenómenos tal como se presentan en el contexto natural. Adicionalmente, se trató de un estudio transversal, ya que la recolección de datos se realizó en un único momento temporal, lo cual permitió obtener una representación instantánea del estado de opinión de la población con relación a esta propuesta tecnológica (Fugarazzo, Gadea, Caballero, Souza de Assumpção, & Figueres, 2021).

Para la obtención de los datos, se utilizó como instrumento principal una encuesta estructurada, conformada por preguntas cerradas de selección múltiple. Este formato permitió facilitar la sistematización, codificación y análisis estadístico de las respuestas, favoreciendo la comparación e interpretación de resultados. La muestra estuvo compuesta por 240 personas distribuidas proporcionalmente en las 24 provincias del territorio ecuatoriano. La técnica de muestreo empleada fue de tipo no probabilístico por conveniencia, lo cual implicó que la selección de los participantes se realizó considerando su accesibilidad y disposición para colaborar con el estudio. Si bien esta estrategia permitió llevar a cabo el trabajo de campo de manera eficiente, también se reconoce una limitación inherente en términos de la representatividad estadística de los resultados (Moser, Bruner, & Day, 2017).

En paralelo al análisis cuantitativo, se implementó el desarrollo técnico del prototipo bajo un enfoque de metodología ágil. Este marco de trabajo se caracteriza por su flexibilidad, iteración continua y alta capacidad de adaptación ante nuevas exigencias. El proceso de diseño y prueba se estructuró en ciclos cortos de trabajo, donde se evaluaban funcionalidades parciales, se corregían errores identificados, y se optimizaban componentes en función de la

retroalimentación obtenida en cada etapa. Esta metodología fue especialmente pertinente para un proyecto centrado en brindar soluciones tecnológicas a poblaciones vulnerables frente a amenazas sísmicas, permitiendo un ajuste progresivo de acuerdo con las necesidades reales detectadas (Garcés Demera & Demera Charcopa, 2016).

El prototipo del sensor sísmico fue ensamblado utilizando componentes electrónicos de fácil acceso y bajo costo, entre los que destacan un acelerómetro triaxial, una placa Arduino Nano, un zumbador piezoeléctrico y un diodo emisor de luz (LED). Se llevaron a cabo pruebas en entornos controlados para calibrar la sensibilidad del sensor frente a vibraciones leves y moderadas, validando su capacidad de respuesta ante distintos niveles de movimiento. Los resultados obtenidos durante estas pruebas fueron documentados exhaustivamente, con el objetivo de contribuir a futuras mejoras y replicaciones del dispositivo (Mukherjee, Kumar, & Goswami, 2019).

Finalmente, la integración entre el análisis estadístico derivado de los datos poblacionales y el enfoque ágil en el desarrollo del prototipo permitió validar la viabilidad técnica y social de la propuesta. Esta combinación metodológica no solo aseguró la funcionalidad del sensor en términos operativos, sino que también evidenció una alta aceptación comunitaria como factor determinante para su potencial implementación a gran escala. La sinergia entre el rigor cuantitativo y la adaptabilidad técnica refleja una visión metodológica integral, orientada tanto a la innovación tecnológica como a la respuesta a necesidades sociales prioritarias (Gonzalo de Diego & González Aguña, 2016).

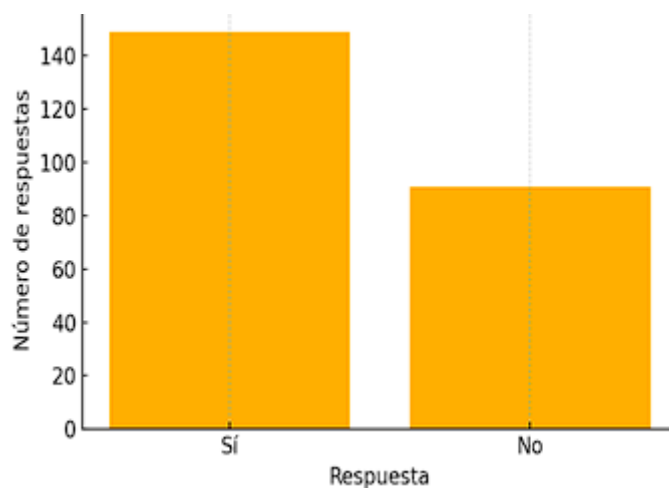
Resultados

1.1. Percepción ciudadana sobre la utilidad de sensores sísmicos en contextos locales: una respuesta favorable al fortalecimiento de la alerta temprana

Con el propósito de evaluar la pertinencia, aceptación y potencial adopción de un sistema de alerta temprana basado en sensores sísmicos de bajo costo en el contexto ecuatoriano, se diseñó y aplicó una encuesta estructurada compuesta por cuatro preguntas clave. Esta herramienta metodológica fue dirigida a una muestra de 240 individuos, seleccionados de manera equitativa en las 24 provincias del país, asignando 10 participantes por cada jurisdicción territorial. Esta estrategia de distribución geográfica buscó garantizar un nivel mínimo de representatividad territorial y captar una gama amplia de percepciones, considerando las particularidades sociales, económicas y culturales propias de cada región.

Figura 1

¿Sería de utilidad un sensor sísmico en su localidad?



Nota: Autores (2025).

Los resultados obtenidos en la primera pregunta revelan que 149 personas, equivalentes al 62,08 % del total encuestado, consideran que la implementación de un sensor sísmico sería útil en su entorno inmediato. En contraste, 91 personas (37,92 %) manifestaron una opinión negativa al respecto. Este hallazgo pone de manifiesto un elevado interés ciudadano por

disponer de tecnologías orientadas a la prevención y gestión del riesgo sísmico, especialmente en un país como Ecuador, cuya exposición a este tipo de amenazas naturales es constante.

La alta proporción de respuestas favorables sugiere que la población reconoce el valor de contar con sistemas de alerta temprana que puedan brindar segundos decisivos para ejecutar acciones preventivas, como la evacuación o la desconexión de servicios críticos. Esta apreciación se acentúa particularmente en zonas con infraestructura deficiente o limitada capacidad de respuesta institucional ante emergencias, donde la anticipación, incluso mínima, puede representar la diferencia entre preservar vidas humanas o enfrentar consecuencias trágicas.

Asimismo, la disposición positiva hacia este tipo de soluciones tecnológicas evidencia una creciente conciencia social en torno a la gestión del riesgo, así como una apertura hacia la integración de herramientas innovadoras en la vida cotidiana con el fin de fortalecer la seguridad comunitaria. La percepción favorable captada a través de esta primera pregunta se constituye, por tanto, en un insumo relevante para la validación social del proyecto y en una base sólida para futuras fases de implementación y escalabilidad del sistema propuesto.

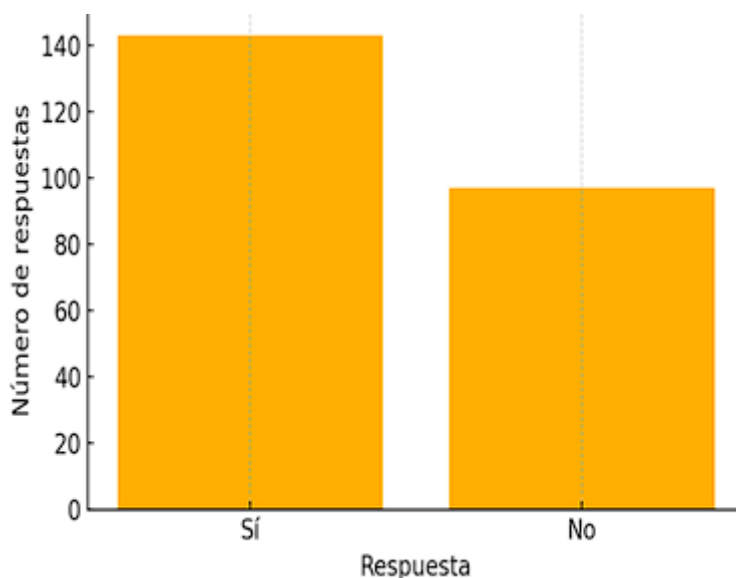
1.2. Percepción sobre la efectividad de sensores sísmicos en la reducción de la mortalidad ante eventos telúricos

Uno de los aspectos clave en la evaluación de tecnologías orientadas a la gestión del riesgo es su capacidad percibida para salvar vidas humanas. En ese sentido, se incluyó en la encuesta una pregunta orientada a conocer la opinión de la población sobre el impacto potencial que tendría un sensor sísmico en la disminución de la mortalidad causada por movimientos telúricos. Esta interrogante busca establecer una conexión directa entre el uso de tecnologías de alerta temprana y la posibilidad de reducir las consecuencias fatales de los sismos. La Figura 2 presenta la distribución de las respuestas obtenidas frente a esta consulta, aportando

elementos relevantes para comprender el nivel de confianza ciudadana en la efectividad de este tipo de soluciones tecnológicas.

Figura 2

¿Cree usted que este sensor sísmico ayudaría a disminuir las tasas de mortalidad a causa de sismos?



Nota: Autores (2025).

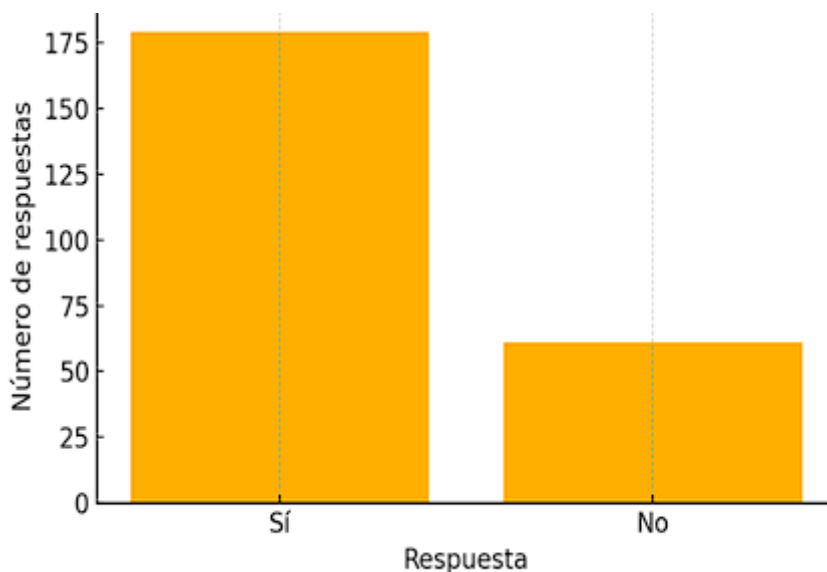
Frente a esta pregunta, 143 personas (59,58%) respondieron afirmativamente, mientras que 97 (40,42%) manifestaron dudas o desacuerdo con la afirmación. Este resultado sugiere que existe una comprensión creciente sobre la importancia de los sistemas de alerta temprana como mecanismos de mitigación del riesgo. Sin embargo, también refleja la existencia de un sector de la población que no está completamente convencido de su efectividad. Este escepticismo podría deberse a la falta de experiencias previas con este tipo de tecnologías o al desconocimiento de cómo operan en la práctica. En todo caso, el porcentaje mayoritario de respuestas positivas constituye un respaldo relevante al desarrollo del prototipo propuesto en este estudio.

1.3. Prioridad estatal frente al riesgo sísmico: percepción ciudadana sobre la inversión en sensores a escala nacional

La gestión del riesgo de desastres requiere, entre otros aspectos, del compromiso institucional para priorizar acciones preventivas que garanticen la seguridad de la población, incluso cuando estas implican inversiones significativas en términos de tiempo y recursos. En este contexto, se incluyó en el instrumento de recolección de datos una pregunta orientada a conocer la opinión de la ciudadanía respecto al rol del Estado en la implementación de sensores sísmicos en todas las provincias del país. Esta interrogante busca explorar el nivel de respaldo social hacia políticas públicas que promuevan la instalación de sistemas de alerta temprana, aun cuando su ejecución conlleve costos elevados y procesos de implementación prolongados. La Figura 3 presenta la distribución de las respuestas obtenidas frente a esta consulta, aportando información relevante para analizar el grado de consenso ciudadano en torno a la necesidad de asumir esta medida como una prioridad nacional.

Figura 3

¿Considera que el Gobierno Ecuatoriano debería priorizar la implementación de sensores sísmicos en cada provincia, aunque sea costoso y lleve tiempo?



Nota: Autores (2025).

El objetivo de esta pregunta fue explorar la disposición de la ciudadanía ante la posibilidad de una inversión estatal a largo plazo orientada a la implementación de sensores sísmicos en todo el territorio nacional. De los 240 participantes encuestados, 179 personas (74,58 %) se manifestaron a favor de que el Gobierno priorice esta iniciativa, incluso si ello implica costos elevados y periodos prolongados de ejecución. En contraste, solo 61 personas (25,42 %) expresaron una postura contraria. Estos resultados evidencian una marcada inclinación de la población hacia la inclusión del riesgo sísmico como un eje central en la agenda pública. Tal tendencia puede ser interpretada como una señal de consenso social en torno a la necesidad de fortalecer las políticas de prevención y gestión del riesgo mediante acciones sostenidas desde el ámbito gubernamental.

Asimismo, esta respuesta refleja una comprensión madura por parte de la ciudadanía respecto a la naturaleza estructural y compleja de las soluciones tecnológicas en contextos de riesgo. Lejos de esperar resultados inmediatos, la mayoría de los encuestados reconoce que las estrategias efectivas requieren planificación, inversión y una visión de largo plazo. En este sentido, el respaldo mayoritario no solo valida socialmente la propuesta tecnológica, sino que también sugiere una apertura colectiva hacia políticas públicas que prioricen la seguridad y resiliencia frente a fenómenos sísmicos.

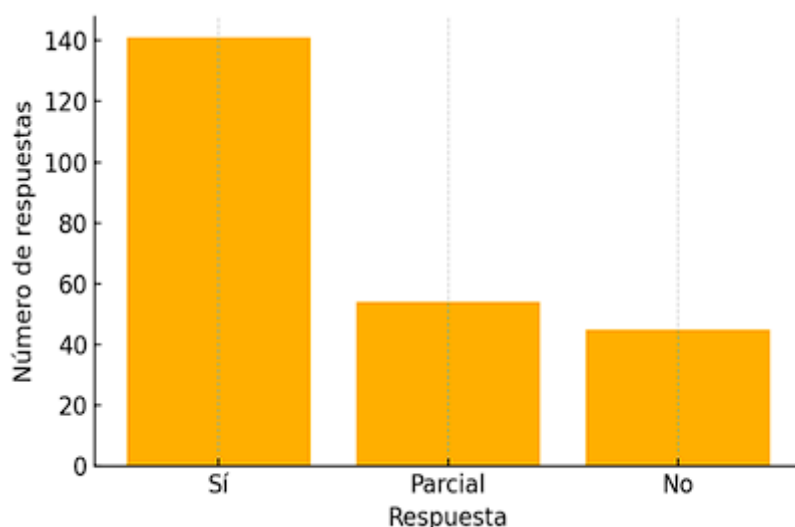
1.4. Nivel de conocimiento ciudadano sobre sensores sísmicos: comprensión y familiaridad con su funcionamiento

La adopción efectiva de tecnologías orientadas a la gestión del riesgo, como los sensores sísmicos, no depende únicamente de su disponibilidad o implementación técnica, sino también del nivel de conocimiento y comprensión que la población tenga sobre su funcionamiento. En este sentido, se consideró pertinente incluir en la encuesta una pregunta dirigida a identificar el grado de familiaridad ciudadana con el concepto y la operatividad básica de un sensor sísmico. Esta información resulta clave para valorar las condiciones previas

de apropiación tecnológica, así como para diseñar estrategias de comunicación y educación que fortalezcan su aceptación e integración comunitaria. La Figura 4 presenta los resultados obtenidos a partir de esta consulta, permitiendo una aproximación inicial al nivel de alfabetización tecnológica en torno a este tipo de dispositivos en el contexto ecuatoriano.

Figura 4

¿Sabía usted qué es un sensor sísmico y cómo funciona?



Nota: Autores (2025).

Respecto al nivel de conocimiento de la ciudadanía, 141 personas (58,75%) indicaron que sabían qué es un sensor sísmico y cómo funciona; 54 (22,50%) declararon tener un conocimiento parcial, mientras que 45 personas (18,75%) admitieron no conocer sobre el tema. Estos datos revelan una base de conocimiento relativamente sólida, pero también evidencian una necesidad urgente de formación y difusión. Si bien la mayoría tiene nociones básicas, una proporción considerable aún desconoce completamente estos dispositivos. Por tanto, cualquier política de implementación de sensores sísmicos debería ir acompañada de campañas de educación y sensibilización, con el fin de garantizar un uso adecuado y una mayor efectividad del sistema.

En conjunto, los datos obtenidos reflejan una percepción ciudadana favorable hacia la propuesta de implementación de sensores sísmicos. La mayoría de los participantes considera que estos dispositivos serían útiles, que podrían ayudar a reducir la mortalidad en casos de

sismos, y que el Gobierno debería invertir en su implementación, aun si ello supone esfuerzos económicos y logísticos significativos. Este nivel de aceptación resulta fundamental para el éxito de cualquier innovación tecnológica, ya que un componente clave para su adopción es la confianza y disposición de los usuarios potenciales.

Por otro lado, los resultados también dejan en evidencia ciertos vacíos en cuanto a información y conocimiento técnico por parte de la población. Este aspecto no debe subestimarse, ya que una ciudadanía bien informada no solo se beneficia de mejor manera de los sistemas implementados, sino que también se convierte en aliada en su mantenimiento y mejora continua. La alfabetización tecnológica, especialmente en zonas vulnerables, debe ser parte integral de cualquier política pública relacionada con prevención de riesgos. (Nano, 2018)

Finalmente, es importante señalar que aunque la muestra fue limitada a 240 personas, su distribución territorial aporta un primer diagnóstico valioso sobre la percepción nacional. Para estudios futuros se recomienda ampliar el tamaño muestral y considerar variables demográficas como edad, nivel educativo o experiencia previa con eventos sísmicos, lo cual permitiría obtener un análisis más detallado y segmentado.

Es así como que los resultados obtenidos permiten afirmar que existe un respaldo social considerable a la iniciativa de sensores sísmicos basados en Arduino, lo cual refuerza la viabilidad del proyecto tanto en términos técnicos como sociales. La aceptación ciudadana, combinada con el bajo costo y la escalabilidad del sistema, lo convierten en una alternativa realista y necesaria en el contexto ecuatoriano. No obstante, será esencial acompañar esta tecnología con estrategias de difusión, capacitación y políticas públicas que garanticen su implementación efectiva y sostenible a largo plazo. (Mora Miranda)

Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian una tendencia clara y significativa: existe una aceptación generalizada hacia la implementación de sensores sísmicos en el territorio ecuatoriano, particularmente entre aquellos ciudadanos que poseen, al menos, un conocimiento básico sobre qué son estos dispositivos, cómo funcionan y cuál es su finalidad dentro de los sistemas de prevención de desastres. Esta correlación entre nivel de conocimiento y grado de aceptación no solo resulta relevante desde una perspectiva estadística, sino que también plantea interrogantes sustanciales sobre el papel de la educación, la comunicación pública y la responsabilidad institucional en contextos de riesgo.

Una observación fundamental derivada de los datos es que la mayoría de los encuestados que manifestaron su aprobación hacia la instalación de sensores sísmicos declararon, a su vez, tener una comprensión —completa o parcial— de su funcionamiento. Esto sugiere que no es necesario contar con un dominio técnico especializado para reconocer el valor de este tipo de tecnología; basta con una noción general de que se trata de herramientas capaces de salvar vidas mediante la emisión de alertas tempranas en caso de sismos. En contraste, entre quienes rechazaron la utilidad de dichos dispositivos, predominó el desconocimiento respecto a su funcionamiento, lo cual refuerza la idea de que la implementación de soluciones tecnológicas no puede darse de manera aislada, sino que debe estar acompañada por procesos de alfabetización digital, formación ciudadana y apropiación comunitaria del conocimiento.

En este contexto, resulta imperativo comprender que la tecnología, por sí sola, no transforma realidades. Su impacto depende directamente de la relación que se establece entre el dispositivo y la población usuaria. En este sentido, la valoración positiva de los sensores sísmicos por parte de los encuestados con mayor nivel de conocimiento evidencia una conclusión esencial: la educación constituye un instrumento de prevención tan importante

como el propio dispositivo. Tal como señala Soler Llorens (2019), no basta con enseñar a evacuar; es necesario cultivar una auténtica cultura de prevención, en la cual cada individuo comprenda su rol y se convierta en actor activo en la reducción del riesgo.

A partir de esta premisa, las campañas de comunicación deben superar el enfoque meramente informativo y técnico. Es necesario que estas iniciativas logren conectar con la realidad cotidiana de las personas, movilizando emociones, experiencias y valores comunitarios. El uso de narrativas cercanas, ejemplos reales y simulacros participativos resulta considerablemente más efectivo que la simple distribución de manuales o instructivos en plataformas digitales. La población no solo necesita saber qué hacer ante una alerta sísmica, sino también comprender por qué debe hacerlo, cómo se genera la alerta y en qué medida es confiable. Esta comprensión genera confianza, y la confianza es un factor determinante para una respuesta colectiva rápida, organizada y efectiva.

Otro eje crítico que emerge de los hallazgos es la necesidad de garantizar sistemas de alerta temprana que sean inclusivos y accesibles para toda la población. No todos los ciudadanos cuentan con acceso a internet, teléfonos inteligentes o aplicaciones tecnológicas sofisticadas. En consecuencia, la implementación de sensores debe articularse con canales de comunicación alternativos y ampliamente disponibles, como radios comunitarias, mensajes SMS, sistemas de megafonía o notificaciones televisivas. Cada segundo cuenta en un evento sísmico, y la cobertura tecnológica debe adaptarse a las realidades locales, especialmente en zonas rurales o de difícil acceso.

Asimismo, la infraestructura tecnológica debe estar respaldada por un proceso sistemático de alfabetización sísmica. Esta implica no solo instruir sobre los protocolos de evacuación, sino también promover una comprensión integral del riesgo, sus causas, consecuencias y las acciones posibles para mitigarlo. Como lo indican Puchol y Díaz (2015), el conocimiento compartido y la participación ciudadana son pilares fundamentales para la

construcción de resiliencia comunitaria. En este sentido, la implementación de sensores sísmicos no debe considerarse únicamente como una respuesta técnica, sino como una oportunidad estratégica para fortalecer el tejido social y fomentar comunidades más informadas, organizadas y solidarias.

Desde una perspectiva institucional, es imprescindible resaltar el rol del Estado. La responsabilidad gubernamental no puede limitarse a la distribución o anuncio de nuevas tecnologías. Resulta fundamental asegurar que estos dispositivos funcionen adecuadamente, estén integrados en una red nacional de monitoreo y cuenten con mantenimiento continuo. Como lo señala el Instituto Geofísico (2023), los sistemas de prevención deben ser redundantes, robustos y confiables, ya que de su eficacia depende la vida de miles de personas. Esto implica una acción articulada entre sectores científicos, técnicos, gubernamentales y comunitarios, así como una clara asignación presupuestaria, políticas públicas coherentes y protocolos operativos bien definidos.

El prototipo de sensor sísmico desarrollado en esta investigación fue concebido bajo los principios de accesibilidad, bajo costo y replicabilidad, lo cual lo convierte en una alternativa viable para contextos con recursos limitados. No obstante, como indica Figueroa (2008), su impacto no estará determinado únicamente por sus características técnicas, sino por el ecosistema social, educativo y comunicacional en el que se inserte. El éxito de su implementación dependerá de la capacidad de las comunidades para apropiarse de la tecnología, así como del acompañamiento técnico, la capacitación constante y el seguimiento institucional.

Conclusión

Esta investigación ha demostrado que el uso de sensores sísmicos contruidos con tecnología Arduino, específicamente mediante la placa Arduino Nano, representa una

alternativa real, accesible y funcional para mejorar la detección temprana de sismos en Ecuador. Ante una realidad marcada por una alta actividad sísmica y una historia de eventos destructivos que han dejado profundas huellas en la sociedad, se vuelve urgente adoptar soluciones tecnológicas que permitan anticiparse al desastre y proteger tanto vidas humanas como bienes materiales. (Jiménez Rodríguez & González Contreras, 2001)

El modelo propuesto no solo destaca por su bajo costo y facilidad de implementación, sino también por su potencial de ser replicado en diferentes contextos, tanto urbanos como rurales. Esta característica lo convierte en una herramienta valiosa para fortalecer las capacidades de respuesta ante emergencias en comunidades vulnerables, que muchas veces no cuentan con acceso a sistemas de monitoreo sofisticados. (Stahl, Ashworth, Jandt, & Mills, 2000)

Sin embargo, la efectividad del sensor no radica únicamente en su construcción o en sus componentes electrónicos. Uno de los hallazgos clave de este estudio es que la percepción positiva hacia esta tecnología está estrechamente ligada al nivel de conocimiento que la población tiene sobre ella. Es decir, las personas que comprenden cómo funciona y qué beneficios puede ofrecer, son más propensas a aceptarla e incluso a demandar su implementación por parte del Estado. Esto revela que la tecnología por sí sola no basta: es esencial acompañarla de educación, sensibilización y capacitación ciudadana. (Rivera & Segovia, 2007)

Por ello, además de trabajar en la implementación del sistema, es necesario crear un entorno que facilite su adopción: sistemas de alerta temprana bien articulados, acceso a la información en tiempo real y campañas educativas que enseñen cómo actuar ante un sismo. También es fundamental que exista compromiso y coordinación entre las instituciones públicas, científicas y tecnológicas para garantizar el mantenimiento, monitoreo y evolución constante de estos dispositivos.

En definitiva, este proyecto no busca simplemente construir un sensor, sino aportar una visión integral de prevención ante los desastres. Los sensores sísmicos con Arduino no son solo un logro técnico: son una oportunidad para construir una sociedad más preparada, informada y resiliente. Si se trabaja de manera conjunta entre comunidad, academia y gobierno, este tipo de herramientas puede convertirse en un pilar fundamental de la gestión de riesgos en Ecuador y servir de modelo para otras regiones con condiciones similares en el mundo. (Tarbuck & Lutgens, 2005)

Referencias bibliográficas

- Alexander, C. C., David, C. J., Armando, G. D., & Ricardo, R. R. (2012). *ISSN: 0123-921X tecnura@udistrital.edu.co*. Obtenido de Redalyc.org: <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257025147010.pdf>
- Angel, L., & Garces, G. (2014). *CONTROL PID PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD DE UN MOTOR DC*. Obtenido de Cloudfront.net: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/88300444/621381535G463-libre.pdf?1657064436=&respo>
- Back, W., Goodman, N., & Hyde, J. (2013). *O'Reilly Media, Inc.* Recuperado el 2021, de Mondrian in Action: Open source business analytics: <https://learning.oreilly.com/library/view/mondrian-in-action/9781617290985/>
- Cisneros Mera, C. R., Enríquez López, W. L., & Marcillo Lara, O. E. (2005). *Calibrador digital de sensores sísmicos*. Obtenido de Escuela Politécnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9837>
- Colin, W. (2012). *O'Reilly Media, Inc.* Recuperado el 2021, de <https://learning.oreilly.com/library/view/information-visualization-3rd/9780123814647/xhtmll/CHP001.html#CHP001tit1>
- d'Ercole, R., & Trujillo, M. (2023). *Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador*. doi:, 9978-42-972-7.
- Figuerola, R. G. (2008). *Metodologías tradicionales vs. metodologías ágiles*. Obtenido de universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ciencias de la Computación.
- Fugarazzo, R., Gadea, M., Caballero, M., Souza de Assumpção, M., & Figueres, V. (2021). The seismic zones in Paraguay. *12*, 10-20. doi:10.18004/rcfacen.2021.12.1.10
- Garcés Demera, A. G., & Demera Charcopa, S. D. (Julio de 2016). *Diseño e implementación de un sistema de alerta temprana de sismos mediante redes SWAP con n*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborra: <http://dspace.espacech.edu.ec/handle/123456789/6421>
- Gonzalo de Diego, B., & González Aguña, A. (2016). Diseño e implementación robótica de un sistema de atención en cuidados en niños a propósito de la disfagia. *Scielo*, *10*, 0-0.

- Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2016000300007
- Instituto Geofísico. (2023). INFORMES DE LOS ÚLTIMOS SISMOS. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/portal/eventos/informes-ultimos-sismos.html>
- Jiménez Rodríguez, D. S. (2013). *Alternativas para la detección y monitoreo de amenazas sísmicas basadas en arduino*. Obtenido de Revista Ingenierías USBmed: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6833252>
- Jiménez Rodríguez, W. C., & González Contreras, E. S. (2001). *Protoboard configurable por software, denominada "SOFTBOARD"*. Obtenido de Tecnología en Electrónica : <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29055>
- Llorens, J. L. (2019). *Diseño, implementación y validación de sistemas de adquisición de datos sísmicos basados en Arduino*.
- Mora Miranda, R. V. (s.f.). Journal Boliviano de Ciencias. 50. Obtenido de http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2075-89362016000100007&lng=pt&nrm=iso
- Moreano, R., & Caiza, P. (2018). VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL USO DEL SENSOR ARDUINO UNO PARA LA DETERMINACIÓN DE ACELERACIONES Y DESPLAZAMIENTOS EN ESTRUCTURAS. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 23, 341-356. doi:10.24133/riie.v23i3.1036
- Moser, A., Bruner, J., & Day, B. (2017). *O'Reilly Media, Inc.* Recuperado el 2021, de Geospatial Data and Analysis: <https://learning.oreilly.com/library/view/geospatial-data-and/9781491984314/titlepage01.html>
- Mukherjee, S., Kumar, A., & Goswami, S. (2019). *O'Reilly Media, Inc.* Recuperado el 2021, de Big Data Simplified: <https://learning.oreilly.com/library/view/big-data-simplified/9789353941505/chapter-01.html>
- Nano, A. (2018). *Arduino Nano. A MOBICON Company*. Obtenido de <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/a000005-6s.pdf>
- Puchol, I. S., & Díaz, G. A. (2015). *Researchgate.net*. Obtenido de SUPERERUPCIONES DE LA CALDERA DE ILOPANGO, EL SALVADOR: https://www.researchgate.net/profile/Gerardo-Aguirre-Diaz/publication/283579961_Super
- Rivera, F., & Segovia, M. (Noviembre de 2007). *Breves fundamentos sobre los terremotos de Ecuador*. Obtenido de INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL: <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/35-breves-fundamentos-sobre-los-terremotos-en-el-ecuador/file>
- Stahl, F., Ashworth, S. H., Jandt, K. D., & Mills, R. W. (2000). *Light-emitting diode (LED) polymerisation of dental composites: flexural properties and polymerisation potential*. Obtenido de Biomaterials: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142961200000296>
- Tarback, E. J., & Lutgens, F. k. (2005). *Ciencias de la Tierra*. Madrid: PEARSON EDUCACION S.A. Obtenido de <http://www.xeologosdelmundo.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>