

Factores limitantes para la implementación de sistemas tecnológicos de alerta temprana ante sismos: un estudio de percepción en sus principales actores

RESUMEN

Del abanico de entornos donde se han estudiado los factores limitantes para la implementación de nuevas tecnologías, la gestión pública de prevención y mitigación de desastres permanece como un área poco analizada. Si bien en países desarrollados se registra un extensivo uso de nuevas tecnologías, sobre todo en sistemas de gestión de alertas, en países menos desarrollados el nivel de implementación es mínimo. Teniendo en consideración que el factor económico resulta determinante, la interrogante surge con respecto al contexto de las economías emergentes, donde su implementación no termina de consolidarse a pesar de que el éxito de la implementación podría incidir en el nivel de impacto que podría alcanzar la ocurrencia de un desastre de origen natural o inducido por la acción humana. En ese sentido, partiendo de las hipótesis de que existen otros factores, en diferentes contextos, que cobran mayor relevancia cuando existe disponibilidad presupuestal, la presente investigación de estudio de caso busca identificar aquellos factores que, bajo la percepción de sus principales actores, representan potenciales limitantes para la implementación de sistemas tecnológicos de alerta temprana ante sismos en economías emergentes, basándose en los contextos definidos por el modelo teórico Tecnología–Organización–Entorno (TOE). Recogiendo información de una muestra de 24 expertos e investigadores involucrados en la gestión de este tipo de tecnologías, se identificó como factores limitantes el alto costo de la tecnología, limitado liderazgo y/o compromiso político, insuficiente logística en tecnología, entre otros; asimismo, se determinó que los factores organizacionales y del entorno adquieren también una mayor relevancia en este tipo de escenarios, de acuerdo a la percepción de sus principales actores.

Palabras clave: Factores limitantes, sistemas tecnológicos de alerta temprana, percepción

INTRODUCCIÓN

La implementación de nuevas tecnologías surge como medios eficaces para dar soluciones efectivas en aspectos de prevención y mitigación de desastres naturales (López, J., Carvajal, Y., & Enciso, A., 2017). Alrededor del mundo, existen numerosas tecnologías utilizadas en la gestión de emergencias como internet, sistemas de información geográfica, tecnologías inalámbricas, así como modelos de análisis de riesgos mucho más avanzados (Reddick, 2010).

Un ejemplo de esto, y en relación al peligro sísmico, es el sistema de alerta temprana, el cual se define como un sistema de información de terremotos en tiempo real que tiene el potencial de proporcionar advertencias antes de que se produzcan las sacudidas de tierra (Allen, Gasparini, Kamigaichi, & Bose, 2009).

La alerta temprana es uno de los principales elementos en la reducción de riesgos ante desastres, ya que evita la pérdida de vidas humanas y disminuye los impactos económicos y materiales (Norambuena, 2011). Sin embargo, este aún no se ha implementado en la mayoría de las regiones con alto riesgo sísmico debido a su alto costo prohibitivo que lo limita (Minson et al., 2015), aunque en algunos países como México, Japón, Corea del Sur y Taiwán, ya se encuentran en funcionamiento y han emitido alarmas ante la aproximación de movimientos telúricos (Allen, Rasparen, Kamigaichi, & Bose, 2009). Pese a la relevancia que representa la instalación de esta tecnología en países altamente expuestos, aún no se ha logrado su puesta en funcionamiento en países en desarrollo debido a diversos factores que lo limitan y de los cuales poco se han estudiado a la fecha.

En ese sentido, con el propósito de contribuir al avance del conocimiento, la presente investigación pretende dilucidar, jerarquizar y analizar aquellos potenciales factores, que bajo la percepción de sus principales actores (especialistas e investigadores que trabajan en la gestión de los mismos) pueden dificultar la implementación efectiva de estos sistemas tecnológicos en algunos territorios, teniendo en consideración las categorías establecidas por el modelo Tecnología–Organización-Entorno (TOE) propuesto por Tomatzky y Fischer (1990).

Estos resultados permitirán dar a conocer a las partes interesadas de su existencia, así como su implicancia, en la ejecución de proyectos tan importantes del cual dependen la vida de muchas personas, como lo es la gestión del riesgo de desastres. Asimismo, servirá como guía para poder implementar un mecanismo de seguimiento que identifique, monitoree y coadyuve a resolver las diversas barreras identificadas.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Modelo teórico Tecnología- Organización- Entorno (TOE)

Este modelo propuesto por Tornatzky y Fischer en 1990 señala que la adopción e implementación de nuevas tecnologías, en una organización, se encuentran influenciadas por varios factores, en diferentes dimensiones que afectan e impactan en el proceso del mismo (Silva, 2017). Como resultado, ambos autores desarrollaron un modelo de innovación tecnológica, donde muestran a tres aspectos del contexto de una organización, como atributos empíricamente validados que influyen en la adopción e implementación de las mismas: el contexto tecnológico, el contexto organizacional y el contexto del entorno.

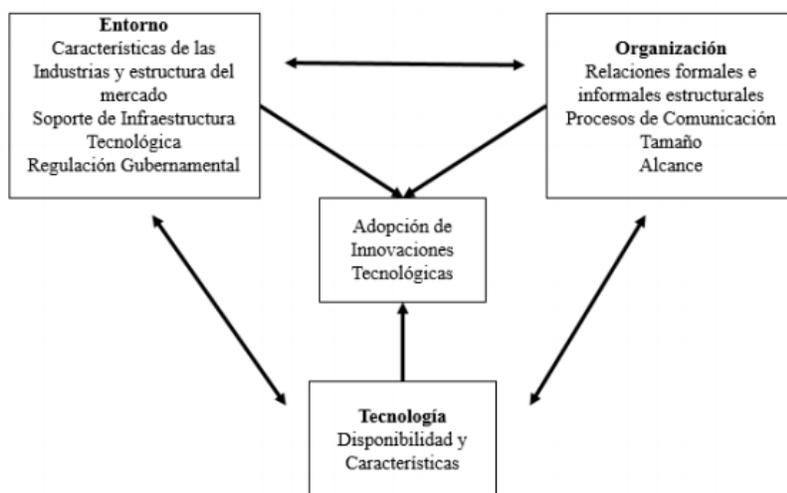


Figura 1. Modelo Tecnología – Organización- Entorno

Fuente: Silva (2017), adaptado de Tornatzky y Fleischer (1990)

Según esta teoría, este modelo proporciona una sólida base teórica y el potencial de aplicación a diferentes dominios de innovación, en el que los factores específicos a identificar varían según el enfoque de los estudios (Tornatzky & Fleischer, 1990) citado en Silva (2017).

Factores limitantes para la implementación de sistemas tecnológicos de alerta temprana ante sismos

Luego de revisar la literatura existente en relación a la implementación de nuevas tecnologías, se han identificado varios factores limitantes que se presentan en la Tabla 1, los cuales pueden incluir factores económicos, técnicos, políticos, sociales y del entorno. La escasez de literatura en el contexto peruano (y sobre todo en este tipo de tecnología) nos obligó a considerar la literatura disponible para otros países (desarrollados y/o en vías de desarrollo) a fin de asumir un escenario algo similar para el Perú. Asimismo, estos factores fueron presentados a expertos que trabajan en instituciones donde se coordina la implementación de este tipo de tecnologías, a fin de que apoyen en la discusión, afinación y contextualización de los mismos. Los resultados obtenidos permitieron plantear las siguientes hipótesis asociadas y categorizadas, de acuerdo al modelo TOE:

Contexto tecnológico:

H₁: El alto costo de la tecnología representa un factor importante como barrera tecnológica.

H₂: La insuficiente logística en tecnología representa un factor importante como barrera tecnológica.

H₃: La complejidad tecnológica del sistema representa un factor importante como barrera tecnológica.

H₄: La falta de dispositivos de alimentación representa un factor importante como barrera tecnológica.

H₅: Los problemas en la interoperabilidad e interconectividad representan un factor importante como barrera tecnológica.

Contexto organizacional:

H₆: Los insuficientes mecanismos de financiamiento representan factores importantes como barrera organizacional.

H₇: La cantidad limitada de personal involucrado representa un factor importante como barrera organizacional.

H₈: La falta de investigación y desarrollo representa un factor importante como barrera organizacional.

H₉: La limitada coordinación interinstitucional representa un factor importante como barrera organizacional.

H₁₀: La falta de capacidad institucional representa un factor importante como barrera organizacional.

Contexto del entorno

H₁₁: La aceptabilidad social representa un factor importante como barrera del entorno.

H₁₂: Las condiciones geográficas y ambientales representan factores importantes como barrera del entorno.

H₁₃: La falta de políticas gubernamentales representa un factor importante como barrera del entorno.

H₁₄: El limitado liderazgo y/o compromiso político representa un factor importante como barrera del entorno.

H₁₅: La inestabilidad política representa un factor importante como barrera del entorno.

Tabla 1. Factores que limitan la adopción e implementación de nuevas tecnologías

Código	Barreras importantes	Referencias
Contexto tecnológico		
F1	Alto costo de la tecnología	(Nandal et al., 2019), (Dwivedi et al., 2017), (Diogenes et al., 2019)
F2	Insuficiente logística en tecnología	(Diogenes et al., 2019)
F3	Complejidad tecnológica	(Khalifa et al., 2013)
F4	Falta de dispositivos de alimentación	(Nandal et al., 2019)
F5	Problemas de interoperabilidad e interconectividad	(Chau, P. & Tam, K., 1997)
Contexto organizacional		
F6	Insuficientes mecanismos de financiamiento	(Nandal et al., 2019), (Khalifa et al., 2013)
F7	Cantidad limitada de personal involucrado	(Nandal et al., 2019), (Luthra et al., 2019), (Khalifa et al., 2013)
F8	Falta de investigación y desarrollo	(Nandal et al., 2019)
F9	Limitada coordinación interinstitucional	(Khalifa et al., 2013)
F10	Falta de capacidad institucional	(Diogenes et al., 2019), (Hujran et al., 2019), (Khalifa et al., 2013)
Contexto del entorno		
F11	Aceptabilidad social	(Diogenes et al., 2019)
F12	Condiciones geográficas y ambientales	(Nandal et al., 2019)
F13	Falta de políticas gubernamentales	(Nandal et al., 2019), (Hujran et al., 2019), (Khalifa et al., 2013)
F14	Limitado liderazgo y/o compromiso político	(Nandal et al., 2019), (Dwivedi et al., 2017)
F15	Inestabilidad política	(Khalifa et al., 2013)

Fuente: Elaboración propia

METODOLOGÍA

El enfoque que concierne a esta investigación es de tipo mixto, el cual se define como una clase de investigación donde los investigadores combinan técnicas, métodos, aproximaciones, conceptos o lenguaje cuantitativo y cualitativo dentro de una misma investigación (Johnson & Onwuegbuzie, 2004). Asimismo, utilizamos como técnica para la obtención de datos, la encuesta. Este instrumento se elaboró a partir del análisis documental (Tabla 1) y el juicio crítico de expertos, quienes apoyaron en la síntesis y validación del mismo, el cual dio como resultado una encuesta con quince preguntas agrupadas en tres dimensiones, de acuerdo al modelo TOE. La escala utilizada es tipo Likert de cinco puntos que comprende del 1 (totalmente en desacuerdo) al 5 (totalmente de acuerdo).

El cuestionario fue aplicado a funcionarios e investigadores, de las cuatro instituciones que conforman el Subcomité de Sismos de la Red Nacional de Alerta Temprana en Perú, quienes actualmente tienen competencia en relación al peligro sísmico y gestionan de manera continua proyectos en relación a esta temática.

La población está conformada por el personal directamente involucrado en la ejecución del proyecto en estudio (sistema tecnológico de alerta temprana ante sismos en el Perú), los cuales, de acuerdo a las visitas realizadas a las instituciones, se detallan en la Tabla 2; asimismo, se presenta de manera resumida la muestra seleccionada en cada una de estas organizaciones.

Tabla 2. Instrumentos de mediciones aplicadas

Institución	Funcionarios e investigadores del proyecto	N° de Encuestas aplicadas
Instituto Geofísico del Perú	8	6
Dirección de Hidrografía y Navegación	8	5
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres	8	8
Instituto Nacional de Defensa Civil	6	5
Total	30	24

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, de las 30 personas que trabajan actualmente en la implementación del proyecto, llegamos a tener contacto directo con 24 de ellos, a través de encuestas presenciales en sus

instalaciones, abarcando el 80% de nuestra población objetivo. Esta realidad justifica la cantidad de muestra de la investigación.

Análisis de datos

La investigación hace uso de la estadística descriptiva e inferencial para el análisis de datos, ya que representan los métodos más apropiados para este tipo de estudio. Una vez recopilada la información, como primer paso, se ingresó la data primaria recolectada al software estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) para la obtención de los estadísticos descriptivos. Todo esto con el objetivo de determinar la media representativa de cada uno de los factores estudiados. Luego, se hizo uso del análisis inferencial a fin de identificar aquellos factores más representativos por categoría, de acuerdo a la valoración obtenida en la escala de Likert. Esto se logró por medio del uso de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, puesto que cuando la normalidad de las distribuciones de una variable en estudio esté en duda y el tamaño de la muestra sea menor a 30 casos, el empleo de las pruebas no paramétricas o de distribución libre es el indicado (Berlangua & Rubio, 2012). Asimismo, la prueba de Kruskal Wallis se usó para probar las hipótesis en las que se establecía que no existían diferencias significativas entre los factores, para un contexto determinado, contra una hipótesis alternativa la cual establecía que al menos uno de los factores difería de los demás. En ese sentido, al comprobar la existencia de diferencias entre los factores, se procedió a hacer comparaciones por pareja de factor, a fin de identificar a aquellos más representativos por cada categoría (tecnológico, organizacional y del entorno).

RESULTADOS

Los resultados del análisis estadístico descriptivo e inferencial sirvieron para comprobar las hipótesis planteadas al inicio de la investigación y de esa manera determinar la afirmación de estas. Para el análisis inferencial se hizo uso del software estadístico SPSS y se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis a fin de investigar la existencia de diferencias significativas de los resultados por categorías; asimismo, como algunas de los factores asociados con las barreras no son estadísticamente significativos al nivel del 5%, se decidió eliminar a estos del conjunto y solo quedarnos con aquellas factores realmente importantes

con el objetivo de analizarlos y jerarquizarlos de acuerdo a la percepción obtenida en los resultados del análisis estadístico descriptivo.

Factores tecnológicos

Tabla 3. Limitantes tecnológicas

Factores
Factor 1: Alto costo de la tecnología
Factor 2: Insuficiente logística en tecnología
Factor 3: Complejidad tecnológica
Factor 4: Limitados dispositivos de alimentación
Factor 5: Problemas en la interoperabilidad e interconectividad

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Resultados de estadísticos descriptivos en los limitantes tecnológicos

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Factor 1	24	1	5	3,67	1,274
Factor 2	24	1	5	3,58	1,248
Factor 4	24	1	4	2,50	1,022
Factor 3	24	1	5	2,83	1,308
Factor 5	24	1	5	2,92	1,139
N válido (por lista)	24				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Resultados estadísticos de la Prueba de Kruskal Wallis en los limitantes tecnológicos

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Likert es la misma entre las categorías de Factor.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,003	Rechaza la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, esta primera salida indica que sí existen diferencias en las formas de las distribuciones de los puntajes de obtenidos en la encuesta, lo cual permite inferir que existen ciertos factores más representativos que otros. En ese sentido, se procedió a hacer las comparaciones por parejas, con la ayuda del software SPSS, a fin de identificar a aquellos factores más representativos de acuerdo a las valoraciones obtenidas.

Tabla 6. Resultados estadísticos de las comparaciones por parejas en los limitantes tecnológicos

Cada nodo muestra el rango promedio de muestra de Factor.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de prueba	Estándar Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajust.
Factor 4-Factor 3	9,396	9,755	,963	,335	1,000
Factor 4-Factor 5	-10,979	9,755	-1,125	,260	1,000
Factor 4-Factor 2	29,375	9,755	3,011	,003	,026
Factor 4-Factor 1	31,708	9,755	3,250	,001	,012
Factor 3-Factor 5	-1,583	9,755	-,162	,871	1,000
Factor 3-Factor 2	19,979	9,755	2,048	,041	,405
Factor 3-Factor 1	22,312	9,755	2,287	,022	,222
Factor 5-Factor 2	18,396	9,755	1,886	,059	,593
Factor 5-Factor 1	20,729	9,755	2,125	,034	,336
Factor 2-Factor 1	2,333	9,755	,239	,811	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula hipótesis nula de que las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son iguales. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significancia es ,05.

Fuente: Elaboración propia

En este apartado se encontraron diferencias significativas en los factores 1 (sig.=0.026) y 2 (sig.=0.012), lo cual permite determinar que aquellos representan de mejor forma este grupo de variables. Por lo tanto, al contrastar las hipótesis con los resultados obtenidos de la prueba estadística, se puede concluir que el factor 1 y el factor 2 son aquellos factores, como barreras

tecnológicas, que representan potenciales limitantes para una implementación efectiva de sistemas tecnológicos de alerta temprana ante sismos.

Tabla 7. Resultados de hipótesis para limitantes tecnológicos

VARIABLES INDEPENDIENTES	HIPÓTESIS	ACEPTA (✓) O RECHAZA (X)
Alto costo de la tecnología	H1	✓
Insuficiente logística tecnológica	H2	✓
Complejidad tecnológica	H3	X
Falta de dispositivos de alimentación	H4	X
Problemas en la interoperabilidad e interconectividad	H5	X

Fuente: Elaboración propia

Factores organizacionales

Tabla 8. Limitantes organizacionales

Factores
Factor 6: Insuficientes mecanismos de financiamiento
Factor 7: Cantidad limitada de personal involucrado
Factor 8: Falta de investigación y desarrollo
Factor 9: Limitada coordinación interinstitucional
Factor 10: La falta de capacidad institucional

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Resultados de estadísticos descriptivos en los limitantes organizacionales

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Factor 6	24	1	5	3,46	1,250
Factor 7	24	1	5	3,25	1,073
Factor 8	24	2	5	3,42	1,018
Factor 9	24	1	5	3,50	1,251
Factor 10	24	2	5	3,33	1,007
N válido (por lista)	24				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Resultados estadísticos de la Prueba Kruskal Wallis en los limitantes organizacionales

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Puntaje es la misma entre las categorías de Factor.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,880	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

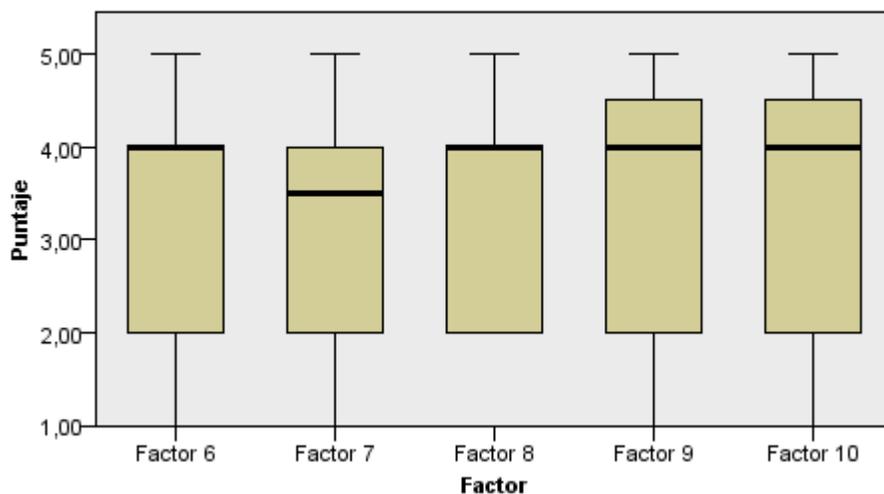
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, esta segunda salida afirma que no existen diferencias en las formas de las distribuciones de los puntajes de obtenidos en la encuesta, lo cual permite concluir que los puntajes entre los factores analizados son muy cercanos y sería incorrecto seleccionar solo a algunos de ellos, ya que no representan de manera significativa a todo el conjunto.

En ese sentido, la prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes sugiere considerar a todas las variables analizadas, puesto que no se pueden realizar múltiples comparaciones ya que no se pueden determinar diferencias entre los factores analizados.

Tabla 11. Prueba de Kruskal- Wallis para muestras independientes

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes



N total	120
Estadístico de contraste	1,187
Grados de libertad	4
Significación asintótica (prueba bilateral)	,880

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.
2. No se realizan múltiples comparaciones porque la prueba global no muestra diferencias significativas en las muestras.

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, al contrastar las hipótesis con los resultados obtenidos de la prueba estadística, se concluye que todos los factores analizados representan potenciales limitantes, como barreras organizacionales, para una implementación efectiva de sistemas tecnológicos de alerta temprana ante sismos.

Tabla 12. Resultados de las hipótesis en los limitantes organizacionales

Variables independientes	Hipótesis	Acepta (✓) o Rechaza (X)
Insuficientes mecanismos de financiamiento	H6	✓
Cantidad limitada de personal involucrado	H7	✓
La falta de investigación y desarrollo	H8	✓
Limitada coordinación interinstitucional	H9	✓
La falta de capacidad institucional	H10	✓

Fuente: Elaboración propia

Factores del entorno

Tabla 13. Limitantes del entorno

Factores
Factor 11: Aceptabilidad social
Factor 12: Condiciones geográficas y ambientales
Factor 13: Falta de políticas gubernamentales
Factor 14: Limitado liderazgo y/o compromiso político
Factor 15: Inestabilidad política

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Resultados de los estadísticos descriptivos en los limitantes del entorno

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Factor 11	24	1	4	2,33	1,090
Factor 12	24	1	4	2,67	,963
Factor 14	24	1	5	3,54	1,103
Factor 13	24	1	6	3,63	1,279
Factor 15	24	1	5	2,92	1,283
N válido (por lista)	24				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Resultados estadísticos de la Prueba de Kruskal Wallis en los limitantes del entorno

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Likert es la misma entre las categorías de Factor.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,00	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es .05

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, esta tercera salida nos indica que sí existen diferencias en las formas de las distribuciones de los puntajes obtenidos en la encuesta, lo cual permite inferir que existen ciertos factores más representativos que otros. En ese sentido, se procedió a hacer las comparaciones por parejas, con la ayuda del software SPSS, a fin de identificar a aquellos factores más representativos de acuerdo con las valoraciones obtenidas.

Tabla 16. Resultados estadísticos de las comparaciones por parejas en los limitantes del entorno

Cada nodo muestra el rango promedio de muestra de Factor.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de prueba	Estándar Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajust.
Factor 11-Factor 12	-8,979	9,676	-,928	,353	1,000
Factor 11-Factor 15	-16,021	9,676	-1,656	,098	,978
Factor 11-Factor 14	-33,167	9,676	-3,428	,001	,006
Factor 11-Factor 13	-34,333	9,676	-3,548	,000	,004
Factor 12-Factor 15	-7,042	9,676	-,728	,467	1,000
Factor 12-Factor 14	-24,188	9,676	-2,500	,012	,124
Factor 12-Factor 13	-25,354	9,676	-2,620	,009	,088
Factor 15-Factor 14	17,146	9,676	1,772	,076	,764
Factor 15-Factor 13	18,312	9,676	1,892	,058	,584
Factor 14-Factor 13	1,167	9,676	,121	,904	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula hipótesis nula de que las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son iguales. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significancia es ,05.

Fuente: Elaboración propia

En este apartado se encontraron diferencias significativas en los factores 14 (sig.=0.006) y 13 (sig.=0.004), lo cual permitió determinar que aquellos factores representan de mejor forma este grupo de variables.

Por lo tanto, al contrastar nuestras hipótesis con los resultados obtenidos de la prueba estadística, podemos concluir que el factor 13 y el factor 14 son aquellos factores, como barreras del entorno, que representan potenciales limitantes para una implementación efectiva de sistemas tecnológicos de alerta temprana ante sismos.

Tabla 17. Resultados de las hipótesis en los limitantes del entorno

VARIABLES INDEPENDIENTES	HIPÓTESIS	ACEPTA (✓) O RECHAZA (X)
Aceptabilidad social	H11	X
Condiciones geográficas y ambientales	H12	X
Falta de políticas gubernamentales	H13	✓
Limitado liderazgo y/o compromiso político	H14	✓
Inestabilidad política	H15	X

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, luego de analizar estadísticos requeridos y de evaluar nuestras hipótesis planteadas, se procedió a jerarquizar a cada uno de los factores de acuerdo a la puntuación obtenida a partir de la media obtenida en los estadísticos descriptivos. En ese sentido, los factores identificados y más representativos por contexto siguen la siguiente jerarquía:

Tabla 18. Jerarquía de los factores limitantes identificados

BARRERA	FACTORES	MEDIA	CLASIFICACIÓN
Tecnología	Alto costo de la tecnología	3.67	1
	Insuficiente logística en tecnología	3.58	3
Organización	Insuficientes mecanismos de financiamiento	3.46	6
	Cantidad limitada de personal involucrado	3.25	9
	Falta de investigación y desarrollo	3.42	7
	Limitada coordinación interinstitucional	3.50	5
	Falta de capacidad institucional	3.33	8
Entorno	Falta de políticas gubernamentales	3.54	4
	Limitado liderazgo y/o compromiso político	3.63	2

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

La presente investigación fue realizada con el objetivo de identificar aquellos factores (agrupados en factores tecnológicos, organizacionales y del entorno) que pueden limitar la implementación efectiva de sistemas tecnológicos de alerta temprana ante sismos en economías emergentes, de acuerdo a la percepción de sus principales actores. En ese sentido, los resultados del estudio de caso muestran que en el contexto tecnológico los factores alto costo de la tecnología e insuficiente logística en tecnología representan las principales

limitantes en la implementación del proyecto. Asimismo, en el contexto organizacional, se ha podido evidenciar que todos los factores analizados (insuficientes mecanismos de financiamiento, cantidad limitada de personal involucrado, limitada coordinación interinstitucional y la falta de capacidad institucional) que integran esta categoría, representan limitantes para el funcionamiento del sistema. Por otro lado, en el contexto del entorno, se identificó que el factor falta de políticas gubernamentales y el limitado liderazgo y/o compromiso político, en relación a temas de gestión del riesgo de desastres, son las principales limitantes que representan desafíos para la puesta en funcionamiento de esta herramienta en el país. Finalmente, habiéndose contrastado la relevancia de los factores limitantes que en otros contextos suelen tener mayor relevancia, es importante resaltar que mayor importancia adquieren los factores organizacionales, lo cual da indicios de que la cultura organizacional de las instituciones involucradas termina adquiriendo mayor consideración en comparación con la disponibilidad tecnológica, de acuerdo a la percepción de sus principales actores.

REFERENCIAS

- Allen, R. M., Gasparini, P., Kamigaichi, O., & Bose, M. (2009). The status of earthquake early warning around the world: An introductory overview. *Seismological Research Letters*, 80(5), 682-693.
- Al-Hujran, O., Al-Lozi, E., Al-Debei, M., & Maqableh, M. (2018). Challenges of Cloud Computing Adoption From the TOE Framework Perspective. *International Journal of E-Business Research*, 14(3), 77–94.
- Awa, H., Ukoha, O., & Emecheta, B. (2016). Using T-O-E theoretical framework to study the adoption of ERP solution. *Cogent Business & Management*, 3(1).
- Berlanga, V. & Rubio, M. (2012). Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS. *REIRE*, 5(2), 101-113.
- Chau, P., & Tam, K., (1997). Factors affecting the adoption of open systems: An exploratory study, *MIS Quarterly*, 21(1), 1-24.
- Diógenes, J., Claro, J., & Rodrigues, J. (2019). Barriers to onshore wind farm implementation in Brazil. *Energy Policy*, 128, 253–266.

- Dwivedi, G., Srivastava, S., & Srivastava, R. (2017). Analysis of barriers to implement additive manufacturing technology in the Indian automotive sector. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 47(10), 972–991.
- Johnson, R., & Onwuegbuzie, A. (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *Educational Researcher*, 33(7), 14– 26.
- López, J., Carvajal, Y., & Enciso, A. (2017). Sistemas de alerta temprana con enfoque participativo: Un desafío para la gestión del riesgo en Colombia. *Luna Azul*, (44), 231- 246.
- Luthra, S., Kumar, S., Garg, D., & Haleem, A. (2015). Barriers to renewable/sustainable energy technologies adoption: Indian perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 762–776.
- Minson, S., Brooks, B., Glennie, C., Murray, J., Langbein, J., Owen, S., Hauser, D. (2015). Crowdsourced earthquake early warning. *Science Advances*, 1(3).
- Nandal, V., Kumar, R., & Singh, S. K. (2019). Barriers identification and analysis of solar power implementation in Indian thermal power plants: An Interpretative Structural Modeling approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114, 109330.
- Norambuena, R. (abril, 2011). Diagnóstico de los Sistemas de Alerta Temprana ante Tsunami en el Pacífico Sudeste. *Proyecto DIPECHO*. Recuperado de: <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/dircient/tsunamis/DIAGNOSTICO%20SAT%20Tsunami%20-%20Pacifico%20Sur.pdf>
- Reddick, C. (2010). Information technology and emergency management: preparedness and planning in US states. *Disasters*, 35(1), 45–61.
- Silva, A. (2017). *Modelo unificado de adopción del teletrabajo en las organizaciones colombianas*. (Tesis de Maestría). Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/58621/1/1026139667.2017.pdf>
- Tornatzky, L. G., & Fleischer, M. (1990). *The processes of technological innovation*. Lexington, MA: Lexington Books.