



**Programa Nacional para  
la Prevención y Mitigación de Desastres**

---

---

**COMPONENTE SEIS**

**SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA**

**PERFILES DE PROYECTO**

**COSTO US\$. 2.445.150.00**

**GOBIERNO DE COSTA RICA  
1999**

## **SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA**

### **1. ANTECEDENTES**

El establecimiento del Sistema Nacional para la Atención de Emergencias ha favorecido que desde hace aproximadamente diez años, La Comisión Nacional de Emergencia CNE, cuente con un constante flujo de información de doble vía entre esta e: institutos técnico-científicos, instituciones del Estado especializadas, Comités Locales de Emergencia y gobiernos locales.

Las informaciones generadas son de naturaleza meteorológica, sismológica, vulcanológica o geotécnica, provienen del Instituto Meteorológico Nacional, del Departamento de Hidrología del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA), de la Red Sismológica Nacional de la Universidad de Costa Rica (UCR), y del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de la Universidad Nacional (OVSICORD). Asimismo, un gran flujo de información se origina de los puestos de vigilancia de la CNE en cuencas del país, de las propias poblaciones, Comités Locales de Emergencia, operadores de radio y otras fuentes.

A esta situación se le debe agregar la existencia de estructuras locales y regionales, tanto institucionales (Comités Locales de Emergencia y Comités Interinstitucionales, en algunos casos) como comunales (Comités Comunales de Emergencia, Asociaciones de Desarrollo) y ONGs, que articulan esta información y organizan a la población vulnerable para actuar de acuerdo al tipo de alarma.

Concretamente en materia de alerta temprana puede citarse como una experiencia más consolidada el sistema de monitoreo y vigilancia de cuencas de la Vertiente Caribe, establecido a partir de 1991, cuando ocurrió el terremoto de Limón. El propósito fundamental, fue el contar con información oportuna para activar la organización local y nacional ante posibles avalanchas e inundaciones y también crear una base de datos de parámetros hidrometeorológicos (lluvias y caudal), que permitiera, a largo plazo disponer de información básica para el desarrollo de modelos hidrológicos. (En los últimos ocho años se han instalado alrededor de 40 puestos de radio comunicación en la vertiente del Caribe).

### **2. JUSTIFICACIÓN**

Centro América tiene una formación geológica reciente, con volcanes activos y constante actividad sísmica. Asimismo, por colindar con la Cuenca del Caribe, el istmo está permanentemente sujeto a las tormentas tropicales y huracanes que se forman anualmente en esta zona. A estas características físicas y climatológicas se debe agregar otro factor que aumenta la vulnerabilidad de la región a los fenómenos climáticos: al haber adoptado un estilo de desarrollo económico que históricamente ha explotado los recursos naturales sin tomar en cuenta la sostenibilidad del medio.

A su vez, la población, a pesar de la recurrencia de los fenómenos, no ha tenido conciencia de las amenazas naturales y tiende a asentarse en áreas de alto riesgo. Esto, aunado a una cultura que no promueve actitudes de prevención, lleva a condiciones propicias para ocurrencias de desastres naturales.

Costa Rica no es la excepción a esta realidad. Existen condiciones, que hacen necesario, ampliar y fortalecer el incipiente sistema de alerta temprana:

- La cantidad y la calidad de la información técnico-científico transmitida a la CNE y a las organizaciones de bases no es suficiente, ni está adaptada a las necesidades locales.
- La red de vigilancia de cuencas necesita ser ampliada.
- El sistema no está debidamente vinculado a las autoridades locales ni a los Comités Locales de Emergencia.
- El sistema no está suficientemente divulgado entre la población, en general.
- No se dispone del equipo necesario.
- Falta entrenamiento al personal y el desarrollo de acciones conjuntas con el Centro de Operaciones de Emergencia (COE) para el establecimiento de preparativos de emergencia.

### **3. PROBLEMA :**

Actualmente se cuenta con algún tipo de alerta temprana ante eventos de tipo hidrometeorológico y en alguna medida, sísmico, no obstante Costa Rica presenta una condición de multiamenaza que la convierte en muy vulnerable y por lo tanto carente de un Sistema Integral de Alerta Temprana.

### **4.OBJETIVOS**

#### **General**

Establecer un Sistema de Alerta Temprana que contemple la condición de amenaza hidrometeorológica del país, con el fin de reducir el riesgo de la población.

#### **Específicos**

- Evaluar el actual sistema de alerta temprana en cuanto a su calidad y la frecuencia de la información técnico-científica intercambiada entre la CNE y los institutos correspondientes, adaptándola a las necesidades específicas de cada tipo de emergencia.
- Ampliar la cobertura de la actual red de puestos de observación en cuencas, mediante la adquisición de nuevos equipos
- Implementar programas de divulgación y capacitación sobre el Sistema de Alerta Temprana para los Comités Locales de Emergencia y la población en general, como parte del fortalecimiento de la gestión del riesgo.
- Mejorar el estado de preparación del Centro de Operación de Emergencia (COE) a través de la realización de ejercicios periódicos (simulacros) en las áreas sujetas a amenazas de carácter hidrometeorológico.

## **5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto comprende los siguientes componentes:

### **• Componente 1: Evaluación del Actual Sistema**

Comprende la recopilación de las experiencias de alerta temprana existentes a nivel: regional, local y comunal, especificando los planes, productos, recursos invertidos, resultados y grado de absorción del sistema por las instituciones y comunidades. Esto implica:

- Conformar un grupo de trabajo con las instituciones que actualmente forman parte del sistema, para evaluarlas en cuanto a: calidad y frecuencia de la información técnico científica; cobertura; métodos; equipos; grado de integración y coordinación (entre ellas y la CNE); y eficacia.
- Entrevistar una muestra de Comités Locales de Emergencia sobre su acceso al sistema y articulación con él, grado de utilidad que este ha tenido en emergencias pasadas, y la visión de los comités respecto a la alerta temprana.
- Evaluar la capacidad tecnológica desarrollada en el país para el soporte de Sistemas de Alerta Temprana.
- Realizar un taller con las instituciones científicas y representantes de Comités Locales de Emergencia, para discutir los resultados de la evaluación y las propuestas técnicas.
- Presentar un informe final de evaluación, con las propuestas técnicas finales y los resultados del taller de discusión.

### **Componente 2: Actualización tecnológica y entrenamiento a operadores y generadores de información**

Se contempla el desarrollo de las siguientes acciones:

- Adquisición de equipos para el monitoreo de amenazas, de acuerdo a las recomendaciones del componente anterior.
- Capacitación a operadores y técnicos, sobre el manejo y máximo aprovechamiento de los equipos.
- Ampliación del Sistema de Alerta Temprana en Cuencas

### **Componente 3: Capacitación a los Comités Locales de Emergencia sobre Sistemas de Alerta Temprana**

Consiste en el desarrollo de una estrategia de capacitación dirigida a los Comités Regionales, Locales y Comunales de Emergencia, esto requiere:

- Realizar talleres y seminarios de divulgación y capacitación para Comités de Emergencia, sobre sistemas de alerta temprana
- Capacitar a operadores y técnicos.

### **Componente 4: Educación, Capacitación y Divulgación en las Comunidades**

**Programa Nacional para la Prevención y Mitigación de Desastres.  
Comisión Nacional de Emergencia.**

La realización de acciones tendientes a la educación, capacitación y divulgación de aspectos relacionados con la alerta temprana, comprende principalmente: el diseño y edición de material educativo para capacitación, la realización de campañas de divulgación (incluyendo medios de comunicación) y la ejecución de talleres y seminarios en las comunidades

#### **Componente 5: Preparación del Centro de Operaciones de Emergencia**

El desarrollo de este componente comprende principalmente la realización de un programa de simulacros (por lo menos uno por región) de atención a emergencias y desastres con la participación del Centro de Operaciones de Emergencia y en coordinación con los Comités Locales de Emergencia (instituciones públicas, gobiernos locales y sociedad civil organizada).

#### **6. COBERTURA DEL PROYECTO:**

Por las características de sus componentes el proyecto es de cobertura nacional, con énfasis en aquellas regiones de mayor grado de vulnerabilidad y en aquellas donde existe alguna experiencia de alerta temprana (Vertiente Atlántica, Región Pacifico Central y Norte).

#### **7. BENEFICIARIOS :**

Los beneficiarios en general es la población nacional, principalmente la de las regiones señaladas anteriormente, no obstante por las características propias de este proyecto, son beneficiarios directos los Comités de Emergencia, regionales, locales y comunales, así como los técnicos y operadores de equipos de comunicación.

#### **8. DURACIÓN PREVISTA:**

Cuatro años a partir del inicio del proyecto.

#### **9. ORGANIZACIÓN EJECUTORA:**

La dirección en la realización del proyecto estará a cargo de la Unidad Ejecutora del Proyecto (UEP), no obstante el desarrollo de las diferentes actividades requiere la participación de las siguientes entidades que conformaran el Sistema Nacional de Alerta Temprana:

- Comisión Nacional de Emergencia (CNE)
- Comités Asesores Técnicos (CATS)
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN)
- Instituto Costarricense de Electricidad(ICE)
- Red Sísmológica Nacional (RSN-UCR)
- Servicio Nacional de Riego y Avenamiento (SENARA)
- Observatorio Sísmológico y Vulcanológico de Costa Rica (OVSI-CORI-UNA)
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA)
- Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE)
- Cruz Roja Costarricense
- Cuerpo de Bomberos
- Seguridad Pública
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)

Programa Nacional para la Prevención y Mitigación de Desastres.  
Comisión Nacional de Emergencia.

- Comités de Emergencia (Gobiernos Locales y sociedad civil organizada, ONG's y Empresa Privada)

#### 10 RESULTADOS ESPERADOS:

- Una evaluación sobre el sistema de actual de alerta temprana.
- Red de monitoreo y vigilancia de cuencas ampliada en cuanto a la determinación de amenaza y a la disponibilidad de equipo y recurso humano capacitado.
- Comités de Emergencia en el ámbito nacional, capacitados en el manejo de sistemas de alerta temprana.
- Población en general con algún grado de educación sobre sistemas de alerta temprana.

#### 11. COSTOS ESTIMADOS

COMPONENTE	COSTO (US\$)
1 – Evaluación del actual sistema	20,000
2 – Actualización tecnológica y entrenamiento de operadores y generadores de información	150,000
3 – Capacitación de Comités Locales de Emergencia	70,000
5 – Divulgación, educación y capacitación en comunidades	60,000
6 – Simulacros con el COE y Comités Locales	30,000
<b>TOTAL</b>	<b>330,000</b>

Nota: los costos de personal adicional para la CNE no están incluidos en este proyecto, ni tampoco lo están en este Plan; son considerados como fondos de contraparte del Gobierno de Costa Rica.

# **Propuesta para la Instalación de un Sistema de Alerta Temprana al Valle Central al Momento de Ocurrencia de Sismos Fuertes de Subducción en el Pacífico de Costa Rica y Renovación de la Red Sismográfica del OVSICORI-UNA**

## **Antecedentes**

Una brecha sísmica madura existe por debajo y frente a la península de Nicoya en el Pacífico norte de Costa Rica. Esta brecha, la brecha sísmica de Nicoya, es un segmento de la Fosa Mesoamericana donde la placa del Coco se subduce bajo la placa del Caribe. Terremotos de gran magnitud han ocurrido en este segmento en 1853, 1900 y 1950. La distribución de réplicas de terremotos ocurridos en la década de los 90s en los segmentos aledaños a esta brecha han permitido afinar su ubicación geográfica y determinar las dimensiones de la misma. Sin deslizamiento sísmico importante desde 1950, con una tasa de convergencia de 88 mm/año y un área comprendida entre los 5000 y los 10000 km<sup>2</sup>, la brecha sísmica de Nicoya tiene ya potencial para generar un terremoto con magnitud superior a los 7.5 grados.

El Valle Central de Costa Rica, donde se concentra la mayor concentración de su población e infraestructura, se encuentra entre 100 y 250 km de distancia del área potencial de ruptura de la brecha sísmica de Nicoya. Estas distancias están dentro del rango de sistemas de alerta temprana para terremotos que han probado ya ser efectivos, haciendo de esta región un excelente sitio para la operación de uno de esos sistemas de alerta.

Dado que no solo en el Pacífico Norte ocurren sismos fuertes en Costa Rica, la instalación de más sensores a lo largo de todo el Pacífico permitiría alertar al Valle Central prácticamente de cualquier evento de magnitud importante que ocurra a lo largo de la zona de subducción.

## **Justificación**

La tectónica regional de América Central está controlada principalmente por el choque de las placas del Coco y del Caribe (Fig. 1). Como consecuencia de esta colisión la placa oceánica del Coco se subduce por debajo de la placa del Caribe, a lo largo de la Fosa Mesoamericana, a velocidades que van desde 70 mm por año frente a Guatemala hasta poco más 90 mm por año frente a la península de Osa [Protti, 1994, calculado a partir de De Mets et al., 1990](Fig. 2). Es a lo largo de este límite de placas donde ocurren la mayoría de los terremotos de gran magnitud en Costa Rica.

En el extremo suroeste de la placa Caribe las condiciones locales de esfuerzos tectónicos han provocado la fracturación de la misma y la creación de una microplaca, denominada bloque de Panamá, con límites aún no muy bien desarrollados. El límite norte del bloque de Panamá con la placa Caribe es un margen convergente conocido como el Cinturón Deformado del Norte de Panamá [Silver et al., 1990] el cual se extiende desde las costas del Caribe de Colombia hasta Limón, Costa Rica (Fig. 1 y 2). Fué en el extremo oeste de de este límite donde ocurrió el

terremoto de Limón de 1991. Hacia el noroeste el contacto entre el bloque de Panamá y la placa Caribe consiste en una zona difusa de fallamiento de deslizamiento lateral izquierdo que corre desde Limón hasta la Fosa Mesoamericana a través de la parte central de Costa Rica [Ponce y Case 1987, Jacob y Pacheco 1991, Güendel y Pacheco 1992, Goes et al., 1993, Fan et al., 1993, Marshall et al., 1993, Fisher et al., 1994, Protti y Schwartz 1994]. El bloque de Panamá comprende así la parte sur de Costa Rica y todo Panamá.

Al sur de la península de Burica se encuentra la zona de fracturas de Panamá. Este sistema de fallas de corrimiento lateral derecho constituye el límite entre las placas del Coco y de Nazca. Al oeste de la zona de fracturas de Panamá se encuentra la cordillera submarina del Coco la cual se subduce bajo la península de Osa. La cordillera del Coco es la traza o cicatriz formada en la placa del Coco por el punto caliente de las islas Galápagos.

Este ambiente tectónico hace que Costa Rica sea una región sumamente activa en términos de sismicidad, con fuentes sísmicas, de diferentes génesis y profundidades, dispersas por todo el país. Eventos sísmicos superficiales, con profundidades menores que 40 km. ocurren: a) asociados con la subducción de la placa del Coco bajo la placa Caribe y el bloque de Panamá; b) a lo largo de la zona de fracturas de Panamá; c) como fallamiento intraplaca de esas tres unidades tectónicas; d) como actividad interplaca entre la placa Caribe y el bloque de Panamá, tanto a lo largo del cinturón deformado del norte de Panamá como a lo largo de la zona de fallas que atraviesa la parte central de Costa Rica; y e) asociada al arco volcánico (Protti, 1994). Sismos de profundidad intermedia (40 a 220 km.) ocurren como deformación interna de la porción subducida de la placa del Coco (Protti, 1991; Protti et al., 1994). Desde abril de 1984 el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional (OVSICORI-UNA) ha venido registrando actividad en todas estas fuentes sísmicas y ha localizado más de 50000 sismos en casi 15 años.

De todas esas fuentes sísmicas la zona de subducción en la costa del Pacífico es la más activa en número y magnitud de temblores. La distancia de estas fuentes con respecto al Valle Central hace que sistemas de alerta temprana puedan ser implementados y tengan gran probabilidad de éxito.

Aún cuando la red sismográfica del OVSICORI-UNA fué diseñada e instalada con la mejor tecnología para registro sísmico a la fecha (1984), en la actualidad dicha instrumentación ha superado por más de 10 años su vida útil. Esto hace que los diferentes componentes electrónicos y mecánicos fallen con regularidad haciendo su mantenimiento sumamente costoso. Es por esto que se hace necesario la sustitución total de la red por una que involucre los sistemas tecnológicos vigentes para la sismodetección.

### **Definición del problema**

Las brechas sísmicas han sido definidas como aquellos segmentos de límites activos de placas que no han experimentado la repetición de un sismo de gran magnitud por varias décadas y que por lo tanto son considerados como posibles sitios para la ocurrencia de terremotos futuros (Nishenko, 1985). Las brechas sísmicas representan así un espacio y tiempo sin liberación de grandes cantidades de energía sísmica.

La ausencia de un terremoto importante desde octubre de 1950 en el segmento de Nicoya y la ocurrencia de los sismos de 1990, a la entrada al Golfo de Nicoya al SE, y de 1992, frente a Nicaragua al NW, han permitido detallar la extensión temporal y geográfica de lo que definen Protti et. al.: 1999, como la brecha sísmica de Nicoya. Tanto la magnitud de los terremotos anteriores en este segmento, como su actividad sísmica anómalamente baja durante el período intersísmico nos brindan información adicional sobre las características de un futuro terremoto por debajo de la península de Nicoya.

Sismos de gran magnitud han ocurrido en el segmento de Nicoya en 1853(?), 1900 y 1950. Esto nos da un período de recurrencia de 48 años a 1997 y de 50.7 años al año 2005, con desviaciones estándar de 1.73 y 4.04 respectivamente.

El sismo del 25 de marzo de 1990 a la entrada al golfo de Nicoya ocurrió en el extremo NW del segmento Cóbano-Herradura y su ruptura tanto cosísmica como durante las réplicas se propagó unidireccionalmente hacia el SE (Protti et al., 1995). Esto no solo nos marca claramente el límite SE de la brecha sísmica de Nicoya sino también nos da información sobre el contraste brusco en acople entre las placas, que existe entre el segmento de Nicoya y el de Cóbano-Herradura, ya que ni siquiera un sismo de magnitud 7.0, justo en el límite, fue capaz de iniciar la ruptura de la brecha sísmica de Nicoya (Protti et al., 1995b). El límite NW de la brecha sísmica de Nicoya lo marca la secuencia de réplicas del sismo de Nicaragua del 2 de setiembre de 1992 (Fig. 3). Ese sismo ocurrió en la parte NW del segmento Nicaragua-Papagayo y sus réplicas se propagaron hacia el SE deteniéndose súbitamente en el extremo NW de la península de Nicoya. El sismo de Sámara del 23 de agosto de 1978 ( $M_w=6.8$ ) ocurrió en la parte central del segmento de Nicoya (Güendel, 1986) y rompió un área hacia la trinchera de menos del 15% del área total de este segmento. La máxima extensión hacia el arco volcánico, de esta brecha sísmica, corresponde con el eje del golfo de Nicoya (Protti, 1991), donde el plano de falla alcanza casi los 40 km. de profundidad. Con base en la experiencia de los sismos de 1990 y 1992, y en las relocalizaciones de las réplicas del sismo de 1950 (Güendel, 1986), hacia la trinchera, el área de acople elástico comienza a unos 15 km de ésta, a profundidades cercanas a los 5 km. Sin embargo, dada su magnitud potencial, el futuro terremoto en este segmento podría propagar la ruptura hasta la trinchera.

## **Objetivos Generales**

- I. Desarrollar un sistema de alerta temprana para el Valle Central al momento de ocurrencia de sismos fuertes a lo largo de la zona de subducción en el Pacífico de Costa Rica.
- II. Instaurar planes de emergencia en todos aquellos sitios del Valle Central con alta concentración de población.
- III. Renovación de la red sismográfica del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica.

## **Objetivos específicos**

- 1) Instalación de 30 sensores de movimiento fuerte (acelerógrafos) a lo largo de todo el litoral Pacífico de Costa Rica, conectados en tiempo real y via ondas de radio, al centro de registro del OVSICORI-UNA.
- 2) Instalar en el OVSICORI-UNA el hardware y software necesarios para la discriminación de eventos, determinación de tasas de crecimiento y declaración de alertas.
- 3) Instalar una red de receptores de la señal de alerta en escuelas, colegios, hospitales, medios de comunicación colectiva, edificios públicos y privados, con sus respectivas sirenas.
- 4) Desarrollar programas educativos, planes de emergencia y simulacros en aquellos lugares donde se instalen los receptores y sirenas de alerta.
- 5) Desarrollar programas educativos, planes de emergencia y simulacros en aquellas poblaciones cercanas a fuentes sísmicas importantes.
- 6) Instalación de 30 estaciones sismográficas en todo el territorio de Costa Rica.
- 7) Instalación de un nuevo sistema de registro digital en la cede del OVSICORI-UNA.

### **Descripción del proyecto**

Los sistemas de alerta temprana en caso de terremotos están conceptualizados y operan tomando ventaja de la diferencia entre la velocidad de las ondas sísmicas (3-7 km/s) y la velocidad de las ondas de radio (cercana a la velocidad de la luz, i.e. ~300000 km/s). Al momento de ocurrir y detectar un sismo, es posible enviar una señal de radio a distancias donde se recibiría mucho antes del arribo de las ondas sísmicas. El intervalo de tiempo entre el arribo de las ondas de radio y la llegada de las ondas sísmicas, será mucho mayor cuanto más cercano al epicentro instalemos el detector y cuanto más alejado este el receptor de la señal de radio.

El sistema consiste en una red de instrumentos de registro de movimientos fuertes (acelerómetros) alrededor de la fuente sísmica, radios de comunicación que transmiten la señal a un centro de control, un algoritmo de identificación de eventos y cuantificación de su tamaño, y un radio de transmisión de la señal de alerta en caso que se determine que se trata efectivamente de un sismo importante. El algoritmo de identificación de eventos podría estar en el campo, como parte de la estación de registro o en el centro de control. Una condición necesaria para el disparo de una alerta es que más de una estación detecte y declare el evento. Esta redundancia es necesaria para reducir el número de falsas alarmas producto de ruidos locales, problemas electrónicos y/o de interferencia en la transmisión de la información.

Para que cualquier sistema de alerta temprana sea eficiente es estrictamente necesaria una preparación intensa de la población de tal forma que sepa como actuar al momento de la alarma. Previo y simultáneamente con la instalación de un sistema de alerta hay que identificar y practicar cada paso a seguir cuando se reciba la alerta. Para esto es necesario realizar simulacros y establecer una rutina de práctica en las cuales tanto las personas como los sistemas automatizados aprendan a identificar el tono de la alerta. La respuesta efectiva de la población en caso de terremotos, y aún en casos de falsa alarma, debe ser el componente más importante de todo sistema de alerta temprana.

Sistemas de alerta temprana en caso de terremotos operan y han probado ser efectivos en varios países. Ejemplos de estos, con condiciones tectónicas similares a las nuestras (zonas de

subducción activas) son el de México (Espinosa Aranda, et al., 1995), el de Japón (Nakamura, 1985) y el de Taiwan (Lee et al., 1995).

No siempre se sabe dónde puede ocurrir un sismo fuerte, y en muchos lugares estos ocurren mar adentro donde es bastante difícil instalar sensores sísmicos. También, aún cuando a muy largas distancias (> 600 km) el intervalo de alerta es mucho mayor (> 2 minutos), la atenuación de las ondas sísmicas a esas distancias es tal que a su arribo no causarían mayores daños.

En Costa Rica conocemos una fuente sísmica bajo la península de Nicoya con potencial para producir terremotos de magnitud importante (Protti et. al. 1999). La ubicación de esta fuente sísmica nos permite instalar instrumentos de detección bastante cercanos a la misma y su distancia con respecto a los mayores centros de población e infraestructura permite dar una alerta en lugares donde la energía sísmica aún no ha sido muy atenuada y por lo tanto podría causar daños importantes.

Además de esta fuente sísmica, toda la región del Pacífico de Costa Rica ha presentado históricamente sismos de magnitud importante producto del proceso de subducción y su distancia con respecto al Valle Central hace que sistemas de alerta temprana puedan ser implementados y tengan también gran probabilidad de éxito.

Se propone aquí el diseño de un sistema de alerta temprana que permita el disparo de una alarma en el Valle Central varios segundos antes del arribo de las ondas sísmicas generadas por un terremoto en el Pacífico de Costa Rica. En el caso de la brecha sísmica de Nicoya, por ejemplo, este sistema está basado en una red de 12 acelerómetros distribuidos, con una separación no mayor que 40 km, en toda la península de Nicoya (círculos negros en las Fig. 4 y 5) (Protti et. al., 1998).

Los acelerómetros estarían enviando su registro en tiempo real al centro de control en las instalaciones del OVSICORI-UNA en Heredia. Ahí un algoritmo de identificación de eventos procesará la señal de cada estación por separado para determinar si un evento ha ocurrido y estimar su magnitud con base en la tasa de crecimiento del evento. Si la condición de evento fuerte se cumple para más de una estación el sistema dispararía una alarma que sería transmitida por ondas de radio a todo el Valle Central y que podría ser registrada por receptores convencionales. Estos receptores, de tipo radiolocalizador, podrán ser adquiridos por centros educativos, empresas públicas y privadas, medios de comunicación colectiva y cualquier individuo que quiera comprarlo.

El intervalo de tiempo disponible entre el instante en que se dispara la alarma y el momento en que llegan las ondas sísmicas depende del lugar donde se inicie la ruptura y del lugar donde se recibe la alerta. Cuanto más cerca al Valle Central se inicie el sismo, menor será ese intervalo de tiempo. De igual manera, cuanto más cerca a la península se reciba la señal de alarma menor será también ese intervalo.

En las Fig. 4 y 5 se muestran los resultados del modelaje de los intervalos de tiempo entre el momento de detección del sismo por dos estaciones en el campo y la llegada de las ondas sísmicas P y S a la ciudad de San José, respectivamente. Esos intervalos de tiempos están graficados dependiendo de donde se inicie la ruptura de un futuro terremoto en la brecha sísmica de Nicoya. Para saber en realidad de cuanto tiempo se dispone entre el momento de disparo de la alarma y la llegada del terremoto, es necesario sustraer a esos valores el tiempo requerido por el algoritmo de detección en la identificación del evento. Según la experiencia en México, ese

intervalo es del orden de 5 segundos y podría disminuir con el uso de procesadores más veloces y algoritmos más efectivos.

Se solicita aquí financiamiento también para que paralelo a la instalación de este sistema de alerta temprana por parte del OVSICORI-UNA, la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) lleve a cabo un programa de educación a la población sobre acciones a tomar en caso de terremotos. La CNE será también responsable de asesorar a aquellas instituciones que recivan la alarma, en la elaboración de planes de emergencia y simulacros para practicar como actuar en la eventualidad de un sismo fuerte.

La otra componente de esta propuesta para la que se solicita financiamiento es la renovación de la red sismográfica del OVSICORI-UNA. Esta nueva red permitirá la determinación de parámetros sísmicos y reporte de eventos sísmicos, sentidos por la población, de una manera más rápida y eficiente. Con el nuevo equipo y tecnología se facilitará también la catalogación de todos los sismos ocurridos en el país. Esto será fundamental par la evaluación del potencial sísmico de otras regiones del país para las cuales no se cuenta con tanta información como en la zona de subducción.

### **Cobertura geográfica**

Los sensores de movimiento fuerte serían instalados a lo largo de todo el Pacífico de Costa Rica. Aún cuando la alerta se daría a todas las ciudades del Valle Central, los programas de educación, preparación de la población, planes de emergencia y simulacros involucrarían también a los poblados que serían directamente impactados sismos de magnitud importante.

La nueva red sismográfica tendría la misma cobertura que la vigente, con estaciones en todo el país. Esta red tendrá una mayor densidad en el Valle Central y en aquellas regiones donde las evidencias indican que existe un alto potencial sísmico.

### **Beneficiarios**

Toda la población de Costa Rica en general y en particular los residentes del Valle Central y de zonas de alto potencial sísmico.

### **Organizaciones ejecutoras**

Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional (OVSICORI-UNA), Apartado 2346-3000, Heredia, Costa Rica.

Tel. (506) 261-0781

Fax. (506) 261-0303

<http://una.ac.cr/ovsi>

Responsable: Dr. Jorge Marino Protti Q. ([jprotti@una.ac.cr](mailto:jprotti@una.ac.cr))

Comisión Nacional de Emergencias

Gobierno de Costa Rica

Tel. (506) 220-2020

Fax. (506)

Responsables: Ing. Sigurt Kobert e Ing. Edgar Granados

## Tiempo previsto

La instalación del sistema de alerta temprana, los equipos de la nueva red sismográfica y los planes de capacitación a la población comenzaría tan pronto sean aprobados los fondos y se extenderían por dos años consecutivos.

## Costos

	Monto (US\$)
Instalación de 45 acelerógrafos a lo largo del litoral Pacífico de Costa Rica	450,000
Equipo de cómputo, programación, instalación del sistema de alerta	200,000
Equipos de radio, gabinetes protectores, torres y antenas	370,000
Estaciones repetidoras autosuficientes (baterías, celdas solares, gabinetes)	135,000
Programa de educación a la población, elaboración y puesta en marcha de planes de emergencia y simulacros	400,000
Renovación de la red sismográfica del OVSICORI-UNA	<u>490,000</u>
<b>TOTAL</b>	<b>US\$ 2 045,000</b>

## Referencias

- De Mets, C., R.G. Gordon, D.F. Argus and S. Stein, Current plate motions, *Geophys. J. Int.* 101, 425-478, 1990. Dziewonski, A. M., G. Ekström, and M. P. Salganik, Centroid-moment tensor solutions for April-June, 1991, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 71, 6-14, 1991.
- Espinosa Aranda, J.M., A. Jiménez, G. Ibarrola, F. Alcantar, A. Aguilar, M. Inostrosa, S. Maldonado; 1995: México City Seismic Alert System; *Seismol. Res. Lett.* Vol. 66, No. 6, 42-52.
- Fan, G. W., S. L. Beck and T. C. Wallace, The seismic source parameters of the 1991 Costa Rica aftershock sequence: evidence for a transcurrent plate boundary; *Jour. Geophys. Res.*, 98, 15,759-15,778, 1993.
- Fisher, D.M., T.W. Gardner, J.S. Marshall, and W. Montero; 1994; Kinematics Associated With Late Tertiary and Quaternary Deformation in Central Costa Rica: Western Boundary of the Panamá Microplate; *Geology*, V. 22, p. 263-260.
- Goes, S. D. B., A. A. Velasco, S. Schwartz and T. Lay, The April 22, 1991, Valle de la Estrella, Costa Rica (Mw=7.7) earthquake and its tectonic implications: a broadband seismic study, *J. Geophys. Res.*, 98, 8127-8142, 1993.
- Güendel, F., *Seismotectonics of Costa Rica: an analytical view of the southern terminus of the Middle American Trench*, doctoral dissertation, University of California, Santa Cruz, 1986.
- Güendel, F., and J. Pacheco, The 1990-1991 seismic sequence across central Costa Rica: evidence for the existence of a micro-plate boundary connecting the Panama deformed belt and the Middle America trench, *Eos Trans. Am. Geophys. Un.* 73, 399, 1992.
- Jacob, K. H., and J. Pacheco, The M-7.4 Costa Rica earthquake of April 22, 1991: tectonic setting, teleseismic data, and consequences for seismic hazard assessment, *Earthquake Spectra*, 7, Suppl. B, 1991.
- Lee, W.H.K., T.C. Shin, T.L. Teng; 1995; A Prototype Earthquake Warning System in Taiwan: Operation and Results; IUGG, IASPEI XXI General Assembly, Boulder, Co.
- Marshall, J. S., D. M. Fisher and T. W. Gardner, Western margin of the Panama microplate. Costa Rica: kinematics of faulting along a diffuse plate boundary, *Geol. Soc. Am. Abstracts with programs* 25, 6, A-284, 1993.
- Nakamura, Y.; 1985; Earthquake Alarm System of the Japanese National Railways; *Journal of Railway Engineering Research* 42, No. 10, 371-376.

- Nishenko, S. P., Seismic Potential for large and great interplate earthquakes along the Chilean and southern Peruvian margins of South America: a quantitative reappraisal, *Jour. Geophys. Res.*, Vol. 90, No. B5, p. 3589-3615, 1985.
- Ponce, D. A., and J. E. Case, Geophysical interpretation of Costa Rica, in *Mineral resources assessment of the Republic of Costa Rica*, U.S. Geol. Surv. Misc. Invest. Folio, I-1865, 8-17, 1987.
- Protti-Quesada, J. M.; Correlation between the age of the subducting Cocos plate and the geometry of the Wadati- Benioff zone under Nicaragua and Costa Rica; MSc. dissertation, University of California, Santa Cruz, 66 p. 1991.
- Protti-Quesada, J. M., The Most Recent Large Earthquakes in Costa Rica (1990 Mw 7.0 and 1991 Mw 7.6) and Three-dimensional Crustal and Upper Mantle P-wave Velocity Structure of Central Costa Rica, Ph.D. dissertation, University of California, Santa Cruz, 116 p. 1994.
- Protti, M.; and Schwartz, S.; Mechanics of back arc deformation in Costa Rica: Evidence from an aftershock study of the April 22, 1991, Valle de la Estrella, Costa Rica, earthquake (Mw=7.7); *Tectonics*, Vol. 13, No. 5, p. 1093-1107, 1994.
- Protti, M.; Güendel, F.; and McNally, K.; The geometry of the Wadati-Benioff zone under southern Central America and its tectonic significance: results from a high-resolution local seismographic network; *Phys. of the Earth and Planet. Inter.*, 84, p. 271-287, 1994.
- Protti, M.; and 14 other co-authors; The March 25, 1990 (Mw=7.0 Ml=6.8) earthquake at the entrance of the Nicoya Gulf, Costa Rica: its prior activity, foreshocks, aftershocks and triggered seismicity; *Jour. Geophys. Res.*; Vol. 100, No. B10, pp. 20345-20358, 1995.
- Protti, M., V. González, E. Malavassi, E. Hernández, F. Guendel, 1998, Potential for the Installation of a System in Northern Costa Rica for Early Warning to the Capital City of San José, from Large Subduction Earthquakes Under the Nicoya Península; Intern. IDNDR-Conference on Early Warning Systems for the Reduction of Natural Disasters; Potsdam, Germany, p. 75.
- Protti, M., F. Güendel y E. Malavassi; 1999; Lo que Sabemos y lo que Podríamos Esperar de la Brecha Sísmica de Nicoya: manuscrito en preparación.
- Silver, E. A., D. L. Reed, J. E. Tagudin. D. J. Heil, Implications of the north and south Panama thrust belt for the origin of the Panama orocline, *Tectonics*, 9, 261-281, 1990.