



## I. Nombre del Proyecto de Investigación

Adecuaciones para la integración de la red de observación sísmica del CENAPRED (estaciones Ciudad de México) al modelo de estimación de intensidades sísmicas de la UNAM

### Requisitos de elegibilidad técnicos y administrativos

#### a) Elegibilidad técnica.

La red de observación sísmica del CENAPRED está compuesta por un total de 15 estaciones autónomas de registro y un puesto centralizado de recepción y procesamiento de la información ubicado en las instalaciones del CENAPRED. La red, a su vez, está dividida en dos subredes, una a lo largo de la línea Acapulco – México, y otra en la Ciudad de México.

- Red de Atenuación. Esta subred, consta de cinco estaciones acelerográficas uniformemente distribuidas entre Acapulco y Ciudad de México, ubicadas en los siguientes sitios: Acapulco, Chilpancingo, Mezcala, Iguala, Cuernavaca. El propósito fundamental de este sistema es el registro de los temblores en la zona epicentral y el estudio de las características de propagación de las ondas en su trayectoria hacia la Ciudad de México. Para poder registrar en forma óptima el movimiento del terreno, las estaciones se instalaron sobre roca firme.
- Red de la Ciudad de México. La segunda parte del sistema de observación sísmica está formado por una subred de 10 estaciones instaladas en distintos puntos de la Ciudad de México. La distribución de estaciones de esta subred, mostrada en la figura 1. se hizo con base en la zonificación de la Ciudad de acuerdo al tipo de suelo.

Los objetivos principales de este sistema son: el estudio de las características de las ondas sísmicas provenientes de la costa y que inciden en el Valle de México, además de conocer el comportamiento de los distintos suelos bajo excitación sísmica. Por esta razón se instalaron, en la mayoría de las estaciones, no sólo acelerómetros triaxiales en la superficie, sino también sensores triaxiales en pozos a diferentes profundidades. La profundidad de los sensores se escogió con base en estudios de suelo y de los perfiles estratigráficos de cada sitio. Así se localizaron los sensores del pozo menos profundo a la mitad del primer estrato blando de arcilla, y los sensores más profundos se colocaron a la mitad del estrato duro.

En la estación No. 15 se instalaron también instrumentos en un edificio cercano con el objeto de estudiar su respuesta dinámica durante un movimiento fuerte. Asimismo, estos instrumentos permitirán estudiar la interacción suelo-estructura, de gran importancia para la ingeniería sísmica y mecánica de suelos.

Como se menciona anteriormente, cada estación tiene un acelerógrafo digital triaxial de alta resolución con registro local en una tarjeta de memoria. Asimismo, está equipada con sistemas de comunicación (Acapulco y Cuernavaca) para transmitir parámetros fundamentales de los eventos registrados vía línea telefónica hacia el puesto central del CENAPRED. Para el registro preciso del tiempo todas cuentan con sistema GPS. Para garantizar una operación continua de los equipos, las estaciones son alimentadas mediante paneles con celdas solares y baterías en flotación o con el suministro comercial de energía eléctrica (caso de las estaciones de la Ciudad de México). Los equipos de las estaciones están contenidos en una caseta metálica especialmente diseñada para proteger a los sistemas y, a su vez, facilitar su operación y mantenimiento bajo condiciones climáticas adversas. Las casetas miden 2.20 x 1.5 x 2.4 m de altura y están construidas sobre una cimentación especial, también de concreto armado. Para protección contra descargas eléctricas, todos los equipos, al igual que la caseta, están conectados a un sistema de tierra de baja resistencia.

#### **b) Elegibilidad administrativa**

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), como instancia técnica-científica de la Coordinación Nacional de Protección Civil se encuentra plenamente acreditado e identificado ante los órganos decisorios del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) y su Representante Legal cuenta con las atribuciones necesarias a fin de garantizar la adecuada ejecución del mismo.

El objetivo del Proyecto Preventivo de Investigación se apega a lo establecido en la fracción VI del artículo 48 de las ROFOPREDEN, el cual señala que la Subcuenta proporcionará financiamiento para “Investigaciones aplicadas al desarrollo y mejoramiento de tecnologías para la prevención y mitigación de riesgos”.

#### **Monto del financiamiento con cargo a la Subcuenta de Investigación del FOPREDEN**

\$4,000,000.00 (CUATRO MILLONES DE PESOS 00/100 M.N.).



## II. Términos de referencia del Proyecto de Investigación:

### a) Objetivo General del Proyecto de Investigación

Integrar los registros acelerográficos de las estaciones de la Red del CENAPRED (subred Ciudad de México) al sistema de generación de mapas de intensidades sísmicas para la Ciudad de México a cargo del Instituto de Ingeniería.

### Objetivos Específicos del Proyecto de Investigación

1. Diagnóstico del estado de los sensores de aceleración de pozo y planteamiento para su posterior integración a la base datos de registros acelerográficos
2. Llevar a cabo el reforzamiento y modernización de las estaciones acelerográficas de Estanzuela, Zaragoza, U. Kennedy, Roma C y Chapultepec (de la Ciudad de México).
3. Desarrollar, implementar e integrar los registros de aceleración a la Sistema de generación de mapas de intensidades sísmicas.

### b) Descripción detallada del escenario de peligro, vulnerabilidad y/o riesgo que se debe estudiar o resolver, a través de la ejecución del Proyecto de Investigación

La mayor actividad sísmica de México se localiza en los límites del cinturón de fuego del Pacífico y se debe en mayor medida a la interacción de las placas tectónicas del Pacífico, Rivera y Cocos con la de Norteamérica. Por esta razón el porcentaje más grande de sismos son generados a lo largo de la costa del Pacífico. Sin embargo, a lo largo de la historia se han presentado diversos eventos sísmicos que han producido un gran impacto en el país, tanto en la población como en su infraestructura.

La disponibilidad de datos e información que ayude al proceso de toma de decisiones después de un sismo de importante magnitud juega un papel importante para las entidades encargadas de protección civil. Entre otros datos, el conocimiento oportuno de la distribución espacial del movimiento del terreno y las zonas afectadas con grandes intensidades son relevantes para optimizar la ayuda y distribución de recursos a la población afectada.

Habitualmente la información disponible después de un temblor relevante es la magnitud y localización epicentral. Sin embargo, la distribución de los daños ocasionados por dicho fenómeno requiere información adicional y detallada para determinar la severidad del evento en términos de protección civil.

El sismo del 19 de septiembre de 1985 ( $M= 8.1$ ) y los sismos del 7 y 19 de septiembre de 2017 causaron daños severos a lo largo del territorio nacional, incluyendo a la Ciudad de México y estados aledaños. Esta experiencia puso de manifiesto la necesidad de contar con sistemas de protección civil con metodologías y herramientas que permitan evaluar el efecto de eventos sísmicos intensos y decidir rápidamente las acciones a seguir, con el fin de otorgar asistencia adecuada a la población que sea aquejada por dicho fenómeno.

La propuesta que se presenta en este proyecto contempla el mejorar la calidad de información contenida en los mapas de intensidades incluyendo la respuesta del terreno en términos de aceleración a distintos estratos particularmente en la Ciudad de México, que por su condición de suelo, este va sufriendo cambios en su respuesta a través del tiempo.

Es importante mencionar que los mapas de intensidades generados son incluidos dentro de la plataforma del Atlas Nacional de Riesgos, lo cual permite generar análisis espacial de la población e infraestructura con probabilidad de daño.

**c) Características de los entregables que se espera obtener como resultado de la ejecución del proyecto de Investigación.**

1. Documento con el diagnóstico, método y pruebas del estado de los sensores de aceleración colocados en pozos, así como de los sistemas de adquisición y comunicaciones. Este deberá contener el planteamiento de mejora.
2. Adecuaciones a la instrumentación y comunicaciones para la transmisión en tiempo real de los datos generados por los equipos hasta el Puesto Central de Registro en CENAPRED, así como la aplicación de un protocolo de Calibración a los sensores que están en operación.
3. Transferencia de datos de aceleración por medio de la plataforma "EarthWorm" utilizando los módulos de exportación de trazas sísmicas, heligramas y base de datos de eventos específicos. Este método será a través de un sistema dedicado y respaldado de los registros de las estaciones:





- a) Estanzuela
- b) Zaragoza
- c) Roma C
- d) Chapultepec
- e) U. Kennedy

4. Suministro por parte del Instituto de Ingeniería de un informe de las adecuaciones al modelo de generación de mapas de intensidades sísmicas contemplando las cinco estaciones por integrar.

**d) Forma y medio en que deberán ser entregados los resultados del Proyecto de Investigación**

1. Los reportes se entregarán impresos y en formato digital de acuerdo a la calendarización.
2. Los datos estarán a disposición y formarán parte de la Base Mexicana de Sismos fuertes.
3. Los mapas de intensidades se entregarán por los medios electrónicos existentes una vez establecidos los criterios para su envío.

**f) Plazo máximo para el desarrollo del Proyecto de Investigación**

18 meses, a partir de que se notifique la suficiencia presupuestal para la ejecución del proyecto por parte de Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.N.C (BANOBRAS)

**g) Programa de la ejecución del gasto del Proyecto de Investigación**

Se adjunta programa de actividades, plazos y costos.

**h) Calendario de entrega de reportes trimestrales**

A más tardar los 15 días hábiles siguientes de los meses 3, 6, 9, 12, 15 y 18 de ejecución, en función de la fecha de inicio del Proyecto de Investigación.

**i) Criterios considerados para la evaluación del Proyecto de Investigación**

1. Mejoramiento en las predicciones de riesgos asociados a fenómenos geológicos.
2. Impacto estimado a nivel nacional por las autoridades encargadas de la Protección Civil como resultado del uso de estas imágenes y algoritmos.

CWA