

FOPREDEN

FORMATO DE FICHA TÉCNICA

II. INFORMACIÓN GENERAL

a) Nombre del proyecto preventivo

REFORZAMIENTO Y ACTUALIZACION DE LA RED SÍSMICA MEXICANA

b) Fecha de la solicitud

3 DE SEPTIEMBRE DE 2015

c) Datos del solicitante

Coordinación Nacional de Protección Civil

d) Datos del designado

Dr. Carlos Miguel Valdés González,
Director General del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED),
Av. Delfín Madrigal No. 665, Col. Pedregal de Santo Domingo, Del. Coyoacán
Distrito Federal C.P. 04360, Tel. (55) 5424 6100 Ext. 17001, cvaldesg@cenapred.unam.mx.

e) Recursos solicitados

- Fórmula de coparticipación

Aportación FOPREDEN:	100 %	\$ 326,815,000.00
** Trescientos veintiséis millones ochocientos quince mil pesos 00/100 MN		
Coparticipación	%	\$
**		
Otros	%	\$
**		
Costo Integral del Proyecto:	100%	\$ 326,815,000.00
** Trescientos veintiséis millones ochocientos quince mil pesos 00/100 MN		

- Recursos provenientes de otras instancias públicas o privadas: SI () NO (X)
Nombre (s): _____

Aportación financiera	%	\$
*		

* Cantidad con letra.

- Aportación en especie de otras instancias públicas o privadas: SI () NO (X)

Nombre(s): _____

Aportación en especie		Instancia:
%	\$	Descripción:
*		

* Cantidad con letra.

f) Acción(es) Preventiva(s) del proyecto

* ver ANEXO I de las Reglas.

I. Acciones orientadas a la identificación y evaluación de Peligros, Vulnerabilidades o Riesgos (II.1.b, II.1.c, II.1.d, II.1.f, II.1.h, II.1.i , II.1.j)

Se realizarán los estudios e investigaciones referidos en el inciso II.1 (Anexo I) de las Reglas de Operación del FOPREDEN, orientados a las siguientes acciones preventivas: (b) *Estudios o investigaciones orientados a mejorar el conocimiento sobre los Peligros naturales*; (c) *Estudios o investigaciones orientados al diagnóstico, evaluación, modelación y reducción de la vulnerabilidad física y social, y de las capacidades de resiliencia de la población frente a fenómenos naturales perturbadores*; (d) *Estudios o investigaciones orientados al diagnóstico, evaluación y modelación de Riesgos*; (f) *Investigación aplicadas al desarrollo y mejoramiento de tecnologías para la prevención y mitigación*; (h) *Proyectos preventivos para la integración de sistemas de información relacionada con la gestión integral de riesgos*; (i) *Proyectos preventivos para la medición y el monitoreo de fenómenos naturales perturbadores con resultados aplicables a acciones preventivas*; (j) *Sistemas de modelado y generación de escenarios sobre fenómenos naturales perturbadores de origen natural y su impacto*.

Estos puntos se lograrán mediante las siguientes acciones:

1) Instalación y puesta en marcha de 38 nuevos Observatorios Sismológicos Estándar (OSE):

La instalación de estos nuevos OSE mejorarán la cobertura actual del monitoreo de la sismicidad a nivel nacional. Ello permitirá a su vez actualizar nuestro conocimiento sobre el peligro sísmico en México y una mejor evaluación del riesgo por este fenómeno (acciones II.1.b, II.1.d, II.1.i). La información de sismicidad generada será suministrada al Sistema de Información Geoespacial de la Red Sísmica Mexicana (SIG-RSM) y al Atlas Nacional de Riesgo (ANR). Esto se enmarca en las acciones II.1.f, II.1.h y II.1.j.

2) Instalación y puesta en operación de 20 Estaciones Acelerográficas Complementarias (EAC) para el sistema de generación de mapas de intensidad sísmica en tiempo real.

Las 20 EAC a instalar contribuirán en dos objetivos: mejorar la cobertura de detección de sismicidad y en la generación de mapas de intensidades; esto se enmarca en las acciones II.1.b, II.1.c, II.1.d, II.1.f, II.1.h, II.1.i, y II.1.j.

3) Sistema de generación de mapas de parámetros de movimiento del terreno e intensidades macrosísmicas en las ciudades de Acapulco, Oaxaca, Puebla,

Guadalajara y Morelia.

Los mapas que resultarán de la implementación de este sistema contribuirán a las acciones II.1.b, II.1.c, II.1.d, II.1.f, II.1.h y II.1.j.

- 4) Adecuación al software de los diversos sistemas involucrados, desde el sistema de adquisición de datos sísmicos, sistema de generación de mapas de intensidad a nivel nacional, hasta la aplicación web SIG-RSM para adaptarse a los nuevos productos.

Las adecuaciones planteadas están enmarcadas en las acciones II.1.b, II.1.c, II.1.d, II.1.f, II.1.h y II.1.j.

- 5) Adecuación de estaciones sismológicas para que cumplan con especificaciones de un OSE para que puedan contribuir al cálculo de mapas de intensidades.

Las adecuaciones a realizarse estarán encaminadas al mejoramiento de la señal que se recibe, lo cual repercute en los niveles de detección, pudiendo caracterizar mejor la sismicidad nacional. Similar a lo planteado en la acción (1), ésta estaría enmarcada en las acciones II.1.b., II.1.d, II.1.f, II.1.h y II.1.j.

- 6) Establecimiento de un sistema de monitoreo en espejo, que mediante el uso de sistemas de cómputo y de telecomunicaciones redundantes garantice la continuidad de las operaciones del Servicio Sismológico Nacional (SSN) y de la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería (IINGEN) ante la ocurrencia de un evento catastrófico, que pueda afectar la integridad de las instalaciones centrales de ambas organizaciones

Esta acción garantizará las actividades de detección de la sismicidad y la difusión oportuna de su reporte por parte del SSN; así como la generación de mapas de intensidades de sismos de magnitudes mayor o iguales que 5.5. Además de la importancia que conlleva en términos de toma de decisiones ante el fenómeno, la acción contribuirá a no perder información sobre la sismicidad, enmarcándose en las acciones II.1.b, II.1.d, II.1.f, II.1.h, II.1.i y II.1.j.

II. Acciones orientadas a prevenir y reducir Riesgos, mitigar las pérdidas y daños que se puedan derivar del impacto de los Fenómenos Naturales Perturbadores, así como evitar los procesos de Construcción Social de los Riesgos (II.2.b.i, II.2.b.ii II.2.iv)

Se realizarán los estudios e investigaciones referidos en el inciso II.2 (Anexo I) de las Reglas de Operación del FOPREDEN, orientados a las siguientes acciones preventivas:

(b.i) *Desarrollo e implementación de instrumentos y tecnologías para la medición y observación de fenómenos naturales perturbadores;* (b.ii) *Integración de sistemas e infraestructura indispensable para mejorar el monitoreo y alertamiento de fenómenos naturales perturbadores;* y (b.iv) *Equipamiento para la prevención, preparación y respuesta ante emergencias y desastres.*

Estos puntos se lograrán mediante las siguientes acciones:

- 1) Instalación y puesta en marcha de 38 nuevos Observatorios Sismológicos Estándar (OSE):

La instalación de estos nuevos OSE implica la implementación de instrumentos y equipo que permitirá la medición y observación de la sismicidad en el país (II.2.b.i), incorporándose a la red de monitoreo en tiempo real de la sismicidad del país (II.2.b.ii; II.2.b.iv).

2) Instalación y puesta en operación de 20 Estaciones Acelerográficas Complementarias (EAC) para el sistema de generación de mapas de intensidad sísmica en tiempo real. La instalación de las 20 EAC contribuirá en la medición y observación del país (II.2.b.i), incorporándose a la red de monitoreo en tiempo real de la sismicidad del país (II.2.b.ii; II.2.b.iv).

3) Adecuación de estaciones sismológicas para que cumplan con especificaciones de un OSE para que puedan contribuir al cálculo de mapas de intensidades. Las estaciones a actualizar formarán parte de la red de monitoreo en tiempo real de la sismicidad del país (II.2.b.ii; II.2.b.iv).

4) Establecimiento de un sistema de monitoreo en espejo, que mediante el uso de sistemas de cómputo y de telecomunicaciones redundantes garantice la continuidad de las operaciones del Servicio Sismológico Nacional (SSN) y de la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería (IINGEN) ante la ocurrencia de un evento catastrófico, que pueda afectar la integridad de las instalaciones centrales de ambas organizaciones. Los sistemas e infraestructura que se implementarán garantizarán las actividades de detección de la sismicidad y la difusión oportuna de su reporte por parte del SSN; así como la generación de mapas de intensidades de sismos de magnitudes mayores o iguales que 5.5. Esto, además de la importancia que conlleva en términos de toma de decisiones ante el fenómeno, contribuirá a generar información sobre la sismicidad, enmarcándose en las acciones II.2.b.ii y II.2.b.iv.

III. Acciones para fortalecer las capacidades preventivas y de autoprotección de la población ante situaciones de Riesgo: ()

NO APLICA

g) Tipo de Proyecto según la (s) Acción (es) Preventiva (s)

Estudios / Investigaciones () Obras () Inversión ()
Obras e Inversión () Estudio e Inversión (X) Otro:

h) Fenómeno Natural Perturbador a Prevenir:

Fenómeno Geológico (X) Fenómeno Hidrometeorológico () Otros Fenómenos ()

Especificar: Sismo Especificar: _____ Especificar: _____

i) Institución (es) ejecutora (s) y responsable del Proyecto Preventivo, incluyendo experiencias previas

Dr. Carlos Miguel Valdés González,

Director General del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED),

Av. Delfín Madrigal No. 665, Col. Pedregal de Santo Domingo, Del. Coyoacán

Distrito Federal C.P. 04360, Tel. (55) 5424 6100 Ext. 17001, cvaldesg@cenapred.unam.mx.

El CENAPRED cuenta con experiencia en la realización de proyectos preventivos de gran trascendencia como la Integración de Atlas Estatales de Riesgo al Atlas Nacional de Riesgos mediante el Sistema de Análisis y Visualización de Escenarios de Riesgo, la automatización para la elaboración de mapas de alertamiento para un Sistema de Alerta Temprana por Frentes Fríos y Nortes (SIAT – FFyN), la red de monitoreo Volcánico que actualmente cuenta con once estaciones de monitoreo en el Volcán Popocatepetl, por mencionar algunas, los Sistemas de Monitoreo Hidrometeorológico; y la coordinación de acciones con otras dependencias para la integración de la Red Sísmica Mexicana, entre otros.

El CENAPRED en conjunto con la UNAM, a través de los institutos de Geofísica e Ingeniería han trabajado en proyectos previos relacionados con el desarrollo de la Red Sísmica Mexicana (RSM), en sus fases I y 2, mismos que fueron concluidos de manera exitosa. Los fondos para el desarrollo de ambos proyectos estuvieron sustentados en los correspondientes convenios de colaboración celebrados entre ambas instituciones, que derivaron en recursos que fueron asignados a la UNAM por el Gobierno Federal mediante el establecimiento de dos Fideicomisos. La propuesta para el proyecto actual de la RSM considera nuevos elementos de desarrollo, que se derivan como una consecuencia natural para potenciar los alcances y beneficios obtenidos de las fases previas.

** Nombre, domicilio, teléfonos, correos electrónicos.*

j) Instituciones, dependencias y personal participante

El Centro Nacional de Prevención de Desastres se encargará de la dirección y supervisión general de Proyecto.

Es importante resaltar que el CENAPRED de acuerdo con el reglamento interior de la Secretaría de Gobernación, tiene entre otras, las siguientes atribuciones:

Artículo 109.- El Centro Nacional de Prevención de Desastres tiene las siguientes atribuciones:

I. Investigar los peligros, riesgos y daños producidos por agentes perturbadores que puedan dar lugar a desastres, integrando y ampliando los conocimientos de tales acontecimientos, en coordinación con las dependencias y entidades responsables;

II. Integrar el Atlas Nacional de Riesgos y promover la instrumentación de un Subsistema de información sobre riesgos, peligros y vulnerabilidad, así como supervisar y, en su caso, asesorar a las Entidades Federativas para la integración de sus atlas de riesgos;

IX. Coordinar, promover y, en su caso, instrumentar redes de monitoreo y sistemas de alerta de fenómenos naturales en cooperación con las dependencias y entidades federativas responsables; De acuerdo con la Ley General de Protección civil, el CENAPRED tiene las siguientes atribuciones:

Artículo 23. El Centro Nacional es la institución técnica-científica de la Coordinación Nacional de Protección Civil encargada de crear, gestionar y promover políticas públicas en materia de prevención de desastres y reducción de riesgos a través de la investigación, el monitoreo, la capacitación y la difusión. Tiene entre sus atribuciones, el apoyo técnico al Sistema Nacional, así como la integración del Atlas Nacional de Riesgos, la conducción de la Escuela Nacional de Protección Civil, la coordinación del monitoreo y alertamiento de fenómenos perturbadores y promover el fortalecimiento de la resiliencia de la sociedad en su conjunto.

La información generada por las estaciones involucradas en la Red Sísmica Mexicana será compartida en tiempo real con las instituciones responsables de la ejecución del proyecto:

Universidad Nacional Autónoma de México:

- Instituto de Geofísica (IGEF): Servicio Sismológico Nacional (SSN):

- Dra. Xyoli Pérez Campos. Responsable técnica del proyecto.
- Investigadores y personal técnico académico.

- Instituto de Ingeniería (IINGEN):

- Dr. Leonardo Ramírez Guzmán. Co-Responsable técnico del proyecto.
- Investigadores y personal técnico académico

Así como con instituciones participantes:

- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
- Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada
- Universidad Autónoma de Guadalajara
- Universidad Autónoma de Nuevo León
- Universidad de Colima
- Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
- Universidad Popular Autónoma de Puebla
- Universidad Veracruzana

Se anexa carta compromiso y CV de los responsables.

**Enlistarlas en el espacio, adjuntando las cartas compromiso y/o convenios en donde se establezca el nivel y grado de participación o colaboración de las diversas entidades e instituciones que intervienen en el proyecto, así como la currícula que acredite lo anterior.*

k) Resumen ejecutivo del Proyecto Preventivo

Actualmente, la zonificación sísmica del país muestra de manera generalizada cuatro regiones que van desde alta sismicidad hasta zonas asísmicas. El noreste del país y la península de Yucatán se clasifican como zonas asísmicas. Sin embargo, con la instalación de OSE por parte del SSN en el norte del país, a partir de 2010, se ha podido detectar sismicidad presente en esta región. De igual

manera, se cuenta con información limitada de aceleraciones presentadas en otras ciudades del país, siendo crítica esta información para ciudades que se encuentran en zonas evidentemente sísmicas y que hoy en día presentan una actividad económica importante y una alta densidad poblacional. Considerando estos puntos se ve la necesidad de mejorar la cobertura de la Red Sísmica Mexicana, de tal manera que se pueda caracterizar de manera homogénea la sismicidad en todo el país. Esto debe verse acompañado de información de aceleraciones registradas que permitan mejorar leyes de atenuación a nivel nacional y el detalle en el comportamiento ante sismos de ciudades importantes. Ambas caracterizaciones darán lugar a una nueva zonificación sísmica del país.

Además de esto, se han identificado vulnerabilidades importantes en la Estación Central (EC) del SSN y en el Puesto Central de Registro (PCR) del IINGEN. En el primero se reciben los datos de todas las estaciones que forman parte de la Red Sísmica Mexicana, se genera en tiempo real la detección de la sismicidad y se emiten de manera oportuna sus parámetros de localización y magnitud, permitiendo la generación de mapas de intensidades de movimiento del terreno en el segundo y suministrando ambos productos al Sistema de Información Geoespacial de la Red Sísmica Mexicana. Esta herramienta, además de facilitar la consulta rápida y eficiente de infraestructura y población expuesta a niveles severos de intensidad después de un sismo, nos permite generar escenarios históricos e hipotéticos del comportamiento del movimiento del terreno para identificar niveles de peligro sísmico a nivel regional y urbano con fines preventivos. Asimismo, los parámetros de localización y magnitud del sismo detectado son enviados al Centro de Alertamiento de Tsunami para su evaluación y determinación del escenario de generación y propagación de tsunami, emitiendo la alerta correspondiente. También, es en la EC y en el PCR donde se almacenan y distribuyen los datos adquiridos. Éstos permiten re-evaluaciones del peligro y del riesgo sísmico. Las vulnerabilidades observadas han puesto en evidencia la necesidad de contar con sistemas paralelos y en sedes alternas que permitan la continuidad de las operaciones de ambos sitios en caso de contingencia, permitiendo la respuesta oportuna de las autoridades.

De esta manera, el proyecto se sustenta en el desarrollo de tres ejes de acción:

- a.- Reforzamiento de la red de monitoreo sísmico en el país, tanto actualizando estaciones existentes, como con la instalación de nuevos OSE y EAC. Esto permitirá aumentar las capacidades de detección automática del SSN para eventos con umbrales de magnitud mayores de 3.8.
- b.- Actualización y mejoras a la plataforma de generación de mapas de intensidad, tanto los actuales como específicos para algunas ciudades del país, que permitan contar con información detallada de las diferentes intensidades a las que puedan estar sometidas, tanto la población en general, como la infraestructura en función de los diferentes tipos de suelo que pueden existir en ciudades con una gran extensión.
- c.- Reforzamiento de los Puestos Centrales de Registro y la creación de sistemas espejo que repliquen, en al menos dos sedes alternas, los sistemas existentes en el SSN y aquéllos pertenecientes a la Red Acelerográfica del IINGEN. Lo anterior con la finalidad de garantizar la continuidad de sus operaciones.

Con las acciones anteriores, la meta del proyecto es reducir la incertidumbre evaluada en términos cuantitativos de las características de la fuente y de los mapas de intensidad a nivel nacional y en cinco ciudades del país.

Se tendrán tres productos principales como resultado de las acciones propuestas: 1) Series de tiempo de velocidad y aceleración; 2) catálogo de sismicidad con una magnitud de completitud de 3.8 y 3) mapas de intensidades nacionales y para cinco ciudades (Guadalajara, Morelia, Acapulco, Oaxaca y Puebla) del país. El impacto de estos productos en la reducción del riesgo se resumen en:

1) Series de tiempo de velocidad y aceleración:

Estos datos serán generados en tiempo real, permitiendo el monitoreo continuo de la sismicidad de magnitud mayor de 3.8 en todo el país. Este monitoreo no sólo es importante para la ocurrencia de sismos en zonas donde tradicionalmente se presenta sismicidad de tamaño importante, sino también se podrá contar con un monitoreo continuo de sismos con magnitudes mayores de 3.8 en regiones donde se tiene infraestructura estratégica en el país, como lo son presas, refinerías, etc. La identificación oportuna de esta sismicidad le permite a los tomadores de decisiones dirigir esfuerzos que pueden ir desde la implementación de acciones preventivas hasta una evaluación rápida de las condiciones de la infraestructura expuesta.

Además, estos datos serán retransmitidos en tiempo real a las instituciones participantes; así éstas podrán realizar análisis complementarios de la sismicidad de su región al añadir información de estaciones locales que permitan la identificación de sismicidad de magnitudes menores. Este resultado contribuirá a la identificación de fallas menores con potencial sismogénico, traducándose en información que puede ser suministrada al ANR para la evaluación del riesgo.

El uso de estos datos será abierto, poniéndose a disposición mediante una interfaz en internet a los usuarios. Esto permitirá a académicos en la materia realizar estudios de punta para poder determinar el peligro sísmico y su riesgo asociado, llevando a identificar acciones que conlleven su mitigación. Por ejemplo, se podrán generar leyes de atenuación para otras regiones del país y con ello generar escenarios del movimiento del terreno más apegados a la realidad; o bien, se podrá identificar la ocurrencia de sismicidad anómala de magnitud mayor de 3.8 en zonas donde se realizan actividades humanas que potencialmente pueden inducir sismicidad; p.e., extracción o inyección de fluidos.

2) Catálogo de sismicidad con una magnitud de completitud de 3.8:

Al contar con un mayor número de estaciones en el país, se tendrá un mayor número de sismos detectados anualmente. Esto permitirá la identificación de fallas aún no identificadas deo zonas de sismicidad, lo cual se puede traducir en políticas de ordenamiento territorial, pues toda la información generada alimentará al ANR. Con la sismicidad identificada y los registros de aceleración se podrá actualizar el mapa de zonificación sísmica del país, el cual actualmente no refleja lo que hoy en día se conoce acerca de la sismicidad del norte de México. Además, se podrá establecer la sismicidad base, de magnitud mayor de 3.8, y con ella identificar la ocurrencia de sismicidad de magnitudes mayores de 3.8 potencialmente inducida por alguna actividad humana.

3) Mapas de intensidades nacionales y para cinco ciudades del país:

Estos mapas permitirán en el momento una rápida identificación de zonas que potencialmente

hayan sufrido algún daño, contribuyendo a una toma de decisión reactiva oportuna e informada por parte de las autoridades. En términos de prevención, contribuirán a la generación de escenarios y a identificar el riesgo en zonas vulnerables, lo cual apuntará a acciones que puedan contribuir a una mitigación del mismo.

Estos datos también contribuirán al estudio y determinación de espectros de respuesta y de diseño, los cuales son base de los reglamentos de construcción ante la amenaza sísmica; de esta manera será posible establecer estos reglamentos, basados en estimaciones robustas, en zonas y ciudades del país donde aún no se cuenta con ellos.

Además, permitirán diferenciar entre zonas donde se pueden presentar fuertes intensidades y potenciales a daños de aquéllas donde no se esperen intensidades elevadas, conllevando un análisis de la pertinencia de seguros catastróficos y evaluación de las primas de seguros existentes.

En otro contexto, en caso de que hubiera una interrupción en la Estación Central, el monitoreo no se vería interrumpido. Recordemos que en cualquier segundo se puede presentar un sismo, por lo que la interrupción de tan solo un minuto podría implicar la incapacidad de detección del sismo y por tanto de la generación oportuna de la información. Así, la infraestructura planteada para los centros alternos de monitoreo (espejos) permitirán la continuidad de gobierno a través de la continuidad de la operación del SSN.

La inversión planteada en este proyecto, cuya duración es de 30 meses, es de \$326,815,000.00. En contexto, el sismo de 1985, cuya ruptura duró 60 segundos, generó pérdidas por 62,996 millones de pesos. Sin olvidar que oficialmente se reportaron 6,000 decesos, pudiendo ser mucho mayor este número. Si bien la infraestructura y las acciones propuestas no evitarán la ocurrencia de un sismo, si proporcionarán herramientas e información imprescindible para la generación de políticas públicas y acciones que van desde gubernamentales hasta individuales, en dirección a la mitigación del riesgo que presenta el fenómeno sísmico.

** Descripción breve del proyecto*

I) Plazo de ejecución del Proyecto Preventivo

30 meses a partir de la autorización

III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PREVENTIVO

a) Objetivos y metas

- Contar con una red de Observatorios Sismológicos Estándar (OSE) y estaciones sismológicas y acelerográficas complementarias que aseguren una cobertura tal que se puedan registrar sismos de magnitudes de al menos 3.8 a nivel nacional, de manera homogénea, y la generación de mapas de intensidad del movimiento sísmico a nivel nacional. La meta es instalar 38 nuevos OSE y 20 nuevas EAC; así como adecuar algunas existentes, en un plazo de 30 meses.
- Garantizar la operación continua del Servicio Sismológico Nacional (SSN) y la Red

Acelerográfica a cargo del Instituto de Ingeniería (IINGEN) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), para la emisión oportuna de los reportes de sismicidad a nivel nacional, y la generación de mapas de intensidades, aún bajo condiciones altamente desfavorables, que puedan presentarse en el entorno con independencia de su origen. La meta será lograr un nivel de disponibilidad anual de los centros de monitoreo del 99%.

- Dar continuidad a la modificación y mejoramiento de las herramientas computacionales existentes utilizadas para la determinación de los parámetros hipocentrales y el cálculo de los mapas de intensidades sísmicas, tanto a nivel nacional como regional. La meta será tener implementadas las mejoras a la infraestructura de la RSM para la generación y envío de la información.
- Incluir estimaciones de intensidad macrosísmica detalladas para las ciudades de Acapulco, Oaxaca, Puebla, Guadalajara y Morelia. La meta será tener operando al 100% los sistemas de generación de mapas de las ciudades mencionadas.

**Objetivo: Enunciado breve que precisa con claridad el resultado preventivo que se pretende alcanzar con el Proyecto y las acciones por realizar para conseguirlo.*

**Meta: Medida del logro de los objetivos, debe ser un enunciado que exprese en términos cuantitativos los alcances proyectados en las acciones a realizar en un tiempo determinado.*

b) Descripción del Riesgo para el cual se prevé la Acción Preventiva y mapa georeferenciado en el que se identifique(n) la(s) zona(s) de Riesgo

México es un país altamente sísmico. Durante el 2014, el Servicio Sismológico Nacional reportó la ocurrencia de 7,588 sismos, de los cuales 1,005 tuvieron magnitudes de al menos 4.0 (Figura III.1). Es decir, fueron percibidos por la población. Siete tuvieron magnitudes por arriba de 6, El mayor registrado tuvo una magnitud de 7.2. De igual manera, el Instituto de Ingeniería generó 12 mapas de intensidad para los 9 sismos de magnitudes mayores de 5.5. De ellos destaca el sismo del 18 de abril (M7.2) cuyas aceleraciones máximas presentadas en la zona alcanzaron los 407 gales (Figura III.2). Aunque se presentaron daños menores en la infraestructura carretera y reportes de bardas caídas principalmente, no hay que olvidar que en las últimas décadas se han presentado diversos sismos que han causado daños a la infraestructura pública y el país se encuentra cada vez más poblado y su infraestructura más expuesta, por lo que de no llevarse a cabo medidas para una efectiva gestión del riesgo sísmico, se estima que las pérdidas por sismo aumentarán en el futuro.

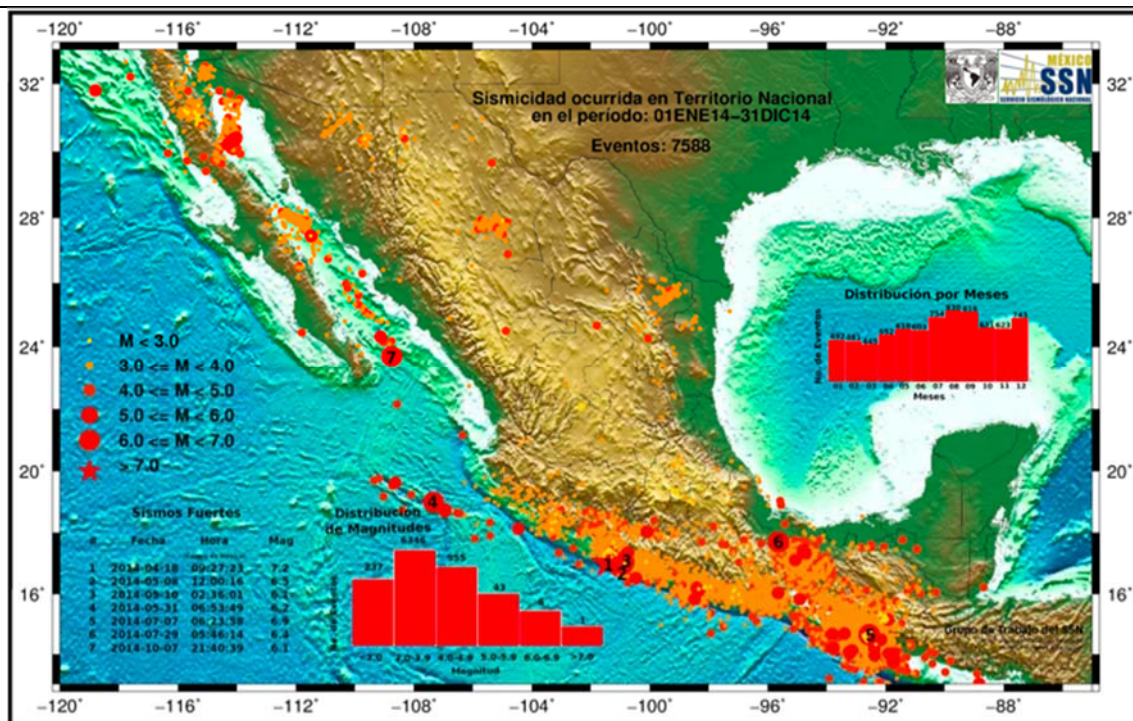


Figura III.1. Mapa de sismicidad reportada en el 2014 por el Servicio Sismológico Nacional.



Figura III.2 Mapa de intensidad generado por el Instituto de Ingeniería para el sismo del 18 de abril de 2014 (M7.2). La estrella indica la posición del epicentro.

Actualmente el SSN recibe datos de 165 estaciones distribuidas en el país (Figura III.3), de las cuales 110 son operadas por el SSN y el resto por otras instituciones. Esta distribución le ha

permitido al SSN contar con una cobertura nacional descrita en la Figura III.4. En ella se observa que todavía existen regiones del país en las cuales no es posible detectar sismos de magnitudes menores de 4.3. Es decir, pueden llegar a ocurrir sismos que sean sentidos por alguna población cercana al epicentro y que no puedan ser detectados por el SSN. Más allá de la percepción de la gente, el área que no cubre la red corresponde a zonas que han sido caracterizadas como de sismicidad baja o nula, lo cual ha conllevado a la ausencia de códigos de construcción que tomen en cuenta el peligro sísmico por no tener una clara caracterización del fenómeno en la zona.

Es entonces imperativo mejorar la cobertura de las redes de registro sismológico y acelerográfico en tiempo real pertenecientes a las instituciones involucrada; esto por medio del incremento del número de estaciones instaladas a lo largo del país, la introducción de sistemas de telecomunicaciones en aquellas estaciones ya existentes que por su ubicación o calidad de sus registros sean estratégicas para el estudio del fenómeno sísmico, y la actualización del equipamiento existente en aquellas estaciones donde la electrónica esté cercana al término de su vida útil.

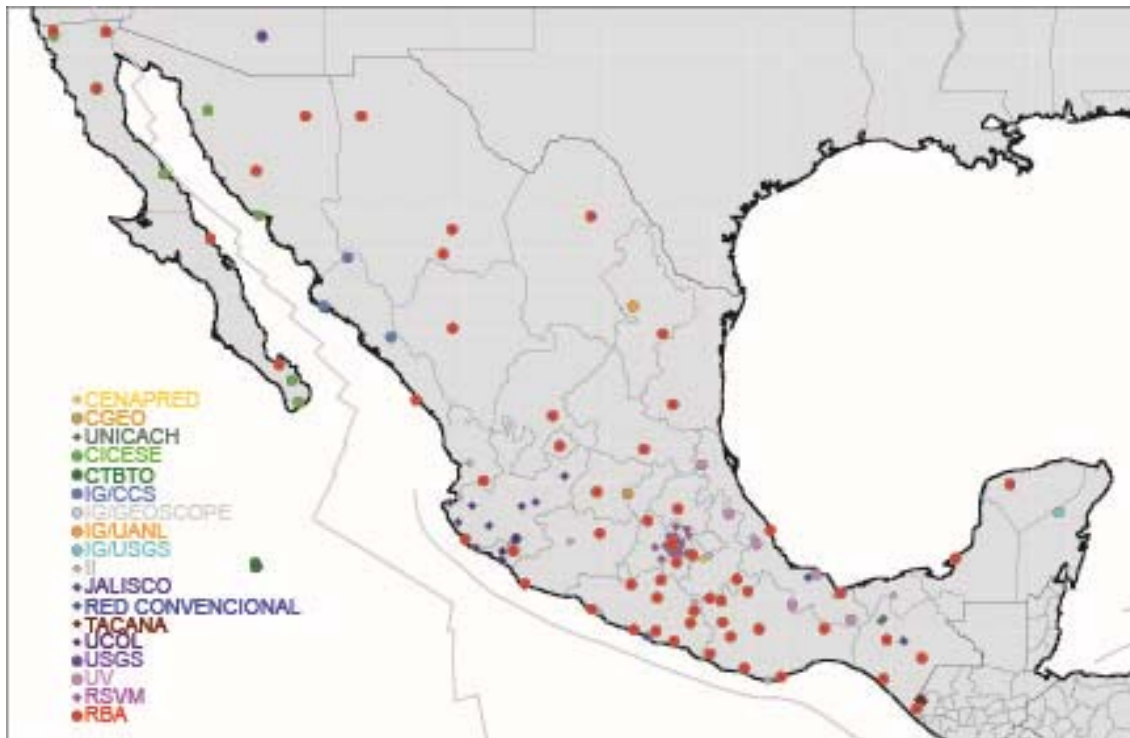


Figura III.3. Estaciones que actualmente contribuyen con sus datos para la localización de la sismicidad reportada por el SSN. Los círculos grandes indican que se trata de OSE. Los pequeños corresponden a otro tipo de instalación e instrumentos.

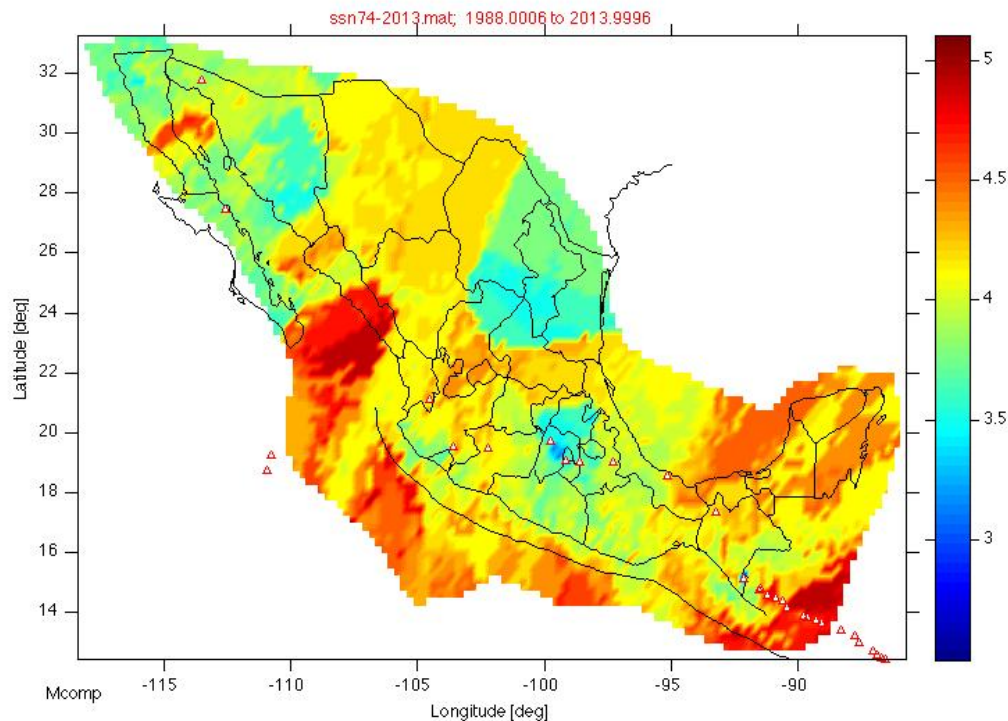


Figura III.4. Magnitud de completitud (Mcomp) tomando 100 sismos alrededor de cada nodo de una malla cada 0.25° . Las regiones de color verde a rojo indican que Mcomp es mayor de 3.8.

Lo anterior, se ve complementado con las mejoras que se plantean en esta propuesta dentro del rubro de desarrollo del software que permitirá la estimación de mapas de intensidades mejorados. Estos mapas proveerán información a la Secretaría de Gobernación, empleando la infraestructura desarrollada en la segunda fase del proyecto RSM, para ser utilizada en la planeación, prevención, mitigación, en caso de sismos a nivel regional y de zonas urbanas.

El mapa de intensidades integrado al Sistema de Información Geoespacial permite tener un panorama de las regiones expuestas al movimiento del terreno (Figura III.5a) y contar con un reporte preliminar de la población, vivienda e infraestructura expuesta por nivel de intensidad (Figura III.5b).

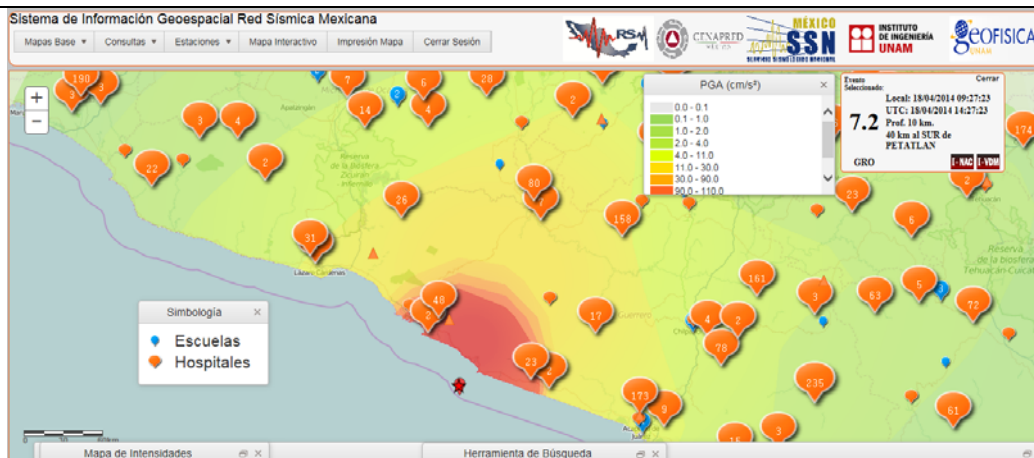


Figura III.5a. Mapa de intensidades. Ejemplo del sismo del 18 de abril de 2014 (M7.2). Los números englobados indican la infraestructura expuesta.



REPORTE DE POBLACIÓN, VIVIENDA E INFRAESTRUCTURA
EXPUESTA POR NIVEL DE INTENSIDAD
ACTUALIZACIÓN: 19-03-2015 11:21:34
Nacional

DATOS de EVENTO
40 km al SUR de PETATLAN
18-04-2014 14:27:23 UTC (18-04-2014 09:27:23 LOCAL)
Latitud: 17.18 Longitud: -101.19 Profundidad(km):10
MAGNITUD:7.2



Estimaciones de población, vivienda e infraestructura expuestas por nivel de intensidad*

Intensidad Macro PGA (cm/s²)	0.0	130.1-150.0	110.1-130.0	90.1-110.0	30.1-90.0	11.1-30.0	4.1-11.0	2.1-4.0	1.1-2.0	0.1-1.0	TOTAL
(miles-%)	-	229.91-0.50%			18,294.95-39.77%			27,474.45-59.73%			45,999.31
	-	81.17-0.56%			5,765.45-40.02%			8,559.76-59.42%			14,406.38
	-	0.07-0.93%			3.53-50.48%			3.40-48.59%			6.99
	-	0.86-0.81%			46.30-43.69%			58.81-55.50%			105.97

Estimación de poblaciones expuestas a mayor nivel de intensidad**

Localidad	Estado	Población	Sensifero
Barrio Nuevo	Guerrero	1,726.00	
Colonia Aeropuerto	Guerrero	1,618.00	
El Coacoyal	Guerrero	6,850.00	
El Sutil	Guerrero	6,963.00	
Estapa Zimutanejo	Guerrero	6,993.00	
Nuxco	Guerrero	1,993.00	
Palos Blancos	Guerrero	1,644.00	

Figura III.5b. Consulta de la población e infraestructura expuesta en la SIG-RSM. Ejemplo del sismo del 18 de abril de 2014 (M7.2).

Es importante señalar que los boletines de la sismicidad existente en el país reportada diariamente por el SSN, así como los mapas de intensidades producidos por la Red Acelerográfica del IINGEN para sismos mayores de 5.5, alimentan de manera transparente al Atlas Nacional de Riesgos (ANR) (Figura III.6), por lo que el reforzamiento de la red de monitoreo y la creación de los sistemas espejo en una sede alterna, asegurarán la disponibilidad en todo momento de esa información en el ANR.

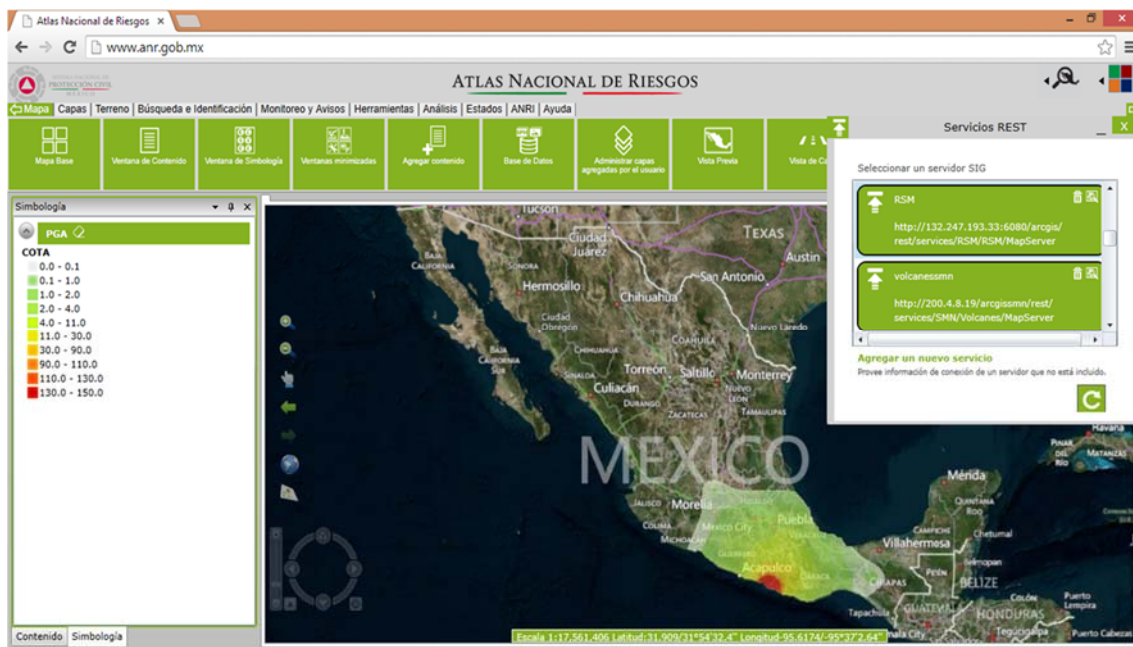


Figura III.6. Integración de información epicentral y mapas de intensidad al Atlas Nacional de Riesgo.

Actualmente, el SSN opera las 24 horas del día, los 7 días de la semana (24/7), no presentando interrupciones programadas en su operación. De manera continua se reciben los datos de las estaciones sismológicas distribuidas en el país y éstas son adquiridas por los sistemas en la Estación Central, analizadas de manera automática por los servidores existentes y de manera manual por los analistas. Además, los datos son guardados para su posterior uso, tanto por parte del SSN para afinar los parámetros básicos de la sismicidad, como por investigadores nacionales e internacionales.

Sin embargo, el SSN presenta diversos puntos vulnerables:

- El 50% de los datos recibidos por el SSN, de sus estaciones sismológicas, se reciben vía satélite. Esta transmisión se ha hecho por una sola vía, por lo que en caso de falla general de este medio, se perderían los datos de estas estaciones, y con ello, se vería reducida la capacidad de detección del SSN.
- En caso de una contingencia mayor; por ejemplo, cierre del campus universitario, incendio, falla eléctrica, falla de internet, etc., no se contaría con la capacidad de continuar operando.

Estas vulnerabilidades evidentes son también compartidas por el IINGEN y llevan a plantear la inminente necesidad de contar con un sistema redundante que permita que ambos centros no dejen de ser funcionales ni por un instante.

** Con base en el análisis del peligro y la vulnerabilidad, describir el riesgo, mencionando su vinculación con el Atlas de Riesgos e incorporar el mapa georeferenciado en el que se identifiquen la zona o zonas de riesgo.*

c) Descripción del Fenómeno Natural Perturbador para el cual se prevé la Acción Preventiva

La República Mexicana se encuentra en el marco de la interacción de cinco placas tectónicas: Pacífico, Norte América, Rivera, Cocos y Caribe. Esto lo hace un país con un alto índice de sismicidad. Si bien, el mayor número de sismos que se registran en el país tienen lugar en el contacto de estas placas en el Golfo de California y en la costa del Pacífico, su interacción, esfuerzos corticales y otros fenómenos, también producen sismicidad importante en el interior y resto del país.

Dentro de los sismos más importantes de subducción se pueden listar el de 1932 (M8.2) en las costas de Jalisco-Colima y el de 1985 (M8.1) en Michoacán. En 2010 se tuvo el sismo de El Mayor-Cucapah (M7.0) en la región de Mexicali, siendo un sismo representativo de la interacción de la placa del Pacífico con la de Norte América. Dentro de los sismos importantes intraplaca se puede listar el de Tehuacán, Puebla en 1999 (M7.0). Estos sismos ocurren a profundidades mayores de 50 km, dentro de la placa subducida, pero por su ubicación, su epicentro se localiza en el interior del país. Ejemplos importantes de sismos corticales, cuyo foco se ha localizado en la placa de Norte América se tienen el de Acambay, Edo. de México, en 1912 (M6.9), el de Xalapa de 1920 (M6.4) y el de Orizaba de 1973 (M6.3). Todos estos sismos han provocado daños considerables y pérdidas económicas importantes. El último sismo, a pesar de haber tenido un tamaño menor a los otros listados, es el sismo que más víctimas ha ocasionado después del de 1985. La Figura III.7 muestra la sismicidad de magnitud mayor de 6 desde 1900 a la fecha. En total se contabilizan 209 sismos.

Además de los sismos de tamaño moderado a grande como los mencionados en el párrafo anterior, en diversas regiones del país se han llegado a presentar enjambres sísmicos relevantes. Ha sido el caso en años recientes en los estados de Chihuahua y Nuevo León, cuando ya se han tenido estaciones sismológicas que han permitido su detección (Figura III.8). Esta sismicidad, si bien es de magnitudes pequeñas, por la cantidad de sismos y su ubicación cercana a poblaciones genera miedo generalizado en ésta. Más allá de este efecto, su exposición a infraestructura de gran relevancia, como lo son presas, representan un riesgo que no se puede ignorar.

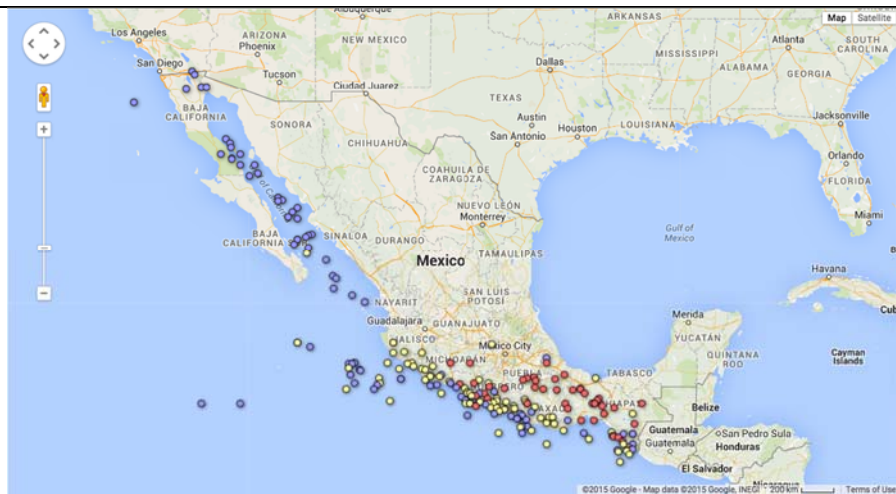


Figura III.7. Sismicidad de 1900 a la fecha de magnitud mayor o igual que 6.0. En total se han registrado 209 sismos. Los símbolos azules corresponden a sismos con profundidades menores de 20 km, los amarillos, con profundidades entre 20 y 50 km, y los rojos, con profundidades mayores de 50 km.

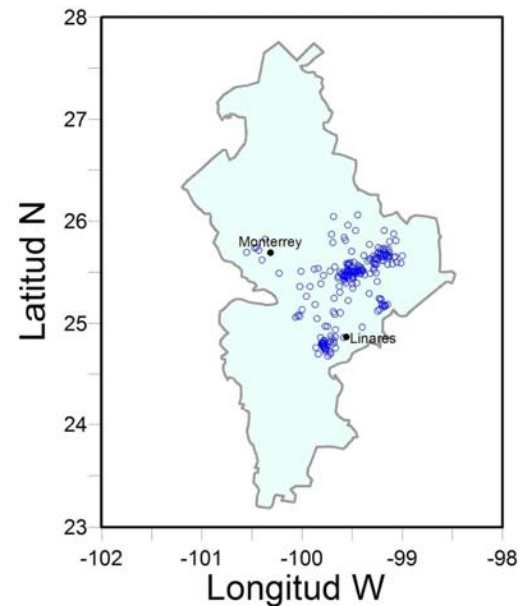
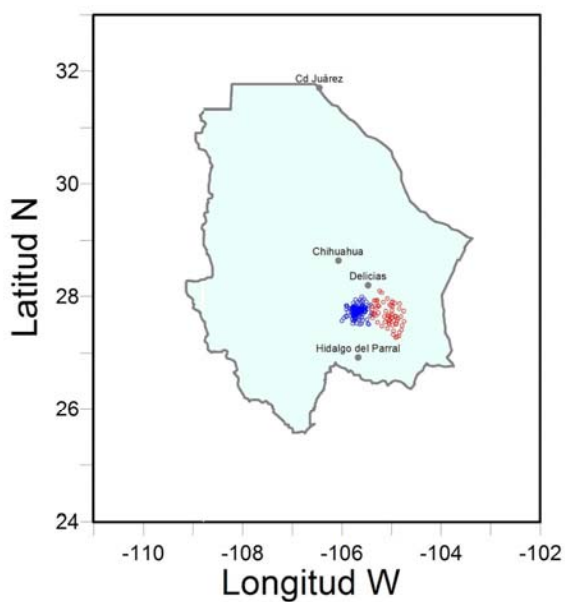


Figura III.8. Izquierda: Enjambre de Chihuahua de agosto de 2013. En el lapso de 14 meses se contabilizaron 61 sismos con un rango de magnitudes de 3.1 a 5.4. Derecha: Sismicidad y enjambres en el estado de Nuevo León. Entre 2012 y 2013 se contabilizaron 163 sismos con un rango de magnitudes de 2.9 a 4.5.

Las actividades humanas pueden también inducir sismos. En general estos suelen ser de magnitudes pequeñas, mas no se puede descartar la generación de un sismo de magnitud moderada cuyo impacto puede ser relevante, sobre todo en regiones donde se tiene infraestructura estratégica o se carece de cultura sísmica. Para poder identificar y discriminar sismos inducidos de aquéllos de origen tectónico es necesario conocer la sismicidad base (sismos de magnitudes mayores de 2.5) en todo el territorio nacional.

** Deberá incluir la descripción técnica del fenómeno (antecedentes, intensidad, análisis probabilístico, periodos de retorno, impacto anterior, indicando específicamente su vinculación con el Atlas de Riesgos y su prioridad asignada)*

d) Descripción de la Vulnerabilidad de la población e infraestructura expuesta

Hoy en día se cuenta con un número limitado (35) de estaciones acelerográficas que son empleadas en la generación de mapas de intensidades a nivel nacional y sólo se cuenta con información urbana adecuada para la generación de estos mapas para la Ciudad de México.

Los mapas de parámetros de movimiento del terreno e intensidades macrosísmicas que se generen para las ciudades de Acapulco, Oaxaca, Puebla, Guadalajara y Morelia, permitirán mostrar de manera oportuna la distribución de la intensidad macrosísmica después de un evento sísmico significativo. Con la realización de estudios en cada ciudad, se integrarán los efectos de amplificación local o de sitio para cada una.

Los criterios que se han usado para considerar estas ciudades están basados en su población e importancia económica. Las cinco ciudades consideradas engloban a un total de 6,890,383 habitantes incluyendo las zonas conurbadas, es decir el 6% de la población nacional según cifras de INEGI. En la Figura III.9 se muestra su ubicación dentro de la regionalización sísmica del país.



Figura III.9. Mapa que representa la regionalización sísmica de México. Los triángulos muestran la localización de las estaciones acelerográficas existentes (rojo) y propuestas (verde).

Aunque algunas de las cinco ciudades consideradas están situadas en la zona B, de sismicidad moderada, resulta más evidente la importancia de realizar los mapas de intensidades macrosísmicas si observamos la historia de las mismas. En la Figura III.10 se muestra el mapa global de intensidades de Mercalli. En él aparece la distribución de las intensidades máximas que se han experimentado en el territorio nacional y que han sido documentadas. Se puede observar que en todas las ciudades elegidas se han experimentado intensidades de Mercalli de al menos VIII. Esta intensidad VIII implica daños considerables en edificios bien contruidos, llegando incluso al colapso parcial. Cuatro de estas cinco ciudades son las capitales de los estados que generan alrededor de 15% del PIB nacional.

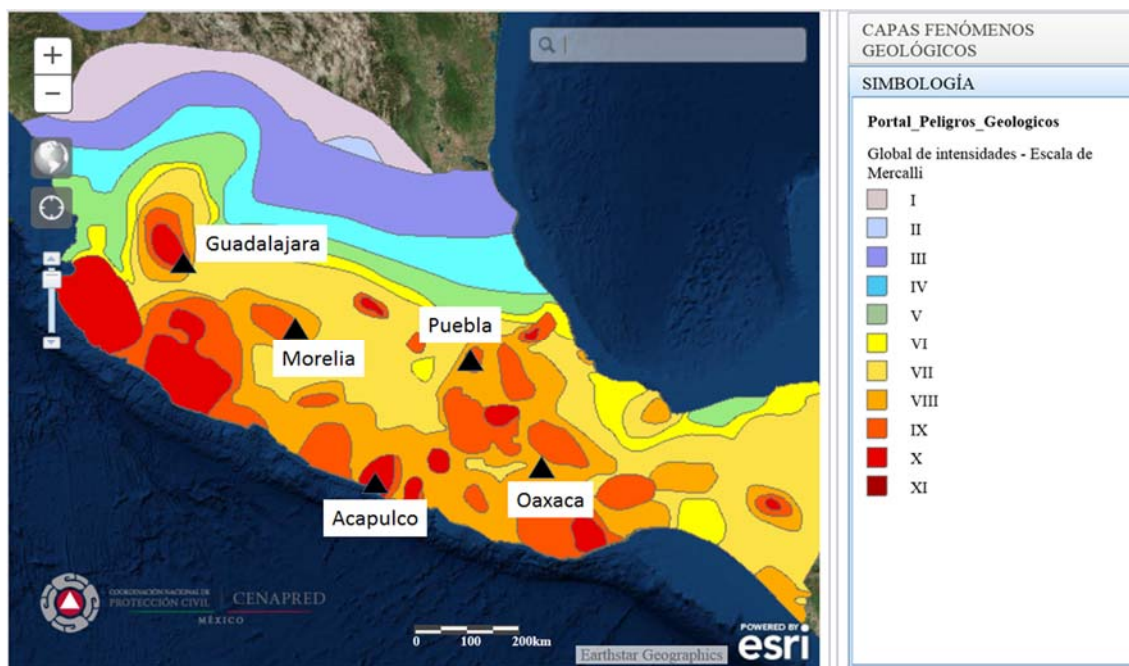


Figura III.10. Mapa global de Intensidades en la escala de Mercalli Modificada y ubicación de las cinco ciudades seleccionadas para obtener los mapas de intensidades macrosísmicas.

Todas estas cifras muestran la necesidad de contar con un sistema para la generación de los mapas de intensidades macrosísmicas. Estos mapas dotan de información rápida y oportuna para actuar de manera más eficaz en la respuesta reactiva, es decir, cuando ha ocurrido un sismo. Pero los trabajos previos así como los escenarios realizados para la calibración del sistema permiten la identificación de zonas con mayor peligro potencial. Esta información es útil para la realización de planes preventivos así como para la realización de reglamentos de construcción y normas técnicas complementarias para el diseño por sismo para cada ciudad.

**Deberá describir la susceptibilidad o propensión de la población, bienes y entorno a sufrir daños o pérdidas ante la presencia del Fenómeno Natural Perturbador para el cual se pretende llevar a cabo la acción preventiva, determinadas sus condiciones físicas, sociales, económicas y ambientales.*

e) En su caso, evidencias de la utilización previa eficaz de metodologías, estrategias o acciones relacionadas con el Proyecto Preventivo propuesto

Las líneas de acción propuestas involucran la instalación de nuevos OSE y estaciones acelerográficas complementarias. Para los primeros, fue en la fase 1 del proyecto Red Sísmica Mexicana que se estableció el estándar de construcción e instrumentos a utilizar. Este estándar está basado en las estaciones de banda ancha existentes que opera el SSN. El diseño en la construcción e instalación de los instrumentos ha mostrado que protege de grandes cambios de temperatura y presión a los instrumentos, así como de corrientes electromagnéticas, obteniendo datos sismológicos de calidad. La selección de sitios se basará tanto en criterios geológicos del sitio (en roca dura o basamento) como en condiciones de accesibilidad, infraestructura (disponibilidad de energía eléctrica) y seguridad del OSE.

Para el caso de las estaciones acelerográficas complementarias, éstas serán instaladas con base en la evaluación de las características geofísicas, geológicas, de suministro de infraestructura (electricidad y accesibilidad) y seguridad del sitio. Los criterios anteriores han sido utilizados por el IINGEN y han permitido que la calidad de la información obtenida sea útil para la generación de mapas de intensidad e investigaciones tanto en sismología como en ingeniería sísmica (criterios adicionales se describen en la sección IV.a).

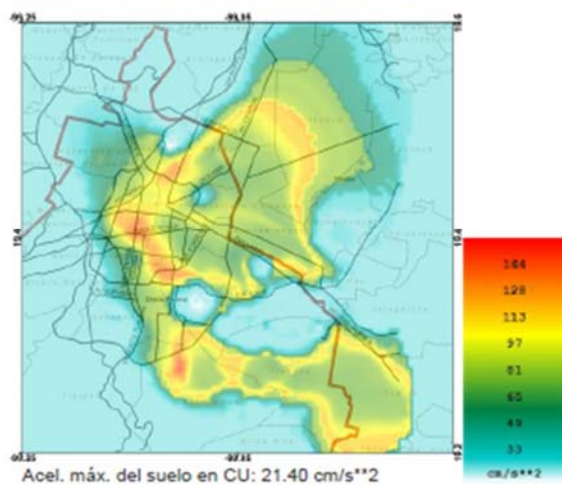
Los centros alternos de monitoreo planteados serán instalados en sistemas idénticos a los que se tienen en la Estación Central del SSN y en el PCR del IINGEN. En ellos se llevan actualmente los procesos necesarios para la detección y reporte oportuno de la sismicidad en el país y para la generación de mapas de intensidades, respectivamente. Así, el uso de sistemas idénticos garantizará la compatibilidad en los procesos y su funcionalidad.

En cuanto a la generación de mapas de intensidades macrosísmicas la evidencia previa de la utilización eficaz y exitosa de estas metodologías es la generación y publicación rápida y oportuna que se hace de estos mapas después de la ocurrencia de un sismo que genere movimientos significativos en la ciudad de México. Un ejemplo de estos mapas se muestra en la Figura III.11. En él se pueden observar cuatro mapas que muestran el nivel de aceleración que se produce en el terreno, y para ordenadas espectrales de 0.3, 1.0 y 2.0 segundos. Los colores rojos muestran los sitios donde se estima mayor aceleración pico, mientras que los colores azules las menores. A partir de este mapa las autoridades competentes pueden conocer a dónde dirigir sus esfuerzos ya sea de inspección o de atención a la emergencia.

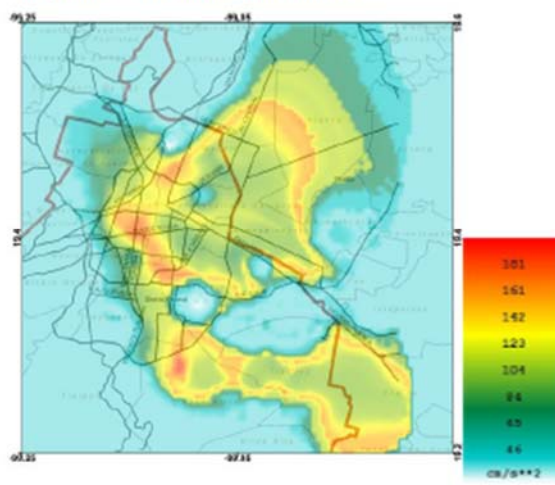
Se ha visto ya por más de 5 años de operación del sistema, que la información contenida en estos mapas ha sido congruente con la información que posteriormente, para algunos casos, se dio a conocer por los medios de comunicación. Sin embargo, el sistema se encuentra en continua calibración ante los eventos presentados.

Fecha:16/06/2013 Hora(GMT) de registro en CU: 05:18:33
Aceleración máxima del suelo registrada en CU (cm/s²): 21.40
Velocidad máxima del suelo registrada en CU (cm/s): 2.74
Aceleración espectral máxima a T=1 s (cm/s²): 31.03

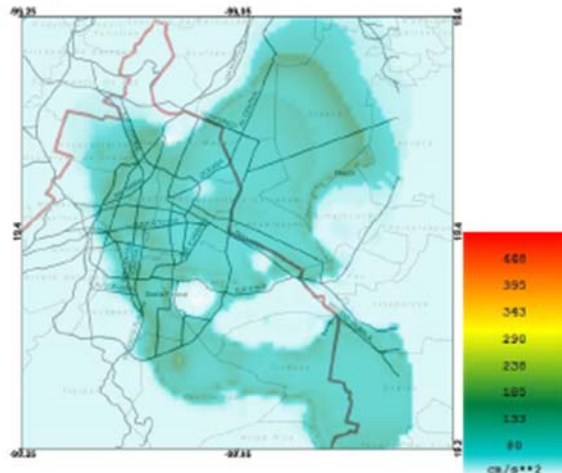
Mapa de aceleraciones máximas del terreno



Mapa de aceleración espectral T=0.3s



Mapa de aceleración espectral T=1.0s



Mapa de aceleración espectral T=2.0s

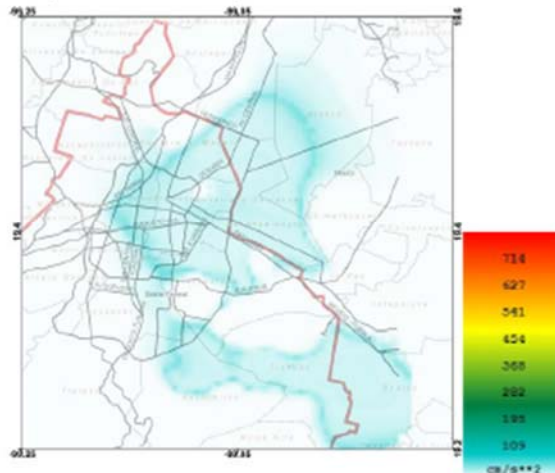


Figura III.11. Ejemplo de los mapas que se generan de intensidad macrosísmica para la ciudad de México.

Los convenios Marco de Colaboración para la Red Sísmica Mexicana en su primera y segunda fase han tenido el propósito de suministrar a diversas instancias de la Secretaría de Gobernación, información oportuna, permanente, completa, precisa y estandarizada sobre la actividad sísmica en el territorio nacional. Con la información generada por las redes sísmicas y acelerográficas del SSN, a cargo del Instituto de Geofísica (IGEF), y del Instituto de Ingeniería (IINGEN), la UNAM provee a la Secretaría de información necesaria para ser utilizada en la planeación, prevención, mitigación, alertamiento, atención de emergencias inmediata y evaluación del impacto en caso de sismos, así como para la determinación de eventos tsunamigénicos.

Los productos generados por la UNAM permiten al CENAPRED el acceso a la información con componente geográfica en red y los mapas expuestos tras la ocurrencia de un temblor de magnitud importante, permitirán primordialmente, mostrar geográficamente las zonas de influencia del sismo para la toma de decisiones.

** En caso de que la acción preventiva propuesta ya haya sido aplicada con éxito en otros proyectos.*

f) Descripción sobre la coherencia y nivel de observancia del Atlas en los planes de desarrollo, programas sectoriales, de ordenamiento territorial y desarrollo urbano.

Hoy en día existen regiones del país en las cuales no se ha descrito a detalle el peligro sísmico al que se encuentran expuestas. Sólo se han enfocado a sismos y escenarios de magnitudes grandes. Sin embargo, la descripción detallada de la sismicidad de magnitudes moderadas a pequeñas permite la identificación de fallas activas, que a pesar de no tener el potencial de generar sismos grandes, por su ubicación geográfica y población e infraestructura expuesta, podría ser de gran relevancia en la evaluación del riesgo. Así, toda la información recolectada en términos de sismicidad y de mapas de intensidades será puesta a disposición del CENAPRED e integrados a su Atlas Nacional de Riesgos, lo cual permitirá, además de informar a la población y a las autoridades sobre el nivel de peligro al cual se encuentran expuestos, realizar un análisis más profundo de la información que conduzca a la estimación del impacto del sismo, al medio ambiente y su posible influencia en la sociedad.

La información y análisis subsecuentes permitirán una toma de decisión fundamentada en datos sólidos.

g) Otros Fenómenos y sus características que han impactado la región

El país se ve afectado por otros fenómenos: huracanes, inundaciones, incendios, deslizamientos de tierra, tsunamis, etc.

La zona de la costa del Pacífico se enfrenta al posible impacto de tsunamis. Al menos se tiene el registro de 60 tsunamis que han impactado esta región. Algunos han sido el resultado de deslizamientos submarinos, sismos en otros países, o bien, sismos con epicentros en la región. Algunos son pequeños, como el asociado al sismo del 18 de abril de 2014 (M7.2), con una altura registrada de 30 cm en la zona de Acapulco. Otros alcanzan alturas de varios metros, un ejemplo es el tsunami que se registró tras el sismo del 22 de junio de 1932 (M7.7), el cual registró alturas de 10 m.

En zonas de alta sismicidad se tiene además un alto peligro de deslizamientos de tierra. Un sismo puede desencadenar este fenómeno. Fue el caso del sismo de Xalapa de 1920 (M6.4), donde los daños principales fueron resultado de una avalancha de lodo, teniendo por esta causa el mayor número de pérdidas humanas. Según Protección Civil del estado de Chiapas, se presentó un deslizamiento como resultado del sismo del 7 de julio de 2014 (M6.9), localizado cerca de Tapachula, Chiapas. El deslizamiento tuvo lugar en la carretera Huixtla - El Jocote, dejando incomunicadas a las comunidades de Talquián y Chiquihuite.

Otro peligro que puede estar asociado con los sismos son los incendios. Estos pueden ser el resultado de rompimientos en los ductos de gas o producto de cortos eléctricos.

** Breve descripción de otro(s) fenómeno(s) distinto(s) al que sea planteado prevenir en la acción preventiva propuesta*

h) Descripción de la(s) acción(es) que se llevarán a cabo en el Proyecto Preventivo

Dados los objetivos, la propuesta de la RSM se desarrolla en siete rubros:

- 1) Instalación de 38 Observatorios Sismológicos Estándar nuevos.
- 2) Instalación y puesta en operación de un sistema complementario de registro sísmico, integrado por 20 Estaciones Acelerográficas Complementarias, el cual será incorporado al sistema de generación de mapas de intensidad sísmica en tiempo real.
- 3) Actualización y mejoras a la plataforma de generación de mapas de intensidad.
- 4) Sistema de generación de mapas de parámetros de movimiento del terreno e intensidades macrosísmicas en las ciudades de Acapulco, Oaxaca, Puebla, Guadalajara y Morelia.
- 5) Integración a la infraestructura de la RSM tanto de las señales de las 20 estaciones acelerográficas complementarias, como de las provenientes de los 38 nuevos OSE.
- 6) Adecuación de estaciones sismológicas.
- 7) Instalación de sistemas redundantes de telecomunicaciones y de cómputo.

Las actividades a llevarse a cabo en el proyecto se detallan a continuación:

1) Instalación de Observatorios Sismológicos Estándar nuevos

Dada la cobertura actual de las estaciones que opera el SSN y otras redes (Figura III.1), que cuentan con las características de un OSE, se propone en esta etapa de la Red Sísmica Mexicana la instalación de 38 OSE nuevos. Su ubicación se plantea en los estados de Baja California (3), Baja California Sur (1), Sonora (3), Sinaloa (3), Chihuahua (1), Coahuila (2), Nuevo León (2), Durango (1), Zacatecas (2), Querétaro (1), Colima (2), Michoacán (9), Tlaxcala (1), Veracruz (2), Oaxaca (2) y Chiapas (3), de acuerdo con la Figura III.12. La localización de estas estaciones busca homogeneizar la detección en la región norte del país y aumentar la cobertura en los estados del centro-sur. En particular, el estado de Michoacán cuenta actualmente con sólo dos estaciones de banda ancha, siendo uno de los estados con mayor actividad sísmica, después de Chiapas, Oaxaca y Guerrero, por lo que es imperante mejorar la cobertura en él.

Es de notar que la propuesta de instalación de 38 OSE nuevos implica, además de la participación de la UNAM a través del SSN y del IINGEN, la participación siete instituciones más: Centro de Geociencias de la UNAM (CGeo), Centro de Investigación Científica y Estudios

Superiores de Ensenada (Cicese), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Universidad Veracruzana (UV), Universidad de Colima (UC) y Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (Unicach). Estas instituciones colaboran con el SSN suministrando datos de estaciones que operan actualmente. La instalación de estos nuevos OSE permitirá por un lado fortalecer esta cooperación, y por el otro, el desarrollo y fortalecimiento de la sismología en otros polos de investigación del país.

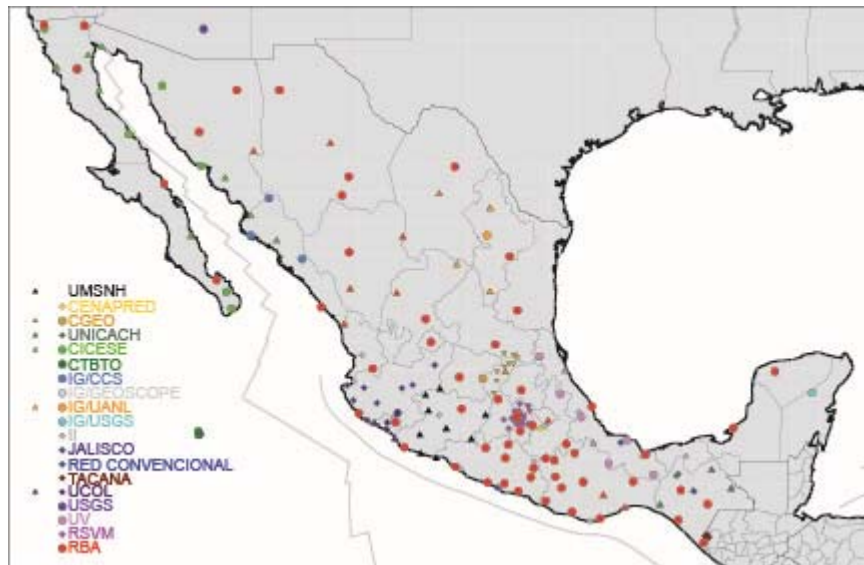


Figura III.12. Localización de estaciones que actualmente transmiten sus datos al SSN (círculos) y de los OSE propuestos (triángulos) para mejorar la cobertura. En círculo de tamaño menor se denotan estaciones que no cuentan con un sismómetro de banda ancha, pudiéndose tratar de sismómetros de banda limitada, o bien, acelerómetros. El color de los símbolos corresponde a la institución responsable de la estación. Los triángulos invertidos denotan estaciones actualmente en construcción. Los círculos grises corresponden a estaciones acelerográficas del IINGEN que transmiten sus datos en tiempo real y contribuyen a la generación de mapas de intensidad.

Las actividades a realizar son:

- 1.1. Evaluación de la cobertura con la red existente y con la propuesta con los nuevos OSE para una selección de sitios óptima.
- 1.2. Determinación y evaluación de los parámetros de calidad de los OSE existentes.
- 1.3. Generación de protocolos de búsqueda y selección de sitios; de construcción e instalación de OSE; así como de transmisión e intercambio de datos.
- 1.4. Generación de monografías de los OSE que contengan toda la información técnica relevante de cada OSE y desarrollo de una plataforma en internet que permita su consulta.
- 1.5. Adquisición de equipo; búsqueda y selección los sitios donde se instalarán los nuevos OSE.
- 1.6. Instalación, puesta en marcha de los nuevos OSE; e integración a los sistemas de detección y estimación de parámetros sísmicos.

1.7. Desarrollo de plataforma disponible en internet que permita descargar los datos sísmológicos en su formato continuo.

1.8. Elaboración de informe.

La propuesta de instalación de 38 OSE nuevos considera los gastos correspondientes a la búsqueda y selección de los sitios, la construcción de las casetas que las albergarán, la adquisición e instalación del equipo, así como la transmisión de sus datos. De igual manera toma en cuenta la integración de los nuevos datos a los sistemas de adquisición y cálculos automáticos y manuales; así como el desarrollo de las plataformas para consulta de las monografías de estaciones y de descarga de datos en continuo.

2) Instalación y puesta en operación de un sistema complementario de registro sísmico, integrado por 20 Estaciones Acelerográficas Complementarias, el cual será incorporado al sistema de generación de mapas de intensidad sísmica en tiempo real.

Como parte del proyecto de la Red Sísmica Mexicana fase 2, se ha desarrollado un sistema de generación de mapas de intensidades en el territorio nacional; sin embargo, cabe señalar, que existe una dependencia importante entre el sistema de generación de mapas a nivel nacional, y la cantidad y distribución de las observaciones recibidas en tiempo real. En la medida que se incrementa el número de estaciones de registro, con transmisión en tiempo real, para mejorar tanto la cobertura a nivel nacional y local, los resultados obtenidos mostrarán con mayor precisión el efecto del fenómeno sísmico lo que redundará en una mejor estimación de la población, vivienda e infraestructura expuesta.

En este sentido, la propuesta está encaminada a la construcción y adecuación de sitios con base en la identificación de necesidades de ampliación, modernización y reforzamiento de las estaciones para la transmisión de señales acelerográficas en tiempo real.

La propuesta implica las siguientes actividades a realizar:

- 2.1. Análisis para determinar las estaciones nuevas o existentes que se tendrían que seleccionar para mejorar la cobertura de la transmisión de señales en tiempo real.
- 2.2. Adquisición de equipo. Pruebas de ruido y selección de sitios. Preparación de sitio y construcción de caseta. Calibración de acelerógrafos y reorientación de sensores. Instalación y puesta en operación de las EAC seleccionadas.

La propuesta de instalación del sistema complementario de las 20 EAC considera los gastos correspondientes a la selección de los sitios, la construcción de las casetas que las albergarán, la adquisición e instalación del equipo tanto de registro como de comunicación para la transmisión de sus datos, así como la integración de equipo para medición de desplazamientos diferenciales.

3) Actualización y mejoras a la plataforma de generación de mapas de intensidad

Como parte de la implementación de la segunda fase de la Red Sísmica Mexicana, se implementó el sistema que provee información sobre las intensidades generadas por terremotos; sin embargo, en esta nueva fase se contempla el desarrollo de módulos adicionales de software tanto para integrar la información de las EAC del IINGEN y de otras redes, así como para

mejorar los algoritmos de cálculo y robustecer los mecanismos de notificación. En este mismo sentido se llevarán a cabo adecuaciones al sistema para integrar los mapas a la aplicación Sistema de Información Geoespacial de la Red Sísmica Mexicana (SIG-RSM).

La propuesta plantea las siguientes actividades a realizar:

- 3.1. Modificación y mejoramiento del software de generación de mapas para incluir nuevos modelados de atenuación del movimiento del terreno y modelado numérico de sismos con el fin de mejorar las estimaciones de intensidad en todo el país.
- 3.2. Calibración del sistema y pruebas con datos reales
- 3.3. Disseminación de los mapas, durante la vigencia del proyecto, empleando la infraestructura creada en la segunda fase del proyecto RSM.
- 3.4. Elaboración del informe que describirá el software desarrollado así como el sistema de generación de mapas en tiempo real a nivel nacional

4) Sistema de generación de mapas de parámetros de movimiento del terreno e intensidades macrosísmicas en las ciudades de Acapulco, Oaxaca, Puebla, Guadalajara y Morelia

Este sistema permitirá mostrar de manera rápida la distribución del movimiento sísmico del terreno y la distribución de la intensidad macrosísmica dentro de las ciudades seleccionadas después de un evento sísmico significativo. Para esto se requiere, por un lado, la transmisión en tiempo real del registro de aceleración de las estaciones acelerográficas ubicadas en esas ciudades, y por el otro, el cálculo previo del modelo de amplificación para cada ciudad. Esto último implica la compilación de los estudios realizados en cada ciudad y la realización de estudios complementarios a fin de contar con la información necesaria para evaluar los efectos de amplificación local o efectos de sitio en cada ciudad.

Las ciudades que se han elegido para este fin son Acapulco, Oaxaca, Puebla, Guadalajara y Morelia. Los criterios que se han usado para considerar estas ciudades están basados fundamentalmente en su ubicación crítica en el mapa de peligro nacional, la población, la importancia económica y los estudios realizados. Ejemplos de las investigaciones en las zonas urbanas propuestas donde se han evaluado sus efectos de sitio y propuesto mapas de microzonificación sísmica, los cuales son fundamentales para la determinación de mapas de intensidad macrosísmica y parámetros de movimiento, son los trabajos de Limaymanta (2009) y Hernández et al. (2013) para la ciudad de Acapulco, Limaymanta (2009) para la ciudad de Oaxaca; Lermo et al. (2013) para la ciudad de Puebla; Chávez et al. (1999, 2011) y Hernández et al. (2013) para Guadalajara y Lermo et al. (1999) para Morelia. La información recabada en dichos estudios contiene los elementos para seguir el modelo empleado en la generación de mapas de intensidad para la ciudad de México.

Las actividades que se realizarán consistirán en:

- 4.1. Diagnóstico de la información disponible y determinación de las exploraciones geofísicas por realizar para caracterizar la respuesta sísmica de las ciudades seleccionadas.
- 4.2. Ejecución de campañas de campo para realizar exploraciones geofísicas que permitan caracterizar las estructuras geológicas y la respuesta sísmica de cada una de las ciudades

seleccionadas.

- 4.3. Desarrollo de los programas para el cálculo de estos mapas de movimiento del terreno y de intensidades macrosísmicas. Prueba y calibración de los programas desarrollados para cada una de las ciudades.
- 4.4. Desarrollo de aplicación y portal de registro de intensidades macrosísmicas.

Los entregables consistirán en el sistema que genera los mapas de movimiento del terreno y de intensidad macrosísmica para cada ciudad. Se ha agendado la entrega del sistema para cada ciudad considerando el avance en el conocimiento de la respuesta sísmica actual y los trabajos complementarios que se requieren. Por ello a finales del primer año se entregará el sistema para generar los mapas de la ciudad de Acapulco, el siguiente año para Oaxaca y Puebla, y al final del proyecto, los correspondientes a las ciudades de Morelia y Guadalajara.

5) Integración a la infraestructura de la RSM tanto de las señales de las 20 EAC, así como de las provenientes de los 38 nuevos OSE.

El Puesto Central de Registro (PCR) del Instituto de Ingeniería, cuenta hoy en día con el equipo de cómputo y comunicaciones necesario para recibir de manera continua los datos de aquellas estaciones acelerográficas que a la fecha cuentan con capacidad de envío en tiempo real, así como de las estaciones de la red de banda ancha del SSN. En el caso del IINGEN, la transmisión de los datos digitales, desde las estaciones de campo hasta el PCR se realiza empleando el sistema de internet de banda ancha Infinitum de Telmex debido a que cuenta con cobertura en casi todo el país.

Las señales recibidas en tiempo real se concentran en un servidor dedicado a la adquisición de las mismas. De ahí, son transferidas a diversos equipos de cómputo donde los datos son monitoreados y procesados para después ser dirigidos a otros sistemas para su difusión, almacenamiento e incorporación a la aplicación SIG-RSM.

Al integrar en el PCR las señales provenientes de las EAC así como de los nuevos OSE del SSN, la capacidad de la infraestructura de cómputo (hardware y software) empleada en las etapas de adquisición, procesamiento, difusión e incorporación al SIG-RSM se verá rebasada para poder cumplir con sus funciones de manera óptima. Además, se requerirá también la diferenciación en el manejo, proceso y administración de los diferentes tipos de señales que se integrarán en el PCR ya que ahora podrán ser de aceleración y/o desplazamiento de acuerdo con el tipo de equipo instalado en las estaciones.

Por otra parte, la incorporación de la comunicación satelital para la transmisión de los datos digitales desde las estaciones de campo hasta el PCR supone también modificaciones en la infraestructura física del PCR.

Debido a lo anterior, será necesario robustecer la infraestructura de cómputo y comunicaciones del PCR con la finalidad de cumplir cabalmente con los objetivos trazados en la presente propuesta.

Las actividades a realizar son:

- 5.1. Rediseño del sistema de adquisición de señales en tiempo real.
- 5.2. Pruebas de recepción de las nuevas señales.
- 5.3. Calibración y pruebas de los sistemas de generación de mapas actualmente en operación considerando las nuevas señales.
- 5.4. Adquisición, instalación y administración del equipo necesario para el reforzamiento del PCR.

Este rubro abarca los siguientes puntos:

- Infraestructura de hardware que incluya servidores de alto rendimiento, servidores de bases de datos y servidores para publicación de sistemas web, que permitan mantener el procesamiento y catalogación de metadatos, imágenes, entre otros, así como alojar el acervo histórico de registros acelerográficos procesados y entregados en el formato estándar de aceleración, cuyo acceso se realiza vía servicios web.
 - Infraestructura de hardware que permita la distribución electrónica de productos bajo una plataforma robusta con independencia del servidor de correos institucional.
 - Infraestructura de hardware para desarrollo de software y pruebas.
 - Integración de la infraestructura de hardware tanto para el alojamiento de software como de equipo de comunicaciones involucrada en este proyecto, al centro de datos, apegándose a las necesidades del institucionales en materia de infraestructura y soporte de los equipos de TI (Tecnologías de la Información) en materia de eficiencia energética, climatización, monitoreo y detección de eventos y variables ambientales, cableado estructurado y canalizaciones, así como suministro e instalación de gabinetes para servidores, equipo y cableado de telecomunicaciones.
- 5.5. Desarrollo de herramientas de software para la integración al sistema de adquisición de datos, monitoreo, procesamiento de la información y notificaciones.
 - 5.6. Elaboración de informe.

6) Adecuación de estaciones sismológicas.

De los OSE actuales, algunos equipos están llegando al final de su vida útil, o bien, tienen tecnología obsoleta por lo que no es posible configurarlos para las nuevas necesidades de transmisión de los datos por dos vías, o presentan fallas en su funcionamiento; de igual manera, se tienen equipos cuya operación no es la adecuada y en algunos casos es necesaria la instalación de GPS diferenciales para completar el OSE existente.

Las actividades a realizar son las siguientes:

- 6.1. Evaluación de la operación de los OSE existentes; verificación de la orientación de los sensores y obtención de sus respuestas instrumentales. En su caso proponer las mejoras conducentes.
- 6.2. Adquisición del equipo necesario para lograr las mejoras en los OSE existentes.
- 6.3. Instalación, adecuaciones y mejoras en los OSE existentes.
- 6.4. Elaboración de informe.

La adecuación de las estaciones sismológicas existentes contempla los gastos correspondientes a la evaluación de la situación actual de las estaciones que actualmente envían sus datos al SSN, así como la adquisición e instalación del equipo para adecuar y mejorar la operación de estas estaciones.

7) Instalación de sistemas redundantes de telecomunicaciones y de cómputo.

Se contempla la instalación de sistemas redundantes de telecomunicación y de cómputo en tres rubros:

a) Instalación de telepuertos:

Actualmente, el SSN recibe las señales de 65 estaciones vía satelital. Las señales son transmitidas desde las estaciones sismológicas hasta los telepuertos de las empresas encargadas. Desde ahí, la información es transmitida a la Estación Central del SSN mediante enlaces dedicados de última milla. En caso de presentarse alguna falla en alguno de los sistemas de transmisión, la capacidad de detección de la sismicidad se vería comprometida. De tal manera que a fin de garantizar la operación ininterrumpida de la recepción de datos de las estaciones sismológicas a las estaciones centrales del SSN, se propone la introducción de un sistema de telecomunicaciones satelitales propio, basado en un telepuerto que permitiría la recepción simultánea de datos sísmicos en dos ubicaciones geográficamente distintas. Del total de estaciones cuyos datos recibe el SSN, se seleccionarán 20 estaciones tipo OSE, cuya comunicación pueda ser realizada mediante satélite y que se encuentren ubicadas en puntos estratégicos. Las señales serán transmitidas en tiempo real mediante un satélite alterno (Figura III.13).

Integración de Sistema de Telecomunicaciones Servicio Sismológico Nacional

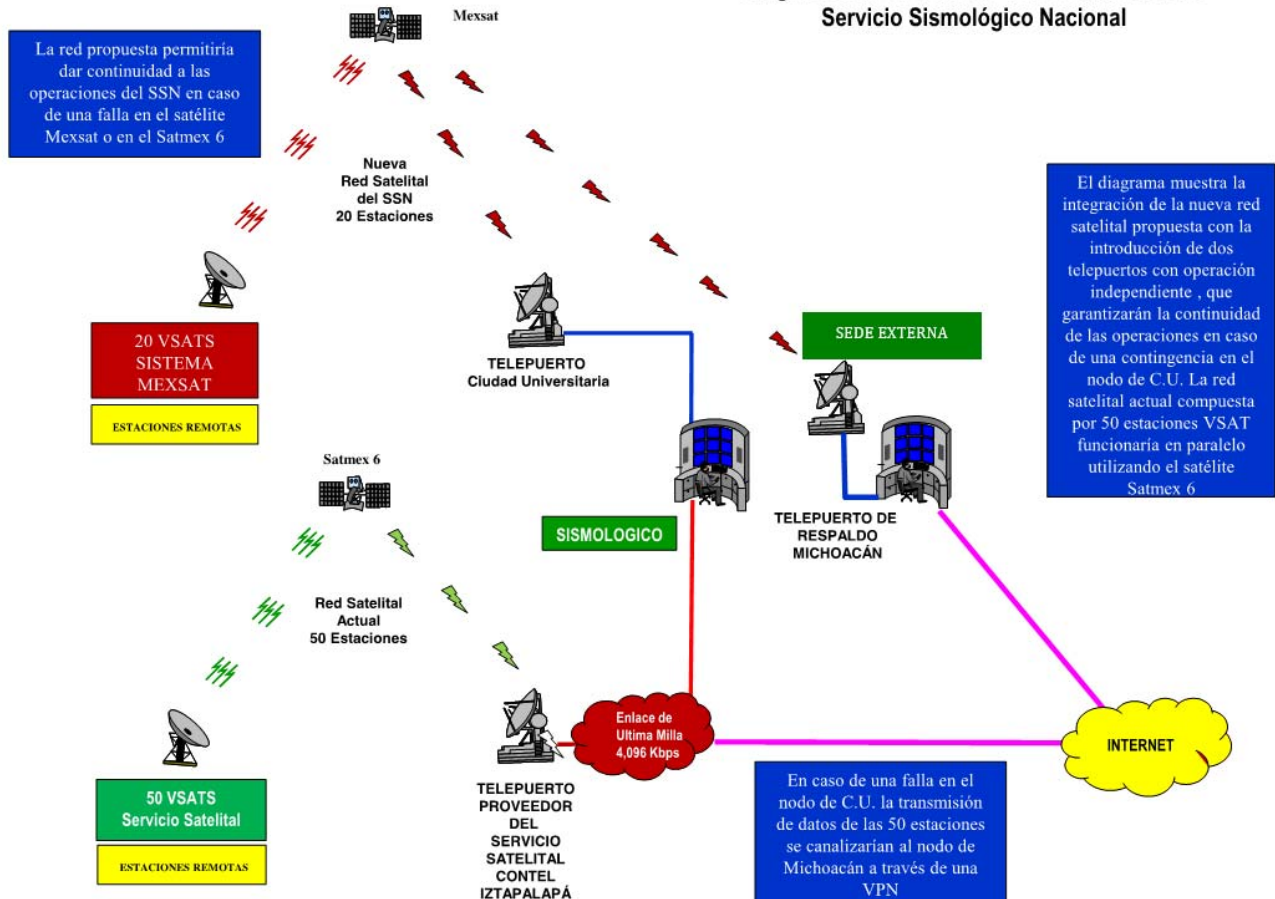


Figura III.13. Sistema redundante de telecomunicaciones. 20 estaciones estratégicas serían transmitidas vía satélite a los telepuertos instalados en la Estación Central y en el Centro Alterno de Monitoreo.

b) Creación de un Centro Alterno de Monitoreo (CAM):

A partir de septiembre de 2015, la Estación Central del SSN contará con redundancia en sus sistemas de adquisición, procesamiento y difusión de la información. Ésta asegura que en caso de una falla interna menor se continúe operando e informando de manera oportuna. Sin embargo, en caso de una contingencia mayor en Ciudad Universitaria, como lo puede ser una falla de internet o una falla eléctrica, la operación del SSN se vería comprometida. A fin de evitar interrupciones se propone un sistema espejo completo, con la misma capacidad de recepción de datos, detección de eventos, procesamiento y análisis de datos, así como difusión de la información que se tiene en la Estación Central.

Para que el espejo completo pueda funcionar como un Centro Alterno de Monitoreo (CAM) y tenga la capacidad de operar al nivel del SSN, se propone, en primera instancia, la instalación de

Las Figuras III.14a y 14.b muestran la configuración del CAM propuesto.

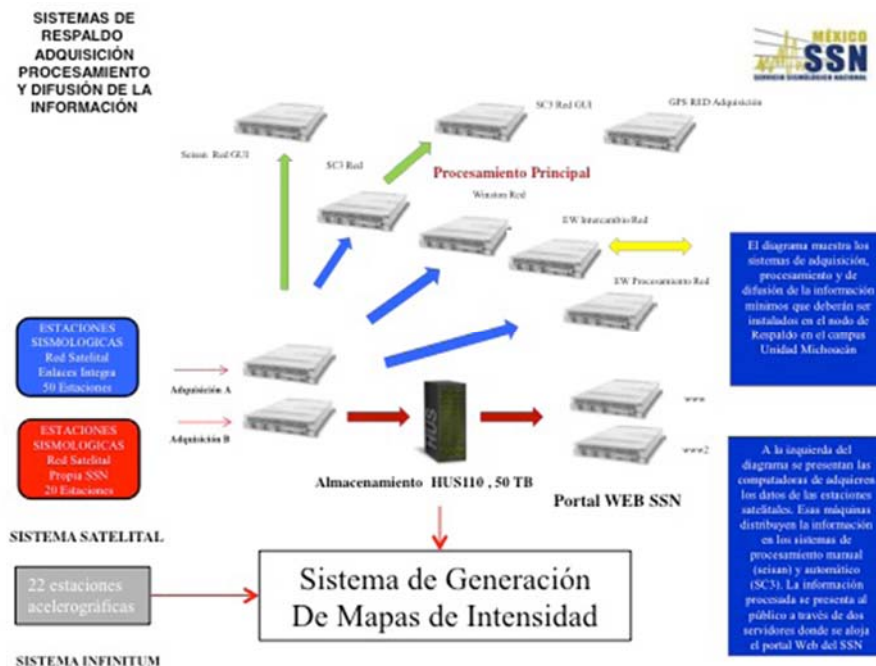


Figura III.14a Sistema de adquisición, procesamiento, análisis y almacenamiento de los datos sísmológicos, así como de la información de sismicidad propuesto para la sede alterna.

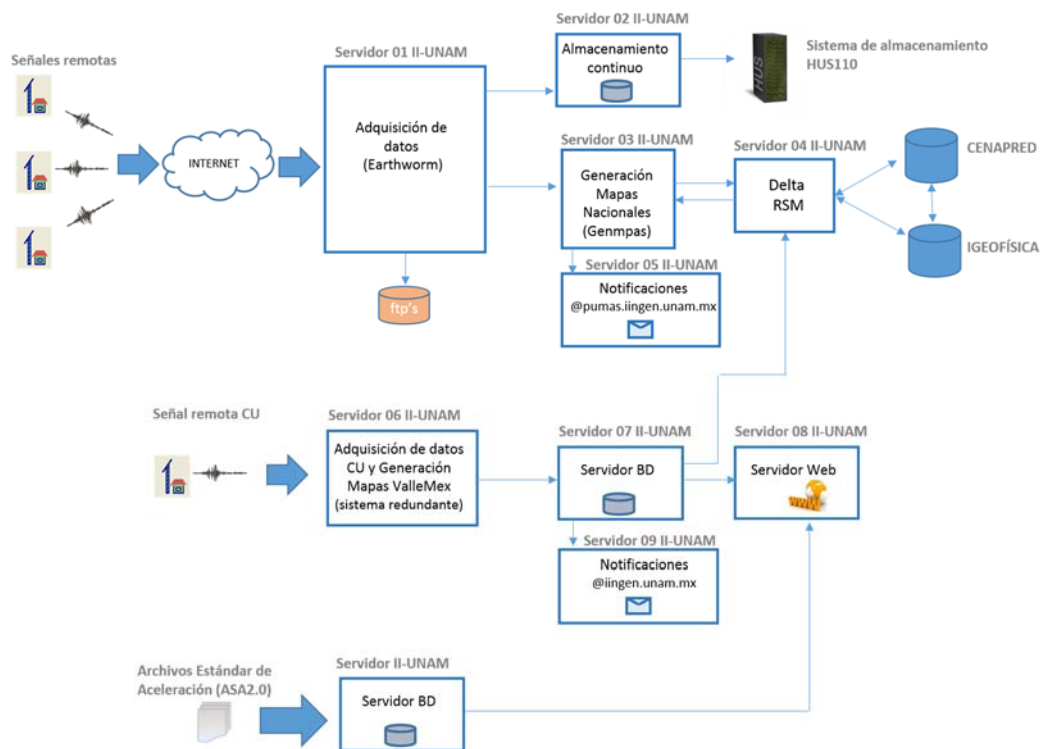


Figura III.14b. Sistema de adquisición, procesamiento, análisis y almacenamiento de los datos acelerográficos y de mapas de intensidad propuesto para la sede alterna.

c) Instalación de Centro Alterno de Monitoreo mínimo:

El CAM completo estará sujeto a vulnerabilidades similares a las que se tienen en la Estación Central; además de no recibir la totalidad de los datos en caso de falla en la recepción de los datos provenientes de Estación Central vía internet. Es por ello que también se plantea un espejo mínimo que tengan una función dual: 1) Recibir a través de un proveedor independiente de internet los datos que llegan mediante esa vía al SSN y con ellos realizar de manera automática la detección y cálculo de los parámetros de los sismos y difundir la información preliminar. 2) Fungir como un centro regional de datos.

El espejo mínimo contará con un sistema de adquisición de datos, uno de visualización de las señales, uno de procesamiento y otro de análisis de los datos y un sistema de almacenamiento. Además contará con un servidor para el portal web y sus accesorios correspondientes. Este CAM mínimo estará permanentemente recibiendo los datos que llegan al SSN vía internet mediante un proveedor alterno y el resto de los datos mediante el internet proporcionado por la UNAM. De esta manera, en caso de falla del internet de la Estación Central, el CAM mínimo contará con al menos 30% de los datos para mantener la capacidad de detección de sismos importantes en el territorio nacional.

Las actividades a realizar son:

- 7.1. Evaluación de las capacidades actuales.
- 7.2. Diseño de los Centros Alternos de Monitoreo para el SSN.
- 7.3. Adecuación de instalaciones físicas donde residirán los Centros de Monitoreo Alternos del SSN.
- 7.4. Adquisición del equipo de telecomunicación satelital.
- 7.5. Adquisición de equipo y mobiliario para los Centros Alternos de Monitoreo del SSN.
- 7.6. Puesta en operación de Centros Alternos de Monitoreo del SSN y del telepuerto del sistema de telecomunicación satelital.
- 7.7. Elaboración de informe final.

La propuesta de instalación de sistemas redundantes de telecomunicaciones y de cómputo considera los gastos correspondientes a la evaluación de las capacidades actuales y el diseño subsecuente de los Centros Alternos de Monitoreo; además de la selección de los sitios donde se instalarán y su adecuación. Asimismo, comprende la adquisición del equipo y mobiliario, tanto para la transmisión de datos como para los CAM; además de su puesta en operación.

Referencias

- Chávez, M. (1999). Efectos de sitio en la zona metropolitana de Guadalajara. Memorias del XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Morelia, México.
- Chávez, M., Olsen, K.B., Cabrera, E. y Perea, N. (2011). Observations and modeling of strong ground motions for the 9 October 1995 Mw 8 Colima-Jalisco, Mexico, Earthquake, Bull. Seism. Soc. Am., 101, 1979-2000.
- Lermo J., V.H. Garduño-Monroy, E. Arreygue-Rocha, I. Israde-Alcántara y G. Rodríguez-Torres(1999), Microzonificación sísmica preliminar de la ciudad de Morelia, Michoacán, México, Memorias del XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, páginas 137 a la 146.
- Andrés F. Hernández Estrada, E. Reinoso Angulo, B. Huerta Garnica, M. G. Ordaz Schroeder, J.F. Lermo Samaniego, L. Veras Felipe (2013). Revisión de los efectos de sitio en las ciudades de Puebla, Guadalajara y Acapulco, XIX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Artículo 021.
- Limaymanta, F.M. (2009), Uso de familias espectrales obtenidas con registros de sismos y microtemores para la clasificación de terrenos con fines de diseño sísmico. Aplicación en las ciudades de Veracruz-Boca del Río, Oaxaca y Acapulco, Enero-2009, Programa de maestría y doctorado en Ingeniería, Instituto de Ingeniería, UNAM, México.
- Lermo, J., J. Martínez González, J. Angulo Carrillo, A. Zúñiga, R. Valle Orozco y L. Ángel Espinosa, (2013). Mapa de isoperiodos y clasificación de terrenos con fines de diseño por sismo para el Municipio de Puebla, Pue, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, realizado para ERN, Ingeniería S.A. de C.V., México.

**Indicar si ya se han realizado anteriormente acciones encaminadas para la reducción del riesgo para el cual se prevé la acción preventiva.*

i) Medida en que la(s) acción(es) repercutirá(n) en la reducción del Riesgo

Se tendrán tres productos principales como resultado de las acciones propuestas: 1) Series de tiempo de velocidad y aceleración; 2) catálogo de sismicidad con una magnitud de completitud de 3.8 y 3) mapas de intensidades nacionales y para cinco ciudades del país. El impacto de estos productos en la reducción del riesgo se resumen en:

1) Series de tiempo de velocidad y aceleración:

Estos datos serán generados en tiempo real, permitiendo el monitoreo continuo de la sismicidad de magnitud mayor de 3.8 en todo el país. Este monitoreo no sólo es importante para la ocurrencia de sismos en zonas donde tradicionalmente se presenta sismicidad de tamaño importante, sino también se podrá contar con un monitoreo continuo de sismos con magnitudes mayores de 3.8 en regiones donde se tiene infraestructura estratégica en el país, como lo son presas, refinerías, etc. La identificación oportuna de esta sismicidad le permite a los tomadores de decisiones dirigir esfuerzos que pueden ir desde una evaluación rápida de las condiciones de la infraestructura expuesta, hasta acciones dirigidas a atender la emergencia.

Además, estos datos serán retransmitidos en tiempo real a las instituciones participantes; así éstas podrán realizar análisis complementarios de la sismicidad de su región al añadir información de estaciones locales que permitan la identificación de sismicidad de magnitudes menores. Este resultado contribuirá a la identificación de fallas menores con potencial sismogénico, traduciéndose en información que puede ser suministrada al ANR para la evaluación del riesgo.

El uso de estos datos será abierto, poniéndose a disposición mediante una interfaz en internet a los usuarios. Esto permitirá a académicos en la materia realizar estudios de punta para poder determinar el peligro sísmico y su riesgo asociado, llevando a identificar acciones que conlleven su mitigación. Por ejemplo, se podrán generar leyes de atenuación para otras regiones del país y con ello generar escenarios del movimiento del terreno más apegados a la realidad; o bien, se podrá identificar la ocurrencia de sismicidad anómala de magnitud mayor de 3.8 en zonas donde se realizan actividades humanas que potencialmente pueden inducir sismicidad; p.e., extracción o inyección de fluidos.

2) Catálogo de sismicidad con una magnitud de completitud de 3.8:

Al contar con un mayor número de estaciones en el país, se tendrá un mayor número de sismos detectados anualmente. Esto permitirá la identificación de nuevas fallas o zonas de sismicidad, lo cual se puede traducir en políticas de ordenamiento territorial, pues toda la información generada alimentará al Atlas Nacional de Riesgo. Con la sismicidad identificada y los registros de aceleración se podrá actualizar el mapa de zonificación sísmica del país, el cual actualmente no refleja lo que hoy en día se conoce acerca de la sismicidad del norte del país. Además, se podrá establecer la sismicidad base, de magnitud mayor de 3.8, y con ella se podrá identificar la ocurrencia de sismicidad de magnitudes mayores de 3.8 potencialmente inducida por alguna actividad humana.

3) Mapas de intensidades nacionales y para cinco ciudades del país:

Estos mapas permitirán en el momento una rápida identificación de zonas que potencialmente hayan sufrido algún daño, contribuyendo a una toma de decisión reactiva oportuna e informada por parte de las autoridades. En términos de prevención, contribuirán a la generación de escenarios y a identificar el riesgo en zonas vulnerables, lo cual apuntará a acciones que puedan contribuir a una mitigación del mismo.

Estos datos también contribuirán al estudio de espectros de respuesta, los cuales son base de los reglamentos de construcción; de esta manera se podrán establecer estos reglamentos en zonas y ciudades del país donde aún no se cuenta con ellos. Hoy en día el porcentaje de municipios que cuentan con dichos reglamentos no llega ni al 50% (Figura III.15) y en algunos casos, lo que se tiene

es una adaptación del reglamento del Distrito Federal. Resaltándose la necesidad de contar con información, como la que generará este proyecto, para continuar y fomentar el desarrollo de reglamentos de construcción.

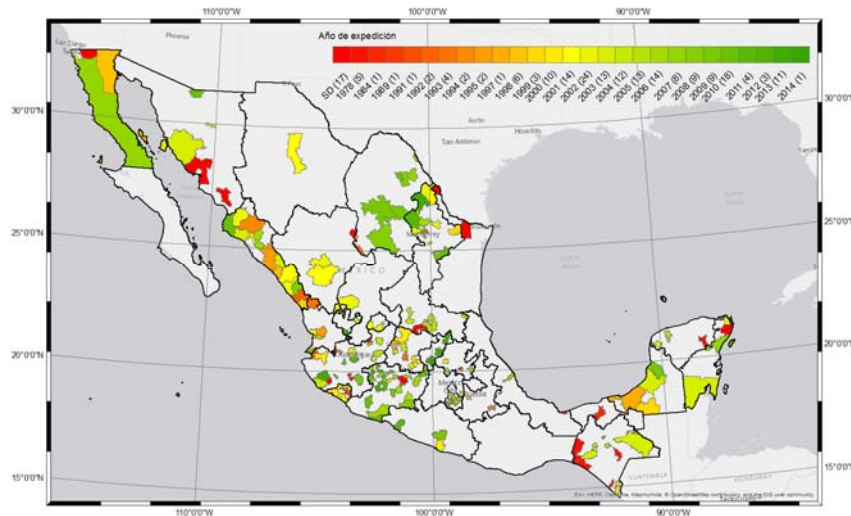


Figura III.15. Distribución de municipios que cuentan con un reglamento de construcción.

Además, permitirán diferenciar entre zonas donde se pueden presentar fuertes intensidades y potenciales a daños de aquéllas donde no se esperen intensidades elevadas, conllevando un análisis de la pertinencia de seguros catastróficos y evaluación de las primas de seguros existentes.

En otro contexto, en caso de que hubiera una interrupción en la Estación Central, el monitoreo no se vería interrumpido. Recordemos que en cualquier segundo se puede presentar un sismo, por lo que la interrupción de tan solo un minuto podría implicar la incapacidad de detección del sismo y por tanto de la generación oportuna de la información. Así, la infraestructura planteada para los espejos permitirán la continuidad de gobierno a través de la continuidad de la operación del SSN.

La inversión planteada en este proyecto, cuya duración es de 30 meses, es de \$326,815,000.00. En contexto, el sismo de 1985, cuya ruptura duró 60 segundos, generó pérdidas por 62,996 millones de pesos. Sin olvidar que oficialmente se reportaron 6,000 decesos, pudiendo ser mucho mayor este número. Es también de notar el caso del sismo del 18 de abril de 2014 (M7.2), el cual tuvo una magnitud menor, generó pocos daños, en comparación; se reportaron afectados 61 municipios y 31,570 habitantes; dañadas 6,314 viviendas, 8 escuelas y un hospital; y se cuantificaron \$602,700,00.00 pesos en daños.

El proyecto permitirá integrar información complementaria a la aplicación RSM actual, bajo la plataforma de sistemas de información geográfica, lo que proveerá de mayor información para la toma de decisiones en materia de Protección Civil, dicha información compatible con el Atlas Nacional de Riesgo se suma a las herramientas para mejorar el conocimiento y análisis sobre los Peligros, Vulnerabilidades y Riesgos.

Si bien la infraestructura y las acciones propuestas no evitarán la ocurrencia de un sismo, si

proporcionarán de herramientas e información imprescindible para la generación de políticas públicas y acciones que van desde gubernamentales hasta individuales, en dirección a la mitigación del riesgo que presenta el fenómeno sísmico.

j) Programa de Actividades Plazos y Costos

Se anexa formato.

* Según el formato que para ese fin se dispone en la página <http://www.proteccioncivil.gob.mx>.

k) Presupuesto desglosado

El desarrollo de este proyecto se realizará en colaboración con la UNAM a través de los Institutos de Ingeniería y de Geofísica, por lo que se establecerá un convenio donde cada una de las acciones que más adelante se describen, se realizarán por parte de la UNAM. Lo anterior para garantizar la operación y el buen funcionamiento como se realizó con el proyecto denominado Red Sísmica Mexicana Fase 2, dicho proyecto siguió el mismo esquema donde se establecieron los entregables que la Secretaría recibiría. Cabe mencionar que dicho procedimiento se hará en función a lo establecido en:

ARTÍCULO 1° DE LA LEY DE ADQUISICIONES, ARRENDAMIENTOS Y SERVICIOS DEL SECTOR PÚBLICO (LAASSP)

De conformidad con el Artículo 1° quinto párrafo de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, que a la letra dice:

“Los contratos que celebren las dependencias con las entidades, o entre entidades, y los actos jurídicos que se celebren entre dependencias, o bien los que se lleven a cabo entre alguna dependencia o entidad de la Administración Pública Federal con alguna perteneciente a la administración pública de una entidad federativa, no estarán dentro del ámbito de aplicación de esta Ley; no obstante, dichos actos quedarán sujetos a este ordenamiento, cuando la dependencia o entidad obligada a entregar el bien o prestar el servicio, no tenga capacidad para hacerlo por sí misma y contrate un tercero para su realización”

El presupuesto total se desglosa en siete rubros en moneda Nacional (Tabla III.1). La tasa de cambio del dólar que se tomó como referencia para determinar los montos en moneda nacional fue considerada en 19 pesos por dólar, de acuerdo con The Economist Forecast Agency (<http://longforecast.com/fx/mexican-peso-exchange-rate-forecast-for-2015-2016-and-2017.html>, consultada el 21 de abril de 2015). En esta prospectiva para lo que resta del 2015 y hasta enero de 2017 se tiene un valor mínimo del dólar de 14.02 pesos y máximo de 18.96, con un promedio del valor alto esperado de 17.03, manteniéndose 9 de 22 meses considerados por arriba de los 17 pesos. Aproximadamente, un 50% del monto considerado en el presupuesto está cotizado en dólares.

Tabla III.1. Resumen de montos solicitados.

Concepto	Cantidad	Precio unitario	Costo
1) Instalación de Observatorios Sismológicos Estándar Nuevos	38	\$3,711,000.00	\$141,018,000.00

2) Instalación y puesta en operación de un sistema complementario de registro sísmico, integrado por 20 Estaciones Acelerográficas Complementarias, el cual será incorporado al sistema de generación de mapas de intensidad sísmica en tiempo real	20	\$2,353,000.00	\$47,060,000.00
3) Actualización y mejoras a la plataforma de generación de mapas de intensidad	1	\$7,049,000.00	\$7,049,000.00
4) Sistema de generación de mapas de parámetros de movimiento del terreno e intensidades macrosísmicas en las ciudades de Acapulco, Oaxaca, Puebla, Guadalajara y Morelia	1	\$18,400,000.00	\$18,400,000.00
5) Integración de señales sísmicas de las 20 estaciones acelerográficas complementarias a la infraestructura de la RSM	1	\$11,183,000.00	\$11,183,000.00
6) Adecuaciones a estaciones existentes	1	\$26,313,000.00	\$26,313,000.00
7) Instalación de sistemas redundantes de telecomunicaciones y de cómputo	1	\$75,792,000.00	\$75,792,000.00
TOTAL			\$326,815,000.00

I) Cotización de las actividades o adquisiciones a realizar en el Proyecto Preventivo

- Descripción

N°	ACTIVIDADES	COSTOS
1	Instalación de Observatorios Sismológicos Estándar nuevos	\$141,018,000.00
1.1	Evaluación de la cobertura con la red existente y con la propuesta con los nuevos OSE para una selección de sitios óptima.	\$10,000,000.00
1.2	Determinación y evaluación los parámetros de calidad de los OSE existente.	\$10,000,000.00
1.3	Generación de protocolos de búsqueda y selección de sitios; de construcción e instalación de OSE; así como de transmisión e intercambio de datos.	\$20,000,000.00
1.4	Generación de monografías de los OSE que contengan toda la información técnica relevante de cada OSE y desarrollar una plataforma en internet que permita su consulta.	\$20,000,000.00
1.5	Adquisición de equipo; búsqueda y selección de los sitios donde se instalarán para nuevos OSE.	\$55,000,000.00
1.6	Instalación, puesta en marcha de los nuevos OSE; e integración a los sistemas de detección y estimación de parámetros sísmicos.	\$24,000,000.00

1.7	Desarrollo de plataforma disponible en internet que permita descargar los datos sísmológicos en su formato continuo.	\$1,500,000.00
1.8	Elaboración de informe	\$518,000.00
2	Instalación y puesta en operación de un sistema complementario de registro sísmico, integrado por 20 Estaciones Acelerográficas Complementarias, el cual será incorporado al sistema de generación de mapas de intensidad sísmica en tiempo real.	\$47,060,000.00
2.1	Análisis para determinar las estaciones nuevas o existentes que se tendrían que seleccionar para mejorar la cobertura de la transmisión de señales en tiempo real.	\$10,000,000.00
2.2	Adquisición de equipo. Pruebas de ruido y selección de sitios. Preparación de sitio y construcción de caseta. Calibración de acelerógrafos y reorientación de sensores. Instalación y puesta en operación de las estaciones acelerográficas seleccionadas. Etapa 1.	\$15,000,000.00
2.3	Adquisición de equipo. Pruebas de ruido y selección de sitios. Preparación de sitio y construcción de caseta. Calibración de acelerógrafos y reorientación de sensores. Instalación y puesta en operación de las estaciones acelerográficas seleccionadas. Etapa 2.	\$22,060,000.00
3	Actualización y mejoras a la plataforma de generación de mapas de intensidad	\$7,049,000.00
3.1	Modificación y mejoramiento del software de generación de mapas para incluir nuevos modelados de atenuación del movimiento del terreno y modelado numérico de sismos con el fin de mejorar las estimaciones de intensidad en todo el país.	\$3,000,000.00
3.2	Calibración del sistema y pruebas con datos reales	\$1,000,000.00
3.3.1	Diseminación de los mapas, durante la vigencia del proyecto, empleando la infraestructura creada en la segunda fase del proyecto RSM.	\$1,200,000.00
3.3.2	Diseminación de los mapas, durante la vigencia del proyecto, empleando la infraestructura creada en la segunda fase del proyecto RSM. Fase 1, primer año.	\$1,200,000.00
3.3.3	Diseminación de los mapas, durante la vigencia del proyecto, empleando la infraestructura creada en la segunda fase del proyecto RSM. Fase 2, segundo año.	\$600,000.00
3.4	Elaboración del informe que describirá el software desarrollado así como el sistema de generación de mapas en tiempo real a nivel nacional. Fase 3, tercer año.	\$49,000.00
4	Sistema de generación de mapas de parámetros de movimiento del terreno e intensidades macrosísmicas en las ciudades de Acapulco, Oaxaca, Puebla, Guadalajara y Morelia	\$18,400,000.00
4.1.1	Diagnóstico de la información disponible y determinación de las exploraciones geofísicas por realizar para caracterizar la respuesta sísmica de tres ciudades	\$10,000,000.00
4.1.2	Diagnóstico de la información disponible y determinación de las exploraciones geofísicas por realizar para caracterizar la respuesta sísmica de una ciudad mas	\$2,200,000.00
4.1.3	Diagnóstico de la información disponible y determinación de las exploraciones geofísicas por realizar para caracterizar la respuesta sísmica de la quinta ciudad.	\$2,200,000.00
4.2.1	Ejecución de campañas de campo para realizar exploraciones geofísicas que permitan caracterizar las estructuras geológicas y la respuesta sísmica de la ciudad de Acapulco	\$700,000.00
4.2.2	Ejecución de campañas de campo para realizar exploraciones geofísicas que permitan caracterizar las estructuras geológicas y la respuesta sísmica de las ciudades de Oaxaca y Puebla	\$700,000.00
4.2.3	Ejecución de campañas de campo para realizar exploraciones geofísicas que permitan caracterizar las estructuras geológicas y la respuesta sísmica de las ciudades de Morelia y Guadalajara.	\$700,000.00
4.3.1	4.3. Desarrollo de los programas para el cálculo de estos mapas de movimiento del terreno y de intensidades macrosísmicas. Prueba y calibración de los programas desarrollados para la ciudad de Acapulco	\$300,000.00
4.3.	Desarrollo de los programas para el cálculo de estos mapas de movimiento del terreno y de	\$300,000.00

2	intensidades macrosísmicas. Prueba y calibración de los programas desarrollados para las ciudades de Oaxaca y Puebla.	
4.3.3	Desarrollo de los programas para el cálculo de estos mapas de movimiento del terreno y de intensidades macrosísmicas. Prueba y calibración de los programas desarrollados para las ciudades de Morelia y Guadalajara	\$300,000.00
4.4	Desarrollo de aplicación y portal de registro de intensidades macrosísmicas	\$1,000,000.00
5	Integración de señales sísmicas de las 20 Estaciones Acelerográficas Complementarias a la infraestructura de la RSM	\$11,183,000.00
5.1	Rediseño del sistema de adquisición de señales en tiempo real	\$3,000,000.00
5.2.1	Pruebas de recepción de las nuevas señales. Calibración y pruebas de los sistemas de generación de mapas actualmente en operación considerando las nuevas señales. Etapa 1.	\$300,000.00
5.2.2	Pruebas de recepción de las nuevas señales. Calibración y pruebas de los sistemas de generación de mapas actualmente en operación considerando las nuevas señales. Etapa 2.	\$300,000.00
5.2.3	Pruebas de recepción de las nuevas señales. Calibración y pruebas de los sistemas de generación de mapas actualmente en operación considerando las nuevas señales. Etapa 3.	\$300,000.00
5.3	Adquisición e instalación del equipo necesario para el reforzamiento del PCR.	\$2,000,000.00
5.4	Desarrollo de herramientas de software para la integración al sistema de adquisición de datos, monitoreo, procesamiento de la información y notificaciones.	\$5,000,000.00
5.5	Elaboración de informe	\$283,000.00
6	Adecuación de estaciones sismológicas	\$26,313,000.00
6.1	Evaluación de la operación de los OSE existente: orientación de los sensores y obtención de sus respuestas instrumentales. Planeación de acciones a tomar.	\$10,000,000.00
6.2	Adquisición del equipo necesario para lograr las mejoras en los OSE existentes.	\$12,250,000.00
6.3	Instalación, adecuaciones y mejoras en los OSE existentes.	\$3,500,000.00
6.4	Elaboración de informe.	\$563,000.00
7	Instalación de sistemas redundantes de telecomunicaciones y de cómputo.	\$75,792,000.00
7.1	Evaluación de las capacidades actuales.	\$10,000,000.00
7.2	Diseño de los Centros Alternos de Monitoreo para el SSN.	\$10,000,000.00
7.3	Adecuación de instalaciones físicas donde residirán los Centros de Monitoreo Alternos del SSN.	\$10,000,000.00
7.4	Adquisición del equipo de telecomunicación satelital.	\$20,000,000.00
7.5	Adquisición de equipo y mobiliario para los Centros Alternos de Monitoreo del SSN.	\$9,000,000.00
7.6	Puesta en operación de Centros Alternos de Monitoreo del SSN y del telepuerto del sistema de telecomunicación satelital.	\$16,250,000.00
7.7	Elaboración de informe.	\$542,000.00

m) Monto, descripción y justificación de los Gastos de Operación y Supervisión

- Montos

Gastos de Operación	\$	NA	%
Gastos de Supervisión	\$	NA	%
Total	\$	NA	%**

* Cantidad con letra.

** No debe rebasar el 3% sobre la coparticipación del FOPREDEN.

- Descripción

Gastos de Operación (descripción)		
Concepto	Descripción	Costo
	NA	
TOTAL		

Gastos de Operación (descripción)		
Concepto	Descripción	Costo
	NA	
TOTAL		

Gastos de Supervisión (descripción)		
Concepto	Descripción	Costo
	NA	
TOTAL		

- Justificación

NA
