Nombre del proyecto	Análisis de vulnerabilidad física a la subsidencia, hundimiento y agrietamiento en la Ciudad de México
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Trimestre / Total	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN

INFORME FINAL

1. Resumen Ejecutivo Final Reportado (Metas y Actividades programadas, Metas y Actividades alcanzadas, Indicadores de cumplimiento en términos porcentuales, etc.).

Durante el periodo comprendido entre el 01 de junio de 2016 al 10 de octubre de 2017, se brindó continuidad a las gestiones técnicas y administrativas correspondientes para la ejecución del Proyecto.

DESCRIPCIÓN DE AVANCE PARA CADA UNO DE LOS RUBROS DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES PLAZOS Y COSTOS (PAPC)		TRIMESTRE QUE SE REPORTA	
Nombre de la actividad	**Breve descripción de la actividad desarrollada durante el trimestre.**	**ENTREGABLE**	**% AVANCE**
1. Procesos administrativos	Formalización de vinculación con el CENAPRED	1.1 Revisión y firma de documentos	100%
2. Diagnostico	Se realizó una búsqueda de distintos trabajos, agrupándolos en seis temas principales: Estudios Geomorfológicos, Geológicos, Geofísicas, Topográficos, Geotécnicos y de Percepción Remota.	2.1 Antecedentes de la problemática de la subsidencia y fracturamiento asociado	100%
	Se realizó una búsqueda de distintos trabajos, agrupándolos en seis temas principales: Estudios Geomorfológicos, Geológicos, Geofísicas, Topográficos, Geotécnicos y de Percepción Remota.	2.2 Recopilación de datos de subsidencia.	100%

Nombre del proyecto	Análisis de vulnerabilidad física a la subsidencia, hundimiento y agrietamiento en la Ciudad de México
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Trimestre / Total	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN
INFORME FINAL

3. Diseño de un Sistema de Información Geográfica	Se realizó una búsqueda de distintos trabajos, agrupándolos en seis temas principales: Estudios Geomorfológicos, Geológicos, Geofísicas, Topográficos, Geotécnicos y de Percepción Remota.	3.1 Adquisición y recopilación de información bibliográfica y bases de datos geográficos	100%
	Diseño y escala cartográfica de la zona de estudio Proyección cartográfica	3.2 Estandarización de la base de datos	100%
	Estructura del Sistema de Información Geográfica Estandarización de bases de datos Diccionario de datos geográficos Descripción de cartografía digital para la entrega del reporte y descripción del formato de cartografía para campo (1:20,000, 1:10,000)	3.3 Elaboración de cartografía digital e impresa	100%
4. Cartografía del fracturamiento y agrietamiento	Se entregó información geo-referenciada sobre las zonas de deformación y los sistemas de fracturamiento identificados en la Ciudad de México, en formatos compatibles con el Atlas Nacional de Riesgos	4.1 Identificación y geo-referenciación de los sistemas de fracturamiento	100%

	Se entrega reporte de levantamiento y procesamiento de perfiles de Radar de Penetración Terrestre (RPT) y de perfiles de sísmica de ondas superficiales (MASW, por sus siglas en inglés) con corrección de topografía.	4.2 Análisis de la distribución espacial del fracturamiento	
5. Estudios geofísicos de alta resolución en sitios de deformación crítica	Se entrega reporte de levantamiento y procesamiento de perfiles de Radar de Penetración Terrestre (RPT) y de perfiles de sísmica de ondas superficiales (MASW, por sus siglas en inglés) con corrección de topografía.	5.1 Adquisición y procesamiento de datos RPT	100%
		5.2 Adquisición y procesamiento de datos MASW	100%
6. Análisis de la vulnerabilidad	Se plantea y desarrolla una metodología semi-cuantitativa con variables ponderadas, para crear un índice de la vulnerabilidad del medio físico al fracturamiento	6.1. Estimación de la vulnerabilidad del medio físico al fracturamiento	100%
	Planteamiento teórico-metodológico del enfoque de la vulnerabilidad social y desarrollará una metodología cuantitativa con variables extraídas y procesadas del Censo de Población 2010 (INEGI), para crear un índice estadístico de vulnerabilidad social (IVS), cuyo nivel de análisis espacial comprenderá la	6.2. Estimación de la vulnerabilidad social a nivel AGEB	100%
		6.3 Análisis de la vulnerabilidad	100%

	denominación de Área Geoestadística Básica (AGEB), que comprenden el entorno de la Ciudad de México. Creación de un índice de vulnerabilidad social al fracturamiento por área geoestadística básica (IVSF-AGEB-IGVF), que se desprenderá del análisis de correlación entre los índices de vulnerabilidad social y de vulnerabilidad general del medio físico al fracturamiento	social al fracturamiento	
7. Preparación de Informe Final	Se propone un modelo numérico de la deformación en un sitio especifico. Identificando valores de frontera y condiciones iniciales	7.1 Modelo numérico de la deformación.	100%
	Presentación de los índices propuestos para evaluar la vulnerabilidad y cartografía digital elaborada durante la realización del proyecto	7.2 Implementación de la base de datos en el Sistema de Información Geográfica	100%
	A partir del mapa de vulnerabilidad social al fracturamiento por AGEB, se	7.3	100%

	sintetizaran las variables físicas para obtener el mapa final de vulnerabilidad al fracturamiento	Mapa de vulnerabilidad al fracturamiento	
	Discusión de los resultados del modelo numérico y del mapa de vulnerabilidad al fracturamiento a partir de la integración de los resultados de las actividades 5 y 6.	7.4 Conclusiones y Resultados	100%

Describir cada uno de los resultados alcanzados, indicando de manera cuantitativa en qué medida cubre lo comprometido en la Ficha Técnica.

Se realizó una búsqueda de distintos trabajos, agrupándolos en seis temas principales: Estudios Geomorfológicos, Geológicos, Geofísicas, Topográficos, Geotécnicos y de Percepción Remota.

Se estandarizó la información georreferenciada para asegurar su compatibilidad con el Atlas Nacional de Riesgos.

Se generó el diseño de un sistema de información Geográfica para su consulta de la información.

Se publicó vía web un Sistema de Información Geográfica.

Se cartografiaron las zonas de deformación crítica y los sistemas de fracturamiento que existen en la Ciudad de México, y se realizaron los estudios geofísicos de alta resolución necesarios para identificar las condiciones geológicas, la estructura del subsuelo y las condiciones de propagación de fracturamiento.

Índice General de Vulnerabilidad Física al Fracturamiento construido a partir de métodos de álgebra de mapas. El resultado final se refleja en un mapa de análisis y su correspondiente reporte de trabajo.

Índice estadístico construido a partir de la técnica multivariada de análisis de componentes principales, que además de proveer de un análisis numérico robusto, permitirá obtener una

clasificación territorial de la vulnerabilidad social. El resultado final comprende un mapa de análisis y su respectivo informe de trabajo.

Índice de vulnerabilidad con información topográfica, geológica, geofísica y geográfica poblacional considerada como pertinente para el estudio de la vulnerabilidad física a la subsidencia y agrietamiento en la Ciudad de México, así como el resultado final se expresa en un mapa de análisis con su respectivo reporte técnico.

Adicionalmente se realizó:

1 reporte del modelo numérico de la deformación en un sitio especifico, cobertura: 100%

1 reporte de la implementación de la base de datos en el sistema de información geográfica, cobertura: 100%

1 reporte del mapa de vulnerabilidad al fracturamiento, cobertura: 100%

1 reporte de conclusiones y discusión de resultados, cobertura: 100%

Los resultados, ¿de qué forma abonan a la parte preventiva del proyecto?

La identificación de los mecanismos que generan las fracturas en la Ciudad de México permite tomar decisiones preventivas a las autoridades encargadas de la protección civil, así como las de planeación del territorio para evitar la construcción de infraestructura en las zonas identificadas de alta vulnerabilidad física al fracturamiento evidente y potencial.

El modelo numérico de la deformación, realizado con el método de Elementos Finitos (MEF), permitió simular las condiciones de ruptura que presenta la estructura del subsuelo ante un cambio en el estado de esfuerzos externos (cargas) e internos (presión de poro). La integración de la cartografía digital en un SIG facilitó la construcción e integración de los índices de vulnerabilidad física y social, a partir de esta información se elaboró el mapa de vulnerabilidad física a la subsidencia y al fracturamiento en la CDMX.

Finalmente, la discusión de los resultados obtenidos a partir del modelo numérico de la deformación y del mapa de vulnerabilidad al fracturamiento permitió identificar las zonas críticas que pueden ser afectadas por estos fenómenos y los factores que las determinan.
Señalar el proceso o la metodología empleada para la obtención de los productos reportados
Se recopilo información geo-referenciada de estudios previos sobre las fracturas existentes y de las condiciones del subsuelo de la Ciudad de México, se verificó su distribución mediante levantamiento campo y se identificaron zonas de deformación crítica. También analizó su relación con lineamientos estructurales regionales y se obtuvo su geometría y distribución espacial. Análisis basados en la construcción de índices estadísticos. Técnica multivariada de análisis de componentes principales. Análisis de correlación entre los índices de vulnerabilidad social y de vulnerabilidad general del medio físico al fracturamiento. Adicionalmente se realizaron estudios puntuales de geofísica de alta resolución, aplicando los métodos de Radar de Penetración Terrestre y propagación de ondas sísmicas superficiales con ajuste topográfico para estudiar la estructura del subsuelo y su relación con las condiciones de propagación de la deformación del terreno y del agrietamiento del subsuelo. Aplicación del método de elementos finitos para la construcción del modelo de deformación al fracturamiento en un sitio de estudio. Estandarización y homologación de la cartografía digital para su integración en un SIG. Análisis de relación espacial de los mapas de Vulnerabilidad social por fracturamiento a nivel AGEB y variables físicas que detonan el fenómeno de fracturamiento Discusión de los resultados obtenidos a partir de la integración de la información.

2. Descripción detallada, en su caso, de las características de los bienes adquiridos de acuerdo al PAPC y lo comprometido dentro de la Ficha Técnica. Si se trata de equipo, incluir especificaciones técnicas y los mapas que se entreguen deberán tener formato shape.

No.	Concepto	Descripción
1	**Información geo-referenciada sobre el fracturamiento del subsuelo en la Ciudad de México.**	La información se entrega en formato shape en la proyección CCL y Datum ITR 94, la cual es compatible con las bases de datos del Atlas Nacional de Riesgos.
	Integración de la base de datos en un SIG en un disco duro	Integración de la información generada en un SIG almacenada en un disco duro
	Reporte de la base de datos en un SIG	Reporte de actividades la integración de la información cartográfica digital generada en un SIG
	Mapa de vulnerabilidad social al fracturamiento	Mapa digital en formato de archivo shapefile *.shp, con el comportamiento territorial del índice de vulnerabilidad social al fracturamiento para la Ciudad de México
	Reporte del mapa de vulnerabilidad social al fracturamiento	Reporte de estimación, desarrollo y resultados de análisis de la vulnerabilidad social al fracturamiento para la Ciudad de México, con mapa impreso anexo
	Conclusiones y discusiones	Reporte de la discusión generada a partir de la integración de la información generada a partir del modelo de deformación numérica y del mapa de vulnerabilidad al fracturamiento

3. Productos que se tienen al momento del reporte.

No.	Producto utilizable	Mecanismo de integración con la CNPC o el CENAPRED
1	Mapas del fracturamiento de la Ciudad de México y estudios geofísicos de alta resolución en sitios puntuales donde la deformación del subsuelo es crítica.	El formato en el cual se entrega su información garantiza su integración al Atlas Nacional de Riesgos, lo cual permite la consulta por parte de las autoridades encargadas de la Protección Civil y la Planeación Territorial.
	Integración de la base de datos en un SIG en un disco duro	Integración de la información generada en un SIG almacenada en un disco duro
	Reporte de la base de datos en un SIG	Reporte de actividades la integración de la información cartográfica digital generada en un SIG
	Mapa de vulnerabilidad social al fracturamiento	Mapa digital en formato de archivo shapefile *.shp, con el comportamiento territorial del índice de vulnerabilidad social al fracturamiento para la Ciudad de México
	Reporte del mapa de vulnerabilidad social al fracturamiento	Reporte de estimación, desarrollo y resultados de análisis de la vulnerabilidad social al fracturamiento para la Ciudad de México, con mapa impreso anexo
	Conclusiones y discusiones	Reporte de la discusión generada a partir de la integración de la información generada a partir del

		modelo de deformación numérica y del mapa de vulnerabilidad al fracturamiento

4. Comentarios

El Comité Interno de la Subcuenta de Investigación para la Prevención, aprobó el informe técnico final de este proyecto, mediante acuerdo RO/26/01/2018, con fundamento en el artículo 30 de los Lineamientos para la operación del Comité Interno de la Subcuenta de Investigación, en el marco del Acuerdo por el que se establecen las Reglas de Operación del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales.

Los productos finales del proyecto pueden ser visualizados en la siguiente liga:
URL http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/portal/Apps/Geociencias/