



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

Índice

**Actividad 1 Descripción del sistema de pronóstico numérico operacional para eventos extremos de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta y de su validación.**

**1.1 Descripción detallada del sistema de pronóstico. (Entregable)**

1.1.1.

Introducción.....5

1.1.2. Descripción de los modelos que se utilizarán.....9

1.1.3. Configuración de los modelos.....13

1.1.4 Visualización de los pronósticos y cálculo de incertidumbres.....18

1.1.5. Hardware en el cual se instalará el sistema de pronóstico.....21

**1.2 Bases teóricas de la validación de pronósticos numéricos y estrategias de verificación. (Entregable)**

1.2.1. Introducción.....22

1.2.2. Tipos de pronósticos y datos para su verificación.....25

1.2.3. Características de un buen pronóstico.....26



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

1.2.4. Calidad de los datos.....	28
1.2.5. Métodos de verificación estándar.....	32
1.2.6. Estrategias propuestas para la verificación de los pronósticos en el sistema MMOM.....	36

**Actividad 2. Implementación de los modelos e integración del sistema**

**2.1 Implementación de los modelos WRF, WWIII y ADCIRC en un equipo de cómputo de alto rendimiento. (Entregable)**

2.1.1. Implementación del modelo WRF.....	42
2.1.2. Implementación del modelo WWIII.....	44
2.1.3. Implementación del modelo ADCIRC.....	46

**2.2 Integración de los modelos de pronóstico en un sistema automatizado. (Entregable)**

2.2.1. Módulo de ejecución y graficado del modelo WRF.....	49
2.2.2. Módulo de ejecución y graficado del modelo WWIII.....	50
2.2.3. Módulo de ejecución y graficado del modelo ADCIRC.....	52



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

---

2.2.4. Módulo de respaldo de la información.....	55
 <b>Actividad 3. Evaluación del desempeño de los pronósticos, determinación de incertidumbres e implementación del sistema de visualización</b>	
 <b>3.1 Análisis del desempeño de los modelos con base en un período de pruebas. (Entregable)</b>	
3.1.1 Evaluación del desempeño del modelo WRF.....	56
3.1.2 Evaluación del desempeño del modelo WWIII.....	58
3.1.3 Evaluación del desempeño del modelo ADCIRC.....	60
 <b>3.2 Integración al sistema de pronóstico de un estimador de la incertidumbre y un identificador de eventos extremos. (Entregable)</b>	
3.2.1. Introducción.....	62
3.2.2. Alertamientos.....	64
3.2.3. Determinación de valores para incertidumbres.....	65
3.2.4. Sitio Web.....	68
 <b>3.3 Implementación del sistema de visualización de la información. (Entregable)</b>	
3.3.1 Introducción.....	70
3.3.2 Conexión de equipos.....	72



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

---

3.3.3 Sitio Web.....	73
3.3.4 OWGIS.....	75
3.4 Curso de capacitación para el pronóstico operacional de eventos extremos.....	77



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

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

Durante el periodo comprendido entre el 21 de octubre de 2015 al 01 de diciembre, se brindó continuidad a las gestiones correspondientes para la ejecución del Proyecto.

DESCRIPCIÓN DE AVANCE PARA CADA UNO DE LOS RUBROS DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES PLAZOS Y COSTOS (PAPC)			
Nombre de la actividad	Breve descripción de la actividad desarrollada	ENTREGABLE	% AVANCE
1 Descripción del sistema de pronóstico numérico operacional para eventos extremos de las condiciones	1.1.1. Introducción Año con año el país se ve afectado por fenómenos hidrometeorológicos tales como ciclones tropicales y huracanes, los cuales provocan pérdida de vidas humanas y daños materiales	1.1 Descripción detallada del sistema de pronóstico.	100%



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

<p><b>meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta y de su validación.</b></p>	<p>asociados a inundaciones, desbordamiento de ríos, oleaje e inundación por marea de tormenta.</p> <p>Para contribuir a la prevención de los efectos arriba mencionados, se desarrollará un Sistema Operacional de Pronóstico Numérico de las condiciones meteorológicas, de oleaje y de marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos numéricos empleados y la determinación de incertidumbres en los pronósticos.</p> <p>Los sistemas operacionales de pronóstico numérico se han convertido en una herramienta indispensable para apoyar el análisis de los especialistas en fenómenos hidrometeorológicos, de marea de tormenta y marejada. Estos sistemas se encuentran en constante desarrollo, permitiendo mayor certeza</p>		
---	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>sobre el peligro que representa cada fenómeno. El desarrollo del sistema propuesto se enmarca en este esquema, buscando mejorar los pronósticos numéricos con los que se cuenta en México e incluir, por primera vez, incertidumbres en los pronósticos de las variables más importantes, en particular de la precipitación, la temperatura, las variaciones del nivel del mar y el oleaje.</p> <p>El sistema proporcionará información sobre regiones que puedan verse afectadas, en el corto plazo, por precipitaciones extremas, vientos intensos, oleaje y sobre-elevación del nivel del mar por marea de tormenta, la cual podrá ser transmitida a los estados y municipios para que se tomen medidas preventivas encaminadas a reducir pérdidas y daños asociados a los</p>			
--	--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>impactos de estos fenómenos naturales extremos. El sistema es autocontenido y trabaja de forma automática, sin la necesidad de que un operador lo active cada día. Se generarán varios miles de productos gráficos para apoyar la tarea de las personas encargadas de emitir pronósticos y boletines, así como para ayudar a los tomadores de decisiones a explicar e interpretar las condiciones observadas. El sistema incluye un servidor de visualización que puede ponerse en Intranet o Internet para que diversos usuarios puedan consultarlo.</p> <p>Para su desarrollo se cuenta con varios años de experiencia, ya que el Grupo Interacción Océano- Atmósfera (IOA) del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la UNAM ha venido desarrollando sistemas de pronóstico</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>numérico desde 2007. Entre ellos podemos mencionar los sistemas de pronóstico meteorológico, de oleaje, de marea de tormenta y de dispersión de ceniza volcánica desarrollados para dependencias como el CENAPRED, PEMEX, el Servicio Meteorológico Nacional y para el propio CCA. Todos estos sistemas de pronóstico numérico continúan operando al día de hoy. Asimismo, se realizó un estudio numérico para el INECC sobre la reconstrucción del derrame petrolero ocurrido en 2010 en el Golfo de México.</p> <p><b>1.1.2. Descripción de los modelos que se utilizarán.</b></p> <p>El sistema de pronóstico MMOM se basa en tres modelos numéricos: el</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>modelo atmosférico de mesoescala Weather Research and Forecasting (WRF) (Skamarock et al., 2008), el modelo de marea de tormenta Advanced Circulation (ADCIRC) (Luettich and Westerink, 2004), y el modelo de oleaje y marejada WAVEWATCH III (Tolman, 2009). También se correrán programas especialmente desarrollados para preprocesar la información que se requiere para correr los diferentes modelos, postprocesar sus salidas, generar gráficas y transferirlas al servidor web. Además, se incluirá un sistema de visualización de los pronósticos mediante el software OWGIS (Zavala-Romero et al., 2014), que es un sistema dinámico de código abierto desarrollado por uno de los participantes en el proyecto. El sistema también contará</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>con un sitio web para el despliegue de los pronósticos en forma gráfica, y con una base de datos para almacenar pronósticos históricos, los cuales también pueden ser consultados a través del portal web.</p> <p>Del modelo WRF se extraerán las variables de presión en superficie y vientos a 10 m, las cuales se utilizarán para forzar los modelos ADCIRC y WWIII; estos datos tienen que cambiarse de formato para adaptarse a las mallas y formatos requeridos por los modelos. Los datos de entrada para el WRF se obtienen del modelo de pronóstico Global Forecast System (GFS), disponible en el sitio de Internet <a href="ftp://ftpprd.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/gfs/prod/">ftp://ftpprd.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/gfs/prod/</a>. Una vez obtenidas las condiciones iniciales y de frontera se</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>correrá el modelo de pronóstico meteorológico WRF y posteriormente se correrá el modelo WWIII en tres dominios: uno para todo el Pacífico, utilizando como forzamiento los vientos del GFS, y dos para los mares mexicanos y zonas adyacentes, usando los vientos generados por el WRF. Para el dominio del Pacífico mexicano se utilizarán, como condiciones de frontera, los campos generados por el pronóstico del dominio que incluye a todo el Pacífico. Posteriormente se correrá el modelo de marea de tormenta ADCIRC, utilizando como forzamiento los vientos generados por el WRF y como condiciones de frontera las principales componentes de la marea astronómica. Las componentes de la marea se obtienen del TPXO Global Tidal</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>Solutions (<a href="http://volkov.oce.orst.edu/tides/global.html">http://volkov.oce.orst.edu/tides/global.html</a>). Una vez obtenidas las salidas de los tres modelos, se generarán los gráficos correspondientes y se enviarán al servidor web y a la base de datos del MMOM.</p> <p><b>1.1.3. Configuración de los modelos</b> En el desarrollo del MMOM se utilizará la versión más actual del modelo WRF, la 3.8.1 (WRF, 2017). La configuración del modelo WRF que se usará en el sistema ha sido diseñada para realizar un pronóstico de tipo operativo para los mares mexicanos y zonas adyacentes, incluyendo parte del Mar Caribe con el objeto de dar seguimiento a los ciclones tropicales que puedan afectar las costas nacionales. Esta configuración incluirá</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>los desarrollos previos con que cuenta el sistema de pronóstico del CCA-UNAM, incluyendo la actualización de la capa con información de uso y cobertura de suelo.</p> <p>Los Dominios para satisfacer las necesidades del MMOM, el dominio abarcará los mares mexicanos y las zonas de influencia de marea de tormenta (aunque éste puede cambiar al realizarse las evaluaciones preliminares del sistema). En principio, su extensión cubrirá la región de 10°N a 35°N y de 120°W a 75°W, con una resolución de 21 km en la horizontal y al menos 27 niveles en la vertical . Asimismo, se implementará un anidamiento para la parte central de México, cubriendo un dominio que va de 15°N a 22°N y de 106°W a 94°W con una resolución</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>horizontal de 7 km.</p> <p>Condiciones iniciales y de frontera se tomarán de las salidas del modelo GFS para las 00:00 horas GMT.</p> <p>Configuración del modelo WWIII, pronóstico de oleaje se utilizará la versión 5.16, la cual fue liberada públicamente el 31 de octubre de 2016. El WWIII fue elegido para el MMOM debido a las ventajas que tiene en cuanto a la implementación de anidamientos dinámicos.</p> <p>Se utilizarán tres dominios: uno que abarca la mayor parte del océano Pacífico (que denominaremos Océano Pacífico) con una resolución de un grado (~111 km); otro que abarca las costas mexicanas adyacentes al Pacífico (que denominaremos Pacífico Mexicano) con una resolución de 21 km; y el</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>tercero que incluye al Golfo de México y parte del Mar Caribe (que denominaremos Golfo de México), también con una resolución de 21 km. En la Figura 7 se muestran las regiones que abarcarán los tres dominios usados en el WWIII.</p> <p>Las condiciones iniciales sobre el dominio del Océano Pacífico se tomarán del modelo de escala global GFS, y para los dominios del Pacífico Mexicano y Golfo de México-Mar Caribe se tomarán de la salida del modelo meteorológico WRF. La ventaja de los datos del WRF es que tienen mayor resolución espacial y temporal, lo cual permite simular más adecuadamente las variaciones de los vientos observados cerca de las costas mexicanas. La variable atmosférica utilizada como</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>entrada es el viento a 10 m sobre la superficie, la cual se interpolará a las distintas mallas del modelo.</p> <p>Configuración del modelo ADCIRC, En el sistema de pronóstico propuesto se correrá el modelo ADCIRC en dos dimensiones integrado en la vertical.</p> <p>Se implementará en dos dominios: uno que cubre el Golfo de México y la región noroccidental del Mar Caribe, con coordenadas 99°W a 81°W y de 16°N a 30.50°N, y otro que abarca el Pacífico Mexicano y zonas adyacentes, con coordenadas 123.55°W a 75°W y de 4.40°N a 38.81°N. La resolución a lo largo de las costas mexicanas será de aproximadamente 500 m. En las Figuras 10 y 11 se presentan ejemplos de mallas no estructuradas similares a las que se usarán para las simulaciones en ambos</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>dominios.</p> <p><b>1.1.4 Visualización de los pronósticos y cálculo de incertidumbres</b></p> <p>Para la visualización de los pronósticos se construirán dos módulos complementarios. Uno con gráficos e información preprocesada que sintetizará las alertas y permitirá visualizar una gran variedad de productos gráficos, y el otro, de última generación, que servirá para presentar en forma interactiva mapas en la web con las variables más importantes.</p> <p>Para visualizar la información en el primer módulo se desarrollará software para construir un sitio web con las especificaciones más rigurosas para sitios de Internet, que permita el despliegue con diferentes navegadores y sistemas</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>operativos sin la necesidad de algún controlador adicional, como por ejemplo Flash. El portal se desarrollará en una plataforma LAMP (Linux-Apache-MySQL-PHP) el cual se implementará en un servidor de visualización, que es parte del sistema de pronóstico.</p> <p>El segundo módulo estará basado en la aplicación web de código abierto OWGIS (Zavala-Romero et al., 2014), que está desarrollada principalmente en Java y Javascript. Este software se utiliza para generar, de forma dinámica, sitios web de Sistemas de Información Geográfica (o GIS por sus siglas en inglés). OWGIS se ha utilizado para generar páginas web que despliegan distintos datos georeferenciados, entre ellos datos oceanográficos y atmosféricos. Las páginas web creadas</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>con OWGIS permiten visualizar y analizar datos georeferenciados a partir de animaciones temporales, series de tiempo, perfiles verticales, transectos, animaciones de líneas de corriente y viento, proyecciones en 3D, etc. De igual forma, OWGIS facilita el uso de distintas paletas de colores, la generación de páginas web en distintos idiomas, la descarga de datos, así como el despliegue de los datos en dispositivos móviles.</p> <p>Para la parte del cálculo y la visualización de las incertidumbres de los modelos, se integrará al sistema un estimador de la incertidumbre de los pronósticos para determinadas variables y un identificador de eventos extremos.</p> <p>Se emitirán alertas para eventos extremos se construirán con base en la</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>climatología de cada región.</p> <p><b>1.1.5. Hardware en el cual se instalará el sistema de pronóstico</b></p> <p>El sistema de pronóstico numérico MMOM incluirá un servidor para correr los modelos y los programas de graficado, preprocesado y postprocesado de la información; una computadora/servidor de visualización para el almacenamiento de los pronósticos históricos y el despliegue gráfico de los pronósticos; un ruteador para distribuir la información y tener conexión directa de equipos, y un switch para la conexión de los equipos a Internet. Además se incluirán otros componentes, como unidades UPS y cableado de diversos tipos.</p> <p>Se propone implementar el sistema de</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	pronóstico en un equipo de memoria distribuida con la siguiente configuración (ésta puede cambiar de acuerdo con el avance de las tecnologías, pero en cualquier caso tendrá una capacidad similar o superior).		
	<p><b>1.2.1. Introducción</b></p> <p>La verificación de un pronóstico es el proceso de evaluar su calidad y es una parte indispensable en la investigación meteorológica y en las actividades del pronóstico operacional. Dicho proceso consiste en comparar el pronóstico contra una observación de lo que ocurrió en la realidad o contra alguna buena estimación del resultado verdadero (CAWCR; Wilks, 2006). Existe una amplia variedad de métodos para la verificación de pronósticos, pero todos</p>	<p><b>1.2 Bases teóricas de la validación de pronósticos numéricos y estrategias de verificación.</b></p>	100%



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>ellos involucran medidas de la relación entre el valor pronosticado y la observación correspondiente (Wilks, 2006). Si se diseña adecuadamente la metodología, los resultados de la verificación pueden satisfacer efectivamente las necesidades de grupos muy diversos, incluyendo modeladores, pronosticadores y usuarios de la información de los pronósticos (Casati et al., 2008). La verificación puede ser cualitativa o cuantitativa; en ambos casos debe proporcionar información respecto a la naturaleza de los errores del pronóstico.</p> <p>En general, las razones para realizar la verificación de un pronóstico se pueden clasificar en administrativas, científicas y económicas. El punto de vista científico está relacionado con el entendimiento y,</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>en consecuencia, con el mejoramiento del sistema de pronóstico. Una evaluación detallada de las fortalezas y debilidades de un conjunto de pronósticos generalmente requiere de varios puntajes. Una mayor inversión en esquemas de verificación complejos resultará en una mejor apreciación sobre las deficiencias del pronóstico y, con ello, en la posibilidad de mejorar el entendimiento de los procesos físicos que están siendo pronosticados (Jolliffe, 2012). Algunas de las razones más importantes para verificar los pronósticos son: (a) monitorear la calidad de los pronósticos en el tiempo, (b) comparar la calidad de diferentes sistemas de pronóstico, y (c) mejorar la calidad de los pronósticos a través de una mejor comprensión de sus errores</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>(WMO, 2008). En última instancia, la justificación para la realización de un pronóstico es para apoyar una mejor toma de decisiones; esto dependerá de las características de sus errores, las cuales se harán evidentes a través de los métodos de verificación (Wilks, 2006).</p> <p><b>1.2.2. Tipos de pronósticos y datos para su verificación</b></p> <p>Hay muchos tipos de pronósticos, cada uno de los cuales requiere de métodos de verificación ligeramente distintos, aunque generalmente es posible convertir de un tipo de pronóstico a otro simplemente reacomodando, categorizando o estableciendo umbrales para los datos.</p> <p>Junto con un incremento en los tipos de pronóstico disponibles, también han</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>habido cambios en la cantidad y naturaleza de los datos disponibles para verificar los pronósticos. Los cambios en los datos incluyen cambios en las estaciones de observación, cambios de ubicación y tipo de instrumentos de medición, y en la cantidad creciente de datos obtenidos remotamente por satélites, radares o dispositivos de registro automáticos.</p> <p><b>1.2.3. Características de un buen pronóstico</b></p> <p>Para un tipo de datos dado, es sencillo construir un puntaje numérico que mida la calidad relativa de diferentes pronósticos. Ciertamente, existe todo un rango de puntajes posibles. Cualquier conjunto de pronósticos puede entonces jerarquizarse como el mejor, el segundo</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>mejor, ..., el peor, de acuerdo a un puntaje elegido, aunque la jerarquización no necesita ser la misma para diferentes elecciones del puntaje. Surgen entonces dos preguntas: ¿Cómo elegir los puntajes a usar? y ¿Cómo evaluar la calidad absoluta, en lugar de la relativa, de un pronóstico?. Para abordar la primera de estas preguntas se han hecho intentos para definir las propiedades deseables de los puntajes potenciales (Jolliffe, 2012). La mayoría de los puntajes tienen algunas fortalezas, pero todos tienen debilidades, y en la mayoría de las circunstancias se requiere más de un puntaje para obtener un panorama informado de los méritos relativos de los pronósticos. Por ello, un sistema de verificación a menudo incluirá el cálculo de varias medidas, elegidas para describir</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>los atributos que son más pertinentes para cumplir con el objetivo de la verificación (Jolliffe, 2012).</p> <p><b>1.2.4. Calidad de los datos</b></p> <p>No siempre se cuenta con datos de buena calidad para llevar a cabo la evaluación de los pronósticos. Generalmente, los servicios meteorológicos nacionales tienen procedimientos para el control de calidad que detectan muchos errores, pero los grandes volúmenes de datos que se manejan hacen más factible que algunos datos erróneos lleguen a la red. Una mayor dependencia en los datos que se derivan indirectamente mediante algún paso de calibración, por ejemplo la intensidad de la lluvia estimada a partir de los datos de radar,</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>también incrementa la posibilidad de sesgos en los datos inferidos (Jolliffe, 2012).</p> <p>Cuando los datos para la evaluación son incorrectos, el pronóstico es verificado contra algo distinto a la realidad, con consecuencias imprevisibles en los puntajes de verificación. En grandes conjuntos de datos, los datos faltantes siempre han sido comunes, por diversas razones. Los datos faltantes pueden ser ignorados o pueden estimarse a partir de datos relacionados y usarse para la verificación. Esto último es lo más recomendable si se tienen buenas estimaciones, ya que evita desperdiciar información, pero si las estimaciones son pobres, los puntajes de verificación resultantes pueden ser engañosos (Jolliffe, 2012).</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>Pueden faltar datos de manera aleatoria, o de alguna forma no aleatoria en la cual ciertos valores particulares de la variable pronosticada son más propensos a faltar que otros. Para datos faltantes aleatoriamente, es probable que el puntaje promedio de verificación no se vea muy afectado, aunque generalmente su variabilidad se incrementará. Para datos que faltan de una manera más sistemática, los puntajes de verificación pueden estar sesgados, así como tener mayor variabilidad (Jolliffe, 2012).</p> <p>Un tipo especial, pero común, de datos faltantes ocurre cuando las mediciones de las variables de interés no han sido obtenidas para un período suficientemente largo para poder establecer una climatología confiable. Este es un problema particular cuando</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>se pronostican eventos extremos, los cuales, por su naturaleza, ocurren raramente y se necesitan registros largos para deducir su naturaleza y frecuencia. El interés en los pronósticos de eventos extremos ha aumentado, en parte debido a los enormes impactos sociales y económicos que producen, pero también en relación a la gran cantidad de esfuerzos de investigación dedicados al cambio climático. Es deseable que un conjunto de datos incluya algunos valores extremos de modo que se logre cubrir todo el rango de observaciones posibles, pero por otra parte, un número pequeño de datos extremos puede tener una influencia excesiva sobre los valores de algunas medidas de habilidad y enmascarar la calidad de los pronósticos para valores no extremos. Para evitar</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>esto, tales medidas deben ser robustas o resistentes a la presencia de valores extremos en las observaciones o pronósticos (Jolliffe, 2012).</p> <p><b>1.2.5. Métodos de verificación estándar</b></p> <p>Verificación visual: es uno de los mejores y más antiguos métodos de verificación es el método visual. Hay formas comunes de presentar los datos, como las series de tiempo y los mapas. Este método es muy bueno si se tienen pocos pronósticos, o el interés no se centra en el cálculo de estadísticos cuantitativos. Aún en este último caso es muy recomendable visualizar los datos. Sin embargo, el método visual no es cuantitativo y es muy propenso a sesgos de interpretación subjetivos, por lo que debe usarse con precaución en cualquier</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>procedimiento formal de verificación.</p> <p>Por otra parte se tienen los métodos para pronósticos dicotómicos en donde se establece, “sí, un evento ocurrirá” o “no, el evento no ocurrirá”. Las predicciones de lluvia y neblina son ejemplos comunes de pronósticos dicotómicos. Para algunas aplicaciones se puede especificar una cota o umbral para separar el “sí” y el “no”, por ejemplo, vientos superiores a 30 m/s. Para verificar este tipo de pronósticos se comienza con una tabla de contingencia de 2 x 2 que muestra la frecuencia de pronósticos y ocurrencias de “sí’s” y “no’s”. Las cuatro combinaciones de pronósticos (sí o no) y observaciones (sí o no).</p> <p>Los métodos para pronósticos multi-categoría, también incluyen una tabla</p>			
--	--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>de contingencia mostrando la frecuencia de los pronósticos y las observaciones en las distintas categorías. Dicha tabla es análoga a un diagrama de dispersión para categorías. Puesto que la creación de una tabla de contingencia representa una agrupación de los datos en categorías, esto genera problemas con el tamaño de muestra. La selección de categorías suele ser un compromiso entre la importancia para los usuarios de la información de verificación y el objetivo estadístico de tener muestras representativas (suficientemente grandes) en cada categoría de la tabla.</p> <p>Métodos para pronósticos de variables continuas, estos miden qué tanto difieren los valores de los pronósticos de los valores de las observaciones. Incluyen gráficos exploratorios tales como</p>			
--	---	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>diagramas de dispersión, histogramas y diagramas de caja (box plots), así como también varios puntajes.</p> <p>Métodos para pronósticos probabilísticos</p> <p>La verificación de pronósticos probabilísticos es más sutil que la verificación de pronósticos no-probabilísticos, ya que estos últimos no contienen expresiones de incertidumbre sino que es claro si el pronóstico individual es correcto o no. Un pronóstico probabilístico proporciona la probabilidad de ocurrencia de un evento, asignando un valor entre 0 y 1 (o 0 y 100%). En general es difícil verificar un solo pronóstico probabilístico por lo que, en su lugar, la evaluación se hace usando una colección de parejas de pronósticos probabilísticos, <math>p_i</math>, y observaciones de la</p>			
--	--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>ocurrencia (<math>oi = 1</math>) o no ocurrieron (<math>oi = 0</math>) del evento de interés. La información relevante para la verificación de estos pronósticos está contenida en la distribución conjunta de pronósticos y observaciones. Entre los métodos y puntajes más utilizados en este caso, podemos mencionar los siguientes: diagrama de confiabilidad, Puntaje de Brier (Brier score, BS), Puntaje de habilidad de Brier (Brier skill score, BSS), Curvas características de operación (Relative Operating Characteristic, ROC).</p> <p><b>1.2.6. Estrategias propuestas para la verificación de los pronósticos en el sistema MMOM</b></p> <p>La elección de los métodos de verificación depende del propósito de la</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>verificación y de la naturaleza del pronóstico que está siendo verificado. En este sentido, para llevar a cabo la verificación de los pronósticos que generará el MMOM se elegirán, de entre los métodos gráficos y puntajes descritos en las secciones previas, aquéllos que sean más adecuados en cada caso, es decir, dependiendo de la variable a analizar. En principio, se pretenden implementar las siguientes estrategias de verificación de pronósticos en el MMOM:</p> <p>Se realizará, hasta donde sea posible, un control de calidad simple de los datos observados en estaciones de monitoreo del Servicio Meteorológico Nacional que sean usados para la verificación de los pronósticos de variables meteorológicas como la temperatura y la</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>precipitación.</p> <p>Realizar comparaciones con observaciones puntuales, ya sea interpolando los datos del modelo a los sitios donde se tienen las mediciones o considerando el punto o nodo de malla más cercano al sitio de observación.</p> <p>Para la verificación del pronóstico de precipitación se promediarán las observaciones en los cuadros de malla.</p> <p>Para sitios donde no se cuente con información de estaciones de monitoreo se harán comparaciones de las salidas del modelo contra datos de reanálisis, aunque debe tenerse en cuenta que los productos de reanálisis pueden tener errores asociados con el suavizado o alteraciones debidas al postprocesamiento de la información.</p> <p>Se pretende realizar comparaciones</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>contra datos de radar para la verificación de los pronósticos de precipitación, dependiendo de la disponibilidad de datos que haya y de la calidad de éstos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pretende realizar comparaciones con datos satelitales referentes al lugar y momento de ocurrencia de eventos de precipitación, en particular para regiones remotas y sobre los océanos.</li> <li>• Se utilizarán los métodos de verificación para variables categóricas para analizar eventos de precipitación y de viento que rebasen ciertos umbrales específicos. En particular, se pretende calcular los siguientes puntajes: sesgo, exactitud,</li> </ul>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>probabilidad de detección, razón de falsas alarmas y el discriminante de Hanssen y Kuipers.</p> <p>Se utilizarán los métodos de verificación descritos para variables continuas, aplicándolos a variables como la temperatura, la cantidad de precipitación y la magnitud del viento. Además de los métodos gráficos de comparación de series de tiempo, mapas, diagramas de dispersión, histogramas y box plots, se calcularán los siguientes puntajes: promedio, desviación estándar, rango intercuartil, error medio (ME), error absoluto medio (MAE), raíz del error cuadrático medio (RMSE), coeficiente de correlación (r), y el puntaje de habilidad considerando algún pronóstico de referencia (persistencia</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>y/o climatología).</p> <p>Estratificar por tiempos: 24h, 48h, ..etc.</p> <p>Estratificar por estación del año: invierno (DEF), primavera (MAM), verano (JJA), otoño (SON).</p> <p>Estratificar por región geográfica: sitios costeros, montañas, ciudades importantes, etc.</p> <p>Para el caso de pronósticos probabilísticos, se estratificará por umbrales de intensidad para distintas variables. En estos casos se usarán los siguientes puntajes y gráficos para la verificación de los pronósticos: puntaje de Brier (BS), puntaje de habilidad de Brier (BSS), diagramas de confiabilidad y curvas características de operación (ROC).</p> <p>Se dará una estimación estadística del error en los pronósticos de trayectoria e</p>			
--	---	--	--	--

Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>intensidad de huracanes.</p> <p>Para realizar la verificación de los pronósticos de nivel del mar se usarán mediciones de los mareógrafos del Servicio Mareográfico de la UNAM.</p> <p>Para realizar la verificación de los pronósticos de oleaje se usarán datos de las boyas metoceanicas ubicadas en el Golfo de México.</p>		
<b>2. Implementación de los modelos e integración del sistema</b>	<p><b>2.1.1. Implementación del modelo WRF</b></p> <p>Se describen los productos que se generan en el Sistema de Pronóstico Meteorológico Operativo que se está desarrollando para CENAPRED utilizando el modelo de mesoescala WRF</p> <p>(<a href="http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/">http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/</a>). Estos productos se pueden consultar</p>	<p><b>2.1</b></p> <p><b>Implementación de los modelos WRF, WWIII y ADCIRC en un equipo de cómputo de alto rendimiento.</b></p>	100%



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>en el portal de internet: <a href="http://grupo-iaa.atmosfera.unam.mx/operativo">http://grupo-iaa.atmosfera.unam.mx/operativo</a> . Este sistema incluye muchos más productos gráficos que los que tiene el actual pronóstico del CCA-UNAM (<a href="http://grupo-iaa.atmosfera.unam.mx/pronosticos">http://grupo-iaa.atmosfera.unam.mx/pronosticos</a>).</p> <p>El pronóstico numérico del tiempo se realiza a cinco días (120 hrs) empleando el modelo WRF en su versión 3.7.1. Para llevar a cabo el pronóstico se implementaron dos dominios. El primero de ellos, que cubre completamente la República Mexicana, tiene una resolución horizontal de 15 km, y el segundo cubre la región central del país con una resolución de 5 km. Las variables meteorológicas que se visualizan son: precipitación acumulada, presión reducida al nivel medio del mar,</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>componentes del viento zonal y meridional, temperatura, temperatura potencial equivalente, índices de inestabilidad atmosférica (Energía potencial disponible para convección o CAPE, Índice de levantamiento (Lifted Index), Índice Total-Total, Índice K), agua precipitable, nubosidad, velocidad vertical omega, cizalladura del viento y humedad relativa. En determinados casos una variable meteorológica se muestra en ambos dominios, como es el caso de la precipitación acumulada</p> <p><b>2.1.2. Implementación del modelo WWIII</b></p> <p>Para la compilación del modelo WWIII se hizo uso de los compiladores PGI de C, C++ y FORTRAN, tanto en sus versiones en serie como en sus versiones</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>en paralelo. El modelo WWIII también requirió de la compilación de las librerías NetCDF y NCL-Ncarg. La compilación del modelo WWIII se lleva a cabo en dos etapas. En la primera etapa se deben de generar las librerías base y el archivo de configuración inicial, el cual contiene las banderas y variables de ambiente generales del modelo. Esta etapa se compiló haciendo uso del compilador pgfortran de PGI. En la segunda etapa de compilación es donde se deben generar uno a uno los programas de los cuales consta el modelo, para verificar su correcta creación. Esto se hace mediante el programa w3_make, el cual fue generado en la primera etapa. Es importante recalcar que en esta etapa se deben definir las opciones de los</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>compiladores y las banderas de compilación, las cuales determinan si el programa será ejecutado en serie o en paralelo, así como qué parametrizaciones se van a utilizar para distintos procesos. Para la automatización de la ejecución del modelo se hizo uso del lenguaje de scripting BASH (Bourne Again Shell) y para la generación de los productos gráficos se hizo uso del lenguaje NCL (NCAR Command Language).</p> <p><b>2.1.3. Implementación del modelo ADCIRC</b></p> <p>Para la compilación del modelo ADCIRC usamos los compiladores Intel y para la paralelización del código se usan las librerías MPI. Hemos trabajado mucho en la optimización de la compilación del código fuente para la</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>arquitectura del clúster de supercómputo “Ometéotl”. Esta optimización, que se realiza a través de “banderas” de compilación en el makefile del modelo, permite que la ejecución del modelo pueda ser más o menos rápida y eficiente.</p> <p>Al ser un modelo que utiliza mallas no estructuradas, la visualización de las salidas es más complicada que para otros modelos de mallas estructuradas o regulares. Para ello utilizamos el lenguaje de programación NCAR Command Language (NCL), el cual cuenta con rutinas para la visualización de las salidas de modelos con mallas no estructuradas.</p> <p>En la automatización del proceso de visualización hemos tenido complicaciones que han provocado</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	demoras para la puesta a punto del sistema. Particularmente ha sido necesario modificar los scripts de NCL que generan las imágenes para que sean adecuadas, en cuanto a formato, tamaño y calidad, para su visualización en el sitio web.		
	Los modelos de pronóstico han sido implementados en el clúster de supercómputo “Ometéotl” (Figura 28) del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. Para la automatización del sistema se hizo uso del lenguaje de scripting BASH, para lo cual se programó un script principal y 4 módulos de ejecución:	2.2 Integración de los modelos de pronóstico en un sistema automatizado	100%



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p><b>2.2.1. Módulo de ejecución y graficado del modelo WRF</b></p> <p>Este módulo se encarga de realizar las siguientes tareas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Descarga de los datos GFS para las condiciones iniciales y de frontera . Se descargan 41 archivos de datos con una resolución espacial de .25 grados horas y una resolución temporal de 3 horas.</li> <li>2. Preparación de los archivos de configuración. Esta parte del módulo se encarga de preparar los archivos de configuración namelist.wps y namelist.input, los cuales son requeridos por el modelo WRF para su ejecución.</li> <li>3. Ejecución del modelo WRF.</li> </ol>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>4. Graficado de los productos de meteorología. En esta sección se generan los productos gráficos haciendo uso del lenguaje de programación NCL (NCAR Command Language). Posteriormente este script copia las salidas gráficas al portal web de visualización, y actualiza su base de datos interna.</p> <p><b>2.2.2. Módulo de ejecución y graficado del modelo WWIII</b></p> <p>Este módulo se encarga de realizar las siguientes tareas:</p> <p>1. Interpolación de vientos para las condiciones iniciales y de frontera . Para poder forzar los tres dominios del</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>modelo WWIII (Pacífico Mundial, Pacífico Mexicano y Golfo de México) se realiza una interpolación de los archivos de viento a las mallas del modelo WWIII, en el caso del dominio Pacífico mundial se utilizan los vientos del modelo GFS, y en el caso de los dominios Pacífico Mexicano y Golfo de México se hace uso de los vientos generados por el modelo WRF.</p> <p>2. Preparación de los archivos de configuración. Para la ejecución del modelo WWIII es necesario preparar los siguientes archivos de configuración para cada una de las mallas y cada uno de los archivos de viento.</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>3. Ejecución del modelo de oleaje . Para poder ejecutar el modelo de oleaje se deben de correr de forma secuencial.</p> <p>4. Graficado de los productos de oleaje . En esta sección se generan los productos gráficos haciendo uso del lenguaje de programación NCL (NCAR Command Language) y la librería de herramientas de manipulación de imágenes Imagemagick. Posteriormente este script copia las salidas gráficas al portal web de visualización, y actualiza su base de datos interna.</p> <p><b>2.2.3. Módulo de ejecución y graficado del modelo ADCIRC</b></p> <p>Este módulo se encarga de realizar las</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>siguientes tareas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Interpolación de vientos para las condiciones iniciales y de frontera. Para poder forzar los dos dominios del modelo ADCIRC (Golfo de México y Pacífico Mexicano) se realiza una interpolación de los archivos de viento a las mallas del modelo ADCIRC, usando la presión y los vientos en superficie generados por el modelo WRF.</li> <li>2. Preparación de los archivos de configuración. Para la ejecución del modelo ADCIRC es necesario preparar los siguientes archivos de configuración para cada una de las mallas y cada uno de los archivos de viento.</li> </ol>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>3. Ejecución del modelo de marea de tormenta. Para poder ejecutar el modelo de marea de tormenta se deben de correr de forma secuencial varios programas.</p> <p>4. Graficado de los productos de marea de tormenta . En esta sección se generan los productos gráficos haciendo uso del lenguaje de programación NCL (NCAR Command Language) y la librería de herramientas de manipulación de imágenes Imagemagick. Posteriormente este script copia las salidas gráficas al portal web de visualización, y actualiza su base de datos interna.</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p><b>2.2.4. Módulo de respaldo de la información</b></p> <p>El proceso de respaldo de la información generada por la ejecución de los modelos consta de las siguientes etapas:</p> <p>1. Respaldo de los archivos de entrada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Entradas GFS del modelo WRF.</li> <li>b. Entradas de viento del modelo WWIII.</li> <li>c. Entradas de viento y presión del modelo ADCIRC</li> </ul> <p>2. Respaldo de los archivos de salida:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 2 archivos en formato NetCDF del modelo WRF.</li> <li>b. 35 archivos en formato NetCDF con</li> </ul>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>cada una de las variables de salida del modelo WWIII.</p> <p>c. 2 archivos en formato NetCDF del modelo ADCIRC.</p>		
<p><b>3. Evaluación del desempeño de los pronósticos, determinación de incertidumbres e implementación del sistema de visualización.</b></p>	<p><b>3.1.1 Evaluación del desempeño del modelo WRF</b></p> <p>Actualmente los modelos numéricos de predicción de los tiempos, tanto atmosféricos como oceánicos, son una herramienta fundamental para los tomadores de decisiones y encargados de la protección civil. Dichos modelos utilizan la información de las condiciones actuales proporcionada por instrumentos de medición ubicados sobre la superficie terrestre (en tierra y</p>	<p><b>3.1 Análisis del desempeño de los modelos con base en un período de pruebas</b></p>	<p>100%</p>



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>mar), así como de radiosondas y satélites meteorológicos, entre otros. Sin embargo, junto con las incertidumbres asociadas a la resolución de las ecuaciones que usan los modelos, la poca densidad y mala calidad de las observaciones que los alimentan afectan la precisión de las estimaciones. Asimismo, cabe mencionar que los errores en las predicciones numéricas crecen con el tiempo de pronóstico. Por ello, es fundamental llevar a cabo una evaluación del desempeño de los pronósticos numéricos con el objeto de asociarles cierto grado de confiabilidad.</p> <p>Se describen los métodos empleados para evaluar el desempeño de los</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>distintos modelos que componen el sistema de pronóstico desarrollado para el CENAPRED, así como los resultados obtenidos con base en un período de pruebas.</p> <p><b>3.1.2 Evaluación del desempeño del modelo WWIII</b></p> <p>En esta sección se describe la evaluación del pronóstico operativo de oleaje generado con el modelo WaveWatch III (WWIII). La evaluación se realizó para las 120 horas de pronóstico, haciendo un análisis cada 24 horas (1-24, 25-48, 49-72, 73-96, y 97-120). La validación únicamente se realizó para el dominio</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>del Golfo de México, debido a que para esta región se cuenta con observaciones de boyas.</p> <p>La metodología empleada incluyó los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simular las condiciones meteorológicas con el modelo WRF en modo pronóstico, para cada día, por 120 horas, para el año 2015; utilizar los pronósticos de viento para forzar el modelo WWIII y generar pronósticos para los mismos períodos de tiempo.</li> <li>• Obtener diferentes métricas estadísticas para las variables de interés, en este caso altura significativa, periodo y dirección de oleaje, que permitan</li> </ul>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>determinar la calidad del pronóstico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar la evaluación estadística para diferentes puntos en el Golfo de México, utilizando datos de boyas del NDBC de la NOAA.</li> </ul> <p><b>3.1.3 Evaluación del desempeño del modelo ADCIRC</b></p> <p>En esta sección se describe la evaluación del pronóstico operativo de marea de tormenta generado con el modelo ADCIRC para dos dominios (Golfo de México y Pacífico Mexicano) con base en un período de pruebas específico y para un evento extremo puntal. La evaluación se realizó para las 120 horas</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>de pronóstico, haciendo un análisis en intervalos de 24 horas (1-24, 25-48, 49-72, 73-96 y 97-120 hrs).</p> <p>La metodología empleada incluyó los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar simulaciones en ambos dominios para el año 2015 y para un evento extremo de marea de tormenta en el Golfo de México .</li> <li>• Obtener diferentes métricas estadísticas para la variable de interés (elevación de la superficie del mar), que permitan determinar la calidad del pronóstico de marea de tormenta.</li> <li>• Realizar la evaluación estadística para diferentes puntos utilizando los datos</li> </ul>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>del Servicio Mareográfico Nacional operado por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en la validación de un periodo de pruebas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la evaluación estadística para diferentes puntos utilizando los datos de estaciones mareográficas operadas por la National Oceanic and Atmospheric Administration de los EE.UU. en la validación de un evento extremo.</li> </ul>		
3.2.1. Introducción	Entre los objetivos específicos del Sistema de Pronóstico elaborado para el CENAPRED se incluye la estimación	3.2 Integración al sistema de pronóstico de un estimador de la incertidumbre y	100%



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>de incertidumbres para determinadas variables y la implementación de un identificador de eventos extremos. La información proporcionada por el sistema de pronóstico puede ser transmitida a las autoridades correspondientes en los estados y municipios con potencial afectación, de modo que puedan tomarse las medidas de prevención oportunamente. Cabe señalar que el sistema implementado para el CENAPRED es autocontenido y trabaja de forma automática, proporcionando una gran cantidad de productos gráficos para apoyar las tareas del personal encargado de emitir pronósticos, boletines y avisos de alerta</p>	<p><b>un identificador de eventos extremos.</b></p>	
--	---	---	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>por tiempo severo.</p> <p><b>3.2.2. Alertamientos</b></p> <p>Para los alertamientos meteorológicos se consideraron las variables de temperatura, viento y precipitación. Para establecer las alertas primero se calcularon los percentiles 0.1, 1, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95, 99 y 99.9 para cada variable, tomando como base los datos de un reanálisis generado con el modelo WRF para el período 1979-2017. Estos percentiles se calculan para cada punto de malla del modelo de manera que los valores extremos son diferentes para cada región.</p> <p>Los alertamientos para niveles de oleaje</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>extremo están implementados en las series de tiempo que se generan para sitios específicos.</p> <p>Los alertamientos por incremento del nivel del mar, en particular el incremento producido por la marea de tormenta debida a eventos extremos, están implementados en las series de tiempo que se generan para los sitios indicados.</p> <p><b>3.2.3. Determinación de valores para incertidumbres</b></p> <p>Para la obtención de un estimador de la incertidumbre, se generaron mapas promedio horarios de la raíz del error</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>cuadrático medio (RMSE). Los valores del RMSE promedio horario de cada estación se interpolaron al dominio del pronóstico.</p> <p>La metodología empleada incluyó los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para obtener una buena interpolación, se seleccionaron aquellas estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) que tuvieran arriba del 85% del total de registros durante el año de prueba (2015). Por lo tanto, se trabajó con 148 estaciones de las 188 que conforman la red de EMAs, distribuidas en todo el territorio nacional.</li> <li>• Con base en la metodología que se</li> </ul>			
--	---	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>siguió para la evaluación de los pronósticos meteorológicos (véase el Reporte de la Actividad 3.1.1), se obtuvo el RMSE promedio horario de las series de tiempo con el sesgo promedio removido.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En este caso, sólo se realizó la evaluación para la temperatura del aire a 2 m sobre la superficie debido a que, en general, las observaciones de viento en las EMAs presentan mucho ruido, asociado posiblemente a obstrucciones. Asimismo, para la precipitación se requiere de una mejor calidad y mayor cantidad de observaciones meteorológicas, además de una investigación detallada del pronóstico de</li> </ul>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>esta variable.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los valores de RMSE promedio horario para cada mes se interpolaron al dominio del pronóstico, obteniéndose el mapa correspondiente. Después se aplicó un filtro hanning paso bajos a los datos obtenidos de la interpolación y, finalmente, se guardaron en formato netCDF</li> </ul> <p><b>3.2.4. Sitio Web</b></p> <p>Desde la página de inicio del Sistema de Pronóstico del CENAPRED, se puede tener acceso a todos los productos gráficos y al sistema de visualización OWGIS.</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>El acceso a los alertamientos desde el sistema de visualización OWGIS se realiza por medio del menú principal que aparece de forma predeterminada a la izquierda, como un menú de acordeón.</p> <p>Después de seleccionar Alertas, de forma predeterminada, OWGIS muestra primero la capa de alertas para la temperatura y aparece un nuevo submenú (Fig. 3.2.4.6). Desde el nuevo submenú se puede acceder a alertas para cada día y hora de temperatura, viento y precipitación (Fig. 3.2.4.7). También existe la opción de elegir el mapa con los valores máximos obtenidos durante el</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	periodo completo de pronóstico para las mismas variables.		
	<p><b>3.3.1 Introducción</b></p> <p>El sistema de visualización que se implementó para el Sistema de Pronóstico Operacional desarrollado para el CENAPRED constituye una de sus partes fundamentales. Los modelos incorporados al sistema de pronóstico generan una gran cantidad de información de variables meteorológicas y oceánicas, a partir de la cual se generan productos adicionales que son de interés para los especialistas y los tomadores de decisiones. Por ello, es de suma importancia contar con un sistema de</p>	<p><b>3.3</b></p> <p><b>Implementación del sistema de visualización de la información</b></p>	<p>100%</p>



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>visualización que permita consultar y analizar, de manera expedita, los grandes volúmenes de información generados por las simulaciones numéricas mediante distintos tipos de gráficos y mapas. El sistema de visualización se puede consultar en el sitio grupo-<a href="http://ioa.atmosfera.unam.mx">ioa.atmosfera.unam.mx</a>.</p> <p>El sistema de procesamiento y visualización consta de dos sistemas autónomos de pronóstico. Por un lado, en el Centro de Ciencias de la Atmósfera se corren y visualizan los pronósticos; los modelos se corren en el cluster Ometéotl y los resultados se despliegan en un servidor de visualización. Paralelamente se ejecutan</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>los pronósticos, con el propósito de respaldo, en un sistema completamente autónomo alojado en las oficinas del CENAPRED.</p> <p><b>3.3.2 Conexión de equipos</b></p> <p>El sistema de almacenamiento JBOD , se conecta al servidor de procesamiento punto a punto por medio de un cable SAS3 .</p> <p>Tanto el servidor de procesamiento como el servidor Web están conectados directamente por InfiniBand , con ips 172.19.1.1 y 172.19.1.2, respectivamente. El protocolo de conexión entre ambos servidores es "NFS over RDMA" ( Remote Direct</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>Memory Access ), el cual se escogió debido a la gran cantidad de información a ser transmitida entre el servidor de procesamiento y el servidor web*.</p> <p>*(<a href="https://access.redhat.com/documentation/en-US/Red_Hat_Enterprise_Linux/6/html/Storage_Administration_Guide/nfs-rdma.html">https://access.redhat.com/documentation/en-US/Red_Hat_Enterprise_Linux/6/html/Storage_Administration_Guide/nfs-rdma.html</a>)</p> <p><b>3.3.3 Sitio Web</b></p> <p>El portal Web se implementó con las especificaciones más rigurosas para sitios en Internet, y permite el despliegue de la información con diferentes navegadores y sistemas operativos sin la necesidad de</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>un controlador adicional. El sitio Web se desarrolló utilizando las siguientes tecnologías:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistema de gestión de contenidos (CMS por sus siglas en inglés) Joomla 3.7.</li> <li>● Servidor de páginas Apache versión 2.4.</li> <li>● Lenguaje de programación PHP versión 7 en el lado del servidor.</li> <li>● Lenguaje de programación JavaScript en el lado del cliente.</li> <li>● Manejador de base de datos MySQL. Se utiliza para almacenar el contenido del portal.</li> </ul>			
--	---	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CSS3. Utilizado para crear los estilos (colores, dimensiones ) del Sitio Web.</li> <li>• OpenLayer3. Framework utilizado para el despliegue de mapas en el portal.</li> </ul> <p>Los productos gráficos se agrupan para cada modelo y, adicionalmente, se cuenta con opciones de despliegue para series de tiempo y sondeos virtuales . En particular, en la opción de series de tiempo se incluyen gráficos de más de un modelo que están relacionados a sitios de especial interés.</p> <p><b>3.3.4 OWGIS</b></p> <p>El portal Web tiene integrada la</p>		
--	--	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<p>aplicación de código abierto OWGIS, desarrollada en Java Servlets por Olmo Zavala et al., (2014). Este software se emplea para generar sitios Web de Sistemas de Información Geográfica (WebGIS) de forma dinámica, escribiendo automáticamente código HTML y Javascript. Los sitios WebGIS están configurados por archivos XML que definen las capas que se mostrarán en los mapas, así como los textos que se utilizarán en la interfaz. En este caso, se usa el OWGIS para visualizar y analizar datos atmosféricos y oceanográficos georreferenciados a partir de animaciones temporales, series de tiempo, perfiles verticales, transectos,</p>		
--	---	--	--



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	animaciones de líneas de corriente y viento, proyecciones en 3D, etc. Asimismo, facilita el uso de distintas paletas de colores, distintos idiomas, descarga de datos y el despliegue de los datos en dispositivos móviles. Todas estas características se crean automáticamente sin requerir desarrollo adicional.		
<b>3.4 Curso de capacitación</b>	Se impartió el curso de capacitación del 13 al 15 de noviembre del 2017.		100%
<b>Describir cada uno de los resultados alcanzados, indicando de manera cuantitativa en qué medida cubre lo comprometido en la Ficha Técnica.</b>			
Se cumple al 100% de la Actividad 1 Descripción del sistema de pronóstico numérico operacional para eventos extremos de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta y de su validación.			
Se cumple al 100% con los entregables 1.1 y 1.2:			



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

<p>1.1 Descripción detallada del sistema de pronóstico.</p> <p>1.2 Bases teóricas de la validación de pronósticos numéricos y estrategias de verificación.</p> <p>Se cumple al 100% de la Actividad 2 Implementación de los modelos e integración del sistema Se cumple al 100% con los entregables 2.1 y 2.2:</p> <p>2.1 Implementación de los modelos WRF, WWIII y ADCIRC en un equipo de cómputo de alto rendimiento.</p> <p>2.2 Integración de los modelos de pronóstico en un sistema automatizado.</p> <p>Se cumple al 100% de la Actividad 3. Evaluación del desempeño de los pronósticos, determinación de incertidumbres e implementación del sistema de visualización. Se cumple al 100% con los entregables 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4:</p> <p>3.1 Análisis del desempeño de los modelos con base en un período de pruebas.</p> <p>3.2 Integración al sistema de pronóstico de un estimador de la incertidumbre y un identificador de eventos extremos.</p> <p>3.3 Implementación del sistema de visualización de la información.</p> <p>3.4 Curso de capacitación</p>
<p><b>Los resultados, ¿de qué forma abonan a la parte preventiva del proyecto?</b></p>
<p>Los mapas de pronóstico de las variables meteorológicas, así como de la marea de tormenta, que se</p>



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

## SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN INFORME TÉCNICO FINAL

pueden analizar desde el sistema de visualización, permitirán vislumbrar las posibles zonas que pueden ser afectadas por la presencia de éstas. Una vez que estos productos sean insertados en el Atlas Nacional de Riesgos (ANR) podrán estimarse posibles afectaciones por lluvia, viento, temperaturas extremas y marca de tormenta.

### Señalar el proceso o la metodología empleada para la obtención de los productos reportados

Evaluación del desempeño de los modelos de pronóstico WRF, WWII, ADCIRC utilizando la información de las condiciones acn1ales proporcionada por instrumentos de medición ubicados sobre la superficie terrestre (en tierra y mar). Así como la programación de un sistema de procesos de graficación y visualización.

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	Implementación del sistema de visualización de la información.	Se realizó un sistema de procesamiento y visualización que consta de dos sistemas autónomos de pronóstico. Por un lado, en el Centro de Ciencias de la Atmósfera se corren y visualizan los pronósticos; los modelos se



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

**SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL**

		<p>corren en el cluster Ometéotl y los resultados se despliegan en un servidor de visualización. Paralelamente, se ejecutan los pronósticos con el propósito de respaldo en un sistema completamente autónomo que estará alojado en instalaciones del CENAPRED.</p> <p>Sobre el sistema de pronóstico de respaldo que se instalará en CENAPRED se han reconocido las necesidades para su instalación en forma conjunta con la Dirección de Instrumentación y Cómputo de este Centro.</p>
--	--	--

**3. Productos que se tienen al momento del reporte.**

No.	Producto utilizable	Mecanismo de integración con la CNPC o el CENAPRED
1	Los resultados obtenidos en la actividad 3 <i>Evaluación del desempeño de los pronósticos, determinación de incertidumbres e implementación del</i>	La Dirección de Investigación sostuvo una reunión con la Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos del CENAPRED para integrar al ANR los



Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
Persona responsable del proyecto	Dr. Carlos Miguel Valdés González Director General del CENAPRED
Informe técnico final	

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DEL FOPREDEN  
INFORME TÉCNICO FINAL

	<i>sistema de visualización</i> , se reporta los entregables.	resultados del sistema de análisis y visualización.
--	---	---

#### 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://pronosticos.unam.mx:8080/oleaje/mapviewer>