

## Project Completion Report

**Project Title : Proyecto para el Fortalecimiento de Capacidades del Centro de Asesoramiento de Tsunami en América Central (CATAC)**

**Name: Federico Vladimir Gutiérrez Corea**

**Title: Project Director**

**Name: Nobuo Furukawa**

**Title: Chief Advisor/ Análisis sísmico y de tsunami**

**Submission date: 5 de septiembre de 2019**

Hecho en español y japonés, siendo ambos textos igualmente auténticos.

## Tabla de contenido

<b>I. Basic Information of the Project</b> .....	7
1. Country .....	7
2. Title of the Project .....	7
3. Duration of the Project (Planned and Actual) .....	8
4. Background (from Record of Discussions(R/D)) .....	8
5. Overall Goal and Project Purpose (from Record of Discussions(R/D)) .....	10
6. Implementing Agency .....	10
<b>II. Results of the Project</b> .....	11
1. Results of the Project .....	11
1-1 Input by the Japanese side (Planned and Actual) .....	11
1-2 Input by the Nicaraguan side (Planned and Actual) .....	18
1-3 Activities (Planned and Actual) .....	20
2. Achievements of the Project .....	44
2-1 Outputs and indicators .....	44
2-2 Project Purpose and indicators .....	58
3. History of PDM Modification .....	61
4. Others .....	62
4-1 Results of Environmental and Social Considerations (if applicable) .....	62
4-2 Results of Considerations on Gender/Peace Building/Poverty Reduction (if applicable) .....	62
<b>III. Results of Joint Review</b> .....	63
1. Results of Review based on DAC Evaluation Criteria .....	63
1-1 Relevance .....	63
1-2 Effectiveness .....	65
1-3 Efficiency .....	66
1-4 Impact .....	68
1-5 Sustainability .....	71
1-6 Comprehensive Evaluation .....	74
2. Key Factors Affecting Implementation and Outcomes .....	74
3. Evaluation on the results of the Project Risk Management .....	75
3-1 Installation of broadband seismographs and tide gauges .....	76
3-2 Participation to KIZUNA training .....	76

3-3 Dispatch of short-term expert from Japan Metrological Agency .....	76
3-4 Authorization of SOP and regional training/workshops for central american countries .....	77
3-5 SeisComPRO training .....	77
4. Lessons Learnt .....	78
<b>IV. For the Achievement of Overall Goals after the Project Completion</b> .....	<b>78</b>
1. Prospects to achieve Overall Goal.....	78
2. Plan of Operation and Implementation Structure of the Nicaraguan side to achieve Overall Goal .....	80
3. Recommendations for the Nicaraguan side.....	82
4. Monitoring Plan from the end of the Project to Ex-post Evaluation .....	83

**Tabla de abreviaturas**

Abreviatura	Nombre completo (inglés o español)
Instituciones relevantes al Proyecto	
Nicaragua	
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
Co-Direcciones de SINAPRED	Co-Direcciones de Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres en Nicaragua
El Salvador	
MARN/DGOA	Dirección General del Observatorio Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
DGPC	Dirección General de Protección Civil
Guatemala	
CONRED	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
Costa Rica	
CNE	Comisión Nacional de (Prevención de Riesgos y Atención de) Emergencias
OVSICORI(UNA)	Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (Universidad Nacional de Costa Rica)
RSN	Red Sismologica Nacional
SINAMOT(UNA)	Sala de Monitoreo de Tsunami
Panamá	
IGC-UPA	Universidad de Panamá, Instituto de Geociencias
SE-SINAPROC	Secretaría Ejecutiva - Sistema Nacional de Protección Civil
Honduras	
COPECO	Comisión Permanente de Contingencias
Instituciones internacionales	
DIPECHO	Programa de Preparación antes los desastres de ECHO (El Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea)
ECHO	El Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea
EU	European Union
ICG/PTWS	Intergovernmental Coordination Group for the Pacific Tsunami Warning and Mitigation Sytem

PM Form 4 Project Completion Report

ICG/CARIBE EWS	Intergovernmental Coordination Group for the Tsunami and other Coastal Hazards Warning System for the Caribbean and Adjacent Regions
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
TOWS	
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNESCO/IOC	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture Commission océanographique intergouvernementale
Instituciones regionales y políticas en Centroamérica	
SE-CEPREDENAC	Secretaría Ejecutiva del Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central
PCGIR	Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgo de Desastres
Instituciones donantes	
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
GIZ	Die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
JICA	Japan International Cooperation Agency
Instituciones internacionales de monitoreo de terremoto y tsunami	
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
GEOFON	Global Seismological Broad-band Network
GFDRR	Global Facility for Disaster Reduction and Recovery
GFZ	German Research Centre for Geosciences
IRIS	Incorporated Research Institutions for Seismology
NOAA/NGDC	National Oceanic and Atmospheric Administration National Geophysical Data Center
NWPTAC	Northwest Pacific Tsunami Advisory Center
PDC	Pacific Disaster Center
PTWC	Pacific Tsunami Warning Center
USGS	US Geological Survey
Términos técnicos sobre análisis de terremoto	
MT	Moment Tensor
CMT	Centroid Moment Tensor
M	Magnitude

PM Form 4 Project Completion Report

Mw	Moment magnitude scale
Otros	
ENATREL	Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica
SOP	Standard Operating Procedures
Resumen sobre el sistema de análisis de terremoto y tsunami	
SeisComp3	Versión de tercera generación del software de análisis sísmico para adquisición de datos, procesamiento, distribución y análisis interactivo desarrollado por el German Research Centre for Geosciences (GFZ) y gempaGmbH.
SeisCompPRO	Versión de paquete pagado SeisComp3
TOAST	Tsunami Observation And Simulation : Software para simulación de tsunami para evaluar el peligro de tsunami en tiempo real y evaluación de tsunamis
CAPS	Common Acquisition Protocol Server : Módulo de SeisComp3 para transferir múltiples datos de cada estación al centro de datos. Los datos de muestreo bajos y los datos de muestreo altos se procesan de manera eficiente a través de una unidad integrada para múltiples datos instalados en la misma estación, tales como sismómetro de banda ancha, acelerómetro, GPS, temperatura, cámara de video.
MT	Moment Tensor : La solución de tensor de momento se calcula automáticamente en tiempo casi real utilizando los parámetros sísmicos calculados por SeisCompPRO.
QuakeLink	Software incluido para intercambiar información de terremotos e información de inventario en tiempo real o Tumbling Window.
GDS/GIS	Gempa Dissemination Server/Gempa Image Server : Servidor de divulgación y distribución de información modular y extensible. Utiliza tecnología de plug-in para importar información sísmica, filtrar la información sísmica recibidos y enviar mensajes basados en plantillas a través de varios canales de comunicación como SMS, correo electrónico, fax, Twitter y sitio web.
SCEVAL	Seiscomp3 Evaluator : Módulo para distinguir automáticamente entre soluciones de sísmos reales y falsas en el sistema.
GAPS/WebApps	Gempa Application Server : Publica una interfaz accesible a través del protocolo HTTP o Websocket. Llena la brecha entre los datos de escritorio y los datos web, los optimiza para grandes cargas y proporciona archivos estáticos como css, html, js.

NPEVAL	Network Performance Evaluation : Un módulo que determina los parámetros de calidad para transmitir y recibir datos sísmicos, proporcionando información actualizada sobre el rendimiento actual o esperado de las redes sísmicas y optimizando la configuración
GAM	Gempa Archive Manager : Herramienta de interfaz web para la gestión de archivos de datos.
SCQCEVAL	Seiscomp3 Quality Control Evaluator : Módulo para la reconfiguración automática y dinámica de redes sísmicas para optimizar el rendimiento de la red sísmica.
VORTEX	Un módulo de monitoreo de volcanes que combina la medición de amplitud sísmica en tiempo real (RSAM) y la medición de amplitud de espectro sísmico (SSAM), que son las tecnologías más útiles para el monitoreo de volcanes.
CCLOC	Módulo para identificar el sismo principal y la réplica. Es una herramienta muy importante para el análisis de réplicas y permite la correlación cruzada entre terremotos enjambre.
ComMIT (MOST)	ComMIT (Community Model Interface for Tsunami) MOST (Method of Splitting Tsunami) : ComMIT (Community Model Interface for Tsunami) MOST (Method of Splitting Tsunami): ComMIT es una herramienta de interfaz de tsunami desarrollada por el Centro de Datos Geofísicos del Centro Nacional de Datos Geofísicos de la Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA / NCTR) y, se utiliza un modelo de tsunami llamado MOST (Método de división del tsunami).
TUNAMI (TIME)	TUNAMI (Tohoku University's Numerical Analysis Model for Investigation) TIME (Tsunami Inundation Modeling Exchange) : Código de análisis de tsunami desarrollado por la Universidad de Tohoku. El desarrollo del código de análisis de tsunami y las actividades de distribución gratuita se denominan proyecto TIME.

## I. Basic Information of the Project

### 1. Country

República de Nicaragua

### 2. Title of the Project

(Ing) Project for Strengthening of Capacity of the Central American Tsunami Advisory Center (CATAC)

(Esp) Proyecto para el Fortalecimiento de Capacidades del Centro de Asesoramiento de Tsunami en América Central (CATAC)

### **3. Duration of the Project (Planned and Actual)**

Desde el 6 de octubre de 2016 hasta el 5 de octubre de 2019 (no se ha cambiado)

### **4. Background (from Record of Discussions(R/D))**

Las áreas costeras del Pacífico de América Central (Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá) están ubicadas en el extremo occidental de la placa del Caribe. Dado que la placa de Cocos está subducida debajo de la placa del Caribe bordeando el Océano Pacífico, el extremo noroccidental de la placa sudamericana y el extremo noreste de la placa de Nazca, son las áreas donde los terremotos ocurren con frecuencia. Debido a que el límite de placa se encuentra cerca del área costera en la costa del Pacífico, describe al daño causado en la zona cercana y adyacente en la costa. Durante los últimos años, en 1992 ocurrió un tsunami causado por un terremoto de magnitud 7.6 frente a las costas del océano pacífico de Nicaragua y produjo cerca de 200 personas muertas y desaparecidas con una enorme pérdida económica. De igual manera, en agosto de 2012 ocurrió un terremoto de magnitud 7.3 frente a las costas del océano pacífico de en El Salvador, generando un pequeño tsunami y resultando en una tremenda pérdida económica. Ambos eventos de 1992 y 2012, se caracterizaron por ser catalogados con tsunami earthquake, los cuales fueron poco sentidos por la población. En Nicaragua, el sistema de monitoreo de terremotos y tsunamis las 24 horas se desarrolló por primera vez en Centroamérica en la Dirección General de Geología y Geofísica del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), en respuesta al tsunami de 1992. En los países centroamericanos, incluido Nicaragua, el fortalecimiento del Sistema de monitoreo de tsunamis es una tarea urgente, pero con respecto a la alerta de tsunami dirigida a los ciudadanos de su país, únicamente existe la posibilidad de confiar en el contenido de advertencia del Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico en Hawái (PTWC), debido a que la capacidad de realizar pronósticos de tsunami en el país, hasta el 2018 no es suficiente. Por lo tanto, con el

propósito de fortalecer el sistema de alerta de tsunami en América Central, desde 2009 Nicaragua propuso el establecimiento del Centro de Asesoramiento de Tsunami en América Central (CATAC) en la reunión de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura / Comisión Oceanográfica Intergubernamental (UNESCO / COI) y comenzaron las discusiones con los países centroamericanos hasta su establecimiento. En la Conferencia Centroamericana de Tsunami del COI realizada en septiembre de 2014, entre los países centroamericanos se aprobó el establecimiento de la "Red Regional de Monitoreo de Terremotos de la Región Centroamericana", el cual ejerce la función de transmisión de alerta de tsunami de CATAC. El establecimiento de CATAC fue aprobado en la Asamblea General de la UNESCO / COI celebrada en París en junio de 2015. Por otra parte, la aprobación de UNESCO / COI no se basa en la evaluación de la capacidad suficiente (instalaciones, recursos humanos y presupuesto), sino en la aprobación de ser el anfitrión del Proyecto CATAC. Por lo tanto, para su funcionamiento en INETER en Nicaragua, se requería urgentemente: (1) Fortalecimiento de capacidades de monitoreo y análisis sísmico para emitir alertas de tsunami a la Región Centroamericana y (2) Construcción del Sistema de implementación de desarrollo de recursos humanos en la Región Centroamericana a través de instituciones afines.



Figural.4.1 País ejecutor del proyecto (Nicaragua) y Los países relevantes al Proyecto (Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica y Panamá)

## 5. Overall Goal and Project Purpose (from Record of Discussions(R/D))

<Objetivo superior>

Se utiliza la advertencia de tsunami emitida por el CATAC para la alerta de tsunami en los países centroamericanos.

<Objetivo del proyecto>

Se mejora la capacidad del pronóstico cuantitativo de tsunami para la advertencia del mismo.

## 6. Implementing Agency

(Ing) Nicaraguan Institute of Territorial Studies (INETER)

(Esp) Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

## II. Results of the Project

### 1. Results of the Project

#### 1-1 Input by the Japanese side (Planned and Actual)

(1) Insumo total de Japón: 181 millones de yenes

(2) Despacho de expertos: 7 personas (un total de 10 veces)

<Experto a largo plazo>

Tabla II.1.1 Lista de expertos a largo plazo

Área de orientación	Período enviado	Organización perteneciente
Asesor Principal/ Análisis sísmico y de tsunami 1 persona (Nobuo Furukawa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Del 6 de octubre del 2016 al 5 de octubre del 2019</li> <li>* Evacuación temporal a Japón debido al deterioro de la seguridad en Nicaragua, del 25 de junio al 22 de septiembre del 2018</li> </ul>	Ninguna
Coordinación del Proyecto/ Planificación de capacitación 1 persona (Yu Kumagai)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Del 12 de diciembre del 2016 al 5 de octubre del 2019</li> <li>* Evacuación temporal a Japón debido al deterioro de la seguridad en Nicaragua, del 25 de junio al 22 de septiembre del 2018</li> </ul>	Ninguna

<Experto a corto plazo>

Tabla II.1.2 Lista de expertos a corto plazo

Área de orientación	Período enviado	Organización perteneciente
Advertencia y pronóstico de tsunamis 3 veces enviados 3 personas	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Del 23 al 26 de noviembre del 2016</li> <li>· Del 7 al 11 de noviembre del 2017</li> <li>· Del 1 al 7 de septiembre del 2019</li> </ul>	Agencia Meteorológica de Japón (JMA), Departamento de Sismología y Vulcanología

Simulación de tsunami 5 veces enviados 2 personas	• Del 12 al 19 de marzo del 2017	Universidad de Hokkaido, Instituto de Sismología y Vulcanología, Facultad de Ciencias
	• Del 29 de agosto al 2 de septiembre del 2017	
	• Del 18 al 25 de febrero del 2018	Universidad de Tohoku, Instituto Internacional de Investigación de Ciencias de Desastres
	• Del 10 al 16 de febrero del 2019	
	• Del 1 al 4 de septiembre del 2019	

(3) Aceptación de los participantes de cursos: 19 personas.

<Capacitación con el tema específico (en Japón)> 3 personas

Tabla II.1.3 Lista de capacitación con el tema específico

Nombre del curso de capacitación	Período de capacitación	Organismo receptor
Sismología, Ingeniería antisísmica y prevención contra tsunami	• De octubre del 2016 a septiembre del 2017: 2 personas • De octubre del 2017 a septiembre del 2018: 1 persona	Instituto de Investigación de Construcción

<Capacitación específica para el país (en Japón)> 19 personas

Tabla II.1.4 Lista de capacitación específica para el país

Nombre del curso de capacitación	Período de capacitación	Organismo receptor
Simulación de tsunami	• Del 12 de junio al 21 de julio del 2017: 2 personas	Universidad de Hokkaido, Instituto de Sismología y Vulcanología, Facultad de Ciencias
Información de asesoramiento sobre tsunamis	• Del 24 al 28 de julio del 2017: 5 personas • Del 23 al 27 de julio del 2018: 3 personas	Agencia Meteorológica de Japón (JMA), Departamento de

	• Del 22 al 26 de julio del 2019: 5 personas	Sismología y Vulcanología
Tensor de momento del Centroide	• Del 1 al 26 de octubre del 2018: 2 personas	Universidad de Hokkaido, Instituto de Sismología y Vulcanología, Facultad de Ciencias
Base de datos de tsunamis	• Del 29 de enero al 1 de febrero del 2019: 2 personas	Agencia Meteorológica de Japón (JMA), Departamento de Sismología y Vulcanología

(4) Equipos donados: 54 millones de yenes

Tabla II.1.5 Lista de equipos donados

Año fiscal	Nombre de equipo	Cantidad
2016	Workstation para el programa de simulación de tsunami	1 unidad
	Monitores para el sistema de monitoreo de terremotos de tsunami	4 unidades
	Vehículo de proyecto (TOYOTA Hilux)	1 unidad
2017	Kit de herramientas de mantenimiento	7 juegos
	Equipo para la estación mareográfica	8 unidades
	Fuente de energía de emergencia (UPS)	2 unidades
2018	Sismógrafos de banda ancha	8 unidades
	Software para análisis de tsunamis y sismos (SeisComPRO)	1 licencia

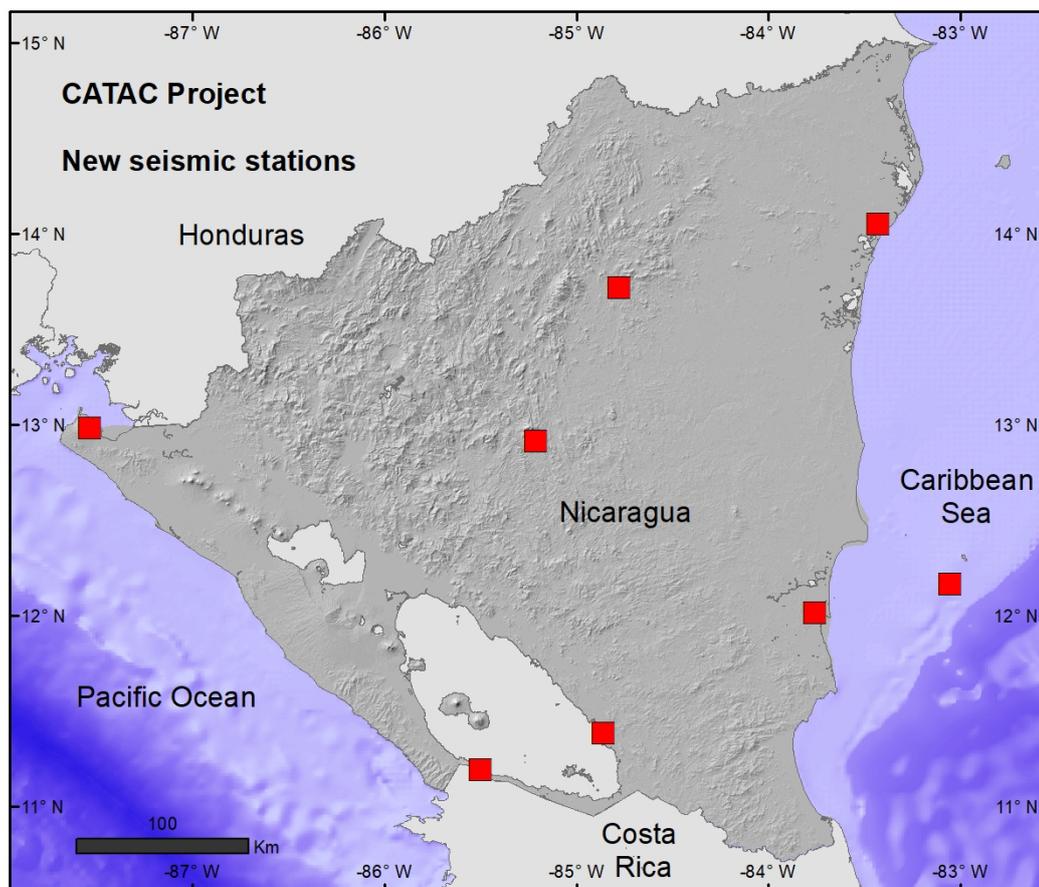


Figura II.1.1 Ubicación de sismógrafos de banda ancha instalados

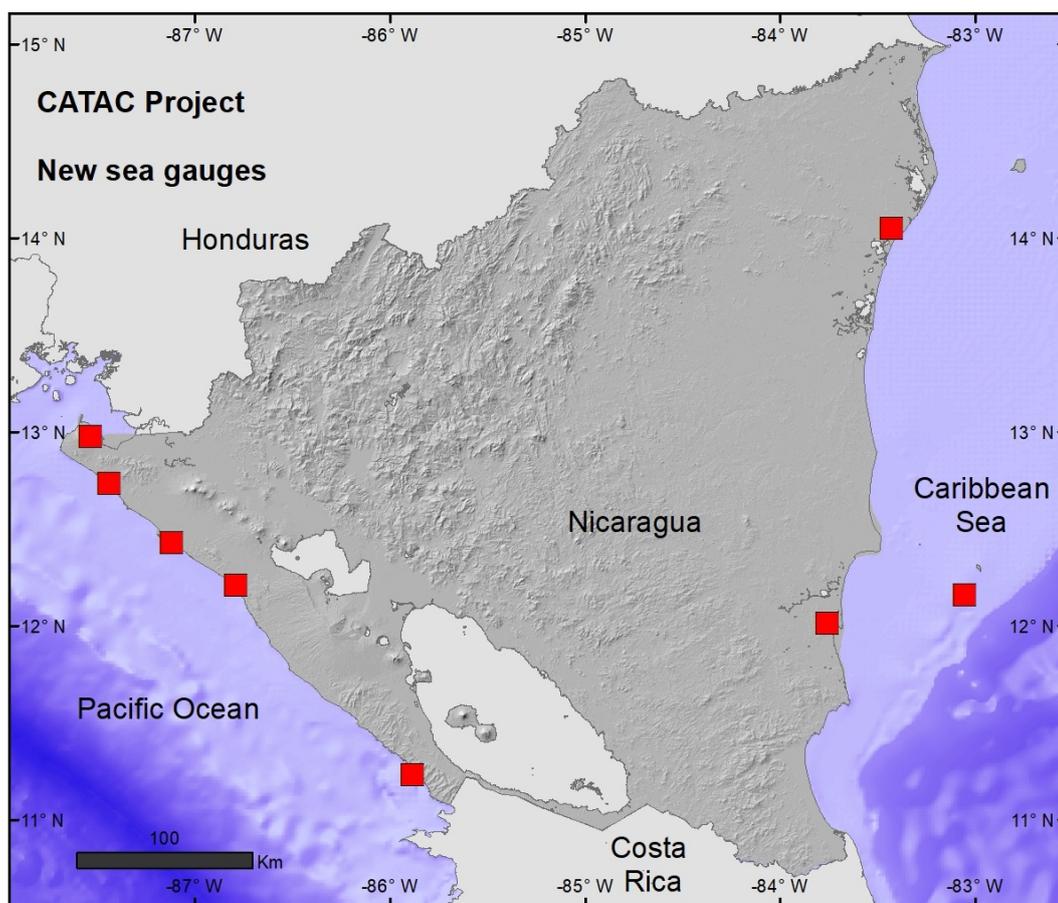


Figura II.1.2 Ubicación de mareógrafos instalados

Esta componente se cumplió dentro del marco del proyecto. La Central de Monitoreo y Alerta Temprana de INETER, estará conectada a la red de fibra óptica de la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL) y se tendrá redundancia de enlace a otro nodo de la red de fibra óptica de ENATREL. También INETER se encuentra en la ciudad capital de Managua, ubicada en el interior, en caso de que ocurra un sismo que genera un tsunami, la posibilidad de todas las redes de comunicaciones en Managua será interrumpida y/o colapso de INETER sería muy baja, mientras tanto, se considera posible emitir información de tsunami como CATAAC con las instalaciones actuales, se decidió no introducirlo en el presupuesto del proyecto. Se implementó la mejora con el sistema de comunicación redundante del Centro de Monitoreo de Terremotos y Tsunamis en junio de 2019 al expandir el servicio existente de la empresa ENATREL.

(5) Gastos externos para actividades: 21 millones de

Tabla II.1.6 Lista de gastos externos para actividades

Año fiscal	Descripción general
2016	Contratación de un asistente de proyecto (de octubre del 2016 a marzo del 2017)
	Instalaciones para la oficina de proyectos (computadoras portátiles, monitores, impresoras, estanterías, mesas para reuniones, sillas, etc.)
	Gastos de viaje por participar en la XXVII Reunión del Grupo de Coordinación Intergubernamental para el Sistema de Alerta y Mitigación de Tsunamis en el Pacífico (Tahití, 2 personas, del 25 de marzo al 3 de abril del 2017)
2017	Contratación de un asistente de proyecto (de octubre del 2017 a marzo del 2018)
	Gastos de viaje por participar en la XII Reunión del Grupo Intergubernamental de Coordinación para Tsunami del Caribe y otras advertencias de peligro costero, taller regional de América Central (Costa Rica, 5 personas, del 7 al 13 de mayo del 2017)
	Gastos de viaje por participar en Multihazard Early Warning Conference, 2017 Global Platform for Disaster Risk Reduction, (México, 1 persona, del 22 al 26 de mayo de 2017)
	Gastos de viaje por participar en el 13ª Congreso Geológico de América Central (El Salvador, 3 personas, del 5 al 9 de junio del 2017)
	Gastos de viaje por participar en el Curso de Diploma de Tsunami del Proyecto KIZUNA (Chile, 1 persona, del 11 al 18 de junio del 2017)
	Gastos de viaje por participar en el Curso de Información de Asesoramiento de tsunami en JMA (Japón, 1 persona, del 22 al 28 de julio de 2017)
	Gastos de viaje por participar en el Regional Seismic Network Operators Short Course on Best Practices and ICG/CARIBE-EWS Working Group 1 meeting (Puerto Rico, 2 personas, del 21 al 26 de agosto de 2017)
	Gastos de viaje por participar en el segundo Comité de Coordinación Conjunta del Proyecto de Mejora de la Capacidad

	<p>para la Reducción de Desastres en el Área Central de América Central (Proyecto BOSAI) Fase 2, Cuarto Foro de Políticas de Gestión Integrada de Desastres de Centroamérica (PCGIR) (Panamá, 1 persona, del 22 al 26 de agosto del 2017)</p>
	<p>Gastos de viaje por participar en el Symposium: Advances in Tsunami Warning to Enhance Community Responses, TOWS-WG Inter-ICG Task Team on Tsunami Watch Operations, 11th session of Working Group on Tsunamis and Other Hazards Related to Sea-Level Warning and Mitigation Systems (París, 1 persona, del 12 al 17 de febrero del 2018)</p>
	<p>Gastos de viaje por participar en Sixth Short Course on Sea Level Data Quality Control, Analysis and Applications for the Tsunami and other Coastal Hazards Warning System for the Caribbean and Adjacent Regions (CARIBE-EWS) (México, 1 persona, del 26 de febrero al 2 de marzo del 2018)</p>
	<p>Gastos de viaje por participar en Seventh Meeting of the ICG/PTWS Regional Working Group on Tsunami Warning and Mitigation System in the South China Sea Region (Vietnam, 1 persona, del 5 al 8 de marzo del 2018)</p>
2018	<p>Contratación de un asistente de proyecto (de abril del 2018 a marzo del 2019)</p>
	<p>Gastos de viaje por participar en la XIII Reunión del Grupo Intergubernamental de Coordinación para Tsunami del Caribe y otras advertencias de peligro costero, taller regional de América Central (Curacao, 1 persona, del 23 al 28 de abril del 2018)</p>
	<p>Gastos de viaje por participar en el congreso conjunto de Sismología de las Américas por SSA y LACSC (EE. UU., 2 personas, del 14 al 18 de mayo del 2018)</p>
	<p>Gastos de viaje por participar en el Comité Directivo del Grupo de Coordinación Intergubernamental para el Sistema de Alerta y Mitigación de Tsunamis en el Pacífico (EE.UU., 1 persona, del 3 al 10 de junio del 2018)</p>
	<p>Gastos de viaje por participar en el Curso de Base de datos de tsunami en JMA (Japón, 3 personas, del 26 de enero al 4 de febrero del 2019)</p>
	<p>Gastos de viaje por participar en TOWS-WG Inter-ICG Task Team</p>

	on Tsunami Watch Operations, 12th session of Working Group on Tsunamis and Other Hazards Related to Sea-Level Warning and Mitigation Systems (París, 1 persona, del 17 al 23 de febrero del 2019)
2019	Contratación de un asistente de proyecto (de abril del 2019 a septiembre del 2019)
	Gastos de viaje por participar en la XIV Reunión del Grupo Intergubernamental de Coordinación para Tsunami del Caribe y otras advertencias de peligro costero, taller regional de América Central (Costa Rica, 4 persona, del 8 al 12 de abril del 2019)
	Gastos de viaje por participar en el Seminario visita a COPECO y apoyo al mantenimiento de la red de vigilancia sísmica (Honduras, 2 personas, del 24 al 26 de junio del 2019)
	30ª Asamblea general de UNESCO-COI (París, 1 persona, del 30 de junio al 5 de julio del 2019)

## (6) Capacitación doméstica: 3 millones de yenes

Tabla II.1.7 Lista de gastos para capacitación doméstica

Año fiscal	Descripción general
2017	Gastos para Segundo taller regional de CATAC, viático y boletos para los participantes (Managua, 8 personas de 4 países, del 7 al 10 de noviembre del 2017)
	Gastos para Tercer taller regional de CATAC, viático y boletos para los participantes (Managua, 8 personas de 4 países, del 18 al 22 de febrero del 2018)
2018	Gastos para Cuarto taller regional de CATAC, viático y boletos para los participantes (Managua, 13 personas de 4 países, del 10 al 14 de febrero del 2019)

**1-2 Input by the Nicaraguan side (Planned and Actual)**

## (1) Contrapartes: 19 personas

Director del proyecto: Co-Director de INETER.

Coordinador del proyecto: Asesor de Ciencia de la tierra

<Dirección de Sismología de Dirección general de Geología y Geofísica>  
17 personas

Gerente del proyecto, a cargo de la operación / protocolo de alerta de tsunami, a cargo del análisis sísmico, a cargo de la transmisión de datos de terremoto / tsunami, a cargo de la simulación / base de datos de tsunami, a cargo del sismógrafo, a cargo del mareógrafo, 10 personas a cargo del operador de monitoreo de sismos y tsunamis

(2) Provisión de oficina, etc. .: Sí

· INETER instaló escritorios para expertos y un aire acondicionado para mejorar el ambiente laboral del despacho (espacio de oficina) y asumió costos de conexión a Internet, gastos de teléfono y electricidad para la operación del despacho.

(3) Otros asuntos de carga del gobierno nicaragüense:

La institución de implementación del proyecto INETER ha presupuestado fondos para las actividades del proyecto en el año fiscal 2017 y 2018. Las inspecciones para sismógrafos y mareómetros del equipo proporcionado, los gastos de viaje para la instalación, los gastos de combustible para los vehículos y los gastos para los materiales necesarios para la instalación fueron soportados por INETER, excepto en casos especiales, como respuesta a emergencias. Además, INETER soporta el costo de los equipos de perforación para la instalación de sismógrafos, el costo de reparación del centro de monitoreo de terremotos y tsunamis y la contratación de un conductor para los vehículos del proyecto desde septiembre de 2017 hasta septiembre de 2019. Además del presupuesto del proyecto de JICA, INETER se ha encargado algunos gastos para la instalación de sismógrafos y mareógrafos del equipo donado se llevará a cabo sin problemas, y la mejora del centro de monitoreo de terremotos y tsunamis, se amplió el espacio para los programas de capacitación, lo que permitió mejorar el entorno de capacitación.

A partir de septiembre del 2019, se inició el sistema de 2 operadores de turno de monitoreo sísmico y de tsunami en la noche, asunto que hemos venido asesorando al INETER desde el inicio del proyecto, y con esto se consolidó el sistema que permite brindar un servicio más confiable. Por otro lado, se mantiene el sistema de emergencia en el cual cuando ocurre un

sismo con posibilidad de causar un tsunami en el horario nocturno de los días de la semana o un fin de semana cuatro personas que tienen Internet en su casa pueden conectarse con el sistema SeisComP3 y apoyar al sismólogo de turno en la evaluación del evento. (Director de la Dirección de Sismología y al Asesor en Ciencias de la Tierra, Responsable de la Central de Monitoreo y Alerta, Sismólogo. Los que residen en las inmediaciones del INETER también pueden llegar a la institución para apoyarlos. El aumento del personal para informáticos que también habíamos asesorado al INETER no se ha concretizado, y se mantiene el sistema de dos informáticos, en todo caso, con la implementación de la capacitación en SeisComPRO para todos los funcionarios de la Dirección de Sismología y reuniones de estudio a lo interno de INETER, se ha mejorado las capacidades de toda la Dirección de Sismología para manipular y operar el sistema.

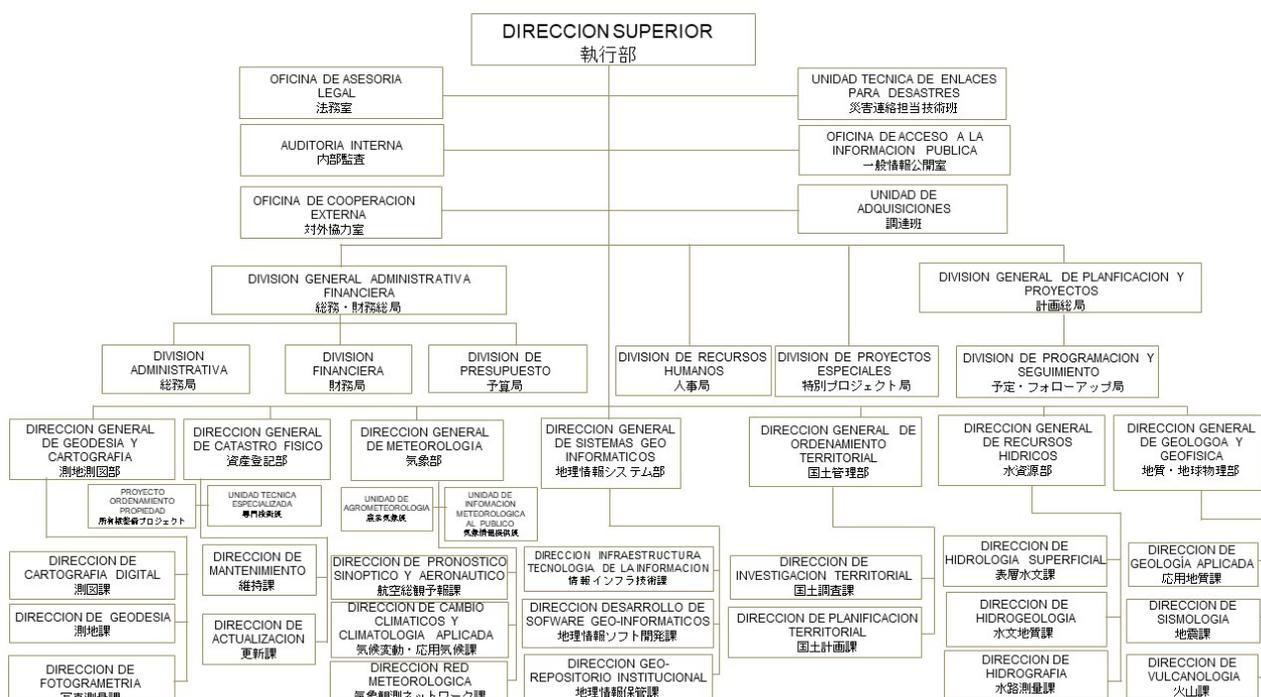


Figura II.1.3 Organigrama de INETER

### 1-3 Activities (Planned and Actual)

#### Actividad.1-1 Implementar capacitaciones para el cálculo de sismos

El experto a largo plazo (asesor principal / análisis sísmico) extrajo los

problemas de determinar el hipocentro del INETER en el trabajo de monitoreo de terremotos y tsunamis, exploró la posibilidad de mejora y llevó a cabo discusiones diarias con las contrapartes. Con respecto a los problemas y puntos que necesitan mejoras, compartimos con todos los miembros del proyecto en la reunión regular del proyecto que se llevó a cabo cada dos semanas, y consideramos e implementamos medidas de mejora. Además, llevamos a cabo un programa de capacitación en “determinación de hipocentro” para personal de monitoreo de terremotos y tsunamis. Las actividades a nivel nacional incluyendo la capacitación en “determinación de hipocentro” se realizaron según lo inicialmente programado.

Por otro lado, con respecto a la situación de Nicaragua a partir del 2018, el gobierno chileno solicitó la pronta solución al problema con la misma postura de la Organización de Estados Americanos (OEA), como resultado, la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID) decidió suspender temporalmente la capacitación y cooperación para Nicaragua, incluido el proyecto KIZUNA. Por esa razón, se ha imposibilitado la participación de los funcionarios del INETER en el “Curso de Diplomado en Sismología” del año fiscal 2019.

Las principales actividades son las siguientes.

- Orientación los métodos de mejora para solucionar problemas de determinación del hipocentro.

El resumen de los problemas y las soluciones es el siguiente: 1) Mala Relación S/R (señal/ruido): Algunas veces se encontraron errores en la lectura de los movimientos iniciales de las ondas P y S. Se recomendó usar el filtro adecuado y tener cuidado con la existencia de las ondas convertidas; 2) Dificultad de determinar la profundidad del hipocentro de un sismo cerca de la fosa oceánica. Se recomendó tomar como referencia la distribución de la polaridad de los movimientos iniciales de la onda P; y 3) Mala precisión en la determinación del hipocentro de los pequeños sismos. Se recomendó tomar como referencia el rumbo de los movimientos sísmicos iniciales de la onda P. Con estas indicaciones, los operadores de turno de monitoreo están intentando mejorar la precisión del hipocentro. Cabe resaltar que se comprobó la alta precisión en la determinación del hipocentro de los grandes sismos ocurridos en la región terrestre y en la zona costera. Sin embargo, es teóricamente imposible determinar correctamente la profundidad de un sismo ocurrido en la fosa oceánica o en alta mar, por lo tanto, es necesario establecer una profundidad

adecuada, lo cual se ha realizado en la práctica.

- Introducción al ejemplo de mejora de la precisión de hipocentro
- Análisis de los estados actuales de terremotos falsos en hipocentros automáticos, implementación de medidas para reducir terremotos falsos.

Se han determinado numerosos terremotos falsos en los hipocentros automáticos, por lo que se indicó no utilizar los puntos de observación sísmica con mayores niveles de ruido o mayor densidad en las inmediaciones de los volcanes para no producir terremotos falsos. Después de tomar esta medida, las incidencias de terremotos falsos se redujeron drásticamente.

- Capacitación doméstica “Determinación de hipocentro” (octubre de 2017, 13 personas)
- Análisis de la precisión de los datos observados por el sismógrafo de banda ancha, investigación y análisis de problemas, examen de las medidas de mejora.

A través de estas actividades, las contrapartes se han vuelto mucho más prudentes en la determinación del hipocentro y se mejoró la precisión del hipocentro. Asimismo, aprendieron que los resultados de la determinación del hipocentro afectaban el mecanismo focal.

En agosto de 2019, INETER ha comenzado instalar unas 30 estaciones sísmicas en o cerca de la costa del Pacífico de Nicaragua lo que mejorará mucho la detección y localización de sismos en la zona de subducción.

#### Actividad1-2 Implementar capacitaciones para el análisis de parámetros de terremoto

El experto a largo plazo (asesor principal / análisis sísmico) extrajo los problemas de determinar el hipocentro del INETER en el trabajo de monitoreo de terremotos y tsunamis, exploró la posibilidad de mejora y llevó a cabo discusiones diarias con las contrapartes. Además, realizamos un curso de “Mecanismo focal” con la contraparte para los operadores a cargo de monitoreo de terremotos y tsunamis. Las actividades en el país se realizaron según lo inicialmente programado incluyendo la capacitación en “Mecanismo focal” dirigida a los operadores de turno de monitoreo de terremotos y tsunamis. Por otro lado, debido a la suspensión de la aceptación en la capacitación del proyecto KIZUNA, se ha imposibilitado la participación en el “Curso de Diplomado en Sismología” del año fiscal 2019.

Las principales actividades son las siguientes.

- Orientación en los métodos de mejora para resolver los problemas de análisis de parámetros sísmicos

El resumen de los problemas y las soluciones es el siguiente: 1) Algunas veces se encontraron errores en la lectura de la polaridad de los movimientos iniciales de la onda P para obtener el mecanismo focal. Se recomendó no usar filtro como medida básica y elegir un filtro adecuado cuando se utiliza; 2) Algunas veces se encontraron errores en la obtención del plano nodal cuando se realiza el análisis de mecanismo focal. Se orientó sobre la forma adecuada para obtenerlo. Asimismo, a los que no podían hacerlo, se orientó leer de nuevo la polaridad porque posiblemente no se ha leído correctamente la polaridad. Además, se señaló la existencia de los puntos de observación con errónea polaridad de los sismógrafos; y 3) Se señaló que estaban determinando la magnitud (M) unos 0.5 superior que la actual. Cabe resaltar que se comprobó la determinación de la magnitud de momento ( $M_w$ ) estaba correcta. Con estas indicaciones, los operadores de turno de monitoreo están intentando mejorar la precisión del mecanismo focal y están obteniendo el mecanismo focal de mayor cantidad de sismos más que antes.

- Estudio de dirección y configuración de las tres dimensiones del espacio de sismógrafos instalados

A partir del análisis de las ondas sísmicas de las tres dimensiones, se detectaron y se señalaron los puntos de observación con errónea dirección y configuración de las tres dimensiones del espacio de algunos sismógrafos instalados. Esto afecta el análisis que utiliza las ondas sísmicas. Por ejemplo, se detectó un error en la configuración de parámetros del punto de observación instalado en la ciudad de Siuna (SIUN), aunque el sismógrafo está instalado correctamente, y se corrigió el error. Otros puntos de observación tienen problema en la dirección de instalación del sismógrafo, por lo que se decidió solucionar el problema por medio de la configuración de parámetros en el Software.

- Capacitación doméstica “Mecanismo focal” (mayo a junio de 2017)

Las contrapartes casi no habían realizado anteriormente el análisis utilizando las ondas sísmicas. Por lo tanto, no habían comprobado la correcta dirección del sismógrafo, la correcta configuración de parámetros, etc. utilizando las ondas actuales observadas. A través de estas actividades, las contrapartes reconocieron el valor de las ondas sísmicas, al mismo tiempo, están más

interesados en el mecanismo focal y comenzaron a determinar el mecanismo focal de más sismos con buena precisión. Como resultado, se profundizaron los conocimientos sobre el mecanismo focal. Sin embargo, el problema de la magnitud todavía no se ha logrado atender, lo cual se requiere una revisión en el futuro.

La participación en el “XIII Congreso Geológico de América Central” y el “Congreso conjunto de Sismología de las Américas por SSA y LACSC” permitió intercambiar opiniones con los investigadores de terremotos y tsunamis de los países centroamericanos. Asimismo, el hecho de haber adquirido nuevos conocimientos sobre los orígenes de grandes sismos y tsunamis en la región centroamericana y del Caribe ha sido útil para lograr mayor avance en la emisión de alertas de tsunami en el proyecto CATAAC.

#### Actividad1-3 Implementar capacitaciones para el análisis del Tensor de Momento Centroide (CMT)

El experto a corto plazo (simulación de tsunami) impartió instrucciones sobre el análisis del tensor de momento del centroide (CMT) en la visita a Nicaragua y en la capacitación en Japón. Tres de las capacitaciones en el país (marzo de 2017, agosto de 2017 y febrero de 2018) se realizaron de forma programada, sin embargo, la capacitación por país “Tensor de momento del centroide (CMT)” no se realizó en mayo del 2018 debido a la reducción del presupuesto del proyecto sino hasta octubre del mismo año. Debido a la suspensión de la aceptación en la capacitación del proyecto KIZUNA, se ha imposibilitado la participación en el “Curso de Diplomado en Sismología” del año fiscal 2019. Las principales actividades son las siguientes.

- Discusiones sobre los métodos de estimación de mecanismos sísmicos.
- Curso "Magnitud, ley de similitud de terremoto, curva característica del sismógrafo" (marzo de 2017, 10 personas)
- Curso "CMT inversion and W-phase inversion" (agosto de 2017, 10 personas)
- Curso "Far field body wave inversion" (10 personas, febrero de 2018)
- Curso en Japón “Centroid Moment Tensor” (octubre de 2018, 2 personas, Universidad de Hokkaido)
- Discusiones sobre el MT (tensor de momento) y CMT (tensor de momento de centroides) de SeisComPRO examinado la posibilidad de utilizar otro programa de cálculo de CMT de forma independiente.

En algunas ocasiones, aunque muy pocas, el SeisComPRO no logra obtener

automáticamente el CMT. Además, en este momento no se puede realizar el análisis de CMT manualmente. Al no obtener el CMT, la ubicación del plano de falla utilizada en la simulación de tsunami queda incierta y esto afecta la precisión de los resultados. En este caso, se preparó otro programa de cálculo para poder obtener el CMT con una manipulación sencilla.

A través de estas actividades, las contrapartes profundizaron sus conocimientos sobre el CMT y lograron comparar el CMT con el mecanismo focal. Además, comprendieron la relación entre el CMT y la simulación de tsunami.

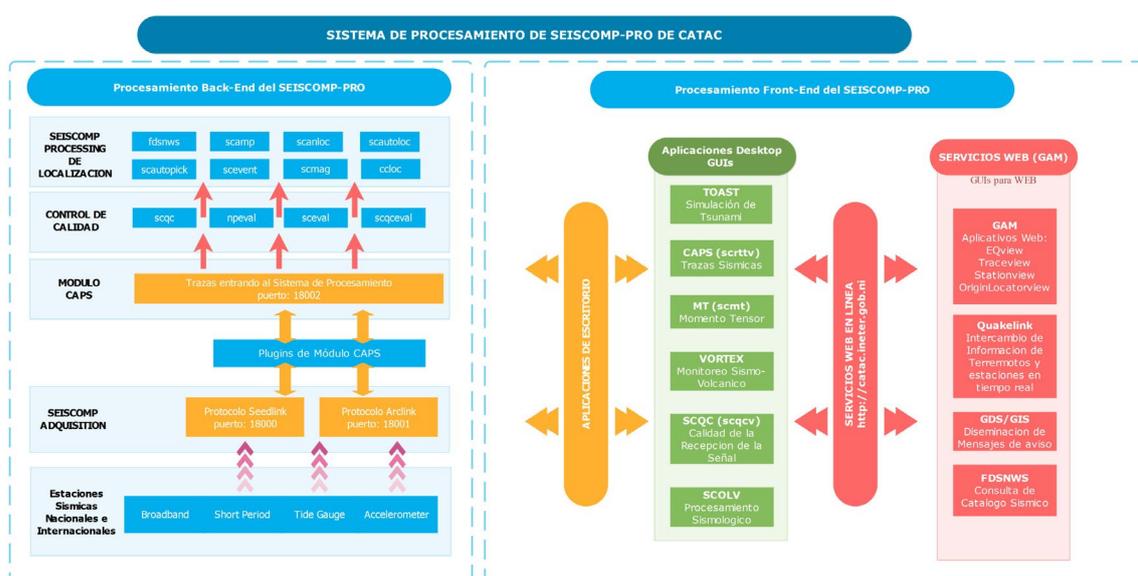


Figura II.1.4 Esquema general del sistema de análisis sísmico SeisComPRO

Actividad1-4 Reflejar los resultados 1-1, 1-2 y 1-3 en el monitoreo operativo

A través de las actividades anteriores, trabajamos para mejorar la capacidad del personal de monitoreo de terremotos y tsunamis. Además, en el trabajo de monitoreo del terremoto, con la guía y el apoyo del experto, la determinación del mecanismo del terremoto se inició a partir de enero de 2018, y el análisis MT / CMT comenzó a partir de septiembre de 2018 utilizando el módulo MT de SeisComPRO, que se introdujo como el equipo donado. No ha habido grandes cambios en el plan inicial.

Actividad2-1 Implementar capacitaciones para la simulación de tsunami

El Experto a corto plazo (simulación de tsunami) impartió instrucciones sobre la simulación de tsunami en la visita a Nicaragua y a través de la capacitación

en Japón. Cuatro capacitaciones en el país (marzo de 2017, agosto de 2017, febrero de 2018 y febrero de 2019) y la capacitación por país “Simulación de tsunami” se realizaron de forma inicialmente programada. Debido a la suspensión de la aceptación en la capacitación del proyecto KIZUNA, se ha imposibilitado enviar a los participantes a la capacitación en “Los fundamentos científicos, la peligrosidad y la vulnerabilidad del tsunami” del año fiscal 2018. Las principales actividades son las siguientes.

- Discusiones sobre la simulación del tsunami.
- Comparamos el resultado del cálculo de inundación del terremoto de Nicaragua de 1992 utilizando el software de simulación de tsunami "ComMIT (MOST)" de NOAA con el resultado del software de simulación de tsunami "TUNAMI (TIME)" de la Universidad de Tohoku, y analizamos la causa de la diferencia entre ambos. La diferencia en la determinación de la posición que da el plano de falla, que fue la causa principal, la diferencia en el coeficiente de fricción, y la instrucción sobre la entrada errónea del rumbo.
- En la capacitación “Sismología, Ingeniería antisísmica y prevención de desastres por tsunami” en Japón, realizamos una capacitación individual (tesis de maestría) utilizada para la simulación de tsunami. (junio a agosto de 2017, junio a agosto de 2018, Universidad de Hokkaido)
- Propuesta de análisis de problemas y solución que no puede instalar el software de simulación de tsunami "TUNAMI".
- Capacitación en Japón "Simulación de tsunami" (mayo a junio de 2017, 2 personas, Universidad de Hokkaido)
- Curso "Simulación de tsunamis e investigación reciente sobre pronóstico de tsunamis, mitigación de tsunamis" (agosto de 2017, 10 personas)
- Orientación sobre la validez del modelado simple de hipocentros asumidos utilizados para la creación de bases de datos. (Utilizando el terremoto de América Central analizado por la contraparte en Japón, calcule la hora de llegada del tsunami y la altura del tsunami en el punto de tsunami esperado en Nicaragua mediante un modelo de fuente simple, y confirmar que el resultado del cálculo concuerda con el resultado del cálculo, asumiendo el valor real de observación del tsunami y el modelo de fuente correcto)
- Curso "Tsunami causado por otras causas no sísmicas", “Nuevas metodologías de alerta temprana de tsunamis” (febrero de 2019, 16 personas)

A través de estas actividades, las contrapartes profundizaron sus conocimientos sobre la simulación de tsunami y lograron realizar la simulación

de tsunami por su cuenta.

Tres personas antes de iniciar el proyecto (de octubre del 2014 a setiembre del 2016) y tres personas durante el proyecto participaron en la capacitación con el tema específico “Sismología, Ingeniería antisísmica y prevención de desastres por tsunami” en Japón. Ellos lograron aprender la sismología que incluye la simulación de tsunami señalada en la presente Actividad 2-1 y la ingeniería de tsunamis desde lo básico hasta la punta. Con esta experiencia lograron comprender el contenido del trabajo de monitoreo desde el principio de cada análisis. Además, están utilizando esta experiencia para mejorar y avanzar en el trabajo de monitoreo en CATAC. Cabe señalar que las contrapartes que no saben suficiente inglés participaron en el “Curso de Diplomado en Sismología” o el “Curso de Diplomado en Ingeniería de Tsunamis” del proyecto KIZUNA impartidos en español y obtuvieron los mismos resultados.

#### Actividad2-2 Implementar capacitaciones para la creación de la base de datos para el pronóstico cuantitativo de tsunami

El experto a corto plazo (simulación de tsunamis) y el experto a corto plazo (predicción y alerta de tsunamis) realizaron una guía sobre la base de datos de tsunamis en la visita a Nicaragua y durante la capacitación en Japón. Cuatro capacitaciones en el país (marzo de 2017, agosto de 2017, febrero de 2018 y febrero de 2019) se realizaron de forma inicialmente programada. Debido a la suspensión del envío de un experto a corto plazo (predicción y alerta de tsunamis) programado para noviembre del 2018, se realizó una capacitación por país “Base de datos de tsunami” como una actividad alternativa. La creación de la base de datos de tsunami estaba programada inicialmente para diciembre del 2018, sin embargo, la interrupción de las actividades del proyecto incluyendo la evacuación temporal de los expertos a largo plazo en 2018 y la suspensión del envío del experto a corto plazo atrasaron el trabajo de configuración de parámetros necesarios para la creación de base de datos y el trabajo de diseño de base de datos. Debido a estas afectaciones al trabajo, la creación de la base de datos finalizó en septiembre del 2019. Las principales actividades son las siguientes.

- Discusiones sobre temas relacionados con la construcción de una base de datos de tsunamis. Específicamente, en temas de ubicación del hipocentro hipotético, rumbo de la falla, ubicación de los puntos de predicción de tsunami, determinación de las zonas de predicción, alcance de la magnitud, intervalo,

etc.

- Instrucción sobre cómo manejar los puntos pronóstico en la Bahía de Fonseca y la bahía interior de la Península de Nicoya.
- Comparación entre TUNAMI (software de cálculo de tsunamis de la Universidad de Tohoku) y el nuevo módulo TOAST (módulo de cálculo de tsunamis incluido en SeisComPRO).
- Verificación de la precisión de la pronóstico mediante la precisión de la batimetría utilizada en TOAST.
- Instrucción sobre cómo dar forma a la falla (la relación de aspecto de la falla rectangular).
- Curso "Generación de tsunami", "Propagación de tsunami", "Base de datos de tsunami" (marzo de 2017).
- Explicación del método de JMA, implementación de la discusión sobre la base de datos de tsunamis. La dimensión total de 6 países centroamericanos es casi igual a la del Archipiélago Japonés, además, el mecanismo de producción de grandes sismos que causan tsunamis es muy similar, por lo tanto, se puede aplicar casi íntegramente la configuración de parámetros, etc. utilizada en la base de datos de tsunami de la JMA.
- Examen del software de construcción de la base de datos de tsunamis ("ComMIT", "TUNAMI").
- Capacitación en Japón "Base de datos de tsunamis" (enero a febrero de 2019, 2 personas, JMA)

A través de estas actividades, las contrapartes profundizaron la comprensión sobre la base de datos de tsunami y lograron elaborar la base de datos de tsunami por su cuenta.

#### Actividad 2-3 Reflejar los resultados 2-1 y 2-2 en el monitoreo operativo

Con la introducción del módulo TOAST de SeisComPRO, la simulación de tsunami en tiempo real se ha activado mediante los parámetros sísmicos de SeisComPRO y los resultados del análisis de CMT. Se ha comprobado que la simulación de tsunami en tiempo real estaba operando normalmente en el terremoto de en el mar de El Salvador (M6.6) del 30 de mayo de 2019. Inmediatamente después de la primera determinación automática del hipocentro (2 minutos después del sismo) se realizó automáticamente la primera simulación de tsunami en tiempo real, y unos 2 minutos después, se obtuvo el primer resultado. Asimismo, el primer hipocentro confiable y la primera magnitud se determinaron 5 minutos después del sismo, y si se realiza la simulación de

tsunami en tiempo real, a los 2 minutos (7 minutos después del sismo) ya se puede emitir la información de tsunami. Cabe señalar que, al culminar la creación de la base de datos de tsunami, estos 2 minutos serán innecesarios, por lo tanto, a los 5 minutos del sismo será posible emitir la información de tsunami.

Se reflejan los conocimientos y las técnicas adquiridas a través de las capacitaciones mencionadas en 2-1 y 2-2 (capacitación en simulación de tsunami, capacitación por país y capacitación en creación de base de datos) en las operaciones de monitoreo de tsunami. Debido al atraso de la actividad 2-2 como se menciona anteriormente, la utilización de la base de datos de tsunami se inició en agosto del 2019. Asimismo, pese a que la elaboración del manual de análisis de tsunami se atrasó, esto se finalizó en agosto del 2019, por lo que se está implementando la capacitación a los operadores de turno utilizando este manual.

#### Actividad3-1 Elaborar los procedimientos operativos estándar (SOP) del CATAC

Antes de iniciar la operación de CATAC, los países centroamericanos emitían alertas de tsunami basándose en el protocolo de cada país tomando en cuenta la información de asesoramiento de tsunami emitida por el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC). Para elaborar el SOP (Procedimiento Operativo Estándar), a través del taller regional CATAC Centroamérica y el taller regional de DIPECHO (Programa de Preparación antes los desastres de ECHO (Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea) en Centroamérica, el personal de las instituciones de monitoreo de terremotos y tsunamis de cada país se reunieron una o dos veces al año desde el inicio del proyecto donde se informaba del estado actual de los protocolos y procedimientos operativos estándar (SOP) relacionados con los sistemas de alerta temprana de tsunamis en cada país, el progreso de los esfuerzos en cada país. Y, además, discutimos el borrador del mensaje de información de asesoramiento de tsunami y el área de pronóstico de tsunami. Además, participamos e hicimos presentaciones en la Reunión del Grupo de Coordinación Intergubernamental para el Sistema de Mitigación y Alerta de Tsunamis en el Pacífico (ICG/PTWS), que se celebra una vez cada dos años, y la Reunión del Grupo de Coordinación Intergubernamental para el Tsunami del Caribe y otras advertencias de peligro costero (ICG/CARIBE EWS) que se celebran cada año. En las reuniones internacionales, hemos compartido los

esfuerzos para el inicio de la operación de CATAC y los responsables de la UNESCO-COI, y hemos mejorado la presencia de CATAC y hemos coordinado con el personal de las instituciones de cada país. En la reunión del Grupo de trabajo regional de América Central de ICG / PTWS con la participación de las instituciones de monitoreo de terremotos y tsunamis de seis países de América Central y las instituciones de emisión de alerta de terremotos y tsunamis implementada en la ciudad de Managua, Nicaragua, en febrero de 2019, se presentó la propuesta SOP (Guía del Usuario) de CATAC. Los participantes acordaron que CATAC comenzaría a emitir información de asesoramiento de tsunami a cada institución a partir de agosto de 2019. Además, en la 28ª Reunión ICG / PTWS (Nicaragua, Montelimar) celebrada en abril de 2019 y la 14ª Reunión ICG / CARIBE EWS (Punta Leona, Costa Rica), se propuso que el lanzamiento de las operaciones de servicio de prueba de CATAC comenzaría a partir de agosto de 2019, lo cual fue aprobado. La oficialización de SOP en el proyecto CATAC se define como aprobada como Guía del usuario, que es uno de los documentos oficiales (series técnicas) de UNESCO-COI, que se publica en el sitio de UNESCO-COI.

[http://www.ioc-tsunami.org/index.php?option=com\\_oe&task=viewDocumentRecord&docID=24090](http://www.ioc-tsunami.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=24090))

La Guía del Usuario es el único documento oficial que define los procedimientos para emitir información de asesoramiento de tsunami. Inicialmente estaba programado oficializar la Guía en enero del 2019, sin embargo, debido a las interrupciones y los cambios de diferentes actividades del año fiscal 2018, esta actividad también sufrió cambios en el período de trabajo y finalizó en abril del 2019.

Durante el período del proyecto, hemos participado en muchas conferencias internacionales de UNESCO-IOC (ICG/PTWS, ICG/CARIBE EWS, etc.). A través de la participación en estas conferencias hemos logrado discutir y concertar con la parte interesada con miras al inicio de las operaciones del CATAC. Asimismo, hemos logrado tomar como referencia la trayectoria del Centro de Información de Tsunami del Mar de la China Meridional, el centro regional similar al CATAC, desde la operación de prueba hasta la operación plena.

Actividad3-2 Implementar talleres para oficializar los procedimientos operativos estándar (SOP) del CATAC

No solo en los talleres por CATAC, sino también en los talleres regionales de DIPECHO Centroamérica, las presentaciones, conferencias y discusiones se llevaron a cabo por el personal del proyecto para la oficialización del Procedimiento Operativo Estándar (SOP) de CATAC. Asimismo, el taller en febrero de 2019 se realizó en copatrocinio con el proyecto DIPECHO. Inicialmente estaba programado realizar un total de 5 talleres organizados por CATAC, sin embargo, debido a la suspensión del taller de noviembre del 2018, se realizaron un total de 4 talleres. El contenido de noviembre del 2018 fue impartido en el taller de febrero del 2019. Se realizaron los siguientes talleres.

Tabla II.1.8 Talleres para oficializar el Procedimiento Operativo Estándar (SOP) del CATAC

Fecha de ejecución	Nombre del taller	País y número de participantes	Contenido
Mayo de 2017	Taller regional para fortalecer la cooperación y la estandarización para la alerta de tsunami de DIPECHO	9 países incluyendo los 6 países centroamericanos, un total de 28 personas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación del resumen del proyecto CATAC, informe de los avances y planes de actividades</li> </ul>
Agosto de 2017	Primer Taller Regional de América Central de CATAC	4 países centroamericanos (Nicaragua, Guatemala, Panamá y Costa Rica), un total de 25 personas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación del resumen del proyecto CATAC e informe de los avances</li> <li>Flujo de la información del CATAC a cada país</li> </ul>
Noviembre de 2017	Segundo Taller Regional de América Central de CATAC	5 países centroamericanos (Nicaragua, El Salvador, Honduras, Panamá y Costa Rica), un total de 20 personas	<ul style="list-style-type: none"> <li>SOP para servicio de alerta de tsunami en CATAC</li> <li>Estándar y contenido del mensaje de alerta de tsunami</li> <li>Bloques de predicción de tsunami y puntos de</li> </ul>

			predicción
Noviembre de 2017	Taller regional para Project DIPECHO Sistema de alerta de tsunamis integrado en Centroamérica y Proyecto de desarrollo de la comunidad de resiliencia	Unas 40 personas de los 6 países centroamericanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Avances de elaboración de SOP en los países centroamericanos</li> <li>▪ Flujo de la información una vez iniciado el servicio de CATAC</li> </ul>
Febrero de 2018	Tercer Taller regional de América Central de CATAC	Unas 20 personas de los 5 países centroamericanos (Nicaragua, El Salvador, Guatemala, Panamá y Costa Rica)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistema de análisis sísmico y de tsunami, SeisComPRO</li> <li>▪ Procedimiento Operativo Estándar (SOP) del CATAC</li> <li>▪ Base de datos de tsunami y simulación de tsunami</li> <li>▪ Simulacro de mesa para la emisión de la información de asesoramiento de tsunami</li> </ul>
Febrero de 2018	Cuarto Taller Regional de América Central de CATAC (febrero de 2019) * Co-patrocinado con el Proyecto DIPECHO	Unas 30 personas de los 5 países centroamericanos (Nicaragua, El Salvador, Guatemala, Panamá y Costa Rica)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Borrador de la Guía del Usuario del CATAC</li> <li>▪ Inicio del servicio de operación de prueba de CATAC</li> <li>▪ Diagrama de flujo sobre la emisión de la información de tsunami y respuesta de cada país una vez ocurrido un</li> </ul>

			sismo de gran magnitud • Plan de simulacro CaribeWave19 • Fecha de realización del simulacro de tsunami en la costa del Pacífico en CATAAC y escenarios sísmicos
--	--	--	--

Actividad3-3 Implementar capacitaciones para la emisión de advertencias de tsunami

Con el objetivo de aprender la función y el papel de los centros regionales en el marco del Sistema de Mitigación y Alerta de Tsunami del Pacífico, hemos realizado las capacitaciones en JMA y los cursos en Nicaragua a cargo de experto a corto plazo (pronóstico y alerta de tsunamis) enviado por JMA. El personal del monitoreo de terremotos y tsunamis, como los miembros del proyecto aprendieron a través de saber una serie de operaciones relacionadas con el tema de la información de alerta de tsunamis y las operaciones del Centro de Información de Tsunamis del Pacífico Noroeste (NWTAC). Tres capacitaciones en el país (noviembre de 2016, noviembre de 2017 y septiembre de 2019) y tres capacitaciones por país en Japón "Información de asesoramiento de tsunami" se realizaron de forma inicialmente programada. Debido a la suspensión del envío del experto a corto plazo programado para noviembre del 2018, no se realizó una de las capacitaciones programadas en el país. Se realizaron las siguientes capacitaciones y cursos.

- Cursos "Marco de la alerta internacional de tsunamis y función del proveedor de servicios de tsunamis subregional", "Método de evaluación de tsunamis para la alerta de tsunamis", "Función del proveedor de servicios de tsunamis subregionales para la operación", "Base de datos de simulación de tsunamis", "Vigilancia de tsunamis en tiempo real" (noviembre de 2016, 15 personas)
- Capacitación en Japón "Información de aviso de tsunami" (julio de 2017, 5 personas)
- Cursos "Servicio japonés de alerta de tsunamis", "Responsabilidad como Centro de información sobre tsunamis en el Pacífico noroccidental", "Operación de alerta de tsunamis para tsunamis de campo lejano", "Método de estimación de tsunamis utilizado para el servicio de alerta de tsunamis", "Para alerta de

tsunamis en la Agencia Meteorológica de Japón" Llevó a cabo la creación de una base de datos de tsunamis y la utilización de una base de datos de tsunamis para la alerta de tsunamis en la Agencia Meteorológica de Japón (11 personas, noviembre de 2017).

- Capacitación en Japón "Información de aviso de tsunami" (3 personas en julio de 2018)
- Capacitación en Japón "Información de aviso de tsunami" (5 personas en julio de 2019)

A través del curso impartido por el experto a corto plazo (predicción y alerta de tsunami) enviado por la JMA y las discusiones, así como la participación en la capacitación por país en Japón "Información de asesoramiento de tsunami", los participantes lograron comprender las operaciones de monitoreo sísmico y de tsunami de la JMA, el modelo que pretende alcanzar el CATAC. Se ha logrado utilizar esta experiencia en el mejoramiento y el avance de las operaciones de monitoreo en CATAC.

#### Actividad3-4 Planear ejercicios en conjunto de emisión de advertencias de tsunami y elaborar el documento de planificación

Los planes de simulacro fueron planificados tomando en cuenta el simulacro de tsunamis en el Pacífico (Exercise Pacific Wave) y en el Caribe (Exercise Caribe Wave) que implementa el Centro de Alerta de los Tsunamis en el Pacífico (PTWC). A pesar de que los simulacros se vieron obligados a cambiar de plan debido a la situación de Nicaragua en el 2018, en el segundo año de ejecución del proyecto, las instituciones de predicción (nacionales) participaron cada año en los simulacros en el Pacífico y el Caribe y las instituciones de predicción (los 6 países centroamericanos) realizaron un simulacro de emisión de la información de asesoramiento de tsunami de CATAC en febrero del 2018 y otro en marzo del 2018 dentro del marco del simulacro en el Caribe. Las instituciones de predicción y emisión de alertas (nacionales) realizaron un simulacro de mesa para emitir la información de asesoramiento de tsunami en enero del 2019 y un simulacro nacional de tsunami en Nicaragua en septiembre del 2019. Con respecto al simulacro de las instituciones de predicción y emisión de alertas (los 6 países centroamericanos), se decidió implementar el ejercicio de Tsunamis en el Pacífico Centroamericano Regional para el 19 de agosto de 2019 en las reuniones del Grupo de trabajo regional de América Central de ICG / PTWS con la participación de instituciones de monitoreo de terremotos y

tsunamis en 6 seis países de América Central e instituciones de emisión de alerta de terremotos y tsunamis realizada en la ciudad de Managua, Nicaragua, en febrero de 2019, y en las reuniones del Grupo de Trabajo de América Central durante la 28ª reunión de ICG / PTWS. Además, se realizaron pruebas de emisión de información de asesoramiento de tsunami para la capacitación el 14 de agosto del 2019. El plan para dicho simulacro fue preparado en referencia a los materiales del ejercicio del Tsunami del Pacífico 2017 de PTWC. Además, sobre la base de “Tsunami Hazard in Central America: Historical Events and Potential Sources”, definido por iniciativa de UNESCO-COI en noviembre de 2016, se estableció un escenario sísmico de un sismo de M8.6 en el alta mar frente a Guatemala-El Salvador. Los planes para pruebas de emisión de la información y para simulacros de emisión de la información de asesoramiento de tsunami han sido ejecutados por iniciativa de INETER con miras al inicio de operaciones de prueba de CATAC. A lo largo del período del proyecto, INETER ha venido coordinando con las instituciones centroamericanas para los simulacros, de esta manera, mejorando la capacidad de planificación.

#### Actividad3-5 Implementar ejercicios en conjunto de emisión de advertencias de tsunami entre las instituciones de pronóstico de tsunami de los países centroamericanos

Con respecto al simulacro de las instituciones de predicción (nacionales), estas participaron en el simulacro de tsunami en el Pacífico que se realiza cada 2 años por PTWC y en el simulacro de tsunami en el Caribe que se realiza cada año. Con respecto al simulacro de las instituciones de predicción (los 6 países centroamericanos), estas participaron en las pruebas de emisión de la información de asesoramiento de tsunami en los talleres regionales de CATAC y en los simulacros de emisión de la información de CATAC en el simulacro de tsunami en el Caribe. Participamos en el ejercicio de Tsunamis en el Pacífico y en el ejercicio de Tsunamis en el Caribe como institución receptora de información de asesoramiento de tsunamis de PTWC con el objetivo de comprobar los procedimientos para enviar alertas de tsunamis en Nicaragua luego de recibir información, recopilar información sobre los procedimientos, escenarios para prepararnos el ejercicio de CATAC. Debido a la falta de conocimiento sobre el período de realización de simulacros de PTWC en el momento de planificación inicial, los simulacros se ejecutaron en períodos diferentes al plan inicial, sin embargo, se cumplió con el mismo número de

ejecuciones programadas. Cuando ocurre un terremoto que posiblemente cause un tsunami, se emite la información de asesoramiento de tsunami proveniente de PTWC a través del correo electrónico directamente a las instituciones de observación sísmica y de tsunami que son enlaces de cada país y a las instituciones de emisión de alertas de tsunami que son contactos nacionales de administración de desastres. En los simulacros de tsunami tanto en el Pacífico como en el Caribe, de igual forma se emite la información de asesoramiento de tsunami a las instituciones de observación sísmica y de tsunami y a las instituciones de emisión de alertas de tsunami de cada país, y para las instituciones de emisión de alertas de tsunami que no cuentan con técnicos en terremotos y tsunamis, las instituciones de observación sísmica y de tsunami brindan la información incluyendo la comprobación del contenido de la información de tsunami, la información adicional y el juicio para emitir la alerta de tsunami. El siguiente es el flujo de la información de asesoramiento de tsunami desde PTWC.

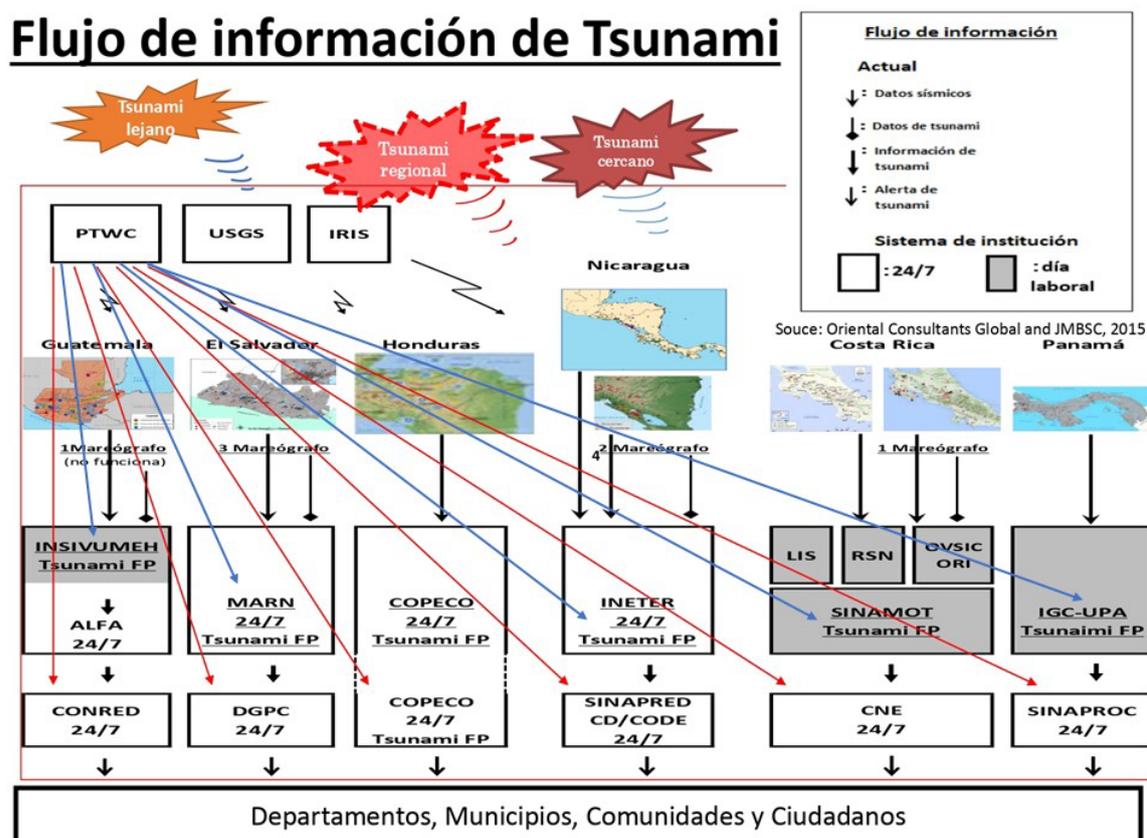


Figura II.1.5 Flujo de la información desde PTWC

En el 3er Taller Regional de CATAC, discutimos el contenido de la información de asesoramiento sobre tsunamis de CATAC con participantes de países de América Central, como Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General del Observatorio Ambiental (MARN-DGOA) de El Salvador, Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) de Guatemala, Sala de Monitoreo de Tsunamis de la Universidad Nacional (SINAMOT), Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI) y Red Sismológica Nacional (RSN) de Costa Rica y Unidad Ambiental, Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC-UPA) de Panamá. Además, en el taller se utilizó el módulo GDS (módulo de transmisión de información) de SeisComPRO, introducido al INETER como equipo donado por el proyecto, como prueba para emitir información de alerta de tsunamis enviando información de tsunamis por correo electrónico a los participantes y al ausente del Comité de Alertas de la Comisión Permanente de Contingencias de Honduras. Asimismo, en el ejercicio sobre tsunamis en el Caribe en marzo de 2019, CATAC envió información de asesoramiento sobre tsunamis, únicamente el primer y el segundo aviso a las instituciones de pronóstico en América Central. Las instituciones de pronóstico recibieron información tanto de PTWC como de CATAC, y participaron en el ejercicio que se refiere a la información de ambas partes.

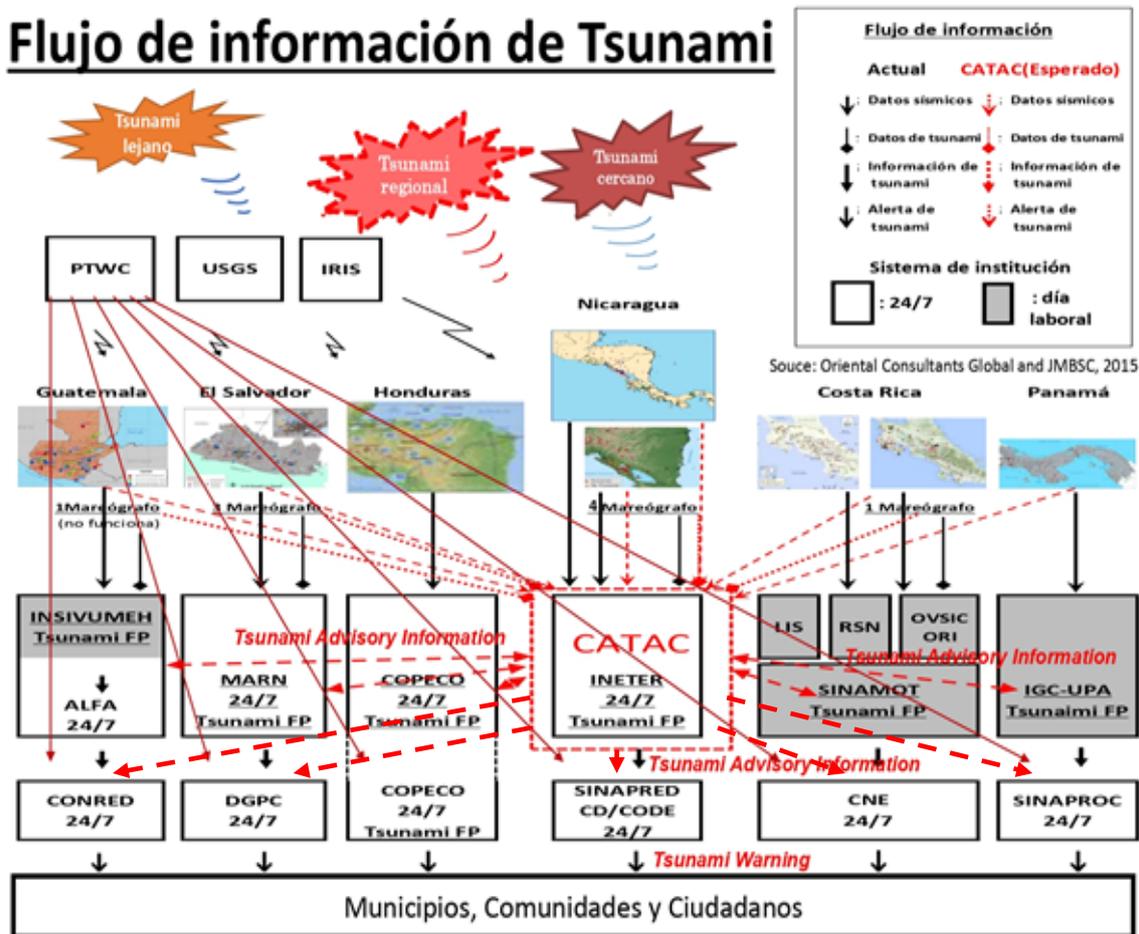


Figura II.1.6 Flujo de la información desde CATAAC

- Ejercicio de Tsunamis en el Pacífico (Exercise Pacific Wave 17) (febrero de 2017)
- Ejercicio de tsunamis en el Caribe (Exercise Caribe Wave 17) (marzo de 2017)
- Ejercicio de despacho de información CATAAC (agencia de pronóstico) (febrero de 2018)
- Ejercicio de tsunamis en el Caribe (Exercise Caribe Wave 18) (marzo de 2018)
- Ejercicio de tsunamis en el Caribe (Exercise Caribe Wave 19) (marzo de 2019) ✳ Enviamos información de asesoramiento de tsunamis desde CATAAC

3-6 Implementar ejercicios en conjunto a gran escala de emisión de advertencias de tsunami entre las instituciones de pronóstico y de emisión de alertas de tsunami de los países centroamericanos

Al inicio, se planeaba realizar un simulacro de emisión de información de asesoramiento de tsunami en conjunto con los 6 países centroamericanos durante el año fiscal 2018, sin embargo, la seguridad del país y la evacuación temporal de los expertos a largo plazo no permitieron preparar condiciones para poder emitir la información de asesoramiento de tsunami, además, era difícil coordinar con las instituciones de otros países centroamericanos, por lo que no se realizó en el año fiscal 2018.

Con respecto al simulacro de las instituciones de predicción y emisión de alertas de tsunami (nacionales), se realizó un simulacro de mesa para la emisión de información de asesoramiento de tsunami en enero del 2019. Estableciendo 2 escenarios sísmicos uno en el Pacífico (en el alta mar frente a Ecuador) y otro en el Mar Caribe (en el alta mar frente a Panamá), las 3 instituciones de INETER, CD-SINAPRED y Defensa Civil comprobaron el flujo y el contenido de la información de asesoramiento de tsunami a través del envío y recibo de mensajes a base de papel.

Asimismo, referente al simulacro de las instituciones de predicción y emisión de alertas de tsunami (los 6 países centroamericanos), se decidió implementar el simulacro de tsunami en el Pacífico centroamericano para el 19 de agosto de 2019 en las reuniones del Grupo de trabajo regional de ICG / PTWS realizada en la ciudad de Managua, Nicaragua, en febrero de 2019 con la participación de las instituciones de monitoreo de terremotos y tsunamis e instituciones de emisión de alerta de terremotos y tsunamis de los 6 países centroamericanos, y en las reuniones del Grupo de trabajo regional durante la 28ª reunión de ICG / PTWS realizada en abril del 2019. Asimismo, el 5 de agosto del 2019 se realizaron pruebas de emisión de información de asesoramiento de tsunami para el simulacro hacia las instituciones nacionales (CD-SINAPRED y Defensa Civil) y el 15 de agosto del 2019 hacia las instituciones de predicción y emisión de alertas de los 6 países centroamericanos. Los simulacros se realizaron en el marco de ICG/PTWS con el objetivo de emitir la información de asesoramiento de tsunami desde CATAC y brindar una oportunidad para mejorar los procedimientos de respuesta ante un tsunami y promover la reducción del riesgo de tsunami en caso de un sismo de gran magnitud que causa un tsunami en toda la región centroamericana. Con el escenario de un sismo de M8.6 en el alta mar frente a Guatemala-El Salvador, todas las instituciones centroamericanas comprobaron los procedimientos al recibir los mensajes emitidos desde CATAC del primer al sexto aviso, el contenido de la información

de asesoramiento de tsunami, la respuesta en la movilización inicial una hora después del sismo y el flujo de la información.

Actividad3-7 Implementar talleres para la evaluación de los ejercicios en conjunto e identificación de problemas a mejorar

Posterior a la realización del simulacro en el Caribe (Exercise Caribe Wave 19) en marzo del 2019, se realizó un taller con la participación de los encargados de CD-SINAPRED y UNESCO donde se comprobaron el contenido del mensaje emitido por CATAC, se informó sobre la realización de simulacros de evacuación en Corn Island y Bluefields y se intercambiaron opiniones.

Se realizó un taller en INETER después del ejercicio de tsunamis en el Pacífico centroamericano realizado el 19 de agosto del 2019 donde se comprobaron y se discutieron sobre los procedimientos al emitir la información, el contenido de la información de asesoramiento de tsunami, el escenario previsto, el tiempo y el contenido del mensaje enviado, entre otros.

Actividad3-8 Reflejar los resultados de los talleres mencionados en 3-7 en el SOP

En los talleres mencionados en la Actividad 3-7, se organizaron los procedimientos. Iniciada la operación de prueba a partir de agosto del 2019, estamos organizando los contenidos que requieren correcciones y actualizaciones tomando en cuenta los resultados del ejercicio de tsunamis en el Pacífico centroamericano realizado el 19 de agosto del 2019 y los comentarios de las instituciones de otros países. Continuando con la operación de prueba, examinaremos y comprobaremos el contenido del SOP y actualizaremos el SOP cuando se inicie la plena operación.

Actividad4-1 Precisar la segregación de funciones para aclarar tareas para estandarizar el programa de capacitaciones

Se crearon la tabla de segregación de tareas y la tabla del sistema de implementación de capacitación del personal de la Dirección de Sismología de INETER. Además, dado que hubo un cambio en el personal de la Dirección de Sismología en septiembre de 2018, se actualizaron las tablas. Muchos funcionarios se ofrecen como instructores cuando se realizan capacitaciones, y

las condiciones están dadas para ejecutar capacitaciones en temas de operaciones de CATAC, simulación de tsunami, sistema de alerta de tsunami, etc. Las capacitaciones se realizan una o dos veces al año, y según sea necesario el Gerente del Proyecto y el Coordinador del Proyecto fungen como coordinadores, aunque en el futuro se pretende integrar los trabajos de capacitación como CATAC en el Plan Anual de INETER para celebrar las capacitaciones grupales de manera periódica.

#### Actividad4-2 Planear capacitaciones para las instituciones relacionadas en los países

Se planificaron un total de 5 sesiones de capacitación regional durante el período del proyecto, y se preparó un documento de planificación. En 2018, debido al deterioro de la seguridad en Nicaragua, se suspendió el envío de experto a corto plazo, y algunas instituciones mostraron preocupación por viajar a Nicaragua, por lo que se suspendió la capacitación. La capacitación programada para realizar en noviembre del 2018 sobre el SOP del CATAC, así como las discusiones para determinar el contenido del SOP se realizaron en la Cuarta capacitación celebrada en febrero del 2019 como plan de recuperación establecido después de reiniciar las actividades de los expertos a largo plazo. Las otras cuatro sesiones de capacitación excepto la suspendida en el año fiscal 2018 se implementaron según lo planeado, y el desarrollo de los recursos humanos de las instituciones en cada país se llevó a cabo sin contratiempos. En cuanto a Honduras, el número de participantes y la frecuencia fueron bajos debido al personal y las operaciones de la institución relacionada, por lo que visitamos Honduras en junio de 2019 y dictamos un curso.

#### Actividad4-3 Elaborar, recopilar y traducir los materiales para las capacitaciones

Como material de capacitación para cursos y capacitaciones, los expertos elaboraron materiales de presentación sobre sismología, simulación de tsunamis, emisión de alerta de tsunamis, etc. en inglés y los tradujeron del inglés al español, posteriormente las contrapartes comprobaron y corrigieron el contenido de la traducción al español. Además, con el permiso del autor de los materiales existentes, se llevó a cabo la traducción del inglés al español. Los documentos para la capacitación acerca del sistema de alerta de tsunami en Nicaragua y el CATAC fueron elaborados por las contrapartes quienes realizaron presentación e impartieron cursos en las capacitaciones. Los

documentos para la capacitación y los materiales creados ascienden a un total de 40 volúmenes, los cuales están disponibles. Véase el Anexo 2 para los títulos de los materiales.

Actividad4-4 Implementar capacitaciones para las instituciones relacionadas de los países centroamericanos

Un total de cuatro sesiones de capacitación se llevaron a cabo durante el período del proyecto para las personas a cargo de las instituciones de monitoreo de terremotos y tsunamis en cada país. Se realizaron según lo planeado todas las sesiones de capacitación, excepto la de noviembre del 2018 suspendida por la deteriorada seguridad en Nicaragua. Las capacitaciones se llevaron a cabo con el propósito de adquirir los conocimientos necesarios para monitorear terremotos y tsunamis y emitir información sobre tsunamis, a través de cursos con el tema de la simulación de tsunamis y la emisión de información de asesoramiento sobre tsunamis. No solo los expertos japoneses eran instructores, sino que los miembros del personal de INETER que eran miembro del proyecto también dieron cursos sobre los servicios CATAC y el sistema SeisComP en cada capacitación. El desglose de los participantes de cada país y el contenido de los cursos son los siguientes.

Tabla II.1.9 Resultados obtenidos del número de participantes y países en los talleres regionales de CATAC

	Guatemala	El Salvador	Honduras	Costa Rica	Panamá
Primer taller, 5 personas	1 persona			3 personas	1 persona
Segundo taller, 8 personas		1 persona	1 persona	3 personas	3 personas
Tercer taller, 8 personas	2 personas	1 persona		3 personas	2 personas
Cuarto taller, 13 personas	3 personas	3 personas		4 personas	3 personas

Tabla II.1.10 Nombre de los cursos de los talleres regionales de CATAC

	Nombre de los cursos
Primer taller	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los avances del proyecto CATAC</li> <li>▪ Simulación de tsunami, investigaciones más recientes en</li> </ul>

	<p>predicción de tsunami y mitigación de tsunami</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las lecciones aprendidas del Terremoto y Tsunami de 1992 en Nicaragua</li> </ul>
Segundo taller	<ul style="list-style-type: none"> <li>Servicio de alertas de tsunami en Japón</li> <li>Responsabilidad como Centro de Información de Tsunamis del Pacífico Noroeste (NWTAC)</li> <li>Operación de alertas de tsunami para tsunamis de campo lejano</li> <li>Métodos de estimación de tsunamis utilizados en el servicio de alertas de tsunami</li> <li>SOP para el servicio de alertas de tsunami en CATAC</li> <li>Estándares y contenido del mensaje de tsunami en CATAC</li> <li>Bloques y puntos de predicción de tsunami en CATAC</li> </ul>
Tercer taller	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inversión de ondas de cuerpo de campo lejano</li> <li>SeisComPRO (Introducción, QUAKELINK, CAPS, GAPS/WebApps, GDS/GIS, SCQCEVAL/SCEVAL, CCLOC, NPEVAL, VORTEX, MT, GAM, TOAST)</li> <li>Base de datos de tsunami de CATAC</li> </ul>
Cuarto taller	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tsunami causado por otras causas no sísmicas</li> <li>Nuevas metodologías de alerta temprana de tsunami</li> <li>Monitoreo de redes sísmicas en CATAC</li> <li>Determinación de parámetros sísmicos en CATAC</li> <li>Determinación de parámetros de tsunami en CATAC</li> <li>Mensaje de tsunami en CATAC</li> </ul>

Actividad4-5 Implementar talleres para ordenar los asuntos necesarios con los países centroamericanos con el fin de mejorar las capacidades del CATAC

Como pudimos realizar talleres regulares para el personal a cargo de las agencias de monitoreo de terremotos y tsunamis en cada país una o dos veces al año, pudimos compartir información e intercambiar opiniones entre el personal a cargo de cada institución. Se llevaron a cabo un total de cuatro talleres, y los talleres se discutieron bajo el tema "SOP para el servicio de alerta de tsunamis en CATAC", "Estándar y contenido del mensaje de tsunami", "Zona de pronóstico de tsunami y punto de pronóstico", "Base de datos de tsunamis y simulación de tsunamis" con el propósito de fortalecer CATAC. A través de discusiones, las instituciones de cada país profundizaron su comprensión de los

servicios de CATAC y, para poner en funcionamiento CATAC, se incorporaron las opiniones de las instituciones de cada país, se crearon SOP y se construyó una base de datos de tsunamis.

## 2. Achievements of the Project

### 2-1 Outputs and indicators

(Target values and actual values achieved at completion)

Referente al nivel de logro de los indicadores, el nivel de cumplimiento evaluado de forma integral a partir de las manifestaciones de los resultados se expresa en porcentaje, seguidamente con una calificación en 3 escalas de “Alto/ Medio/ Bajo”.

#### Indicador 1-1 Mejora de la precisión de determinación automática de hipocentro (Reducir hipocentros falsos a menos de 10%) - nivel de logro: es el 100%, alto

Logrado en mayo de 2017. Para determinar el hipocentro, se utilizaban grupos de puntos de observación sísmica con mayor densidad o mayores niveles de ruido o en las inmediaciones de los volcanes, y estos constituían la causa principal de los sismos falsos en la determinación automática del hipocentro, por lo que se indicó no utilizar estos puntos de observación sísmica para determinar el hipocentro. Como resultado, después de tomar esta medida, las incidencias de sismos falsos que en abril del 2017 (del 1 al 30 de abril, justo antes de tomar la medida) se registraron 177, correspondiente a casi la mitad (48%) de los hipocentros determinados automáticamente, se redujeron drásticamente a 11 sismos (9%) en mayo (del 4 al 31 de mayo). El número de terremotos falsos por día que se registró 5.9 en abril se redujo drásticamente a 0.39 en mayo. En porcentaje, en mayo se registró un 6.6 %, correspondiente a apenas un decimoquinto de las incidencias de abril. Por consiguiente, el indicador “Reducir hipocentros falsos a menos de 10%” se ha alcanzado. Después de eso, el número de sismos falsos sigue siendo inferior al 10%. (Los sismos falsos en abril de 2019 representaron el 2.1% del total. Determinaciones del hipocentro eran 330, 323 sismos reales, 7 sismos falsos).

#### Indicador 1-2 Mejora de la precisión de determinación final de hipocentro (determinar el centroide (el centro de región hipocentral) 90% o más de los sismos ocurridos en la región centroamericana de M5 o más grande) – nivel de

logro: es el 100%, alto

El lugar de donde se originó un sismo se determina como hipocentro a partir de la lectura de los movimientos iniciales de las ondas sísmicas. Sin embargo, el hipocentro muestra únicamente el punto de inicio de la destrucción sísmica, y no necesariamente el hipocentro está situado en el centro de la falla sísmica. No obstante, para la simulación de tsunamis, en lugar del hipocentro se requiere la ubicación de la falla sísmica (por ejemplo, el centro de la falla). Para ello, es necesario calcular el centroide a través de la inversión de ondas sísmicas de períodos largos (análisis de tensor de momento del centroide o CMT). Por esta razón, el proyecto CATAC adquirió el módulo MT que es uno de los módulos de SeisComP utilizado para las operaciones de monitoreo sísmico en ese momento (actualmente SeisComPRO) y se inició la operación a partir de mediados de agosto del 2018. En este módulo MT, se calcula automáticamente el centroide mediante el análisis de CMT de las ondas sísmicas.

La instalación de los sismógrafos de banda ancha donados por el proyecto se desarrolló a partir de los mediados de octubre del 2018, y a partir de diciembre del 2018 la determinación del CMT marcha bien. Para comprobar esto, se realizó un estudio para verificar la obtención del centroide para sismos mayores de M5 ocurridos en la región centroamericana entre el 1 de diciembre del 2018 y el 30 de junio del 2019. Como resultado, se verificó que determinaron el centroide de todos de los 15 sismos correspondientes (100%). Por consiguiente, este indicador se ha alcanzado. Cabe señalar que el sismo del 24 de noviembre del 2016 (Mw 7.3) fue el único que se determinó el centroide en las fechas alrededores del inicio del proyecto (de julio a diciembre del 2016).

Indicador 1-3 Mejora de la precisión de magnitud (M) (determinar "Mw" "por la Inversión de onda sísmica 90% o más de los sismos ocurridos en la región centroamericana de M5 o más grande) – nivel de logro: es el 100%, alto

La magnitud de un sismo se expresa en magnitud (M) y generalmente se calcula a partir de la amplitud de las ondas sísmicas. Sin embargo, en caso de los sismos de magnitud sumamente grande, la expresión en M tiene su límite. Por esta razón, para obtener una M confiable, es necesario calcular la magnitud de momento (Mw) a través de la inversión de ondas sísmicas de períodos largos (análisis de tensor de momento (MT) o análisis de tensor de momento del centroide (CMT)). Por lo tanto, en el proyecto CATAC, al igual el centroide

mencionado en el apartado anterior, se calcula automáticamente el Mw mediante el uso del módulo MT adquirido.

Al igual que el centroide mencionado en el apartado anterior, se realizó un estudio para verificar la obtención del Mw para sismos mayores de M5 ocurridos en la región centroamericana entre el 1 de diciembre del 2018 y el 30 de junio del 2019, y como resultado, se verificó que determinaron el Mw de todos de los 15 sismos correspondientes (100%). Por consiguiente, este indicador se ha alcanzado. Cabe señalar que el sismo del 24 de noviembre del 2016 (Mw 7.3) fue el único que se determinó el Mw en las fechas alrededores del inicio del proyecto (de julio a diciembre del 2016).

Indicador 1-4 Determinación de mecanismo de sismos (determinar 90% ó más de los sismos ocurridos en Nicaragua de M3 ó más grande excepto replicas, pero los que ocurran en el mar solo los de M4 ó más grande) – nivel de logro: es el 90%, alto

Al estudiar la distribución de la polaridad de los movimientos iniciales de las ondas P, se puede conocer la tensión mecánica que causó el sismo. Al estudiar este mecanismo focal incluyendo sismos relativamente pequeños, se puede profundizar los conocimientos sobre los terremotos en Nicaragua.

Durante el período comprendido entre el 1 de junio al 24 de julio del 2019, ocurrieron 11 sismos objeto del estudio, de los cuales se determinó el mecanismo focal en 9 sismos (82%). Lo anterior indica que este indicador casi se ha alcanzado. Cabe señalar que durante el período anterior al proyecto habían determinado el mecanismo focal de los sismos mayores a M4, aunque en las fechas alrededores del inicio del proyecto (de julio a diciembre del 2016) no lo estaban haciendo.

Indicador 1-5 Manual actualizado para analizar terremoto (actualizar cada año) – nivel de logro: es el 80%, alto

En el análisis de parámetros sísmicos en las operaciones de monitoreo sísmico, ha habido frecuentes cambios, entre ellos, cambio del sistema utilizado (de Seisan a SeisComP y de SeisComP a SeisComPRO), análisis adicional de mecanismo focal, inicio de la emisión de la información sísmica en CATAC, entre otros cambios, y en cada cambio se dio orientación verbal o mediante una circular. La versión actualizada del manual de procedimientos de análisis sísmico se finalizó en agosto del 2019.

Indicador 2-1 Capacidad de simulación de tsunami mejorada (Personas capacitadas que puedan manejar el programa de simulación de Tsunami en la operación: 5 personas o más) – nivel de logro: es el 100%, alto

En relación a la Actividad 2-1 y 2-2, tres personas están trabajando con el programa de simulación de tsunami después de los cursos "Sismología, Ingeniería antisísmica y prevención contra tsunamis" y "Simulación de tsunami" en la Universidad de Hokkaido y los cursos y orientaciones del Sr. Tanioka). De estos tres, dos terminaron la tesis de maestría haciendo uso de la simulación de tsunami utilizada en el curso de capacitación en Japón "Sismología, Ingeniería antisísmica y prevención contra tsunamis" y están utilizando esta experiencia en el trabajo. Además, otros tres pueden calcular mediante el software de simulación de tsunamis, aunque no están trabajando como trabajo de operación. Dos personas a cargo en la capacitación en Japón en enero de 2019 (capacitación Tsunami Database: JMA) intentaron mejorar aún más la capacidad de la simulación del tsunami. A través de las conferencias y la capacitación práctica del Sr. Koshimura, el experto a corto plazo (simulación de tsunami), implementada en septiembre del 2019, se mejoró la capacidad de todo el personal, además, más de 5 personas ahora pueden trabajar con el software de simulación de tsunami.

En julio y agosto de 2019, INETER realizó una capacitación interna sobre la utilización de la componente TOAST para la simulación de tsunami en que participaron todos los sismólogos que trabajan turno de 24 horas por 7 días.

Indicador 2-2 Base de datos constituida de simulación de tsunami y utilizarla – nivel de logro: es el 90%, alto

Recibimos asesoría sobre la construcción de bases de datos en la capacitación de la base de datos de tsunamis, discusiones con expertos de la JMA (enero de 2019) y orientación de expertos del Dr. Tanioka (febrero de 2019). Y siguiendo estas instrucciones, se decidió cambiar el intervalo de instalación de los hipocentros asumidos y el angulo de rumbo de la falla, etc., además, después de estas correcciones, finalmente hemos decidido la ubicación final de los hipocentros asumidos y el rumbo de la falla en la base de datos de tsunamis. Hemos acelerado el trabajo contratando a un programador externo para tener un programa de automatización para implementar la simulación y los programas necesarios para introducir al sistema TOAST. Como resultado, en agosto del

2019 se creó la base de datos de tsunamis.

Indicador 2-3 Manual elaborado para analizar tsunamis – nivel de logro: es el 100%, alto

Se elaboró el manual de procedimientos de análisis sísmico. En este manual, se describen detalladamente las funciones y modo de uso de TOAST incluyendo los datos sísmicos a ingresar al sistema, mareas observadas, puntos de predicción de tsunamis, zonas de predicción de tsunamis, tsunamis pronosticados, diagrama de flujo de datos, mensaje de información de tsunamis, etc. En base a este manual, se están realizando capacitaciones para todos los operadores de turno, por lo tanto, se ha preparado el sistema que permita emitir la información de tsunamis de manera rápida y correcta después del inicio de operación de CATAC.

Indicador 2-4 Capacidad de emitir el boletín del pronóstico cuantitativo de tsunamis – nivel de logro: es el 100%, alto

Utilizando el módulo GDS de SeisComPRO, ahora es posible enviarlo por correo electrónico, y desde el 2 de mayo de 2018 se implementa la emisión de mensajes de información sísmica como un servicio de operación de prueba a las instituciones de observación sísmica en la región de América Central. Asimismo, el servicio de operación de prueba para la información de asesoramiento de tsunamis de CATAC se inició a partir de agosto del 2019.

Indicador 3-1 Oficialización de los procedimientos operativos estándar (SOP) del CATAC – nivel de logro: es el 100%, alto

En la 28ª Reunión ICG / PTWS (Nicaragua, Montelimar) celebrada en abril de 2019 y la 14ª Reunión ICG / CARIBE EWS (Punta Leona, Costa Rica), se propuso el lanzamiento de las operaciones de servicio de operación de prueba de CATAC comenzarán a partir de agosto de 2019, y fue aprobado. La oficialización de SOP en el proyecto CATAC se define como aprobada como Guía del usuario, que es uno de los documentos oficiales (series técnicas) de UNESCO-COI, que se publica en el sitio de UNESCO-COI. La Guía del usuario es el único documento oficial que define los procedimientos para emitir información de asesoramiento de tsunamis.

Indicador 3-2 Ejercicio realizado para los países centroamericanos (ejercicio

nacional: 3 veces, ejercicio regional: 2 veces) – nivel de logro: es el 100%, alto

Con respecto al simulacro de las instituciones de predicción (nacionales), participamos una vez en el ejercicio "Pacific Wave" y tres veces en "Caribe Wave" y se realizaron ejercicios de emisión de asesoramiento de tsunami como la institución para pronóstico de tsunami en Nicaragua, se ha recopilado información sobre los procedimientos de ejercicio y los escenarios para los ejercicios organizados planeados por CATAC.

Con respecto al simulacro de las instituciones de predicción (los 6 países centroamericanos), en el Tercer taller regional de CATAC los participantes de los países centroamericanos discutieron sobre el contenido de la información de asesoramiento de tsunami emitido por CATAC y realizaron un simulacro de emisión de la información de asesoramiento de tsunami a través de correo electrónico hacia los participantes del taller, así como al encargado de la Comisión Permanente de Contingencias (COPECO) de Honduras que no vino al taller, utilizando el módulo GDS (módulo de emisión de la información) de SeisComPRO introducido al INETER como equipo donado por el proyecto. Asimismo, en el ejercicio sobre tsunamis en el Mar Caribe "Caribe Wave" en marzo de 2019, enviamos en forma de prueba la información de asesoramiento sobre tsunamis, únicamente el primer y el segundo aviso, desde CATAC a las instituciones de pronóstico de cada país. Las instituciones de pronóstico de cada país recibieron la información tanto de PTWC como de CATAC, y participaron en el ejercicio refiriéndose a ambas informaciones.

Indicador 3-3 Ejercicio realizado en conjunto a gran escala de emisión de advertencias de tsunami entre las instituciones de predicción y de emisión de alertas de tsunami de los países centroamericanos (ejercicio nacional: 2 veces, ejercicio regional: 2 veces) – nivel de logro: es el 100%, alto

Al inicio, se planeaba realizar un simulacro conjunto con los 6 países centroamericanos durante el año fiscal 2018, sin embargo, la seguridad del país y la evacuación temporal de los expertos a largo plazo no permitieron preparar condiciones para poder emitir la información de asesoramiento de tsunami, además, era difícil coordinar con las instituciones de otros países centroamericanos, por lo que no se realizó en el año fiscal 2018. Con respecto al simulacro de las instituciones de predicción y emisión (nacionales), se realizó un simulacro de mesa para la emisión de información de asesoramiento de tsunami en enero del 2019. Estableciendo 2 escenarios sísmicos uno en el Pacífico (en

el alta mar frente a Ecuador) y otro en el Mar Caribe (en el alta mar frente a Panamá), las 3 instituciones de INETER, CD-SINAPRED y Defensa Civil comprobaron el flujo y el contenido de la información de asesoramiento de tsunami a través del envío y recibo de mensajes en papel.

Asimismo, referente al simulacro de las instituciones de predicción y emisión de alertas de tsunami (los 6 países centroamericanos), se decidió implementar el simulacro de tsunami en el Pacífico centroamericano para el 19 de agosto de 2019 en las reuniones del Grupo de trabajo regional de ICG / PTWS realizada en la ciudad de Managua, Nicaragua, en febrero de 2019 con la participación de las instituciones de monitoreo de terremotos y tsunamis e instituciones de emisión de alerta de terremotos y tsunamis de los 6 países centroamericanos, y en las reuniones del Grupo de trabajo regional durante la 28ª reunión de ICG / PTWS realizada en abril del 2019. El 5 de agosto del 2019, se realizaron pruebas de emisión de información de asesoramiento de tsunami para el simulacro hacia las instituciones nacionales (CD-SINAPRED y Defensa Civil) y el 15 de agosto del 2019 hacia las instituciones de predicción y emisión de alertas de los 6 países centroamericanos.

Los simulacros se realizaron en el marco de ICG/PTWS con el objetivo de emitir la información de asesoramiento de tsunami desde CATAC y brindar una oportunidad para mejorar los procedimientos de respuesta ante un tsunami y promover la reducción del riesgo de tsunami en caso de un sismo de gran magnitud que causa un tsunami en toda la región centroamericana. Con el escenario de un sismo de M8.6 en el alta mar frente a Guatemala-El Salvador, todas las instituciones centroamericanas comprobaron los procedimientos al recibir los mensajes emitidos desde CATAC del primer al sexto aviso, el contenido de la información de asesoramiento de tsunami, la respuesta en la movilización inicial una hora después del sismo y el flujo de la información.

El simulacro fue dirigido por INETER desde el establecimiento del escenario, la operación del día del simulacro hasta la aplicación de encuestas después de finalizar el simulacro, por lo tanto, se puede evaluar que las condiciones están dadas para realizar un simulacro conjunto con los 6 países centroamericanos como CATAC.

Indicador 3-4 Personas capacitadas que puedan utilizar boletines CATAC de asesoramiento de tsunami para pronosticar el tsunami (3 personas o más de cada país) – nivel de logro: es el 100%, alto

Durante el período del proyecto, se planificaron 5 talleres regionales. El taller regional de CATAC en noviembre de 2018 se canceló debido al deterioro de la situación de Nicaragua, sin embargo, los demás 4 talleres regionales de CATAC se realizaron. Se está promoviendo la formación de los recursos humanos a través de talleres y capacitaciones casi según lo planeado. Con el objetivo de adquirir conocimientos e información básica necesaria como funcionario encargado de una institución de observación de tsunamis, así como los conocimientos sobre el CATAC, se realizó la capacitación integrando adecuadamente las últimas tecnologías y los temas de alto nivel en el contenido. Los niveles técnicos y las experiencias de los participantes de cada país varían, además, no todas las instituciones pueden enviar a la misma persona de manera continua, por lo que es difícil medir los resultados de la capacitación de manera uniforme. A pesar de esto, en la encuesta después de la capacitación para comprobar los niveles de comprensión (tasa de respuestas: 83%), un 96% de los participantes respondieron que lograron entender el contenido de capacitación o ya había entendido antes de la capacitación, por consiguiente, se puede evaluar que los participantes de la capacitación tienen un cierto nivel para realizar el trabajo de predicción de tsunamis.

En Honduras, COPECO es la institución que posee ambas funciones de emisión de alertas y monitoreo sísmico y de tsunami. Actualmente, solo hay un encargado del área de sismología y tsunami, y el encargado del sistema de alerta temprano que atiende todos los desastres naturales también está trabajando en el área de sismología y tsunami, en un total de unas 3 personas se dedican al trabajo de monitoreo de terremotos y tsunamis. La escasez de personal encargado de dicha área y el involucramiento de su personal en el trabajo de vigilancia hacen difícil enviar a su personal a una capacitación de larga duración, además, en el pasado ha tenido problemas en la inmigración para participar en la capacitación, por lo tanto, Honduras ha participado sólo una vez en el taller regional. En los últimos años, Honduras no ha experimentado mayores desastres de terremotos y tsunamis sino más bien su peso está en los fenómenos meteorológicos como huracanes e inundaciones, esto explica el porqué del sistema actual. No obstante, en el lado del Caribe hondureño ha habido tsunamis en el pasado, por lo que es necesario brindar apoyo a la observación sísmica y del tsunami y al fortalecimiento del sistema de emisión de alertas. En junio del 2019, la contraparte visitó Honduras para impartir un curso sobre CATAC dirigido a los funcionarios encargados de terremotos y tsunamis y

de alertas tempranas ante desastres y para brindar mantenimiento y modificación de la configuración del sistema de análisis sísmico (SeisComp). INETER firmará un convenio de cooperación con COPECO en que definir que forma INETER apoyará a COPECO en el monitoreo y alerta de terremotos y tsunamis. COPECO usará directamente los resultados de INETER

Tabla II.2.1 Resultados obtenidos del número de participantes en los talleres regionales de CATAC por país y el número de participación de cada participante

Número de participantes	País	Organización perteneciente	Participación					Número de participación	Número total de participantes por país
			WS1 31 de agosto - 1 de septiembre de 2017	WS2 8 - 9 de noviembre de 2017	WS3 19-21 de febrero de 2018	WS4 11-13 de febrero de 2019	WS-H 24-26 de junio de 2019		
1	Guatemala	INSIVUMEH	X		x	x		3	6
2					x		1		
3						x		1	
4		CONRED				x		1	
5	El Salvador	MARN		x	x	x		3	5
6						x		1	
7		Protección Civil				x		1	
8	Honduras	COPECO					x	1	4
9				x				1	
10							x	1	
11							x	1	
12	Costa Rica	Sinamot	X	x	x	x		4	13
13						x		1	
14							x		
15		OVSICORI	X	x	x			3	
16		RSN-UCR	X					1	
17					x			1	
18					x				

19		CNE				x		1	
20	Panamá	IGC-UPA	X	x	x			3	9
21				x				1	
22				x				1	
23					x	x		2	
24		Autoridad Marítima de Panamá				x		1	
25		SINAPROC				x		1	
Total			5	8	8	13	3	37	

La siguiente Tabla II.2.2 muestra el sistema de monitoreo de tsunami en los países centroamericanos. Los países que cuentan con un sistema de monitoreo las 24 horas son Nicaragua, El Salvador y Honduras (COPECO también es una institución de emisión de alertas), Guatemala actualmente está estableciendo un servicio de 24 por 7 días. Costa Rica y Panamá no tienen un personal de monitoreo las 24 horas, por lo que cuando ocurre un sismo de gran magnitud, se atiende en sus casas o acuden al centro de monitoreo después de ocurrir el sismo, lo que se traduce en la dificultad de dar respuesta inmediata en la noche de los días de la semana y en los feriados. La información de asesoramiento de CATAC también se emite a las instituciones de emisión de alertas de Centroamérica que cuentan con el sistema de monitoreo las 24 horas, sin embargo, en las instituciones de emisión de alertas no hay funcionarios capaces de analizar suficientemente la información para emitir un juicio sobre la ocurrencia de un tsunami, por lo tanto, antes de emitir la alerta, es necesario comunicarse con las instituciones de monitoreo.

Para reducir los daños humanos causados por tsunamis, es necesario contar con un sistema donde las instituciones de monitoreo de tsunami de cada país analicen rápidamente la información de asesoramiento de tsunami proveniente de CATAC o PTWC y que emitan la alerta de ese contenido a los gobiernos locales y a la población. Para fortalecer la respuesta después de recibir la información de tsunami desde CATAC, es necesario que las instituciones de monitoreo de Guatemala, Costa Rica y Panamá cuenten con un sistema de monitoreo las 24 horas. Para acondicionar el sistema de monitoreo de 24 horas

por 1 operador en 2 turnos, al menos se requieren 5 personas capaces de analizar sismos y tsunamis y juzgar la posibilidad de ocurrencia de un tsunami. Para operar un sistema de monitoreo en los días feriados y en la noche, es necesario que las instituciones reconozcan la importancia de la administración de desastre por tsunamis que causan grandes daños una vez ocurridos, pese a su baja frecuencia de ocurrencia. Con respecto a la COPECO de Honduras que funciona como institución de emisión de alerta y de monitoreo de terremotos y tsunamis, cuenta con un sistema de 24 horas por 2 operadores en 2 turnos, sin embargo, los operadores de turno no están a cargo del monitoreo de terremotos y tsunamis, más bien trabajan para alertas y vigilancia de todos los desastres naturales, por lo tanto, no poseen buenos conocimientos ni alta capacidad técnica en cuanto a los terremotos y tsunamis.

Todas las instituciones de los países centroamericanos tienen un sistema de emisión de alerta de tsunami utilizando la información de asesoramiento de tsunami emitida por CATAC. Sin embargo, no se han reportado daños por tsunami en los últimos años en la región centroamericana. En 2012 si hubo al menos 3 terremotos que requerían alerta de tsunami temprano en los últimos años han ocurrido pocos terremotos que requieran emitir alerta de tsunami. Por lo tanto, para mantener un estado de alerta permanente contra los tsunamis en todas las instituciones centroamericanas, es necesario que INETER siga mostrando el liderazgo en el sistema de alerta de tsunami en Centroamérica y continúe fortaleciendo capacidades y formando recursos humanos. Específicamente, se realizará un taller grupal una vez al año para verificar periódicamente las actividades de CATAC, la precisión de la información sísmica y el tiempo para determinar el hipocentro, los simulacros realizados y sus resultados, asimismo, se realizarán capacitaciones necesarias para las operaciones de alerta de tsunami incluyendo el sistema de SeisComp3, la simulación de tsunami y la base de datos de tsunami. Por otro lado, se brindará apoyo en mantenimiento de sismógrafos y SeisComp a los países que requieran mayor apoyo técnico como Honduras, Guatemala y Panamá.

Tabla II.2.2 Sistema de monitoreo de tsunami en los países centroamericanos

País/	Funcionarios	Operadores de	Monitor	Modalidad de trabajo
-------	--------------	---------------	---------	----------------------

PM Form 4 Project Completion Report

Organización	encargados de turno	turno	eo las 24 horas con personal calificado	de turno
Nicaragua /INETER	14 personas (Dirección de Sismología)	1 persona (en horas laborales de los días de la semana) 2 personas (en la noche y en los feriados)	Sí	1 operador, 2 turnos 1) 7:00AM a 7:00PM 2) 7:00PM a 7:00AM De domingo a sábado
El Salvador /MARN-DGOA	5 personas (Gerencia de Geología)	1 persona	Sí	1 operador, 2 turnos 1) 7:00 AM a 5:00PM 2) 5:00PM a 7:00AM De domingo a sábado
Guatemala /INSIVUMEH	5 personas (Departamento de Sistemas Geofísicos)	1 persona	No	1 operador En horas laborales de los días de la semana De lunes a viernes
Costa Rica /SINAMOT	5 personas (3 personas de UCR y 2 personas de UNA)	1 persona	No	1 operador En horas laborales de los días de la semana De lunes a viernes
Panamá /IGC-UPA	5 personas + 2 estudiantes de postgrado (Instituto de Geociencias)	1 persona	No	1 operador, turno de 2 horas En horas laborales de los días de la semana De lunes a viernes

Honduras	<p>8 personas (Sistema de Alerta Temprana) * Atiende todos los desastres naturales</p>	<p>2 personas * También monitorean otros desastres que no sean terremotos y tsunamis. Pero no son profesionales en sismología y tsunami</p>	No	<p>2 operadores, 2 turnos 1) 7:00 AM a 5:00PM 2) 5:00PM a 7:00AM De domingo a sábado</p>
----------	--	---	----	--

Indicador 4-1 Persona asignada encargada de capacitación y tabla elaborada de segregación de funciones y organigrama de sistema de implementación de capacitaciones. (actualizar cada año) – nivel de logro: es el 100%, alto

La tabla de segregación de trabajo de la Dirección de Sismología de INETER y el organigrama del sistema de implementación de capacitación se creó y se actualizó de acuerdo al cambio del personal de la Dirección de Sismología de INETER. El Asesor de Ciencia de la tierra y el Director de Sismología junto con otras personas planifican y dividen los trabajos, por lo tanto, existen condiciones para asignar a los instructores de capacitación y ejecutar las capacitaciones.

Indicador 4-2 Documento de planificación elaborado para la capacitación de los países centroamericanos (actualizar cada año) – nivel de logro: es el 100%, alto

Se planificaron un total de 5 capacitaciones regionales durante el período del proyecto, y el plan de capacitación se actualizó cada año. Durante la ejecución del proyecto, INETER ha venido coordinando con otras instituciones centroamericanas y planificando capacitaciones con la asesoría de los expertos, por lo tanto, INETER posee capacidad para planificar capacitaciones aun después de finalizar el proyecto.

Indicador 4-3 Capacitación realizada para los países centroamericanos (2 veces cada año / 1 ó 2 personas cada país) – nivel de logro: es el 100%, alto

Se han realizado cuatro veces (agosto y noviembre de 2017, febrero de 2018 y febrero de 2019). Implementado según lo previsto, excepto en noviembre de 2018, que se canceló debido a los efectos del deterioro de la seguridad. Para

mayores detalles de la participación de los países centroamericanos y el contenido de capacitación, refiéranse a las Tablas I.1.10, I.1.11 y II. 2.1. Visitamos Honduras que tiene un pequeño número de participantes en junio de 2019 e impartimos cursos.

Indicador 4-4 Personas capacitadas que puedan realizar cursos (3 o más personas) – nivel de logro: es el 100%, alto

En los talleres regionales, no sólo los expertos japoneses sino también los funcionarios de INETER participan activamente como instructores. Los tres miembros del proyecto CATAC dieron cursos con el tema de "SOPs para servicios de alerta de tsunami en CATAC", "Criterio y contenido de mensaje de Tsunami" y "Zonas de pronóstico y Puntos de pronóstico" en el segundo taller regional, ocho miembros dieron cursos con temas relacionados a "SeisComPRO", y 5 miembros dieron cursos con el tema de "Monitoreo de terremoto y tsunami de CATAC", "Mensaje de asesoramiento de tsunami de CATAC" y "Parámetros de sismos de CATAC). Está desarrollando la capacidad del personal para realizar capacitaciones, y los miembros del proyecto se encargan de dar los cursos positivamente en los talleres regionales. Tres de los miembros que impartieron cursos en los talleres han impartido en todos los talleres, incluyendo en el taller del proyecto de DIPECHO, además, uno de ellos ha impartido una capacitación en simulación de tsunami a solicitud del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas de Cuba, por consiguiente, se puede evaluar que posee suficiente capacidad en este campo.

Indicador 4-5 Evaluación realizada después de capacitaciones y un documento de propuesta elaborado para mejorarlas– nivel de logro: es el 100%, alto

Realizamos encuestas después de cada capacitación y los participantes opinaron lo siguiente:

- En los asientos de atrás no se escucha bien al instructor.
- El traductor no está traduciendo adecuadamente. O prefiero que imparta la clase sólo en inglés.
- La pizarra acrílica es pequeña y no se ve bien.

Ante esto, a partir del Tercer taller se utilizan equipos de sonido (micrófono y amplificador) y una pizarra acrílica grande movible para mejorar el ambiente de capacitación. Asimismo, referente al traductor, a partir del Segundo taller cambió el idioma del curso, de inglés a español (el primer taller fue de japonés a

español) y a partir del Tercer taller, se procura contratar a un traductor con experiencia en el proyecto CATAC para garantizar la calidad del traductor. Por otro lado, aunque nadie solicitó en la encuesta, se remodeló la sala de capacitación y se amplió el espacio de capacitación ya que anteriormente el espacio era pequeño para un grupo mayor de 15 participantes, además, la entrada y la salida de la gente para el trabajo cotidiano era un factor distractor de la capacitación.

Por otro lado, la capacitación en alerta de tsunami y simulación de tsunami realizada durante la ejecución del proyecto era de modalidad clase en aula donde se manejaban amplios temas desde el contenido general hasta las últimas tecnologías. Sin embargo, el período de capacitación era corto y los niveles de experiencia y capacidad de los participantes eran diversos, por lo que no se ha realizado capacitación práctica en temas específicos, por ejemplo, la determinación de hipocentro dirigida a los funcionarios de INETER, el mecanismo focal y la simulación de tsunami. Para mejorar las capacidades de las instituciones centroamericanas, una capacitación práctica es más efectiva, pero como algunos funcionarios de turno de monitoreo de terremotos y tsunamis de otros países no han estudiado sistemáticamente la sismología y tsunami, es necesario introducir la práctica en la capacitación.

Con respecto al sistema operativo de capacitación, se observaban algunos problemas en la preparación, por ejemplo, no se decidía el nombre del curso que imparte la contraparte o no era adecuada la asignación del tiempo, por lo que es necesario planificar con suficiente antelación para preparar una capacitación. Referente a la calidad de los instructores, no existen problemas para ejecutar la capacitación, ya que muchos funcionarios tienen mucha experiencia y poseen altas capacidades. Para realizar una capacitación con documentos fáciles de entender y con horas de práctica, los funcionarios tomarán suficiente tiempo de preparación refiriéndose a los documentos elaborados por los expertos japoneses.

## **2-2 Project Purpose and indicators** (Target values and actual values achieved at completion)

En cuanto al desarrollar el personal del INETER para lograr el objetivo del proyecto, continúa las capacitaciones en Japón y las capacitaciones por los expertos japoneses en Nicaragua, y también aprovechando participar en las

capacitaciones del proyecto KIZUNA de acuerdo con el plan operativo. Sin embargo, en el año fiscal 2018, la influencia de la situación de Nicaragua detuvo el taller regional y se canceló la capacitación del proyecto KIZUNA. Sin embargo, en cuanto a las actividades que no se pudieron implementar, respondimos con planes alternativos, como capacitación adicional en Japón y talleres en el tercer país y logramos desarrollar las actividades sin necesidad de cambiar el período del proyecto y el objetivo del proyecto. Asimismo, con respecto al fortalecimiento de la capacidad a través de la mejora de las instalaciones y la adquisición de todo el equipo, el trabajo se realizó sin contratiempos en 2018, aunque hubo demora en la adquisición de algunos equipos. La instalación de todos los sismógrafos de banda ancha, 8 en total, se finalizó en enero del 2019 y la de mareógrafos, 8 en total, se finalizó antes de junio del 2019. Además, gracias al presupuesto de INETER, el centro de monitoreo de sismos y tsunamis y la sala de capacitación se han remodelado para mejorar el entorno operativo del centro. Además, se lanzó la página web de la versión provisional de CATAC (<http://catac.ineter.gob.ni/>), que presenta el esquema y la tecnología de CATAC, y se publican los parámetros sobre la determinación del hipocentro en tiempo real. La información sobre tsunamis también se publicará en la misma página en tiempo real.

El presupuesto de la Dirección de Sismología de INETER para el año fiscal 2017 (enero a diciembre) fue de U\$32,000.00 (C\$1,069,000), para el año fiscal 2018 (enero a diciembre) fue de U\$30,000.00 (C\$1,119.00) y para el año fiscal 2019 (enero a diciembre), U\$9,000.00 (C\$287,000). El presupuesto especial fue asignado a la Dirección de Sismología de INETER como presupuesto relacionado al proyecto.

Además del desarrollo de recursos humanos en las instituciones de otros países en talleres regionales que se han implementado desde mayo de 2018, hemos comenzado a enviar información sísmica como un servicio de CATAC, además, a partir de agosto de 2019, hemos iniciado el servicio de operación de prueba de CATAC incluyendo la información de asesoramiento de tsunamis, como resultado, CATAC está cooperando y contribuyendo a las instituciones de otros países. Los resultados de diferentes actividades se relacionan directamente con la mejora de la precisión de análisis sísmico y de la capacidad de pronóstico cuantitativo de tsunami del INETER, por lo que las actividades se desarrollaron debidamente para lograr el objetivo del proyecto.

Indicador 1. Mejora de la precisión de la determinación del hipocentro y la magnitud (M) de todos los sismos grandes que ocurran en la región centroamericana (magnitud de momento "Mw" de los sismos de M6.5 o más grande y también determinar todos los centroides (el centro de región hipocentral)). – nivel de logro: es el 100%, alto

Desde que se introdujo el módulo MT en las operaciones de monitoreo sísmico en agosto del 2018, se ha logrado determinar automáticamente el Mw y el centroide para sismos de M4.5 o mayor. Por otro lado, la instalación de sismógrafos de banda ancha se ha desarrollado consecutivamente a partir de los mediados de octubre del 2018 y se logró utilizarlos para el análisis de ondas sísmicas, por lo que desde alrededor de diciembre del 2018 se están determinando debidamente el CMT. Como resultado, se determinaron el Mw y el centroide para todos los sismos de M5.0 o mayor ocurrido desde diciembre del 2018 hasta junio del 2019 (15 en total). Cabe señalar que dentro de estos sismos se incluyen 2 sismos de M6.5 o mayor (M6.6 y M6.7). A través de diferentes capacitaciones se ha procurado fortalecer capacidades de los operadores de turno de monitoreo sísmico, esto con el objetivo de que todos los operadores puedan determinar el Mw y el centroide en forma manual utilizando otros programas, en caso de que no se puede determinar de forma automática. De esta manera, a través de las actividades del proyecto, todos los operadores de turno profundizaron conocimientos sobre el Mw y el centroide y adquirieron la capacidad para utilizar estos conocimientos en su trabajo actual.

Indicador 2. Pronóstico de tsunamis para todos los sismos grandes (M6.5 o más) que ocurran en el mar de la región centroamericana y la emisión de advertencias de tsunami a los países centroamericanos. – nivel de logro: es el 100%, alto

Con miras a la emisión de la información de asesoramiento de tsunami a los países centroamericanos, se está desarrollando la formación de los miembros del proyecto y la creación de la base de datos de tsunami, y con la aprobación del inicio del servicio de CATAC en la 28ª Reunión ICG / PTWS (Nicaragua, Montelimar) y la 14ª Reunión ICG / CARIBE EWS, se está preparando el inicio de la operación. Como parte de la operación de prueba antes de comenzar a brindar el servicio de operación de prueba, con el nuevo módulo GDS de SeisComPRO, cuando ocurra un sismo, se está emitiendo el boletín por E-mail. Y también se puede calcular la simulación de tsunami en tiempo real utilizando

el nuevo módulo TOAST (actualmente para sismos de M3.5 o superior). Se verificó que efectivamente se realizó el pronóstico de tsunami ante el sismo de M6.6 ocurrido el 30 de mayo del 2019 en el alta mar frente a El Salvador y que se elaboró automáticamente el mensaje de pronóstico de tsunami, es decir, los países miembros de CATAC están preparados para emitir la información de tsunami. Lo anterior indica que todos los operadores de turno profundizaron conocimientos sobre el pronóstico de tsunami a través de las actividades del proyecto y que poseen capacidad para utilizar estos conocimientos en el trabajo actual.

### **3. History of PDM Modification**

En cuanto a la evacuación temporal de expertos, cancelación de diversas actividades, cambio de calendario debido al deterioro de la situación en Nicaragua, la Sede de JICA, la oficina de JICA Nicaragua, y los expertos discutidos de septiembre a octubre de 2018. La misión de la sede de JICA visitó Nicaragua en noviembre de 2018 y mantuvieron conversaciones con INETER sobre actividades alternativas cuyas actividades y fechas de implementación han cambiado. Las tres partes, INETER, la sede de JICA y los expertos japoneses acordaron y firmaron el acta de la discusión. No hubo cambios en el objetivo del proyecto, los indicadores ni el período del proyecto, se establecieron planes de recuperación para las actividades que fueron suspendidas o cambiaron el calendario y cambiaron los siguientes puntos de PDM y PO para alcanzar el objetivo del proyecto dentro del período establecido. Véase la PDM y el PO en el ANEXO.

- Agregando elementos a factores externos de PDM:
  1. Empeoramiento de las condiciones políticas, económicas y sociales.
  2. Empeoramiento de la situación de seguridad.
- Arreglando los siguientes artículos de PO:
  1. Aportes y actividades relacionadas con el envío de expertos a corto plazo en noviembre de 2018 que se ha cancelado
  2. Adquisición de Equipo de Comunicación para Emergencia.
  3. Aportes y actividades relacionadas con la capacitación de terceros países (Chile)
  4. Construcción de la base de datos de tsunami y utilizarlo en trabajos de monitoreo

5. Elaboración y formulación de SOP.
6. Ejercicios en conjunto de emisión de advertencias de tsunami entre las instituciones de los países centroamericanos
7. Taller Regional de Centro América

#### **4. Others**

##### **4-1 Results of Environmental and Social Considerations (if applicable)**

**N/A**

##### **4-2 Results of Considerations on Gender/Peace Building/Poverty Reduction (if applicable)**

Los solicitantes y participantes para la capacitación en Japón, la capacitación de terceros países y la capacitación para países latinoamericanos fueron seleccionados teniendo en cuenta la igualdad de oportunidades para hombres y mujeres.

<Número de participantes en las capacitaciones realizadas en Japón>

- 2016JFY Capacitación por tema: 2 hombres y 0 mujeres
- 2017JFY Capacitación por tema: 1 hombre y 0 mujer
- 2017JFY Capacitación específica para el país: 7 hombres y 0 mujeres.
- 2018JFY Capacitación específica para el país: 4 hombres y 3 mujeres.
- 2019JFY Capacitación específica para el país: 4 hombres y 1 mujer.

<Número de participantes en las capacitaciones realizadas en otros países>

- 2017JFY Capacitación del proyecto KIZUNA: 0 hombres y 3 mujeres
- 2018JFY Capacitación del proyecto KIZUNA: 2 hombres y 0 mujeres
- 2017JFY Capacitación IOC-UNESCO 2017: 2 hombres y 1 mujer
- 2018JFY Capacitación IOC-UNESCO 2017: 1 hombre, 0 mujeres

<Número de participantes en las capacitaciones para países centroamericanos>

- 2017JFY Taller regional de CATAC: 11 hombres, 10 mujeres.
- 2018JFY Taller regional de CATAC: 9 hombres, 5 mujeres.

### **III. Results of Joint Review**

#### **1. Results of Review based on DAC Evaluation Criteria**

##### **1-1 Relevance Alta**

(1) Coherencia con la política de desarrollo.

El Estado XVI, sección A-2 de los Ejes Programa Nacional de Desarrollo Humano 2018-2021 describe el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia permanente y alerta temprana ante los fenómenos naturales, desde el modelo comunitario y gobiernos locales, y que los objetivos del proyecto y nuestra política de desarrollo son coherentes. Además, las instituciones de Centroamérica y otras instituciones no tienen capacidad suficiente para pronosticar el tsunami, y su relevancia para la región de Centroamérica, incluidos otros países, también es alta.

(2) Consistencia con las necesidades de desarrollo.

Las contramedidas contra el tsunami causado por los terremotos que ocurren en Centroamérica y los terremotos que ocurren en los mares de cada país en Centroamérica frente a la costa del Pacífico, donde los temores de que ocurra un tsunami son altos, son cuestiones urgentes relacionadas con la vida. Los siguientes problemas son comunes al sistema. Los objetivos del proyecto están en línea con los siguientes problemas, las necesidades de cada país.

- Asegurar el sistema de respaldo del sistema de alerta de tsunami.

Los países centroamericanos siempre están preocupados por las siguientes interrupciones debido a los "fallos" sobre los sistemas de monitoreo de terremotos y tsunamis utilizados para determinar la ocurrencia de tsunamis. Fallo del sistema debido al mantenimiento planificado del sistema, corte del sistema debido al mantenimiento planificado de la fuente de alimentación, fallo del sistema debido a un terremoto directamente debajo de la ubicación, fallo de la función de adquisición de datos debido al fallo del sistema de transmisión. Para implementar de forma constante y estable la advertencia de tsunami, se requiere una función de copia de seguridad. Desde este punto de vista, hay expectativas para CATAC.

- Asegurar y capacitar a los recursos humanos involucrados en la alerta de tsunami.

En los países de América Central, no siempre es fácil asegurar a los miembros del personal que participan en la determinación de la ocurrencia de un tsunami.

Los países centroamericanos han estado desarrollando y asegurando al personal con las habilidades necesarias utilizando el sistema internacional de capacitación existente, estableciendo un sistema de capacitación nacional y utilizando el sistema de pasantes. Desde este punto de vista, a través de la construcción de CATAC, existen expectativas para la implementación de "Capacitación relacionada con la alerta de tsunami" para toda Centroamérica.

- Funciones de apoyo para instituciones que no operan las 24 horas entre las instituciones involucradas en la alerta de tsunami

En América Central, todas las instituciones responsables de emitir alertas de tsunami están disponibles las 24 horas, sin embargo, con la excepción de Nicaragua y El Salvador, los países centroamericanos no cuentan con un sistema de 24 horas para emitir juicios técnicos sobre tsunamis e información necesaria sobre terremotos. Por esta razón, existen altas expectativas para las funciones de CATAC fuera de las horas de trabajo, especialmente de países que no operan las 24 horas del día.

Asimismo, en la Carta de Asistencia Oficial para el Desarrollo (AOD) de Japón para la República de Nicaragua, se establece como política básica (objetivo general) el "apoyo a la promoción del desarrollo socioeconómico, el medio ambiente y la reducción del riesgo de desastres", y en las áreas prioritarias (objetivos a medio plazo) "Conservación ambiental y reducción del riesgo de desastres", se define claramente lo siguiente: "(...) mitigación del riesgo de desastres y reducción del riesgo de desastres brindando respuesta en situaciones de desastre, entre otros". Brindar apoyo para mejorar el sistema de alerta de tsunami en la región centroamericana conduce directamente a la mitigación del riesgo de tsunami, de igual manera, emitir rápidamente las alertas de tsunami conduce a la respuesta en situaciones de desastre, por consiguiente, es congruente con la política de cooperación de Japón.

### (3) Adecuación del plan de negocios y enfoque

Dado que las medidas contra el tsunami en Centroamérica son un problema urgente relacionado con la vida, es necesario abordar rápidamente la resolución de problemas a corto plazo con apoyo técnico que haga un uso efectivo de los recursos actuales, por lo tanto, el plan del proyecto que hace uso completo del sistema y equipo INETER es apropiado. Además, teniendo en cuenta la operación formal de CATAC, es apropiado un enfoque de proyecto basado en cuatro objetivos principales, como mejora de la capacidad de análisis de

parámetros sísmicos, mejora de la capacidad de pronóstico cuantitativo de tsunamis, mejora de la capacidad necesaria para el anuncio de información de asesoría de tsunamis, construcción de un sistema para llevar a cabo el desarrollo de recursos humanos.

### **1-2 Effectiveness Alta**

(1) Logro del objetivo del proyecto: es el 100%, alto

Los resultados de cada actividad conducen al logro del objetivo del proyecto. Particularmente, las actividades directamente relacionadas con el pronóstico cuantitativo de tsunami como el análisis de CMT, la simulación de tsunami y la base de datos de tsunami conducen al cumplimiento del objetivo del proyecto con mayor efectividad junto con la adquisición de los módulos MT y TOAST de SeisComPRO. Además, el deterioro de la seguridad en el país y la evacuación temporal de expertos a largo plazo durante tres meses han afectado al proyecto, gracias al resultado de los planes alternativos, han logrado el objetivo del proyecto sin prorrogar el período del proyecto.

Creemos que la información sísmica en español emitida por CATAC es ventajosa no sólo para los 3 países de Guatemala, Honduras y Panamá que tienen que depender de la información de los organismos internacionales de vigilancia sísmica en inglés por no poseer su propio sistema de monitoreo sísmico y análisis sísmico, sino también para El Salvador y Costa Rica. De los sismos de M6.0 o mayor ocurridos en el año 2019, en caso del terremoto en el alta mar frente a El Salvador (M6.6) del 30 de mayo del 2019 y en el caso del terremoto en las cercanías de la frontera Panamá-Costa Rica (M6.6) del 26 de junio del 2019, en ambos casos lograron determinar el hipocentro antes de la información sísmica de USGS (14 minutos antes en caso de El Salvador y 5 minutos antes en caso de Panamá-Costa Rica) con buena precisión tanto para la magnitud como el hipocentro. Con respecto a la información de asesoramiento de tsunami, todavía es difícil evaluar su efectividad y los beneficios para las instituciones de recepción de la información y para la sociedad, ya que no han ocurrido grandes sismos con posibilidad de causar un tsunami desde el inicio de la operación de prueba, de todas maneras, teóricamente es posible emitir la información a los 5 minutos del sismo, por consiguiente, se espera que la información emitida por CATAC se utilice para emitir alertas de tsunami en los países centroamericanos.

### **1-3 Efficiency Alta**

#### **(1) Costo del proyecto**

El costo del proyecto planificado fue de 250 millones de yenes, por lo que el proyecto se completó dentro del plan (resultado: 181 millones de yenes). El número de envío de expertos se cumplió casi con el mismo número programado de 2 expertos a largo plazo y 5 expertos a corto plazo (un total de 8 envíos, unos 5 días para cada envío). En el año fiscal 2018, se suspendió un envío de experto a corto plazo debido al deterioro de la seguridad en Nicaragua y para complementar esto, se realizó una capacitación en Japón (2 participantes). El número de recepción de participantes fue de 19 personas, se redujo una persona en relación a lo programado inicialmente. Esto se debe a la reducción del presupuesto para el proyecto en el año fiscal 2018, de 6 personas programadas inicialmente a 3 personas para participar en la capacitación en información de asesoramiento de tsunamis. Igualmente, la capacitación en tensor de momento del centroide programada para mayo del 2018 cambió el calendario de ejecución a octubre del 2018 debido al mismo problema presupuestario. Estos no han afectado los resultados de las actividades posteriores. Referente a la donación de equipos, se implementó como se había programado inicialmente excepto la suspensión de la adquisición de equipos de comunicación para emergencias.

La duración del envío de expertos a corto plazo relacionado a la Actividad 2 y la 3 fue limitada a unos 5 días respectivamente, por lo que en Nicaragua estos expertos realizaron el seguimiento al contenido de capacitación en Japón y la instrucción adicional. Referente a la capacitación en simulación de tsunamis, se realizó con la participación de los ex becarios del curso de capacitación por tema en Japón "Sismología, Ingeniería antisísmica, Prevención de desastres por tsunamis" de 1 año de duración para que se complementaran mutuamente y desarrollaran respectivamente las actividades realizadas por los expertos a corto plazo y los contenidos de capacitación por país y capacitación por tema. Específicamente, se planificó el envío de los expertos a corto plazo (agosto del 2017 y febrero del 2018) después de realizar la capacitación por país "Simulación de tsunamis" (de junio a julio del 2017) para poder determinar parámetros y puntos de predicción en la simulación de tsunamis utilizados en la base de datos de tsunamis en CATAC a través de la orientación y discusión con

los expertos a corto plazo. Asimismo, referente a la capacitación en alertas de tsunami, esto se implementó de manera que las actividades del envío de los expertos a corto plazo de JMA (noviembre del 2016 y noviembre del 2017) y las de la capacitación por país “Información de asesoramiento de tsunami” (julio del 2017, julio del 2018 y julio del 2019) se complementarían mutuamente. De esta manera, los planes de capacitación y de actividades de los expertos a corto plazo se planificaron para que los operadores de turno de monitoreo sísmico y de tsunami adquirieran conocimientos necesarios y que comprendieran suficientemente en poco tiempo el sistema operativo y el contenido de trabajo del Centro de Información sobre Tsunamis del Noroeste del Pacífico para tomar en cuenta al iniciar las operaciones de emisión de la información de tsunami en CATAC.

## (2) Período del proyecto

Debido al deterioro de la seguridad en el país, el desplazamiento a los departamentos del país fue limitado desde abril hasta septiembre del 2018 y esto obligó a cambiar el plan de instalación de los equipos donados. La situación tuvo diferentes impactos en las actividades, por ejemplo, las contrapartes no podían llegar a la oficina debido a los tranques y la paralización del transporte público. Por otro lado, los expertos a largo plazo evacuaron temporalmente hacia Japón durante 3 meses desde junio hasta septiembre del 2018. Durante el año fiscal 2018, muchas actividades se vieron obligadas a cambiar, sin embargo, los cambios no se realizaron suponiendo la prórroga del período del proyecto sino recuperando los atrasos en los planes mediante la implementación de los planes alternativos dentro del período del proyecto programado (del 6 de octubre del 2016 al 5 de octubre del 2019).

Específicamente, la capacitación en simulación de tsunami y la discusión con el experto programadas para noviembre del 2018 pero suspendidas por la suspensión del envío del experto a corto plazo, se realizaron dentro del marco de capacitación adicional en Japón “Base de datos de tsunami”. Para realizar esta capacitación, se tenía que programar en poco tiempo, de unos 2 meses desde la planificación hasta el inicio de la capacitación, por lo que el proyecto se encargó de diferentes coordinaciones incluyendo la reservación de avión y el pago de los gastos de viaje sin pasar por el Departamento encargado de capacitación de la oficina central, de igual manera, el experto en coordinación de proyecto acompañó a los participantes en Japón para darles seguimiento

durante el período de capacitación sin asignar a un coordinador e intérprete de capacitación. El contenido que iba a ser impartido en el taller regional de Centroamérica cancelado fue impartido en febrero del 2019 en conjunto con el Proyecto DIPECHO en el marco de la Reunión del Grupo de Trabajo Regional Centroamérica ICG/PTWS en la ciudad de Managua, con la participación de las instituciones de monitoreo de terremotos y tsunamis y las instituciones de emisión de alerta de terremotos y tsunamis de seis países de América Central, de esta manera se logró implementar la oficialización de la Guía del Usuario de CATAC e iniciar la operación de prueba durante el período del proyecto. Asimismo, para recuperar los atrasos en la instalación de los equipos donados, una parte de los gastos de viaje de las contrapartes fue asumida por el rubro de Gastos externos para actividades, además, se realizaron reuniones de estudio a lo interno del INETER para sustituir el diplomado del proyecto KIZUNA imposibilitado a participar, de esta manera, los expertos y las contrapartes respondieron flexiblemente para formular y ejecutar los planes alternativos.

#### **1-4 Impact Alto**

##### **(1) Previsión de logro del objetivo superior**

Existen 6 funcionarios que terminaron el programa de maestría en una escuela de postgrado en Japón al culminar el curso de capacitación por tema “Sismología, Ingeniería antisísmica, Prevención de desastres por tsunami” justo antes y durante la implementación del proyecto. Asimismo, en el diplomado del proyecto KIZUNA, 4 funcionarios obtuvieron diploma en sismología y 2 en tsunami. De esta manera, se fortalecieron considerablemente las capacidades de todo el personal de la Dirección de Sismología de INETER que se encarga de las funciones del CATAC, y se espera que los recursos humanos formados aporten enormemente a la respuesta para emitir alertas de tsunami ante un sismo de gran magnitud. De igual manera, la capacidad de análisis sísmico en el proyecto ha sido fortalecida. CATAC comenzó a transmitir mensajes de información sobre terremotos como un servicio de operación de prueba a las instituciones de monitoreo sísmico de la región centroamericana a partir del 2 de mayo de 2018. Esta información es particularmente útil para instituciones en países que no realizan su propio monitoreo de terremotos las 24 horas (Guatemala, Honduras, Costa Rica y Panamá).

Con respecto a la capacidad de pronóstico cuantitativo de tsunamis, antes de iniciar el proyecto no podían pronosticar el tsunami por su cuenta y sólo dependían de la información del PTWC o podían juzgar la pertinencia de emitir la alerta únicamente mediante la magnitud o la ubicación y la profundidad del hipocentro. Actualmente es posible realizar el pronóstico de tsunami mediante la base de datos de tsunami y la simulación de tsunami en tiempo real por medio de TOAST de SeisComPRO, por lo tanto, el fortalecimiento de estas capacidades y el suministro de la información de alta precisión contribuye grandemente al cumplimiento del objetivo superior. Además, en la reunión de ICG/PTWS y ICG/CARIBE EWS en UNESCO-COI, la operación de servicio de prueba de CATAC ha sido oficialmente aprobada y a partir de agosto del 2019 se inició la operación de prueba, por lo tanto, de ahora en adelante, se supone que la importancia de la información de asesoramiento de tsunami enviada por CATAC en el monitoreo de terremotos y tsunamis de cada país aumentará más.

La creación del CATAC y el inicio del servicio resaltarán la presencia de Nicaragua, asimismo, el cumplimiento del objetivo superior podrá impactar enormemente en el rubro de “Fortalecimiento del sistema de vigilancia permanente y alerta temprana para fenómenos naturales” del Plan Nacional de Desarrollo Humano 2018–2021 que pregona Nicaragua. El mejoramiento del sistema de alerta de tsunami en Centroamérica, el establecimiento del sistema de cooperación entre los países centroamericanos a través de la creación de un centro regional y las operaciones de emisión de alertas más eficientes son grandes tareas pendientes para la prevención y mitigación de desastres de tsunami. La responsabilidad que asume Nicaragua en ese centro regional se traducirá en la participación en el marco internacional de observación de tsunami y sistema de alerta, por ende, tendrá un gran impacto sobre los países centroamericanos.

Por el momento, las instituciones en los países de América Central se referirán tanto a la información de PTWC como a la información de CATAC, y las utilizarán para el tema de alerta de tsunami, etc. Sin embargo, dado que la información de CATAC es más conveniente en términos de idioma y área, se prevé que la información de CATAC se usará relativamente más en el futuro. Para alcanzar el objetivo superior y brindar un servicio estable y confiable, es necesario seguir fortaleciendo el sistema de INETER, específicamente, realizar el sistema de 2 operadores de turno permanente de monitoreo sísmico y de tsunami, aumentar a los administradores informáticos y revisar el presupuesto y

la asignación del personal para las operaciones relacionadas a tsunami.

## (2) Relación causal

Las instituciones de monitoreo de tsunami y de emisión de alertas de tsunami de los países centroamericanos cuando se emiten sus alertas de tsunami utilizan la información de asesoramiento de tsunami emitida por PTWC. Sin embargo, como la información emitida por PTWC está escrita en inglés y es un servicio dirigido a toda la región del Pacífico, para utilizarla en las alertas de tsunami en Centroamérica, se prevén casos de deficiencia en la precisión y en el tiempo de emisión. CATAC es un centro regional especializado en América Central y es capaz de brindar un servicio más conveniente en comparación con el de PTWC en el aspecto del idioma y la particularidad regional, aunque si la precisión de la información sísmica y de tsunami es baja, posiblemente no se utilizará la información de asesoramiento de tsunami emitida por CATAC para emitir alertas de tsunami en Centroamérica. Para que la información de asesoramiento de tsunami enviada desde CATAC se use para la alerta de tsunami en los países de América Central, es necesario que la información se envíe rápidamente con la mayor precisión, por lo tanto, es indispensable mejorar la capacidad cuantitativa de pronóstico de tsunamis requerida para la información de asesoramiento de tsunamis de CATAC mediante la base de datos de tsunami y la simulación de tsunami. El objetivo superior y el objetivo del proyecto no son divergentes.

## (3) Efecto dominó

Actualmente, la operación de CATAC es un servicio de operación de prueba, pero después de un cierto período de prueba, cuando la operación oficial haya sido aprobada por ICG/PTWS y ICG/CARIBE EWS de UNESCO-COI, se espera que los protocolos y SOP relacionados con la prevención de desastres por tsunami en cada país se revisen a un procedimiento de transmisión de alerta de tsunami que utiliza la transmisión de información de asesoramiento de CATAC. Además, después del reconocimiento social de que INETER tiene la función de CATAC como centro regional de América Central, que se espera que tenga una influencia positiva en INETER, como la mejora de la imagen y la conciencia de INETER.

## 1-5 Sustainability Media

### (1) Aspectos políticos e institucionales

El Estado XVI, sección A-2 de los Ejes Programa Nacional de Desarrollo Humano 2018-2021 describe el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia permanente y alerta temprana ante los fenómenos naturales, desde el modelo comunitario y gobiernos locales, por lo tanto, se ha establecido el respaldo institucional y de políticas necesario para sostener el efecto del proyecto. Las contramedidas contra el tsunami causado por el terremoto en América Central que enfrenta la costa del Pacífico, que está especialmente preocupado por la ocurrencia del tsunami, es un tema apremiante y se espera que continúen los servicios de transmisión de información y operación de CATAC.

### (2) Organización de la institución ejecutor

INETER tiene - a partir del tsunami de 1992 - 27 años de experiencia en el monitoreo de terremotos y tsunamis durante las 24 horas con personal calificado y se han aclarado sus responsabilidades internas e interinstitucionales. A partir de septiembre del 2019, se garantizan 2 operadores de turno de monitoreo sísmico y de tsunami en la noche y en los feriados, asimismo, cuando ocurre un sismo de gran magnitud en el horario nocturno de los días de la semana o en los días feriados 4 personas que tienen Internet en sus casas pueden conectarse con el servidor de SeisComP y apoyar en el procesamiento (Director de la Dirección de Sismología, Asesor en Ciencias de la Tierra, Responsable de la Central de Monitoreo y Alerta, Sismólogo) y se convoca al personal que residen en las inmediaciones del INETER para apoyarlos. Esto implica la reducción del tiempo desde la determinación del hipocentro hasta la emisión de la información de asesoramiento de tsunami ante un sismo de gran magnitud, así como la mejora de la precisión, de esta manera se ha fortalecido el sistema en comparación con el tiempo anterior al inicio del proyecto.

En cuanto a la propiedad de las operaciones de CATAC, INETER ha promovido durante mucho tiempo la necesidad de centros de alerta de tsunamis en América Central en las instituciones y en conferencias internacionales, además, mantienen una alta propiedad incluso después del establecimiento de CATAC. Hasta la fecha, en muchas ocasiones, algunos recursos humanos competentes con mucha experiencia participaban en las conferencias internacionales y coordinaban con otras instituciones centroamericanas. Ante

esta situación, durante todo el período del proyecto, se procuró fortalecer la capacidad de toda la Dirección de Sismología y se han brindado oportunidades de participar en las conferencias internacionales a los funcionarios jóvenes. Aun después de la finalización del proyecto, es necesario ir participando activamente en las conferencias internacionales no sólo algunas personas sino también otros funcionarios en representación de INETER.

### (3) Nivel de técnica de la institución ejecutora

El Asesor en Ciencias de la Tierra del Co-Director del INETER, que tiene un doctorado y experiencias en el campo de los terremotos y tsunamis, trabajó como un líder, y siete personas con maestría que completaron "Sismología, Ingeniería antisísmica, Prevención de desastres por tsunami" mediante la capacitación de la materia, y además, seis personas se graduaron de los cursos de diploma relacionados con el terremoto y el tsunami del Proyecto KIZUNA, ya que la capacidad del personal de la Dirección de Sismología de INETER ha mejorado constantemente durante el período del proyecto. Además, la capacitación a corto plazo y los cursos se llevaron a cabo de manera continua durante el período del proyecto, y se ha mejorado la capacidad general, incluidos aquellos que no han participado en la capacitación en Japón y la capacitación en terceros países. La precisión del epicentro y la magnitud (M) se han mejorado en comparación con antes del inicio del proyecto, como lo indica el indicador 1, los recursos humanos que pueden trabajar con el software de simulación de tsunamis están capacitados y se ha mejorado la capacidad de pronóstico cuantitativo de tsunamis. Un total de 13 personas participaron en la capacitación "Información de Asesoramiento de Tsunami" de JMA, para adquirir los conocimientos básicos necesarios para la disseminación de la información y a través del aprendizaje de las operaciones del Centro de Información sobre Tsunamis del Noroeste del Pacífico, adquirieron el conocimiento de las operaciones de los centros regionales de ICG/PTWS. Después del inicio del proyecto, el terremoto que se envió la alerta de tsunami es solo una vez (24 de noviembre de 2016), y es necesario continuar adquiriendo experiencia a través de la capacitación, etc., sobre el sistema y la técnica con respecto a la operación de emergencia.

### (4) Financiación de la institución ejecutora

INETER ha hecho esfuerzos para asignar el presupuesto para el trabajo de

CATAC y el servicio de monitoreo y alerta de tsunamis, por ejemplo, asignó el presupuesto especial para el proyecto de CATAC en el año fiscal 2017 y el año fiscal 2018, y asumió los gastos por la instalación de los equipos donados y la reconstrucción del centro de monitoreo de terremotos y tsunamis, y también asignó un chófer dedicado al proyecto. Además, se ha logrado el sistema de 2 operadores de turno de monitoreo sísmico y de tsunami en la noche que hemos venido asesorando al INETER desde el inicio del proyecto. Sin embargo, en algunas zonas horarias, como durante el día los fines de semana, estamos monitoreando a un solo operador, por lo tanto, es deseable lograr en un sistema turno de dos personas completamente 24 horas 7 días lo antes posible. El aumento del personal para informáticos que iban a ser asignados no se ha concretizado. A pesar de que se requieren esfuerzos en algunos aspectos como centro regional que abarca 6 países centroamericanos, en comparación con el tiempo anterior al inicio del proyecto, se ha fortalecido el sistema de monitoreo. Sin embargo, los gastos de viaje para participar en las conferencias internacionales y los gastos para organizar talleres regionales en América Central se han gastado todos en el presupuesto del proyecto, por lo que en el futuro, se integrará al CATAC como un órgano formal dentro del organigrama del INETER y se procurará elevar la posición del CATAC dentro de la organización incluyendo el aumento presupuestario para promover actividades internacionales como CATAC.

Por otro lado, a mediano y largo plazo, es necesario que INETER siga implementando continuamente los eventos conmemorativos del tsunami de Nicaragua en 1992 y mostrando hacia el exterior o a lo interno la importancia de la reducción del riesgo de tsunami en Nicaragua y Centroamérica, así como la importancia de la responsabilidad de CATAC como centro regional. Si no se puede cambiar a corto plazo se espera que INETER tenga un plan para hacerlo en mediano plazo. Por eso que es importante seguir con las actividades de los proyectos de UNESCO, COSUDE y otros relacionados con terremotos y tsunamis bajo el auspicio de los organismos internacionales, como se ha hecho hasta la fecha, igualmente asumir cargos en ICG/PTWS, con la finalidad de trabajar activamente en la sociedad internacional en el campo de reducción del desastre de tsunami, y paralelamente seguir demostrando estas actividades ante el Gobierno de Nicaragua. El tsunami ocurre con menor frecuencia cada varios años o cada década, no obstante, una vez ocurrido causa grandes daños humanos, como ha experimentado Nicaragua en el tsunami de 1992. En

comparación con otros países centroamericanos, Nicaragua ha implementado muchas iniciativas de reducción del riesgo de tsunamis, por consiguiente, creemos que es posible que INETER o el Gobierno de Nicaragua asigne mayor presupuesto para este campo.

### **1-6 Comprehensive Evaluation Alta**

La creación del CATAC que juega un rol importante en el sistema de alerta de tsunamis en la región centroamericana y el apoyo brindado por el proyecto es congruente con las necesidades no sólo de Nicaragua sino también de toda la región centroamericana, así como con la política de Nicaragua y la política de cooperación de Japón. Asimismo, el aporte del proyecto ha sido utilizado eficientemente para iniciar la operación de CATAC, y se ha fortalecido la capacidad de pronóstico cuantitativo de tsunamis necesaria para emitir la información de asesoramiento de tsunamis de CATAC de INETER a través del envío de expertos, donación de equipos y capacitación en Japón. Se prevé que la emisión de la información de asesoramiento de tsunamis especializada en la región centroamericana, con alta precisión y rapidez será utilizada para emitir alertas de tsunamis en los países centroamericanos. A pesar de que existen tareas pendientes como el fortalecimiento del sistema de operadores de turno de monitoreo, se ha iniciado la operación de prueba de CATAC y se ha oficializado como centro regional en el marco de ICG/PTWS y ICG/CARIBE EWS, por consiguiente, se prevé que los efectos generados en el proyecto se mantendrán en el futuro.

## **2. Key Factors Affecting Implementation and Outcomes**

Con el motivo de la reforma del seguro social el 18 de abril de 2018, los grupos corporativos de opositores, grupos de agricultores, estudiantes y otros protestaron en varios lugares en todo el país, tales como la marcha de demostración, encerrarse de la universidad y el tranque de carreteras principales. Y esto fue suprimido por la policía y la paramilitar de una manera opresiva. Como resultado, se produjo una colisión violenta entre los dos, lo que resultó en un gran número de muertos y heridos. Además, debido a la concentración de la fuerza policial en el aplastamiento de la manifestación, la

seguridad doméstica se deterioró temporalmente, como el debilitamiento del control general del delito y los casos violentos con frecuencia. Debido al deterioro de la situación en Nicaragua, los expertos a largo plazo fueron evacuados temporalmente, el envío del experto a corto plazo se suspendió y se cancelaron los talleres de la región centroamericana y los ejercicios de emisión de información sobre el tsunami. Además, los viajes para investigaciones e instalaciones de sismógrafos y estaciones mareográficas fueron obligados a cancelarse, lo que afectó en gran medida las actividades del proyecto. Actualmente, la situación de seguridad en el país está mejorando y no ha tenido un impacto negativo desde septiembre de 2018, cuando los expertos a largo plazo regresaron a Nicaragua.

El peligro de que técnicos capacitados para el CATAC podrían abandonar el INETER, la institución ejecutora del proyecto, es una preocupación importante. No se paga suficiente salario a los funcionarios de la Dirección de Sismología encargados del proyecto CATAC que han obtenido maestría en el curso de capacitación por tema “Sismología, Ingeniería antisísmica y Prevención contra tsunami” y que han mejorado la capacidad especializada. Por esta razón existe la preocupación de que posiblemente los recursos humanos competentes se van, y si esto ocurre, la capacidad de CATAC se reducirá y no podrá brindar un servicio adecuado. Durante el período del proyecto, la renuncia del informático encargado del sistema de monitoreo sísmico y de tsunami y esto ha afectado considerablemente la configuración del sistema y el trazo de mantenimiento.

### **3. Evaluation on the results of the Project Risk Management**

Era difícil prever el deterioro de la seguridad pública y la situación social en Nicaragua antes del inicio del proyecto, y las medidas no se consideraron en la etapa de planificación. Después de la ocurrencia del incidente, respondimos a la cancelación y los cambios con planes alternativos para minimizar el impacto en el proyecto. Un cambio tan repentino en la situación es difícil de predecir, sin embargo, también siempre debería gestionar el riesgo asumiendo lo peor situación en momento de planear actividades, aunque se dice que está relativamente seguro como Nicaragua es porque trabajamos en los países en desarrollo. Los siguientes son los planes principales alternativos implementados.

### **3-1 Installation of broadband seismographs and tide gauges**

Si bien las inspecciones de campo y las instalaciones se planearon a principios de 2018, el empeoramiento de la situación de seguridad en mayo de 2018 dificultó el traslado a los campos y el trabajo suspendido. Después de septiembre de 2018, cuando se mejoró la seguridad, se iniciaron las investigaciones e instalaciones una tras otra, y se cambiaron los lugares de instalación para los lugares de instalación planificados donde existe un marcado deterioro de la seguridad. Además, si el presupuesto del lado de INETER se retrasaba y no era posible asegurar los gastos de viaje, algunos gastos se trataron en el presupuesto del proyecto.

### **3-2 Participation to KIZUNA training**

El gobierno chileno está pidiendo una mejora de la situación en Nicaragua con la misma actitud que la Organización de Estados Americanos, OEA, por lo tanto, como resultado, la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID) decidió suspender temporalmente la capacitación y cooperación para Nicaragua, incluido el proyecto KIZUNA. Por esa razón, los funcionarios del INETER ya no pueden participar en la capacitación del proyecto KIZUNA después de la segunda mitad de 2018. Por lo tanto, en junio de 2019, tuvimos sesiones de estudio como una oportunidad para mejorar el conocimiento sobre sismología y tsunamis del personal de la Dirección de Sismología de INETER contando seis instructores que completaron la capacitación del Proyecto KIZUNA (4 graduados de diploma de sismología, 2 graduados de diploma de tsunamis). Además, para capacitar al nuevo personal de monitoreo de terremotos y tsunamis, el graduado de “Sismología, Ingeniería sísmica, Prevención de desastres por tsunamis” continúa brindando capacitación.

### **3-3 Dispatch of short-term expert from Japan Metrological Agency**

Como el envío programado para noviembre de 2018 se suspendió, llevamos a cabo una capacitación en Japón en enero de 2019 sobre el tema de la base de datos de tsunamis como actividad alternativa. Los participantes aprendieron el esquema del mecanismo de la base de datos de tsunamis de la Agencia Meteorológica y sus características a través de cursos, y luego comprobaron

varias tablas y parámetros utilizando la base de datos. Ellos pudieron obtener el conocimiento necesario para la construcción de la base de datos que no entendían completamente hasta este momento, como los métodos de interpolación para buscar la configuración de la base de datos y los resultados de la simulación, su nivel de capacidad relacionado con la construcción de una base de datos de tsunamis ha mejorado. Además, a través de las discusiones en la base de datos de tsunamis de CATAC, recibimos muchos consejos de los expertos de la Agencia Meteorológica y obtuvimos mucha información que mejoró el diseño estructural de la base de datos y el establecimiento de parámetros que no eran suficientes para continuar trabajos de construir.

### **3-4 Authorization of SOP and regional training/workshops for central american countries**

Aunque el taller regional de Centroamérica programado para noviembre de 2018 ha sido cancelado, en febrero de 2019, en cooperación con el Proyecto DIPECHO, se pudo celebrar la Reunión del Grupo de Trabajo Regional Centroamérica ICG/PTWS en la ciudad de Managua, con la participación de las instituciones de monitoreo de terremotos y tsunamis y las instituciones de emisión de alerta de terremotos y tsunamis de seis países de América Central. El SOP de CATAC se aprobó en la 28ª reunión ICG/PTWS y en la 14ª reunión ICG/CARIBE EWS, celebrada en abril de 2019 como Guía del usuario, uno de los documentos oficiales (series técnicas) de la UNESCO-COI.

### **3-5 SeisComPRO training**

Debido al deterioro de la situación de seguridad en Nicaragua, la empresa GEMPA, fabricante de SeisComPRO, suspendió la segunda capacitación programada para julio del 2018. Aún después de mejorar un poco la seguridad del país a partir de septiembre del 2018, la empresa GEMPA se mostraba renuente a enviar a los instructores para la capacitación en Nicaragua, por lo tanto, se analizaba la posibilidad de capacitación en el tercer país o a distancia. Finalmente, después de seguir coordinando con GEMPA informándole sobre la situación de seguridad en Nicaragua y brindándole la información, se logró realizar la capacitación de febrero a marzo del 2019. Todo el personal de la Dirección de Sismología participó en la capacitación y, además de aprender en

el curso, hicieron configuraciones y mantenimientos del SeisComPRO. Y en mayo de 2019, cambiamos el sistema de monitoreo de terremotos y tsunamis de SeisComP a SeisComPRO.

#### **4. Lessons Learnt**

Con respecto al problema de la escasez de personal y la salida de funcionarios talentosos, JICA ha continuado comunicando solicitudes de aumento de personal y estabilización del sistema, pero no se ha mejorado durante el período del proyecto. Es necesario presentar un número específico de personas a la R/D, etc. para que el personal apropiado y la cantidad de personas se asignen durante el período de implementación del proyecto. Además, es necesario asegurar y desarrollar personal múltiple para puestos importantes como el personal del sistema, teniendo en cuenta la posibilidad de retiro del personal a cargo desde el inicio del proyecto.

A partir del año fiscal 2014, continuamente participan las contrapartes de INETER en la capacitación por tema “Sismología, Ingeniería antisísmica, Prevención de desastres por tsunami”. El hecho de que los ex becarios comparten el contenido del curso y las experiencias en Japón con sus colegas y que después de participar en las capacitaciones se mejoraron las capacidades en el campo de terremoto y tsunami aporta a mantener la motivación de otras contrapartes. Asimismo, constantemente hemos brindado información sobre la capacitación en Japón, el proyecto KIZUNA y la capacitación de UNESCO-IOC a las contrapartes para motivar la voluntad de participar en las capacitaciones. Además, cada vez que participan en la capacitación, se realiza una presentación para informar el contenido de la capacitación y la experiencia ante todos los funcionarios de la Dirección de Sismología, de esta manera, las mismas contrapartes se motivaban mutuamente la voluntad de mejorar las capacidades.

## **IV. For the Achievement of Overall Goals after the Project Completion**

### **1. Prospects to achieve Overall Goal**

Durante la ejecución del proyecto, 3 funcionarios obtuvieron la maestría en

una escuela de postgrado en Japón al culminar el curso de capacitación por tema “Sismología, Ingeniería antisísmica, Prevención de desastres por tsunami”. Asimismo, en el “Curso de Diplomado en Sismología” del proyecto KIZUNA, 4 funcionarios obtuvieron diploma en sismología y 2 en tsunami. Con esto se fortalecieron considerablemente las capacidades de todo el personal de la Dirección de Sismología de INETER que se encarga de las funciones del CATAC, y se espera que los recursos humanos formados aporten enormemente a la respuesta para emitir alertas de tsunami ante un sismo de gran magnitud. De igual manera, la capacidad de análisis sísmico en el proyecto ha sido fortalecida ya que se inició la transmisión de mensajes de información sobre terremotos como un servicio de operación de prueba a las instituciones de monitoreo sísmico de la región centroamericana a partir del 2 de mayo de 2018. Esta información es particularmente útil para los países que no cuentan con su propio monitoreo sísmico las 24 horas (Guatemala, Honduras, Costa Rica y Panamá).

Con respecto a la capacidad de pronóstico cuantitativo de tsunami, antes de iniciar el proyecto no podían pronosticar el tsunami por su cuenta y sólo dependían de la información del PTWC o podían juzgar la pertinencia de emitir la alerta únicamente mediante la magnitud o la ubicación y la profundidad del hipocentro. Actualmente es posible realizar el pronóstico de tsunami mediante la base de datos de tsunami y la simulación de tsunami en tiempo real por medio de TOASTO de SeisComPRO, por lo tanto, el fortalecimiento de estas capacidades y el suministro de la información de alta precisión contribuye grandemente al cumplimiento del objetivo superior. Además, en la reunión de ICG/PTWS y ICG/CARIBE EWS en UNESCO-COI, la operación de servicio operación de prueba de CATAC fue oficialmente aprobada y la operación de prueba se inició a partir de agosto del 2019, por lo tanto, de ahora en adelante, creemos que la importancia de la información de asesoramiento de tsunami enviada por CATAC en el monitoreo de terremotos y tsunamis de cada país aumentará más.

La creación del CATAC y el inicio del servicio resaltarán la presencia de Nicaragua, asimismo, el cumplimiento del objetivo superior podrá impactar enormemente en el rubro de “Fortalecimiento del sistema de vigilancia permanente y alerta temprana para fenómenos naturales” del Plan Nacional de Desarrollo Humano 2018–2021 que pregona Nicaragua. El mejoramiento del sistema de alerta de tsunami en Centroamérica, el establecimiento del sistema

de cooperación entre los países centroamericanos a través de la creación de un centro regional y las operaciones de emisión de alertas más eficientes son grandes tareas pendientes para la prevención y mitigación de desastres de tsunami. La responsabilidad que asume Nicaragua en ese centro regional se traducirá en la participación en el marco internacional de observación de tsunami y sistema de alerta, por ende, tendrá un gran impacto sobre los países centroamericanos.

Por el momento, las instituciones en los países de América Central se referirán tanto a la información de PTWC como a la información de CATAC, y las utilizarán para el tema de alerta de tsunami, etc. Sin embargo, dado que la información de CATAC es más conveniente en términos de idioma y área, se prevé que la información de CATAC se usará relativamente más en el futuro. El fortalecimiento del sistema de INETER, específicamente en lo que respecta a aumentar la cantidad de administradores informáticos, incremento al presupuesto y la designación de personal para las operaciones relacionadas a tsunami, permitirá que el objetivo superior pueda ser alcanzado con gran fortaleza o con mayor rapidez; además esto aseguraría brindar un servicio estable y confiable.

## **2. Plan of Operation and Implementation Structure of the Nicaraguan side to achieve Overall Goal**

Para lograr el objetivo superior y lograr el impacto y la sostenibilidad, INETER continuará monitoreando el terremoto y tsunami de 24 horas de CATAC, y transmitirá información bajo el equipo de la Dirección de Sismología, un Asesor en Ciencias de la Tierra y 17 funcionarios. Actualmente, 10 personas están a cargo del servicio de monitoreo, adicionalmente hay 2 que están temporalmente fuera del sistema 24 horas por 7 días por razones de salud, pero pueden reintegrarse, una capacitación de 4 personas adicionales se está llevando a cabo con el objetivo de aumentar el número de operadores. Así se contará a finales de 2019 con alrededor de 16 personas para este servicio. Asimismo, se continuará realizando capacitaciones necesarias para mejorar las habilidades de trabajo de todos los operadores de turno.

A partir de septiembre, el sistema de turno de monitoreo es de 2 turnos al día y hay un operador permanente para horas laborales de los días de la semana cuando se puede garantizar el apoyo inmediato cuando ocurre un sismo de gran

magnitud y 2 operadores permanentes para horas que no sean horas laborales, es decir, en la noche de los días de la semana y los feriados, quienes determinan el hipocentro en forma manual inmediatamente después del sismo y determinan el mecanismo focal para sismos relativamente grandes. El INETER ha indicado que está haciendo gestiones para que, iniciando el 2020, se cubra el doble turno (completo) las 24 horas del día y los 7 días de la semana. Para sismos mayores de M6.5 que posiblemente causan tsunamis se comunica la información de tsunami a inmediatamente CD-SINAPRED y Defensa Civil, adicionalmente recibirán la información del Centro de Alerta de los Tsunamis en el Pacífico (PTWC), Posterior al inicio de la operación de prueba de CATAC, además de estas operaciones se incrementa el volumen de trabajo para emitir la información de tsunami y atender las comunicaciones con las instituciones centroamericanas, es decir, la verificación de CMT, la verificación de la pertinencia de la base de datos de tsunami y los resultados de la simulación instantánea de tsunami, así como la emisión de la información, entre otros. Si es durante el día en los días de la semana, se puede contar con la cooperación de otras personas, sin embargo, si ocurre un sismo de gran magnitud en la noche de los días de la semana o en los feriados, es casi imposible atender todo esto con una persona. Por consiguiente, desde el inicio del proyecto hemos venido asesorando al INETER que se garantizara el sistema de 2 operadores de turno y el presupuesto para lograr esto. Como resultado, a partir de septiembre del 2019, se logró el sistema de 2 operadores permanentes en la noche y en los días feriados, y el INETER se comprometió a continuar gestionando completar el doble turno a más tardar inicios de 2020. Lo más importante para cumplir el objetivo superior es que CATAC continúe emitiendo la información confiable. Lo fundamental de esto es la precisión del hipocentro. El mantenimiento y la mejora de la red sísmica es importante para mantener y mejorar la precisión del hipocentro, por lo tanto, es necesario desarrollar aún más el intercambio de los datos de ondas sísmicas con los países miembros de CATAC, incluso con otros países aledaños. En los próximos 12 meses, INETER planea instalar unas 70 estaciones de monitoreo en Nicaragua, a través del proyecto EWARNICA con Suiza, seguramente esto contribuirá al mejoramiento de la precisión del hipocentro.

El 19 de agosto del presente años, se realizó un simulacro de emisión de la información de tsunami en los países centroamericanos utilizando la información de CATAC. Se pretende continuar con esto aún después del 2020 y

elevar la razón de ser de CATAAC.

Al igual que con otros centros regionales en ICG/PTWS, el cambio de la operación de prueba a la operación completa se planea de uno y medio año después del inicio del servicio de operación de prueba, durante este tiempo, será necesario mantener un contacto cercano con otros países relevantes y revisar lo que se necesita cada vez.

### **3. Recommendations for the Nicaraguan side**

Actualmente, el Coordinador del Proyecto funge como presidente de ICG/PTWS y fue reelecto en la 28ª reunión de ICG / PTWS realizada en abril del 2019 en Nicaragua. Creemos que el hecho de que un miembro de CATAAC ostenta este cargo, que divulgue constantemente las iniciativas de CATAAC en el marco internacional de prevención de tsunamis y que continúe opinando en las conferencias internacionales aportará a seguir ganando la confianza de los países centroamericanos. También otros funcionarios del CATAAC como el Dirigente del CATAAC como el Responsable de mapeo de amenaza de tsunami ostentan posiciones en los ICG/PTWS y el ICG/CARIBE EWS lo que aumenta la imagen del CATAAC y de INETER a nivel internación. Asimismo, durante el período de ejecución del proyecto, continuó con la formación de los recursos humanos de los funcionarios de INETER y de las instituciones relacionadas de diferentes países a través de las capacitaciones dentro y fuera del país y se logró realizar el intercambio de la información y las opiniones sobre este campo con los encargados de los países centroamericanos en los talleres regionales celebrados periódicamente. Para la formación de los recursos humanos de los funcionarios de INETER, es necesario seguir participando activamente en la capacitación de JICA o UNESCO-IOC, aprender las últimas tecnologías y luego compartir y desarrollar ese contenido a lo interno del INETER. Asimismo, para mostrar el liderazgo de CATAAC en el sistema de alerta de tsunami en Centroamérica, es necesario realizar un taller grupal o teleconferencia organizada por CATAAC periódicamente una vez al año donde se informan los avances y se intercambian opiniones.

Para cumplir con el objetivo superior del proyecto, que la información emitida por CATAAC siga siendo utilizada en los países centroamericanos, es fundamental que CATAAC siga emitiendo siempre la información de alta calidad. Para ello, es muy importante el tiempo desde que ocurre el terremoto hasta que

se emite la información, así como la precisión de la información de terremoto y tsunami emitida. Creemos que la confianza en el tiempo de emisión de la información y la precisión de la información se puede ganar al verificar y analizar la respuesta posterior al sismo ante la ocurrencia de un sismo de M6.5 o mayor con posibilidad de causar tsunami, incluyendo el tiempo de emisión de la información, la precisión de la información sísmica y de pronóstico de tsunami, incluyendo la comparación con la información de USGS y PTWS, y al compartir los resultados del análisis con las instituciones centroamericanas. Al mismo tiempo, creemos que esto mejoraría la respuesta ante emergencias del propio CATAC.

Por otro lado, también es importante mejorar la capacidad del receptor de la información. Habría que divulgar constantemente los conocimientos y técnicas de tsunami a través de las reuniones periódicas de los países miembros de CATAC y en otras oportunidades.

#### **4. Monitoring Plan from the end of the Project to Ex-post Evaluation**

(If the Project will be continuously monitored by JICA after the completion of the Project, mention the plan of post-monitoring here.)

Una vez finalizado el proyecto, JICA necesita monitorear si los servicios y la operación de CATAC son provistos adecuadamente, especialmente después de ocurrir un terremoto de M6.5 o más que podría causar un tsunami cerca de Centroamérica. Específicamente, es necesario verificar si la precisión de los parámetros del terremoto y el contenido de la información de asesoramiento de tsunami enviada fue apropiada, cómo fueron los resultados de la simulación de la base de datos de tsunami, cuánto tiempo tomó desde la ocurrencia del terremoto hasta la emisión de información, si la información de actualización hasta que se levante la alerta de tsunami fue apropiada. Preferiblemente, que se implemente este monitoreo en las reuniones periódicas de los países miembros de CATAC para que las partes interesadas estén más conscientes de su involucramiento. Después de esto, es deseable informar los resultados en las reuniones de ICG/PTWS y ICG/CARIBE EWS y escuchar ampliamente las opiniones de los expertos. Creemos que esta autoevaluación y los consejos de los expertos se traducirán en un suministro de servicio más confiable en preparación ante la operación plena.

Por otro lado, se prevén situaciones donde no ocurren sismos de M6.5 o

mayor o no se presentan oportunidades de emitir la información de asesoramiento de tsunamis por mucho tiempo. En estos casos también es deseable realizar una verificación periódica en las reuniones periódicas de los países involucrados con CATAC para discutir sobre los avances de las actividades, la precisión de la información sísmica y el tiempo hasta determinar el hipocentro, los simulacros realizados y sus resultados, entre otros.

Por otro lado, referente a Honduras, Guatemala, Costa Rica y Panamá con poca experiencia de terremotos en los últimos años, estos países enfrentan problemas como el sistema de monitoreo sísmico y de tsunamis que no es de 24 horas, la no asignación del suficiente personal y la no recepción de los datos debido a la ausencia del mantenimiento del sistema de monitoreo sísmico y de los sismógrafos donados por otros proyectos, entre otros, y en caso de la COPECO de Honduras, INETER está coordinando para brindar apoyo para mejorar y fortalecer la red de vigilancia sísmica, aunque creemos que es necesario brindar apoyo similar para otros países.

Por otra parte, con respecto a la operación de prueba iniciada desde agosto del 2019, el inicio de la operación significa que CATAC es oficialmente reconocido como centro regional encargado de emisión de la información de tsunamis en el marco de ICG/PTWS bajo la jurisdicción de UNESCO-IOC, además, la publicación de la Guía del Usuario (SOP) en el sitio Web de UNESCO-IOC representa el cumplimiento del indicador de la PDM “3-1 Oficialización de los procedimientos operativos estándar (SOP) del CATAC”. Al igual de la creación de SCSTAC y la actualización de la Guía del Usuario de NWPTAC, la transición de la operación de prueba a la operación plena en el marco de ICG/PTWS se prevé a un año o año y medio después del inicio del servicio de operación de prueba. Es necesario monitorear sobre la situación de operación de CATAC y el sistema de alerta de tsunamis de cada institución de país en la reunión UNESCO-COI, la 29ª reunión ICG/PTWS celebrada en 2021, y la reunión ICG/CARIBE EWS que se celebra anualmente, monitoreando el contenido de la reunión del grupo de trabajo ICG/PTWS y el contenido según corresponda.

### **ANNEX 1: Results of the Project**

(List of Dispatched Experts, List of Counterparts, List of Trainings, Revised Plan of Operation)

### **ANNEX 2: List of Products (Report, Manuals) Produced by the Project**

**ANNEX 3: PDM (All versions of PDM)**

**ANNEX 4: R/D, M/M, Minutes of JCC (copy) (\*)**

**ANNEX 5: Monitoring Sheet (copy) (\*)**

(Remarks: ANNEX 4 and 5 are internal reference only.)

**Separate Volume: Copy of Products Produced by the Project**