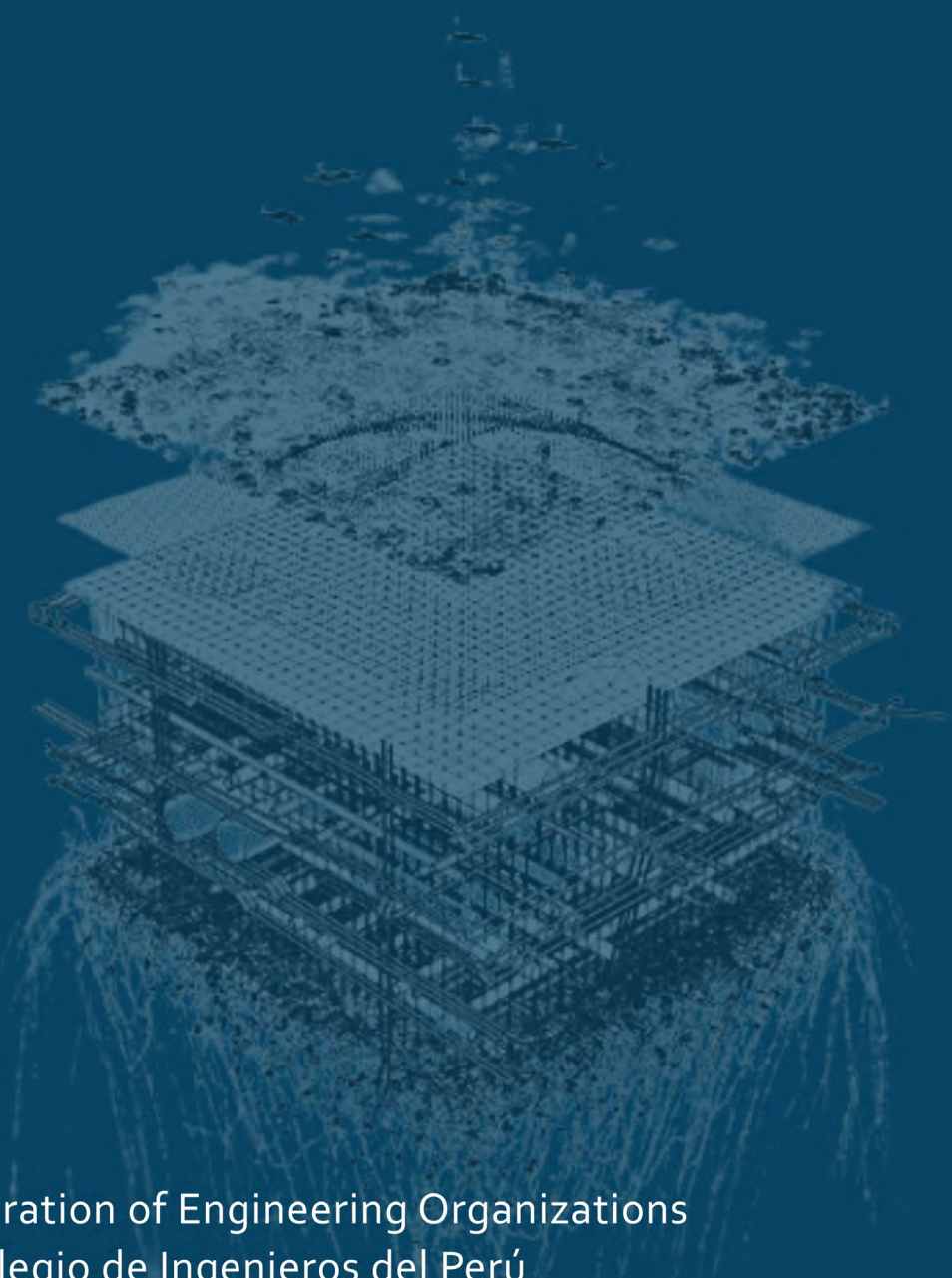




# Ingeniería y Resiliencia en la Gestión del Riesgo de Desastres para el Desarrollo Sostenible



World Federation of Engineering Organizations  
Colegio de Ingenieros del Perú

# Ingeniería y Resiliencia en la Gestión del Riesgo de Desastres para el Desarrollo Sostenible



World Federation of Engineering Organizations  
Colegio de Ingenieros del Perú

# Ingeniería y Resiliencia en la Gestión del Riesgo de Desastres para el Desarrollo Sostenible



Editores:

José Macharé O.

Lizett López S.

Colegio de Ingenieros del Perú

2022

**Ingeniería y Resiliencia en la Gestión del Riesgo de Desastres para el Desarrollo Sostenible**

Primera edición digital en castellano, mayo 2022

Editado por:

© 2022 Colegio de Ingenieros del Perú (CIP)

Av. Arequipa 4947, Miraflores

Teléfono: 551-4456540.

Email: [decano@cip.org.pe](mailto:decano@cip.org.pe)

© 2022 World Federation of Engineering Organizations (WFEO)

Maison de l'Unesco 1, rue Miollis 75015, Paris, France

Telephone: +33145684847.

Email: [secretariat@wfeo.org](mailto:secretariat@wfeo.org)

Preparado por los miembros del Comité de Gestión del Riesgo de Desastres de la WFEO y cinco co-autores invitados

ISBN: 978-9972-9465-7-8

Editores: José Macharé O. & Lizett López S.

Diseño: Sonia Bermúdez L.

Traducción al español: Richard Strodart

Diseño de la portada; Jasmine Macharé L.

[www.cip.org.pe](http://www.cip.org.pe)

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2022-04862

# PREÁMBULO

## Ingeniería: contribuyendo a una gestión del riesgo más efectiva para mejorar la resiliencia a los desastres

Cada año, millones de personas se ven afectadas por desastres que cobran vidas, causan daños a las infraestructuras y agravan las condiciones de pobreza de los más vulnerables. Entre 2000 y 2019, los desastres cobraron 1.23 millones de vidas, afectaron a 4,000 millones de personas en todo el mundo, y provocaron 2,970 millones de dólares de pérdidas económicas.

En los últimos años, el Cambio Climático ha amplificado los fenómenos meteorológicos extremos, lo que ha provocado un incremento del número de desastres relacionados con el clima. Una realidad que se refleja en las cifras: En los últimos veinte años, la inmensa mayoría (90%) de los desastres han sido causados por inundaciones, tormentas, olas de calor y otros fenómenos meteorológicos, mientras que más del 50% de la mortalidad por riesgos naturales son causados por peligros geológicos como terremotos y los tsunamis.

Los peligros biológicos también alteran vidas, como lo ha demostrado el COVID-19. Aunque estos peligros están incluidos en el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres para el periodo 2015-2030, el mundo no estaba preparado para la pandemia. Por lo tanto, es hora de actuar con decisión ante los peligros biológicos aplicando un enfoque de gestión de riesgos multidimensional, como se hace con otros peligros.

Por ello, la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) está cada vez más en la agenda del sistema de las Naciones Unidas. Mientras que el Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015-2030 es la hoja de ruta para la RRD, otras

agendas globales, incluyendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el Acuerdo Climático de París y la Nueva Agenda Urbana, tienen objetivos que no pueden alcanzarse sin la RRD.

Los colaboradores de la presente publicación proceden de todo el mundo. Los miembros de la World Federation of Engineering Organizations (WFEO) representan las voces globales de los ingenieros especializados en la reducción del riesgo de desastres.

La publicación aborda los complejos retos de la RRD. Describe el efecto en cascada del fenómeno natural, los daños en el sistema físico y el impacto en el sistema social y económico. Además, la publicación nos expone cómo la ingeniería puede ayudar a construir sistemas técnicos, económicos y sociales resilientes, lo que demuestra que la ingeniería tiene un enorme papel en la gestión de infraestructuras y datos y uso del suelo, la creación de capacidades y las políticas.

Los jóvenes ingenieros, en particular, pueden aprender de las experiencias de los especialistas que han contribuido en la elaboración de la presente monografía. Por ejemplo, los lectores aprenderán respecto de la importancia de elaborar códigos de construcción adaptados a las condiciones locales para una mayor resiliencia y el compromiso con las comunidades que viven en zonas propensas a los desastres que se enfrentan a decisiones difíciles como restringir o prohibir la construcción en llanuras de inundación y a lo largo de ciertas costas.

La UNESCO opera en la interfaz entre ciencias

naturales y sociales, la educación, la cultura y la comunicación, y desempeña un papel fundamental en la creación de una cultura mundial de resiliencia. La UNESCO ayuda a los países en el fortalecimiento de capacidades para la gestión de los desastres y los riesgos climáticos, apoyando principalmente a los Estados miembros en: 1) sistemas de alerta temprana; 2) infraestructuras críticas seguras; 3) prevención de riesgos en los lugares designados por la UNESCO; 4) uso de la ciencia, la tecnología y la Inteligencia Artificial y Big Data; 5) ambiente construido; 6) gobernanza del riesgo; 7) soluciones basadas en la naturaleza y 8) respuesta tras el desastre. Además, la UNESCO utiliza plenamente los conocimientos y la experiencia de ingeniería en nuestras intervenciones de RRD.

Por ejemplo, desde el 2020, la UNESCO ha puesto en marcha un proyecto de tres años en países de América Latina y del Caribe, haciendo que el ambiente construido sea más resiliente a los terremotos.

El proyecto está elaborando directrices técnicas para ingenieros y albañiles -incluso los que no tienen experiencia en ingeniería estructural- sobre la evaluación de riesgos y la construcción y adaptación de edificios para resistir un terremoto.

La ingeniería estructural es el elemento crucial de este proyecto. Sin embargo, el proyecto también incluye el elemento de política pública para garantizar que todos los países destinatarios desarrollen políticas informadas sobre el riesgo y “reconstruir mejor” pasados los daños.

En conclusión, felicito a los autores, así como al Colegio de Ingenieros del Perú, que alberga el Comité de Gestión del Riesgo de Desastres de la WFEO, por haber dedicado tan generosamente su tiempo y experiencia a la preparación de esta publicación y, al hacerlo, haber contribuido a avanzar en la causa del desarrollo sostenible.



Dra. Shamila Nair-Bedouelle /  
Asistente del Director General / Sector  
de Ciencias Naturales de la UNESCO



Me complace mucho ser testigo de la publicación de este libro – Ingeniería y Resiliencia en la gestión del riesgo de desastres para el desarrollo sostenible, editado por el Comité Técnico Permanente para la Gestión del Riesgo de Desastres de Desastres (CDRM) de la World Federation of Engineering Organizations (WFEO). La WFEO, formada por más de un centenar de organizaciones nacionales e miembros nacionales e internacionales, es la mayor organización mundial de ingeniería y representa a la comunidad de ingenieros en la agenda global de desarrollo sostenible.

La reducción del riesgo de desastres naturales (RRD) es una cuestión integrada que aborda las dimensiones económica, social y medioambiental y todos los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), un problema grave que afecta a miles de millones de vidas y representa billones de dólares en pérdidas económicas, así como de desigualdades sociales y económicas. Al igual que el Sr. António Guterres, Secretario General de la ONU, señaló en su mensaje con motivo de la presentación del tercer informe del IPCC el 4 de abril de 2022, “Estamos en una vía rápida hacia el desastre climático: Grandes ciudades bajo el agua, olas de calor sin precedentes, tormentas aterradoras, escasez de agua. La extinción de un millón de especies de plantas y animales. Esto no es ficción ni exageración”. Reconociendo la importancia y la naturaleza integrada de la RRD y su creciente amenaza para la humanidad y el planeta, la WFEO estableció el Comité Técnico Permanente para la Gestión del Riesgo de Desastres (CDRM) en 2009, acogido por nuestro miembro japonés de 2009 a 2017, y luego acogido por nuestro miembro peruano desde 2017. Este libro, escrito por 18 autores de 11 países de diferentes continentes, es un resultado del trabajo del CDRM en los últimos años.

Esta obra ofrece una perspectiva global de la gestión del riesgo de desastres, desde el planeamiento del uso del suelo, los sistemas de infraestructuras resilientes, la gestión de datos e información hasta el fortalecimiento de capacidades y el marco institucional y las políticas públicas, con muchos estudios de casos que muestran cómo la ciencia, la tecnología y las soluciones de ingeniería pueden ayudar a las personas, tanto en los países desarrollados como en los que están en vías de desarrollo a gestionar el riesgo de desastres junto con un marco institucional y las políticas públicas adecuadas. El libro no sólo ha advertido con fuerza respecto de la importancia y la gravedad de los problemas y desafíos, sino que también ha mostrado buenas prácticas de ingeniería y ha proporcionado mensajes claros sobre el camino a seguir.

Por ello, felicito al Dr. José Macharé, Presidente del CDRM y a los autores por su excelente trabajo. Confío en que esta publicación y sus abundantes referencias ayuden a los lectores a conocer mejor la gestión del riesgo de desastres y ayude a los jóvenes ingenieros a estar mejor preparados para la gestión del riesgo de desastres en sus prácticas de ingeniería, para acelerar el cumplimiento de los ODS y para diseñar un futuro más resiliente, inclusivo, próspero y sostenible del mundo.



Dr. GONG Ke  
Presidente de la World Federation of  
Engineering Organizations (2019-2022)

## PREFACIO

Es para mí un gran placer presentar esta importante publicación. Fui miembro fundador de este Comité de la WFEO y he participado en sus actividades, excepto durante mi estancia en la Junta Ejecutiva de la Federación. La aplicación de la ingeniería a la evaluación y gestión de los riesgos de desastres naturales para las infraestructuras, ha sido una parte importante de mi carrera profesional. Las contribuciones de este importante documento reúnen experiencias de todo el mundo y es un magnífico ejemplo del poder de la WFEO en ser un foro de ingeniería que puede informar y educar a los ingenieros y a los responsables políticos de todo el mundo.

La publicación de este documento es muy oportuna y relevante. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas incluyen el imperativo de mitigar el impacto de los fenómenos naturales. El papel de la ingeniería es fundamental para alcanzar estos objetivos. El Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, reconoce a la ciencia y la ingeniería como una de las cuatro palancas para acelerar el desarrollo sostenible. En particular, con el aumento de la urbanización, se reconocen las ciudades sostenibles que son resilientes a los desastres naturales como una de las seis vías que pueden acelerar la transformación para el desarrollo sostenible.

Las infraestructuras resistentes en entornos urbanos y periurbanos también son importantes. Si bien la readaptación es fundamental en muchos países desarrollados, también existe una importante oportunidad para utilizar los enfoques más recientes, como los descritos en este documento, para lograr soluciones más

resilientes, ecológicas y sostenibles en los países menos desarrollados. Se necesitarán ingenieros para diseñar, desarrollar e implementar soluciones para estos retos.

Estoy segura de que la amplia información que se ha presentado en este documento y las referencias asociadas que proporcionan una gran cantidad de información adicional ayudarán a los ingenieros de todo el mundo. Los sistemas y enfoques descritos en este documento, presentan diversos ejemplos de Japón, India, Filipinas, Nueva Zelanda, Perú y Zelanda, Perú y Chile, por nombrar algunos, y representan el resultado de la experiencia de expertos que han vivido e informado sobre la preparación y las respuestas a las catástrofes naturales en sus países. Las contribuciones de estos expertos, sin duda, fortalecerán la capacidad de entender los enfoques de la gestión del riesgo de desastres para eventos poco frecuentes, especialmente para los jóvenes ingenieros que no tienen la experiencia de eventos como terremotos y tsunami que pueden tener consecuencias devastadoras. Los estudios de caso y los ejemplos del libro ayudarán, sin duda, a desarrollar enfoques sistemáticos de ingeniería para un desarrollo sostenible que no deje a nadie atrás.



Dr. Marlene Kanga  
Inmediata past presidente de la WFEO

<sup>1</sup> [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR\\_report\\_2019.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR_report_2019.pdf)

## Acerca de la World Federation of Engineering Organizations (WFEO) y el Comité de Gestión del Riesgo de Desastres (CDRM)

La World Federation of Engineering Organizations (WFEO) es una organización internacional no gubernamental que representa a la profesión de la ingeniería en todo el mundo. Fundada en 1968 por un grupo de organizaciones regionales de ingeniería, bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) en París. La WFEO reúne a organizaciones nacionales de ingeniería de unas 100 naciones y representa a más de 30 millones de ingenieros de todo el mundo.

WFEO representa a la ingeniería en los niveles internacionales más altos, en las Naciones Unidas y sus agencias relacionadas, es la Copresidente del Grupo de Ciencia y Tecnología entre el Grupo Principal de Partes Interesadas en las Naciones Unidas.

Las actividades técnicas de la Federación son realizadas por Comités Técnicos Permanentes, que cubren áreas particulares de Ingeniería y Tecnología. Uno de estos comités es el Comité de Gestión del Riesgo de Desastres (CDRM).

El CDRM se estableció en la Asamblea General de WFEO celebrada en diciembre de 2009 en Kuwait. El comité fue organizado por el Science Council of Japan (SCJ) y la Japan Federation of Engineering Societies (JFES) durante un período de ocho años (2010-2017).

El CDRM actualmente ejecuta su mandato a través de su sede en el Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) con sede en Lima, Perú.

El CDRM moviliza y coordina una red integrada por ingenieros vinculados a los sectores público, privado y académico de diferentes partes del mundo.

Las actividades de CDRM se desarrollan para apoyar la implementación de la iniciativa global de reducción del riesgo de desastres, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 a través de la ingeniería. Asimismo, el CDRM orientará esfuerzos para contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

## Acerca del Colegio de Ingenieros del Perú-CIP

El Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) es una asociación de ingenieros profesionales constituida sobre la base que prescribe la Constitución Política del Perú y fue creado por la Ley N° 14086 de 1962. Esta fue derogada por la Ley N° 24648 de 1987, que permitía la descentralización y autonomía de los Consejos Departamentales.

El CIP representa a los ingenieros profesionales del Perú en todas sus especialidades, al 31 de marzo del 2022 se contaba con 279,635 colegiados, tomando en cuenta a todos los que se inscribieron desde el inicio.

El CIP se mantiene con sus recursos propios, cuenta con 28 sedes en todo el territorio peruano, y además es miembro de varias organizaciones internacionales, como la WFEO UPADI, FEIAP, COPIMERA, APEC Engineers y Alianza del Pacífico.

### **Visión:**

Ser reconocida como una institución sólida, que patrocina el manejo eficiente del conocimiento, con la finalidad de orientar a la sociedad peruana en las grandes decisiones, fomentando la práctica de valores y comportamiento ético de los ingenieros profesionales, así como elevando la calidad de la ingeniería, apoyando el crecimiento del país en el contexto de la globalización.

### **Misión:**

Somos una institución deontológica, sin fines de lucro, que representa y agrupa a los ingenieros profesionales del Perú, de todas las especialidades, que cautela y preserva el comportamiento ético de sus miembros, y debe asegurar al Perú que cuenta con una profesión nacional que ejerce la ingeniería en un contexto de orden, respeto, competitividad, calidad y ética, y que está enraizada en sus valores sociales, culturales y políticos, como base fundamental en el proceso de desarrollo de la nación.

## CONTENIDO

<b>PREÁMBULO</b>	<b>ix</b>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>xi</b>
<b>PREFACIO</b>	<b>xii</b>
<b>ACERCA DE LA WFEO Y EL CDRM</b>	<b>xiii</b>
<b>ACERCA DEL CIP</b>	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>25</b>
<b>PLANIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO</b>	<b>25</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>25</b>
<b>2. Estudios de casos</b>	<b>25</b>
2.1 Australia: incendios forestales, inundaciones costeras y edificios climatológicamente sabios (climate wise)	25
2.2 Construyendo resiliencia ante desastres en Hong Kong	28
2.3 El Gran Terremoto y Tsunami de Este 2011, Japón	30
<b>3. Mensajes clave</b>	<b>33</b>
<b>4. Referencias</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>35</b>
<b>SISTEMAS DE INFRAESTRUCTURA RESILIENTES</b>	<b>35</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>35</b>
<b>2. Alcance y características de la infraestructura</b>	<b>35</b>
<b>3. Los componentes de la resiliencia</b>	<b>36</b>
<b>4. Aplicación de los Principios de GRD</b>	<b>37</b>
<b>5. El papel de los códigos y estándares</b>	<b>39</b>
<b>6. Estudios de casos</b>	<b>40</b>



6.1 Grandes terremotos recientes que afectaron la infraestructura de Nueva Zelanda	40
6.2 Comparación de los problemas de la red eléctrica en Europa y America del Sur	41
<b>7. Mensajes clave</b>	<b>42</b>
<b>8. Referencias</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>44</b>
<b>GESTIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN</b>	<b>44</b>
1. Conceptos generales	44
2. Principales base de datos mundiales y regionales sobre desastres (y su accesibilidad)	44
3. Innovaciones en el procesamiento de Big Data para RRD	47
4. Aplicaciones de inteligencia artificial y aprendizaje automático a diferentes procesos DRM	49
5. Oportunidades y obstáculos	50
6. Mensajes clave	51
7. Referencias	51
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>54</b>
<b>DESARROLLO DE CAPACIDADES</b>	<b>54</b>
1. Introducción	54
2. Estudios de casos	55
2.1 Amenaza ciclónica, el estudio de caso de la India	55
2.2 Amenaza volcánica, el caso de estudio de Perú	58
2.3 Amenaza sísmica, el estudio de caso de Filipinas	59
3. Mensajes clave	61
4. Referencias	62
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>63</b>
<b>MARCO INSTITUCIONAL Y POLÍTICAS PÚBLICAS</b>	<b>63</b>
1. Introducción	63
2. Gestión del riesgo de desastres en un contexto local	65
3. Marcos de políticas nacionales sobre resiliencia en los países de la OECD	65
4. Estudios de casos	66
4.1 Fortalecimiento de la institucionalidad chilena para la GRD	66
4.2 Observaciones sobre la institucionalidad en Antearoa Nueva Zelanda	68
5. Mensajes clave	70
6. Referencias	71



El propósito de este libro es abordar la Gestión del Riesgo de Desastres como una parte integral de la construcción de la resiliencia en una comunidad para hacer frente a los factores de estrés debido a los eventos de amenazas naturales, y específicamente la contribución de la ingeniería para lograrlo. El libro no pretende abordar los eventos provocados por el hombre, aunque las acciones humanas pueden participar en el origen de eventos complejos y se mencionen en algunas secciones. Los factores estresantes pueden ser impactos repentinos, como un terremoto, o eventos crónicos lentos, como el Cambio Climático.

*La resiliencia se define como la capacidad de una sociedad para hacer frente, como un sistema, a los factores de estrés relacionados con su desarrollo, resistiendo, adaptándose y recuperándose en relación con sus impactos.*

### 1. Las características del Riesgo de Desastres

Con base en la intensidad y la duración de un evento peligroso, la extensión del daño a varias partes del sistema comunitario varía. Los peligros naturales considerados aquí son: Earthquakes - Geologic phenomena

- Terremotos-Fenómenos geológicos
- Tsunamis-Fenómenos geológicos-cascada
- Deslizamientos-Fenómenos geológicos-cascada
- Erupciones volcánicas-Fenómenos geológicos
- Vientos severos-Tormentas-Relacionado con el clima

- Inundaciones-Clima/otras causas
- Sequías-Relacionadas con el clima
- Incendios/incendios forestales: accidentales/provocados por el hombre/resultantes de otros peligros como terremotos,
- Impactos del Cambio Climático-Relacionado con el clima

Excepto por el Cambio Climático y las sequías, los peligros enumerados anteriormente son ocurrencias de peligros naturales que se pueden determinar probabilísticamente, aunque la probabilidad de ocurrencia para cada tipo de peligro sea diferente. Los peligros relacionados con incendios no tienen probabilidades definidas. Algunos peligros, como los terremotos de gran magnitud, son eventos de baja probabilidad con grandes consecuencias. Los peligros naturales podrían causar daños significativos a los sistemas de infraestructura civil física y paralizar la funcionalidad de la comunidad. Los servicios esenciales, como los hospitales y los servicios de bomberos, podrían verse gravemente dañados, comprometiendo sus funciones cuando más se necesitan.

Los efectos del Cambio Climático requieren consideraciones separadas. Por un lado, modulan la ocurrencia de eventos climáticos extremos, que cada vez son más fuertes y frecuentes. Por otro lado, sus efectos degradan la superficie terrestre y aumentan la susceptibilidad de muchas regiones a deslizamientos, flujos y sus consecuencias. Este libro no intenta abordar específicamente todos los efectos relacionados con el clima.

Muchos terremotos dañinos han resultado en incendios como eventos posteriores en cascada. De hecho, en el terremoto de 1906 en San Francisco, EE.UU., los datos muestran que se causaron más pérdidas debido a los incendios posteriores al terremoto que al terremoto en sí. De manera similar, podrían ocurrir deslizamientos de tierra después de tormentas severas que den como resultado pendientes inestables. Estos también se consideran eventos en cascada. En eventos peligrosos frecuentes como huracanes, el daño podría ser igualmente devastador, principalmente en estructuras residenciales, aunque puede estar limitado a un área pequeña. La diferencia fundamental entre los dos eventos es que en los terremotos no se emite ningún aviso previo, mientras que en los huracanes se dispone de suficientes avisos. Las consecuencias de varios peligros se muestran en la figura 1.

Para gestionar el riesgo de desastres, una comunidad necesita desarrollar resiliencia a

través de la acción colectiva de todas las partes interesadas de manera integrada y cohesiva.

### 2. Características de un sistema comunitario

Cuando una comunidad está sujeta a un evento de peligro, se enfrenta al riesgo de desastre, que es una función de la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad. Este riesgo se expresa normalmente como una probabilidad de pérdida de vidas, lesiones y bienes destruidos o dañados que afectan a la funcionalidad de la comunidad. Así, una comunidad está interesada en minimizar la pérdida de funcionalidad diaria. Una comunidad se define aquí como un gran sistema complejo que en sentido amplio se compone de tres subsistemas: sistemas técnicos (ambiente construido), sistemas económicos y sistemas sociales. Estos subsistemas son interdependientes e interactúan entre sí dentro de una restricción organizativa formando un conjunto unificado para conformar una comunidad.

Los tres sistemas componentes mencionados anteriormente están vinculados entre sí y deben actuar de manera interdependiente y de una forma integrada y sinérgica para proporcionar niveles aceptables de resiliencia comunitaria que no solo pueda resistir el evento del desastre, sino también permitir que se recupere con éxito rápidamente y vuelva a crecer en su modo normal o mejor. A continuación, se da una breve descripción de cada sistema:

Los Sistemas técnicos comprenden todo el ambiente construido y, por lo tanto, son de naturaleza estática en relación con la respuesta a un peligro. Su comportamiento general y resiliencia ante un evento externo, como un peligro natural, se incorporan durante el diseño y la construcción en función de los códigos y reglamentos vigentes en ese momento. Los sistemas de infraestructura y planificación del uso del suelo entran en esta categoría.

Los Sistemas económicos comprenden instituciones económicas y financieras y son casi estáticos, ya que algunas instituciones financieras, como los mercados de acciones y bonos, pueden responder a un peligro de forma dinámica, según las circunstancias, mientras que otras, como las instituciones bancarias, no

pueden cambiar su comportamiento. Por lo tanto, el sistema económico general puede considerarse casi estático. Las instituciones por su naturaleza pueden considerarse parte de los sistemas económicos.

Los Sistemas sociales comprenden esencialmente servicios, varias redes y organizaciones sociales, y son de naturaleza dinámica, ya que determinan su respuesta a un peligro según las circunstancias y lo modifican, si es necesario. Dicho comportamiento puede ser diferente de un peligro a otro e incluso diferente al mismo peligro en un momento diferente debido a la modificación del comportamiento basada en la experiencia previa. Así, los sistemas sociales son de naturaleza dinámica. La gestión de la información y el desarrollo de capacidades caen en la categoría de sistemas sociales.

Por encima de los tres sistemas se encuentra el sistema organizativo, ya que determina el nivel de funcionalidad de cada sistema durante un evento peligroso (figura 2).

Generalmente, este sistema también es estático y no puede cambiar rápidamente para responder al peligro. Los sistemas de alerta temprana y las políticas públicas pueden considerarse como parte del sistema organizativo.

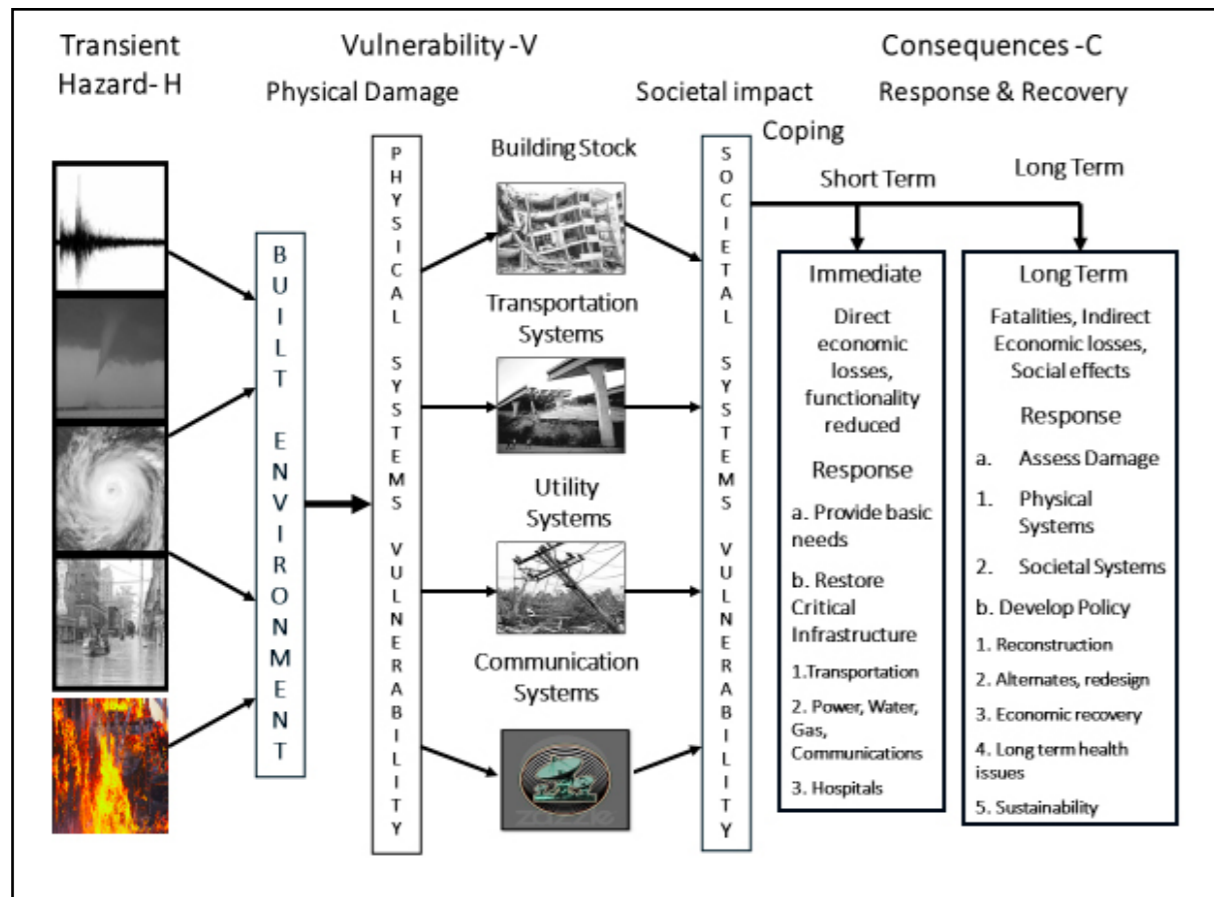


Figura 1. Consecuencias de los Peligros



Figura 2. La comunidad como un sistema complejo

Todos estos sistemas deben actuar juntos de forma sinérgica para minimizar el daño debido a un peligro. El resultado general del comportamiento es difícil de predecir, lo que hace que el sistema comunitario sea un sistema complejo. La toma de decisiones considerando a todos los actores sociales es ardua y difícil. La interacción general entre los sistemas y la toma de decisiones se muestra esquemáticamente en la figura 2.

### 3. Características y comportamiento del sistema

En general, la comunidad puede considerarse un sistema dinámico. Un atributo crítico de un sistema dinámico que responde y se adapta, que tiene bucles de retroalimentación y varios vínculos entre los sistemas componentes, y ajusta su comportamiento en función del tipo y la frecuencia de la información recibida y procesada a través de estos bucles.

Cabe señalar que un subsistema, a saber, el sistema técnico y, específicamente, los sistemas de infraestructura física civil dentro del mismo, son estáticos y no tienen circuitos de retroalimentación para la modificación del comportamiento de estos sistemas físicos construidos. Los vínculos dentro del sistema técnico también son predictivos y generalmente son lineales.

Sin embargo, los sistemas socioeconómicos son dinámicos y modifican su comportamiento en función de la retroalimentación. Los vínculos por lo general no son lineales y no son predictivos. Aquí radica el desafío de comprender el comportamiento del sistema comunitario complejo como un sistema integrado. Sin embargo, en función de las necesidades de la funcionalidad de la comunidad y la capacidad de afrontamiento existente, todas las partes interesadas deben tomar decisiones para desarrollar una resiliencia que se considere aceptable. El objetivo es desarrollar la capacidad adecuada para minimizar el impacto del peligro y mantener la funcionalidad de la comunidad. Estas acciones pueden variar en grado en

diferentes comunidades según sus necesidades específicas y niveles aceptables. Una vez que se desarrolla una resiliencia comunitaria aceptable, se desarrolla inherentemente un mecanismo de afrontamiento como se muestra en el diagrama de la figura 3, mediante un resorte que tiene capacidad de absorción. Para el evento de peligro dañino posterior, este mecanismo de afrontamiento reduce el impacto adverso general en la comunidad.

Los Códigos y Reglamentos rigen el diseño y la construcción de los sistemas de ingeniería física con el objetivo principal de proteger la salud y la seguridad de las personas. Por lo tanto, las disposiciones específicas en los códigos y reglamentos están redactadas para garantizar la seguridad de los ocupantes como la principal preocupación en las estructuras de los edificios y no para limitar el nivel de daño, siempre y cuando el edificio sea seguro para su ocupación o permita que los ocupantes lo evacúen sin peligro. En el caso de los puentes, se redactan disposiciones para un viaje seguro a través del puente. Las disposiciones del código también están escritas para evitar el colapso de las estructuras. Por lo tanto, una cierta cantidad de resiliencia está integrada a los sistemas físicos que se dan y no se pueden cambiar.

Sin embargo, no existen disposiciones específicas para limitar el daño de los componentes no estructurales, ya que no son parte del sistema estructural diseñado para resistir fuerzas.

En los sistemas de infraestructura, como las redes de transporte, los sistemas de servicios públicos y las redes de comunicaciones, el daño debido a un evento peligroso afectará la funcionalidad del sistema en sí y tendrá un impacto significativo en la comunidad. El alcance y la duración de la no funcionalidad y su impacto en el tejido socioeconómico de una comunidad dependerán de la ubicación de los daños, el grado de redundancia en el sistema mismo y la velocidad de restauración en los sistemas de infraestructura.

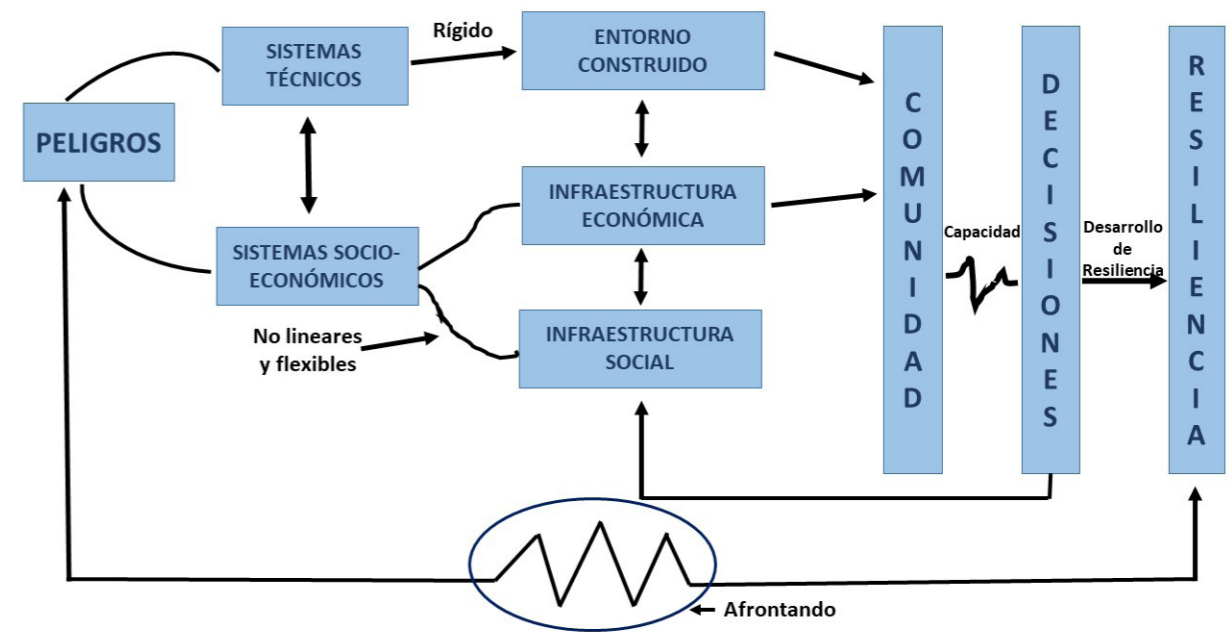


Figura 3. Vínculos – Subsistemas

Los sistemas económicos dependen del funcionamiento de la infraestructura física y de la confiabilidad de las redes de comunicaciones que incluyen infraestructura cibernética, que generalmente están conectadas globalmente. Muchas entidades comerciales grandes tienen métodos alternativos para restaurar el flujo de energía eléctrica con unidades de generación energética y pueden comenzar a funcionar incluso si los trabajadores no pueden llegar a sus oficinas. Sin embargo, la mayoría de las funciones dependen de redes de información y comunicaciones conectadas a través de satélites. Es el daño a las torres celulares lo que interrumpe la funcionalidad. Debido a que algunos métodos alternativos están disponibles para continuar con una funcionalidad limitada, los sistemas económicos se consideran casi dinámicos.

Los sistemas sociales son principalmente organizaciones de servicios que pueden adaptarse a nuevas situaciones en respuesta a un evento peligroso. Si la infraestructura física no funciona, las personas pueden reunirse en grupos más pequeños a nivel local y prestar algunos servicios.

Por lo tanto, su comportamiento cambia a un patrón diferente al que normalmente se les asocia. Esta adaptación a las nuevas circunstancias hace que los sistemas societarios sean de naturaleza dinámica y, dado que su comportamiento depende de una situación particular, la relación de los mismos con otros sistemas no es lineal, como se muestra en la figura 2.

Los sistemas de organización abarcan los sistemas técnicos, los sistemas económicos y los sistemas sociales y son críticos para las operaciones de cada uno de estos sistemas. A menos que exista un sistema organizacional efectivo, la respuesta a un peligro no está coordinada y no es muy cohesiva o integral. Algunos ejemplos de tal falta de sistemas organizacionales fueron evidentes en algunos eventos de peligros naturales dañinos, p. ej. el Terremoto de Kobe, Japón (1995), el Tsunami del Océano Índico (2004), el Huracán Katrina, EE. UU. (2005) y el Terremoto de Haití, Haití (2010). Debido a la falta de sistemas organizacionales en muchos niveles, los peligros resultaron en la creación de desastres en estos eventos que podrían haberse evitado.

#### 4. Estableciendo una estrategia de resiliencia

La comunidad necesita definir el nivel aceptable de funcionalidad en sus sistemas, durante y después de un evento peligroso. Este nivel aceptable puede variar con diferentes peligros porque su impacto y duración son diferentes para cada evento. Para eventos de inundación frecuentes, la comunidad exige una funcionalidad casi normal en comparación con un evento de tornado que también es frecuente, pero la comunidad exige otro nivel de aceptación debido a la intensidad y el nivel de daño que puede causar éste último.

El nivel de daño, como se muestra en la figura 1, también varía según la resiliencia disponible en cada sistema. Algunos impactos son a corto plazo y pueden abordarse inmediatamente después del evento; sin embargo, los impactos a largo plazo, como las reubicaciones comerciales, deben abordarse con diferentes soluciones, incluidas las decisiones relacionadas con las políticas. Es necesario y bastante razonable desarrollar diferentes niveles de resiliencia para diferentes tipos de amenazas, considerando sus probabilidades. En la figura 4 anterior se muestra un enfoque general para lograr dicha resiliencia comunitaria

#### 5. Procesos de la gestión del riesgo de desastres dentro de las estrategias de resiliencia

Varios procesos son componentes de la gestión del riesgo de desastres (en adelante, DRM) y están integrados en lo antes mencionado para la estrategia de resiliencia.

A lo largo de este libro, los conceptos y la terminología utilizados son los ampliamente acordados y recopilados por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR) y el Grupo de Reducción del Riesgo de Desastres del Consejo Internacional de Ciencias (UNDRR, 2020).

En una línea de tiempo, los procesos de GRD se aplican antes, durante y después de un evento relevante. A veces se denominan acciones previas, simultáneas y posteriores al desastre. Como la mayoría de los peligros naturales son recurrentes, con o sin una periodicidad definida, la línea de tiempo se cierra con cada evento, definiendo un ciclo de desastre. Así, el período posterior al evento X se convierte en el anterior al evento X+1.

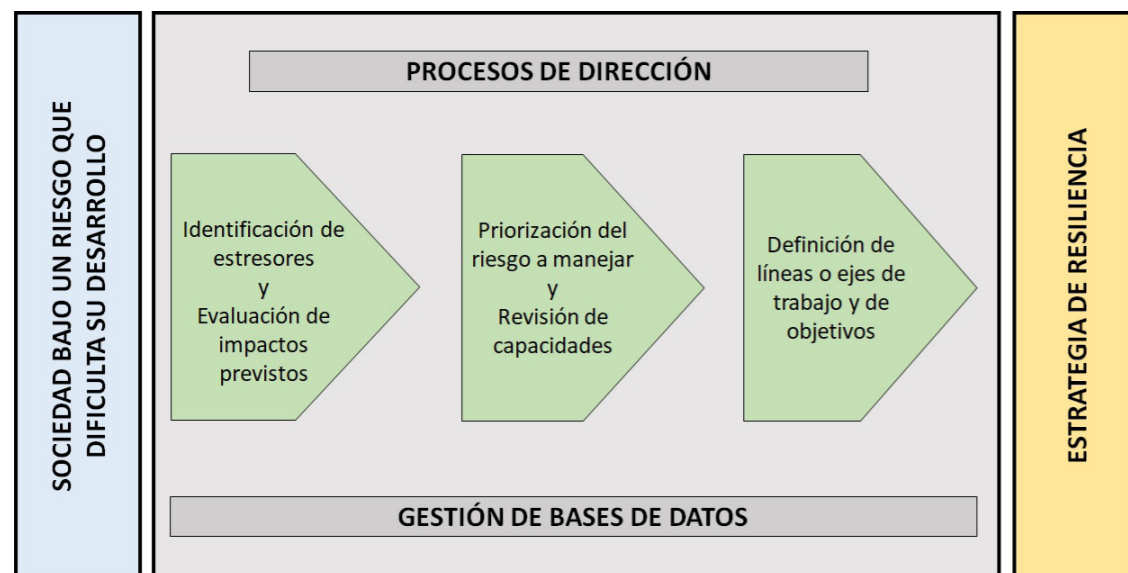


Figura 4. Construyendo la estrategia de resiliencia

Las acciones tomadas antes de un evento peligroso están involucradas en el manejo prospectivo e incluyen los siguientes procesos:

- a) *Evaluación de riesgos*, acciones realizadas para evaluar pérdidas y daños potenciales, estimados sobre la probabilidad de ocurrencia de un evento de determinada magnitud, y sobre la vulnerabilidad de un determinado sistema.
- b) *Prevención de riesgos*, acciones encaminadas a evitar la creación de nuevas condiciones de riesgo. El uso adecuado de la tierra y la construcción bajo códigos estandarizados son ejemplos de ellas.
- c) *Reducción de riesgos*, acciones encaminadas a disminuir el nivel de riesgo mediante la reducción de la vulnerabilidad con medidas estructurales y no estructurales. Ejemplos de esto son los diques para proteger las instalaciones portuarias (estructurales) o la reubicación de poblaciones expuestas hacia terrenos más altos (no estructurales) cuando se enfrentan a peligros de tsunamis. Las medidas de mitigación a menudo se consideran en este grupo; aunque están más centrados en los efectos (pérdida y daño).

Las acciones tomadas cuando el evento es inminente, durante la ocurrencia y justo después de éste, a menudo se agrupan como gestión reactiva. Incluyen:

- d) *Preparación*, para estar listos a enfrentar el evento y resistir sus impactos inmediatos. Incluye los sistemas de alerta temprana.
- e) *Respuesta o Atención de la emergencia*, para el rescate de personas atrapadas; brindar primeros auxilios a las personas afectadas; ayudar con alimentos, agua y refugio; o asegurar la eventual evacuación de algunas zonas altamente inestables. El proceso de Auxilio (Relief) es parte de ello.
- f) *Rehabilitación o Recuperación*, para reactivar líneas vitales: vías, energía, agua y alcantarillado, telecomunicaciones que sirvan de base para reiniciar progresivamente las actividades comunitarias.

La gestión correctiva comprende una serie de acciones tomadas entre eventos, con lapsos de tiempo prolongados, en las que se va viendo desaparecer el desastre pasado, pero donde también se va reconociendo que un próximo evento puede ocurrir. El proceso principal es la Reconstrucción (g) que tiene que estar siempre guiada por la premisa de reconstruir mejor. Para lograr el objetivo de brindar una situación de salubridad y seguridad mejor que la anterior, se deben realizar la corrección de las debilidades, nuevos estudios y zonificación de usos de suelo, nuevos códigos de construcción y nueva evaluación de riesgos, reincorporándose a la fase prospectiva y cerrando el ciclo.

Para que cualquier sistema de GRD logre los objetivos esperados, además de los recursos físicos (equipos), normativos (documentación) y financieros, se requiere de un componente humano de alto desempeño. En este contexto, el Fortalecimiento de Capacidades, especialmente para los ingenieros, aparece como un proceso que es transversal e incorporado en todos los procesos mencionados anteriormente. Su objetivo es garantizar un alto nivel de conocimientos y habilidades para garantizar la funcionalidad de cada componente del sistema.

#### Agradecimientos

Estamos muy agradecidos con David Brunson por una revisión exhaustiva y fructífera del manuscrito, así como a sus útiles sugerencias para mejorar esta sección.

#### 6. Referencias

ISC-UNDRR-IRDR (2021). A Framework for Global Science in support of Risk Informed Sustainable Development and Planetary Health [eds: Handmer, J.; Vogel, C.; Payne, B.; Stevance, A.-S.; Kirsch-Wood, J.; Boyland, M.; Han, Q.; Lian, F.]; Paris, France, International Science Council; Geneva, Switzerland, United Nations Office for Disaster Risk Reduction; Beijing, China, *Integrated Research on Disaster Risk*. DOI: 10.24948/2021.07.

UNDRR-ISC (2020). *Hazard definition and*

classification review. Technical report. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, Switzerland, 87 p.

UNDRR-ISC (2021). *Hazard Information Profiles* Supplement to UNDRR ISC Hazard Definition Classification Review Technical Report 2021, Geneva, Switzerland, 826 p.

Esta sección ha sido preparada por el Dr. Vilas Mujumdar, Miembro Distinguido de la WFEO y asesor del CDRM, así como por el Dr. José Macharé, Presidente del CDRM.



## 1. Introducción

Una ciudad o un área del gobierno local que no haya implementado la planificación del uso del suelo indicaría un comportamiento peligroso que podría desencadenar un desastre futuro, solo a nivel local, pero con enormes consecuencias, p. ej. en megaciudades. Lamentablemente, tales situaciones, incluso en el mundo del siglo XXI, continúan ocurriendo. A medida que las comunidades viven cada vez más alejadas de la naturaleza, a medida que adaptan su entorno para vivir, la necesidad de planificación del uso del suelo y planificación urbana inteligente crece significativamente. Sin embargo, los planes de uso del suelo o los sistemas de gestión son de tipo más bien “estático” en relación con la respuesta a una amenaza, como ya se indicó en el capítulo de introducción.

Los planes de uso del suelo, proporcionados generalmente por las autoridades centrales, orientan a los ingenieros con la ayuda de códigos y reglamentos en las decisiones sobre el uso del suelo y el agua, cómo usar estos recursos del medio ambiente de la manera más beneficiosa, debe ir de la mano con el desarrollo sostenible. La creciente demanda de tierras, junto con una limitación en su oferta, es una causa importante de muchos conflictos sobre su uso en todo el mundo.

El objetivo del presente capítulo es proporcionar al lector buenos ejemplos de casos de implementación de la planificación del uso del suelo en diferentes partes del mundo. La formación y el conocimiento de la ingeniería son bastante esenciales, pero constituyen solo un punto de vista para llevar a

cabo una gestión adecuada del uso del suelo. También es importante que la población local (comunidades y otros actores sociales) se involucre en todos los pasos del proceso de planificación para hacer un plan de exitoso. Tal enfoque, utilizando información local, respaldada por estudios ambientales y de ingeniería, también garantizaría la aceptación local y puede contribuir a un cierto nivel de resiliencia.

Dicho plan de uso del suelo en zonas urbanas y periurbanas reúne la consideración tanto del desarrollo físico como de las características sociales de un área, ciudad o país. El sistema de información geográfica (SIG) basado en el mapeo del uso del suelo y la información relacionada se utilizan para analizar el patrón actual de desarrollo y sirven como marco para formular cómo se usará y desarrollará la tierra (o las estructuras de la ciudad) en el futuro.

## 2. Estudios de casos

### 2.1 Australia: incendios forestales, inundaciones costeras y edificios inteligentes climatizados

*A medida que aumenta la temperatura global y aumentan otros cambios en el clima, Australia enfrentará eventos más frecuentes y severos, como climas extremos, incendios e inundaciones, y eventos de evolución lenta, como cambios en los patrones de lluvia, acidificación de los océanos y aumento del nivel del mar. (Gobierno de Australia, 2021).*

En octubre de 2021, el gobierno de Australia publicó una actualización de su Estrategia Nacional de Adaptación y Resiliencia Climática.

Esta estrategia comprende tres elementos centrales: (i) una nueva oficina para impulsar la colaboración para la adaptación; (ii) evaluación periódica del riesgo nacional (5 años) en alianza con los gobiernos y sectores subnacionales; y (iii) una mejora de los servicios climáticos para socios más amplios. Este enfoque está en la información, evaluación y revisión de alto nivel. Incluye una perspectiva del entorno construido a lo largo de las líneas de trabajo con el sector privado y otros para fomentar la adaptación. También incluye un panorama del entorno natural, las consideraciones sociales y la dimensión económica.

Sin embargo, la planificación del uso del suelo en Australia se gestiona predominantemente a nivel subnacional, es decir, por los gobiernos estatales y locales. El gobierno nacional se involucra solo en cooperación con los estados y gobiernos locales o a través de iniciativas de financiamiento directo.

La gestión del riesgo de desastres en Australia involucra al gobierno nacional y especialmente con eventos extremos como incendios forestales, inundaciones, sequías y tormentas. Una valiosa publicación que amplía las estructuras de gobernanza para el uso del suelo y los desastres en Australia se detalla en el manual “Planificación del uso del suelo para comunidades resistentes a los desastres” (Gobierno de Australia, 2020). Este manual resume los principales instrumentos espaciales y su papel potencial en la gestión de desastres. – planificación regional para centros regionales que incorporen riesgos regionales y planes estratégicos para un nuevo crecimiento urbano, asegurando que el nuevo desarrollo evite terrenos con peligros, por ejemplo, alto riesgo de incendios forestales o inundaciones, así como planificación local para proporcionar pautas para la toma de decisiones locales y, finalmente, estructurando planes que detallan acciones por sector.

Los eventos extremos de los últimos cinco años han incluido incendios, inundaciones, sequías, tormentas costeras, inundaciones y erosión. Las comunidades costeras en particular enfrentan múltiples riesgos climáticos con

tormentas costeras, inundaciones e incendios forestales. El impacto acumulativo de estos eventos superpuestos por dos años de COVID ha dejado a estas comunidades exhaustas. A continuación se presentan dos estudios de casos en los que las comunidades se han unido para recuperarse y construir un futuro más resiliente: incendios forestales extremos e inundaciones costeras.

Los incendios australianos de 2019/2020 resultaron en la trágica pérdida de más de 400 vidas, 33 de ellas directamente por los incendios y 417 por inhalación de humo. Se destruyeron más de 3000 viviendas y 7000 instalaciones y dependencias; 12.6 millones de hectáreas quemadas; y más de 100,000 cabezas de ganado perdidas’ (Norman et al., 2021a)). Este desastre nacional afectó a casi todos los australianos directa o indirectamente, muchos de los cuales todavía están en proceso de recuperación (Norman et al., 2021b).

La respuesta política fue una Comisión Real (Royal Commission into National Natural Disaster Arrangements, 2020). Dicha comisión recomendó específicamente que “serán necesarias medidas gubernamentales en la planificación del uso del suelo, la infraestructura, la gestión de emergencias, la política social, la agricultura, la educación, la salud, el desarrollo comunitario, la energía y el medio ambiente”. Como resultado de las recomendaciones de la Comisión Real, los gobiernos subnacionales con los consejos locales están preparando reglamentos sobre planificación relativa a incendios forestales más detalladas para minimizar su efecto en el nuevo desarrollo urbano que se está construyendo en áreas de alto riesgo de incendio.

#### **Mallacoota y los incendios forestales extremos de 2019/20**

Tradicionalmente un pueblo de pescadores rodeado de bosques, lagos y una costa impresionante, ahora es un destino turístico favorito rodeado de tierras protegidas, el parque nacional de Croajingolong comprende 88.355 hectáreas y sigue 100 kilómetros de costa. Mallacoota es representativo de muchos municipios costeros

que expanden significativamente sus poblaciones durante los meses de verano; en este caso, de poco más de 1000 personas a más de 5000 personas, lo que trae desafíos adicionales durante la temporada alta de incendios.

Durante los incendios forestales de Australia de 2019/20, Mallacoota se convirtió en un emblema de los graves riesgos de incendios forestales para Australia debidos al Cambio Climático. En la víspera de Año Nuevo de 2019, Mallacoota se vio afectada por un incendio forestal extremo que había viajado desde el oeste a lo largo de la costa. El impacto fue intenso, destruyó muchas casas y acabó la vida silvestre y la biodiversidad. El intenso incendio dejó cenizas blancas en muchas partes, destruyendo los ecosistemas costeros tanto debajo como encima del suelo (ver Figura 1).

Sin embargo, en poco tiempo, la comunidad

ha trabajado en un esfuerzo conjunto y ha desarrollado su propio plan de recuperación y resiliencia con proyectos prácticos a corto y largo plazo y financiamiento asegurado para comenzar a implementar las acciones. La comunidad rápidamente estableció una comunidad local elegida para trabajar a través de un proceso de acción inmediata y luego a través de un importante proceso de participación comunitaria, votar por proyectos comunitarios prioritarios. Un proyecto clave elegido por la comunidad es “revisar y actualizar las superposiciones de planificación de distritos y Mallacoota para incorporar las lecciones aprendidas sobre los incendios forestales”.

Un mensaje importante del estudio de caso de Mallacoota es que “una recuperación liderada por la comunidad” está emergiendo como una práctica líder para construir resiliencia a largo plazo. Para más detalles ver MADRA (2022).



Figura 1. Mallacoota, Victoria, Australia, febrero de 2020, tomada por Barbara Norman

El otro gran riesgo de desastre natural en Australia son las inundaciones costeras y las tormentas cada vez más intensas proyectadas por el Cambio Climático. Australia es una nación altamente urbana con la mayoría de las personas viviendo en ciudades y la mayoría de las ciudades estando ubicadas en la costa. Una vez más, la experiencia reciente con las tormentas costeras y la erosión han agudizado la conciencia de la comunidad sobre la necesidad de planificar mejor las costas en contexto del Cambio Climático.

### La Asociación Naturalista Perón

Un estudio de caso exitoso sobre una mejor gestión de los riesgos costeros se encuentra en el suroeste de Australia, donde existe una innovadora asociación de colaboración entre nueve consejos locales, la Asociación Naturalista Perón (PNP), un ejemplo de colaboración a nivel local y regional del gobierno ([https:// www.peronnaturaliste.org. au/](https://www.peronnaturaliste.org.au/)). Esta asociación voluntaria surgió como resultado del aumento de la erosión costera y las inundaciones que afectan el entorno construido y los ecosistemas costeros. El resultado de más de 10 años de colaboración es un intercambio de conocimientos y experiencias para mejorar la planificación del uso del suelo en la región suroeste de Australia. Con el apoyo de los gobiernos nacionales y estatales, se ha realizado un mapeo detallado y un mejor monitoreo del riesgo y la incorporación de estos riesgos climáticos costeros en la toma de decisiones sobre el uso del suelo. Trabajar juntos ha marcado una diferencia significativa para una mejor planificación para mitigar desastres en el futuro. La PNP ha sobrevivido a través de un compromiso compartido para gestionar los riesgos e invertir en la planificación a futuro. La asociación está trabajando con las comunidades locales para desarrollar planes de uso del suelo, para gestionar los peligros y riesgos costeros, identificando la erosión costera, futuras inundaciones costeras y desarrollando respuestas de adaptación apropiadas (ver Peron Naturaliste Partnership, 2021).

Los dos ejemplos anteriores que tratan sobre incendios forestales e inundaciones costeras brindan una idea de la gestión de desastres a través de una mejor planificación del uso del suelo.

Las lecciones destacadas son:

- La necesidad de un mejor mapeo y monitoreo del riesgo para identificar áreas de alto riesgo no aptas para el desarrollo.
- La importancia de la recuperación liderada por la comunidad con el apoyo de niveles superiores de gobierno.
- La necesidad de apoyar la cooperación y colaboración regional para permitir el intercambio de buenas prácticas en la planificación y el desarrollo del uso del suelo.
- La importancia de incorporar proyecciones climáticas actualizadas para mitigar el riesgo y los desastres a futuro, p.ej. invertir en planificación urbana y regional.
- La importancia de incorporar los riesgos climáticos en la toma de decisiones diarias sobre el uso del suelo para que la planificación anticipada pueda desempeñar su papel en la reducción de futuros desastres y una mejor protección de las comunidades locales (ver Routledge, 2022).

## 2.2 Construyendo resiliencia ante desastres en Hong Kong

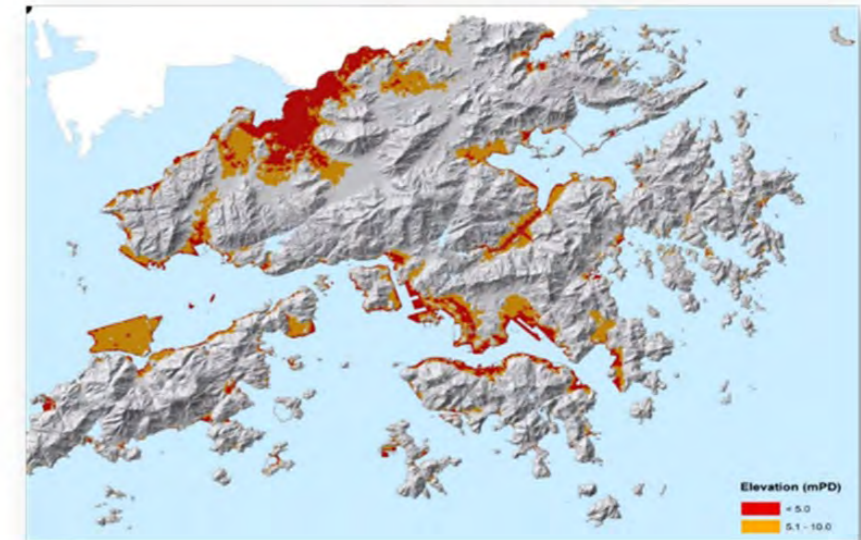
### Desarrollo Sostenible de las Ciudades

Para lograr el desarrollo sostenible de una ciudad, es primordial adoptar una estrategia holística, integrando insumos de ingeniería a su meticuloso proceso de planificación del uso del suelo. En particular, se deben implementar planes efectivos de gestión de desastres para lograr la resiliencia de la infraestructura planificada.

### Desafíos de los desarrollos urbanos

Las ciudades son áreas urbanas densamente pobladas con un crecimiento continuo de las actividades económicas y sociales. El terreno suele ser un recurso escaso, lo que hace que los desarrollos avancen hacia áreas que enfrentan eventos peligrosos como terremotos, tsunamis, deslizamientos de tierra, huracanes, sequías y desafíos relacionados con el Cambio Climático. Los antiguos desarrollos urbanos están expuestos a riesgos crecientes debido también al Cambio Climático y sufren los impactos adversos causados por la densificación y los nuevos desarrollos urbanos en las cercanías.

Hong Kong es una de las ciudades con mayor densidad de población del mundo. Alrededor de una cuarta parte de las áreas de desarrollo urbano se encuentran en áreas bajas (resaltadas en rojo), que en su mayoría son áreas de recuperación marina a menos de 3 metros sobre el nivel medio del mar y susceptibles de inundaciones durante las marejadas ciclónicas y las tormentas, a medida que el nivel del mar se eleva. La ciudad ha sido clasificada como la de mayor riesgo de desastres naturales en Asia por el Índice de Ciudades Sostenibles. (NL News 2025: ARCADIS Sustainable Cities Index 2015)



A pesar de sus limitaciones naturales, Hong Kong se las arregló para obtener un puntaje alto por la resiliencia de su infraestructura con referencia a la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. Esto demuestra que las ciudades aún pueden poseer una infraestructura, servicios públicos y facilidades resilientes, a pesar de su elevada exposición a los riesgos.

Figura 2. Mapa de elevación de Hong Kong que muestra las zonas bajas

### Aportes de la ingeniería al proceso de planificación del uso del suelo

Los aportes de ingeniería al proceso de planificación urbana son sin duda uno de los factores críticos para lograr una infraestructura urbana resiliente. Los estudios técnicos y el diseño preliminar de las obras de infraestructura esencial deben realizarse durante la etapa de planificación del uso del suelo para determinar:

- La viabilidad técnica;
- Evaluación y mitigación de riesgos relacionados con la costa y el clima;
- Evaluación y mitigación de riesgos geotécnicos y estabilidad de taludes;

- Provisiones de infraestructura y servicios públicos;
- Impactos ambientales y mitigación;
- Impactos paisajísticos y visuales,
- Evaluación hidráulica y mitigaciones
- Impacto del tráfico terrestre y marítimo, y
- Aspectos económicos y sociales.

La incorporación de estos hallazgos en la planificación del uso del suelo y los planes de control legal, en gran medida, generarían resiliencia ante desastres en la formulación de las propuestas de uso del suelo.

## Sistema de Gestión de Respuesta a Emergencias

Para complementar la infraestructura resiliente, es igualmente importante contar con un sistema de gestión de respuesta a emergencias que establezca políticas y principios para las crisis derivadas de desastres naturales y ataques terroristas (Sim & Wang, 2017).

### Observaciones finales

Por lo tanto, se recomienda que los insumos de ingeniería y la evaluación del riesgo de amenazas se incorporen en el proceso de planificación del uso del suelo y que los gobiernos dediquen suficientes recursos financieros para construir sistemas de gestión de respuesta a emergencias para apoyar una ciudad resiliente y sostenible.

## 2.3 El Gran Terremoto del Este y Tsunami de 2011, Japón

### El desastre

El 11 de marzo de 2011, a las 14:46 horas, un terremoto de magnitud 9,0 sacudió la zona costera del Pacífico norte de Japón. El gobierno japonés emitió de inmediato advertencias importantes de tsunami. Las alturas registradas del tsunami fueron 9,3 m+ (Soma, Fukushima), 8,5 m+ (Miyako, Iwate) y 8,6 m+ (Ishinomaki, Miyagi). Alrededor de 20.000 personas perdieron la vida y más de 2.500 personas seguían desaparecidas al 9 de marzo de 2021 (Reconstruction Agency of Japan, 2021a). Más de 122.000 viviendas quedaron completamente destruidas. En los siguientes días, 470.000 personas se refugiaron en albergues. A septiembre de 2021, todavía había 40.000 personas que aún no habían regresado a sus hogares.



Figura 3. Comunidad devastada y escombros, Yuriage, Miyagi (foto tomada por el autor en septiembre de 2011)

## Reubicación de residentes y readecuación de terrenos

La reubicación de los residentes en áreas más seguras del interior o en terrenos más altos se discutió desde la etapa inicial de la recuperación. La consulta con los residentes comenzó en 2012 y la creación de consensos se completó en marzo de 2013, lo que fue un proceso relativamente rápido para Japón. Inmediatamente se iniciaron los proyectos de readecuación de terrenos, nivelación de los mismos y desarrollo de viviendas sociales (30.000 unidades, para personas que habían perdido sus viviendas). Estos proyectos se completaron en marzo de 2021, 10 años después del desastre (Reconstruction Agency of Japan, 2021b). Aunque entendieron el razonamiento, la reubicación no fue fácil para algunos residentes. Por ejemplo, en Kesennuma, prefectura de Miyagi, los residentes de los pueblos de pescadores tenían un fuerte deseo de permanecer en los asentamientos que tenían antes del desastre porque pensaban que debían continuar con sus negocios de pesca, que la mayoría de ellos habían heredado de su familia. Sin embargo, el gobierno de la prefectura insistió en que si deseaban vivir cerca del océano, necesitaban una infraestructura para protegerlos (es decir, un dique debajo), además de migrar a terrenos más altos.

### Nueva infraestructura: malecón

Este no fue el primer tsunami que cobró muchas vidas y dañó severamente la infraestructura en el noreste de Japón. Históricamente, esta zona siempre ha sufrido el riesgo de tsunamis. En consecuencia, los diques y las compuertas contra inundaciones se han actualizado constantemente. El número de hogares que se trasladaron a un terreno más alto fue de alrededor de 18.000. Sobre la base de las directrices del Gobierno Nacional (Oficina del Gabinete, 2011) en consulta con el Comité establecido por el Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca de Japón y el Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo, los gobiernos de las prefecturas propusieron proyectos de malecones (en este documento, el autor está usando el ejemplo de la prefectura de Miyagi). La nivelación del terreno en la zona

costera y la reubicación de algunas viviendas de alto riesgo en terrenos más altos también se detalló dentro del plan del 'dique de mar'. En la prefectura de Miyagi, se propuso construir un "dique marino" de 5.0 m a 14.7 m de altura a lo largo de la costa de Kesennuma, que tiene más de 100 km de longitud. El malecón es una gigantesca construcción de hormigón. El muro requiere una base para sostenerlo, y esto también es enorme: el muro de 9.8 m de altura tiene una base de 45 m de ancho para sostenerlo. El aspecto más controvertido del plan para muchos residentes fue la altura del malecón. El malecón planificado por la prefectura se consideró 'demasiado alto' y los residentes sintieron que 'esta es una ciudad que se ha desarrollado junto al mar, pero ya no podremos ver el mar si se construye el malecón' (comentarios de los residentes de la ciudad de Kesennuma en reunión del grupo de estudio del malecón, 2012). También existía la preocupación de que el gran 'dique marino' obstruyera la vista del océano, lo que podría provocar que no se pudiera evacuar cuando ocurriera el próximo tsunami, ya que los residentes no podrían ver la señal de alerta de tsunami de un océano en retirada. Otra preocupación de la comunidad fue el impacto del malecón en el ambiente marino y la biodiversidad. En el caso del área 'Naiwan' de la ciudad, el ayuntamiento estableció un comité de planificación urbana y se revisó la altura propuesta del malecón (originalmente 6.2 m) y se llevó a cabo una simulación de tsunami. El nuevo plan del malecón era 1 m más bajo, pero los residentes no lo aceptaron. La discusión sobre el diseño del rompeolas continuó y, finalmente, se llegó a un consenso por el cual 3.8 m – 4.1 m de hormigón podrían extenderse con una compuerta batiente en caso de emergencia (Abe, 2017). La ciudad tardó más de 3 años en llegar a un plan acordado. Por otro lado, en Ogatsu, en la misma prefectura, se construyó un malecón de 9.7 m y los residentes fueron reubicados en terrenos más altos cerca de su ubicación previa al desastre (Nakanishi et al., 2013), pero con la vista del rompeolas. Los residentes discutieron un plan alternativo porque pensaron que 9.7 m era demasiado alto, pero finalmente aceptaron la idea de la prefectura.





Figura 4. Malecón en construcción, ciudad de Ogatsu, Miyagi (tomada por el autor en julio de 2019)



Figura 5. Vista del malecón y la bahía de Ogatsu, Miyagi (tomada por el autor en julio de 2019)

En consecuencia, la población de la ciudad ha disminuido significativamente, de 4300 a alrededor de 1120 (a septiembre de 2021, ciudad de Ishinomaki, 2021).

Las lecciones aprendidas de este caso son que diez años después de la catástrofe, la mayoría de la población afectada residía en sus casas reparadas, en sus casas reconstruidas o en nuevas viviendas. Se aceptó la reubicación de nuevos vecindarios a terrenos más altos en la etapa inicial de recuperación debido a la magnitud de la devastación. Sin embargo, esto presentó dificultades para algunos residentes, particularmente aquellos que vivían en pueblos de pescadores o que se resistían a abandonar la tierra de sus antepasados. Es fundamental que se construya la infraestructura para reducir los riesgos futuros. Sin embargo, eso por sí solo no salvará la vida de las personas. Es necesario implementar una estrategia que incluya el costo de mantenimiento de la infraestructura y el impacto en la sostenibilidad. El impacto del malecón en la ciudad de Ogatsu se hará más evidente a medida que pase el tiempo, pero aun así la forma más importante de reducir el riesgo es garantizar que los residentes compartan y entiendan bien las medidas de evacuación y los simulacros, sin importar qué infraestructura se encuentre en el lugar. 'Tsunami ten den ko' es una tradición oral que se ha heredado en la zona. Significa que "todos deben evacuar por sí mismos cuando llega un tsunami". La planificación urbana y la infraestructura son importantes para reducir el riesgo, pero siguen siendo medidas complementarias a la hora de preparar a las comunidades para los peligros naturales.

### 3. Mensajes clave

1. Los aportes de ingeniería deben incorporarse en la planificación del uso del suelo en una etapa temprana, haciendo que la identificación de riesgos y las medidas de mitigación sean componentes integrales de todo el proceso. Dado el efecto económico de los desastres, el gobierno debe comprender la necesidad de invertir en resiliencia para una ciudad sostenible.

2. Los estudios de caso confirman la importancia crítica de la participación de la comunidad en el proceso continuo de gestión de desastres y riesgos de eventos extremos. El aporte de la comunidad en una etapa temprana de la planificación del uso del suelo, para minimizar los riesgos futuros, es vital para que las soluciones apoyadas por la comunidad sean apropiadas en el contexto cultural y el medio ambiente.
3. En la fase de recuperación, los procesos que conducen a la reconstrucción y el reasentamiento pueden llevar mucho tiempo, hasta 10 años. Los nuevos planes de ordenamiento territorial exigen: a) la garantía del ordenamiento territorial y el paisajismo, b) la construcción de infraestructuras de protección, y c) la concertación de la población en función de su esperanza de vida futura, actividades tradicionales o innovadoras, entre otros.

### 4. Referencias

- Abe, T. (2017). Consensus building process of the seawall plan in the inner port area of Kesenuma, Journal of Japan Society of Civil Engineers Division D1: Architecture of Infrastructure and Environment, Vol.73. No.1. pp.37-51. Written in Japanese.
- Australian Government (2020). Land Use Planning for Disaster Resilient Communities Handbook. Australian Institute for Disaster Resilience Ed., 49 p. Accessed November 2021.
- Australian Government (2021). Australia's Adaptation Communication. A report to the United Nations Framework Convention on Climate Change October 2021. 57 p. Accessed November 2021.
- Cabinet Office (2011). Report of the Committee for Technical Investigation on Countermeasures for Earthquakes and Tsunamis Based on the Lessons Learned from the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Written in Japanese.

- City of Ishinomaki (2021). Population update 21 October 2021. Written in Japanese. Accessed on 25 October 2021.
- MADRA (2022). Mallacota & District. Recovery Association Inc. <https://madrecovery.com/>
- Nakanishi, H., Matsuo, K. & Black, J. (2013). Transportation planning methodologies for post-disaster recovery in regional communities: the East Japan Earthquake and tsunami 2011. *Journal of Transport Geography*, 31, pp.181-191.
- NL News (2015). Arcadis sustainable cities index 2015: Hong Kong has the highest natural disasters risk in Asia. Royal Commission into National Natural Disaster Arrangements Report. Accessed November 2021. <https://www.dutchwatersector.com/news/arcadissustainable-cities-index-2015-hong-kong-has-the-highest-natural-disasters-risk-in-asia>
- Norman, B., Newman, P. & Steffen, W. (2021a). Apocalypse now: Australian bushfires and the future of urban settlements. *npj Urban Sustain* 1, 2. <https://doi.org/10.1038/s42949-020-00013-7>
- Norman, B., Newman, P. & Steffen W. (2021b). Fires bring home climate driven urgency of rethinking where we live and how. <https://theconversation.com/fires-bring-home-climatedriven-urgency-of-rethinking-where-we-liveand-how-155044>
- Peron Naturalist Partnership (2021). Capel to Leschenault Coastal Hazard Risk Management & Adaptation Plan. <https://www.peronnaturaliste.org.au/projects/capel-to-leschenault-coastal-hazardrisk-management-adaptation-plan/>
- Reconstruction Agency of Japan (2021a). The current situation of recovery and plan October 2021, In Japanese. [https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/211001\\_genjoutorikumi.pdf](https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/211001_genjoutorikumi.pdf). Accessed on 25 October 2021.
- Reconstruction Agency of Japan (2021b). The trajectory of recovery and prospects January 2021. In Japanese. [https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/2021.1\\_michinori.pdf](https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/2021.1_michinori.pdf). Accessed on 25 October 2021.
- Royal Commission into National Natural Disaster Arrangements (2020). Report. Australia, 594 p. <https://naturaldisaster.royalcommission.gov.au/>
- Routledge. (2021). Featured author Barbara Norman. <https://www.routledge.com/authors/i17041-barbara-norman#>
- Sim T. & Wang D. (2017). Making Hong Kong a resilient city: Preliminary assessment. The Hong Kong Polytechnic University <https://fhss.polyu.edu.hk/ext/makingHKresilientcity.pdf>

## CAPÍTULO II SISTEMAS DE INFRAESTRUCTURA RESILIENTE

Dave Brunsdon<sup>a</sup>, Stefan Schauer<sup>b</sup>, Carlien Bou-Chedid<sup>c</sup>

<sup>a</sup> New Zealand Lifelines Council, New Zealand, [db@kestrel.co.nz](mailto:db@kestrel.co.nz)

<sup>b</sup> Austrian Institute of Technology, Austria, [Stefan.Schauer@ait.ac.at](mailto:Stefan.Schauer@ait.ac.at)

<sup>c</sup> Ghana Institution of Engineers, Ghana, [carlienbc@gmail.com](mailto:carlienbc@gmail.com)

### 1. Introducción

Los sistemas de infraestructura suelen ser sistemas complejos que están entrelazados con una alta interdependencia mutua. Si bien tanto los sistemas de control para la operación diaria de estas redes, como el modelado para uso futuro son altamente sofisticados, el mantenimiento y la planificación de inversiones futuras dependen de aportes humanos clave.

Estos sistemas también son muy vulnerables al daño y la interrupción de una variedad de causas y eventos de peligros geofísicos y meteorológicos. Si bien cualquier evento de peligro dado tiene una probabilidad baja de ocurrir, los impactos en la comunidad suelen ser severos y pueden extenderse durante un período de tiempo considerable. En eventos importantes, la falla de la infraestructura añade otro nivel de ansiedad a una comunidad que puede haber sufrido la pérdida de vidas y daños a los hogares y otras instalaciones.

El Cambio Climático presenta diferentes desafíos, y la naturaleza incremental de sus efectos dificulta las decisiones de diseño de adaptación actuales. Sin embargo, la creciente frecuencia y gravedad de los fenómenos meteorológicos presenta una urgencia real para esta tarea.

Por lo tanto, es esencial que los sistemas de infraestructura reciban los más altos estándares de gestión del riesgo de desastres para permitir que los riesgos operativos se identifiquen y mitiguen tanto como sea práctico. Si bien los nuevos elementos de infraestructura generalmente se diseñan según estándares que abarcan la resiliencia, el tratamiento progresivo de las

vulnerabilidades de la infraestructura existente más antigua presenta un desafío mayor.

Este capítulo describe las características de las redes de infraestructura clave y los conceptos de resiliencia asociados. El contexto de amenazas y los conceptos de GRD descritos en la introducción de este libro se utilizan como base para esta sección.

### 2. Alcance y características de la infraestructura

El término 'Infraestructura' puede abarcar una amplia gama de servicios para la comunidad, incluidos los servicios de salud y educación. Este capítulo se centra en los **sistemas de infraestructura física**: aquellas redes que permiten el funcionamiento de otros elementos de la infraestructura social. Los sistemas de infraestructura física también son aquellos que tienen el mayor grado de aportes (y dependencia) de la ingeniería.

Para los efectos de este capítulo, el alcance de los sistemas de infraestructura se toma como sigue:

- Redes de agua (potable, aguas residuales y aguas pluviales, incluidas presas y tuberías).
- Redes de energía (electricidad y gas, incluidas las líneas de transmisión y distribución).
- Redes de telecomunicaciones (redes de telefonía fija y móvil, redes de datos).
- Redes de transporte (carreteras y ferrocarriles, incluidos puentes y túneles, puertos, vías fluviales y aeropuertos).

En muchas jurisdicciones, estos sistemas se conocen como **infraestructura crítica**.

Aunque las definiciones legales varían de una nación a otra, todas esas definiciones tienen en común la infraestructura crítica responsable del mantenimiento de las funciones económicas y sociales esenciales y cuya interrupción o falla tendría un impacto significativo en el bienestar económico y social de la población.

Durante la última década, las infraestructuras críticas se han interconectado cada vez más entre sí. Debido a la digitalización en curso en el sector industrial, gran parte de la infraestructura existente depende de los recursos de otra infraestructura y también intercambia una gran cantidad de información y datos o utiliza los servicios de los demás. Por lo tanto, la infraestructura crítica se ha convertido en una red altamente compleja y sensible con una variedad de interdependencias, como se ilustra en la Figura 1.

Como resultado, los incidentes que involucran un activo de infraestructura crítica ya no pueden tratarse como un evento aislado. Más bien, debido a las complejas interdependencias entre los sistemas de infraestructura, los incidentes pueden tener consecuencias de gran alcance, afectando a muchos otros activos de infraestructura, así como a la sociedad en su conjunto. Varios incidentes en el pasado, como la piratería de la red eléctrica ucraniana en 2015 que dejó a unas 250 000 personas sin electricidad (E-ISAC, 2016), el ataque del ransomware (Not-)Petya en 2017 (US-CERT,

2017) que millones de sistemas infectados en los sectores de salud y transporte y el gran apagón en América del Sur en 2019 (Nordrum, 2019), han puesto de relieve cómo los impactos de un evento importante pueden propagarse a través de múltiples sectores. Por lo tanto, los futuros enfoques de gestión del riesgo de desastres deben tener en cuenta esos efectos en cascada al estimar las consecuencias de un evento importante e identificar acciones de mitigación para mejorar la resiliencia de la red de infraestructura crítica en general.

### 3. Los componentes de la resiliencia

El término 'resiliencia' también tiene diferentes significados según los contextos en los que se aplica y una gama asociada de definiciones. En la introducción, la resiliencia a nivel social se definió como:

*La capacidad de una sociedad para hacer frente, como sistema, a los factores de estrés relacionados con su desarrollo, resistiendo, adaptándose y recuperándose con respecto a sus impactos.*

La resiliencia de los sistemas de infraestructura generalmente se considera en términos de los aspectos físicos: la vulnerabilidad de las instalaciones clave (a veces denominadas "nodos" de la red) y las rutas por las cuales se entrega el servicio (por ejemplo, rutas de transporte o sistemas de reticulación).

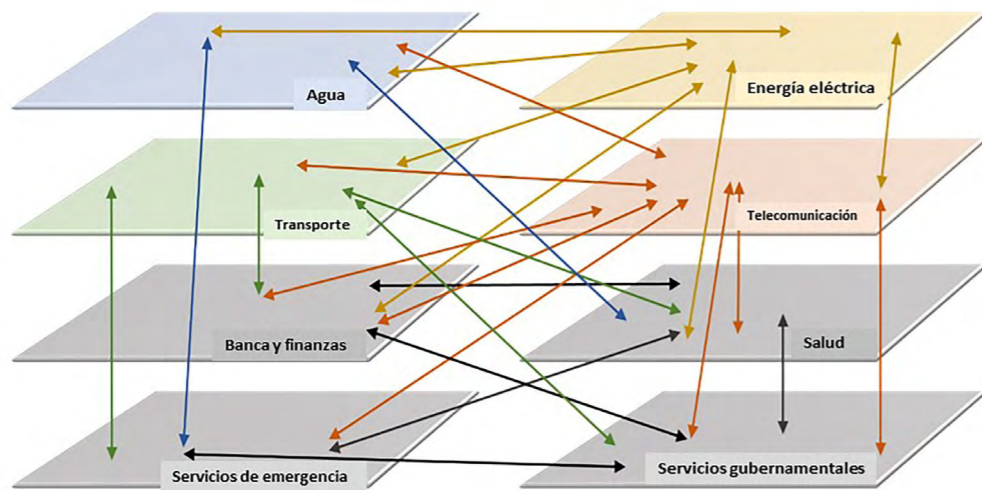


Figura 1. Ilustración esquemática de las interdependencias entre los sectores de infraestructura crítica

La resiliencia técnica es inherente a muchas redes a través de la redundancia (múltiples rutas de suministro) y la solidez (códigos de diseño para la solidez). Sin embargo, puede haber restricciones geográficas y de otro tipo para proporcionar rutas de suministro alternativas, y la seguridad del suministro al 100% no es factible, ni asequible.

Sin embargo, existen otras consideraciones que también pueden tener un impacto significativo en la resiliencia de una red de infraestructura. Un factor clave es el grado de resiliencia organizacional de los proveedores de infraestructura. Esto trae a la consideración muchos otros aspectos, como la resiliencia financiera, el liderazgo y la capacidad de adaptación. La resiliencia organizacional se define ampliamente como:

*La capacidad de una organización para anticipar, prepararse, responder y adaptarse a cambios incrementales e interrupciones repentinas que le permitan sobrevivir y prosperar.*

Esto abarca lo que se puede denominar 'cultura de resiliencia': la medida en que el proveedor de infraestructura, en primer lugar, comprende las vulnerabilidades de su red ante la amplia gama de eventos peligrosos y, en segundo lugar, su actitud para abordarlos activamente y tener planes integrales para responder a eventos extremos.

Otra consideración es la resiliencia del "receptor" de los servicios de infraestructura. Estos "usuarios finales" también desempeñan un papel en la resiliencia final de una red o servicio de infraestructura a través de su autosuficiencia frente a eventos adversos. Es particularmente importante que las instalaciones críticas como los hospitales cuenten con niveles adecuados de energía de reserva y agua de emergencia, de la misma manera que cualquier consumidor de estos servicios debe estar preparado para cortes del sistema.

Teniendo en cuenta estos otros componentes de la resiliencia, los cuatro atributos clave de la resiliencia de la infraestructura se pueden articular de la siguiente manera (Consejo de Líneas Vitales de Nueva Zelanda, 2021):

1. Redes y activos robustos (atributos como integridad estructural, redundancia de red, adaptabilidad, etc.).
2. Compromiso de recursos apropiados por parte de la organización de la infraestructura (para mejorar la preparación y acelerar la restauración).
3. Colaboración efectiva con todos los miembros y partes interesadas (tanto antes del evento como en las respuestas de emergencia).
4. Expectativas realistas de la comunidad (informadas por la comprensión de las vulnerabilidades de la red, lo que lleva a los usuarios finales a disponer de respaldo adecuado).

### 4. Aplicación de los Principios de GRD

Los principios y el contexto más amplio de la GRD se describieron en la sección introductoria de este documento. Se hizo hincapié en la necesidad de que las decisiones sobre los sistemas técnicos se tomen teniendo plenamente en cuenta los sistemas económicos y sociales asociados dentro de los cuales operan (Ver Figura 2 del capítulo introductorio).

La Gestión del Riesgo de Desastres es explicada por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres como (UNDRR, 2015):

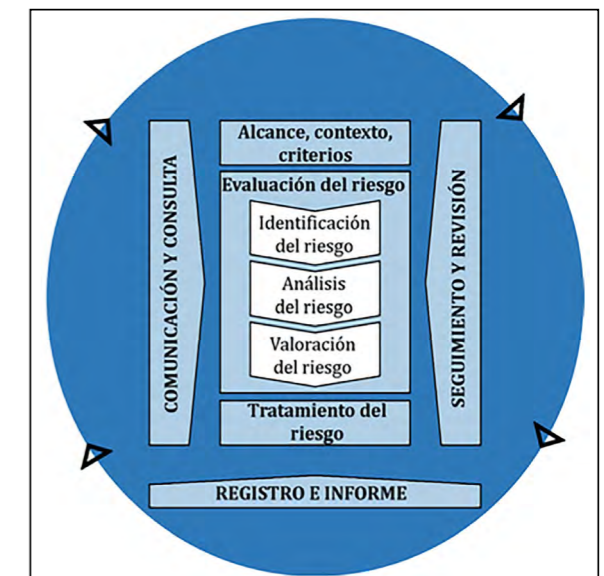


Figura 2. Proceso de gestión de riesgos ISO 31000:2018

*La gestión del riesgo de desastres incluye acciones diseñadas para evitar la creación de nuevos riesgos, como una mejor planificación del uso del suelo y sistemas de abastecimiento de agua resistentes a los desastres (gestión prospectiva del riesgo de desastres), acciones diseñadas para abordar los riesgos preexistentes, como la reducción de la vulnerabilidad social y de salud, reforzamiento de infraestructura crítica (gestión correctiva del riesgo de desastres) y acciones tomadas para abordar el riesgo residual y reducir los impactos en las comunidades y sociedades, tales como preparación, seguros y redes de seguridad social (gestión compensatoria del riesgo de desastres).*

Este comentario proporciona un vínculo importante con los pasos básicos de gestión de riesgos que suelen seguir los administradores de sistemas técnicos, como se reproduce en la Figura 2, de la norma internacional de gestión de riesgos, ISO31000.

Se puede ver en esta figura que el Contexto es un aspecto clave del primer paso de cualquier proceso de gestión de riesgos. Es donde se tienen en cuenta las consideraciones sociales y económicas más amplias al enmarcar cómo se evalúan y, a su vez, se tratan los riesgos identificados.

Convencionalmente, el riesgo se toma como una combinación de probabilidad y consecuencia. Sin embargo, los desastres son, por definición, eventos de alto impacto y baja probabilidad. Por lo tanto, los procesos de análisis y evaluación de riesgos deben centrarse en las consecuencias para el sistema (y, por lo tanto, para la comunidad) de la ocurrencia de un evento de desastre, en lugar de la probabilidad del peligro. Esto significa que la parte clave del proceso de análisis de riesgos es evaluar la probabilidad de daño a los diversos elementos del sistema en caso de que ocurra el evento peligroso.

Por lo tanto, los pasos clave de gestión de riesgos para la infraestructura existente implican:

1. Comprender la vulnerabilidad de los elementos

clave de los sistemas y redes de infraestructura.

- Tanto la vulnerabilidad física como la probabilidad de que se produzcan daños en escenarios de amenazas previsibles
2. Evaluar la consecuencia de la falla de los componentes clave de la infraestructura (incluidos los efectos en cascada)
- En primer lugar, las consecuencias operativas para la red: esto requiere una evaluación de la capacidad para continuar prestando el servicio.
  - En segundo lugar, las consecuencias para la comunidad de la pérdida del servicio - esto requiere una evaluación de la importancia del servicio)
3. Identificar formas rentables de mitigar las vulnerabilidades identificadas para prevenir y reducir el riesgo de falla.
- Antes del evento: preparación de planes de mitigación que se implementarán durante un período de tiempo
  - Después del evento: preparación de planes específicos para responder a la ocurrencia de las vulnerabilidades identificadas para limitar el daño y estar preparado para responder

Los nuevos elementos de infraestructura deben ubicarse y diseñarse teniendo en cuenta la resiliencia ante los eventos de peligro previsible, utilizando el conocimiento más reciente sobre esos peligros y los estándares de diseño actuales. Esto incluye tener debidamente en cuenta los efectos del Cambio Climático. El principal desafío para la ubicación y el diseño de nueva infraestructura es que a menudo implica la ampliación de las instalaciones de infraestructura existentes. En muchos casos, las instalaciones de infraestructura clave se han situado en áreas de alta exposición a peligros. Los principales ejemplos son las instalaciones portuarias y las plantas de tratamiento de aguas residuales en áreas de malas condiciones del suelo que son susceptibles a la licuefacción después de los terremotos; subestaciones eléctricas cercanas a fallas sísmicas activas; y puentes sobre ríos propensos a inundaciones. Esto destaca la importancia de

considerar cuidadosamente la ampliación de las instalaciones de infraestructura existentes durante las etapas iniciales de planificación antes de que comience el diseño detallado.

## 5. El papel de los códigos y estándares

A lo largo de los años, los códigos y estándares han servido como un medio para garantizar niveles mínimos de seguridad y salud para las comunidades en el diseño de la infraestructura, y también brindan un medio para desarrollar la resiliencia en la infraestructura. Sin embargo, hay una serie de cuestiones que deben tenerse en cuenta.

El desarrollo de códigos y estándares a menudo ha dependido de niveles significativos de recursos humanos y financieros. Los redactores de códigos y normas han requerido una comprensión de los peligros potenciales y se han basado en la investigación, la experiencia pasada y el conocimiento técnico. Por lo tanto, muchos países confían en los códigos y estándares desarrollados por unos pocos países con mejores recursos y pueden adoptarlos y, a veces, modificarlos para adaptarlos a sus entornos. (Ejemplos de Códigos de Construcción, Códigos Americanos, Eurocódigos y otros. Ver revisión de los primeros en Nienhuys, 2015).

Los códigos y estándares son generalmente específicos para diferentes elementos de infraestructura, como edificios, puentes y carreteras. En la mayoría de los países, la importancia de la seguridad en la construcción es primordial y se han desarrollado o adoptado códigos de construcción para su uso. Desafortunadamente, el uso de estos códigos no siempre ha sido obligatorio y muchas edificaciones se construyen sin cumplir con los códigos. Además, a menudo es muy difícil hacer cumplir los requisitos de modernización de edificios que ya existían antes de la introducción de los códigos, debido a los costos involucrados. Esto es especialmente difícil cuando se requiere modernización para eventos de baja incidencia y alto impacto como los terremotos. Sin embargo, los códigos de diseño sísmico para edificios han tenido mucho éxito en la reducción de la pérdida de vidas por el derrumbe de edificios en áreas

que han impuesto su uso (Ejemplos en Chile y Japón). Los edificios son, sin embargo, el "centro neurálgico" de las redes de infraestructura y requieren la consideración de la funcionalidad continua además de la seguridad de la vida como requisitos mínimos.

Muchos países todavía tienen que adoptar códigos y estándares para otras formas de infraestructura, tal como lo han hecho para los edificios. Los países con códigos de construcción bien desarrollados también tienen requisitos para algunos componentes de infraestructura, pero este no suele ser el caso de los países menos desarrollados. Los servicios de líneas vitales también operan bajo una variedad de modelos comerciales y regulatorios y no existen estándares internacionalmente consistentes para la resiliencia; estos son definidos por cada empresa de servicios de líneas vitales y, en algunos casos, el regulador del sector individual. Se debe alentar a todos los países a adoptar estándares específicos para todo tipo de infraestructura. Si bien es probable que los requisitos de desempeño para lograr la resiliencia de la infraestructura difieran de un país a otro, se puede utilizar un enfoque marco para guiar el desarrollo de estándares de resiliencia coherentes a nivel internacional.

La incorporación de requisitos de resiliencia en los códigos y estándares de infraestructura requeriría un enfoque basado en el desempeño. En general, los códigos y estándares tienden a abordar los requisitos de seguridad y desempeño de los componentes individuales de la infraestructura. La incorporación de requisitos de resiliencia incluiría examinar el desempeño de los sistemas de infraestructura. Habría que reconocer la interdependencia de los diferentes sistemas de infraestructura (por ejemplo, los sistemas de agua pueden depender de la electricidad para operar y los sistemas de electricidad pueden requerir sistemas de comunicación que funcionen y viceversa). Existe la necesidad de priorizar aún más los requisitos de rendimiento para garantizar una capacidad adecuada para los sistemas dependientes esenciales, reconociendo que algunos aspectos de estos pueden variar de un país a otro.

## 6. Estudios de casos

### 6.1 Grandes terremotos recientes que afectaron la infraestructura de Nueva Zelanda

Nueva Zelanda se encuentra en la zona de colisión entre las placas del Pacífico y Australia, creando un alto riesgo de terremotos, volcanes y tsunamis. Los desafíos climáticos en todo el país van desde ciclones extra tropicales hasta sequías, inundaciones y nevadas.

Existe un requisito legislativo en Nueva Zelanda para que los “servicios básicos de emergencia” (proveedores de infraestructura) “funcionen en la mayor medida posible” después de una emergencia (Ley de Gestión de Emergencias de Defensa Civil de Nueva Zelanda de 2002). Esta legislación habilitante está respaldada por un entorno en el que los proveedores de infraestructura colaboran a nivel regional y nacional para, en primer lugar, comprender sus vulnerabilidades (con énfasis en la interdependencia entre los servicios básicos) y, en segundo lugar, integrar sus planes para abordar estas vulnerabilidades en áreas donde sus redes físicamente interactúan (por ejemplo, en los puentes) y tienen riesgos colectivos. Esto requiere un grado considerable de modelado de impacto y ha llevado a una fuerte participación del sector de la investigación.

Al trabajar juntos, esto construye relaciones, tanto organizacionales como individuales, que también se pueden aprovechar en las fases de respuesta y reconstrucción después de un desastre.

Tanto las secuencias del terremoto de Canterbury (que comenzó con el terremoto Mw 7.1 de Darfield en septiembre de 2010) como el terremoto de Mw 7.8 de Kaikoura en noviembre de 2016 tuvieron un impacto significativo en las redes de infraestructura tanto locales como nacionales. Una muestra de los aprendizajes clave se resume a continuación, bajo los encabezados de técnicos y organizacionales/Contractuales:

#### *Aprendizajes técnicos*

- Redes viales y ferroviarias: reparar y reemplazar puentes según los estándares actuales es en la

práctica *Build Back Better* (Reconstruir Mejor) y, además, logra una renovación efectiva de los activos. Además, algunos puentes no se reconstruyeron o se reconstruyeron en mejores ubicaciones para evitar riesgos geológicos. Esto reconoce la necesidad de considerar la alternativa de Reconstruir de Manera Diferente.

- Redes de aguas residuales residenciales: el uso de tanques de retención en propiedades individuales, que bombean a las tuberías principales de la calle como un medio para superar gradientes hidráulicos inadecuados debido a movimientos sísmicos locales o globales.
- Redes de telecomunicaciones: los proveedores de telecomunicaciones han aumentado el tamaño de los tanques de almacenamiento de combustible para los generadores de energía de reserva de sus centrales. Esta fue una respuesta al cierre de calles debido a edificios de varios pisos dañados que impedían el acceso para recarga de combustible.

#### *Aprendizajes organizacionales / contractuales*

- El reconocimiento de la necesidad de un enfoque contractual durante la recuperación que sea menos controlador que los contratos habituales condujo a la solución de una alianza incentivada que involucró a financiadores (gobierno), propietarios de redes y contratistas. El Equipo de Reconstrucción Más Fuerte de la infraestructura de Christchurch (SCIRT) después de los terremotos de Canterbury y la Alianza Para la Recuperación de la Infraestructura de Transporte del Norte de Canterbury (NCTIR) después del terremoto de Kaikoura se formaron para facilitar la reconstrucción de las redes de agua y transporte.
- Esto ha enfatizado la importancia de las relaciones y la colaboración para aprovechar las oportunidades comunes de mitigación en la planificación de la resiliencia de la infraestructura “cotidiana”.

### 6.2 Comparación de los problemas de la red eléctrica en Europa y América del Sur

En la mañana del 16 de junio de 2019, un gran apagón afectó a Argentina, Uruguay y Paraguay cuando un cortocircuito desconectó una de las tres líneas de transmisión de 500 kV que van desde Colonia Elía a Belgrano cerca de Buenos Aires (Nordrum, 2019). Con una línea de transmisión ya caída y en mantenimiento, y la segunda saltando, la tercera tampoco pudo sostener los niveles de alta potencia que se estaban transfiriendo en ese momento y fue desconectada por el sistema de Parada Automática de Generación (DAG). Aunque el DAG es un sistema alternativo diseñado para desconectar automáticamente los generadores si se detecta un problema, estaba operando con datos falsos ya que el mantenimiento de la tercera línea y el cambio resultante en la red no se reflejaron en el sistema del DAG en ese momento.

El apagón tuvo un gran impacto en el sector del agua, la salud y el transporte. Se recomendó a las personas en Argentina que redujeran el uso de agua, los pacientes médicos que dependían de equipos domésticos tenían que ir a hospitales donde había generadores de respaldo y la gente hacía cola frente a las estaciones de servicio. Además, las elecciones locales en algunas regiones de Argentina habían sido interrumpidas por el corte de energía y la gente tenía que llenar las boletas a oscuras. A media mañana se restableció la energía en Buenos Aires y alrededor del mediodía en el 75% de Uruguay; al llegar la noche casi todas las partes de Argentina y Uruguay estaban nuevamente conectadas a la red eléctrica.

En la tarde del 8 de enero de 2021, la red eléctrica de Europa continental se separó en dos partes al dispararse un acoplador de barras de 400 kV en Ernestinovo (Croacia) debido a una protección contra alzas de corriente (ENTSO-E, 2021). Esto condujo a un desacoplamiento de las dos barras colectoras en la subestación Ernestinovo, lo que provocó un desplazamiento de los flujos de energía

eléctrica a las líneas vecinas y, posteriormente, la sobrecarga y más saltos de potencia de esa línea, lo que eventualmente provocó la separación del sistema en dos partes. La zona noroeste sufrió un déficit de potencia y disminución de frecuencia; en consecuencia, hubo un excedente de energía y un aumento en la zona sureste.

Como consecuencia, se cerraron un par de servicios en Francia e Italia para reducir el déficit de energía. Estos servicios son contratados por los operadores de sistemas de transmisión (TSO) para ser desconectados si la frecuencia cae por debajo de un cierto umbral. De manera similar, se redujo la producción de energía de un gran generador en Turquía y la frecuencia pudo mantenerse estable en ambas áreas. Gracias a la respuesta automática y las acciones coordinadas tomadas por los TSO en Europa continental, se evitó un corte de energía y la situación se restableció rápidamente a una operación cercana a la normalidad.

Aunque los incidentes ocurrieron en partes separadas del mundo con diferentes impactos, se implementaron acciones de mitigación similares con distinta efectividad. Los aprendizajes clave de ambos incidentes se describen a continuación, bajo los títulos *técnicos y organizacionales/contractuales*:

#### *Aprendizajes técnicos*

- Los sistemas de protección automática están instalados en muchas grandes redes eléctricas de todo el mundo, pero el incidente en América del Sur demostró que la configuración correcta es un gran problema. Si los sistemas de protección no funcionan correctamente, pueden ser la causa de los problemas.
- Las capacidades de arranque en negro son una característica esencial para recuperarse rápidamente de un corte de energía. Debido a la gran cantidad de centrales hidroeléctricas en Argentina, la red podría volver a estar operativa en breve tiempo. Con un panorama más diverso de centrales eléctricas en Europa (nuclear, carbón, eólica, etc.), la recuperación podría llevar más tiempo.

Aprendizajes organizacionales / contractuales:

- En ambos casos, los planes detallados de respuesta a emergencias representan la herramienta más valiosa para prevenir o recuperarse exitosamente de tal incidente. Los planes de cierre previamente contratados para grandes consumidores pueden ayudar a reaccionar rápidamente en caso de emergencia.
- Dado que las redes eléctricas en la actualidad se extienden por todo un continente, la cooperación transfronteriza también es un aspecto central para prevenir grandes cortes de energía. La reacción coordinada de los TSO en Europa apoyados en sistemas digitales y comunicaciones telefónicas clásicas muestra la importancia de procesos alineados en esta área.

## 7. Mensajes clave

Este capítulo ha destacado las muchas consideraciones involucradas en el logro de una mayor resiliencia de las redes de infraestructura. Los temas y mensajes clave que reflejan las oportunidades para lograr una mayor resiliencia de la infraestructura se resumen a continuación:

### Comprensión de los diferentes componentes de la resiliencia de la infraestructura

La resiliencia de la infraestructura implica varios componentes y atributos diferentes, como se indica a continuación:

1. Activos y redes robustos
2. Compromiso de recursos apropiados por parte de la organización de infraestructura
3. Colaboración efectiva con todos los miembros y partes interesadas
4. Expectativas y preparación realistas de la comunidad

Esto destaca la necesidad de mirar más allá de la resiliencia física (el dominio típico de los ingenieros) y considerar los aspectos de resiliencia organizacional, así como a la comunidad como usuarios finales.

### La influencia de la propiedad y los sistemas regulatorios

Existen diferentes restricciones de financiación y regímenes regulatorios tanto entre los sectores público y privado como dentro de ellos. Las organizaciones de infraestructura operan bajo una variedad de modelos regulatorios y de negocios. Las organizaciones de propiedad privada requieren un rendimiento comercial de los proyectos de inversión en resiliencia y, por lo tanto, la justificación económica de las inversiones en resiliencia puede tener diferentes características que influyen en el nivel de inversión en mejoras de resiliencia. Las autoridades locales y las organizaciones que poseen redes e instalaciones directamente en nombre de la comunidad son inherentemente más conscientes de las consideraciones de la comunidad y de la necesidad de invertir en resiliencia.

### Toman en cuenta de las interdependencias

Tener en cuenta las interdependencias de la red y el potencial de los efectos en cascada es un elemento esencial en la reducción del riesgo. Esto indica que, si bien la reducción de riesgos se puede lograr gradualmente, las medidas de mitigación más efectivas requieren planificación e implementación entre los proveedores de infraestructura clave como programas integrados.

### Reducción del riesgo en el momento del desarrollo de nueva infraestructura

Cualquier desarrollo futuro de infraestructura debe ser cuidadosamente pensado, tanto por el riesgo general de peligros naturales como por las consideraciones del cambio climático. Es necesario ser audaz al cuestionar la idoneidad de la ubicación de las principales instalaciones de infraestructura existentes. Una pregunta general es: ¿qué tan adaptable y resiliente es nuestra infraestructura de larga duración? Un aspecto clave de la resiliencia de la infraestructura es no seguir desarrollando automáticamente la infraestructura existente que ya está en riesgo, pero esta suele ser

una decisión difícil debido a los “costos no recuperables” asociados con las instalaciones existentes.

Los ingenieros claramente tienen un papel fundamental en la promoción y el logro de una mayor resiliencia de las redes de infraestructura urbana y rural. La gestión del riesgo de desastres requiere la plena consideración del contexto de la comunidad, por lo que se debe aplicar el conocimiento técnico con una comprensión de todas las dimensiones de la resiliencia y con un enfoque comunitario.

## 8. Referencias

E-ISAC. (2016). Analysis of the Cyber Attack on the Ukrainian Power Grid. [https://ics.sans.org/media/E-ISAC\\_SANS\\_Ukraine\\_DUC\\_5.pdf](https://ics.sans.org/media/E-ISAC_SANS_Ukraine_DUC_5.pdf)

ENTSO-E. (2021). Continental Europe Synchronous Area Separation on 8 January 2021. Interim Report. European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E). [https://eepublicdownloads.azureedge.net/clean-documents/Publications/Position%20papers%20and%20reports/entso-e\\_CESysSep\\_interim\\_report\\_210225.pdf](https://eepublicdownloads.azureedge.net/clean-documents/Publications/Position%20papers%20and%20reports/entso-e_CESysSep_interim_report_210225.pdf)

Nordrum, A. (2019). Transmission Failure Causes Nationwide Blackout in Argentina—IEEE Spectrum. IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News. <https://spectrum.ieee.org/energywise/energy/the-smarter-grid/transmission-failure-causes-nationwide-blackout-in-argentina>

US-CERT. (2017). Alert (TA17-181A) Petya Ransomware. US-CERT | United States Computer Emergency Readiness Team. <https://www.us-cert.gov/ncas/alerts/TA17-181A>

New Zealand Lifelines Council (2021). *Submission to the New Zealand Infrastructure Commission*.

Nienhuys S. (2015). *Building seismic codes. Global and regional overview*. Evidence on Demand organisation, 39 p. [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a0897c40f0b652dd000242/EoD\\_HDYr3\\_59\\_November2015\\_Seismic\\_Building\\_Codes.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a0897c40f0b652dd000242/EoD_HDYr3_59_November2015_Seismic_Building_Codes.pdf)

UNDRR (2015). Proposed Updated Terminology on Disaster Risk Reduction: A Technical Review. Background paper. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 31 p.:

# CAPÍTULO III

## GESTIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN

Fang Chen<sup>a</sup>, Marcial Rivera Rodríguez<sup>b</sup>, Zeeshan Shirazi<sup>a</sup>, Lei Wang<sup>a</sup>

<sup>a</sup> International Research Center of Big Data for Sustainable Development Goals, China, chenfang@radi.ac.cn; zeeshan@radi.ac.cn; wanglei@radi.ac.cn

<sup>b</sup> Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, San José, Costa Rica, mrivera@cfia.cr

### 1. Conceptos generales

La mejora de los datos y la información siempre ha sido una prioridad para la ingeniería a lo largo de los años, sin embargo, el rápido desarrollo y crecimiento de las ciencias de datos como un campo separado y especializado ha creado nuevas posibilidades para su uso, mientras que la diversidad de información disponible de la infraestructura digital moderna pide mejoras rápidas en nuestra capacidad para obtener, guardar, agrupar y compartir los datos, para convertirlos en información procesable que permita la toma de decisiones basada en la ciencia en todo el mundo.

La Ingeniería de datos estructurados consiste en encabezados de filas para contextualizar datos ordenados en filas (normalmente números o nombres), posibilitar cálculos y análisis de información. Ejemplos de datos estructurados pueden ser la temperatura medida por hora desde un sensor, la cantidad de agua que pasa a través de una represa, la cantidad de agua precipitada durante un período y que se recolectó de un dispositivo específico (y normalmente costoso). Sin embargo, en los últimos tiempos, el crecimiento del IoT (Internet de las Cosas) ha permitido el desarrollo de una red de sensores que da como resultado un gran volumen de datos estructurados. Más allá de los crecientes volúmenes de datos estructurados, también hay un crecimiento exponencial en la cantidad de datos no estructurados accesibles que se están diversificando e introduciendo nuevas formas de datos y cambiando la forma en que los gobiernos, los científicos y las comunidades obtienen información. Los datos no estructurados están en toda la información que carece de encabezados

de fila que permitan ordenarlos en gráficos o de cualquier otra manera predefinida, como video, imágenes o una conversación.

Una parte importante de la información capturada en los desastres está estructurada. La magnitud, la profundidad y la ubicación de un terremoto se pueden tabular en gráficos. Pero en los últimos tiempos, la información obtenida de imágenes satelitales, o la información de las redes sociales sobre el impacto de un desastre en una población, requiere de un proceso de transformación de los datos.

### 2. Principales bases de datos mundiales y regionales sobre desastres (y su accesibilidad)

Los datos sobre desastres se recopilan para una variedad de usuarios, incluidos gobiernos, organizaciones regionales y mundiales, ONG e instituciones financieras, y se utilizan para una amplia gama de aplicaciones, desde guiar la actividad de respuesta y prevención de desastres, desarrollar productos de seguros, diseño y planificación de ciudades, hasta investigación científica y estudios de casos de desastres (Wirtz et al., 2014). Estos datos son esenciales para caracterizar y analizar eventos previos y para estudiar, comprender e identificar las causas subyacentes para predecir y, si es posible, prevenir la recurrencia y la pérdida o reducir los riesgos y las consecuencias asociadas de estos eventos disruptivos. A través del progreso científico y tecnológico en el tiempo, nuestra capacidad para generar y recopilar datos sobre diferentes aspectos de los desastres está mejorando en cantidad, calidad y eficiencia, mejorando nuestra capacidad de aprender incluso de eventos menores a través de

mejores mediciones y mejores análisis (Editorial Nature Geoscience, 2017). Este nivel de datos e información es altamente deseable y posible para tipos y clases individuales de desastres; sin embargo, es extremadamente desafiante a gran escala, debido a la variedad de capacidades y recursos dentro de los diferentes países.

La actividad de recopilación de datos, su alcance y la cantidad resultante de datos históricos de desastres que se archivan no es uniforme en los diferentes niveles administrativos y no es uniforme espacialmente en todo el mundo. Algunos países en desarrollo simplemente carecen de la capacidad técnica, los recursos y la capacidad institucional para recopilar adecuadamente estos datos y, por lo tanto, también carecen de datos históricos dentro de sus jurisdicciones (Moriyama, Sasaki y Ono, 2018). En consecuencia, los datos básicos sobre la mortalidad por desastres, la población afectada por desastres, las pérdidas económicas y los daños que brindan medios para vincular los desastres con el desarrollo e identificar las causas, los factores causales y las poblaciones vulnerables, no son lo suficientemente accesibles para el análisis. Sin estos datos, no se pueden establecer marcos de referencia adecuados para evaluar el impacto de los desastres y monitorear el progreso y la eficacia de los esfuerzos de reducción del riesgo de desastres o para identificar qué medidas se requieren. Estas limitaciones también han restringido el ritmo y el progreso de las acciones para apoyar marcos globales como el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. UNDRR ha informado la falta de datos integrales para evaluar tendencias significativas a escala local, regional y global, y ha destacado la necesidad de mejorar la calidad de los datos y la necesidad de bases de datos de pérdidas por desastres bien administradas y mantenidas (UNDRR, 2020).

Con el riesgo de desastres, los factores que son esencialmente transfronterizos, como el cambio climático, la contaminación del aire y otros factores de riesgo que son comunes en muchas partes del mundo, como la pobreza, la urbanización descontrolada y el crecimiento de la población (UNISDR, 2020), requieren un análisis de acceso

abierto. Estos datos relacionados con desastres brindan potencial para una comprensión más completa del riesgo y las oportunidades para soluciones colaborativas y sostenidas, al permitir mejores capacidades de modelado, evaluación, mapeo y alerta temprana. Para mejorar la cobertura de datos y la presentación de informes, se están implementando estándares de datos y enfoques integrales para la recopilación de datos en todos los estados miembros de la ONU (UNDRR, 2020). Programas internacionales como PNUD, UNDRR y CRED están facilitando el desarrollo de bases de datos a nivel regional y nacional desde principios de la década de 2000 (PNUD, 2013). UNDRR ha patrocinado con éxito la adopción de un formato común de base de datos sobre desastres en varios países proporcionado a través del software DesInventar (PNUD, 2013), que ahora se actualiza como DesInventar-Sendai, un sistema avanzado de gestión de información sobre desastres. Este brinda “una herramienta conceptual y metodológica para la generación de Inventarios Nacionales de Desastres y la construcción de bases de datos de daños, pérdidas y las causas e impactos de los desastres en general” (DesInventar, 2019). Estas bases de datos de pérdidas y daños por desastres tienen como objetivo capturar datos homogéneos de múltiples escalas en múltiples ubicaciones y momentos, accesibles abiertamente para investigación y análisis para comprender las tendencias y patrones de desastres y los riesgos emergentes. Con accesibilidad abierta, DesInventar aloja datos de 90 países, en su mayoría en desarrollo, y puede considerarse como un marco de referencia para la recopilación de datos y la presentación de informes dentro del Marco de Sendai. Obtiene amplia información de los registros oficiales del gobierno, los medios impresos nacionales y locales y los registros de salud pública sobre desastres debido a su definición amplia de un evento de desastre como la causa de una sola muerte o la causa de un daño que vale un solo dólar estadounidense. Además, también hay un elemento de detalle espacial en DesInventar, ya que asigna a cada entrada de desastre una etiqueta de país, provincia/estado, distrito/pueblo (Panwar y Sen, 2020).

La otra gran base de datos global sobre desastres,

de libre acceso y más ampliamente utilizada y citada es EM-DAT. EM-DAT solo asigna etiquetas de países a las entradas de eventos de desastre, pero tiene la ventaja de una cobertura global más amplia con datos de más de 200 países en todo el mundo. Los criterios para definir un evento como desastre también son más estrictos y extensos e incluyen muertes reportadas ( $\geq 10$ ), personas afectadas ( $\geq 100$ ), declaración de emergencia por parte del país afectado y solicitud de asistencia internacional. Recopila datos de agencias internacionales como la ONU, organizaciones intergubernamentales y agencias

gubernamentales de EE.UU. como fuente de datos sobre desastres (Panwar y Sen, 2020). Hay varias otras bases de datos para datos de pérdidas por desastres; sin embargo, no están abiertas o no se usan ampliamente, como NatCat y Sigma, que no son de acceso abierto, mientras que CatDat se limita solo a terremotos.

A pesar de estas deficiencias, se mantienen y actualizan activamente varias bases de datos regionales y mundiales de daños y pérdidas por desastres. En el cuadro 1 se presenta una lista completa de estas bases de datos.

Tabla 1. Lista de bases de datos de pérdidas por desastres con detalles

Dataset	Cobertura	Acceso	Alcance	Gestionado por	Típos	Período de Registro
1 EM DAT	País	Abierto	Global	CRED	Natural	1900 - Presente
2 DesInventar	Multi-escala	Abierto	Global	UNDRR	Relacionado con la geología y el clima	Coberturas variables para diferentes países
3 Sigma explorer	Basado en eventos	Abierto	Global	SWISSRE	Natural y artificial	1980 - Presente
4 NatCatService	Basado en eventos	Cerrado	Global	MUNICHRE	Natural y artificial	1980 - Presente
5 Global Disaster Identifier Number SIAPAD - Sistema	Basado en eventos	Abierto	Global	ADRC	Natural y artificial	1930 - Presente
6 Andino de Información para la Prevención y Atención de Desastres CDEMA - Base de datos de eventos de desastres	Países Andinos	Abierto	Regional	CAPRADE	Natural	
7 Disaster Management Information Center (DMIC)	CDEMA Países Miembros (Caribe)	Abierto	Nacional	Agencia Caribeña de Gestión de Desastres	Natural	1780 - Presente
8 Canadian Disaster Database SHELUDS - Spatial	Bangladesh	Abierto	Nacional	Ministerio de Gestión de Desastres y Socorro	Natural	
9 Hazard Events and Losses Database	Canada	Abierto	Nacional		Natural & Artificial	1900 - Presente
10 Natural Hazards Statistics	Estados Unidos	Abierto	Nacional	Universidad de Carolina del Sur	Natural	1960 - Presente
11 DANA - Damage and Needs Assessment system of Vietnam	Estados Unidos	Abierto	Nacional	NOAA, Servicios Meteorológicos Nacionales	Peligros relacionados con el clima	
12 DIBI - Información y Datos de Desastres Indonesios	Vietnam	Abierto	Nacional	Comité Central para el control de inundaciones y tormentas	Hydro-Meteorológico	1989 - 2008
13 Centro Australiano de Gestión y Conocimiento de Desastres	Indonesia	Abierto	Nacional	Agencia Nacional para Gestión de Desastres	Natural & Artificial	1815 - 2012
14 Web SIG -DISASTER	Australia	Abierto	Nacional	Gestión de Emergencias Australia	Natural & Artificial	1622
	Portugal	Abierto	Nacional	Fundación de Ciencia y Tecnología	Inundaciones/Derrumbes	1865

### 3. Innovaciones en el procesamiento de Big Data para RRD

Las rápidas mejoras de las capacidades digitales en los espectros social, económico y comercial de la sociedad humana y la creciente capacidad digital a nivel mundial nos han brindado la oportunidad de recopilar y utilizar datos e información de fuentes nuevas y no convencionales y complementar los datos e información digitalizados existentes, para una comprensión y un análisis más completos y profundos. Generalmente, este gran volumen de datos de múltiples fuentes se denomina Big Data y se caracteriza por 5 Vs: Volumen, que se refiere a la cantidad de datos; Variedad, refiriéndose a las diversas fuentes de datos; Velocidad, referida a la velocidad de generación, transmisión y procesamiento de datos; Veracidad, referida a la calidad y exactitud de los datos; y Valor, refiriéndose a sus beneficios finales en términos de soluciones, aplicaciones, desarrollo, etc. (Yang et al., 2017). Con el aumento de las fuentes de datos sin procesar, la naturaleza del conjunto de datos colectivos se vuelve compleja y requiere un procesamiento más intensivo y complicado debido a la diversidad inherente de formatos, calidad y naturaleza (actualizaciones de datos estáticas frente a dinámicas) de los datos.

Big Data ayuda a comprender tanto la naturaleza de los datos como la relación entre los datos (Terziet al., 2016). El procesamiento de Big Data generalmente involucra cuatro procesos principales que incluyen la adquisición de datos, el almacenamiento de datos, el análisis de datos y la explotación de datos (Casado y Younas, 2014). Debido a la naturaleza voluminosa de los macrodatos, la generación anterior de marcos de macrodatos implementó esencialmente sistemas de archivos distribuidos que empleaban el procesamiento de datos distribuidos. Los sistemas de procesamiento de datos han evolucionado en las últimas dos décadas, cambiando el enfoque del procesamiento por lotes al procesamiento en tiempo real para hacer frente a la creciente afluencia de nuevas formas de transmisión de datos, con requisitos de baja latencia y alta velocidad. Desde 2014, se buscan innovaciones en computación híbrida (Casado y Younas, 2014) para atender tanto el volumen

como la velocidad de los datos entrantes de la evolución y expansión de la infraestructura digital moderna.

Los analizadores de datos no solo enfrentan el desafío de recopilar y manejar los datos, sino también de definir el lenguaje del software para extraerlos. Hay algunos de los principales lenguajes de código abierto que lideran la investigación sobre extracción de datos, R y Python. Cada uno de estos lenguajes de programación se puede ejecutar en diferentes softwares y sistemas en la nube. Es muy recomendable para una persona que quiera desarrollarse en estos campos, acostumbrarse a estos lenguajes y bibliotecas de funciones.

Los principales desarrollos en el procesamiento de Big Data se han concentrado en las grandes empresas tecnológicas, incluidas las empresas más famosas como Google, Yahoo, Facebook, LinkedIn y Amazon, entre otras. Estos desarrollos fueron impulsados por la necesidad de administrar y procesar la creciente cantidad de datos que se generan a partir de la actividad de los usuarios en sus plataformas digitales en línea debido a sus atractivos productos y servicios digitales, la creciente accesibilidad a Internet y los dispositivos conectados digitalmente. Un desarrollo importante, posibilitado por la mejora de la conectividad en línea y la velocidad de conexión de datos, es el concepto de Computación en la Nube. Los desarrollos en la computación en la nube permitieron el acceso remoto a grandes centros de datos desarrollados por estas grandes empresas tecnológicas y otras empresas de datos especializadas, proporcionando recursos computacionales para el almacenamiento y procesamiento de datos digitales. Esto incentiva a otras empresas comerciales a concentrar sus esfuerzos y recursos para desarrollar sus productos y servicios principales, y reducir sus costos y recursos en la gestión de datos digitales de equipos y programas informáticos. Estos grandes recursos de procesamiento de datos ahora están generalmente disponibles como modelos de Infraestructura como Servicio (IaaS), Plataforma como Servicio (PaaS) y Software como Servicio (SaaS) (Elshawi et al., 2018).

La computación en la nube también ha permitido



usos innovadores de los Big Data de estos centros de datos en diferentes investigaciones comerciales, sociales y científicas, incluida la gestión del riesgo de desastres. Sin embargo, la naturaleza de los macrodatos para la gestión del riesgo de desastres es más diversa y multidisciplinaria. En la actualidad, hay varias fuentes de macrodatos que se están utilizando activamente y se pueden dividir ampliamente en: datos generados por sensores, que incluyen datos de detección remota de múltiples plataformas, como satélites, LiDAR y UAV, sensores terrestres; datos generados por el usuario, que incluyen datos de IoT y Web, y aplicaciones cada vez más nuevas de redes sociales, “crowdsourcing”, GPS móvil y registros de detalles de llamadas; y datos de simulación de modelos predictivos (Ragini, et al., 2018; Yu, Yang y Li, 2018).

La importancia de la gran infraestructura de procesamiento de datos y las plataformas de computación en la nube, especialmente para la gestión del riesgo de desastres, se destaca a través de la posible aplicación de datos de las redes sociales extraídos en tiempo real o casi real para conocimiento de la situación (Ofli et al., 2016; Zhang et al., 2019) y análisis de sentimientos (Ragini, et al., 2018) durante el desastre o la fase de respuesta al desastre con fines de comunicación e información (Gray, Weal y Martin, 2016). Aunque las plataformas de redes sociales se utilizan cada vez más para difundir e intercambiar información, aún se está estudiando su utilidad como fuente de información durante situaciones de crisis. Se está desarrollando un creciente cuerpo de literatura que brinda información sobre vínculos y patrones entre los eventos de desastre y el contenido, la frecuencia y los patrones temporales de la actividad de las redes sociales. La información de metadatos de imágenes compartidas, como etiquetas de usuario, ubicación geográfica e información temporal, brindan detalles valiosos para obtener información sobre desastres (Said et al., 2019). Los nuevos desarrollos, como tuits de geotiquetado, el software de seguimiento móvil y las publicaciones en los medios y el “crowdsourcing”, están agregando una dimensión espacial y enriqueciendo la calidad de la información que se puede extraer de estas plataformas de redes sociales.

Sin embargo, a diferencia de estas nuevas formas de datos generados por el usuario, los datos de teledetección de diferentes plataformas se han utilizado ampliamente para diversas aplicaciones en desastres durante varias décadas. Tanto la cantidad de plataformas de teledetección como la cantidad resultante de datos y la capacidad para procesar grandes volúmenes de datos de imágenes han mejorado a lo largo de los años. Del mismo modo, las políticas de datos abiertos, la mejora de la gestión de datos digitales, la accesibilidad y los programas de procesamiento de datos y la accesibilidad a los recursos de computación en la nube han mejorado la adopción de estos conjuntos de datos, especialmente para aplicaciones espacialmente relevantes, como la gestión del riesgo de desastres (Guo 2017a; Guo 2017b). Una encuesta de 2018 (Kumar y Mutanga, 2018) de la literatura sobre el uso y las tendencias de Google Earth Engine, un entorno gratuito de computación en la nube dedicado para aplicaciones y datos de detección remota, encontró que aproximadamente 6 de los 300 artículos de investigación (2%), revisado entre 2011 y 2017, había utilizado la plataforma para aplicaciones relacionadas con desastres. Una encuesta bibliográfica más reciente (Amani et al., 2020) de 450 artículos de investigación publicados entre 2010 y 2020 encontró alrededor de 40 artículos relacionados con desastres naturales, lo que sugiere una tendencia hacia la adopción de estas plataformas en la nube y técnicas de Big Data en la observación de la Tierra para aplicaciones relacionadas con desastres. A diferencia de Google, Amazon, como parte de su programa de datos públicos ha iniciado la plataforma en la nube “Earth on AWS” que brinda acceso a los datos de Landsat 8, Sentinel 1 y 2 datos NOAA y el Programa China-Brasil de Satélites de Recursos de la Tierra mediante un servicio de pago por uso de conjuntos de datos de teledetección. Azure de Microsoft y su iniciativa AI for Earth es un servicio de pago por uso con variedad de datos y cobertura regional limitadas (Amani et al., 2020).

Otro concepto importante en el procesamiento y la aplicación de grandes datos es el concepto de ecosistema de grandes datos terrestres que se centra en la integración de datos de múltiples fuentes dentro de un contexto

geográfico, asegurando la accesibilidad abierta y democratización de los datos, y la información hacia soluciones basadas en datos para desafíos globales. Un ejemplo de un ecosistema de este tipo es la infraestructura Big Earth Data de la Academia China de Ciencias que se está desarrollando a través de su Programa de Ingeniería de Ciencias de Big Earth Data (CASEarth), que incluye una plataforma de nube de Big Data y un sistema de soporte de decisiones para políticas y apoyo en las decisiones basadas en la ciencia. CASEarth ha priorizado la integración de datos multidisciplinarios y de múltiples fuentes para diversas aplicaciones (Guo et al., 2020). De manera similar, el Sistema de Observación Global de la Tierra (GEOSS) está siendo desarrollado por el Grupo de Observación de la Tierra (GEO), que son sistemas de procesamiento y observación de la Tierra vinculados que brindan un monitoreo reforzado de los procesos de la Tierra. Ambos sistemas brindan servicios de análisis de datos para obtener información procesable, incluida la gestión del riesgo de desastres y el desarrollo sostenible en general. CASEarth también ha publicado recientemente estudios de casos que también incluyen algunos estudios sobre el uso de grandes datos terrestres para aplicaciones de desastres en 2019 y 2020. Los estudios de casos seleccionados de este informe también se han presentado como parte de los documentos oficiales presentados a la ONU durante el 74.<sup>a</sup> y 75.<sup>a</sup> Asamblea General de la ONU en 2019 y 2020 respectivamente. Desde una perspectiva más amplia y dentro del contexto del desarrollo sostenible, estos sistemas también brindan la oportunidad de realizar un análisis integral. Un ejemplo es conectar información sobre urbanización y degradación del terreno con actividades de gestión del riesgo de desastres para un análisis más eficaz de los riesgos y las oportunidades de mejora.

#### 4. Aplicaciones de inteligencia artificial y aprendizaje automático a diferentes procesos DRM

El potencial de innovación dentro del Big Data, además de los desarrollos tecnológicos y el procesamiento de datos, también reside en el análisis de datos. Como se destacó en la sección anterior, Big Data presenta desafíos debido al

volumen, las fuentes y los formatos de datos crecientes. Si bien los desarrollos tecnológicos han permitido que los centros de datos almacenen un volumen cada vez mayor de datos, han mejorado el acceso a ellos y han facilitado el procesamiento de grandes volúmenes de datos en bruto a través de la infraestructura de computación en la nube; el proceso de convertir estos datos en información procesable y valiosa también requiere una clase especial de técnicas analíticas denominadas colectivamente como análisis de Big Data. El análisis de Big Data se enfoca en innovaciones y avances para mejorar la calidad de la información intrínseca dentro de estos complejos conjuntos de datos y el ritmo del proceso de su extracción.

Uno de los conceptos clave dentro del análisis de Big Data es el de la inteligencia artificial (IA), que existe desde hace mucho tiempo, pero con una infraestructura informática mejorada y un volumen de datos que se ha desarrollado rápidamente en las últimas dos décadas. La IA se ocupa de la capacidad de las computadoras para realizar tareas de forma independiente, con una interacción humana mínima o nula. La IA facilita la automatización a escala y, en general, se puede dividir en dos grupos principales: IA aplicada y general. La IA general se esfuerza por hacer que las máquinas realicen una amplia gama de acciones independientemente de la intervención humana, lo que es comprensiblemente complicado. Ha sido responsable de importantes innovaciones en este campo. La IA aplicada se usa más ampliamente y se ocupa de aplicaciones específicas en un campo donde existen tales aplicaciones de reconocimiento de patrones en sus diferentes formas, que incluyen, entre otros, reconocimiento facial y reconocimiento de voz, problemas de clasificación de una enorme diversidad que abarcan campos como microbiología y biología molecular, el medio ambiente y la clasificación de textos. IA tiene una amplia implementación tanto en el procesamiento de datos como en el análisis de datos. En ambos aspectos, los algoritmos de IA están diseñados para aprender de los datos, supervisados o no, y hacer uso de patrones identificados dentro de los datos para llevar a cabo las instrucciones asignadas. Este proceso ampliamente utilizado se denomina Aprendizaje Automático (AA) (Machine Learning) (ML) (GFDRR, 2018).

Las ventas minoristas, empresas aeronáuticas, sistemas de transmisión y retransmisión (música y video), han sido líderes en el uso de Big Data para modelar patrones de consumo, y a través de esto, aumentar las ganancias. Basket Market, que analiza las compras de los clientes, es un ejemplo del uso de ML en bases de datos. Los supermercados saben qué producto hay que colocar cerca de otro que se consumen junto con el primero. Las compañías aéreas pueden estimar el número de personas que van a viajar, para seleccionar el tipo de aeronave y la tripulación de vuelo necesaria.

La gestión del riesgo de desastres puede utilizar modelos para calcular el impacto de los peligros naturales en las poblaciones y la infraestructura. Se podrían estimar los equipos de respuesta a emergencias, los daños a la infraestructura con fines de aseguramiento y la demanda esperada del sistema de salud.

En los estudios relacionados con desastres, tanto las técnicas de ML como las de IA tienen un enorme potencial en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones en varias etapas de la gestión del riesgo de desastres. La automatización completa de la advertencia, de los sistemas de alerta y respuesta es probable, aunque que todavía no es posible, debido a varios factores, incluidos las vidas inherentemente en juego, los desafíos de calidad de los datos y la coordinación interinstitucional de respuesta y ayuda frente al desastre. Sin embargo, estas técnicas, a través del reconocimiento mejorado de imágenes, el procesamiento del lenguaje natural, el reconocimiento de objetos (Ogie, et al., 2019) y otras mejoras en el análisis de datos, han acelerado el proceso de toma de decisiones a través de la generación rápida de información útil, brindando una ventaja en las etapas de respuesta y recuperación para ayudar a salvar vidas valiosas. Durante las fases de preparación y planificación, los sistemas impulsados por IA y ML permiten un completo conocimiento de la situación y una comprensión de las realidades del terreno (Sun, et al., 2020) y son una de sus áreas de aplicación más extensas (Tan et al., 2020). Estas técnicas también han demostrado un gran éxito en la predicción y alerta de desastres. Las únicas limitaciones para el uso de

estos sistemas son el acceso o la disponibilidad de datos digitales para un análisis detallado. Todavía persisten varios desafíos en la aplicación de ML e IA a aplicaciones relacionadas con desastres. Hay varios estudios sobre la integración de datos de teledetección; sin embargo, la integración de datos de múltiples fuentes para la investigación de IA y ML aún requiere una integración de datos adecuada para garantizar que los sensores inteligentes y los datos de las redes sociales se puedan utilizar de manera efectiva para mejorar la información y la toma de decisiones. Además, la investigación sobre la aplicación de IA y ML a los procesos naturales y la dinámica social no está adecuadamente integrada para proporcionar una visión más completa de la respuesta humana a las crisis para la eficacia de las operaciones de socorro y la identificación del riesgo de desastres durante las etapas de planificación (Tan et al., 2020). Más importante aún, la IA impulsada por el ML requiere datos-insumos de alta calidad y gran volumen para obtener una salida informativa confiable (Guo, 2018). Con acceso restringido a datos de múltiples fuentes, especialmente fuentes in situ y tradicionales, la confiabilidad y efectividad de la aplicación ML e IA seguirán siendo limitadas (Guo, 2017). Sin embargo, todavía existe potencial para mejorar los usos de estos abundantes datos y recursos analíticos para la gestión del riesgo de desastres. Por ejemplo, para un análisis más completo de los diferentes aspectos del riesgo de desastres, se deben utilizar los métodos existentes de extracción de información de las redes sociales y otras fuentes de datos no convencionales para desarrollar nuevas bases de datos estándar con la intención de diversificar la información y llenar los vacíos de datos existentes. Estas nuevas bases de datos se pueden integrar con fuentes de datos existentes para un análisis y sistemas de gestión más completos.

### 5. Oportunidades y obstáculos

Existe un extenso trabajo académico y de investigación que explora aplicaciones innovadoras de tecnologías emergentes y sistemas de información para la gestión del riesgo de desastres en muchas partes del mundo. También hay varias implementaciones

exitosas de Big Data e IA en los sistemas de gestión de riesgos de desastres. Sin embargo, estas implementaciones, aunque validan los beneficios de estos métodos, no se han puesto en práctica ampliamente. Uno de los principales factores limitantes para la adopción de soluciones intensivas en datos es la falta de datos o capacidades de análisis de datos.

Las plataformas de análisis de datos habilitadas por la tecnología en la nube están mejorando rápidamente el análisis de datos y permitiendo la rápida adopción de técnicas nuevas y emergentes. Con el tiempo, la accesibilidad a estas plataformas en la nube también está mejorando debido a la creciente y cada vez mayor infraestructura de IoT en todo el mundo. Con la ayuda de las tecnologías de comunicación modernas, como las redes 5G, la mejora de las velocidades de datos permitirá el análisis de volúmenes de Big Data aún mayores. Sin embargo, este rápido ritmo de desarrollo ha resultado en una explosión de técnicas de análisis de datos que se espera que siga aumentando en número. Por lo tanto, existe la necesidad de estandarizar los métodos para obtener resultados más consistentes y confiables, y una amplia aceptabilidad e implementación.

El CDRM y otras organizaciones internacionales que trabajan en sistemas de reducción de riesgo de desastres deberían trabajar e introducir lineamientos para establecer sistemas para identificar métodos y procesos de análisis de datos confiables como estándares globales. Esto también permitirá que las grandes plataformas de análisis de datos basadas en la nube desarrollen y lancen los métodos estándar y sus implementaciones, lo que permitirá una mayor adopción y uso de estas nuevas tecnologías y métodos. También se requieren iniciativas similares para estandarizar los datos digitales y los procesos de recopilación de datos para su uso en el análisis de la gestión del riesgo de desastres.

Uno de los aspectos más desafiantes de la adopción de nuevas tecnologías y métodos es la limitada capacidad de recursos humanos, que requieren tiempo y esfuerzo concertado para desarrollarse y desplegarse. Con una

infraestructura de IoT en crecimiento, el potencial para una base de usuarios en aumento dependerá de los programas de desarrollo de capacidades que garanticen la rápida adopción y utilización de esta infraestructura y recursos digitales para las prácticas de gestión del riesgo de desastres a nivel local, nacional y regional.

El desarrollo resultante de las capacidades institucionales facilitará no solo el compromiso efectivo entre diferentes organizaciones a escala local, sino que también permitirá una cooperación estrecha y significativa entre diferentes países, lo que permitirá un esfuerzo más integral de reducción del riesgo de desastres transfronterizos.

### 6. Mensajes clave

Las fuentes de datos e información se han diversificado tras la rápida transformación digital de nuestras sociedades. Las nuevas fuentes de datos e información facilitan un análisis más completo del riesgo de desastres y, por lo tanto, permiten nuevas técnicas de gestión y soluciones innovadoras para reducir o mitigar los riesgos de desastres. Para garantizar que la sociedad humana en su conjunto se beneficie de estos desarrollos, se debe mejorar la accesibilidad a los recursos y capacidades existentes para utilizar de manera eficiente estas diversas fuentes. La estandarización de datos y métodos tiene un buen potencial para permitir una mayor difusión de soluciones comunes y confiables y también permitir una adopción más amplia para el desarrollo sostenible colectivo y la reducción del riesgo de desastres.

### 7. Referencias

- Amani, M. et al. (2020). 'Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review', *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, pp. 5326–5350. doi: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.
- Casado, R. and Younas, M. (2014). *Emerging trends and technologies in Big Data processing*, Concurrency Computation Practice and Experience. doi: 10.1002/cpe.3398.

- DesInventar (2019). *Desinventar Sendai 10.1.2 User Manual*, pp. 1–57.
- Editorial Nature Geoscience (2017). 'Progress from catastrophe', *Nature Geoscience*, p. 537. doi: 10.1038/ngeo3004.
- Elshawi, R. et al. (2018). Big Data Systems Meet Machine Learning Challenges: Towards Big Data Science as a Service, *Big Data Research. Elsevier Inc.*, 14, pp. 1–11. doi: 10.1016/j.bdr.2018.04.004.
- GFDRR(2018). Machine Learning for Disaster Risk Management, 5(2), pp. 132–150. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1468-0394.1988.tb00341.x>.
- Gray, B., Weal, M. and Martin, D. (2016). Social media and disasters: A new conceptual framework, Proceedings of the International ISCRAM Conference, (May).
- Guo, H. (2017). Big Data drives the development of Earth science, *Big Earth Data*. Taylor & Francis, 1(1–2), pp. 1–3. doi:10.1080/20964471.2017.1405925.
- Guo H. (2018). Steps to the digital Silk Road, *Nature*, 554, pp. 25–27. Available at: <http://go.nature.com/2evoxcj>.
- Guo, H., Liang, D. & Liu, G. (2020). Progress of Earth Observation and Earth Science in China, *China Journal of Space Science*, 1(June), pp. 797–809. doi: 10.11728/cjss2020.05.908.
- Kumar, L. and Mutanga, O. (2018). Google Earth Engine applications since inception: Usage, trends, and potential, *Remote Sensing*, 10(10), pp. 1–15. doi: 10.3390/rs10101509.
- Moriyama, K., Sasaki, D. and Ono, Y. (2018). Comparison of global databases for disaster loss and damage data, *Journal of Disaster Research*, 13(6), pp. 1007–1014. doi: 10.20965/jdr.2018.p1007.
- Ofli, F. et al. (2016). *Combining human computing and machine learning to make sense of big (Aerial) data for disaster response*, *Big Data*, 4(1), pp. 47–59. doi: 10.1089/big.2014.0064.
- Ogie, R. I., Rho, J. C. and Clarke, R. J. (2019). Artificial Intelligence in Disaster Risk Communication: A Systematic Literature Review, 2018 5th International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management, ICT-DM 2018. IEEE, pp. 1–8. doi: 10.1109/ICT-DM.2018.8636380.
- Panwar, V. and Sen, S. (2020). Disaster Damage Records of EM-DAT and DesInventar: A Systematic Comparison, *Economics of Disasters and Climate Change. Economics of Disasters and Climate Change*, 4(2), pp.295–317. doi: 10.1007/s41885-019-00052-0.
- Ragini, J. R., Anand, P. M. R. and Bhaskar, V. (2018). Big Data analytics for disaster response and recovery through sentiment analysis, *International Journal of Information Management*. Elsevier, 42(September 2017), pp. 13–24. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.05.004.
- Said, N. et al. (2019). Natural disasters detection in social media and satellite imagery: A survey, arXiv. Multimedia Tools and Applications.
- Sun, W., Bocchini, P. and Davison, B. D. (2020). Applications of artificial intelligence for disaster management, *Natural Hazards*. Springer Netherlands. doi:10.1007/s11069-020-04124-3.
- Tan, L. et al. (2020). Can we detect trends in natural disaster management with artificial intelligence? A review of modeling practices, *Natural Hazards*. Springer Netherlands, (0123456789). doi: 10.1007/s11069-020-04429-3.
- Terzi, D. S., Demirezen, U. and Sagiroglu, S. (2016). Evaluations of Big Data Processing, *Services Transactions on Big Data*, 3(1), pp.44–53. doi: 10.29268/stbd.2016.3.1.4.
- UNDP (2013). A Comparative Review of Country-Level and Regional Disaster Loss and Damage Databases, p. 51. Available at: <http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/crisisprevention-and-recovery/loss-and-damagedatabase/>
- UNDRR (2020). Monitoring the Implementation of Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030: A snapshot of reporting for 2018, *United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)*, pp. 1–33.
- UNISDR, C. for research on the epidemiology of disasters (2020). Human coast of disaster. An overview of the last 20 years, pp. 1–28. Available at: [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Human Cost of Disasters 2000-2019 Report - UN Office for Disaster Risk Reduction. pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Human%20Cost%20of%20Disasters%202000-2019%20Report%20-%20UN%20Office%20for%20Disaster%20Risk%20Reduction.pdf).
- Wirtz, A. et al. (2014). The need for data: Natural disasters and the challenges of database management, *Natural Hazards*, 70(1), pp.135–157. doi: 10.1007/s11069-012-0312-4.
- Yang, C. et al. (2017). Big Data and cloud computing: innovation opportunities and challenges, *International Journal of Digital Earth*. Taylor & Francis, 10(1), pp. 13–53. doi:10.1080/17538947.2016.1239771.
- Yu, M., Yang, C. and Li, Y. (2018). Big Data in natural disaster management: A review, *Geosciences (Switzerland)*, 8(5). doi: 10.3390/geosciences8050165.
- Zhang, Cheng, Chao Fan, Wenlin Yao, Xia Hu, and Ali Mostafavi (2019). Social Media for Intelligent Public Information and Warning in Disasters: An Interdisciplinary Review. *International Journal of Information Management* 49, 190–207.

# CAPÍTULO IV FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES

Ashok K. Basa<sup>a</sup>, Valentina Putrino<sup>b</sup>, José Macharé<sup>c</sup>, Arturo Muiña<sup>d</sup>

<sup>a</sup> The Institution of Engineers (India), India, akb.beb@gmail.com

<sup>b</sup> University College London, Reino Unido, v.putrino@ucl.ac.uk

<sup>c</sup> Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, jmachare@hotmail.com

<sup>d</sup> Instituto de la Ingeniería de España, España, amuinad@hotmail.com

## 1. Introducción

Como se dijo en la sección introductoria, aquí se trabaja con el concepto acordado por la ONU, que la resiliencia es la capacidad de una sociedad para hacer frente, como un sistema, a los estresores relacionados con su desarrollo, resistiendo, adaptándose y recuperándose con respecto a sus impactos.

En un mundo acelerado y sujeto al impacto cada vez más frecuente de los fenómenos naturales y provocados por el hombre, es necesario que la sociedad se vuelva más adaptable y más proclive a un cambio rápido de dirección, tanto en términos de formulación de políticas y en el desarrollo de una capacidad autónoma para hacer frente a estos nuevos factores estresantes.

Inicialmente, la gestión de desastres involucró actividades posteriores a la ocurrencia del desastre, como Socorro (*Relief*), Rehabilitación y Reconstrucción (3R). Sin embargo, cambios radicales en el concepto de Gestión de Desastres fueron introducidos por las tres Conferencias Mundiales sobre Reducción del Riesgo de Desastres, celebradas en Yokohama en mayo de 1994, en Hyogo (Kobe) en enero de 2005 y en Sendai en marzo de 2015. Después de estas Conferencias Mundiales, el enfoque hacia la gestión de desastres ha cambiado de un enfoque reactivo posterior al desastre a un enfoque proactivo anterior al desastre, de la respuesta a la preparación con prevención y medidas de mitigación a largo plazo, que involucran la planificación, la preparación y la prevención (3P).

Los desastres, en particular los desastres

naturales, no se pueden prevenir, pero sus efectos se pueden reducir. En general, se encuentra que los efectos del desastre son menores en los países desarrollados en comparación con los países en desarrollo o subdesarrollados. Tomemos el ejemplo de un terremoto. Los llamados “países desarrollados” como Estados Unidos, Japón y Nueva Zelanda experimentan terremotos de muy alta intensidad con bastante frecuencia. Sin embargo, los efectos se minimizan debido a los esfuerzos de los ingenieros y tecnócratas de estos países y debido a sus códigos de ingeniería actualizados y el estricto cumplimiento de estos códigos durante el diseño y la construcción. En el caso de los países en desarrollo y subdesarrollados, incluso un terremoto moderado causa enormes pérdidas humanas.

Por ejemplo, en el terremoto de Kobe en Japón en 1995 con una magnitud de 7,2 en la escala de Richter, murieron unas 6.425 personas, mientras que en el caso del terremoto de Haití de 2010 con una magnitud de 7,0 en la escala de Richter, murieron más de 316.000 personas. Además, la pérdida económica general también es prohibitivamente alta en los países subdesarrollados, lo que causa más miseria a estas naciones. Por lo tanto, la reducción de los efectos de cualquier desastre es crucial. El desarrollo de capacidades ayuda a reducir los efectos de los desastres.

La Figura 1 muestra claramente que los tres niveles de capacidad están interrelacionados y no son mutuamente excluyentes. Los tres niveles deben tenerse en cuenta al determinar “quién” necesita “qué capacidades” para “qué propósito”.



Figura 1: Modificado de UNISDR (Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres)

El objetivo principal de este capítulo sobre “Fortalecimiento de capacidades” es resaltar cómo se puede fortalecer la capacidad autónoma de la sociedad y las estrategias a adoptar para que las personas se sientan más preparadas para gestionar el riesgo y sean más resilientes. Se elaboran tres estudios de caso, cada uno de los cuales trata de un fenómeno natural, para enfatizar estos aspectos.

## 2. Estudios de casos

### 2.1 Amenaza ciclónica, el estudio de caso de la India

Un ciclón es un desastre natural que causa grandes pérdidas económicas además de grandes pérdidas humanas. En los últimos 300 años, 7 de 9 casos registrados de pérdida de vidas humanas de 40,000 o más, tuvieron lugar en el subcontinente indio. Por lo tanto, el subcontinente indio es la región más afectada por ciclones en el mundo. Esta región se ve afectada por ciclones tropicales en dos temporadas: Pre-Monzón (abril-mayo) y Post-Monzón (octubre-diciembre).

En India, Odisha es un estado ubicado en la parte oriental adyacente a la Bahía de Bengala y es la peor víctima de los ciclones. El último informe sobre “Vulnerabilidad a los ciclones” revela que Odisha es un 17% vulnerable al total de ciclones que enfrenta India. Aparte de esto, la altura del oleaje en su costa es muy alta, del orden

de 5-6 m. Las tormentas ciclónicas asociadas con las marejadas ciclónicas inundan grandes extensiones de su territorio. Por lo tanto, durante un ciclón, Odisha se enfrenta a fuertes vientos, intensas lluvias y grandes olas.

En 1999, Odisha se encontró ante un súper ciclón devastador del 29 al 31 de octubre que cruzó la ciudad portuaria de Paradip con una velocidad del viento de más de 300 km/h, matando a más de 10,000 personas. Alrededor de 18.9 millones de personas se vieron afectadas con pérdidas de cultivos de 1.84 millones de hectáreas de tierra y el 75 % de los árboles en pie, en la región costera. El ciclón destruyó casi el 90% de la vegetación, además de afectar manglares y bosques de casuarina. La falta de energía se mantuvo por más de 4 semanas (Kalsi, 2006).

Se aprendieron muchas lecciones del Súper Ciclón de Odisha de 1999:

- (i) Creación de una organización específica para coordinar todas las actividades antes, durante y después del ciclón. Así fue como se creó la Autoridad de Gestión de Desastres del Estado de Odisha (OSDMA), en diciembre de 1999.
- (ii) Creación del primer Sistema de Gobernanza del Riesgo de Desastres de base comunitaria a nivel estatal.
- (iii) Construcción de edificios de refugio a prueba de ciclones a lo largo de la costa.
- (iv) Pronóstico y el desarrollo de un Sistema de Alerta Temprana.
- (v) Hay que sensibilizar a las personas desde temprana edad sobre este tipo de desastres.

Se dio prioridad al desarrollo de capacidades. La capacitación se implementó en más de 23,000 de los pueblos más vulnerables, en el marco del Programa de Gestión del Riesgo de Desastres. Esto se retomó enfatizándolo a nivel individual y a nivel organizacional. Además de la formación de la Autoridad del Estado de Gestión de Desastres, la Planificación de Manejo de Desastres se inició a nivel de aldea/Panchayat/Subdivisión/Distrito. Mientras que a nivel del Estado, estuvo encabezado por el Secretario Principal, a nivel de Distrito, estaba encabezado por el Magistrado de Distrito. Por lo tanto, se dio el énfasis adecuado a nivel organizacional para crear un

entorno propicio. En 2001 se creó una Fuerza de Acción Rápida en Casos de Desastre de Odisha (ODRAF) dedicada a ocuparse de la tarea de búsqueda y rescate. Actualmente se encuentran allí 20 unidades de ODRAF y 335 unidades de bomberos. Se proporciona comunicación de emergencia en forma de teléfonos satelitales. Se han construido 879 refugios contra ciclones junto con agua potable segura, iluminación con respaldo de energía, etc.

El Departamento Meteorológico de India ahora es capaz de rastrear el ciclón desde su formación y conocer la velocidad y dirección de los vientos junto con el lugar de llegada a tierra. Debido a esta información temprana, hay tiempo para que la administración se prepare para el ciclón y evacúe a las personas de las áreas afectadas para salvar vidas.

Es necesario que dicha información sea difundida hasta el lugar más remoto. Para lograrlo, se ha implementado un proyecto “Sistema de Diseminación de Alerta Temprana (EWDS)” para conectividad a usuario final, financiado por el Banco Mundial a través del cual se han cubierto 1205 pueblos costeros vulnerables dentro de los 5 km de la costa. Se logra mediante terminales de voz de datos móviles basados en satélites (SBMDVT) en el Centro de Operaciones de Emergencia del Estado (SEOC) y el Centro de Operaciones de Emergencia del Distrito (DEOC), Radios móviles digitales (DMR), Sistema de mensajería masiva en SEOC, Sistema de sirena de alerta en 122 ubicaciones cerca de la costa

(dentro de 1,5 km aproximadamente), Interfaz de Comunicaciones Universal. Gracias a esto, una persona ubicada en un rincón remoto en la zona costera podría ser advertida sobre un desastre inminente en muy poco tiempo. Las advertencias simultáneas se pueden difundir desde los niveles de bloque, distrito y estado a través de diferentes formas, como sirenas, mensajes, voz, etc. Cualquier información a nivel del Estado podría comunicarse a toda la costa de Odisha con solo presionar un botón.

Todos estos juntos mejoraron el desarrollo de capacidades. No hace falta decir que, los ingenieros jugaron un papel vital.

La tabla indica claramente la drástica reducción de la pérdida de vidas humanas debido al énfasis dado al Fortalecimiento de Capacidades.

Cabe señalar que durante el ciclón Phailin (2013), fueron evacuadas alrededor de un millón de personas, mientras que durante el ciclón Fani (2019), 1.2 millones de personas, siendo un récord mundial. El objetivo largamente esperado de lograr cero pérdidas humanas se logró con el reciente ciclón YAAS (2021). La ONU no sólo felicitó al Gobierno por el manejo tan excepcional del ciclón Phani (2013), sino que también anunció que destacaría los esfuerzos del Gobierno como modelo para la gestión de desastres a nivel mundial. El Gobierno fue elogiado por la ONU por tan grandes logros. De manera similar, la ONU también reconoció haber manejado con éxito el ciclón Yaas con cero pérdidas de vidas.

Además de los ciclones, la ocurrencia de otros desastres naturales, como terremotos, inundaciones, tsunamis, marejadas ciclónicas, deslizamientos de tierra, y tormentas eléctricas son características comunes en el subcontinente indio. Con el fin de salvar vidas y propiedades en diferentes desastres, la Gestión de Desastres se convirtió en una prioridad nacional del Gobierno de la India, lo que resultó en la formación de la Autoridad Nacional de Gestión de Desastres (NDMA).

La NDMA, encabezada por el Primer Ministro, se creó de conformidad con la promulgación de la Ley de Gestión de Desastres de 2005, para encabezar e implementar un enfoque holístico e integrado para la Gestión de Desastres en la India. “Establece mecanismos institucionales y de coordinación para la gestión eficaz de desastres a nivel nacional, de estados, distrital y local”. La Política Nacional de Gestión de Desastres se adoptó en 2009, seguida del Plan Nacional de Gestión de Desastres en 2016 (NMDP 2016). NMDP 2016 es el primer plan nacional del mundo alineado explícitamente con el marco de Sendai de marzo de 2015.

Es necesario que un plan de gestión de desastres sea dinámico, por lo que debe actualizarse periódicamente en función de la retroalimentación/experiencia disponible de la implementación. En consecuencia, en noviembre de 2019, se revisó el NDMP 2016. NDMP 2019 tiene como objetivo “mejorar la comprensión de las partes interesadas y fortalecer aún más nuestra capacidad de recuperación después de los desastres naturales”. La NDMA ayuda a “adoptar una estrategia impulsada por la tecnología, proactiva, multirriesgo y multisectorial para construir una India más segura, resistente a los desastres y dinámica”.

Al realizar cualquier programa de gestión de desastres que involucre prevención, mitigación y preparación, la identificación de las áreas vulnerables que se ven gravemente afectadas por los desastres naturales es de primera necesidad. La publicación del Atlas de Vulnerabilidad de la India en 1997 es otro paso importante llevado a cabo por el Gobierno de la India como parte de su estrategia de gestión

de desastres. Inmediatamente después de la Conferencia Mundial de Yokohama para un Mundo más Seguro, realizada en mayo de 1994, el Gobierno formó un grupo de expertos en julio de 1994 para publicar un documento adecuado que contenga la vulnerabilidad de diferentes lugares relacionados con varios desastres. El grupo de expertos elaboró un maravilloso documento titulado “Atlas de vulnerabilidad de la India” en marzo de 1997, tardando menos de tres años. Este Atlas proporciona mapas de peligrosidad por estado y una tabla de riesgo de daños por distrito para el país en su conjunto. Este documento fue recomendado por el Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, Nairobi, Secretaría del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (IDNDR). Este documento también ha sido adjudicado como Proyecto con alto valor demostrativo por el DIRDN. Este Atlas está interrelacionado con los datos demográficos y de población para cada diez años disponibles del censo. Así, los Atlas de 1997 y 2007 se basan en los censos de 1991 y 2001 respectivamente. El volumen actual de 2019 se basa en el censo de 2011, que ayuda a desarrollar planes de acción a nivel micro para reducir el impacto de los desastres naturales. Este Atlas es muy utilizado por el gobierno del Estado y otras agencias como una guía valiosa, al hacer planes de ingeniería para obras de desarrollo.

Después del terremoto de Gujarat en 2001, se introdujeron muchos cambios importantes en el análisis sísmico de estructuras. En consecuencia, el Código Nacional de Construcción (NBC) de la India se revisó en 2005. Se actualizó aún más en 2016 para que la resistencia se incluya en la estructura contra terremotos, vientos, etc.

Estos son algunos ejemplos de cómo el Gobierno de la India está dando prioridad nacional a la gestión de desastres, incluido el fortalecimiento de capacidades.

La información anterior se ha recopilado de la Autoridad de Gestión de Desastres del Estado de Odisha, la Autoridad Nacional de Gestión de Desastres y otras organizaciones gubernamentales similares.

Tabla 1: Pérdida de Vidas Humanas en distintos ciclones

Fecha de Ciclón	Nombre y velocidad del ciclón	Pérdida de vidas humanas
29-31 de octubre, 1999	Super Ciclón Odisha (más de 300kph)	Más de 10.000
12-14 de octubre, 2013	PHAILIN (250kph)	44
3 de mayo, 2019	FANI (205kph)	64
9 de noviembre, 2019	BULBUL (155kph)	41
16 de mayo, 2020	AMPHAN (190kph)	118
26 de mayo, 2021	YAAS (130kph)	0 (Cero)

## 2.2 Amenaza volcánica, el caso de estudio de Perú

La cadena andina tiene tres segmentos de volcanes activos. La Zona Volcánica Central (CVZ) se extiende desde 15° a 28°S, en el sur de Perú y el norte de Chile, y ha producido grandes y destructivas erupciones a lo largo de la historia. Las poblaciones de esta región montañosa, que en pocos casos superan los 10.000 habitantes, ocupan fondos de valles muchas veces al pie de volcanes debido a la riqueza de suelos que derivan de estas estructuras.

En el Perú, el conocimiento del carácter, intensidad, frecuencia y efectos de estas erupciones ha mejorado paulatinamente en los últimos 30 años gracias al a) fortalecimiento de la capacidad de monitoreo, con el trabajo conjunto de dos observatorios volcánicos administrados por el Instituto Geofísico Nacional (IGP) y el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET), y los b) múltiples estudios científicos de equipos peruanos y mixtos con vulcanólogos franceses, irlandeses y estadounidenses (Macedo et al., 2018). Sin embargo, los gerentes locales del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) entendieron que esta abundancia de conocimientos no era suficiente para prevenir daños y pérdidas de vidas en caso de un evento eruptivo.

En el marco del Proyecto Multinacional Andino – Geociencia para las Comunidades Andinas (MAP-GAC), desarrollado por servicios geológicos de siete países de la región y de Canadá, se puso en marcha el programa Comunicación con las Comunidades (ComCom). ComCom es de hecho una metodología destinada a fortalecer las capacidades locales que permiten a las comunidades gestionar adecuadamente sus riesgos. En 2006, bajo el lema Transformar el Conocimiento en Acción, INGEMMET lanzó el programa que comenzó con un enfoque en una gran ciudad, Arequipa (alrededor de 1 millón de personas) y en varias pequeñas poblaciones alrededor del volcán Ubinas, el más activo del país. El programa continúa hasta hoy.

Las actividades del programa se desarrollaron con autoridades en dos niveles de gobierno diferentes: provincia/departamento (gobierno

regional) y ciudad/distrito (gobiernos locales), así como con escuelas. La oficina regional del INDECI brindó un fuerte apoyo. El desarrollo de capacidades fue concebido con un alcance amplio y apunta a dos objetivos principales: a) Sensibilizar a la población sobre el riesgo, y b) Incrementar los conocimientos y habilidades de los técnicos locales de GRD (Macedo et al., 2010).

Para lograr estos objetivos, las principales actividades incluyen:

- El encuentro científico y técnico anual “Foro de Peligros Volcánicos”, donde destacados expositores internacionales compartieron conocimientos con jóvenes vulcanólogos peruanos en formación, y se discutieron temas sobre peligrosidad volcánica con autoridades y sociedad civil, funcionarios de la Cruz Roja, cuerpos de bomberos y rescate, ingenieros y equipos de primeros auxilios.
- Implementación de un Centro de Concientización sobre Riesgos Volcánicos en Arequipa, en colaboración con la Universidad Nacional San Agustín y la Dirección Local del INDECI. Los visitantes nativos aprendieron que el Misti, el enorme volcán inactivo a cuyos pies se encuentra Arequipa, no solo es el guardián de la ciudad y la principal atracción turística, sino que también es un gran peligro natural.
- Se realizó un concurso de dibujo entre alumnos de 10 a 14 años, sobre peligros volcánicos reales. Las doce mejores figuras se incluyeron en un calendario impreso. Empresas privadas apoyaron su edición durante varios años.
- Promoción de planes de ordenamiento territorial y otras normas basadas en mapas de peligrosidad volcánica. Un ejemplo de resultados: el distrito de Alto Selva Alegre de Arequipa emitió una Ordenanza Municipal (201-2007 / MDASA, octubre de 2007) que establece los límites de la expansión urbana hacia el volcán Misti.
- Talleres técnicos de campo, donde se orientó a pequeñas poblaciones, en su mayoría alrededor del volcán Ubinas, a organizarse en equipos orientados a tareas para ejecutar procesos de prevención y reducción de riesgos, así como preparación básica y respuesta en caso de erupción inminente. Se incluyó un ejercicio práctico de evacuación.



Figura 2: Se construyeron muros a lo largo del límite de expansión urbana para advertir sobre el riesgo. Los vecinos se dedican voluntariamente a evitar las invasiones. Distrito Alto Selva Alegre, Arequipa (Foto de Henry Pareja).

La efectividad de este programa quedó demostrada durante dos crisis eruptivas del volcán Ubinas, en 2013 y 2019. Las autoridades locales gestionaron la alerta temprana y la primera respuesta, mientras se preparaba y enviaba apoyo al lugar.

## 2.3 Amenaza sísmica, el estudio de caso de Filipinas

Filipinas es uno de los países más propensos a los riesgos del mundo. Está sujeto regularmente a diversos peligros debido a sus condiciones geológicas y geográficas. Así también es un país propenso a los sismos, los cuales ocurren al menos cinco veces al día. El terremoto de Luzón de 1990 que afectó a Baguio y Dagupan fue uno de los terremotos más destructivos que han afectado al país hasta el momento. Un terremoto más reciente en 2013 fue el terremoto de Bohol de magnitud 7,2 que destruyó las estructuras del patrimonio cultural en Bohol y Cebu. La alta sismicidad de Filipinas se debe a las interacciones de las placas, los desplazamientos a lo largo de la zona de falla de Filipinas que desacopla el movimiento hacia el noroeste del Pacífico con el movimiento hacia el sureste de Eurasia y los movimientos a lo largo de otras fallas activas como Lubang, Casiguran y Mindanao. (PHILVOLCS et al., 2020).

Entre otros, Filipinas tiene 22 volcanes activos, incluido el Pinatubo, está sujeto a depresiones tropicales, ciclones tropicales y tifones con velocidades de 120 kph. Los cuales se mueven generalmente en dirección oeste-noroeste a 15 kph en promedio, intensificándose a medida que se acercan al mar de Filipinas. Se pueden observar vientos de 200 kph o más en los tifones que se acercan a las costas. En promedio, 20 tifones ocurren en Filipinas en el período de julio a noviembre de cada año (De la Cruz, 2021).

Los esfuerzos en la reducción del riesgo de desastres en Filipinas se centran en el Consejo Nacional de Gestión y Reducción del Riesgo de Desastres (NDRRMC). El NDRRMC fue creado para consolidar varios esfuerzos gubernamentales en la mitigación de desastres. El consejo fue promulgado por la Ley de la República 10121, también conocida como la “Ley de Gestión y Reducción del Riesgo de Desastres de Filipinas de 2010”.

Bajo el consejo, el Departamento de Ciencia y Tecnología (DOST) elabora continuamente información importante sobre los diferentes peligros que afectan al país. A través de sus agencias adscritas, la Administración de Servicios Astronómicos, Geofísicos y Atmosféricos de Filipinas (PAGASA) y el Instituto Filipino de

Vulcanología y Sismología (PHIVOLCS), DOST lanzó el Proyecto NOAH (Evaluación Operativa Nacional de Riesgos). El Proyecto NOAH brinda al público asesoramiento en vivo sobre advertencias de inundaciones, avisos de lluvia, información sobre deslizamientos de tierra, marejadas ciclónicas, tsunamis y similares. Otro proyecto bajo DOST es el proyecto DREAM (Evaluación de Riesgo y Exposición de Desastres para la Mitigación). El Proyecto DREAM es implementado por la Universidad de Filipinas. PAGASA es la principal agencia gubernamental que maneja eventos relacionados con la climatología, mientras que PHIVOLCS maneja eventos relacionados con la geología. Independientemente, PHIVOLCS desarrolla mapas de amenazas para eventos provocados por terremotos. Estos incluyen, pero no se limitan a, susceptibilidad a deslizamientos, sacudidas del suelo, potencial de licuefacción del suelo, mapas de fallas y tsunamis.

Otra agencia conocida como *National Mapping and Resource Information Authority (NAMRIA)* proporciona mapas geográficos del país. Estos mapas son cruciales para determinar áreas de planicies de inundación y áreas bajas propensas a deslizamientos. Un proyecto reciente de la agencia fue capaz de desarrollar un modelo de elevación digital y un modelo de terreno digital del país mediante el uso de técnica LIDAR. NAMRIA es una agencia adscrita al Departamento de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Esta información se puede obtener de varias agencias gubernamentales y organizaciones no gubernamentales. Se puede acceder a cierta información en los sitios web de estas agencias. La información sobre peligros suele presentarse en forma de mapas de peligros.

Los procedimientos de evaluación de riesgos únicos y múltiples son un esfuerzo colectivo y en desarrollo continuo, tanto a nivel nacional como mundial en Filipinas.

El marco legislativo de la conservación del patrimonio cultural en Filipinas se compone de leyes promulgadas y órganos rectores con el mandato de implementar la legislación. Este marco puede ser dibujado y discutido de manera

simplista, pero la dinámica de las agencias y su cobertura representan un panorama complicado del sector del patrimonio cultural.

La Ley de la República de Filipinas 10066 de 2009, o Ley que establece la Protección y Conservación del Patrimonio Cultural Nacional, el fortalecimiento de la Comisión Nacional para la Cultura y las Artes (NCCA) y sus agencias culturales afiliadas y para otros fines, establece la política nacional del país. Las principales disposiciones abarcan las políticas y principios, la definición de términos, los bienes culturales, las zonas patrimoniales, el registro y la conservación de los bienes culturales, la regulación de la exportación, el tránsito, la importación y la repatriación de los bienes culturales, los poderes de la comisión y los organismos culturales, el papel de los agencias, programa de incentivos a los bienes culturales, educación cultural, programa de incentivos a los trabajadores de la cultura, Sentro Rizal, disposiciones penales, dotación y disposiciones finales.

En la provisión de poderes y roles de la comisión y las agencias culturales, algunas agencias principales se coordinan estrechamente en la protección de las estructuras del patrimonio construido que tienen importancia nacional, tanto histórica como cultural. Entre ellos estos están:

- 1) La Comisión Nacional para la Cultura y las Artes (NCCA), el máximo órgano normativo del país, establecida en 1992. Cuenta con una Subcomisión de Patrimonio Cultural compuesta por comités nacionales de monumentos y sitios, museos y galerías, bibliotecas, archivos e investigación histórica.
- 2) La Comisión Histórica Nacional de Filipinas (NHCP), anteriormente el Instituto Histórico Nacional, se reconstituyó cambiando la nomenclatura del Instituto Histórico Nacional a Comisión Histórica Nacional de Filipinas, fortaleciendo sus poderes y funciones, y para otros fines. Es responsable de importantes bienes culturales muebles e inmuebles relacionados con la historia, los héroes y la conservación de artefactos históricos de Filipinas.
- 3) El Museo Nacional (NM) de Filipinas fue reorganizado con el objetivo de proporcionar

su Hogar Permanente y para Otros Fines. Será responsable de los bienes culturales y naturales muebles e inmuebles significativos pertenecientes a las colecciones de bellas artes, arqueología, antropología, botánica, zoología y astronomía, incluidos los aspectos de conservación.

- 4) La Administración Intramuros (IA) fue establecida durante la Administración Marcos. El mandato era principalmente para la restauración y administración del desarrollo de Intramuros, el centro de la ciudad de Manila. Organizacionalmente, esta agencia está bajo la supervisión del Departamento de Turismo. Para el Proyecto de Vulnerabilidad a Riesgos Múltiples, la Administración facilitó la documentación de importantes fortificaciones como el Fuerte Santiago y el Baluarte de San Diego.

Las organizaciones y sus jurisdicciones proporcionaron el contexto legislativo para el marco de conservación del patrimonio del país.

- 1) El Departamento de Turismo (DOT) y sus dependencias adscritas son los principales responsables de fomentar, promover y desarrollar el turismo en el país. El DoT es responsable de la protección de la propiedad cultural suplementaria a la jurisdicción de las agencias culturales.
- 2) La Autoridad de Infraestructura Turística y Zona Empresarial (TIEZA), es una corporación gubernamental creada para reemplazar a la Autoridad de Turismo de Filipinas (PTA). TIEZA actúa como Departamento de Turismo y tiene el mandato de designar, regular y supervisar las Zonas Empresariales Turísticas (ZET) en todo el país, en particular los desarrollos culturales, económicos y ambientalmente sostenibles de las ZET para fomentar las inversiones.

La comunidad filipina está muy involucrada en tomar parte activa en los esfuerzos de DRM, así como en brindar ayuda de forma voluntaria. Después del terremoto y tifón de 2013, la comunidad local se comprometió activamente a ayudar con la remoción de escombros y preparar el campo para que los expertos realicen una investigación de campo y trabajen en marcos

de evaluación de vulnerabilidades de amenazas múltiples que podrían ayudar a la comunidad a ser más resiliente.

Se han informado ejemplos de un compromiso muy entusiasta en publicaciones recientes después del terremoto de 2013 que azotó la isla de Bohol en Visayas Central y el súper tifón Yolanda, que afectó gravemente a 14 provincias de Visayas.

Varias estructuras del patrimonio cultural de siglos de antigüedad sufrieron graves daños, y algunas incluso quedaron totalmente destruidas. El Departamento de Turismo (DoT) expresó la necesidad urgente de mejorar la resiliencia de este tipo de estructuras ante los desastres naturales para garantizar que su valor cultural, histórico y económico se mantenga y continúe contribuyendo al desarrollo general de las áreas donde se ubican.

En el caso de Filipinas, el desarrollo de capacidades comenzó con los eventos en 2015 y la colaboración comenzó en 2016. Dicha colaboración e intercambio de apoyo de enriquecimiento mutuo aún continúa. La comunidad local ha aprendido los métodos y domina las herramientas para manejar la vulnerabilidad de amenazas múltiples, y ha demostrado estar dispuesta a continuar aprendiendo y aún está interesada en investigar y mantenerse al día con la investigación en curso que se lleva a cabo en otras partes del mundo. Sin embargo, también han brindado una ayuda invaluable a expertos externos para conocer más en detalle sus carteras de edificios, sus peculiaridades y sus tipos de edificios no reportados. Eso ha representado un paso increíble hacia el intercambio de conocimientos, que es el núcleo del desarrollo de capacidades y sociedades resilientes.

### 3. Mensajes clave

Para una gestión adecuada del riesgo de desastres, incluida la mejora del desarrollo de capacidades de todas las partes interesadas, cada país debe emprender las siguientes acciones:

1. Crear una organización nodal para coordinar

todas las actividades antes, durante y después del desastre.

2. Elaborar un Atlas de Vulnerabilidad de todo el país identificando las zonas vulnerables afectadas por los diferentes desastres naturales.
3. Actualización de los códigos de práctica de ingeniería para diseñar y construir estructuras resilientes al desastre.
4. Impartir capacitación a las personas acerca de qué se debe y no se debe hacer durante el desastre.
5. La concienciación sobre el riesgo y la implicación en su gestión debe empezar desde la infancia. Posteriormente, la participación activa en las actividades de GRD se percibe como algo normal para todos. Por lo tanto, el mantenimiento continuo de la capacidad proviene del interior.
6. El cumplimiento del rol de todos se realiza mejor cuando el sistema local de GRD es construido por todos los actores de la comunidad en lugar de cuando lo preparan terceros y se entrega como un sistema llave en mano.

#### Agradecimientos

Gracias a Arturo Muiña, miembro español de WFEO-CDRM por su revisión exhaustiva de una versión inicial del manuscrito y sus útiles comentarios.

#### 4. Referencias

- De la Cruz G. (2021). 2020 tropical cyclones in the Philippines: A review. *Trop. Cyclone Res. & Rev.*, 10 (3), 191-199.
- Kalsi S.R. (2006). Orissa super cyclone—A Synopsis. *MAUSAM*, 57, 1, 1-20. DOI:551.515.2 (541.5).
- Macedo L., Muñoz F., Alfaro M., Vásquez J., Pareja H. & Amache R. (2010). Proceso de difusión de la información geocientífica para prevención de desastres. *XV Congr. Peruano Geol., Sociedad Geológica del Perú*. Pub. Esp. N° 9, 482-485.
- Macedo O., Taipe E., Del Carpio J., Ticona J., Ramos D., Puma N., Aguilar V., Machacca R., Torres J., Cueva K., Cruz J., Lazarte I., Centeno R., Miranda R., Álvarez Y., Masías P., Vilca J., Apaza F., Chijcheapaza R., Calderón J., Cáceres J., Vela J. (2018). Evaluación del riesgo volcánico en el sur del Perú, situación de la vigilancia actual y requerimientos de monitoreo en el futuro. *Tech. Rept. IGP, INGEMMET, UNSA*, 75 p.
- PHIVOLCS, Johnson K., & Styron R. (2020). Philippines. *GEM Global Mosaic of Hazards Model web*, <https://hazard.openquake.org/gem/models/PHL/>



#### 1. Introducción

La institucionalidad se define simplemente como la cualidad de ser institucional (es decir, tener la intención de regular los comportamientos dentro de una organización o sociedades). Aplicado a las comunidades, se denomina así a la etapa de la evolución social marcada por la conversión de las relaciones consuetudinarias en verdaderas instituciones (*The Century Dictionary*). Como las relaciones consuetudinarias son numerosas y complejas, dicha conversión es gradual y, por tanto, existe en diferentes grados. El grado de Institucionalidad refleja hasta qué punto una sociedad apoya sus procesos y depende de sus instituciones. Esto también refleja el desempeño de los procesos que se evalúan en función de sus resultados. Así, una adecuada estructura institucional proporciona un marco adecuado para la configuración de las políticas públicas, la gobernanza y las acciones.

La Gestión del Riesgo de Desastres (GRD), como proceso social, opera a través de un sistema formado por cuatro componentes interrelacionados: un hardware (infraestructura, equipos e instrumentos), un software (documentos de política, normas y manuales), apoyo financiero y capital humano (planificadores, tomadores de decisiones, gerentes y operadores) (figura 1).

Este sistema se vuelve complejo, ya que estructuras similares están integradas en todas las organizaciones que componen el sistema nacional (por ejemplo, agencias gubernamentales, entidades científicas y académicas, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas). De alcance nacional a local, todas estas organizaciones están interrelacionadas y tienen roles específicos dentro del macroproceso de GRD (figura 2).

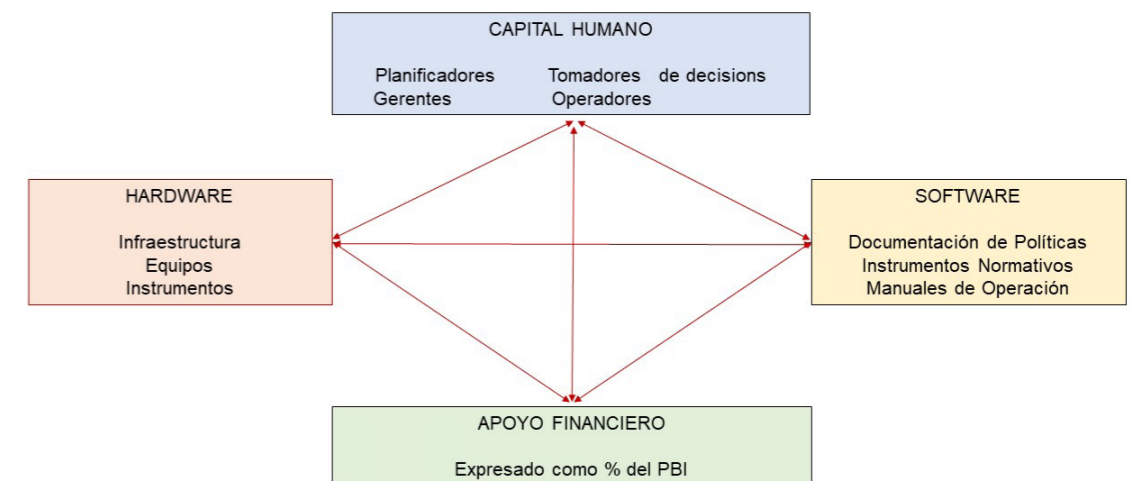


Figura 1. Componentes generales de un sistema, en este caso aplicado a un Sistema de Gestión del Riesgo de Desastres a nivel de país



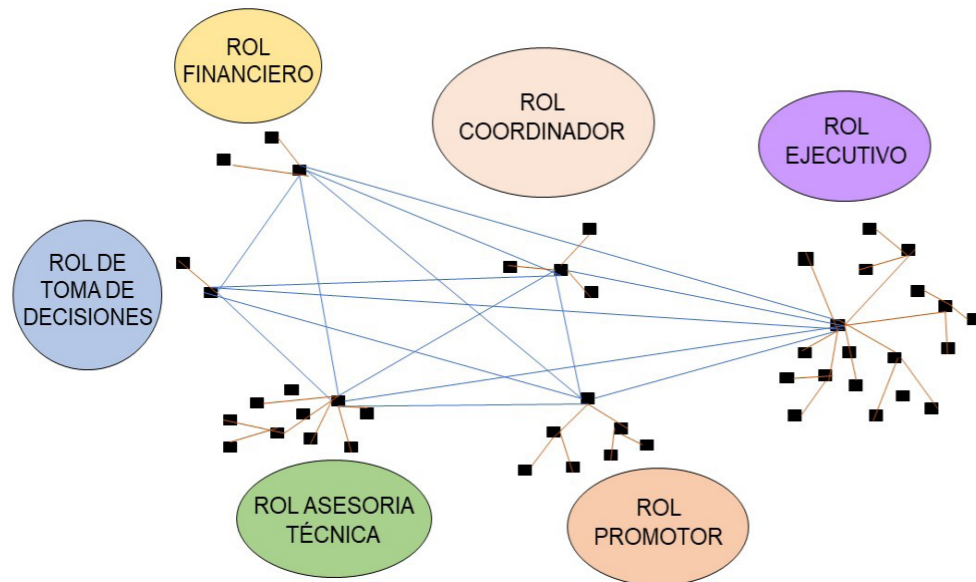


Figura 2. Enlaces esquemáticos entre instituciones agrupadas (cuadrados) con roles determinados dentro del sistema GRD

Cada etapa del ciclo de GRD está vinculada a un conjunto de políticas y un marco institucional que, cuando se ejecutan a través de planes y programas específicos, pueden proporcionar una reducción de la vulnerabilidad.

El objetivo general de reducir la vulnerabilidad (es decir, pérdidas y daños) se puede lograr si el proceso se completa debidamente. Este resultado solo es posible con un sistema plenamente funcional y resiliente, con los vínculos interinstitucionales funcionando correctamente. La efectividad de cada vínculo relacional depende de que cada uno de los otros componentes interrelacionados funcione en armonía y opere como un solo sistema interrelacionado.

Al analizar las posibles fuentes de debilidad en un sistema DRM, se extraen las siguientes observaciones:

- 1) El aspecto financiero está en primera línea. Cuanto menor es el ingreso relativo del país, mayor es la vulnerabilidad y el nivel de riesgo. Esta debilidad se puede abordar, generalmente después de un evento, con ayuda internacional.
- 2) El hardware depende de los activos

tecnológicos existentes disponibles. Esta debilidad se puede solucionar comprando o creando los elementos necesarios.

- 3) Las políticas y normas generalmente son desarrolladas por expertos en base a experiencias y marcos internacionales y adaptando las mejores prácticas a las condiciones locales; así, se reduce el riesgo de tener políticas ineficaces.
- 4) El componente más desafiante es el capital humano. La formación de expertos requiere un esfuerzo prolongado y sostenido en la política educativa de los países. Las sociedades poco integradas sufren una mayor probabilidad de corrupción dentro de los diferentes procesos del macroproceso de GRD. Grandes eventos de peligros naturales o provocados por el hombre impactan y perturban estos países en medida superlativa.

A nivel de país, existen diferentes esquemas para la gestión de riesgos, emergencias y desastres mismos, y todos se basan en un sistema articulado con los componentes de la GRD. Acuerdos internacionales como el Marco de Acción de Hyogo para aumentar la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres (2005-2015), el Marco de Sendai para

la Reducción del Riesgo de Desastres (2015-2030) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015-2030), para la países signatarios, crean un compromiso para avanzar en el desarrollo e implementación de los resultados. Así, para mejorar el accionar de los Gobiernos en la gestión de desastres, estos han diseñado e implementado políticas públicas, así como creado y buscado fortalecer instituciones.

El beneficio para un país de institucionalizar la GRD reside en última instancia en la comunidad, a lo largo de generaciones, siendo más capaz y consistentemente practicada para reducir los riesgos y prepararse, responder y recuperarse más rápidamente de las emergencias por amenazas naturales, independientemente del liderazgo del país o la comunidad.

## 2. Gestión del riesgo de desastres en un contexto local

Por su naturaleza, los grandes eventos naturales que requieren una respuesta de GRD por parte de la comunidad tienen ocurrencias que se pueden determinar probabilísticamente. Dicho de otra manera, estos eventos mayores no son una parte típica del funcionamiento o las actividades cotidianas “normales” de las comunidades. Debido a su poca frecuencia en una determinada comunidad, para mejorar su resiliencia y minimizar la disrupción social por tales eventos, dicha comunidad necesita implementar un enfoque basado en el riesgo para sus sistemas técnicos (entorno construido), sistemas económicos y sistemas sociales para mejorar su resiliencia ante eventos estresantes.

En todo el mundo, seguimos viendo cómo los sistemas técnicos mejoran progresivamente para volverse más resilientes a los eventos estresantes. La evolución continua y el refinamiento de los estándares de diseño de ingeniería, las regulaciones del código de construcción y los estándares de construcción son buenos ejemplos de la aplicación de un enfoque basado en el riesgo para mantener a la comunidad segura y capaz de funcionar antes, durante y después de un evento.

Los sistemas económicos están cambiando cada

vez más a plataformas en línea y digitales. Los días de tener que girar un cheque o hacer pagos con dinero (físico) han cambiado significativamente. Gran parte de la sociedad puede completar transacciones desde casi cualquier parte del mundo, en cualquier momento.

Sin embargo, la evolución del sistema social de la comunidad es más desafiante. Los países que tienen una mayor probabilidad de recurrencia de eventos de amenazas naturales a menudo son mejores para incorporar las prácticas de respuesta a desastres en la comunidad como parte de la vida cotidiana. Los miembros de estas comunidades tienen una mayor conciencia de los riesgos que estos eventos pueden causar y, a través de la exposición repetida a los eventos de riesgo, la comunidad aprende a saber cómo responder y gestionar el evento y su respuesta. Sin embargo, los miembros de la comunidad cambian con el tiempo, y si hay un período más largo entre eventos de amenazas naturales, las respuestas aprendidas de las comunidades pueden olvidarse o ser menos ágiles.

En general, los países que tienen una mayor probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales y que han aplicado un enfoque basado en el riesgo para la GRD, a menudo demuestran dos respuestas comunes clave. En estos países, a menudo se observa que hay un reconocimiento constante y de larga data de la necesidad de tener un marco institucional que integre las respuestas y la capacitación de GRD en la vida cotidiana de las personas, respaldado por la necesidad de tener una comprensión confiable y amplia de la comunidad sobre las comunicaciones e intercambio de información.

## 3. Marcos de políticas nacionales sobre resiliencia en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)

Se reconoce que la colaboración con otros niveles de gobierno es uno de los impulsores clave para garantizar un enfoque coherente e integrado de la resiliencia. Muchos gobiernos nacionales tienen planes para reforzar la resiliencia de sus países. En los países de la OCDE que tienen marcos de políticas nacionales sobre resiliencia,

casi todos se refieren al papel de las ciudades o los gobiernos subnacionales para desarrollar la resiliencia nacional en los respectivos marcos de políticas nacionales. Estas naciones son conscientes de la importancia de las acciones locales para la resiliencia a través de:

- 1) Enfatizar que las autoridades locales son las principales responsables de desarrollar la resiliencia (por ejemplo, el “Plan fundamental para la resiliencia nacional: creación de un país fuerte y resiliente” en Japón (2014); y
- 2) Promover una intensa cooperación y compartir las mejores prácticas en todos los niveles de gobierno (por ejemplo, “Sustainability Outlook 2030” de Israel (2012).

También se observa que algunos marcos de resiliencia incluyen funciones y compromisos muy específicos para las ciudades.

#### 4. Estudios de casos

##### 4.1 Fortalecimiento de la institucionalidad chilena para la GRD

Por su ubicación en el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, el territorio chileno enfrenta diversos peligros geofísicos, como terremotos, tsunamis, inundaciones y erupciones volcánicas, entre otros. A estas amenazas se suma un aumento significativo de las vulnerabilidades, que se expresan en una mayor concentración de personas en sectores de las ciudades que no son lo suficientemente seguros para ser habitados (construcción social del riesgo) (Martínez et al, 2017). La ocurrencia de desastres ha causado numerosas muertes, así como considerables daños a la propiedad. En promedio, entre 1980 y 2011, Chile registró pérdidas cercanas al 1,2% de su PIB anual debido a la ocurrencia de desastres naturales (CREDEN, 2016).

Debido a su historial de desastres naturales, específicamente en sismos, Chile ha creado instituciones, ha elaborado leyes y prácticas a lo largo de los años para poder hacerles frente. Entre estas, la Ley General de Urbanismo y Construcción de 1929, que prescribió los primeros códigos sísmicos, incluyendo la definición de materiales y procedimientos de construcción, y entre otras, la Ley de Terremotos y Desastres de

1965 (Ley N° 16.282). El marco institucional para la atención de desastres ganó mayor énfasis en 1974 con la creación de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI), que tiene el mandato de coordinar la respuesta nacional a los desastres y coordinar los esfuerzos internacionales de socorro en casos de desastre. Las actividades de la ONEMI se centraron principalmente en la respuesta de emergencia más que en la prevención.

En 2002, con el objeto de descentralizar las actividades de la ONEMI, se implementó el Sistema Nacional de Protección Civil. Esta disposición buscó habilitar mejor la GRD a través de la participación del sector público y privado, incluidas las organizaciones de voluntarios en toda la comunidad, y mediante acciones planificadas con enfoque en la gestión de riesgos. Además de la respuesta a desastres, el Plan Nacional de Protección Civil de 2002 también instituyó actividades de gestión de la prevención en Chile.

La rápida recuperación tras el terremoto del Maule de 2010 fue un factor clave para que Chile se convirtiera en el primer país latinoamericano en ser invitado a unirse a la OCDE. Además, este evento de desastre permitió realizar mejoras a la ONEMI, modernizando sus protocolos e incorporando nueva tecnología, así como normativa legal que permite una rápida respuesta ante emergencias y procesos de reconstrucción. Siguiendo las recomendaciones sobre la implementación del Marco de Hyogo, en 2012 se firmó el Acta Constitutiva de la Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres de Chile, como un órgano asesor de la ONEMI. La función de esta plataforma nacional es lograr la plena incorporación de la GRD en las políticas, planes y programas de desarrollo de Chile. En seguimiento a esto, se elaboró la Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres 2014, de la cual se ha derivado el Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (2015-2018).

La Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (figura 3) fue el primer instrumento nacional que estableció un requisito para la reducción de riesgo de desastres. Esta política

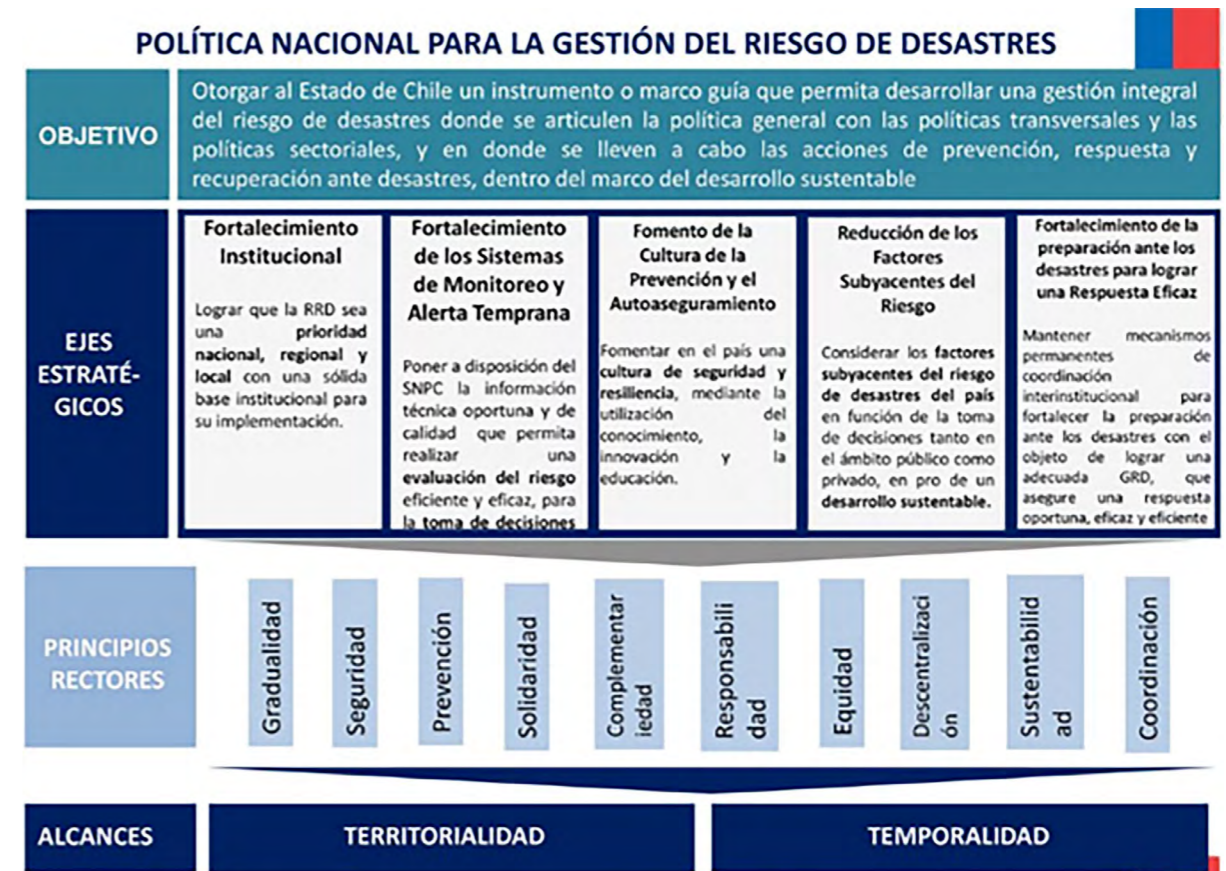


Figura 3. Política Nacional de Chile para la Gestión del Riesgo de Desastres

nacional pretende convertirse en un marco orientador que alinee las diferentes iniciativas sectoriales y territoriales con el fin de reducir de manera efectiva la exposición del país al riesgo de desastres (ONEMI, 2021).

Chile es reconocido a nivel mundial por su capacidad de recuperarse relativamente rápido después de la ocurrencia de un desastre. Ha avanzado en mitigar el impacto de los desastres, mejorar la respuesta a la emergencia y el proceso de reconstrucción por parte del Estado y construir la resiliencia de las comunidades. Por ejemplo, se ha implementado el uso de alertas tempranas y respuesta rápida, y también se han creado políticas gubernamentales de asistencia, incorporándose normas adecuadas de diseño de infraestructura, entre otros (CREDEN, 2016).

Sin embargo, el país ha estado discutiendo la necesidad de avanzar hacia un enfoque de

resiliencia y reducción del riesgo de desastres, así como la modernización de la institucionalidad para la GRD. Desde diferentes sectores se observó que la institucionalidad actual no posibilita de manera efectiva la colaboración entre la planificación territorial (i.e. ocupación del suelo) y la gestión de riesgos (i.e. prevención, manejo de emergencias, reconstrucción post-desastre), lo que se considera una fuerte limitante para la creación de ciudades resilientes.

Es así que, en julio de 2021 se promulgó la Ley que establece el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SINAPRED) y el Servicio Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SENAPRED) en sustitución del Sistema Nacional de Protección Civil y la ONEMI. Este nuevo esquema busca actualizar, fortalecer, homogeneizar y hacer más vinculantes estas nuevas instituciones para lograr estándares de excelencia en GRD enfocados en la prevención y la territorialidad.

#### 4.2 Observaciones sobre el marco institucional en Aotearoa-Nueva Zelanda

Al igual que otros países que tienen una mayor probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales, Nueva Zelanda (Aotearoa) tiene un marco institucional liderado por el gobierno federal que integra las respuestas de GRD en la vida cotidiana de la comunidad. Se basa en un sistema que reconoce los beneficios de: estándares de formación comunes, revisiones periódicas y compatibilidad internacional.

##### Incorporación del marco

El gobierno de Nueva Zelanda aprobó la Ley de Manejo de Emergencias de Defensa Civil (CDEM) en 2002. Esta Ley crea un marco legislado a nivel nacional dentro del cual los neozelandeses pueden prepararse, para y recuperarse más rápidamente de emergencias a nivel local, regional y nacional.

La Agencia Nacional para el Manejo de Emergencias (NEMA) es la sede del gobierno para el manejo de emergencias en Nueva Zelanda. NEMA es una agencia operativamente autónoma con su propio jefe ejecutivo dentro de la Oficina del Primer Ministro y Gabinete, y separada del Departamento de Asuntos Internos. Las funciones clave de NEMA para el Departamento del Primer Ministro y el Gabinete son administrar, operar y asegurar el sistema de gestión de emergencias de Nueva Zelanda. Específicamente, se requiere que NEMA brinde liderazgo, se requiere que NEMA brinde liderazgo, estar preparado, responder y recuperarse de emergencias.

Nueva Zelanda tiene una Estrategia Nacional de Resiliencia ante Desastres (NDRS) que describe la visión y los objetivos a largo plazo para la gestión de emergencias de defensa civil en el país. La NDRS establece lo que requiere el Gobierno para que el país sea un resiliente y lo que espera lograr y mejorar en los próximos 10 años.

El NDRS cuenta con el apoyo del Plan Nacional de Gestión de Emergencias de la Defensa Civil (CDEMP). El CDEMP, que también es un

documento del Gobierno, establece las funciones y responsabilidades de todos los involucrados en la reducción de riesgos y la preparación, respuesta y recuperación de emergencias. Esto incluye el gobierno central y local, los servicios básicos, los servicios de emergencia y las organizaciones no gubernamentales.

Desarrollado por primera vez en 1998, el Sistema Coordinado de Gestión de Incidentes (CIMS) representa el marco oficial de Nueva Zelanda para la prestación operativa de la gestión de incidentes y la coordinación entre los organismos que responden a una emergencia o a un evento peligroso. CIMS describe en detalle cómo las agencias y organizaciones de Nueva Zelanda (es decir, bomberos, policía, hospitales, escuelas, control fronterizo, defensa, consejos locales, etc.) coordinan, comandan y controlan la respuesta a incidentes de cualquier escala, cómo la respuesta puede ser estructurada, y las relaciones entre las respectivas funciones del CIMS y entre los niveles de respuesta.

Es importante destacar que, en toda Nueva Zelanda, hay capacitación regular y simulacros de situaciones de riesgo para las agencias de respuesta, y la comunidad está desarrollando y aumentando continuamente la capacidad del sistema de respuesta para cuando sea necesario en el futuro.

CIMS es un elemento de la doctrina de gestión de emergencias de Nueva Zelanda que las agencias utilizan para gestionar incidentes. La doctrina es el conjunto de principios y prácticas que guían la acción de un organismo. La doctrina informa el alcance, el contenido y tipos de capacitación. La capacitación se diseña e imparte para apoyar una respuesta operativa (figura 4). La experiencia de Nueva Zelanda sugiere que la doctrina no se aplica durante una respuesta operativa si los programas de capacitación son inapropiados. Un ciclo de retroalimentación importante garantiza que las lecciones de la respuesta operativa sean utilizadas para actualizar y revisar la doctrina.

La base fundamental es que la institucionalización de la GRD en Nueva Zelanda se basa en el reconocimiento de que donde hay personas marginadas, a menudo se dejan personas atrás



Figura 4. Las interdependencias centrales para institucionalizar la GRD

y la comunidad se ve afectada negativamente. En respuesta, el enfoque institucionalizado en Nueva Zelanda busca apoyar y proteger a la comunidad mediante:

- Liderazgo del Gobierno Central al más alto nivel, plasmado en la legislación, que tiene un fuerte enfoque comunitario.
- Un marco de respuesta a eventos ágil y flexible que se puede utilizar tanto para respuestas pequeñas como grandes, y desde el nivel de incidente local hasta el nivel de desastre nacional.
- Agencias de respuesta y miembros de la comunidad local bien capacitados, coordinados y apoyados a través de realización de simulacros.
- Resaltar la importancia de la inclusión de

los pueblos indígenas en la respuesta y recuperación.

Un aspecto clave del enfoque neozelandés es su base de políticas y actividades de mitigación de la GRD. Estos cimientos se construyen en torno a los aspectos centrales: normativas, calificaciones y simulaciones (figura 5).

- Regulaciones: estándares de calidad de construcción (Standards New Zealand, 2022), requisitos obligatorios de los sistemas de construcción (por ejemplo, sistemas de manejo de incendios), mejora continua de las normas sísmicas y plazos establecidos por el gobierno para su implementación, la garantía periódica de idoneidad del edificio y requisitos de inspección de seguridad/condición.
- Calificaciones: calificaciones de ingeniería a nivel del Acuerdo de Washington combinadas con registros nacionales de ingenieros que están calificados y tienen la experiencia para realizar trabajos de ingeniería especializados, es decir, ingeniería estructural, de cimientos de edificios, geotécnica, seguridad vial e ingeniería contra incendios.
- Simulaciones: uso regular y refinamiento de modelos informáticos (a nivel nacional y regional) para identificar y mapear zonas de tierra vulnerable, efectos sísmicos y riesgos de inundaciones, etc.



Figura 5. Ilustración de los componentes del ciclo de resiliencia

## Asegurando las comunicaciones confiables

La ONU informó que entre 2000 y 2019 hubo 7,348 grandes desastres en todo el mundo (Nebehay, 2020), el doble que en los 20 años anteriores. Pero las muertes por desastres están disminuyendo. Se ha reconocido que la comunicación en toda la comunidad es un factor clave para reducir los impactos de los eventos peligrosos en la comunidad. Cuando los líderes de la comunidad no han aceptado el consejo de los especialistas técnicos (es decir, ciencia, ingeniería y/o medicina), el impacto en la comunidad y las tasas de mortalidad generalmente serán más altas.

Las lecciones clave de Nueva Zelanda sobre el incremento de la respuesta del sistema social y la resiliencia a los eventos peligrosos incluyen:

- El liderazgo de la comunidad debe basarse en un sistema de confianza pública en las comunicaciones de los líderes y es difícil tener (o restaurar) la confianza de la comunidad cuando los mensajes de GRD se vuelven políticos.
- El enfoque de las comunicaciones a la comunidad requiere la colocación de la salud y el bienestar de las personas como la mayor prioridad en las comunicaciones. Las respuestas más exitosas a los eventos peligrosos requieren que los líderes conduzcan a las personas con ellos; tener la salud pública y el bienestar como prioridad clave respalda este resultado.
- Si las comunicaciones no se basan en los riesgos, estas no servirán a la comunidad. Ellas deben emplear el mejor asesoramiento experto apolítico disponible (antes, durante y después), es decir, geotécnico, médico, en inundaciones, en otros riesgos. El mapeo de peligros y su modelado es esencial.
- Es importante que los líderes y las agencias de respuesta comuniquen claramente lo que saben y admitan lo que no saben.
- Cuando se trata de temas técnicos (por ejemplo, marejadas ciclónicas), es importante un lenguaje que la comunidad en general pueda entender, incluido en cómo se verá afectado ante la ocurrencia de un desastre.
- Los pronósticos precisos de los eventos deben

comunicarse en términos que establezcan claramente la escala y el alcance de cualquier impacto en la población.

- El elemento más crítico de la comunicación de situaciones de riesgo es la confianza. Pedirle a la gente que “por favor quédese en casa / salga de su casa” por parte de los funcionarios gubernamentales requiere confianza. Estas comunicaciones se hacen mejor sobre la base de los hechos en los que el gobierno está implementando las medidas de respuesta.

## 5. Mensajes clave

Los sistemas de gestión del riesgo de desastres son sistemas complejos, operados por varias instituciones con una intrincada red de vínculos que los relacionan entre sí.

Un marco institucional robusto y saludable permite la operación óptima de los sistemas de GRD y, por lo tanto, el logro de metas relacionadas con la reducción de pérdidas y daños ante la ocurrencia de un evento peligroso.

Si bien los componentes financieros y técnicos de las instituciones pueden gestionarse a través de la cooperación internacional, el componente humano aparece como el más complicado. Deben aplicarse fuertes políticas anticorrupción para mejorar los resultados.

El proceso para institucionalizar la GRD en todo un país requiere una inversión constante durante muchos años, independientemente del liderazgo de ese país. Hay eficiencias y otras ventajas al tratar de utilizar sistemas y enfoques que han demostrado que funcionan en otros países. La creación de un nivel de compatibilidad internacional garantiza que las agencias, el personal y los miembros de la comunidad en general puedan operar y responder de manera efectiva desde el exterior. Además, las agencias de respuesta pueden analizar e incorporar más fácilmente los aprendizajes de las experiencias de otros países.

Durante la fase de respuesta a fenómenos naturales y de otro tipo, es esencial asegurar y conservar la confianza del público. Esto se debe a que durante los eventos de respuesta,

las comunicaciones a menudo se enfocan en preservar la vida, prevenir una escalada de la emergencia y brindar servicios esenciales. Hay momentos durante la respuesta, en que algunos miembros de la comunidad pueden percibir que lo que se les pide en apoyo de la respuesta afecta sus libertades o derechos humanos. La capacidad de mantener la ley y el orden y de responder de la mejor manera posible a las necesidades de la mayoría durante estos acontecimientos depende en gran medida de la confianza del público en las comunicaciones de los dirigentes gubernamentales. Las comunicaciones durante la fase de respuesta se benefician de estar informadas sobre el riesgo, ser apolíticas y tener como núcleo la salud y el bienestar de la comunidad.

Se deben crear incentivos para asegurar que las reglas del juego en GRD se ejecuten bien, fortaleciendo el marco institucional y mejorando las regulaciones a través de la promoción de una cooperación intensa y el intercambio de buenas prácticas en todos los niveles de gobierno.

Generar una base de datos pública integrada, sistematizada y actualizada. Esto es de vital importancia para estimular la investigación, brindar información a la ciudadanía y facilitar la formulación de políticas públicas de largo plazo para la mitigación, preparación, prevención, respuesta y recuperación.

Si bien los componentes generales del sistema de GRD deben centralizarse, hay beneficios al descentralizar las actividades de GRD y enfatizar que las autoridades locales sean las principales responsables de desarrollar resiliencia al permitir la participación del sector público y privado, incluidas las organizaciones voluntarias en toda la comunidad, a través de acciones planificadas.

## 6. Referencias

- CEDMHA (2017). *Chile-Disaster Management References Handbook*. Center for Excellence in Disaster Management and Humanitarian Assistance. 97 p.
- Comisión Nacional para la Resiliencia Frente a Desastres de Origen Natural (2016). *Hacia un Chile resiliente frente a desastres: Una oportunidad*. CNID Ed., 175 p.
- Martinez, C., Tamburini, L., Moris, R. (2017). *Gestión del riesgo, descentralización y Políticas Públicas: ¿Se reduce el riesgo de Desastres en Chile? In: Vial, C, y Hernández, J. (Ed.) “¿Para qué Descentralizar? Centralismo y Políticas Públicas en Chile: Análisis y Evaluación por Sectores”*. Universidad Autónoma de Chile. P. 153-180.
- Nebehay S. (2020). *Natural disasters surge in past 20 years, likely to continue to wreak havoc: U.N.* Reuters Environment. <https://www.reuters.com/article/us-environment-disastersun-idUSKBN26X180>
- NEMA (2022). <https://www.civildefence.govt.nz/>
- OECD (2021). *National policy frameworks on resilience in OECD countries*. <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/nationalpolicy-resilience-frameworks.pdf>
- Standards New Zealand (2022). *Building-related standards*. <https://www.standards.govt.nz/get-standards/sponsored-standards/buildingrelated-standards/>

# Ingeniería y Resiliencia en la Gestión del Riesgo de Desastres para el Desarrollo Sostenible

World Federation of Engineering Organizations  
Colegio de Ingenieros del Perú

ISBN: 978-9972-9465-7-8



9 789972 946578