Geociencias

Septiembre 2017 No. 2

ISSN 2539-2883

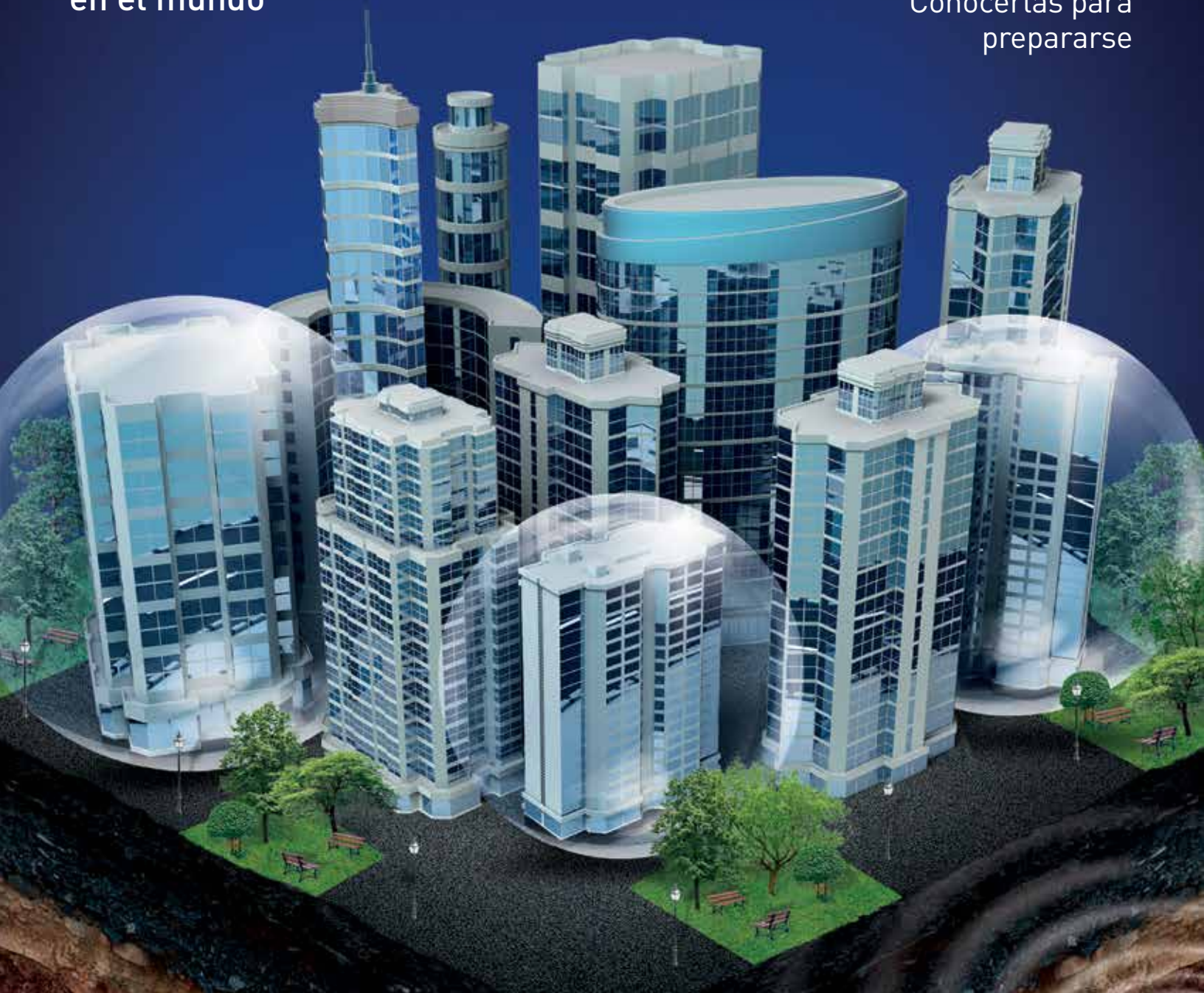
sura

Aislamiento sísmico

Tecnología que crece en el mundo

Geo SURA
Mapas para prevenir y decidir

Inundaciones
Conocerlas para prepararse



CONTENIDO

04 **GESTIÓN DE TENDENCIAS Y RIESGOS**
DE LA NATURALEZA: FUENTE DE RECURSOS Y OPORTUNIDADES

10 **AISLAMIENTO SÍSMICO**
TECNOLOGÍA DE ORO PARA LA RESILIENCIA SÍSMICA

19 **INUNDACIONES FLUVIALES**
ESTIMACIÓN Y CONTROL

26 **DESLIZAMIENTOS**
INDUCIDOS POR SISMOS. UNA REALIDAD

34 **GEO SURA**
UNA HERRAMIENTA PARA LA COMPETITIVIDAD DE LAS ORGANIZACIONES EN AMÉRICA LATINA

COMITÉ EDITORIAL

Gonzalo Alberto Pérez Rojas
Presidente Suramericana S.A., una compañía de Aseguramiento, Tendencias y Riesgos

Juana Francisca Llano Cadavid
Vicepresidente de Seguros Suramericana S.A.

Gloria María Estrada Álvarez
Gerente de Geociencias Suramericana S.A.

Adelaida Del Corral Suescún
Dirección. Taller de Edición S.A.

Andrés Cadavid Quintero
Edición. Taller de Edición S.A.

Revista Geociencias Sura | **Edición 2** | **Agosto de 2017**
Suramericana S.A., una compañía de Seguros, Tendencias y Riesgos

Gestionar las organizaciones a partir del conocimiento de la naturaleza y su dinámica

¿Por qué es importante conocer y entender la naturaleza y su dinámica, para el bienestar y desarrollo sostenible de la sociedad? Se podría creer que el conocimiento de las variables y fenómenos de la naturaleza es un tema reservado a las instituciones académicas y de investigación. Sin embargo, cada vez resulta más relevante para las personas, organizaciones y comunidades en general aproximarse de manera práctica al conocimiento de los recursos y las restricciones de la naturaleza, como base sólida para alcanzar un auténtico progreso económico y social.

Los procesos de urbanización han transformado la naturaleza, llegando al medioambiente, del que hacemos parte, integrado por el medio natural con desarrollos humanos tales como la infraestructura de servicios públicos y comunicaciones, los sistemas de transporte, las construcciones residenciales, comerciales e industriales. Todo lo que hacemos transforma el medioambiente en el que vivimos y por esto la planeación basada en las aptitudes de la naturaleza resulta esencial para lograr estilos de vida y modelos de producción que contribuyan al equilibrio ecológico.

Los avances en el conocimiento de la naturaleza a través de técnicas de análisis, sistemas de monitoreo y captura de datos, unidos al desarrollo de tecnologías probadas de construcción y sistemas de producción son elementos decisivos en la planeación y toma de decisiones, que les permiten a las organizaciones identificar oportunidades de medir sus impactos y reducir la incertidumbre.

Para un proyecto de desarrollo nuevo o la modificación de uno existente es necesario evaluar, por un lado, los recursos naturales finitos existentes, tales como fuentes hídricas, riqueza biológica, minerales, alimentos, aptitudes del suelo, belleza del paisaje, para lograr una gestión sostenible de estos valiosos recursos con visión de largo plazo, y por otro lado deben considerarse los fenómenos y dinámica de las variables naturales que pueden tener influencia en el sitio. De esta manera, las potencialidades y restricciones de la naturaleza deben servir como base de la planeación del desarrollo, de tal forma que contribuyan al uso razonable de los recursos y a progresos técnicos que conduzcan a modelos de crecimiento que partan de la convicción de que en el mundo natural todo está interconectado.

Por eso SURA, a través de la gestión de tendencias y riesgos, se ha enfocado en hacer visibles no solo los avances en el conocimiento de la naturaleza, sino también los desarrollos de la ciencia y de la técnica disponibles que permitan que las personas, las organizaciones y los proyectos de inversión se adapten a las oportunidades y fenómenos de la naturaleza. Esta gestión comprende elementos de decisión para evaluar las actividades y los proyectos, las obras de protección requeridas, los sistemas de construcción o rehabilitación y los mecanismos de aprovechamiento responsable de los recursos naturales. Convencido de estos desafíos, SURA muestra en esta publicación una imagen positiva de las grandes oportunidades que la naturaleza ofrece, si decidimos gestionar sus recursos, fenómenos y variables, de tal manera que contribuyan verdaderamente al bienestar de las personas hoy y también en el futuro.

GONZALO ALBERTO PÉREZ ROJAS
Presidente Suramericana S.A.

Gestión de Tendencias y Riesgos de la Naturaleza:
Fuente de recursos y oportunidades

El modelo de Gestión de Tendencias y Riesgos de SURA reconoce en la naturaleza una fuente de interrelaciones con las actividades productivas, el talento humano y los resultados financieros de las empresas, que si se gestionan adecuada y oportunamente pueden convertirse en fuente de oportunidades de desarrollo, sostenibilidad y competitividad.

SURA en su modelo de Gestión de Tendencias y Riesgos reconoce que la naturaleza, a través de la combinación de sus capacidades (fuentes de recursos) y restricciones (fenómenos naturales), ofrece unas aptitudes que potencian y a su vez delimitan el desarrollo y las actividades humanas. La sociedad y los desarrollos de la tecnología han generado modificaciones positivas y negativas en el medioambiente, lo cual se debe a que las aptitudes del medio natural no siempre han sido entendidas y tratadas adecuadamente. Por eso, el conocimiento de los recursos y fenómenos de la naturaleza es esencial en el direccionamiento estratégico de los negocios, mediante la consideración del medio natural que abarque la Tierra con todas sus interacciones y variables a nivel de los continentes, los océanos, la atmósfera y el espacio exterior.

Las interacciones entre las fuerzas del medioambiente, la sociedad y la tecnología han generado transformaciones de carácter global y paulatino, pero con impactos muy marcados que se reflejan en las megatendencias de urbanización, variabilidad y cambio climático, escasez de recursos naturales, cambios demográficos, hiperconectividad, globalización, poder y gobierno global.

La variabilidad y cambio climático, la escasez de recursos naturales y la urbanización son megatendencias que reflejan respuestas de la naturaleza a formas de explotación y uso indiscriminado de los recursos, emisiones de gases de efecto invernadero y degradación ambiental, que a su vez generan necesidades de desarrollo sostenible de las ciudades, considerando la distribución de la población, las aptitudes del suelo, la cuantificación y gestión de variables y fenómenos de la naturaleza.

Gestionar las tendencias y los riesgos de la naturaleza

Al gestionar las tendencias y riesgos de la naturaleza, las organizaciones pueden entender mejor los fenómenos y variables asociados, medir sus impactos, reducir la incertidumbre, anticiparse y crear valor.

En las fuerzas del medioambiente están inmersos los fenómenos naturales y variables de origen geofísico (terremotos, deslizamientos, tsunamis), hidrometeorológico (inundaciones, lluvias torrenciales, granizadas, huracanes, tornados, sequías) y cósmico

> *La naturaleza, factor clave en la Gestión de Tendencias y Riesgos".*

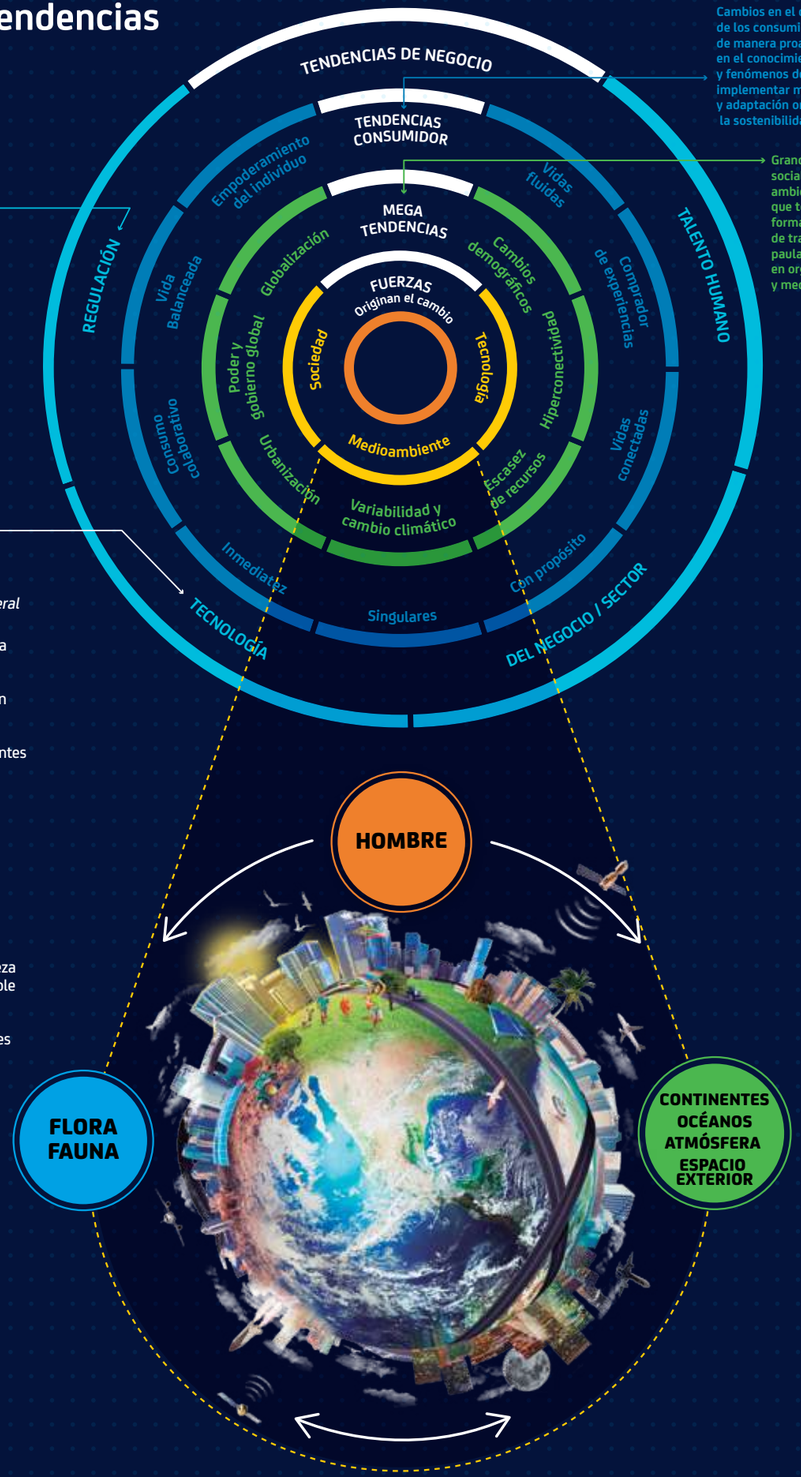
(tormentas solares, caída de meteoritos), así como la flora, la fauna y, por supuesto, el hombre. Por eso, el conocimiento de la naturaleza se convierte en una fuente de oportunidades y riesgos para gestionar los negocios, las comunidades y la sociedad en general.

Es claro que las fuerzas de la naturaleza y el medioambiente tienen un papel fundamental en las tendencias del consumidor y en las de los negocios, por esto estudiar sus interrelaciones resulta esencial.

Las tendencias del consumidor giran en función del conocimiento del entorno y es allí donde la naturaleza se convierte en un factor clave. Los consumidores están más informados y sus decisiones de compra de productos y servicios están cada vez más determinadas por argumentos relacionados con los valores de las organizaciones en cuanto a tecnologías y procesos adoptados, conciencia ambiental, ética, cumplimiento de normatividad, talento humano, compromiso social y gestión de riesgos, que se reflejan en los impactos asociados a los bienes o servicios que consumen.

Visualizar estas tendencias del consumidor en las empresas, entenderlas y anticiparse a ellas mediante los cambios necesarios en la gestión de los negocios, constituye un ejercicio fundamental para la sostenibilidad de largo plazo. Es por esto que SURA ha desarrollado mapas de tendencias que permiten entender el entorno, las fuerzas y los grandes movimientos a nivel mundial, que tienen incidencia en el comportamiento de los consumidores y en la forma de reinventar los negocios.

Mapa de tendencias aplicado a



Cambios en el comportamiento de los consumidores para utilizar de manera proactiva los avances en el conocimiento de las variables y fenómenos de la naturaleza, para implementar medidas de mitigación y adaptación orientadas hacia la sostenibilidad.

Grandes cambios a nivel social, económico, político, ambiental o tecnológico que toman años en formarse. Fuerzas globales de transformación paulatina e impactos en organizaciones, sociedad y medioambiente.

En el mundo se están presentando algunas señales relacionadas con demandas legales por el desempeño de edificaciones y obras de ingeniería frente a eventos de la naturaleza:

- Reconocimiento de perjuicios punitivos (casos ejemplarizantes para enviar mensajes a la sociedad)
- Perjuicios morales por daños materiales
- No aplicar el estado del arte

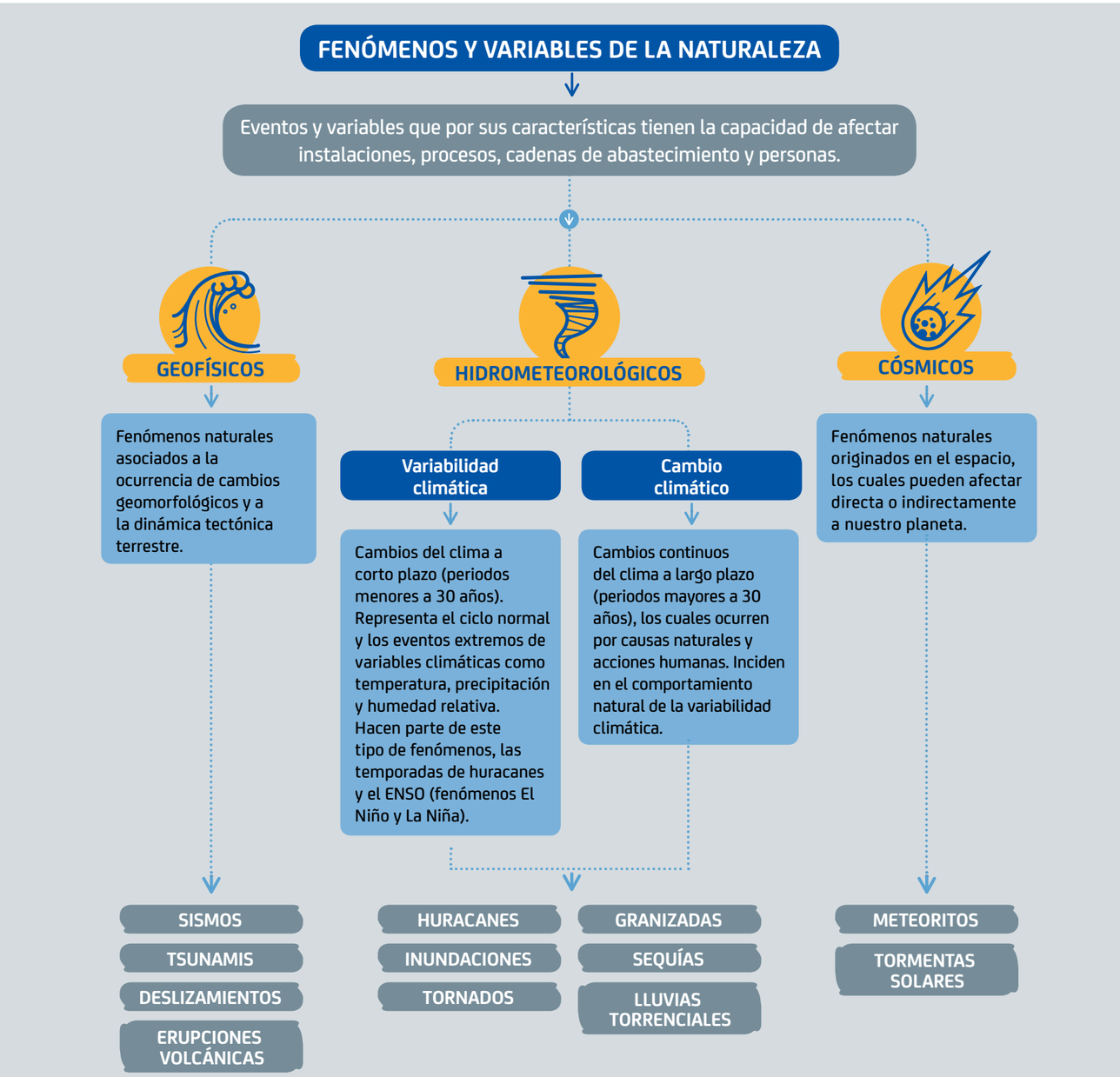
Avances tecnológicos en *informática, comunicaciones, ingeniería, y la industria en general* para adaptación y mitigación

- Sistemas de protección sísmica (aisladores y disipadores)
- Rehabilitación de estructuras
- Protecciones contra inundación
- Producción más limpia
- Alternativas para reducir la emisión de gases contaminantes
- Avances en sistemas de monitoreo de variables y fenómenos de la naturaleza (satélites, radares, estaciones en los continentes y océanos)
- Analítica: evaluación de correlaciones entre variables naturales e indicadores financieros de los negocios, que permitan anticiparse
- Sistemas de alerta temprana frente a eventos de la naturaleza
- Generación de energía renovable solar, eólica o geotérmica
- Urbanización: ciudades autosostenibles, construcciones más amigables con el medioambiente

Evaluación de fenómenos y riesgos de la naturaleza

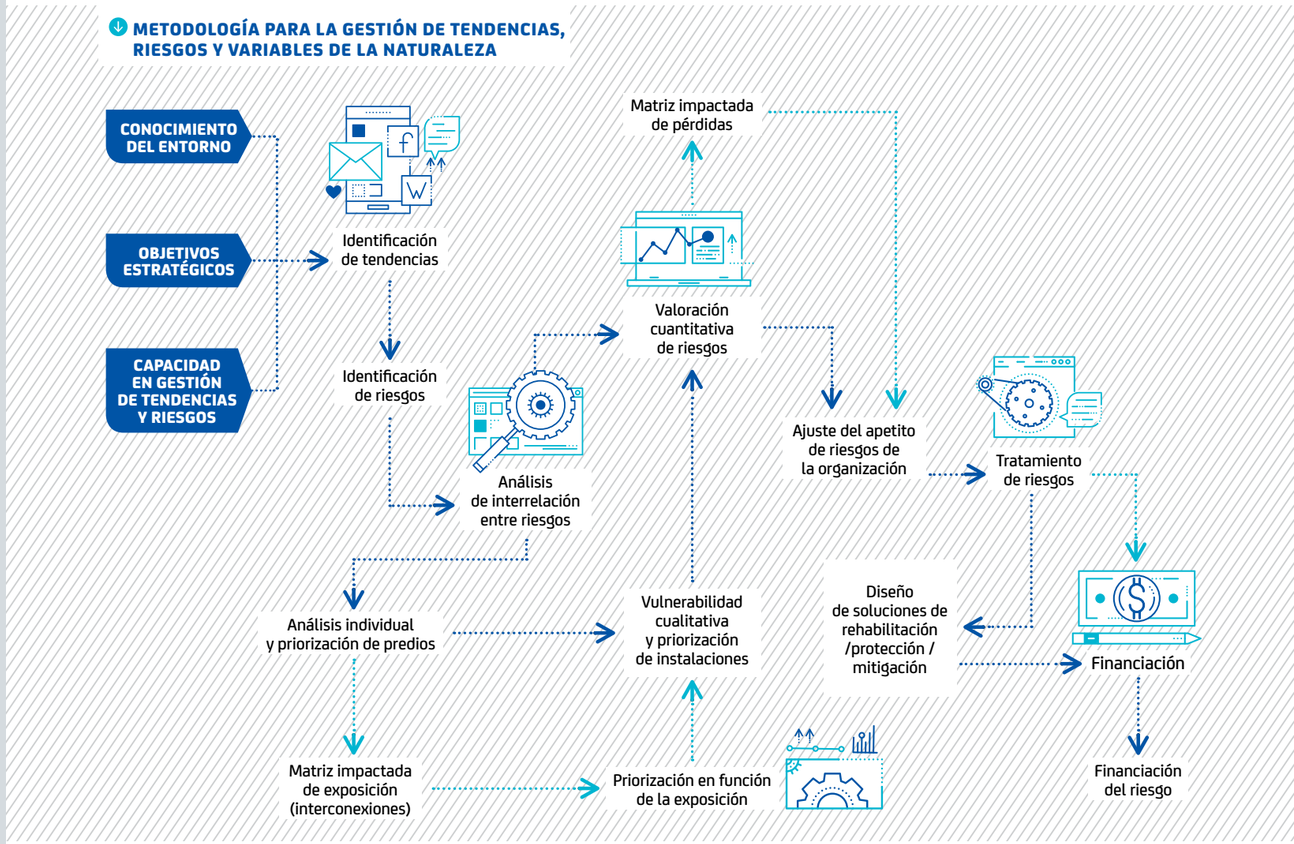
Con la Gestión de Tendencias y Riesgos de la Naturaleza se busca evidenciar los factores que tienen mayor influencia en la estrategia y las operaciones de una organización, permitiendo así priorizar aquellos donde confluyen mayores elementos relevantes para el negocio.

El análisis de las fuerzas de la naturaleza se aborda desde los fenómenos y variables de esta, clasificados en: geofísicos, hidrometeorológicos y cósmicos, que están estrechamente relacionados entre sí.



El análisis se realiza mediante un proceso por fases:

- Estudio regional y priorización de los predios, instalaciones o terrenos, evidenciando aquellos que tienen mayor exposición a fenómenos de la naturaleza, variabilidad y cambio climático.
- Cuantificación de oportunidades y riesgos en predios con mayor prioridad, considerando las interacciones con la naturaleza y su relevancia para el negocio.
- Análisis costo-beneficio como base para la toma de decisiones sobre medidas de adaptación, mitigación y transferencia de riesgos donde se estimen mayores impactos en los resultados del negocio, en términos de seguridad de las personas, talento humano, comunidades, ingresos, utilidades, activos, relaciones con proveedores, pérdida de clientes, entre otros.
- Implementación de medidas orientadas a la sostenibilidad y competitividad, que se reflejan en continuidad de los negocios, estabilización de ingresos, oportunidades de mercado, fortalecimiento de relaciones a largo plazo con proveedores, posicionamiento de marca, mejores indicadores de riesgo de calificadores internacionales y una reputación positiva creciente frente a los consumidores.



Interrelaciones de la naturaleza con las tendencias y riesgos de los negocios

Cuando se evalúan las oportunidades y riesgos de la naturaleza de manera aislada, se obtiene una visión muy corta para lograr su adecuada gestión. El enfoque de SURA para evaluar las interrelaciones de la naturaleza con las tendencias y riesgos de los negocios abre el espectro de tal manera, que hace visibles nuevas oportunidades para lograr una mayor eficiencia en los procesos, uso sostenible de los recursos naturales, adopción de tecnologías con menor impacto ambiental, identificación de puntos críticos en las cadenas de abastecimiento, análisis de nuevas formas de administrar los negocios, optimización de las inversiones y creación de valor a los clientes, a la sociedad y al medioambiente.

SURA busca generar conciencia haciendo visibles las tendencias y los riesgos a los que están expuestas las organizaciones, desde una aproximación holística e interconectada con la naturaleza.

La naturaleza, fuente de oportunidades y riesgos

La naturaleza es una fuente de recursos, que trae consigo potencialidades y restricciones. Conocer sus interrelaciones constituye la clave para aprovechar de manera sostenible las oportunidades que ofrece.

La radiación solar constituye el motor de todo el sistema climático, afectando los vientos globales y locales, procesos convectivos que dan lugar a las lluvias torrenciales, procesos de interacción océano-atmósfera que originan los ciclones tropicales y fenómenos macroclimáticos como ENSO (El Niño y La Niña).

Los movimientos en masa sobre corrientes naturales pueden obstruir el cauce y desencadenar flujos de escombros y avalanchas.

Los bosques y las plantas verdes absorben dióxido de carbono y liberan oxígeno durante su proceso de fotosíntesis. Además, su aporte a la evapotranspiración es de suma relevancia en el ciclo hidrológico.

Las lluvias torrenciales asociadas a huracanes, fenómenos como el ENSO (El Niño y La Niña) o procesos convectivos pueden causar inundaciones y movimientos en masa.

Las erupciones volcánicas pueden generar sismos y lahares (flujos de materiales volcánicos). Además, la emisión de gases y cenizas volcánicas puede reducir la radiación solar incidente, lo que afecta el comportamiento climático.

Las actividades realizadas por el hombre generan emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual incide en la calidad del aire y el comportamiento del clima a largo plazo.

Los ciclones tropicales tienen asociados otros fenómenos naturales, como lluvias torrenciales, tornados y marejadas ciclónicas.

Los océanos almacenan una gran cantidad de energía proveniente de la radiación solar, la cual tiene un papel determinante en el comportamiento climático global.

Los tsunamis y las marejadas ciclónicas incrementan significativamente la altura del oleaje en el mar, causando inundaciones costeras.

La energía liberada por los sismos puede propiciar otros fenómenos naturales, como tsunamis y movimientos en masa.

FUENTES

Elizabeth Cardona Rendón
Ingeniera civil y especialista en Ingeniería Sismorresistente de la Universidad EAFIT. Trabaja en Suramericana desde 2008 y desde entonces se ha desempeñado en diferentes áreas. Actualmente es la directora de aplicaciones al negocio del área de Geociencias.

Gloria María Estrada Álvarez
Ingeniera civil, especialista en Ingeniería Ambiental, especialista y M.Sc. en Ingeniería Sismorresistente. Gerente de Geociencias de Suramericana, ha trabajado en el desarrollo y coordinación de estudios e investigaciones de ingeniería sísmica, dinámica de suelos y riesgo sísmico. Ha publicado más de 20 artículos técnicos en el área de ingeniería sísmica.

Juana Francisca Llano Cadavid
Abogada, especialista en Derecho Financiero y de los Negocios, Derecho de Responsabilidad Civil y Seguros de la de la Universidad Pontificia Bolivariana, especialista de Reaseguro de la Universidad Pontificia de Salamanca. Vinculada a Suramericana S.A. desde 2004, ha ocupado diversos cargos. Desde diciembre de 2015 es Vicepresidente de Seguros de la compañía.

Aislamiento sísmico:
tecnología de oro para la resiliencia sísmica

El aislamiento sísmico es una tecnología probada que le permite a una estructura "bailar" de manera segura con la tierra, en lugar de luchar contra ella. Aislar una estructura cualquiera del movimiento sísmico es la forma más efectiva de proteger, sus contenidos y funcionalidad, y ante todo la vida de sus ocupantes, minimizando las pérdidas asociadas a la suspensión de operaciones y a eventos generadores de responsabilidad.

Imagine que su casa se apoya suavemente sobre un lago congelado sin adherirse a él, cuando se presenta un gran sismo. ¿Aparte de notar alguna vibración menor, cómo sabría qué ocurrió un sismo? La ausencia de una conexión a la tierra, le permitiría al hielo deslizarse horizontalmente sin afectar la casa. Ni usted, ni su casa, ni siquiera una taza de café sobre la mesa experimentarían los movimientos horizontales del terreno. Con este escenario idealizado, explica el concepto de "aislamiento sísmico" el M.Sc. Mason Walters, ingeniero estructural de la firma Forell/Elsesser, de California.

Está claro que la realidad del aislamiento sísmico no es tan ideal, si se tienen en cuenta los límites legales del predio que cada edificación o estructura puede ocupar, lo cual implica tanto restricciones de cuánto se puede mover la estructura aislada durante el evento sísmico de diseño como un mecanismo para que la estructura recupere su ubicación original después del sismo.

El ingeniero Ivan Skinner fue el pionero del aislamiento sísmico. Este eminente ingeniero decía: "Queremos darle a la estructura un suave paseo". Propuso la idea del aislamiento sísmico al final de los años setenta, y todo lo que era requerido para iniciar el proyecto se hizo realidad en la década siguiente. El primer proyecto de diseño con aislamiento sísmico fue el edificio William Clayton en Wellington, Nueva Zelanda.

Cómo funciona

El aislamiento sísmico consiste en reemplazar la conexión directa y rígida entre la estructura y el terreno de apoyo, por un conjunto de apoyos flexibles en el sentido horizontal, que le permiten permanecer sin mayor perturbación, aunque el terreno de apoyo se mueva violentamente. Los apoyos encargados de separar la estructura del terreno se llaman "aisladores", los cuales se diseñan para los requisitos de resistencia, flexibilidad y disipación de energía específicos de cada proyecto. De esta manera, como explica el ingeniero Mario Lafontaine, de la firma chilena René Lago Engineers, en toda obra con solución de aislamiento sísmico existe el denominado plano de aislamiento, que se define como el límite entre lo que está sobre los aisladores (estructura protegida) y lo que está debajo de los aisladores (que se mueve conjuntamente con el terreno). Este plano de aislamiento posibilita un desplazamiento horizontal relativo entre la estructura y el terreno, que cambia las condiciones de dinámica horizontal de la estructura con respecto a las que tendría si se construyera de manera convencional, y permite:

- Que la estructura que está sobre los aisladores quede protegida de desplazamientos relativos grandes entre pisos, que son la principal causa de daños en estructuras convencionales.
- Reducir significativamente la fuerza horizontal en la base y el momento de volcamiento en la estructura aislada, con respecto a la que experimentaría si se construyera de manera convencional, lo cual se traduce en una menor fuerza horizontal de diseño en la base.

- Reducir las aceleraciones en los pisos, que son la causa primordial del daño a los contenidos y a elementos electromecánicos que suplen funciones vitales en ciertas edificaciones.

Las estructuras aisladas requieren algunos detalles en las conexiones de elementos estructurales y no estructurales, tales como:

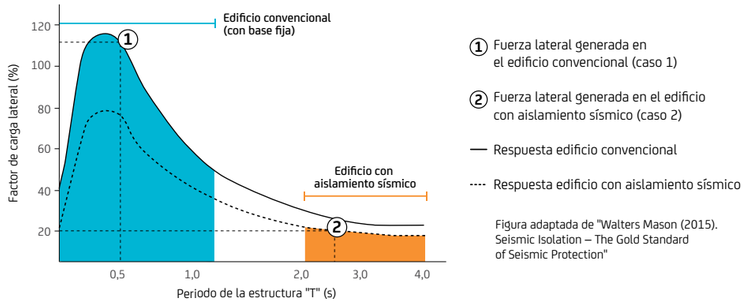
- Las tuberías y cableados deben tener uniones flexibles entre la estructura protegida y lo que está debajo de los aisladores, de tal manera que asuman con holgura el desplazamiento en el plano de aislamiento durante un sismo.
- Las entradas, conexiones entre puentes, escaleras y ascensores deben tener holguras, para evitar que choquen durante el evento sísmico.

Comparativo entre el comportamiento sísmico de un edificio aislado y un edificio convencional (fijo en la base)

↓ CASO 1: EDIFICIO CONVENCIONAL (CON BASE FIJA)

Periodo de la estructura T (s): propiedad de la estructura que depende de sus materiales y características geométricas, y que está relacionada con su forma de vibrar cuando es sometida a un sismo.

Factor de carga lateral (%): es el porcentaje de carga horizontal que llega a la estructura proveniente del sismo.



1 Fuerza lateral generada en el edificio convencional (caso 1)

2 Fuerza lateral generada en el edificio con aislamiento sísmico (caso 2)

— Respuesta edificio convencional

---- Respuesta edificio con aislamiento sísmico

Figura adaptada de "Walters Mason (2015). Seismic Isolation – The Gold Standard of Seismic Protection"

↓ CASO 2: EDIFICIO CON AISLAMIENTO SÍSMICO

Aisladores: elementos claves

El desarrollo de los tipos de aisladores que hacen viable esta tecnología de oro ha evolucionado drásticamente desde su idea inicial. Hoy se comprenden mucho mejor sus propiedades mecánicas, su aplicación práctica y sus características de desempeño real. Adicionalmente, los tamaños, capacidades de desplazamiento y disipación de energía de los aisladores han aumentado considerablemente.

Los requisitos básicos que deben cumplir los aisladores son los siguientes:

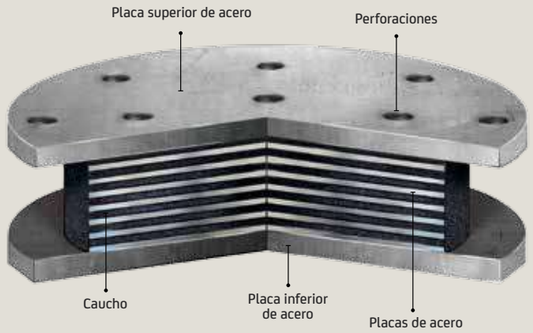
- Aislar la estructura del terreno.
- Soportar el peso de la estructura.
- Amortiguar la respuesta sísmica de la estructura.
- Recuperar la posición original de la estructura después del sismo.

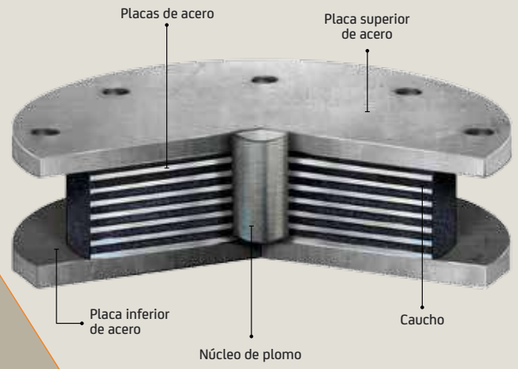
Tipos de aisladores sísmicos

Elastoméricos

Aislador de alto amortiguamiento (HDR)

- Formados por un conjunto de placas de elastómero (caucho) intercalado con láminas de acero, cubierto en sus extremos por dos placas de acero conectadas con la estructura y la cimentación.
- No requiere mecanismos adicionales para regresar a su posición original después de un sismo.
- No tiene partes móviles desprendibles.





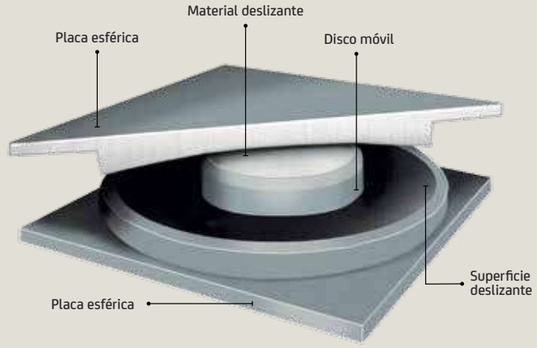
Aisladores con núcleo de plomo (LRB)

- El núcleo de plomo en el centro proporciona mayor capacidad de disipación de energía.
- No requiere mecanismos adicionales para regresar a su posición original después de un sismo.
- No tiene partes móviles desprendibles.

Deslizantes

Deslizante plano

- Disco de teflón que se desliza sobre una placa de acero inoxidable. Se usa como apoyo de elementos livianos por lo que se debe combinar con otros dispositivos.
- Debe estar acompañado de un mecanismo adicional que le permita regresar a su posición inicial después de un sismo.

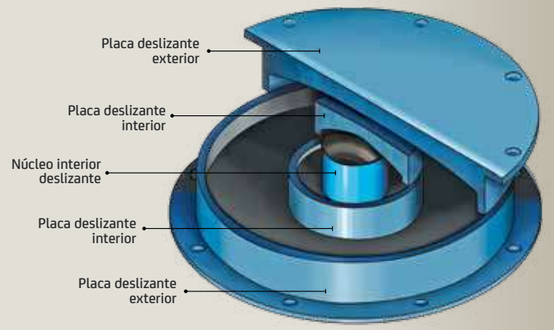


Péndulo de fricción

- Conformado por un patín esférico que se desliza sobre una superficie cóncava generando movimientos de péndulo. La disipación de energía es causada por la fricción entre estos dos elementos.
- No requiere mecanismos adicionales para regresar a su posición original después de un sismo.

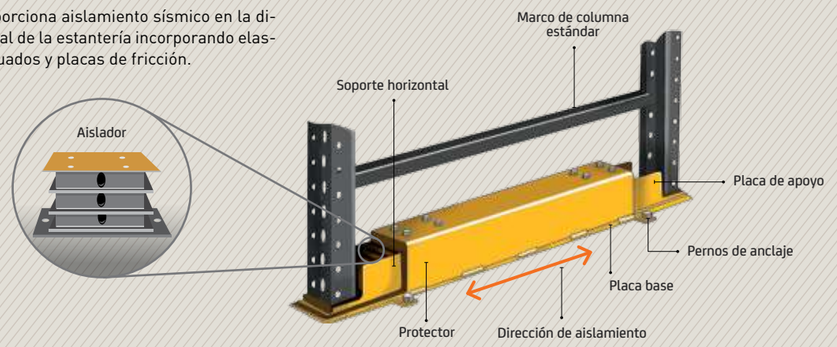
Triple péndulo de fricción

- Conformado por cuatro superficies cóncavas y tres péndulos independientes. La disipación de energía es causada por la fricción entre estos elementos.
- No requiere mecanismos adicionales para regresar a su posición original después de un sismo.



Aisladores para estanterías

- Sistema que proporciona aislamiento sísmico en la dirección transversal de la estantería incorporando elastómeros amortiguados y placas de fricción.



Desarrollo a nivel mundial

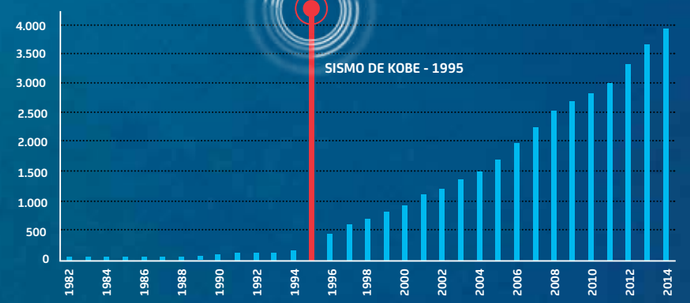
El uso del aislamiento sísmico se ha incrementado marcadamente en diferentes países del mundo, motivado por el buen desempeño de estructuras aisladas durante eventos sísmicos de gran intensidad.

En Japón, esta tecnología se masificó después del devastador sismo de Kobe en 1995, que demostró el excelente desempeño de estructuras aisladas, como es el caso del Instituto de Investigación Técnica Matsumura-Gumi que no tuvo ningún daño. Este auge del aislamiento sísmico en Japón se refleja en que para 2014, este país contaba con aproximadamente 7.800 edificaciones de este tipo (3.942 edificios y 3.858 casas).

De acuerdo con la opinión del profesor José Ignacio Restrepo, Ph.D. de la Universidad de California en San Diego, el crecimiento de estructuras con aislamiento sísmico en Chile es similar al que se presentó en Japón luego del sismo de Kobe (1995), porque después de ocurrido el sismo de Maule en 2010, las pocas estructuras que estaban aisladas se comportaron a la perfección, por ejemplo el Hospital Militar en Santiago, una clínica en Viña del Mar y el muelle sur de Puerto Coronel que no presentaron daños. "Esta situación hizo que las personas se sensibilizaran y se interesaran por implementar la tecnología de aislamiento sísmico, la cual hoy en día ha tomado un gran interés en este país", agrega el profesor José Ignacio Restrepo.

- # Número de estructuras con aislamiento sísmico a 2015
- ▲ Código sísmico con sección específica de aislamiento sísmico
- ⬢ Laboratorios para ensayos de aisladores
- ★ Fabricantes
- ▨ Países que han implementado esta tecnología

Evolución de edificios en Japón con aislamiento sísmico



Aplicaciones

Comportamiento de estructuras que cumplen con filosofía de diseño sismorresistente

- Sin daño en elementos estructurales y no estructurales.
- Sin daño estructural, pero posiblemente con algún daño en elementos no estructurales.
- Daños moderados en elementos estructurales y no estructurales.
- Daños significativos en elementos estructurales y no estructurales, pero sin colapso.

→ **ELEMENTOS ESTRUCTURALES:** elementos encargados de mantener la estabilidad de la estructura frente a las fuerzas a las que pueda estar expuesta durante su vida útil (fuerzas asociadas a su uso, cargas transitorias como sismo y viento).

→ **ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES:** muros divisorios, fachadas, cielos falsos, ventanas, redes, ductos de ventilación, etc.

Comportamiento de contenidos

- Sin daño en contenidos
- Daños menores en contenidos
- Daño significativo en contenidos
- Daño masivo en contenidos

CONTENIDOS: elementos que se encuentran dentro de las edificaciones, como muebles, maquinaria, equipos, estanterías, etc.

Estructuras especiales

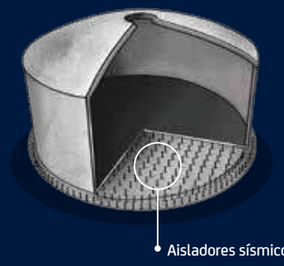
Puertos marítimos

Estanterías

Edificaciones

- Preservación de edificios históricos.
- Continuidad en el desarrollo de operaciones de edificaciones indispensables.
- Protección de la inversión.

Tanques



Puentes y viaductos

- Continuidad en la operación de líneas vitales como puentes y viaductos.
- Reducción de riesgo de explosión en tanques contenedores de líquidos inflamables.
- Baja probabilidad de daño en tanques.

● Protección de la vida ● Continuidad operacional posterior a eventos sísmicos
● Construcción de edificaciones y estructuras especiales ● Rehabilitación de estructuras afectadas por sismos
● Rehabilitación efectiva de estructuras existentes con poca intervención de arquitectura original

Los sistemas de aislamiento sísmico demostraron su eficacia durante el sismo del 11 de marzo de 2011 en Tohoku-oki, con una magnitud 9.0 (M_w), considerado el quinto más grande registrado a nivel mundial y el de mayor duración registrado en la historia de Japón. Durante este evento, las edificaciones construidas con aislamiento sísmico tuvieron un excelente desempeño, como es el caso de un edificio de oficinas en concreto reforzado de nueve pisos ubicado en Sendai, construido en 1981 y rehabilitado en el 2009 mediante la implementación de aisladores sísmicos.

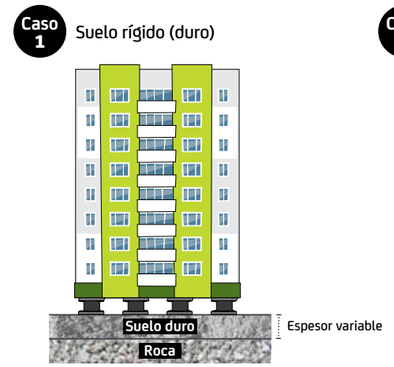
Respecto a las aplicaciones del aislamiento sísmico en edificios, explica el ingeniero René Lagos, "cuando hablamos de suelos rígidos y suelos blandos, de edificios rígidos o edificios flexibles, son todos términos relativos, es decir, el aislamiento sísmico busca concentrar toda la deformación en los aisladores y aumentar el periodo de vibración de la estructura con respecto al que tendría si no estuviera aislada, de tal manera que no se encuentre en el rango donde se ubica la máxima respuesta sísmica del suelo".

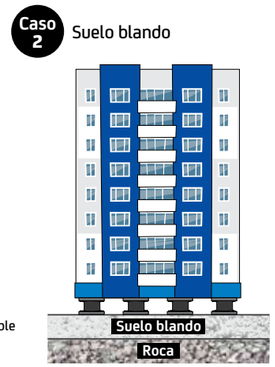
Casos de éxito

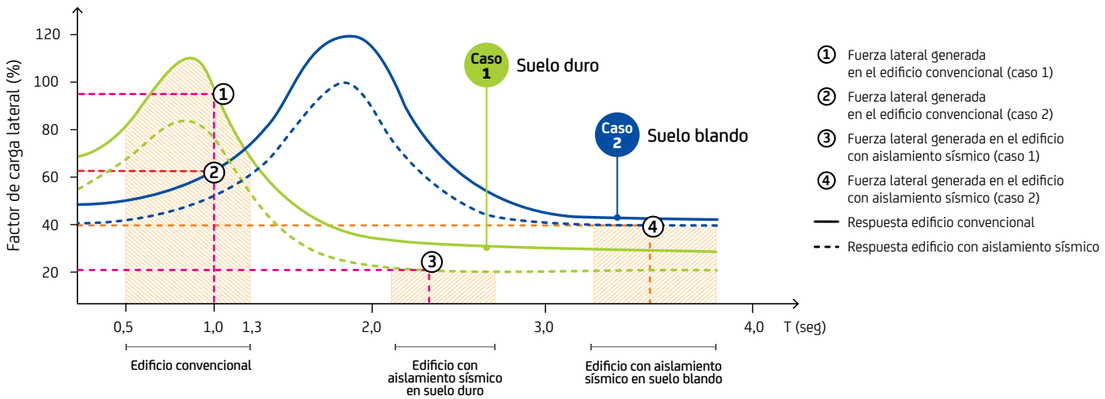
En la actualidad existen muchos tipos de estructuras construidas con aisladores sísmicos en el mundo. Algunos de ellos ya han estado sometidos a eventos sísmicos severos y han tenido un excelente desempeño. Un claro ejemplo es el Hospital USC, que tras el sismo de Northridge en 1994 se mantuvo en operación, porque no tuvo ningún tipo de daños. Por el contrario, el Centro Médico del Condado de Los Ángeles, cuya estructura era convencional y se ubicaba a menos de una milla de distancia del Hospital USC, sufrió daños estimados en 400 millones de dólares y no pudo continuar en funcionamiento después del sismo.

Otro ejemplo de buen desempeño en estructuras con sistemas de aislamiento sísmico es el muelle sur de Puerto Coronel en Chile, el cual se mantuvo en operación después de ocurrido el sismo de Maule el 27 de febrero de 2010. En cambio, algunos de los puertos cercanos a este que no contaban con sistemas de aislamiento, tuvieron fuertes daños relacionados con inclinación de las pilas, fallas en los muros de contención, daños en las conexiones entre las pilas y la losa de cubierta, pérdidas de recubrimiento del concreto, golpeteo con estructuras aledañas, así como también daños en elementos no estructurales como grúas y sistemas de amarre.

Comportamiento de las estructuras según suelo de apoyo







> *Cualquier estructura que requiera continuidad operativa es candidata a usar sistemas de aislamiento sísmico. Por ejemplo, en estructuras industriales el costo de interrumpir la producción por daño tras un sismo es muy alto, lo que motiva el uso de esta tecnología".*
>
> Ingeniero Mario Lafontaine,
> René Lagos Engineers, Chile.

Relación costo - beneficio

El costo del ciclo de vida de una estructura es equivalente al costo total distribuido durante su vida útil esperada, que incluye los costos iniciales de inversión, mantenimiento y reparación, así como también costos asociados a pérdidas ocasionales como las producidas por eventos sísmicos.

La reducción de las pérdidas ocasionales se puede lograr mediante el aislamiento sísmico, lo cual implica un pequeño incremento del costo de inversión inicial, pero una reducción significativa de las pérdidas asociadas a sismo, que se traduce en un menor costo del ciclo de vida de la estructura.

De acuerdo con el ingeniero René Lagos, en Chile los costos iniciales de construcción de una edificación con aisladores son un 2 o 3% mayores que los de una construcción convencional (fija en la base). Estos costos incluyen estudios y diseños de ingeniería, aisladores, conexiones, sistema de vigas debajo del sistema de aislamiento e incremento total en la altura del edificio debido al espacio adicional que queda entre la cimentación y la estructura, el cual puede ser de un metro o más si la estructura es muy esbelta.

Las mayores pérdidas económicas cuantificadas en edificios convencionales luego de un sismo fuerte no están relacionadas solamente con los costos directos asociados con daños en las estructuras, sino también con los costos generados por la interrupción de negocios por periodos de tiempo significativos, los cuales incluyen costos de producción u operación, pérdidas de ingresos y pérdidas de contenidos, entre otros.

Es por esto que el aislamiento sísmico se considera una tecnología de oro, ya que permite incrementar la resiliencia de las personas, organizaciones y comunidades frente a eventos sísmicos, es decir, genera capacidad de afrontar, adaptarse y recuperarse de manera eficiente, permitiendo continuidad de operaciones y reducción de pérdidas directas e indirectas.

Costo del ciclo de vida de estructuras con aislamiento sísmico

Fase	Incremento de costos	Reducción de costos/pérdidas
INVERSIÓN INICIAL	✓ Sistemas de aislamiento sísmico ✓ Detalles de arquitectura para incorporar el sistema de aislamiento ✓ Detalles mecánicos y eléctricos especiales ✓ Costos de diseño adicionales	✓ Ahorros asociados a reducción de especificaciones técnicas en elementos estructurales y no estructurales, de acuerdo con la norma sismorresistente de cada país
POSTSISMO		✓ Reducción de pérdidas asociadas a daños estructurales y no estructurales ✓ Reducción de pérdidas de contenidos ✓ Reducción de pérdidas de ingresos y utilidad del negocio ✓ Reducción de posibles eventos generadores de responsabilidad ✓ Protección de imagen y marca

FUENTES

José Ignacio Restrepo
Profesor de la Universidad de California en San Diego y profesor de la Escuela de Reducción del Riesgo Sísmico (Rose School) en Pavía, Italia. El profesor Restrepo es ingeniero civil egresado de la Universidad de Medellín e hizo estudios de doctorado (Ph.D.) en Ingeniería Sísmica en la Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda. Actualmente se dedica al desarrollo de metodologías para reducción de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, puentes y puertos. Fue el ingeniero líder del diseño del simulador sísmico de mayor envergadura en Estados Unidos y allí ha realizado una serie de pruebas a escala natural o gran escala de estructuras civiles y edificaciones. Sus trabajos de investigación han sido galardonados con varios premios, entre ellos el Chester Paul Siess, del Instituto Americano del Concreto (ACI) y los premios Alfred Noble y Charles Pankow de Innovación, de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE).

Mario Lafontaine
Ingeniero civil de la Universidad de Chile, vinculado desde 2008 en la empresa René Lagos Engineers, actualmente es director de nuevas tecnologías.

René Lagos
Ingeniero civil de la Universidad de Chile, socio y gerente general - CEO de René Lagos Engineers, empresa responsable del cálculo estructural de más de 1.700 obras. Hasta mayo de 2015 fue presidente de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales de Chile.

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Brunet, S. *et al.* (2012). Performance of Port Facilities in Southern Chile during the 27 February 2010 Maule Earthquake. *Earthquake Spectra*, Volume 28, No. S1, pages S553–S579, Earthquake Engineering Research Institute.
- Chen, M., Restrepo J.I. *et al.* (2016). Full Scale Structural and Nonstructural Building System Performance during Earthquakes: Part I – Specimen Description, Test Protocol, and Structural Response. *Earthquake Spectra,* Volume 32, No. 2, pages 737-770, Earthquake Engineering Research Institute.
- Dang, Y., Han, J.P. Li, Y.T., *et al.* (2015). Analysis of the Seismic Performance of Isolated Buildings according to Life-Cycle Cost. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4299562/#.
- Federal Emergency Management Agency, FEMA (2012). *Seismic Performance Assessment of Buildings,* Volume 1 – Methodology, FEMA P-58-1.
- Japan Society of Seismic Isolation, JSSI. http://www.jssi.or.jp/english/aboutus/doc/SI_data_2016.pdf.
- Kasai, K. *et al.* (2013). Performance of Seismic Protection Technologies during the 2011 Tohoku-Oki Earthquake. *Earthquake Spectra,* Volume 29, No. S1, pages S265-S293, Earthquake Engineering Research Institute.
- Kelly, T. E. Skinner, R. I. y Robinson, W. H. (2010). *Seismic isolation for designers and structural engineers. Robinson Seismic Ltd. Holmes Consulting Group.*
- Lagos, R. *et al.,* (2017). Seismic isolation of the Nunoa capital building, the tallest base isolated building in the Americas. 16th World Conference on Earthquake Engineering, 16WCEE 2017, *Paper* N° 2070.
- Leiva, P., Aguilar, R. (2017). Análisis no lineal del aislador de triple péndulo de fricción mediante el modelo tri-lineal. Revista *CIENCIA.* Vol. 19, 1, 95-119.
- Martelli, A., Forni, M. (2010). Seismic isolation and other antiseismic systems: recent applications in Italy and worldwide. *Seismic Isolation and Protection Systems,* 1(1), 75-123.
- Mayes R. *et al.* (2012). Using Seismic Isolation and Energy Dissipation to Create Earthquake-Resilient Buildings. 2012 NZSEE Conference, *Paper* N° 093.
- Michael, R. (2013). Design and development of a seismic isolation system for commercial storage racks. Case Western Reserve University.
- Robinson, W. H. y Tucker, A. G. (1981). Test results for lead-rubber bearings for WM. Clayton building, Toe Toe bridge and Waiotukupuna bridge. *Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering,* 14(1), pp.21-33.
- Saito, T. (2015). Behavior of response controlled and seismically isolated buildings during severe earthquakes in Japan. *Research & development. ENEA Magazine, Energia, Ambiente e Innovazione.* http://www.enea.it/it/pubblicazioni/pdf-eai/n-5-settembre-ottobre-2015/eai-5-2015.pdf.
- Symans, M. Seismic protective systems: seismic isolation. Recuperado de: http://www.ce.memphis.edu/7119/PDFs/FEAM_Notes/Topic15-7-SeismicIsolationNotes.pdf.
- Walters M. (2015). Seismic Isolation – The Gold Standard of Seismic Protection. *STRUCTURE magazine.* http://www.structuremag.org/?p=8770.

Inundaciones fluviales: estimación y control

Las inundaciones forman parte del ciclo natural del agua y traen consigo grandes beneficios ambientales como recargar los acuíferos, crear ambientes propicios para los ecosistemas, fertilizar los suelos y aliviar los excesos de caudal de una creciente, evitando inundaciones aguas abajo del lugar donde ocurren. Sin embargo, es necesario gestionar adecuadamente sus riesgos asociados, ya que representan uno de los fenómenos naturales más frecuentes.

Naturaleza y causas

Las inundaciones son, posiblemente, los fenómenos más recurrentes en la naturaleza, y pueden desencadenarse debido a múltiples factores de origen natural como tormentas tropicales, tsunamis, fenómenos macroclimáticos de gran escala como el ENSO (El Niño Oscilación del Sur), principalmente en sus fases El Niño y La Niña, y lluvias torrenciales generadas por la dinámica climática local. Dependiendo de su origen, las inundaciones pueden clasificarse principalmente en costeras, pluviales y fluviales.

Inundaciones costeras: asociadas al incremento del oleaje debido a otro tipo de fenómenos naturales como tsunamis y marejadas ciclónicas, estas últimas ocasionadas cuando la trayectoria y velocidad de los vientos de un ciclón tropical incrementan la altura del oleaje sobre suelos continentales, inundando zonas cercanas a las costas.

Inundaciones pluviales: relacionadas con la insuficiencia en la capacidad de evacuación de las redes de aguas lluvias, ya sea por errores en los diseños o en la construcción del sistema, o por la ocurrencia de precipitaciones extraordinarias que superan los parámetros de diseño.

Inundaciones fluviales: están asociadas al desbordamiento del flujo en corrientes naturales, debido al tránsito de crecientes que exceden la capacidad hidráulica del canal natural. Se generan cuando un volumen considerable de agua, proveniente de las lluvias, o de los procesos de deshielo, llega a las corrientes principales de las cuencas hídricas a una velocidad tal, que supera la capacidad de los cauces para transitar el flujo.

Existen otros tipos de mecanismos naturales que pueden incidir en la ocurrencia de inundaciones, como deslizamientos inducidos por sismos o por lluvias torrenciales en zonas con suelos inestables de alta pendiente.

Cuando los deslizamientos ocurren sobre la ladera de una corriente, el cauce puede obstruirse debido al volumen de suelo y roca desplazado que forma una presa natural. Esta estructura puede fallar posteriormente, haciendo que el volumen de agua represado aguas arriba sea liberado de manera súbita, viajando aguas abajo con una alta concentración de sólidos provenientes del material del deslizamiento.

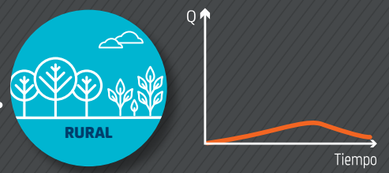
Formación de la escorrentía

Las inundaciones fluviales pueden clasificarse en lentas y rápidas.

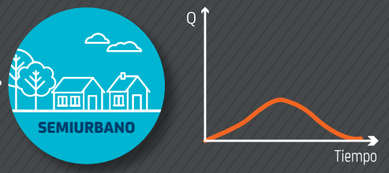
Una cuenca hídrica se define como una porción de la superficie terrestre que es drenada por una corriente superficial y sus afluentes. Los límites que definen las cuencas hídricas se denominan divisorias.

Divisoria de la cuenca

Las hidrógrafas son la representación gráfica del comportamiento de una creciente de un río en función del tiempo. Cambian dependiendo de ciertas variables geomorfológicas o del grado de intervención humana en la cuenca.



Las inundaciones lentas típicamente se presentan en cuencas hídricas de gran extensión y baja pendiente, cuyos usos del suelo, además, no han sido tan intervenidos, por lo que la cuenca de drenaje tiene la capacidad de amortiguar la creciente.



Las inundaciones rápidas suelen presentarse en zonas ampliamente intervenidas, donde la urbanización, los techos de las edificaciones o la forma de las cuencas de drenaje hacen que la escorrentía llegue rápidamente al cauce natural, por lo que la cuenca no tiene tanta capacidad de amortiguamiento de la creciente.

Q = Caudal

Los cambios en los usos de suelo a causa de procesos de urbanización y deforestación son factores determinantes de origen humano que pueden incidir en el potencial de inundación natural de las corrientes, debido a que reducen la capacidad de infiltración del agua lluvia en el suelo.

Estimación de zonas con potencial de inundación: escala regional y local

Existen básicamente tres aproximaciones diferentes para estimar el potencial de inundación de un río sobre un tramo específico en su cuenca hídrica. Cada aproximación tiene ventajas y limitaciones frente a las otras, y su elección depende de la escala espacial (regional o local) de interés, la necesidad puntual del estudio y el nivel de detalle deseado, garantizando en todos los casos la validez de la aproximación seleccionada para la región específica que se va a analizar, como explica el M.Sc. Jaime Trujillo.

> *Es importante garantizar el uso de modelos físicos validados en nuestro medio para la estimación de zonas con potencial de inundación".*
>
> M.Sc. Jaime Trujillo, experto en hidrología e hidráulica

APROXIMACIONES GEOMORFOLÓGICAS

Características: Permiten realizar análisis a una mayor escala espacial.

Debido al tipo de información requerida, su análisis es económico y rápido.

Fuentes: Topografía regional obtenida a partir de sensores remotos como satélites.

Registros de niveles fluviales históricos.

Usos: Estudios regionales de inundación.

Estudios de planificación y desarrollo urbano.

Validación de estudios hidrológicos e hidráulicos.

Análisis de prefactibilidad de diseño de obras de control de inundaciones.

Limitaciones: Solo es posible obtener manchas de inundación aproximadas.

No son aptos para diseño detallado de obras hidráulicas.

RECONSTRUCCIONES DE GRANDES INUNDACIONES RECIENTES

Características: Permiten determinar zonas inundables en función de la ocurrencia de eventos recientes.

Fuentes: Fotografías aéreas tomadas de zonas inundadas a partir de satélites, vuelos tripulados o drones.

Usos: Estudios regionales de inundación.

Estudios de planificación y desarrollo urbano.

Validación de estudios hidrológicos e hidráulicos.

Limitaciones: Por sí solas no permiten asociar la zona afectada a la recurrencia del evento.

No es posible identificar el potencial de inundación en zonas no afectadas por los eventos históricos, como es el caso del asociado a eventos con una menor probabilidad de excedencia.

MODELOS MATEMÁTICOS

Características: Representan las condiciones físicas que dan lugar a los procesos que originan las inundaciones fluviales.

Permiten obtener parámetros claves para el diseño de obras hidráulicas, como la velocidad y profundidad del flujo.

Es la aproximación que permite obtener resultados con un mejor nivel de detalle.

Fuentes: Levantamiento topográfico del cauce y de las llanuras de inundación.

Registros históricos de información hidrométrica de la corriente que se va a analizar.

Usos: Estudios de detalle para el diseño de obras hidráulicas.

Estudios de planificación y desarrollo urbano.

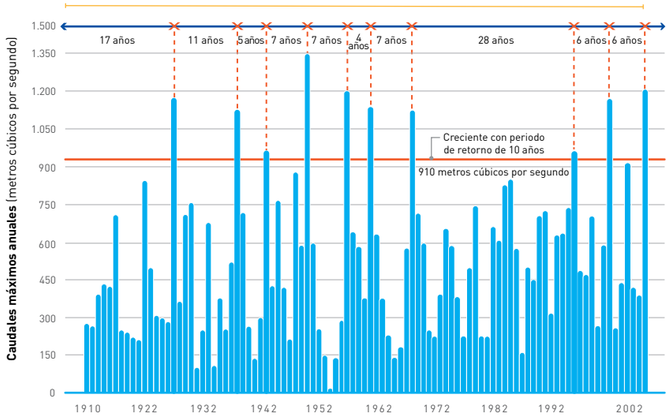
Estimación de la frecuencia de las inundaciones

En el lenguaje de ingeniería relacionado con análisis hidrológicos e hidráulicos es común usar la expresión "periodo de retorno" para hacer referencia a la probabilidad de ocurrencia de una creciente de cierta magnitud. ¿Qué significa esto? El concepto de "periodo de retorno" puede ser confuso a menudo, ya que suele malinterpretarse como la recurrencia exacta de una creciente en un periodo de tiempo específico. A manera de ejemplo, cuando hablamos de una creciente con un periodo de retorno de 100 años, creemos estar haciendo referencia a un evento que ocurre una vez cada 100 años, lo cual no es totalmente cierto.

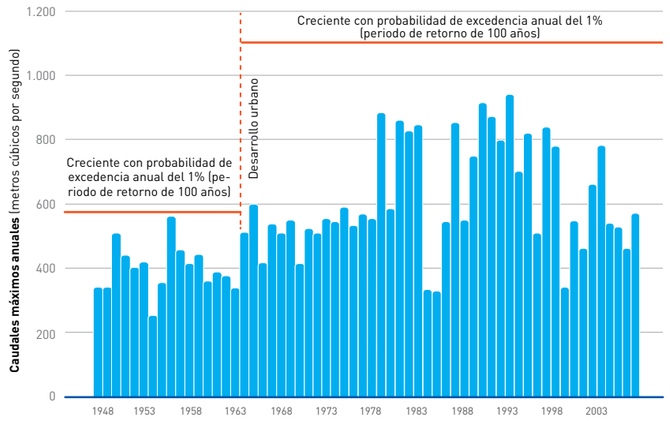
Realmente, el periodo de retorno es una estimación del intervalo promedio de ocurrencia de una creciente superior o igual a cierta magnitud. Así, por ejemplo, cuando hablamos de crecientes con periodos de retorno de 10 años, nos referimos a que cuando promediamos los intervalos de tiempo en que se presentaron eventos de igual o mayor magnitud, obtenemos un intervalo promedio de ocurrencia de aproximadamente 10 años. Sin embargo es posible que ocurra más de un evento de igual o mayor magnitud en un periodo de tiempo menor.

Esto significa que una creciente con un periodo de retorno de 100 años tiene una probabilidad del 1% de ser igualada o excedida en un año cualquiera, y una creciente con un periodo de retorno de 50 años tiene una probabilidad del 2% de ser igualada o excedida en cualquier año.

Una creciente con una probabilidad de excedencia anual del 10% (periodo de retorno de 10 años) tiene una recurrencia promedio a largo plazo de 10 años. Sin embargo, pueden presentarse eventos de esta magnitud en periodos mucho menores.



La estimación de la probabilidad de excedencia anual de una creciente depende de factores como la cantidad y calidad de registros históricos, usos del suelo en la cuenca y de la existencia de obras hidráulicas sobre las corrientes, por lo que deben ser recalculados periódicamente.



La probabilidad de ocurrencia de una creciente aumenta cuando se considera un tiempo de exposición mayor a un año. A manera de ejemplo, una creciente con periodo de retorno de 100 años aumenta su probabilidad de excedencia anual del 1% al 18% al considerar un periodo de exposición de 20 años.

> *"La adopción del periodo de retorno para el diseño de obras estructurales pensadas para el control de inundaciones, depende de las características y el valor económico de los bienes expuestos".*
>
> M.Sc. Jaime Trujillo, experto en hidrología e hidráulica.

PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

En la década de 1960, el Gobierno de los Estados Unidos adoptó una probabilidad de excedencia anual de 1 en 100 (periodo de retorno de 100 años) como base para la definición del Programa Nacional de Seguros por Inundación. Desde entonces hasta ahora, esta probabilidad fue adoptada ampliamente en diferentes países para el diseño de obras de protección y planificación territorial. Recientemente, se consideran probabilidades de excedencia anual más bajas, de 1 en 500 (0,2% o periodo de retorno de 500 años), con el fin de reducir la tolerancia al riesgo y optimizar las protecciones contra inundaciones debido a su potencial de afectación y a su frecuencia creciente en las últimas décadas.

Medidas para el control y la mitigación de inundaciones

Existen diferentes situaciones en las que es inevitable ocupar zonas que presenten algún potencial de inundación. La manera como se estructuran algunos centros poblados, o simplemente los requerimientos específicos asociados a las actividades realizadas por algunos tipos de industrias, son ejemplos de ello. Por esta razón, es muy importante entender la amenaza de inundación y de esta manera realizar la gestión de las acciones tendientes a mitigarla.

Quizás el mecanismo más eficaz para controlar la amenaza por inundaciones en centros poblados es mediante los instrumentos de planificación urbana, los cuales sirven para definir y restringir los usos del suelo en una zona urbana o rural a partir de sus aptitudes y diferentes niveles de riesgo. Sin embargo, es posible encontrar zonas que aun con este primer control por parte de las entidades gubernamentales, presentan un riesgo de inundación fluvial importante. ¿Qué hacer entonces?

Existen diferentes medidas estructurales y no estructurales para mitigar la amenaza por inundación de aquellas zonas que podrían verse afectadas ante un evento de esta naturaleza.

Las medidas estructurales están orientadas a la definición, diseño y construcción de obras civiles que permitan mitigar la amenaza una vez esta se materializa. Jarillones, terraplenes, diques, muros de contención, presas, reservorios, dragados del cauce y canalizaciones son algunas de las medidas estructurales que bajo una concepción adecuada, uso de los materiales adecuados y un proceso constructivo correcto pueden ser determinantes en la mitigación del riesgo. Adicionalmente, existen otro tipo de medidas complementarias que pueden garantizar la resiliencia de aquellas instalaciones ubicadas en zonas con determinado riesgo por inundación, como la distribución y disposición en altura de paneles eléctricos, la instalación de válvulas antirretorno en los sistemas de desagüe, y el uso de materiales resistentes al contacto con el agua durante largos periodos de tiempo.

Por otra parte, las medidas no estructurales se enfocan en la gestión del riesgo asociado a este tipo de fenómenos. Hacen parte de este tipo de medidas los estudios de evaluación de amenaza por inundación, los instrumentos de planificación urbana, las campañas de sensibilización en zonas de protección ambiental, los sistemas de monitoreo y pronóstico de inundaciones fluviales y la elaboración de planes de acción y contingencia.

Metodología GTR para la evaluación de amenaza por inundación en instalaciones

Suramericana realiza un acompañamiento integral a sus clientes para la evaluación y gestión de la amenaza por inundación de sus instalaciones en el marco del modelo de negocio de Gestión de Tendencias y Riesgos (GTR). Dicho acompañamiento se realiza mediante una metodología que comprende cinco etapas, en las que es posible priorizar las instalaciones que presentan una mayor amenaza y/o vulnerabilidad por inundación, permitiendo, además, profundizar en el nivel de detalle de los análisis a medida que se avanza en cada una de estas fases.

FASE 0

Análisis regional de la amenaza

Priorización de la amenaza regional por inundación a partir de la localización, distancia y diferencia altimétrica de las instalaciones respecto a las corrientes más cercanas.

FASE 1

Evaluación de la vulnerabilidad

Análisis de la vulnerabilidad de las instalaciones críticas a partir de estudios regionales, configuración estructural de cada instalación y existencia de obras de protección.

FASE 2

Análisis detallado de la amenaza

Estimación detallada de la amenaza de inundación a partir de análisis hidrológicos e hidráulicos de las corrientes superficiales más críticas.

FASE 3

Acompañamiento etapa de diseño

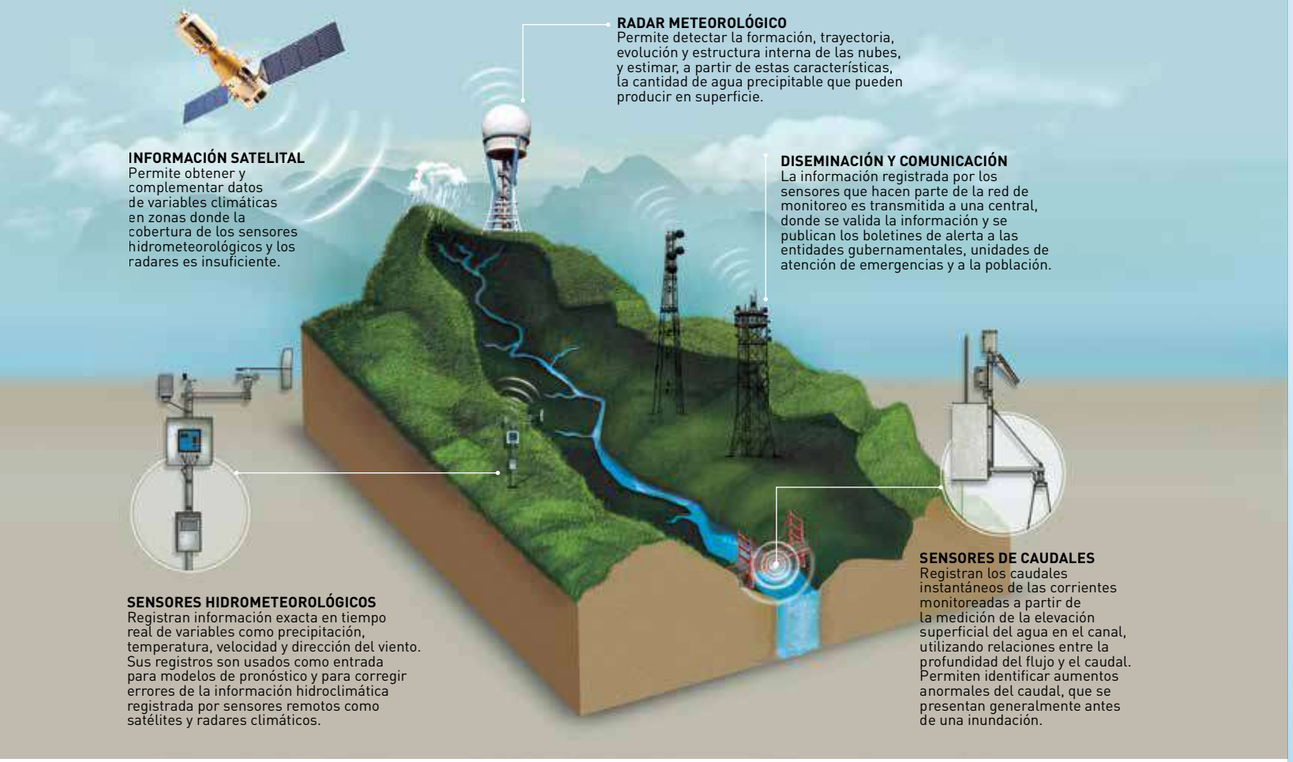
Acompañamiento durante la etapa de diseño hidráulico, estructural y geotécnico de alternativas para las obras de control de inundaciones.

FASE 4

Acompañamiento en construcción

Asesoría en trámites de permisos ambientales y verificación de materiales usados y procesos constructivos acorde con los diseños, durante la ejecución de la obra.

Componentes de un sistema de alerta temprana para inundaciones



Monitoreo y pronóstico

Conocer los mecanismos de monitoreo de variables hidrométricas relacionadas con inundaciones y estar informado sobre los pronósticos de inundación a corto y mediano plazo constituye un aspecto clave para la adecuada gestión del riesgo por parte de las entidades gubernamentales, así como para los tomadores de decisiones en las empresas, pues el conocimiento de esta información puede ser determinante para salvaguardar la vida de las personas, disminuir el impacto económico y material, y garantizar la continuidad de los negocios.

Gracias a los avances tecnológicos relacionados con la telemetría ha sido posible sacar provecho de información obtenida de satélites, radares y otro tipo de sensores hidrométricos, con el fin de realizar el monitoreo de variables físicas inherentes a las inundaciones como precipitación, humedad del suelo, niveles y caudales de los ríos, lo cual permite anticiparse a la ocurrencia de este tipo de fenómenos.

El acople de estos sistemas de monitoreo constituye la base de los sistemas de alerta temprana, los cuales se encuentran comúnmente en cuencas hídricas donde existe un alto índice de ocupación urbana, y son los encargados de procesar la información capturada por los sensores y emitir alertas sobre la amenaza de desbordamientos de los ríos. Generalmente están integrados a los servicios hidrológicos y meteorológicos nacionales y locales.

Adicionalmente a las alertas emitidas por los sistemas de alerta temprana, la incidencia de ciertos fenómenos meteorológicos de macroescala[1] sobre el comportamiento climático regional y la posibilidad de monitorear estos fenómenos, permiten tomar medidas para estar preparados al conocer sus consecuencias a nivel regional. Un ejemplo de esto es la ocurrencia de El Niño Oscilación del Sur en cualquiera de sus dos fases extremas: El Niño y La Niña, las cuales pueden generar lluvias persistentes por un largo periodo de tiempo, dependiente de la región geográfica. Este fenómeno macroclimático presenta sus primeras señales en el océano Pacífico ecuatorial antes de que sus consecuencias se perciban en tierra, por lo que es posible monitorear su estado actual y su futuro impacto por medio de índices como el SOI (Índice de Oscilación del Sur) o el MEI (Índice Multivariado del ENSO) y de los boletines emitidos por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA).

1 Un fenómeno meteorológico de macroescala comprende el clima de vastas zonas geográficas, continentes y el mundo entero. Organización Meteorológica Mundial, 2011.

Otro ejemplo relacionado con el monitoreo de variables y fenómenos de macroescala que permiten anticiparnos a la ocurrencia de inundaciones, es el realizado por el Centro Nacional de Huracanes de la NOAA de las trayectorias y características principales de los ciclones tropicales que ocurren en las cuencas del Atlántico norte y el Pacífico este. Además de otro tipo de amenazas que tienen asociadas como la velocidad de sus vientos y las marejadas ciclónicas, fenómenos atmosféricos de este tipo traen consigo lluvias torrenciales, caracterizadas por la precipitación de un alto volumen de agua en un periodo muy corto de tiempo. Por tanto, pueden generar inundaciones rápidas en las zonas geográficas más cercanas a sus trayectorias, mientras que en las regiones más alejadas pueden ocasionar largos periodos de precipitación debido a la humedad que transporta este tipo de sistemas, causando inundaciones.

Entre las principales funciones de los servicios hidrológicos y meteorológicos nacionales se encuentra la realización de pronósticos operacionales para estimar la probabilidad de ocurrencia de inundaciones de una corriente determinada. Este tipo de pronósticos se elabora para horizontes temporales de hasta seis meses, para garantizar una incertidumbre razonable en los resultados, y se estima a partir de modelos hidrológicos conceptuales, los cuales corresponden a una representación matemática de la respuesta hídrica de una cuenca, ante las variables que intervienen en los procesos de generación de escorrentía (precipitación, evapotranspiración y humedad del suelo). Esta información, que debe estimar el rango probabilístico de los caudales del río analizado en la ventana de pronóstico, es tomada a partir de información histórica o de los resultados obtenidos de modelos atmosféricos dinámicos, que permiten estimar la precipitación esperada en la misma ventana temporal en la que se pretende hacer el pronóstico de inundación.

Esté informado

Estos son los principales servicios hidrológicos y meteorológicos nacionales en América Latina.

FUENTES

Jaime Trujillo D.

Ingeniero civil y M.Sc. en Ciencias de la Universidad de Misisipi. Ha sido jefe del área de hidrometría e instrumentación de Empresas Públicas de Medellín (EPM) y docente e investigador en las universidades de Misisipi, Eafit y Escuela de Ingeniería de Antioquia.

Juan Pablo Restrepo

Ingeniero civil y especialista en Recursos Hidráulicos de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado en consultoría en estudios hidrológicos para el diseño y dimensionamiento de centrales hidroeléctricas, y actualmente se desempeña en el área de Geociencias, realizando estudios hidrológicos e hidráulicos.

REFERENCIAS

- Agencia Federal de los Estados Unidos para el Manejo de Emergencias (FEMA). https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/13261?id=3262.
- Butler, D., & Davies, J. (2004). *Urban drainage.* CRC Press.
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos. http://www.nwp.usace.army.mil/Missions/Emergency/Before.aspx.
- Holmes Jr, R. R. & Dinicola, K. (2010). *100-Year Flood-It's All About Chance* (No. 106). US Geological Survey.
- Maza Álvarez, J. A. & García Flores, M. (1996). *Manual de Ingeniería de ríos.* Series del Instituto de Ingeniería, 584.
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física. Pearson Educación.*

Deslizamientos inducidos por sismos. Una realidad

Los deslizamientos ocurren normalmente en diversos puntos geográficos como parte de la evolución natural del paisaje. Muchos tienen lugar en laderas naturales, pero también se presentan en taludes construidos por el hombre. Sus causas varían, pero un porcentaje importante de ellos se genera por la ocurrencia de eventos sísmicos. Cuando hay un sismo, los movimientos del terreno producidos por este son, con frecuencia, suficientes para causar la falla de laderas o taludes que antes estaban en condiciones marginalmente estables o moderadamente estables. Los daños asociados pueden variar desde insignificantes hasta cientos de grandes deslizamientos dependiendo de la geometría y las características de los materiales de las laderas.

¿Puede un evento sísmico inducir deslizamientos?

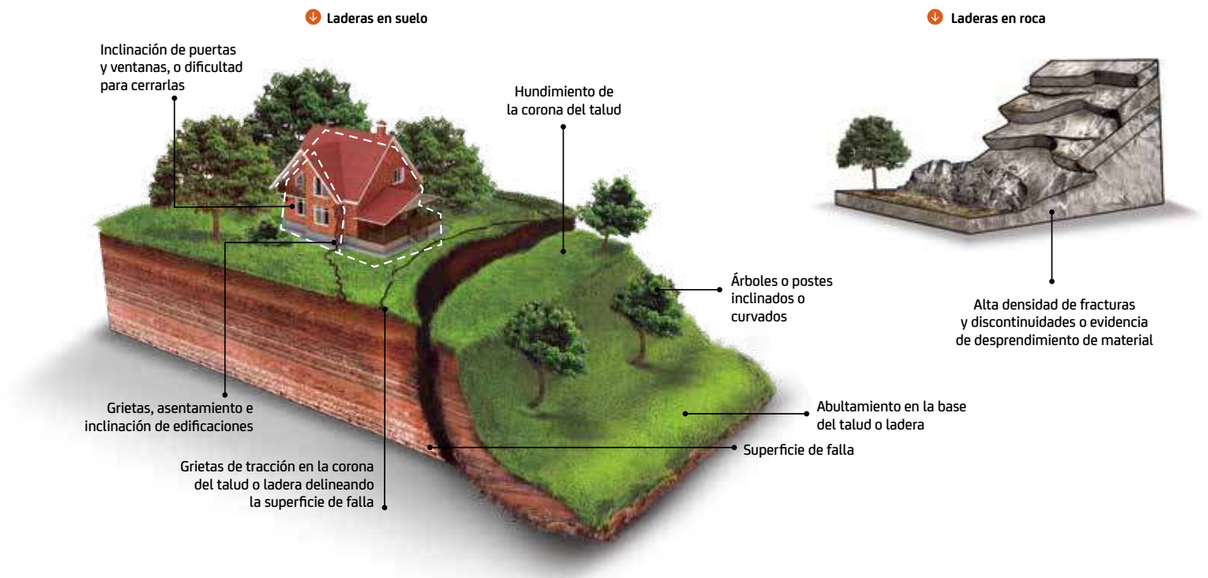
Para responder a esta pregunta es necesario conocer cuáles son los factores que controlan la susceptibilidad al deslizamiento de una ladera o talud, así como los efectos que generan las ondas sísmicas. Los registros históricos de deslizamientos inducidos por sismo son evidencias muy útiles para entender sus mecanismos de ocurrencia y por ende para identificar las acciones más eficientes para su mitigación.

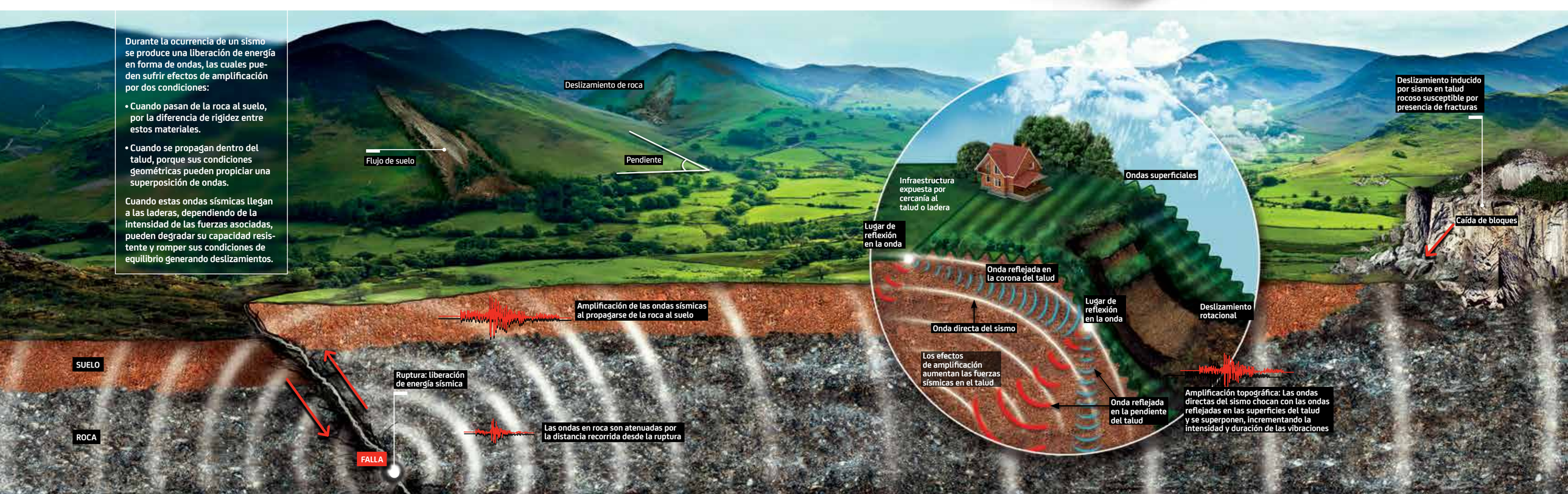
Factores que inciden en la susceptibilidad al deslizamiento de una ladera o talud

El potencial de deslizamiento de una ladera depende de muchos factores, entre los que se destacan sus condiciones geológicas e hidrológicas, usos del suelo, topografía (altura, pendientes y dirección de las pendientes), clima, características de resistencia del perfil de suelo o roca y contenido de humedad. Cuando existe una combinación desfavorable de estos factores, el terreno es propenso a deslizarse. Sin embargo, una serie de factores externos como eventos sísmicos, lluvias intensas y actividades humanas como la deforestación, la agricultura y la construcción de infraestructura, pueden ser disparadores de fenómenos de deslizamiento.

Indicadores de inestabilidad

Es importante tener en cuenta algunos indicadores de inestabilidad de un talud o ladera, que si no se gestionan adecuadamente podrían desencadenar un deslizamiento. Las zonas donde se presentan dichas manifestaciones son más propensas a deslizarse cuando ocurre un evento sísmico.



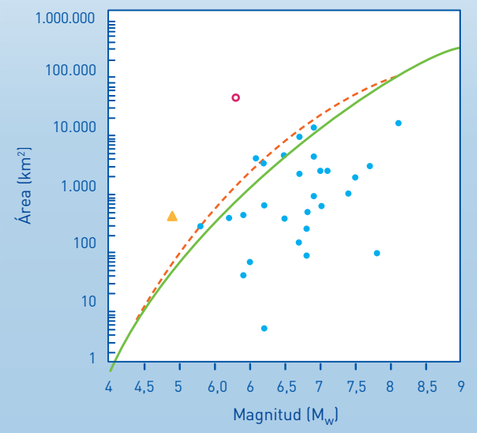


Algunas evidencias históricas de deslizamientos inducidos por sismos

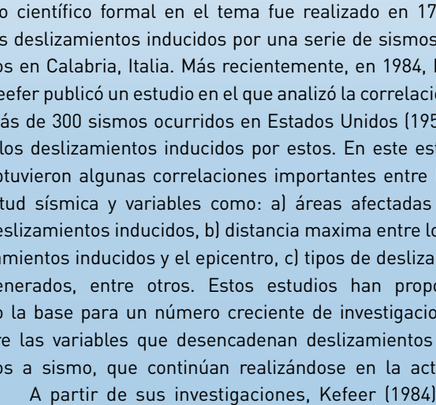
Diversas investigaciones han estudiado los deslizamientos inducidos por sismos a través de la historia. El primer estudio científico formal en el tema fue realizado en 1783 para los deslizamientos inducidos por una serie de sismos ocurridos en Calabria, Italia. Más recientemente, en 1984, David K. Keefer publicó un estudio en el que analizó la correlación entre más de 300 sismos ocurridos en Estados Unidos (1958-1980) y los deslizamientos inducidos por estos. En este estudio se obtuvieron algunas correlaciones importantes entre la magnitud sísmica y variables como: a) áreas afectadas por los deslizamientos inducidos, b) distancia maxima entre los deslizamientos inducidos y el epicentro, c) tipos de deslizamientos generados, entre otros. Estos estudios han proporcionado la base para un número creciente de investigaciones sobre las variables que desencadenan deslizamientos asociados a sismo, que continúan realizándose en la actualidad.

A partir de sus investigaciones, Kefeer (1984) propuso una primera gráfica para la estimación de las áreas potencialmente afectadas por deslizamientos para diferentes magnitudes sísmicas (línea continua del gráfico). Posteriormente, estudios complementarios, realizados por Rodríguez *et al.* (1999) y Keefer (2002), mostraron áreas mayores de deslizamientos inducidos por sismos en relación con la magnitud del evento (línea discontinua). Las curvas representan el límite máximo para todos los datos analizados de sismos reales y no un ajuste estadístico de los mismos. Se aprecia que algunas áreas afectadas por deslizamientos inducidos por sismos exceden los límites establecidos por los diferentes autores.

Área afectada por deslizamientos (km²)



- Límite superior de las áreas afectadas por deslizamientos de acuerdo con Rodríguez *et al.* (1999)
- Límite superior de la áreas afectadas por deslizamientos de acuerdo con Keefer (1984)
- Sismo de Peria, Nueva Zelanda (1963)
- Sismo de Saguenay, Quebec (1988)
- Datos reportados por Rodríguez *et al.* (1999), usando la Magnitud de Momento (M_w)



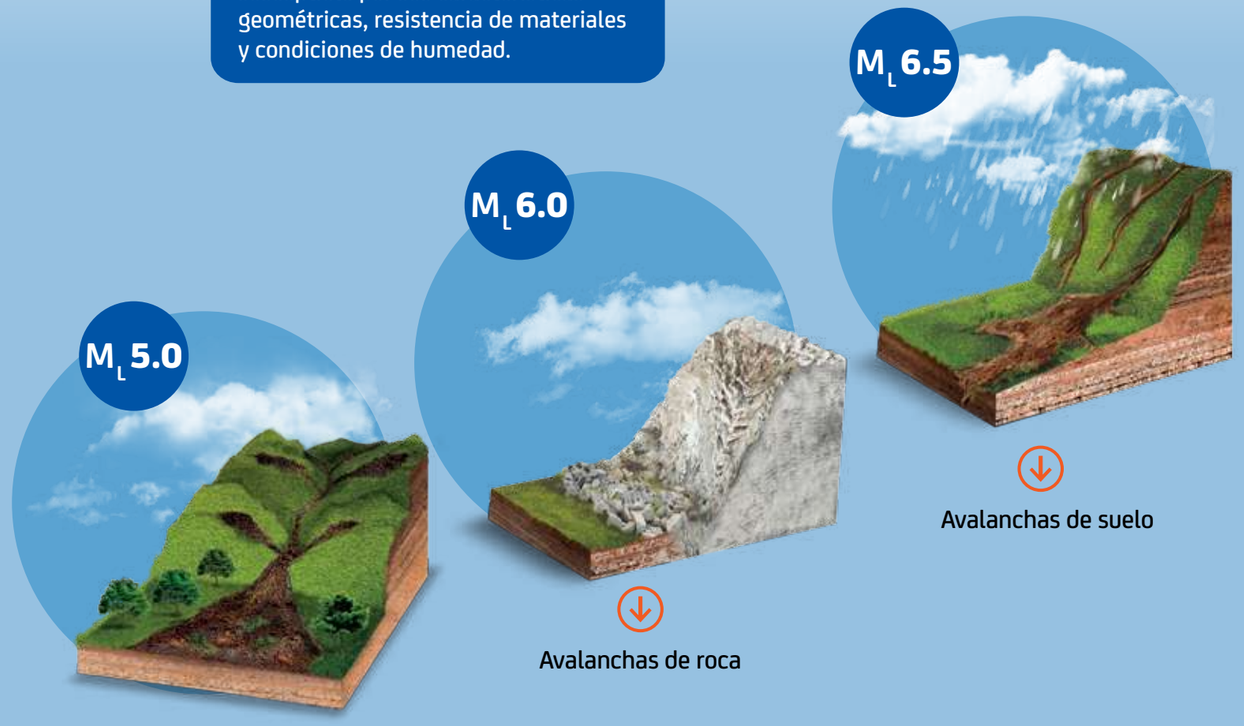
Caídas de roca, deslizamientos de roca, caídas de suelo

Deslizamientos rotacionales, traslacionales y bloques de suelo

(En la gráfica se representa el deslizamiento rotacional)

M_L Magnitud local Richter

Incluso sismos de baja magnitud pueden generar deslizamientos en una ladera susceptible por sus características geométricas, resistencia de materiales y condiciones de humedad.



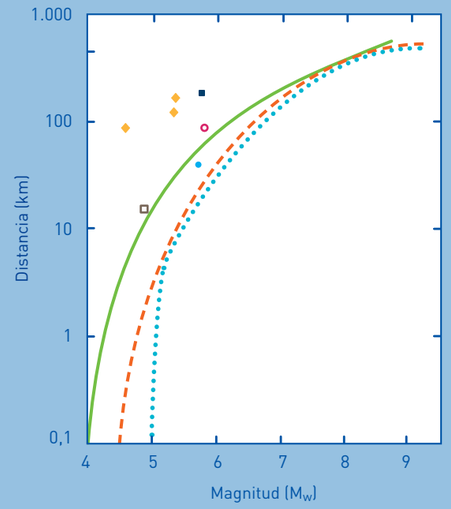
Avalanchas de suelo

Avalanchas de roca

Flujos de suelo y efectos de corrimiento lateral

La distancia epicentral máxima entre sismos históricos y las laderas en las que han inducido deslizamientos,varía de acuerdo con el tipo de deslizamiento (Keefer, 1984). Las curvas representan el límite máximo para diferentes grupos de sismos analizados y no un ajuste estadístico de los mismos. Se aprecia que algunas distancias registradas entre el epicentro y deslizamientos inducidos por algunos sismos estudiados por Rodríguez *et al.* (1999) y Keefer (2002), exceden los límites establecidos por Kefeer (1984).

Distancia máxima de deslizamientos de tierra desde el epicentro del sismo (km)

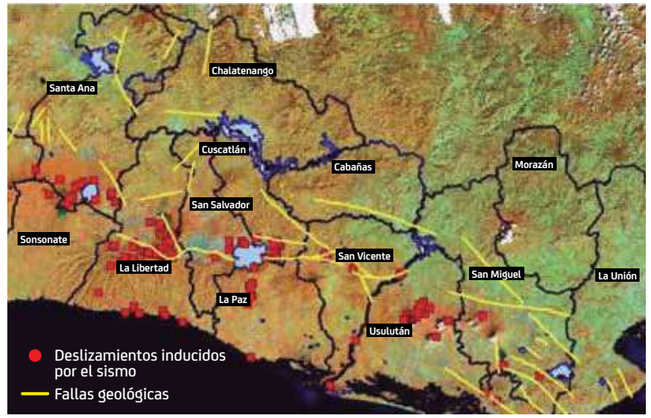


- Deslizamientos de roca recopilados por Rodríguez *et al.* (1999) y Keefer (2002) que presentaron una distancia epicentral mayor a los límites propuestos por Kefeer (1984).
- Deslizamientos de suelo cohesivo recopilados por Rodríguez *et al.* (1999) y Keefer (2002) que presentaron una distancia epicentral mayor a los límites propuestos por Keefer (1984).
- Límite máximo para deslizamientos de roca o caída de roca. Kefeer (1984).
- Límite máximo para suelos cohesivos. Kefeer (1984).
- Límite máximo para flujos de suelo y esparcimientos laterales. Kefeer (1984).

Deslizamientos inducidos por sismos en El Salvador

Diversas investigaciones sobre deslizamientos inducidos por sismo ratifican la importancia y el potencial de afectación de estos fenómenos en el mundo. Un caso para citar en Centroamérica corresponde a los deslizamientos inducidos por sismo que afectaron El Salvador el 13 de enero de 2001. Este sismo, que tuvo una magnitud de 7.6 (M_W) y se generó a una profundidad de 60 km, y sus deslizamientos asociados afectaron decenas de miles de viviendas y edificaciones, infraestructura energética, infraestructura vial y de agricultura. Es importante mencionar la gran cantidad de deslizamientos producidos en laderas de alta pendiente, principalmente en la cordillera del Bálsamo.

Deslizamientos inducidos por el sismo del 13 de enero de 2001 en El Salvador

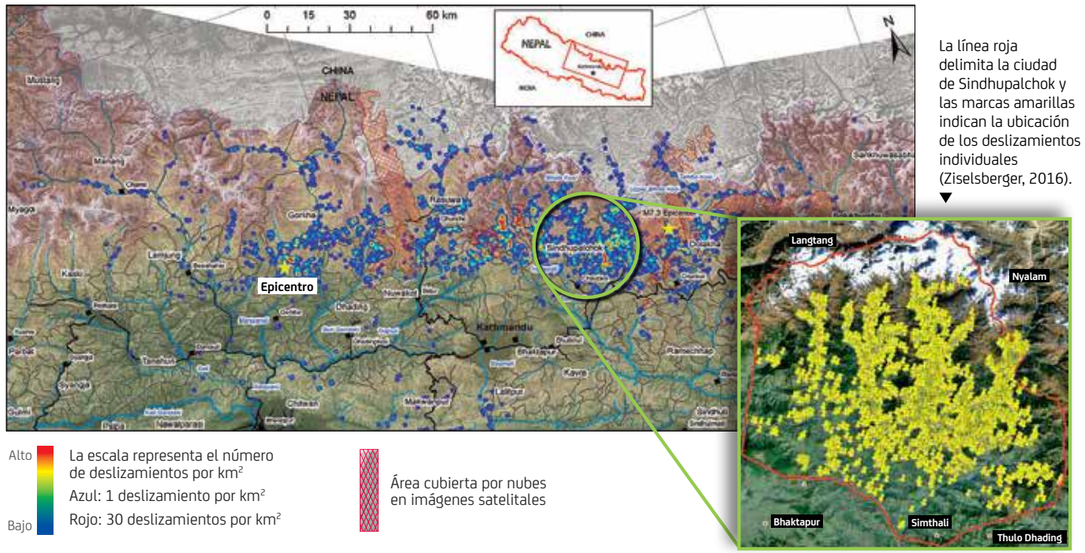


El terremoto del 13 de enero de 2001 en El Salvador. Impacto socioeconómico y ambiental. Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2001).

Deslizamientos inducidos por sismos en Nepal

Otro claro ejemplo muy reciente de deslizamientos inducidos por sismo se presentó en el evento ocurrido en Nepal en abril de 2015, donde un sismo con magnitud 7.8 (M_W) a una profundidad de 15 km, con epicentro en el valle de Katmandú, provocó más de seis mil deslizamientos y pérdidas económicas de miles de millones de dólares en las ciudades que conforman este valle. Las características del evento registrado y la distribución de daños y deslizamientos ocasionados mostraron la importancia de la amplificación del sismo por efectos topográficos y del tipo de suelo, debido a que esta región tiene una topografía compleja, con pendientes pronunciadas del terreno y suelos blandos de diferentes tipos.

Deslizamientos causados por el sismo de abril de 2015 y sus réplicas en el valle de Katmandú - Nepal



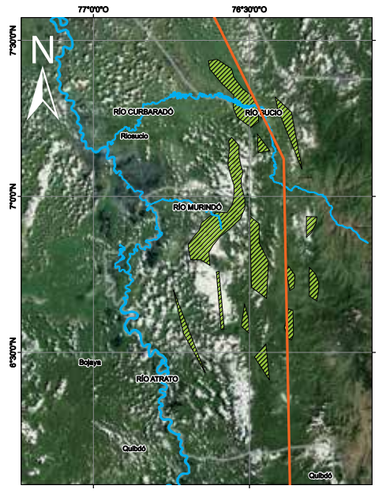
Mapa de intensidad de deslizamientos: United States Geological Survey (USGS).

La línea roja delimita la ciudad de Sindhupalchok y las marcas amarillas indican la ubicación de los deslizamientos individuales (Ziselsberger, 2016).

Deslizamientos en la ciudad de Sindhupalchok: "Geotechnical Field Reconnaissance: Gorkha (Nepal) Earthquake of April 25 2015 and Related Shaking Sequence - Geotechnical Extreme Event Reconnaissance Report of the GEER Association No. GEER-040 (2015).

Deslizamientos inducidos por sismos en Colombia

Para el caso específico de Colombia, existe una importante cantidad de registros de deslizamientos que han sido desencadenados por la acción de diferentes eventos sísmicos. Pueden citarse algunos, como es el caso del sismo de Murindó el 18 de octubre de 1992 con una magnitud de 7.1 (M_W), el cual ocasionó numerosos deslizamientos en la rivera del río Murindó causando su represamiento. Un caso similar sucedió el 6 de junio de 1994, cuando un sismo con magnitud de 6.8 (M_W) con epicentro en la cuenca del río Páez, indujo grandes deslizamientos de tierra, generando una avalancha que arrasó gran parte del municipio de Páez, llevándose a su paso cerca de 40.000 hectáreas de tierra.

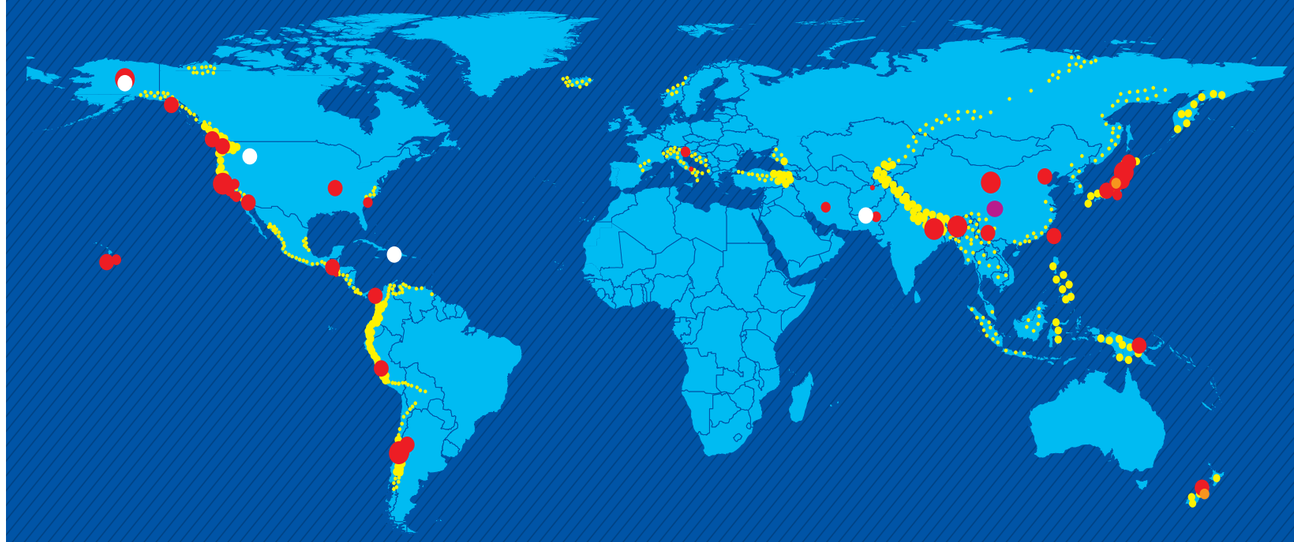


◀ Deslizamientos inducidos por el sismo de Murindó el 18 de octubre de 1992

Deslizamientos
Falla Murindó
Red Hídrica

Mosquera-Machado, S., Lalinde-Pulido, C., Salcedo Hurtado, E. y Michetti, A. M. Ground effects of the 18 October 1992, Murindo earthquake (NW Colombia), using the Environmental Seismic Intensity Scale (ESI 2007) for the assessment of intensity. *Geological Society*, London, Special Publications 2009, v. 316, pp. 316-344.

Áreas donde ocurren frecuentemente deslizamientos asociados a sismos en el mundo



ÁREA AFECTADA	MAGNITUD MS = 5 a 6	MAGNITUD MS = 6 a 7	MAGNITUD MS = 7 a 8	MAGNITUD MS = 8 a 9
Sin datos				
Entre 100 y 1.000 km²				
Entre 1.001 a 10.000 km²				
Mayor que 10.000 km²				

Los puntos indicados en color amarillo corresponden a deslizamientos registrados sin datos de magnitud sísmica ni área afectada.

La gráfica representa las áreas donde ocurren frecuentemente deslizamientos en el mundo. Los puntos referenciados representan algunos deslizamientos inducidos por sismos de gran importancia que han sido registrados por diferentes autores.

Gestión del riesgo de deslizamientos inducidos por sismo

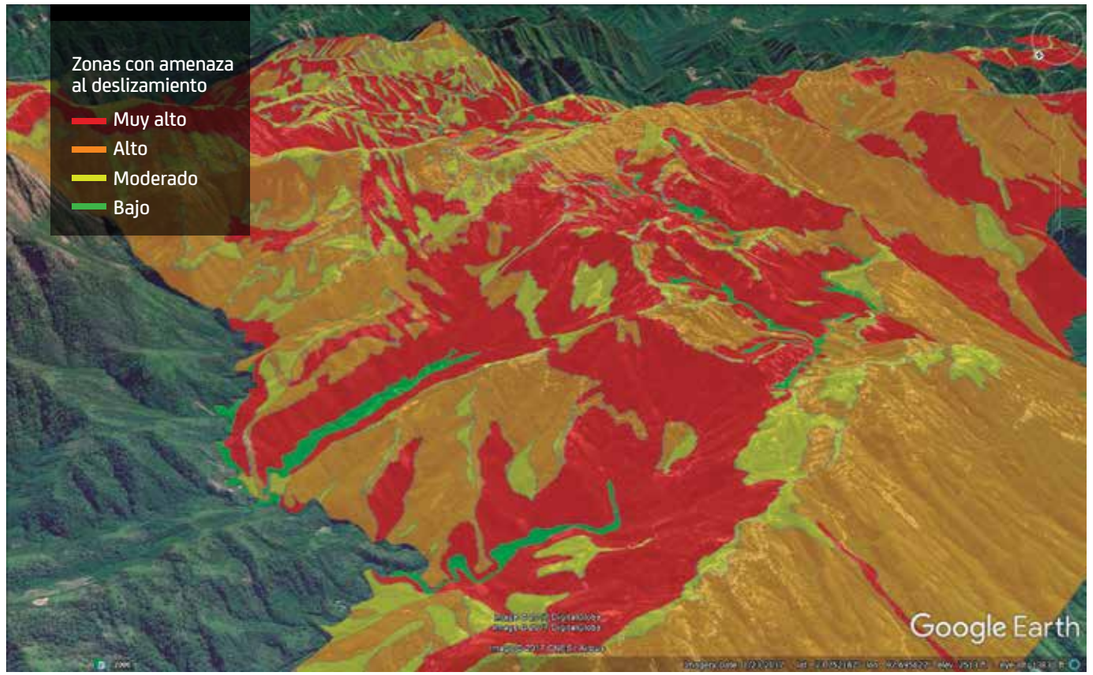
Para gestionar adecuadamente la susceptibilidad de deslizamientos inducidos por sismo debe considerarse el desarrollo de estudios técnicos y la elaboración de inventarios de deslizamientos activos enfocados a definir zonas con diferentes niveles de amenaza en la región de interés.

Los mapas de amenaza de deslizamiento son relevantes para la planeación, ejecución o rehabilitación de obras tanto de infraestructura como de edificaciones, así como en la cuantificación de los riesgos asociados, que son la base para evaluar la relación costo-beneficio de las posibles alternativas de prevención y mitigación, tal como lo resalta el M.Sc. Gabriel Toro, investigador y asesor reconocido por sus aportes en ingeniería sísmica.

Modelación de escenarios sísmicos para estimar niveles de riesgo de deslizamiento

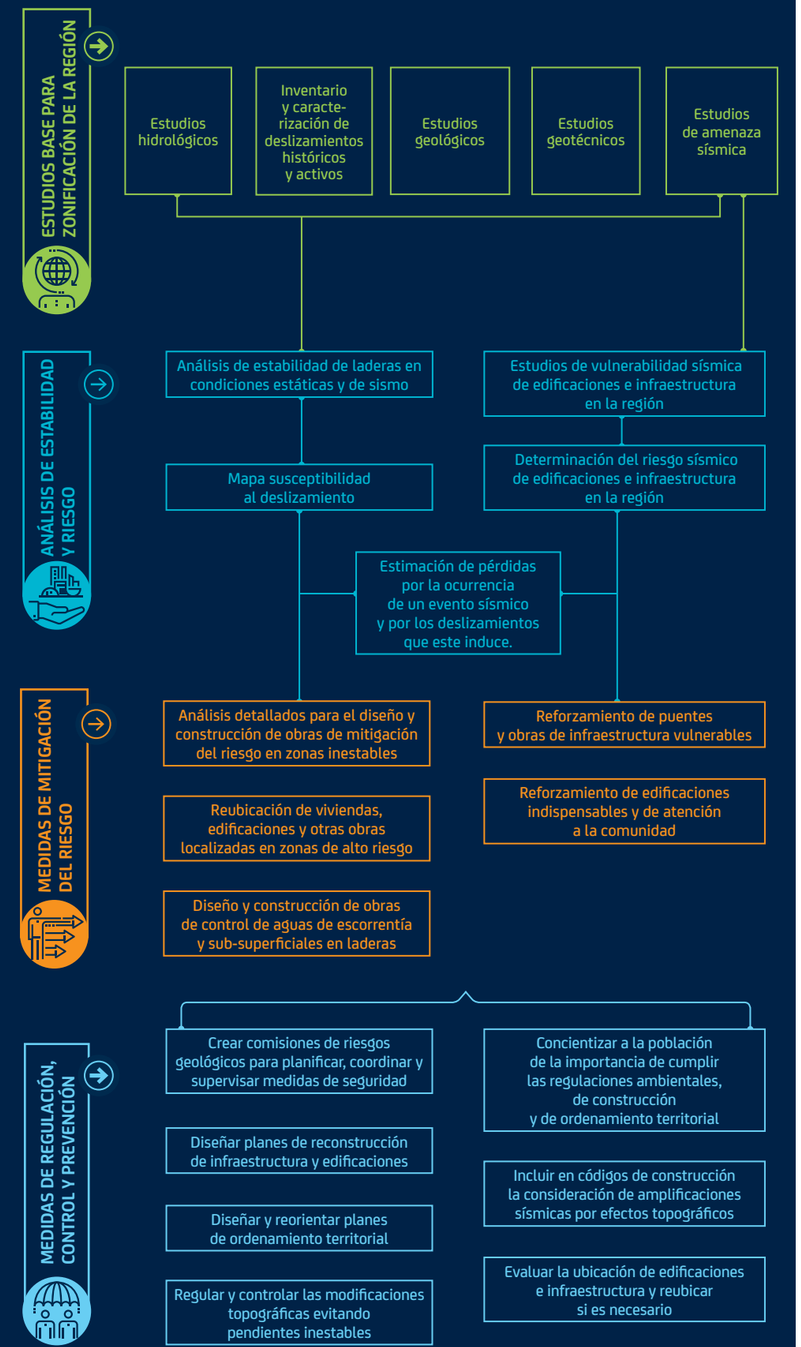
Las ciudades pueden prepararse para proteger la población y minimizar las pérdidas materiales asociadas a deslizamientos inducidos por sismo. Un claro ejemplo de esto es el trabajo desarrollado por el gobierno local de la ciudad de Aizawl, Mizorán, en India, la cual ha sido afectada en el pasado por deslizamientos inducidos por sismo. Con el objetivo de obtener algunas recomendaciones para gestionar este riesgo y proteger la población, sus edificaciones e infraestructura, se realizaron una serie de estudios técnicos en los que el M.Sc. Kevin Clahan, ingeniero geólogo principal de la compañía estadounidense Lettis Consultants International, Inc. y un equipo de especialistas en sismología, geología, geotecnia y estructuras, analizaron un escenario de un sismo probable en esta ciudad, los potenciales deslizamientos asociados y las pérdidas esperadas. Uno de los resultados clave de este estudio fue el mapa de zonificación de amenaza de deslizamientos inducidos por el escenario del sismo analizado, el cual suministra elementos esenciales para orientar los planes de ordenamiento territorial y de desarrollo urbano de una manera estructurada.

Zonas con diferentes niveles de amenaza por deslizamiento para un escenario sísmico de magnitud 7 en la ciudad de Aizawl, Mizorán, India



GeoHazards Society India, GeoHazards International, Munich RE (Junio de 2014). *A Safer Tomorrow? Effects of a Magnitude 7 Earthquake on Aizawl, Mizoram and Recommendations to Reduce Losses.*

Ruta propuesta para la gestión del riesgo al deslizamiento inducido por sismo



FUENTES

Gabriel R. Toro
Ingeniero civil de la Universidad Nacional de Colombia, M.Sc. y Ph.D. en Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Investigador reconocido por sus aportes en áreas como la sismología, ingeniería sísmica y ciencias atmosféricas. Actualmente trabaja para compañías del sector privado en Estados Unidos en estudios relacionados con Ciencias de la Tierra.

Kevin B. Clahan
Licenciado en Ciencias de la Tierra de la Universidad de California y M.Sc. en Geología de la Universidad Estatal de San José. Ha trabajado en organizaciones públicas como el Servicio Geológico de California, CGS, y en diversas entidades privadas en la realización de estudios relacionados con la ingeniería geológica, geotecnia, estabilidad de taludes, hidrogeología, geofísica y otros. Ha realizado importantes publicaciones en áreas como la sismología y la ingeniería geológica.

REFERENCIAS

- Adhikari, B.R.; Clahan, Kevin B.; Dahal, Sachindra; Asimaki, Domniki; Uprety, Sital y otros (2015). Geotechnical Effects of the 2015 Magnitude 7.8 Gorkha, Nepal, Earthquake and after-shocks. *Seismological Research Letters.* Volumen 86.
- Estrada, Gloria María; Arango, Ángela, (2004). GIS Methodology for zonification of slope stability under earthquake. Fifth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering – New York.
- GeoHazards Society India, GeoHazards International, Munich Re. (2014). *A Safer Tomorrow? Effects of a Magnitude 7 Earthquake on Aizawl, Mizoram and Recommendations to Reduce Losses.*
- Keefer, David K. (1984). Landslides caused by Earthquake. *Geological Society of America Bulletin,* V. 95.
- Keefer, David K. (2002). Investigating Landslides caused by Earthquakes - A historical review. Surveys in Geophysics. V.23
- Keefer, David K.; Wilson, Raymon C.; Harp, Edwin L. and Lips Elliott W. Idaho Earthquake (1985). The Borah Peak, Idaho Earthquake of October 28, 1983-Landslides. *Earthquake Spectra,* V. 2, Earthquake Engineering Research Institute.
- Kieffer, D. Scott; Gibson, Randy; Rathje, Ellen M., and Kelson, Keith. (2006). Landslides Triggered by the 2004 Niigata Ken Chuetsu, Japan, Earthquake. *Earthquake Spectra,* V. 22, Earthquake Engineering Research Institute.
- Naciones Unidas - Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL (2001). El Terremoto del 13 de enero de 2001 en El Salvador. Impacto socioeconómico y ambiental.
- Rodríguez, C. E. *et al.* (1999). Earthquake-induced Landslides: 1980 - 1997. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, V.18.
- Ziselsberger, M. (2016). Inventory of Earthquake - Induced Landslides in the Sindulpalchok Distric of Nepal Resulting from the M7.8 Gorkha Earthquake and Related Aftershock Sequence. M.S. Thesis, Institute of Applied Geosciences, Graz University of Technology.

Geo SURA:

Una herramienta para la competitividad de las organizaciones en América Latina

Geo SURA es una plataforma geográfica que integra elementos claves para el análisis de oportunidades y riesgos de las empresas, que facilita la toma de decisiones con un mayor nivel de información, permitiendo transformar situaciones en oportunidades de negocio y de generación de resiliencia.

Tendencia global de tecnologías de la información

El avance tecnológico de los últimos años ha impulsado el uso cada vez más frecuente de la geomática, la cual permite visualizar y analizar interactivamente información georreferenciada asociada a puntos, líneas o polígonos, por medio de mapas con detalles a escalas global, regional, nacional y local, ya sea para optimizar tiempos de movilización, mejorar la calidad de los servicios o planear el desarrollo de los negocios, dejando en el pasado la consulta y análisis aislado de grandes bases de datos alfanuméricas.

SURA, observando esta tendencia, desarrolló Geo SURA, que da respuesta a las necesidades de gestión de información de los negocios de sus clientes.

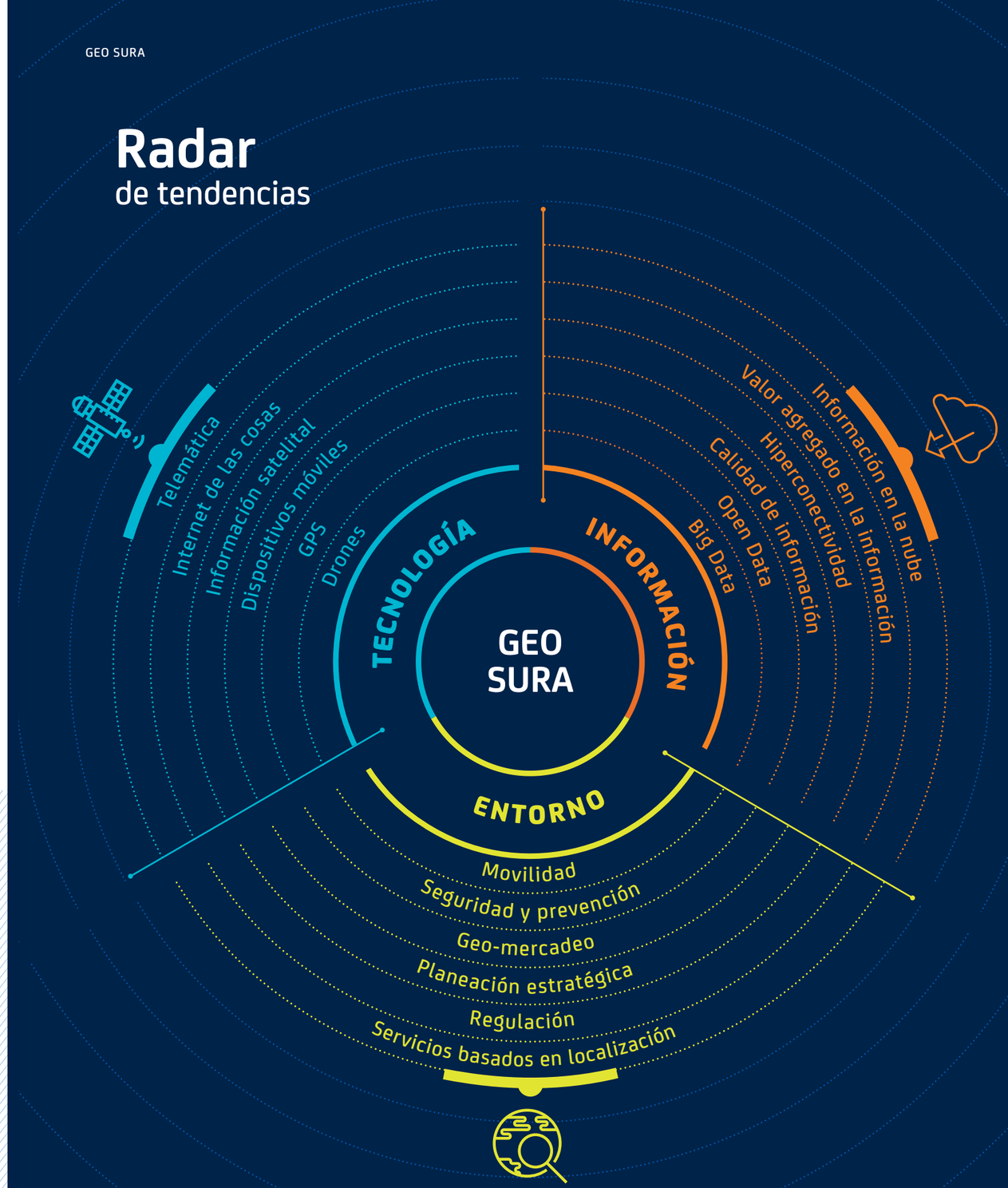
> *Geo SURA es una herramienta para la toma de decisiones".*
>
> Juana Llano, vicepresidente de Seguros de Suramericana.

¿Qué es Geo SURA?

Geo SURA es el sistema de información geográfica que SURA implementó para poner a disposición de sus clientes en América Latina, para apoyarlos en la integración de información de diferentes fuentes, y en la gestión y toma de decisiones estratégicas y de operaciones, a través de una herramienta simple, intuitiva y ágil.

Gestión de tendencias y riesgos

Radar
de tendencias



Características y funcionalidades

Geo SURA como apalancador de la Gestión de Tendencias y Riesgos (GTR)

Este sistema como integrador de información tiene un papel importante dentro del modelo de Gestión de Tendencias y Riesgos (GTR) de SURA, porque les facilita a sus clientes el desarrollo y la apropiación del conocimiento necesario para identificar y entender aquellas tendencias y riesgos que no son evidentes y que en el corto, mediano o largo plazo pueden tener incidencia en el logro de los objetivos estratégicos de sus empresas.

Los usuarios cuentan con un gran número de posibilidades de consulta y análisis de las tendencias y riesgos de sus negocios, tales como:

- Visualización y análisis geográfico de los predios que componen las operaciones, la red logística, los proveedores nacionales e internacionales, los clientes actuales y potenciales, y demás actores de la cadena de valor.
- Integración de datos de producción, almacenamiento de mercancías, materias primas o producto terminado, prestación de servicios, y comercialización.
- Acceso a estudios específicos a escala global, regional, nacional o local.
- Consulta de resultados de las matrices de riesgos, producción y priorización de sus instalaciones, considerando diferentes criterios y atributos.

Visualizar y analizar gráficamente la ubicación e información de los predios que componen las operaciones, la red logística, los proveedores y los clientes de un negocio, de manera integrada con mapas temáticos sobre las tendencias y riesgos que pueden tener incidencia en sus objetivos estratégicos, permite tomar decisiones que apalanquen la competitividad y sostenibilidad de las empresas.

- Superposición de mapas temáticos sobre las tendencias y riesgos del negocio.

En los análisis de las interrelaciones de la naturaleza con los objetivos estratégicos de las empresas, el sistema permite visualizar y analizar amenazas naturales como sismos, tsunamis, inundaciones, sequías, incendios forestales, tornados, huracanes y fenómenos naturales en general, también permite integrar información hidrometeorológica y climática (histórica y de pronósticos), datos de fuentes hídricas, rendimientos históricos de cultivos, usos del suelo, entre otros.

¿Cómo funciona Geo SURA?

El ingreso a Geo SURA requiere un usuario único por persona, lo que da la posibilidad de establecer su perfil según sus necesidades de información y funcionalidades, personalizando su experiencia en el manejo de la herramienta.

El sistema permite el procesamiento y análisis dinámico de información en diferentes etapas:

- Identificación de una pregunta o necesidad a la cual se le quiere dar solución usando sistemas de información geográfica.

La plataforma Geo SURA favorece el reconocimiento del entorno, la estrategia y la operación de los negocios.

- Organización de datos y fuentes de información necesarias, con el acompañamiento de SURA.
- Carga de datos y mapas temáticos útiles para el análisis.
- Análisis interactivo de información alfanumérica en un ambiente geográfico con una gran variedad de opciones en salidas gráficas, formatos de tabla o representaciones de mapas.

Características y funcionalidades

Geo SURA es una herramienta intuitiva para el usuario, que le permite sacar el máximo provecho de todas sus funcionalidades sin necesidad de conocimiento previo en sistemas de información geográfica.

Permite integrar información a nivel global, regional y local, resultados de estudios específicos, datos propios de los negocios y en general cualquier tipo de información disponible que sea de interés para el usuario. Estas funcionalidades ofrecen un mundo amplio de posibilidades de superponer gran diversidad de datos de manera interactiva dentro de un mismo análisis, lo cual permite tomar decisiones con un mejor nivel de información, reduciendo la incertidumbre.

Un sinnúmero de aplicaciones

Las aplicaciones de Geo SURA en las diversas áreas del conocimiento y los negocios son variables e ilimitadas, y pueden extenderse hasta donde la información disponible y la imaginación del usuario quieran llegar.

Estos son algunos de los usos que están dentro del abanico de aplicaciones:

- **Análisis del entorno:** fuerzas de la naturaleza, la sociedad y la tecnología, megatendencias (cambios demográficos, escasez de recursos naturales, gobierno global, hiperconectividad, urbanismo, variabilidad y cambio climático, entre otros), sectores y actividades de la economía, y necesidades de la sociedad a diferentes escalas geográficas.

- **Análisis de mercados:** nichos de mercado y segmentación de clientes, a partir de tendencias del consumidor y tendencias de los negocios.

- **Planeación estratégica y operativa de los negocios:** visualización y análisis de la cadena de abastecimiento, focalización de fuerzas de venta, gestión de proyectos, optimización de rutas, evaluación de impactos reales y potenciales (positivos o negativos) a comunidades, gestión de eventos de la naturaleza y aquellos causados por el hombre.

Aplicaciones

Urbanización

- Obras civiles e infraestructura

- Uso del suelo
- Información del mercado inmobiliario
- Equipamiento urbano y redes vitales

Geomercadeo

- Optimización de rutas

- Focalización de la fuerza de venta

- Segmentación de clientes
- Clasificación por sector
- Estrato socioeconómico

Globalización

- Optimización de cadena de abastecimiento

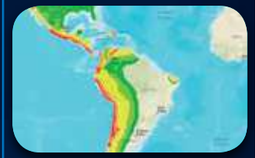
- Eficiencia y contingencia de proveedores

Análisis de influencia a comunidades

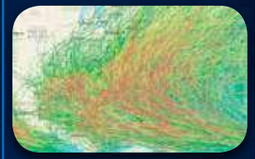
Atención de eventos catastróficos de la naturaleza

Clasificación y priorización de variables y amenazas de la naturaleza

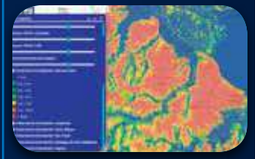
- Amenaza sísmica



- Amenaza de huracán



- Amenaza de inundación



- Amenaza de tsunami
- Amenaza de deslizamiento
- Variabilidad y cambio climático

Ubicación de nuevas sedes o puntos de atención

Recaudo de cartera del sector financiero

Zonificación agroclimática

- Aptitud del suelo

- Pronóstico estacional

Infraestructura vial

FUENTE

Esteban Herrera Estrada
Ingeniero civil de la Universidad de Medellín. Analista en el área de Geociencias, actualmente se encuentra trabajando en el proyecto corporativo de información geográfica Geo SURA y apoyando los temas relacionados con SIG.

Jorge Santiago Victoria Domínguez
Ingeniero civil de la Universidad Nacional. Ha trabajado con sistemas de información geográfica en la compañía, actualmente hace parte del proyecto corporativo de información geográfica Geo SURA y apoya temas relacionados con SIG.

Juana Francisca Llano Cadavid
Abogada, especialista en Derecho Financiero y de los Negocios, Derecho de Responsabilidad Civil y Seguros de la Universidad Pontificia Bolivariana, especialista de Reaseguro de la Universidad Pontificia de Salamanca, España. Vinculada a Suramericana S.A. desde 2004, ha ocupado diversos cargos. Desde diciembre de 2015 es vicepresidente de Seguros de la compañía.

La revista Geociencias Sura cuenta con un equipo de trabajo especializado que apoya las actividades de redacción, edición y diseño, conformado por fuentes internas de Suramericana e investigadores externos ampliamente reconocidos a nivel mundial, en los temas de las interrelaciones de la naturaleza con los diferentes aspectos estratégicos de las empresas y la sociedad.

FUENTES INTERNAS

Gloria María Estrada Álvarez
Gerente de Geociencias Suramericana S.A.

Equipo de Geociencias Suramericana S.A.
Ana María Cortés Zapata
Elizabeth Cardona Rendón
Esteban Herrera Estrada
Juan David Rendón Bedoya
Juan Pablo Restrepo Saldarriaga
Santiago Victoria Domínguez
Víctor Hugo Ángel Marulanda
Victoria Luz González Pérez

Juana Francisca Llano Cadavid
Vicepresidente de Seguros de Suramericana S.A.

DISEÑO Y EDICIÓN

Taller de Edición S.A.
Dirección
Adelaida del Corral Suescún

Edición
Andrés Cadavid Quintero

Diseño
Verónica Sánchez Cuartas

Periodistas
Korina Daza, María Fernanda Aristizábal, Mónica Jiménez

Corrección
César Tulio Puerta

Imágenes
Shutterstock, Taller de Edición, Suramericana

Impresión
Litografía Francisco Jaramillo V.

FUENTES EXTERNAS

Gabriel R. Toro
Investigador en áreas de sismología, ingeniería sísmica y ciencias atmosféricas en diferentes compañías en Estados Unidos.

Jaime Trujillo D.
Docente e investigador en las universidades de Misisipi, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Universidad Eafit.

José Ignacio Restrepo
Profesor de la Universidad de California en San Diego y de la Escuela de Reducción del Riesgo Sísmico (Rose School) en Pavía, Italia.

Kevin B. Clahan
Investigador en áreas de sismología e ingeniería geológica en Estados Unidos.

Mario Lafontaine
Director de nuevas tecnologías René Lagos Engineers.

René Lagos
Socio y gerente general - CEO de René Lagos Engineers.

sura

SEGUROS, TENDENCIAS Y RIESGOS

En SURA,
nuestro compromiso es contribuir al bienestar, la competitividad y la sostenibilidad de las personas y empresas en América Latina.

Seguros SURA en América Latina:

- Más de 72 años de experiencia.
- Una de las cinco mayores compañías aseguradoras de origen latinoamericano.[1]
- Reconocida como Mejor Empresa Aseguradora de Latinoamérica, en los Latin America Awards– Revista Reactions 2016.[2]

14.6 Millones DE CLIENTES EN **9 Países**

14.812 EMPLEADOS

21.400[3] ASESORES
DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES

(1) Ranking Fundación Mapfre 2015
(2) Publicación inglesa especializada en la industria aseguradora – Grupo Euromoney
(3) Datos a cierre de 2016

sura.com

sura

SEGUROS, TENDENCIAS
Y RIESGOS

En SURA buscamos entender el entorno para anticiparnos y transformar el futuro.

Somos los aliados del **bienestar, la competitividad y la sostenibilidad** de las personas y las empresas en América Latina.

sura.com