

Políticas locales para reducir el riesgo sísmico

Sistematización del Evento de Intercambio de Experiencias Nacionales e Internacionales



Proyecto “Fortalecimiento de capacidades institucionales y comunitarias, a nivel nacional y local, para la reducción de la vulnerabilidad frente a eventos sísmicos en el Ecuador, como aporte al proceso de implementación de la Nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción”

$$A_s = k \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 + \mu u}{\phi_s \cdot k \cdot d \cdot f_y}} \right)$$

Proyecto DIPECHO-NEC







Políticas locales para reducir el riesgo sísmico

Sistematización del Evento de Intercambio de Experiencias Nacionales e Internacionales

Proyecto “Fortalecimiento de capacidades institucionales y comunitarias, a nivel nacional y local, para la reducción de la vulnerabilidad frente a eventos sísmicos en el Ecuador, como aporte al proceso de implementación de la Nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción”

Proyecto DIPECHO-NEC



TABLA DE CONTENIDOS



I. Introducción	3
II. Experiencias de políticas locales para reducción del riesgo sísmico	
2.1 Chile	5
2.2 Colombia	14
2.3 Ecuador	32
2.4 El Salvador	74
2.5 Japón	81
2.6 Perú	87
III. Reflexiones finales	102
Anexos	
1. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015	105
2. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial	109
3. Gestión del riesgo sísmico en el Ecuador	114
4. Sugerencias de los participantes del encuentro	116
5. Referencias bibliográficas	118



*Sistematización del Evento
de Intercambio de Experiencias
Nacionales e Internacionales*



Proyecto “Fortalecimiento de capacidades institucionales y comunitarias, a nivel nacional y local, para la reducción de la vulnerabilidad frente a eventos sísmicos en el Ecuador, como aporte al proceso de implementación de la Nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción” - Proyecto DIPECHO NEC

Ejecutado por PNUD en coordinación con MIDUVI y SGR con financiamiento de ECHO-UE

El evento contó con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón JICA y el Colegio de Ingenieros Civiles de Ecuador.

Organización del Evento

- Nury Bermúdez, Asesora Nacional de Gestión de Riesgos del PNUD
- Noemí Orué, Asistente GdR
- Jenny Arias, MIDUVI

Expositores internacionales

- Jesús Rojas, Colombia
- Jorge Serna, Colombia
- Joel Prieto, Chile
- Patricia Méndez Hasbun, El Salvador
- Yukiyasu Kanemura, Japón
- Miguel Estrada, Perú

Expositores nacionales que formularon las Guías de Implementación de la NEC - 15

- Fabricio Yépez, PCH Ltda.
- Alex Albuja
- Marcelo Guerra, Bustos & Guerra.
- Telmo Sánchez, Universidad San Francisco de Quito.
- Xavier Vera, Universidad Católica del Ecuador.

Expositores nacionales

- Ricardo Peñaherrera, Secretaría de Gestión de Riesgos.
- Adriana Salgado, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Jenny Arias, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Oscar Chicaiza, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Cristina Gomezjurado, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Patricio Vélez, GAD Portoviejo.
- Hugo Yepes, Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

Moderación

- Estefanía Baquerizo

Documento de Sistematización

- Yasmin Jalil, Consultora PNUD

I. INTRODUCCIÓN



- Quito, Septiembre 2016

A solicitud del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), la Secretaría de Gestión de Riesgos y con el financiamiento de la Oficina de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo diseñó e implementa el Proyecto “Fortalecimiento institucional y comunitario para reducir la vulnerabilidad sísmica en Ecuador como contribución al proceso de implementación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción” (DIPE-CHO-NEC), cuya finalidad es contribuir con el Ecuador para una correcta implementación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15). Este proyecto inició en mayo 2015 y sus actividades tomaron mayor relevancia después del terremoto ocurrido en Ecuador el 16 de abril de 2016.

En el marco de este proyecto se organizó el evento “Políticas locales para reducir el riesgo sísmico y presentación de las guías prácticas de diseño, construcción y evaluación de edificaciones de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15)”. Este evento tuvo un doble propósito. Por una parte, sensibilizar a actores nacionales y locales sobre el impacto de los eventos sísmicos en la población, la infraestructura y la economía y, por tanto, sobre la importancia de implementar políticas locales efectivas de reducción y mitigación del riesgo sísmico en la construcción de edificaciones; y, por otra, presentar, de manera oficial, un conjunto de guías prácticas de diseño y construcción basadas en la NEC-15, que han sido elaboradas en el marco del proyecto por un equipo de especialistas nacionales para que el país pueda contar con materiales que faciliten la implementación de esta normativa.

El evento contó con profesionales nacionales e internacionales de amplia trayectoria, que compartieron experiencias y conocimientos con 350 participantes. Este también contó con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y en colaboración con el Colegio de Ingenieros de Pichincha (CICP). Se presentaron experiencias de Colombia, Chile, El Salvador, Japón y Perú. Las mismas abordaron diversos aspectos relativos a la reducción del riesgo sísmico a nivel nacional y local. Incluyeron avances en el diseño e implementación de marcos normativos para la construcción; sofisticados mecanismos para la supervisión del diseño y construcción de edificaciones sismo-resistentes; incentivos para que las familias y comunidades opten por la formalidad en las construcciones;

sofisticados estudios, herramientas tecnológicas y metodologías para el análisis y monitoreo del riesgo sísmico local; estrategias innovadoras para la ejecución y financiamiento de procesos de reconstrucción; estrategias para educación y sensibilización; entre otros.

Los especialistas nacionales compartieron con los participantes sus avanzados conocimientos técnicos a través de la presentación de siete guías elaboradas en el marco del proyecto para facilitar la implementación de la NEC-15. Adicionalmente, autoridades



nacionales, locales y profesionales vinculados al proceso de reconstrucción pos-terremoto 2016 en Ecuador, presentaron el marco normativo del Ecuador para la reducción del riesgo sísmico, las estrategias implementadas en el proceso de recuperación y los avances obtenidos hasta el momento.

PNUD expresa un sincero agradecimiento a todas las instituciones que hicieron posible la organización de este evento. Este intercambio de experiencias sobre una temática que adquiere cada vez mayor relevancia en las ciudades de América Latina frente al significativo incremento de los desastres y sus negativos impactos en los procesos de desarrollo. Un especial reconocimiento a las y los expositores nacionales e internacionales que compartieron generosamente su conocimiento y experiencias sobre el tema.

Se espera que este documento contribuya a que un mayor número de personas e instituciones conozcan las buenas prácticas existentes para reducción del riesgo sísmico que fueron compartidas en el marco del encuentro.



II. POLÍTICAS LOCALES PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO



2.1 CHILE

2.1.1 Aplicación de la Normativa Técnica Constructiva para la Reducción del Riesgo de Desastres en Viviendas

Joel Prieto, Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile

Eventos sísmicos en Chile 1960-2015

Terremotos	Regiones Afectadas	Daños
Terremoto y Tsunami de Valdivia <i>21 de mayo de 1960</i> <i>9,5 grados</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Los Lagos • Los Ríos • Araucanía • Biobío • Maule 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 millones de damnificados • Daños en infraestructura: <ul style="list-style-type: none"> • Hospitales y centros de salud • Espacios públicos y equipamiento urbano • Establecimientos educacionales • Caminos • Industrias y comercio • Aeropuertos y estaciones de ferrocarril
1. Terremoto San Antonio <i>3 de marzo de 1985</i> <i>8 grados</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Metropolitan • Valparaíso • O'Higgins 	<ul style="list-style-type: none"> • 109.979 viviendas afectadas • Daños en infraestructura: <ul style="list-style-type: none"> • Hospitales y centros de salud • Espacios públicos y equipamiento urbano • Establecimientos educacionales • Tramos de caminos • Industrias y comercio • Aeropuertos y estaciones de ferrocarril • Puertos y caletas
2. Terremoto y Tsunami 27F <i>27 de marzo de 2010</i> <i>8,2 grados</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Metropolitana • Valparaíso • O'Higgins • Maule • Biobío • Araucanía 	<ul style="list-style-type: none"> • 228.000 viviendas afectadas • Daños en infraestructura: <ul style="list-style-type: none"> • 40 hospitales y centros de salud • Espacios públicos y equipamiento urbano • 400 establecimientos educacionales • 2500 tramos de caminos • Industrias y comercio • Aeropuertos y estaciones de ferrocarril • Puertos y caletas

<p>3. Terremoto Norte Grande 1 y 2 de abril 2014 8,4 grados</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Arica • Parinacota • Tarapacá 	<ul style="list-style-type: none"> • 11.453 viviendas afectadas • Daños en infraestructura: <ul style="list-style-type: none"> • Postas y hospitales • Establecimientos educacionales • Agua potable rural • Puentes y caminos • Puerto y zona franca
<p>4. Terremoto Illapel 16 de septiembre 2015</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Coquimbo • Valparaíso 	<ul style="list-style-type: none"> • Aproximadamente 10.000 viviendas afectadas • Daños en infraestructura: <ul style="list-style-type: none"> • Establecimientos educacionales • Agua potable rural • Puentes y caminos • Puerto y comercio • Espacios públicos

Marco normativo en Chile

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) tiene a su cargo la política habitacional del país y ejerce las siguientes funciones:

- Dictar ordenanzas, reglamentos e instrucciones generales sobre urbanización de terrenos, construcción de viviendas, obras de equipamiento comunitario, desarrollo y planificación urbanos y cooperativas de viviendas.
- Fomentar y supervigilar la edificación de viviendas.
- Realizar y fomentar la investigación científica, el perfeccionamiento profesional y laboral en materia de viviendas, desarrollo urbano y productividad de la construcción.

El marco normativo en Chile tiene una serie de componentes, cuyas disposiciones son de obligatorio cumplimiento:

Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC)

Esta legislación tiene diferentes niveles de acción:

- Contiene los principios, atribuciones, potestades, facultades, responsabilidades, derechos y sanciones.
- Normas que rigen a los organismos, funcionarios, profesionales y particulares, en las acciones de planificación urbana, urbanización y construcción.

Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC)

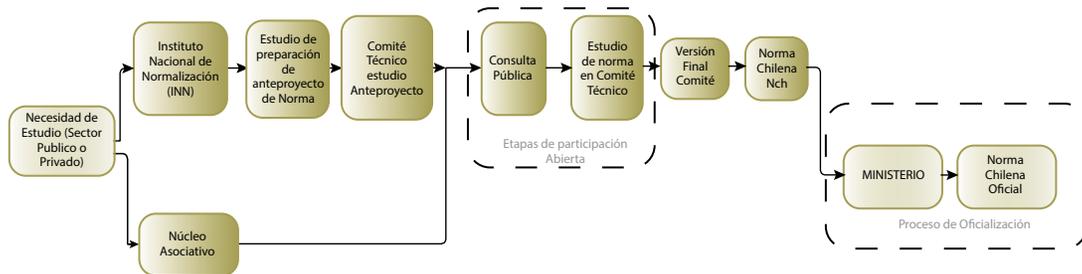
- Contiene las disposiciones reglamentarias de la Ley de Urbanismo y Construcción. Regula el procedimiento administrativo, la planificación urbana, urbanización y construcción junto con los estándares técnicos de diseño y construcción exigibles en los dos últimos años.

Normas Técnicas

- Contienen y definen las características técnicas de los proyectos, materiales y sistemas de construcción y urbanización; para el cumplimiento de los estándares exigidos en la Ordenanza General.

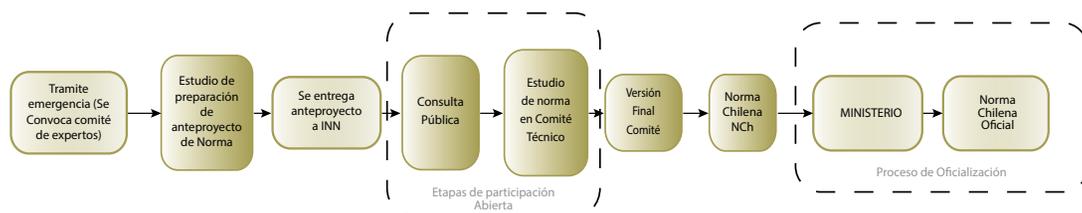
Áreas normativas	Mecanismos para el desarrollo normativo
<ul style="list-style-type: none">• Diseño y cálculo.• Ensayos, control y fabricación	<ul style="list-style-type: none">• Trámite normal: El estado, la comunidad técnica o productiva proponen un estudio de normativa.• Trámite de emergencia: MINVU convoca a un Comité de Expertos.

Trámite Normal

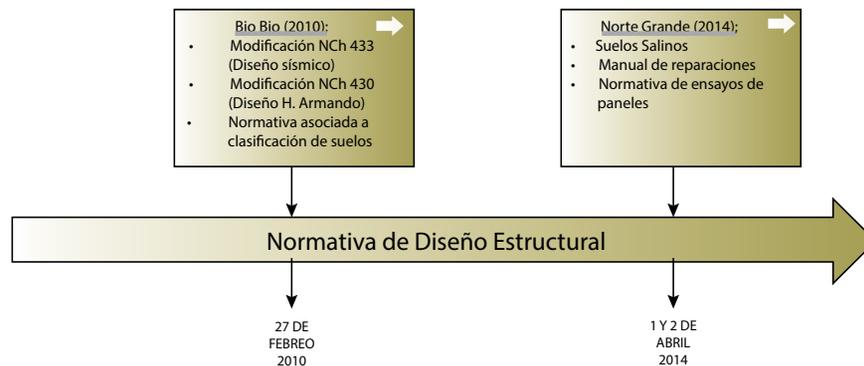


El **Instituto Nacional de Urbanización -un instituto inminentemente técnico que funciona con financiamiento del Estado pero opera de manera autónoma-** convoca a grupos de especialistas del área, profesionales, diseñadores, constructores, profesores universitarios, para desarrollar o actualizar una norma. Este proceso dura un par de años. Luego se somete a discusión pública durante varios meses, difundándose ampliamente entre la comunidad de profesionales que tiene que utilizar esta normativa. Se analizan las observaciones y se resuelve con un documento mejorado que se entrega al Ministerio para su oficialización (el Ministerio tiene veto). El Ministerio la revisa nuevamente, introduce cambios y finalmente lo oficializa. Las normas citadas en la Ordenanza toman el carácter de obligatorio de manera inmediata.

Trámite de Emergencia



Luego del sismo del 2010 se detectaron algunos problemas con la norma antisísmica actualizada hasta el año 1999; concretamente en relación a los espectros de desplazamiento. Para solucionar esta situación se utilizó como vía el trámite de emergencia. El Ministerio de Vivienda promulgó un Decreto, de carácter obligatorio, que permitió mejorar algunos aspectos mientras se perfeccionaba la norma anti-sísmica, que está en curso actualmente. **Cada vez que ocurre un terremoto, Chile perfecciona sus procedimientos constructivos y sus normas técnicas, en una suerte de “laboratorio viviente”.**



En Chile, el enfoque, uso integral y actualización de la normativa depende esencialmente de:

- Eventos que calibren su uso.
- Evolución de procesos de control.
- Evolución de normativa asociada.
- Mayor conocimiento técnico y experiencias extranjeras.
- Mayor conocimiento experimental.

El proceso constructivo en Chile e instrumentos de aplicación del marco legal

Durante los últimos dos años, Chile ha experimentado cinco terremotos con magnitudes superiores a 8 grados, donde sólo dos o tres edificios han sufrido daños severos de un parque de cerca de 10.000. ¿Cuáles son las buenas prácticas que han permitido a Chile tener niveles de desempeño y resultados tan positivos? ¿Cómo es que Chile, tras grandes terremotos, no se presenta grandes daños?

Quizás, una de las razones es que en Chile, cada vez que alguien está interesado en mejorar su vivienda o desarrollar un proyecto debe solicitar un permiso al Municipio. **En este el Departamento de Obras, conformado por profesionales que dependen del Ministerio de Vivienda y Urbanismo**, quienes tras procesos rigurosos definen si la obra procede o no. Si toman una mala decisión estos pueden ser sancionados y removidos de sus cargos.

Por ejemplo, el titular del proyecto debe presentar una solicitud de permiso acompañada de una serie de antecedentes, entre los cuales está el cálculo estructural. Se exige de esta obligatoriedad a edificaciones de hasta 100 m². Sin embargo, la Ordenanza establece **aquellos proyectos que no optan por el camino del cálculo estructural, realizado por un especialista, tienen que adoptar una serie de requisitos bastante conservadores como que** las paredes no pueden tener menos de 20 cm de espesor en

obra gruesa. Los pilares no pueden tener menos de 30 x 30 cm. La distancia entre pilares no puede superar 3 metros. Las vigas no pueden tener menos de 20 x 40 cm. Los envigados de madera no pueden ser de menos de 2 x 6 y las luces no más de 3 metros. Es decir, que **son exigencias tan importantes que aquel que no opta por contratar un proyecto de cálculo estructural y utilizar estas indicaciones van a estar seguros.** Esto es, a su vez, es un **incentivo ya que estas medidas son más costosas que el cálculo estructural**, que siempre va a llevar a una solución menos robusta.

Habiendo un proyecto de cálculo estructural, Chile tiene la **figura del revisor del cálculo estructural que es obligatoria.** El Ministerio de Vivienda administra un registro en donde profesionales de alta experiencia, con estudios de post grado en materia antisísmica, se inscriben. Se verifica sus antecedentes, su idoneidad y se les otorga esta categoría de revisor de cálculo. Sólo estos profesionales pueden revisarlo. **Los revisores emiten un certificado que acompañan la solicitud de edificación. Si el edificio tiene un mal desempeño, tanto el calculista como el revisor tienen responsabilidad.** En el sismo de 2010, por ejemplo, algunas edificaciones tuvieron problemas y derivaron en juicios y hoy en día, **calculistas, constructores y funcionarios municipales que participaron en esta revisión están en la cárcel.**

Adicionalmente, al revisor de cálculo estructural, la Ley cuenta con exigencias mínimas como el **protocolo de ensayos al cual tiene que someterse toda edificación. En Chile es obligatorio que el calculista asista al constructor durante la ejecución de la obra.** Este tiene que registrar en el libro de obra la recepción de los sellos de fundación, de las armaduras, de una serie de elementos en cada etapa de la construcción.

Además, durante la ejecución de la obra, con carácter obligatorio, **se incorpora la figura de inspección técnica. Para esta se cuenta con un registro de profesionales y empresas con amplia experiencia están habilitados para realizar estos trabajos.** El proyecto, antes de iniciar la construcción tiene que declarar quién va a llevar a cabo esta inspección. **La inspección aplica un protocolo que está establecido en la ley según el tipo de edificación. Y tanto este inspector como el calculista tienen responsabilidades penales ante el incumplimiento de los diversos requerimientos.** Si el inspector detecta alguna deficiencia o diferencia entre el proyecto y lo que se está construyendo, lo registra en el libro de obras y fijan un plazo para la corrección. Si el propietario **no hace las correcciones, el inspector tiene la obligatoriedad de denunciarlo a la justicia.**

Una vez terminada la obra no se puede entregar en uso si no se cuenta con un certificado de recepción de obras. El promotor del proyecto, normalmente el arquitecto solicita formalmente la recepción así como todos los **certificados de ensayo y calidad de materiales emitidos por las instituciones de control técnico de obras (laboratorios acreditados).** Finalmente, el Director de Obras de la Municipalidad verifica que esté toda esta documentación, incluyendo los certificados de empresas de servicios (agua potable, luz, gas), y solamente en ese caso se procede a la recepción municipal.

Por su parte, existe otra Norma, dentro de la misma Ley General, que fija responsabilidad para **el primer vendedor, que en Chile es responsable de todos los defectos de los elementos estructurales (durante 10 años desde la recepción municipal) y no estructurales (durante 5 años desde la recepción municipal) de la edificación.** En caso de cualquier falla, el primer vendedor tiene que responder.

A la par, en Chile, cada territorio está planificado con un instrumento que orienta el desarrollo de las ciudades que se llama **Plan Regulador Comunal.** En él están registrados los usos de suelo, las densidades máximas, las zonas con restricción no edificables (en torno a un aeropuerto, central nuclear, etc.) y las edificables con proyectos de mitigación (por ejemplo, en alta montaña propensas a deslizamientos de terreno), etc.

Elementos que explican la baja tasa de informalidad en las construcciones en Chile

1. La naturaleza: la alta tasa de ocurrencia de terremotos

Chile tiene terremotos frecuentes, cada 3 a 5 años. Entonces la gente tiene conciencia del riesgo que corre por la informalidad. Independientemente del factor educacional o cultural, la gente sabe que la amenaza es latente. Esta conciencia generalizada contribuye a bajas tasas de informalidad en la construcción.

2. La institucionalidad

La institucionalidad chilena no deja cabos sueltos. Desde la planificación, en donde se realiza estudios técnicos desarrollados por especialistas y que conforman el Plan Regulador Comunal, rector para todo el territorio. Cualquier proyecto constructivo que se diseñe, tiene que considerar los lineamientos de este instrumento de planificación territorial y las normas urbanísticas.

3. Incentivos a las familias con construcciones formales

El Estado chileno otorga subsidios en dinero a los dueños de las propiedades para que mejoren su vivienda, siempre y cuando sean formales. Éstas pueden ser viviendas de interés social o particulares. Para recibir el subsidio el Estado realiza llamados, cada dos o tres años a los cuales se aplica vía internet. Existen tantos recursos para este tema que incluso sobran fondos todos los años, en estas líneas de inversión.

4. Monitoreo de las edificaciones y uso de herramientas tecnológicas

Los municipios cuentan con inspectores que realizan sus fiscalizaciones en terreno, pero también actúan en base a las denuncias de vecinos. Cuando se recibe una denuncia el propietario es notificado y tiene de dos a tres meses para regularizar su situación. Si no lo hace, dentro de los plazos establecidos, es llamado a los tribunales de justicia, rinde explicaciones y el juez le da un nuevo plazo. Si transcurrido ese plazo no se ha regularizado la construcción se procede a la auto demolición con cargo al propietario.

Una técnica que usan mucho los municipios son las fotografías aéreas: toman fotografías cada seis meses o cada año y las comparan. Si ven una cubierta distinta, por ejemplo, activan inmediatamente la notificación e inicia el proceso.

5. Costo de la emergencia y la reconstrucción versus costo de construir de manera sismo-resistente

Si sumamos todos estos aspectos, tenemos una baja tasa de informalidad y eso es bueno porque construir sin el apoyo de profesionales, es “pan para hoy y hambre para mañana”. Si las construcciones no son sismo-resistentes, tanto el Estado como el propietario tienen que concurrir con acciones de emergencia, subsidios, etc., esto es mucho más costoso. En Chile se ha estimado que este costo (emergencia, recuperación, etc.) puede ser de 3 a 4 veces el costo de la edificación, mientras que una construcción sismo-resistente cuesta únicamente 30% más del valor de la edificación.

Actualmente se cuenta con más de 200 edificios y con dos conjuntos habitacionales de vivienda social con sistemas de protección sísmica y se apuesta a masificarlos.

Desarrollo constructivo

En Chile se ha evolucionado en cuanto al desarrollo constructivo. Dicha evolución va de la mano con las mejoras normativas, técnicas constructivas, técnica de control de materiales y tecnologías innovadoras, generadas en base a las experiencias y calibración que han dejado los diferentes eventos y catástrofes ocurridos tanto a nivel nacional como internacional.

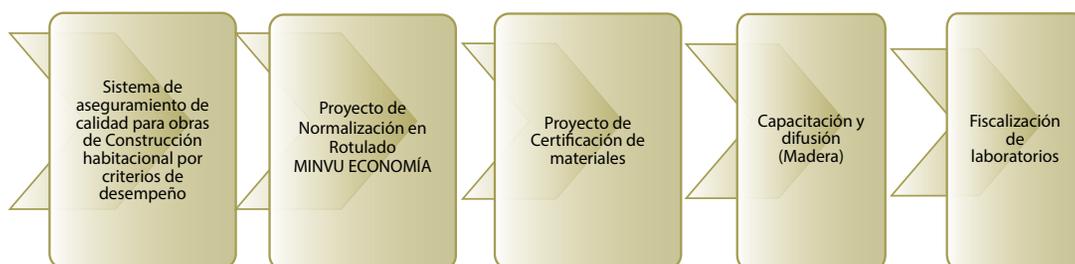
Áreas del desarrollo constructivo

- **Materiales**
 - Evolución experimental
 - Nuevos materiales
 - Nuevos sistemas constructivos

- **Laboratorios y ensayos**
 - Modificación de procesos de certificación
 - Nuevas áreas de certificación
 - Mayor gama de laboratorios
 - Más cobertura regional
- **Especialización de profesionales**
 - Mayores ofertas de post títulos, magister, etc.
 - Más amplitud de financiamientos
 - Profesionales extranjeros (nuevas tecnologías)
- **Tecnologías constructivas innovadoras**
 - Aislación sísmica
 - Disipación sísmica

En el ámbito de **materiales**, la tecnología ha generado nuevos materiales y ha ampliado el conocimiento de los materiales tradicionales junto con sus mejoras constructivas y de calidad. Así, han surgido en el mercado de la construcción sistemas no tradicionales tales como: sistemas de paneles auto soportante, paneles de hormigón liviano, bloques de poli-estireno, ICF, SIP, CLT (madera contra-laminada). En cuanto a los materiales tradicionales se han ajustado parámetros de diseño incorporando y mejorando su metodología constructiva. Ejemplos de ello son la incorporación de fibra de carbono en hormigones para aumentar resistencia; adición de elementos para asegurar la resistencia al fuego y las cualidades térmicas; investigaciones específicas para ampliar y masificar el uso de madera; entre otros.

De igual manera, el Ministerio de Vivienda participa constantemente en proyectos que innovan la calidad de materiales y de construcción.



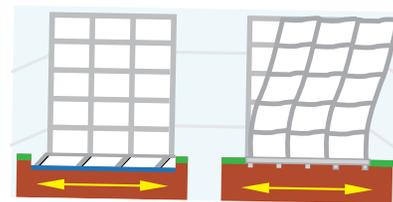
Tecnologías Innovadoras

Entre los principales avances tecnológicos en materia de ingeniería sísmica, se pueden mencionar:

a. Estructuras con sistemas de aislación sísmica de base

En este caso, las estructuras son diseñadas acorde a la norma NCh2745, cuya última actualización data del 2013. Su implementación consiste en aislar la estructura del suelo mediante elementos estructurales que reducen el efecto de los sismos sobre la estructura. Estos elementos estructurales se denominan aisladores sísmicos y son dispositivos que absorben mediante deformaciones elevadas la energía que un terremoto transmite a una estructura.

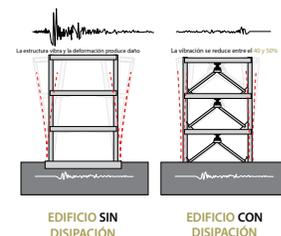
Estos dispositivos pueden ser de diferentes tipos y formas. Los más conocidos son los basados en goma de alto amortiguamiento, goma con núcleo de plomo, neoprenicos o friccionales. Al utilizar estos elementos, la estructura sufre un cambio en la forma, al moverse durante un sismo, produciéndose una reducción importante de las fuerzas que actúan sobre ella.



b. Estructuras con sistemas de disipación de energía

Para el caso de las estructuras con disipación de energía, la norma se encuentra en proceso de borrador y pronto va a entrar a los trámites de norma NCh. La implementación de este sistema consiste en instalar en la estructura dispositivos destinados a aumentar la capacidad de perder energía de una estructura durante un terremoto.

Estos dispositivos se conocen como disipadores de energía o amortiguadores sísmicos y pueden ser de diversas formas y principios de operación. Los más conocidos son en base a un elemento viscoso o con un elemento metálico que se deforma.



Aportes para el Ecuador desde la experiencia chilena

La norma ecuatoriana tiene aspectos muy modernos e interesantes. Sin embargo, tiene otros, que a juicio personal, dejan un tanto expuestas las edificaciones, Por ejemplo:

- En Chile hemos detectado y estamos en proceso de incorporar en la norma que cuando uno tiene centros poblados en zonas con topografía como la de Quito, en donde hay cordones montañosos y generamos plataformas o acantilados, se ha probado experimentalmente y en la práctica, que las edificaciones que se sitúan al borde de la ladera, sufren de amplificación sísmica generándose un “efecto bandera”. Por ello es importante revisar, penalizar y hacerse cargo de edificaciones que están en estas ubicaciones.
- Otro tema que en Ecuador es de uso masivo las losas aligeradas. Esto está bien para países que no tienen terremotos, porque son rápidas de ejecutar y baratas. Pero en países sísmicos hay que tener mucho cuidado. Hay que recordar que una de las hipótesis fundamentales del análisis estructural es que exista compatibilidad de deformación. Es decir, que una vez que viene el remezón, son los elementos verticales estructurales los que transmiten hacia la estructura superior los desplazamientos es la losa la que se encarga de mantener todos esos elementos juntos. Y esa es una hipótesis de diseño. Entonces todos los cálculos se basan en que este diagrama va a seguir cumpliendo esta función. En Chile la norma obliga a verificar esa condición. De hecho existen edificios con losas aligeradas, con espesores de 14 cm, pero lo regular son entre 16-18 cm. Además, en los edificios de altura, los primeros niveles se calculan suponiendo que la losa está fisurada y, por tanto, se calculan como diafragma semi-rígida. Esta condición se asume porque en el 2010 ya se pudo evidenciar muchos edificios con losas fisuradas.
- Otro aspecto que llama la atención es que se utiliza básicamente dos métodos de análisis: método estático equivalente y el método modal espectral. Respecto al primero, las restricciones no son muy fuertes. En Chile aceptamos edificios de hasta cinco pisos y que sean regulares. La regularidad se obtiene asegurando de que la diferencia entre cortante de un piso y otro junto con la rigidez no sea superior al 3%. Si esa condición no se cumple, hay que hacer análisis modal espectral.
- Otro tema fundamental son los *briefs*; las deformaciones. No hay que olvidar que cuando viene el gran terremoto es el piso el que se desplaza. Este desplazamiento genera desplazamiento en la estructura que generan esfuerzos a lo interno. Los desplazamientos son un componente fundamental para limitar el daño y tener un control sobre el desempeño de la estructura. En Ecuador se tolera hasta el 1% de deformación entre pisos. Sin embargo, resulta que hay muchos ensayos, con el realizado en Salvador donde se comprobó que ya al 1 por mil, las paredes de mampostería se empiezan a agrietar. Al 2 por mil las paredes ya tienen grietas

visibles y al 5 por mil la estructura está llegando a su *pick* de capacidad. Al 1% la pared ya se vino abajo hace rato y en Ecuador se acepta este valor.

En estructuras de hormigón se aceptan el 2%. En Chile se aceptamos el 2 por 1000; 10 veces menos. Y esa es una de las razones por las que se ha tenido un buen desempeño en nuestros edificios. Estas limitantes de deformación son tan importantes que nos llevan a construir edificios de muros de grandes dimensiones (20-30 cm de espesor), porque es la única manera de asegurar que los desplazamientos estén dentro de ese orden de magnitud.

- Respecto a las construcciones en acero, en Chile solo se cuenta con dos o tres edificios con estructuras de acero y esto se debe al tema del control de deformaciones. En Chile las regulaciones son muy estrictas respecto a las estructuras dúctiles. El problema está en que las estructuras en acero superan las deformaciones máximas toleradas en el código de diseño. Para poder cumplir con las exigencias de deformación máxima se tiene que aumentar la cuantía de los kilos de acero que lo hace poco competitivo en relación con el hormigón armado.

Adicionalmente, en Ecuador existen edificios con estructura vertical de acero, columnas de acero y con paredes rellenas de bloque o concreto. Esas paredes son muy frágiles y toleran pocas deformaciones. Por lo que las mismas al ser expuestas a un gran terremoto la estructura dúctil del acero será obligada a deformarse en demasía, haciendo que las paredes se desprendan. Es probable que la estructura en sí no sufra daño, pero el propósito principal de las construcciones sismo-resistentes es salvaguardar la vida de las personas y una pared que se caiga del quinto piso puede matar a alguien. Entonces está bien el acero, pero hay que restringir las deformaciones.

En relación a los arriestramientos, tanto en las diagonales en cruz como en las “v cortas invertidas”, después del terremoto del 2010 observamos muchas fallas en estructuras metálicas en áreas industriales. Al hacer un análisis no lineal se pudo observar que el puntal excesivamente rígido transfiere una carga muy importante a las columnas afectando seriamente la estabilidad, se una vez que estas fallan. Es por ello que tras este suceso en el código de diseño anti-sísmico se está poniendo restricciones que garanticen el pandeo de los elementos arriestramientos.

Otro de los elementos en estructuras de acero es que en Chile no se permite la soldadura de terreno ya que porque son difíciles de realizar y de inspeccionar. En esta técnica se han observado fallas especialmente en los nudos por lo que sería pertinente prohibir este tipo de soldadura



Joel Prieto es Ingeniero Civil de la Universidad de Chile, con estudios en el Instituto de Sismología e Ingeniería Sísmica de Japón en mejoramiento y difusión de tecnologías para edificaciones sismo-resistentes.

- Funcionario del Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile desde 1986. Profesor e Investigador de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile.
- Ingeniero calculista de estructuras metálicas, estructuras de hormigón armado, edificios de albañilería y puentes.

2.2 Colombia

2.2.1 Políticas nacionales y locales para la gestión del riesgo sísmico en Colombia y Bogotá.

Jesús Rojas, Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Efectos del Cambio Climático.

Terremotos que han causado afectaciones importantes en el país en los últimos 30 años.

Fecha	magnitud	Localización	Afectación	Comentarios
1979 12 de Diciembre	7.9	Tumaco Nariño	260 muertos	Un maremoto arrasa el puerto de Tumaco, cuyas construcciones son, en mayor parte, chozas de madera.
1983 31 de Marzo	5.5	Popayán Cauca	250 muertos 10.000 Casas afectadas	Un terremoto destruye Popayán y arruina los templos de esa ciudad, considerada reliquia arquitectónica.
1992 17 y 18 de Octubre	6.2 y 7.2	Murindó Antioquia	3 muertos 2.000 damnificados	Licuación de terrenos .
1994 6 de Junio	6.4	Páez Cauca	500 muertos 3.000 casas afectadas 28.000 damnificados	Ocasionó una avalancha fluvial en los departamentos del Huila Y Cauca.
1995 19 de Enero	6.5	Tauramena	5 Muertos	
1995 9 de Febrero		Pereira	40 muertos	Un nuevo terremoto en Pereira y otras zonas del eje cafetero
1999 25 de Febrero	6.2	Armenia	1.200 muertos	Sacude los departamentos del Valle del Cauca, Risaralda, Quindío, Caldas, Huila, Tolima.
2004 15 de Noviembre	7.2	Pizarro		Daños moderados en municipios de la costa pacífica y en la ciudad de Cali.
2008 24 de Mayo	5.7	Quetame	767 casas afectadas 5.000 Damnificados	Daños moderados en Quetame. Cáqueza y el Calvario, deslizamientos en la vía Bogotá Villavicencio y daños leves en Villavicencio y Bogotá

Fuente: Bogotá frente a la gestión integral del riesgo sísmico. Alcaldía Mayor de Bogotá. Fondo de Prevención y Atención de Emergencias. 2010.

Problemática del riesgo sísmico en Colombia

- Alto desarrollo en zonas de amenaza alta o intermedia.
- Alto nivel de urbanización.
- Alto nivel de construcción informal o sin control técnico.
- Bajo nivel de aseguramiento de propiedades.

Desarrollo en zonas de amenaza media o alta

- Deficiente percepción del riesgo.
- Ausencia de monitoreo.
- Desconocimiento del comportamiento local del suelo.
- Falta de normatividad obligatoria para mejorar el conocimiento de la amenaza.

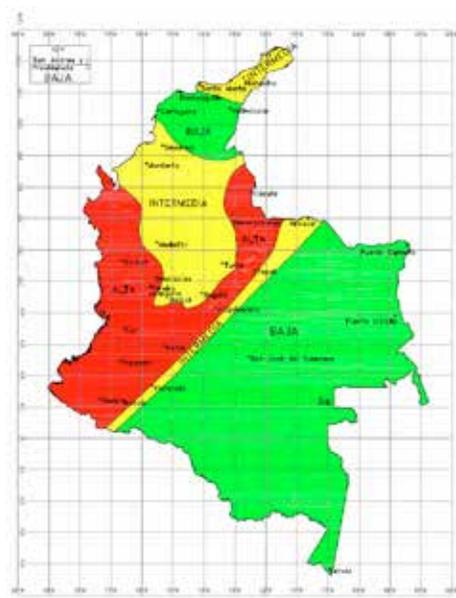
Vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura

- Construcción de edificaciones sin cumplir normas técnicas (formales e informales).
- Construcción de infraestructura sin considerar normas técnicas.
- Alta vulnerabilidad de edificaciones indispensables.

Riesgo físico, económico y social

- Daños y pérdidas de edificaciones e infraestructura.
- Pérdida de vidas, lesionados y familias desintegradas.
- Pérdida de producción y prestación de servicios.

Zonas de amenaza sísmica de Colombia



Fuente: AIS 2009

Normativa nacional para la reducción del riesgo sísmico

En consideración a la magnitud de los daños y las pérdidas ocurridas en Popayán en el sismo del año 1983, Colombia comprendió la necesidad de adoptar medidas para reducir la vulnerabilidad de las construcciones, aún las de baja altura, como las casas de uno y dos pisos, ya que éstas también colapsaron y produjeron víctimas. En 1984, se expidió el primer código de construcciones sismo resistentes, que se actualizó el 19

de agosto de 1997 a través de la Ley 400 y que se reglamenta a través de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente – NSR. La primera fue la NSR-98 expedida en enero 1998 y la segunda, NSR-10, en marzo de 2010, mediante el Decreto 926, por medio del cual se adopta el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Estas disposiciones adoptan previsiones para el diseño, construcción y supervisión técnica de las edificaciones nuevas, así como para el reforzamiento de aquellas consideradas como indispensables. Es decir, que deben funcionar durante y después del sismo porque son requeridas para la atención y seguridad de la comunidad.

Las prescripciones normativas contemplan tanto los requisitos que se deben cumplir para la evaluación del comportamiento sísmico de la edificación como para su rehabilitación. En este último se exige que el proceso sea sometido a vigilancia por parte de un supervisor técnico, con las calidades y el alcance que prescribe la norma para las edificaciones nuevas. En particular, para las construcciones nuevas, clasificadas como edificaciones indispensables o de atención a la comunidad, que están localizadas en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia, se espera que el daño producido por movimientos sísmicos sea reparable y no sea tan severo que inhiba la operación y ocupación inmediata y continuada de la edificación. Para las construcciones existentes se establece que deben ser evaluadas en su vulnerabilidad sísmica y de acuerdo a ella, deben ser reforzadas acorde con los requisitos de la normatividad vigente.

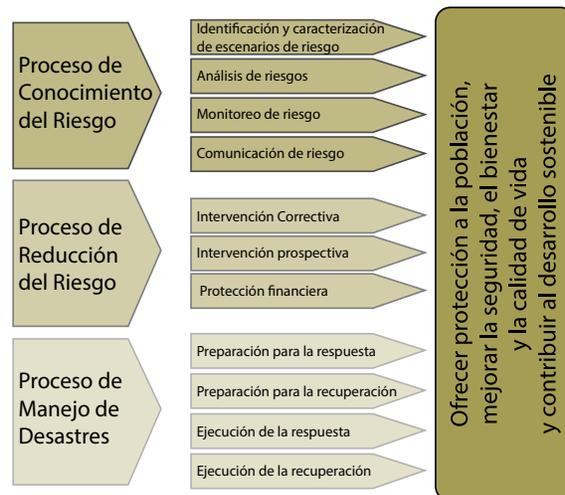
La Ley 400 faculta al Gobierno Nacional para la expedición de Reglamentos NSR acorde a los avances técnicos y científicos. Para ello una **Comisión Asesora Nacional**, constituida principalmente por actores privados, con algunas instituciones públicas y en articulación con el Ministerio de Vivienda, propone actualizaciones de las normas, resuelven consultas técnicas de gremios y de la ciudadanía en general. La Comisión también puede autorizar sistemas estructurales que no se acojan totalmente a lo previsto en la norma y que, a través de investigaciones y certificaciones, puedan demostrar que cumplen satisfactoriamente con los requisitos técnicos para la sismo-resistencia de las edificaciones.

Las **políticas nacionales para la gestión del riesgo sísmico** establecen los criterios de aceptabilidad del riesgo para proteger la vida y el patrimonio público y privado:

Resistir temblores de poca intensidad sin daño, temblores moderados sin daño estructural, pero posiblemente con algún daño en elementos no estructurales y un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales, pero sin colapso.

También determinan **las responsabilidades de propietarios y profesionales que intervienen en el proceso constructivo**: arquitectos, diseñadores de elementos estructurales y no estructurales, revisores de los diseños, ingenieros geotecnistas, constructores, interventores, supervisores técnicos y funcionarios públicos.

Paralelamente a las normas y políticas de sismo-resistencia, la **Ley de Gestión de Riesgos se actualizada en 2012** (Ley 1523) estableció claramente el tema de la corresponsabilidad: “las personas y las comunidades en su función de auto-protección, las instituciones en sus ámbitos de acción sectoriales o territoriales y las autoridades con el deber de proteger a las personas como mandato constitucional” (Artículo 2). Esta Ley realiza también algunas modificaciones al Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres. Su objetivo, procesos y subprocesos se muestran en el siguiente esquema:



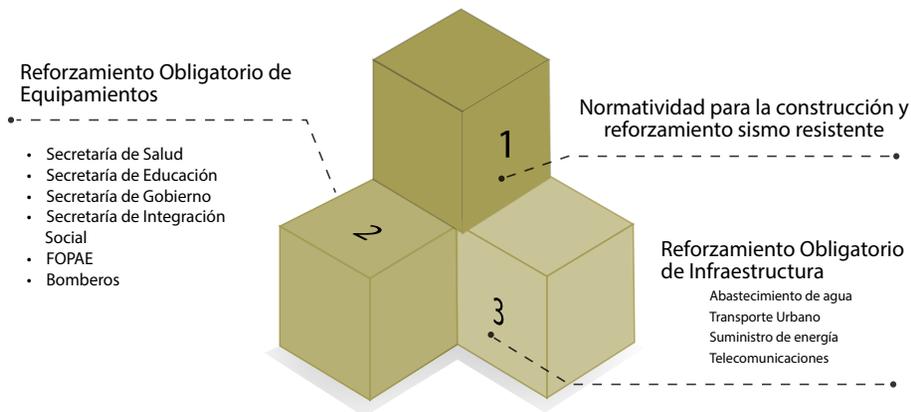
La experiencia colombiana enfatiza en que **la aplicabilidad de las normas de sismo-resistencia requiere del acompañamiento del ordenamiento territorial**. El ordenamiento territorial establece, por un lado las normas urbanísticas y, por otro lado, los instrumentos técnicos que incorporan la gestión de riesgos en el ordenamiento territorial.

La **norma urbanística** establece los criterios de usos, alturas, densidades, etc., que deben tener en cuenta los arquitectos. Estas no sólo se limitan a las licencias de construcción en términos arquitectónicos, sino que incluyen todos los requisitos técnicos: los estudios geo-técnicos, los cálculos estructurales, la supervisión, el control posterior, las responsabilidades de los propietarios; así como las obligaciones que tienen los profesionales que participan dentro del proyecto y que quedan registrados en la licencia .

Los **instrumentos técnicos**, que el gobierno estableció como obligatorios, para la gestión del riesgo en el desarrollo urbano son:

- Adopción de mapas de amenaza: inundación, remoción e incendios forestales.
- Condicionamientos y restricciones para licencias de urbanismo y construcción.
- Microzonificación sísmica: zonificación geotécnica, de respuesta sísmica y espectros de diseño.
- Estudios, conceptos y diagnósticos técnicos.

El siguiente esquema muestra las aplicaciones de la microzonificación sísmica en Colombia:



La gestión del riesgo sísmico en Bogotá

Bogotá está localizada en el centro del país, con un área urbana del 25%, en donde vive el 99,8% de sus 8 millones de habitantes (100% de la población está asentada en zonas de amenaza sísmica intermedia o alta). Por el costado oriental, Bogotá está tutelada por cerros del extremo norte al extremo sur y en éste vuelven y bordean hacia el occidente. El resto es una gran planicie de origen cuaternario de suelos lacustres supremamente blandos. El basamento rocoso alcanza 500 metros de profundidad, con efectos de amplificación muy importantes. Otra parte de la ciudad tiene depósitos aluviales que son propensos a los efectos de licuación. Y la zona cercana a los Piemontes de las laderas está sujetas a los efectos de deslizamiento.

La amenaza sísmica regional

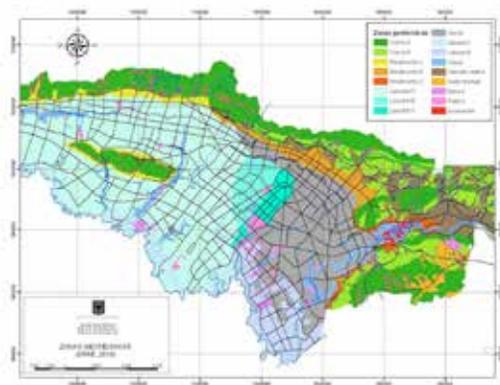
La ciudad de Bogotá ha sido afectada históricamente por la actividad sísmica de la región. Registros del siglo XVII a 2010, ratifican que se han sentido en Bogotá por lo menos nueve sismos con intensidad entre VI y VIII en la escala de Mercalli Modificada

(desde daños leves a daños moderados). El Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia 2009 clasifica el área urbana de Bogotá en la zona de amenaza sísmica intermedia y señala que las fuentes sísmicas de mayor contribución a la amenaza de la ciudad son la Falla Frontal de la Cordillera Oriental, Benioff y Salinas.

Para conocer la respuesta sísmica de los terrenos de Bogotá, la DAPE realizó el estudio “Zonificación de la respuesta sísmica en Bogotá para el diseño sismo resistente de edificaciones”, el cual abarca los siguientes elementos:

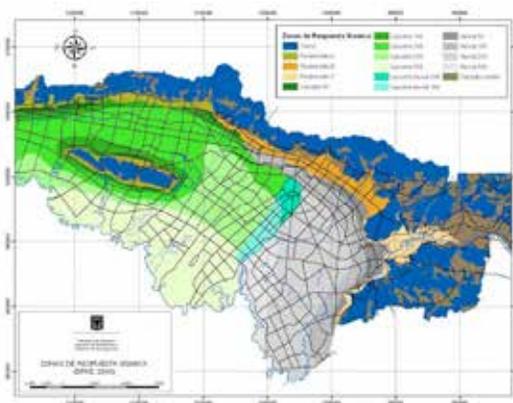
- Modelo geológico - geotécnico que denota la disposición de los materiales en el territorio y sus propiedades geo-mecánicas.
- Modelo geofísico que ilustra los espesores y características dinámicas de los depósitos.
- Interpretación de los registros de la Red de Acelerógrafos que permite medir la respuesta y calibrar las propiedades dinámicas de los depósitos.
- Modelación de la respuesta de sitio que estima los efectos locales de un sismo de gran magnitud.

Zonas geotécnicas de Bogotá



Fuente: FOPAE 2010

Zonas de respuesta sísmica en Bogotá



Fuente: FOPAE 2010

Problemática del riesgo sísmico en Bogotá

- Prácticamente toda la población está en el área urbana.
- Existe un alto nivel de urbanización y construcción informal.
- Existe una alta vulnerabilidad en edificaciones de la población de menores ingresos.
- Los suelos muy susceptibles a acciones sísmicas.
- Existe una dependencia de suministros externos: alimentos, agua, electricidad y gas.

El modelo de gestión del riesgo de Bogotá

Desde 1987, Bogotá cuenta con un fondo de presupuesto municipal destinado específicamente para el tema de prevención y atención de desastres (el FOPAE), inclusive antes de que el Gobierno Nacional formulara su primera ley relativa a la gestión del riesgo. El contar con recursos fijos, sin necesidad de hacer lobby ante el Alcalde de turno o la Secretaría de Hacienda, permitió que en Bogotá **fuera acumulando conocimiento y capital humano en el tema.**

En el año 2000, cuando se aplicaron las normas del Plan de Ordenamiento Territorial a nivel nacional, la ciudad adoptó un **modelo de gestión integral del riesgo** -posteriormente adoptado a nivel nacional- que incluye seis líneas de acción:

Identificación del Riesgo	Prevención de Nuevos Riesgos	Mitigación del Riesgo Existente	Preparativos y Administración de Emergencias	Recuperación y Protección Financiera
Aspectos Transversales Normatividad, Planes, Agendas				

Estructura del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo de Bogotá



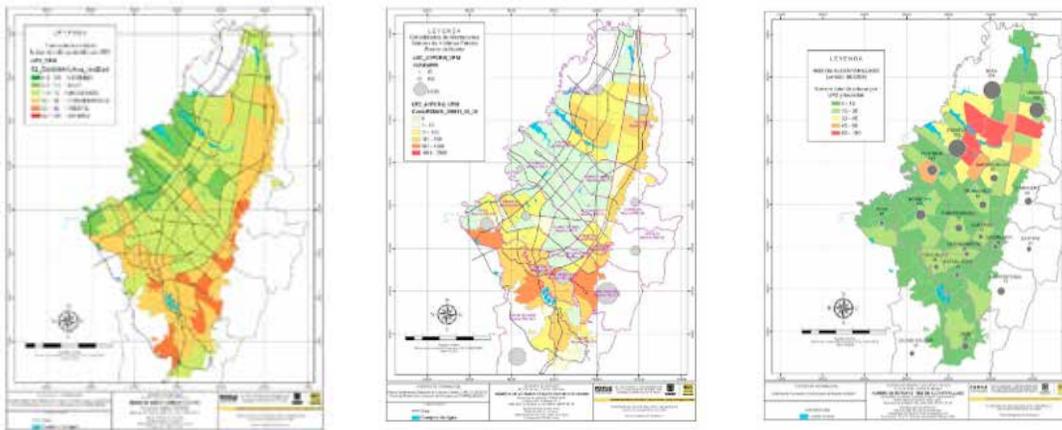
El Sistema está presidido por el Alcalde Mayor, con su gabinete ampliado, el Consejo Distrital. El Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático es la entidad técnica asesora del Sistema. También forman parte del Sistema los Consejos Locales, presididos por los Alcaldes de las 20 zonas administrativas en las que está dividida Bogotá y por una Comisión Intersectorial que coordina más de 60 instituciones públicas que brindan sus servicios a la ciudad. También integran el Sistema una Comisión de Incendios Forestales y un Comité Sectorial Ambiental.

El Consejo Consultivo tiene a su cargo el asesoramiento, los procesos de toma de decisión y la administración de los recursos económicos requeridos para el financiamiento de la gestión del riesgo.

Bogotá también cuenta con un conjunto de instrumentos de planificación y de herramientas para la gestión del riesgo a nivel territorial:

- El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
- El Plan de Gestión del Riesgo y Cambio Climático
- Estrategia de Respuesta
- Planes de Contingencia (para las dos temporadas de lluvia intensa)
- Plan de Recuperación
- Plan de Emergencia y Contingencia de Empresas

Bogotá también ha avanzado en la **identificación y caracterización de escenarios de riesgo. Por ejemplo se realizó el escenario** para un sismo de magnitud 7 y con epicentro a una distancia de 40 km de la ciudad y en la noche. Con este se estudió el posible daño en edificaciones, la pérdida de vidas humanas y avería de los servicios públicos.



Bogotá cuenta también con un **Centro de Monitoreo de Amenazas** meteorológicas, geo-técnicas y está equipado con una Red de Acelerógrafos de propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE) compuesta por 30 acelerógrafos digitales distribuidos en toda el área urbana de la ciudad. En 2008, un sismo de 5.4 permitió calibrar los instrumentos para la micro zonificación. Desde 2001, también está funcionando un **Sistema de Información** en el que se compila y pone a disposición información técnica de la ciudad (www.side.gov.co).

Un esfuerzo muy significativo realizado por la ciudad fue la **identificación, evaluación, reforzamiento o reposición de edificaciones indispensables y edificaciones de atención a la comunidad**. Esta estrategia contó con un crédito del Banco Mundial, en el marco del “**Proyecto de Reducción de la Vulnerabilidad Fiscal del Distrito ante Desastres Naturales**”, bajo la premisa de que, frente a un evento sísmico de magnitud considerable, es fundamental que las edificaciones continúen en funcionamiento para

preservar la vida de las personas, para facilitar la gobernabilidad de la ciudad y para evitar que el Estado tenga que incurrir en elevados costos de reposición. En la actualidad un gran porcentaje de edificaciones han sido reforzadas y otras han tenido que ser demolidas y repuestas, con criterios de sismo-resistencia.

El siguiente recuadro muestra los avances en el reforzamiento de edificaciones esenciales y en edificaciones de atención a la comunidad a 2010 (extracto del libro Bogotá frente a la gestión integral del riesgo sísmico. Alcaldía Mayor de Bogotá. FOPAE, 2010).

“El sector salud es uno de los sectores que mayor importancia adquiere para el manejo de la atención pública ante una situación de emergencia, desastre o calamidad, razón por la cual sus edificaciones son catalogadas como de edificaciones indispensables. En 2010, cerca del 10% de las edificaciones del sector salud contaba con condiciones apropiadas de seguridad frente a un evento sísmico de considerable magnitud. Para ello el Distrito Capital ha invertido más de \$6.600 millones. Para los próximos 9 años (2019) se ha previsto una inversión cercana a los \$32.000 millones para reforzar 22 edificaciones prioritarias, lo cual representa el 14% del total de equipamientos administrativos del SDS

Los sectores de integración social y educación tienen bajo su responsabilidad los equipamientos que en las normas de sismo resistencia se clasifican como educativos, catalogados como edificaciones de atención a la comunidad, y conforme a su versión NSR-10, a partir de la entrada en vigencia en julio de 2010, se establece la obligatoriedad de su reforzamiento. Siguiendo las tendencias mundiales al respecto, desde años atrás el Distrito Capital ha venido desarrollando una estrategia para disminuir la vulnerabilidad física de estas edificaciones y hasta el momento se han intervenido mediante reforzamiento, cierre, reposición o ampliaciones o nuevas construcciones e identificación para reubicación, para el sector de integración social cerca del 23 % del total de sus edificaciones, y el 42 % para el sector de educación, lo cual representa un gran avance para la obligación que le asigna la nueva normatividad. Sin embargo, es importante dar continuidad y fortalecer esta estrategia de intervención, mediante la disposición de los recursos necesarios para llevar las edificaciones al nivel de seguridad requerido.

Del sector de gobierno, seguridad y convivencia, las entidades que tienen obligación de reforzar su infraestructura por tener edificaciones catalogadas como edificaciones de atención a la comunidad son la Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá - UAECOB y el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE - Dirección de Prevención y Atención de Emergencias - DPAE. La primera a la fecha ha intervenido 39% del total de sus edificaciones y tiene proyectado intervenir en el corto plazo el 22 %, por lo tanto y al igual que en el sector de los equipamientos educativos, es importante dar continuidad y fortalecer esta estrategia de intervención, mediante la disposición de los recursos necesarios para llevar las edificaciones al nivel de seguridad requerido, dado que los plazos establecidos legalmente ya se han vencido. Por su parte el FOPAE - DPAE ya ha realizado los estudios e intervenciones requeridas para el reforzamiento del total de sus edificaciones.

Se ha realizado un gran esfuerzo para que la infraestructura estratégica de los sistemas de abastecimiento y recolección de aguas sea lo menos vulnerable ante un evento de gran magnitud. La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ha realizado reforzamiento estructural y construido edificios administrativos de acuerdo con los requerimientos de la Norma NSR-98. Al momento el 60% de sus edificaciones están reforzadas. De estas el 100% de los embalses está reforzada; 80% de las plantas de tratamiento tiene reforzamiento y el 20% restante cuenta con estudio de reforzamiento estructural. También se reforzaron el 60% de los tanques de almacenamiento de agua. El 84% de las estaciones elevadoras de aguas lluvias y residuales han sido rehabilitadas o fueron construidas bajo la NSR-98 y sólo falta el 16% por rehabilitar.

El sector movilidad tiene a cargo la construcción y mantenimiento de malla vial y el manejo del transporte del Distrito Capital. La funcionalidad de la infraestructura del sector es fundamental para la atención de una emergencia en la ciudad debido a que las vías permitirán el acceso a las áreas afectadas para atención de víctimas, el suministro de abastecimientos a la ciudad, y se vuelve un eje primordial para afrontar la etapa de recuperación post desastre (rehabilitación y reconstrucción). A la fecha el 25% de las edificaciones indispensables fueron construidas o reforzadas con la NSR-98. En cuanto a la infraestructura del sistema de transporte masivo en su conjunto (portales, estaciones intermedias, estaciones de intercambio troncal y estaciones simples) fue construida bajo la NSR-98. En puentes vehiculares y peatonales el Distrito Capital viene trabajando en el reforzamiento de su infraestructura. Al momento de los 114 puentes vehiculares existentes 21% han sido reforzados; el 15% cuenta con estudio de vulnerabilidad sísmica y el 33% es infraestructura nueva. De los 186 puentes peatonales, el 65% son construcciones nuevas o han sido reforzadas y el 17% restante cuenta con estudios de reforzamiento.

La continuidad en la prestación del servicio de energía es una condición de gran importancia para el manejo de la atención pública en una situación de emergencia, desastre o calamidad. A la fecha se tiene certeza de que cerca del 47% de sus subestaciones están en condiciones apropiadas de seguridad frente a un evento sísmico de considerable magnitud. Está pendiente determinar el tipo de intervención a realizarse en el 53% de las subestaciones restantes. A su vez no se cuenta con información de la totalidad de las edificaciones del sector Energía, respecto del cumplimiento de las Normas NSR.

En el sector de telecomunicaciones se encuentra que la ETB tiene un 50% de su infraestructura reforzada. Además, en el Distrito Capital este servicio es prestado por otras entidades que no son del orden distrital, tales como EPM Bogotá, AVANTEL S.A., Telefónica Telecom, Telefónica Móviles, COMCEL y Colombia Móvil, que han reforzado sus edificios administrativos e infraestructuras en diferentes grados, pero que al no ser competencia distrital no se presentan sus resultados. Siendo así, no es posible establecer un porcentaje de cumplimiento de la norma para este sector. Igualmente, el servicio de gas natural domiciliario es prestado por entidades privadas y en consecuencia no se presentan los resultados al respecto.

En conjunto, se puede apreciar cómo la Administración Distrital ha comprendido la necesidad de enfrentar las consecuencias ante la ocurrencia de un sismo, que para las dimensiones de Bogotano pueden afrontarse fácilmente. A su vez la administración ha entendido que es más económico prevenir que remediar por lo cual ha realizado acciones de mitigación y acciones que han permitido incorporar el concepto del riesgo en la cultura de los ciudadanos, de las instituciones y de las entidades privadas, quienes también son responsables de realizar las correspondientes acciones de mitigación sobre sus propiedades.

Otros **mecanismos de protección financiera** que ha utilizado Bogotá son:

- **Aseguramiento de edificaciones privadas**

Puesto que la norma nacional que regula las propiedades horizontales establece que éstas tienen la obligación de contar con un seguro anti incendios y anti terremotos, se ha logrado avanzar en el aseguramiento de co-propiedades (conjuntos cerrados). Pero aún es necesario que otras edificaciones privadas contraten seguros que les permitan transferir el riesgo.

En el caso de viviendas ubicadas en zonas de alto riesgo, se las han relocalizado o tras una valoración técnica se han implementado algunas obras de mitigación.

- **Créditos contingentes o bonos catástrofe**

Estos instrumentos permiten que, frente a una emergencia, se pueda solicitar de manera inmediata un desembolso, sin tener que buscar créditos en medio de condiciones difíciles.

También, periódicamente, se organizan simulacros de evaluaciones de edificaciones a nivel distrital.

Bogotá, a través de IDEGER ha trabajado varias **campañas de educación y comunicación** para sensibilizar a la ciudadanía sobre el tema. Y se ha generado material publicitario, publicaciones y un portal infantil para preparar a los niños en el tema disponible en www.ideger.gov.co

Retos para la gestión del riesgo sísmico en Colombia y Bogotá

1. Mejoramiento del conocimiento

- Ampliar el conocimiento de la neotectónica y fallamiento local.
- Ampliación de la Red de Acelerógrafos.
- Mejorar el conocimiento de la respuesta del suelo: amplificación, licuación y subsidencia.
- Monitoreo de fuentes sismogénicas.

2. Mejoramiento en la reducción del riesgo

- Continuar reforzamiento de infraestructura pública.
- Fortalecer mecanismos de control a construcción.
- Reglamentación altura edificaciones.
- Fortalecer mecanismos para promover reforzamiento de edificaciones privadas.
- Mejorar mecanismos de aseguramiento para edificaciones reforzadas.

3. Mejoramiento de la respuesta

- Continuar ejercicios de preparación, simulacros, etc.
- Instalación de alojamientos temporales y suministro de líneas vitales.
- Mejorar capacidad de evaluación de daños post-sismo.
- Continuar con la planeación de la recuperación post-sismo.



Jesús Rojas es Ingeniero Civil, Magister en Docencia.

- Actualmente es Coordinador de Conceptos para la Planificación Territorial en la Subdirección de Análisis de Riesgos y Efectos del Cambio Climático del Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, entidad Coordinadora de la Gestión de Riesgos en Bogotá.
- Trabajó en el Instituto de Crédito Territorial, en el Instituto Nacional de Vivienda y Reforma Urbana y en la Secretaría Distrital de Hábitat.
- Docente universitario desde 1997 en la Universidad de La Salle, Universidad Piloto de Colombia y Universidad Católica de Colombia.
- Consultor para la formulación, diseño y construcción de proyectos de vivienda, saneamiento básico y cálculo estructural. Consultor de apoyo del PNUD para el seguimiento a la política de vivienda de interés social.

2.2.2 Fondo para la Reconstrucción y el Desarrollo Social del Eje Cafetero

Jorge Serna, Consultor PNUD Colombia

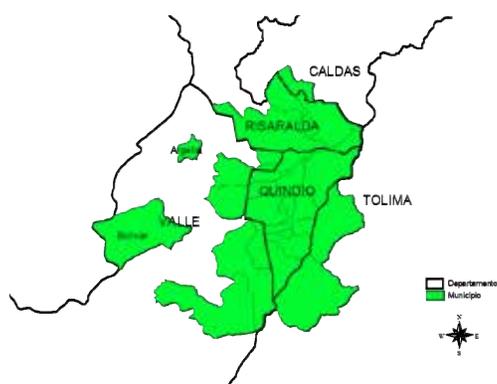
En el año 1997, el Congreso de la República expidió la primera norma sísmica (la Ley 400), que establecía las pautas principales para generar una reglamentación sísmica. No era una ley que determinaba los criterios técnicos, sino que definía aspectos como de qué manera tenía que actualizarse la ley, cómo se definían los vacíos, los mecanismos de supervisión, etc. A raíz de esta Ley se crea la Comisión Asesora Sismo Resistente y se desarrolla la normativa sismo-resistente para después expedirla en 1998. Es importante enfatizar que en Colombia estos ejercicios y procesos **se comparten con el sector privado, teniendo este último mayor responsabilidad. No es el gobierno el que lo impone. Son los gremios los que deciden.** La Comisión está compuesta por 11 miembros, de los cuales 4 o 5 son organismos públicos, el resto son privados. Está la Asociación de Ingeniería Sísmica, la Asociación de Ingeniería Estructural, la Asociación de Ingenieros Civiles, la Asociación de Arquitectos, que son los que viven el día a día con el tema de la norma.

A raíz del sismo de Popayán (marzo de 1983) se realizaron una serie de ejercicios que no eran de obligatorio cumplimiento para profesionales ni constructores. Se expidieron normas pero no existía la obligatoriedad de cumplirlas. En marzo de 1984 se recogen todas las normas existentes para publicar una primera norma. Ya en 1988, se realiza un ejercicio extensivo de todos los temas: geotecnia, suelos, mampostería, estructuras especiales, etc. El principio de esta primera norma es preservar la vida. Ya en la norma de 2010, que es relativamente reciente, se hacen ajustes en todas las normas, con el liderazgo de la Comisión Asesora. Se establecen condiciones más estrictas en el tema estructural. **La finalidad ya no es sólo preservar las vidas, la intención también es preservar el patrimonio.**

Igual que en todos nuestros países, Colombia tiene definidas en su norma tres zonas de riesgo sísmico: alta, intermedia y baja. Los sismos que hemos vivido han sido en la zona de alto riesgo sísmico. **Nuestras fallas, a diferencia de los otros países, son locales muy superficiales y causan grandes daños.** En el terremoto de Popayán, por ejemplo, tuvimos más de 500 personas muertas. En Páez, hubo cerca de 600 personas muertas por avalanchas de taludes de cenizas volcánicas que se desprendieron.

En el terremoto del Eje Cafetero de 1999, que fue superficial y de pequeña intensidad, cambió la percepción de qué tenemos que hacer y de cómo manejar esos temas. El sismo fue de 5.9 a 5 km de la ciudad de Armenia, con suelos que ayudaron a aumentar la magnitud de la onda. Allí se empezó a pensar en la necesidad de realizar ejercicios de micro zonificación sísmica. El sismo afectó a 5 provincias, 25 cantones y 1185 fallecidos (sólo en Armenia, 930 personas fallecieron). El Departamento más afectado fue Quindío. Fue una tragedia concentrada, a diferencia del sismo de Ecuador del 2016 que

afectó a un territorio muy extenso en la costa del Océano Pacífico. La infraestructura pública y barrios completos de la ciudad quedaron completamente devastados.



Colombia tiene un ejercicio muy particular de atender sus tragedias. Somos un Estado que **centralizamos más y posteriormente delegamos ese ejercicio a terceros**. De alguna manera hay un don de mando, un ejercicio de control presupuestal, un ejercicio integral de la reconstrucción. Colombia tiene una norma y Unidad Nacional de Prevención de Desastres desde 1999 y esa es la entidad que asume y se encarga de responder por todo el proceso de reconstrucción. Su gestión permite una adecuada coordinación de los esfuerzos. Adicionalmente, en Colombia, **el marco normativo permite que el Estado, una vez declarada la emergencia, tenga un mes para realizar toda la reglamentación que se requiera**. Se trata de Decretos Ley que no requieren ir al Congreso. Esto permite al Estado sentarse a programar.

El Fondo para la Reconstrucción y el Desarrollo Social del Eje Cafetalero (FOREC)

Para atender la emergencia, el Decreto 197 creó el FOREC. Ésta es la **entidad pública que se traslada a Armenia** y que es la responsable de hacer toda la atención. Es una entidad con patrimonio y personería propia encargada de hacer todo el proceso, con un solo empleado que es su Director. Tiene también un **Consejo Directivo**, que tiene la misma lógica de constitución que la Comisión Asesora: **cuatro miembros del sector privado y uno del sector público**. En el caso del sector privado, se trata de empresarios, banqueros, que **manejan el tema gerencial de alto nivel y que ayudan a tomar las decisiones, sin injerencias políticas**, para evitar atender las listas de peticiones con las que suelen llegar los municipios y que pueden desvirtuar el proceso.

Con recursos del FOREC, con la coordinación del Ministerio de Desarrollo Económico y con el apoyo de la Asociación de Ingenieros Civiles y Arquitectos de la zona, se contrató al Instituto Geográfico Agustín Codazzi para la realización de un **Censo Urbano**

en los municipios afectados por el sismo. Se visitó e identificó todos los predios. **Se revisaron cerca de 300.000 inmuebles, uno a uno, puerta a puerta.** Se hizo primero una ficha sencilla para tratar de identificar qué tipo de daño tenían y ya después en esas viviendas se realizó una evaluación mucho más detallada para saber si se demolía o no. Pero siempre quedan cosas por fuera o viviendas que no se pudieron atender. Por lo que se **llegó a la conclusión de que necesitábamos un modelo más desarrollado para que gobierno pudiese resolver de manera más integral el problema.** El modelo fue la contratación de **operadores zonales** (se explicará más adelante).

Un tema complejo que deben enfrentar estos procesos es la legalidad de la tierra. No es posible resolver los problemas de titulación de los últimos 20 años durante la fase de respuesta o de recuperación. **Se requiere hacer un corte en el tiempo, una especie de fotografía de quienes habitaban una vivienda en el momento del sismo.** No es factible que las oficinas catastrales y notariales se congestionen tratando de resolver temas de titularidad de la tierra. Quienes habitaban la vivienda pueden valerse de recibos de pago de servicios básicos o con declaraciones de vecinos que ayuden a demostrar que allí habitaban, de manera que los trámites se simplifiquen. De igual manera, debe existir una fecha de cierre del proceso de atención a los beneficiarios, suficientemente publicitada. De lo contrario el proceso es interminable.

Un caso que se presentó, en este proceso, fue que muchas de las edificaciones fueron construidas antes de la norma del 1998. Entonces se tuvo que flexibilizar la norma en el sentido de solicitar que las estructuras fueran reedificadas al menos según la anterior norma de 1984. Este caso se dio especialmente en edificios de propiedad horizontal, que es en donde más incertidumbre se genera en estos procesos. Dentro de un condominio de 100 casas, por ejemplo, si una vivienda no se pone de acuerdo, no se puede avanzar con el proceso. Tuvimos que sacar decretos especiales para poder reglamentar este tema.

¿Cómo se hizo la reconstrucción del Eje Cafetero?

Teníamos 100.000 viviendas destruidas, 1000 fallecidos, 300.000 personas afectas y 12.000 familias en albergues. Por más que no se quiera, **el Estado operativa y presupuestalmente es ineficiente.** Puede que los recursos estén, pero el Estado es ineficiente. Entonces se optó por un ejercicio con operadores zonales. **El territorio se dividió por zonas que fueron asignadas a organizaciones que tenían mucha trayectoria en Colombia,** incluyendo ONGS, universidades, gremios, fundaciones. Se hizo un ejercicio piloto con Antioquia Presente para que apadrinara y atendiera a Tebaida. Se replicó en el resto de municipios y todos los recursos del Fondo (créditos del Banco Mundial y del BID).

Se hizo una convocatoria pública para validar el proceso. **Se logró contratar a 31 operadores zonales encargados de atender a 44 zonas en que se dividió al Eje Cafetero.**

Estos operadores zonales tenían que hacer el ejercicio integral; no sólo el tema de vivienda: educación, infraestructura pública, salud, servicios públicos, acompañamiento social y manejo de albergues. En el tema de vivienda, por ejemplo, los Estados siempre arrancan con el tema de demoliciones, pero siempre llega un punto en el que algunas viviendas han quedado pendientes por demoras en los procesos. Entonces los operadores zonales se encargaban de llegar a este nivel.

La figura de contrato que se utilizó fue una muy especial: mandato y sin representación. Las organizaciones contratadas reciben fondos, pero no representan a FOREC. Tienen que ejecutar un conjunto de acciones, sobre los cuales deben rendir cuentas. Así se logró invertir casi 1500 millones de dólares ejecutados por los operadores finales, quienes rindieron cuentas y esto protegió al Estado. El FOREC nunca tuvo una demanda en sus tres años de existencia, pero sí las tenían los operadores zonales con sus contratistas o con las familias beneficiarias. Las organizaciones recibían recursos para sus gastos fijos y para sus honorarios y organizaciones como ONGs incluso tenían que invertirlos en una obra en la zona del sismo.

Como es un contrato de mandato sin representación, FOREC no hizo interventoría. Se hizo **un proceso de supervisión y de monitoreo transversal.** Se revisaba procesos e indicadores, pero no nos metíamos dentro de la ejecución. **No hacíamos fiscalización ni entrábamos en la administración porque desvirtuábamos la figura.** Se creó **una Red de Universidades de la Zona que estaban encargadas de hacer revisión a los operadores y de generar informes** de monitoreo para hacer ajustes pertinentes, sobre todo en relación al cumplimiento de las metas, pues la ejecución de los procesos correspondía directamente a los operadores.

El Consejo Directivo del FOREC tenía que tener, de manera ágil, los procesos. Decidimos hacerlo a través de acuerdos directos y circulares. No lo hacíamos a través de decretos y leyes, sino que el FOREC tenía la capacidad de hacer sus propias reglamentaciones. Y los problemas diarios que encontrábamos en la ejecución de las diferentes líneas de trabajo, las fuimos ajustando el proceso a través de circulares, que en total fueron **187 circulares, que facilitaron y agilizaron el proceso. Nunca se paró el trabajo por temas de reglamentación. Fue un tema que resolvió** en el día a día.

Respecto a la **recuperación del patrimonio de las familias afectadas**, es importante considerar que no se puede tener la misma percepción y principios que las instituciones tienen en su ejercicio misional común y corriente. El Ministerio de Vivienda entrega bonos y subsidios en condiciones generales para todo el país, pero aquí tuvo que cambiarlos, **simplificar las normas y los trámites.** La recuperación del patrimonio tiene que asegurarse de **que no se reconstruya el riesgo, de que se disminuya la vulnerabilidad.** Siempre se procura reglamentar a futuro, pero se olvida mirar hacia atrás. **Los terremotos nos obligan a mirar hacia atrás** y eso nunca lo estamos haciendo. Esa es una de las grandes lecciones.

Nosotros no contratábamos a constructores, sino los operadores y las familias. Y aquí hay un tema fundamental, **una diferencia entre arreglar un daño y reparar**. Las compañías de seguros hacen una valoración del daño (por ejemplo, si se cayó un muro) y le dan una valoración. Pero el Estado tiene que ir más allá, sobre todo en el caso de viviendas de interés social. Si vamos a limitarnos a arreglar un daño, es mejor no hacer nada, pues si llega a ocurrir un segundo sismo, incluso más fuerte, las viviendas van a verse aún más afectadas que en el anterior. Estos son temas de fondo que se discuten en estos procesos.

Arreglar un daño:

Es intervenir las viviendas para dejarlas en el estado en que se encontraban al momento del terremoto, sin tener en cuenta la norma sismo resistente.

Reparar:

Es intervenir las viviendas garantizando el cumplimiento de normas estructurales vigentes que garanticen la estabilidad de la vivienda para futuros eventos

VALOR SUBSIDIO - FOREC			
	VALOR 1999	SMLM	VALOR US\$2016(1)
PROPIETARIOS Y POSEEDORES			
REPARACIÓN	Hasta \$8.034.640	hasta 34 smim	US\$9.500
RELOCALIZACIÓN	\$ 8.034.640	34 smim	US\$9.500
RECONSTRUCCIÓN	\$ 8.034.640	34 smim	US\$9.500
REUBICACIÓN			
- COSTO VIVIENDA	\$ 8.034.640	34 smim	US\$9.500
- COSTO LOTE	\$ 4.000.000	16,2 smim	US\$4.500
TOTAL		50 SMLM	US\$14.000
NO PROPIETARIOS - ARRENDATARIOS			
- SUBSIDIO DIRECTO	\$5.900.000	25 SMLM	US\$6.900
- APOYO URBANISMO	\$3.000.000	12.7 SMLM	US\$3.500
TOTAL		31. SMLM	US\$10.400

(1) Devaluación promedio - 1 US\$ - \$1800/\$3.000 - Smim 2016: \$689.455

Colombia tiene en su reglamentación el Título E, que es para vivienda de uno a dos pisos, que no necesitan ingenieros ni arquitectos para que firmen los planos, pero sí son unos diseños básicos que el propietario debe presentar. No son para proyectos masivos, sino para viviendas particulares. Con base en esto definimos que para hacer una casa nueva en un terreno propio costaba 9500 dólares, ese mismo costo podíamos utilizarlo para la reparación o para la reconstrucción. Si quiero reparar y no arreglar los daños únicamente, tengo que justificar los recursos para poder hacerlo. En el caso de vivienda nueva, el costo de vivienda más el lote fue de USD 14.000.

Un problema que tuvimos que resolver eran las 12.000 familias que estaban en albergues y que antes del terremoto no tenían su casa propia sino que arrendaban. Utilizamos un fondo de donaciones de USAID, se recortó algunas obras y se utilizó estos recursos para poder dotar de viviendas a las 12.000 familias. Los operadores zonales, ONGs y fundaciones fueron muy eficientes en sus gestiones y tomaron a cargo toda la coordinación con familias y constructores.

Respecto al manejo financiero, se abrieron 70.000 cuentas bancarias para las familias en la región. Se hicieron acuerdos con varios bancos. En coordinación con los operadores zonales, FOREC consignaba el dinero directamente en las cuentas bancarias, a nombre de los beneficiarios, pero con una restricción de que no podía utilizar el dinero, sino únicamente a través de firmas conjuntas con los fiscalizadores de obras de los operadores zonales. En año y medio el tema de reparaciones y reconstrucciones de vivienda estuvo cerrado.

En el caso de los nuevos proyectos de vivienda, es un proceso que inicia prácticamente de cero porque no se encuentra en el mercado 12.000 viviendas nuevas para comprar. Varios constructores nos habían ofrecido viviendas de 18.000 - 22.000 dólares, pero los recursos no eran suficientes. **El Estado arrancó unos planes piloto para demostrar a los constructores que sí se podía construir viviendas de 14.000 dólares** (incluyendo el lote). El Estado compró unos terrenos, los urbanizó e **invitó a constructores invertir 10.000 dólares construyendo viviendas modelo** (el Estado aportó con los 4.000 dólares del lote). **Entonces se organizó una especie de feria inmobiliaria, en la que las familias afectadas podían elegir entre 130 proyectos privados distribuidos en todo el territorio del eje cafetero.**

Las familias disponían de su carta de bono que podían utilizar en el proyecto que seleccionaban. Una vez que la familia seleccionaba el constructor, el proyecto arrancaba. El Fondo realizaba la supervisión de los procesos. **Los recursos fueron gestionados a través de la figura de patrimonios autónomos por parte de una Fiduciaria Estatal** (Fiduprevisora, con una comisión del 0,95%). Los lotes de los constructores pasaban a la fiducia y allí se manejaban todos los recursos, con la firma del constructor y con la firma del fiscalizador.

En estos procesos contar con un rápido flujo de recursos es esencial. Se les dijo a los constructores que inmediatamente recibieran una carta bono, se consignaba el dinero en la cuenta, igualmente con las reparaciones. En el Ecuador, por ejemplo, se está usando una proporción de 70-30, pero con este modelo siempre van a ser insuficientes los recursos para las últimas 30 casas. El principio que utilizamos en Colombia fue se consigna el dinero en la cuenta y se controla su uso, siempre utilizando la figura de los patrimonios autónomos.

Por otra parte, **con las compañías de seguros, fue necesario estandarizar los procedimientos y la valoración de los costos. Junto a las compañías de seguros, FOREC desarrolló un modelo y se realizó un expediente por cada familia** por parte de los operadores zonales. Los operadores nos enviaban los expedientes solicitando la asignación de subsidios y se encargaban de la ejecución y de la fiscalización (está disponible en anexo a este documento vínculos web en los que se puede descargar el modelo tipo de trámite expediente).

La siguiente tabla muestra los resultados alcanzados, con barrios completos reparados o reconstruidos:

Municipio	Subsidios	Reparacion	Reconstruccion	Reubicacion	No Propietarios	Valor
ARMENIA	44.013	27.424	5.407	3.999	7.183	\$243.307.826.257
LA TEBAIDA	4.296	1.757	817	553	1.169	\$30.924.152.803
QUIMBAYA	2.397	992	454	879	72	\$17.965.334.543
FILANDIA	746	607	87	52		\$3.941.354.983
CIRCASIA	2.165	1.445	188	284	248	\$11.835.597.439
SALENTO	558	401	22	75	60	\$3.152.788.187
BUENA VISTA	259	138	55	40	26	\$1.809.787.789
CORDOBA	645	216	168	94	167	\$4.682.456.932
GÉNOVA	715	614	29	72		\$3.077.158.743
PIJAO	867	605	75	137	50	\$5.620.164.963
MONTENEGRO	3.5	1.792	258	1.076	374	\$26.428.708.542
CALARCA	8.768	4.809	794	923	2.152	\$57.274.850.127
BARCELONA	1.078	570	383	125		\$7.173.903.545
PEREIRA	21.768	17.44	627	3.368	333	\$97.351.411.544
DOSQUEBRADAS	5.362	4.361	454	547		\$22.014.248.520
SANTA ROSA	2.199	1.556	154	401	88	\$13.227.349.799
MARSELLA	820	573	117	70	60	\$4.448.980.168
CHINCHINA	1.905	1.723	24	158		\$5.186.730.163
CAJAMARCA	1.274	903	195	108	68	\$8.579.613.410
RONCESVALLES	175	145	20	8	2	\$871.584.482
ALCALA	1.03	465	196	245	124	\$7.460.560.060
CAICEDONIA	2.363	1.549	325	118	371	\$14.445.866.485
OBANDO	1.047	694	208	48	97	\$5.587.403.749
ULLOA	362	217	77	29	39	\$1.971.722.385
SEVILLA	1.88	1.252	281	258	89	\$11.525.935.529
LA VICTORIA	597	440	90	11	56	\$2.744.619.244
ARGELIA	442	232	66	88	56	\$3.627.771.514
BOLIVAR	211	191	15	3	2	\$919.672.125
BARRAGAN	86	72	14			\$429.889.973
RURAL	11.193	11.193				\$49.720.365.128
TOTAL	122.631	84.376	11.6	13.679	12.886	\$667.307.809.131

En menos de tres años (de los cuales más de un año fue destinado a diseñar el modelo), se logró 122.631 con un total de 667 millones de dólares, ejecutados por el sector privado, con reglamentos del Banco Mundial y BID. Algunas imágenes de los proyectos desarrollados se muestran a continuación:



También se elaboraron cartillas para facilitar el proceso de las reparaciones:

- Reparación de viviendas – mampostería.
- Diseño de bahareque encementado.
- Reparación de bahareque.
- Adobe – tapia.

Reflexiones finales

El Estado no se puede amparar en que son hechos de la naturaleza, actos de Dios o de fuerza mayor. La labor del Estado debe ser a priori. El Estado debe reglamentar y prever que eso no ocurra. El Estado es responsable de normativizar.

Siempre hablamos de futuro en la normativa, pero en estos casos si queremos cambiar y modificar la vulnerabilidad tenemos que mirar el pasado. Esa es la mejor política de prevención. La gran parte de viviendas que se cayeron en Armenia fueron construidas por el Instituto de Crédito Territorial, el 70% de esas viviendas fueron afectadas, hechas por el mismo Estado. Entonces si no hacemos los cambios que requerimos cada terremoto nos lo va a repetir cada dos o tres años.



Jorge Serna es Ingeniero Civil de la Universidad de Los Andes.

- Responsable de Vivienda y Gerente de Liquidación del Fondo para la Reconstrucción y el Desarrollo Social del Eje Cafetero
- Consultor de Gerencia de Proyectos de Vivienda.
- Asesor de PNUD y del Banco Mundial.

2.3 Ecuador

2.3.1 Normas de construcción e instrumentos de aplicación en Ecuador

Fabrizio Yépez, USFQ y PCH Ltda.

Ecuador está en el Cinturón de Fuego del Pacífico. **Tenemos posibilidades de terremotos frente a las costas y dentro del continente.** Hemos tenido ya acumuladas más de 70.000 víctimas mortales debido a terremotos en la historia republicanas. Somos propietarios del séptimo sismo de mayor magnitud instrumental registrado en el planeta, que fue en 1906 frente a las costas de Esmeraldas (Mw 8.8).



Tenemos una larga historia de terremotos destructores en el pasado. Hay una alta probabilidad de tener terremotos fuertes en el futuro. Algunos especialistas consideran que el sismo que ocurrió el 16 de abril no es terremoto grande que estamos esperando en esa zona.

El 90% de la población del Ecuador vive en zonas en donde se esperan intensidades mayores que 7, independientemente de la escala que se utilice (a partir de 6 ya se espera daños en las infraestructuras). Hay un altísimo porcentaje de la construcción que es informal, o que carece de criterios sismo-resistentes. Hace años medimos cifras del 40 a 50% de **construcciones informales en el país y actualmente deben oscilar alrededor del 65 a 75%**. A nuestro colega chileno esta cifra le parecía absolutamente gigantesca, cuando ellos no tienen más allá de un dígito de ese porcentaje. **Y frente a esto la ingeniería tiene que tener una respuesta.**

En relación a los **grandes proyectos nacionales que hemos construido en los últimos años**, hemos podido constatar que **aún no se incluye la variable “riesgo sísmico”**. También hemos visto que existe poca preparación de las instituciones y de la población frente a la amenaza sísmica para una respuesta adecuada.

Entonces la ingeniería tiene que tener una respuesta, pues la ingeniería está en responsabilidad del diseño, construcción, fiscalización, operación y mantenimiento de los proyectos de infraestructura. Por lo tanto, **requerimos de diseño y construcción sismo-resistente** y para lograrlo necesitamos de **requisitos, parámetros, procedimientos y regulaciones y es así como nacen las normas de construcción sismo-resistente.**

En nuestro país, al igual que en otros, **conforme ocurren los eventos se van generando procesos de elaboración y de puesta en marcha de normas de construcción.** De

los terremotos importantes que hemos tenido en el siglo pasado, destaca el de Pelileo. Sin contar el de abril de este año. Conocido como el terremoto de Ambato, este sismo ocurrió 1949, fue de magnitud 6.8 y desconocemos su aceleración máxima pues no se contaba con instrumentación acelerográfica en esa época. Fruto de este terremoto, que se generó luego las Fiestas de las Flores y las Frutas, el Presidente de esa época, Galo Plaza Lazo, lanzó el Primer Código de Construcciones, el 12 febrero de 1951 que dice:

Considerando:

Que el Ecuador en repetidas ocasiones ha sufrido temblores y terremotos;

*Que el terremoto del 5 agosto de 1949 fue clasificado como de “mediana intensidad” y que **las pérdidas habidas se debieron fundamentalmente a la mala calidad de las construcciones, circunstancia que contribuye a la pérdida de vidas;***

*Que la zona devastada por el terremoto del 5 de agosto debe ser **reconstruida en las condiciones que ofrezcan el máximo de seguridad;***

*Que es **obligación de los Poderes Públicos** preocuparse de estos **asuntos de vital importancia para el futuro del país;***

*Que es atribución de los Consejos Municipales **reglamentar el tipo de construcciones de edificios y la clase de materiales** que deben emplearse de acuerdo a lo expresamente determinado en las pertinentes disposiciones de la **Ley de Régimen Municipal;***

(...)

Estaba, entonces, presente el **concepto de no-reconstrucción de la vulnerabilidad**. De igual manera, si bien no existía el COOTAD¹, ya desde los años 50 **la responsabilidad recaía en los gobiernos locales**.

Posteriormente nace el Código Ecuatoriano de la Construcción en 1977 y con él surge un libro muy interesante que es la “**Guía Popular de Construcciones Sismo-Resistentes**”, que data casi de ese mismo año. Este documento dice:

¹ Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.

El aumento de la construcción de viviendas donde el riesgo sísmico es grande, sin considerar los efectos de las fuerzas sísmicas, es la causa principal de las numerosas pérdidas de vidas, ocasionadas por terremotos recientes (...)

La norma de 1977 fue fruto de los daños ocasionados por el terremoto de Esmeraldas de 1976 y del Cotopaxi de ese mismo año. Y el texto continúa:

La destrucción histórica de las ciudades de Ambato y Riobamba, así como los miles de muertos, son el resultado de la mala construcción de las viviendas en general.

Después del terremoto de Ambato, el gobierno de Ecuador emitió un Código Nacional de la Construcción en 1951, que fue calificado como obligatorio para todo el país en 1952. En este Código se especifica, entre otras, las reglas para construcciones sismo-resistentes, pero, por algunas razones estas reglas no fueron aplicadas por los constructores o instituciones de gobierno.

Un segundo aspecto tiene relación con la introducción del uso de hormigón armado para la construcción de viviendas. Este material, combinado con otros materiales, tiene buenas características de resistencia a las fuerzas estáticas, pero es poco elástico y cuando se sobrepasan las últimas resistencias, la construcción casi siempre llega a una destrucción total. Este último aspecto se detectó claramente durante la investigación técnica de los efectos producidos en la construcción por el terremoto de Esmeraldas, en el cual algunos de los nuevos edificios de hormigón armado fueron bastante afectados. Lo que no ocurrió con los edificios antiguos, construidos de madera y caña guadua.

Un nuevo Código Oficial para construcciones de hormigón armado ha sido preparado en base al documento ACI 318-71 (American Concrete Institute Detroit Michigan), con adaptaciones a las circunstancias concretas del Ecuador.

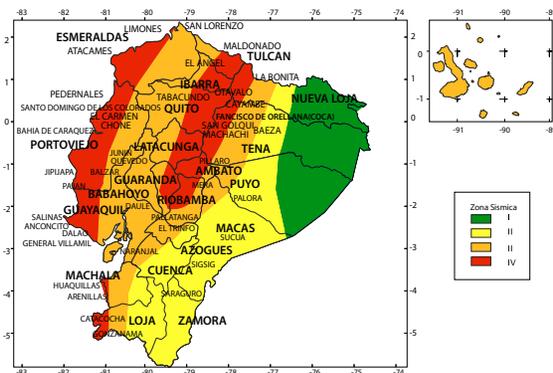
Posteriormente en 1987 sufrimos otro evento de moderada intensidad (M 6.9). Este terremoto ocurrió en el nororiente del país. Es el sismo cuyos efectos aún estamos pagando con nuestros impuestos, pues aún no hemos terminado de pagar los daños que nos ocasionó. La aceleración en Quito fue la más alta que hemos registrado en la ciudad desde que tenemos instrumentación acelerográfica (0.06 g). Causó muchos daños en el nororiente, 1000 víctimas y no pudimos exportar petróleo durante seis u ocho meses, con la respectiva consecuencia para la economía del país y el haber relegado los proyectos hidroeléctricos que debieron ser realizados en esa época.

Luego tuvimos el sismo de Macas de 1995 (M 6.5), en el que colapsó alguna infraestructura importante para la zona. Luego, en 1996, ocurrió el terremoto de Pujilí (M 5.7), en donde 14.000 viviendas de la zona fueron afectadas, especialmente de mampostería no reforzada, de comunidades indígenas de la zona.

En 1998 llega el terremoto de Bahía, un balneario que se diseñó para los habitantes de Quito, especialmente de las clases económicas acomodadas. Bahía tenía un desarrollo turístico importante de edificaciones grandes, diseñadas por afamados calculistas de Quito, que fueron construidas por empresas quiteñas y utilizaron mano de obra que existía en Quito. Y entonces ya tuvimos el primer colapso de edificios modernos de hormigón armado por este terremoto, cuya magnitud fue de 7.1 y cuya estimación de la aceleración máxima fue de 0.15 a 0.25 de la gravedad.

Entonces surge el nuevo Código de la Construcción en el año 2001. Lo interesante de este código es que por primera vez se presentaba una zonificación sísmica del Ecuador, en la que ya se reconocía el peligro sísmico más alto de la Costa y de todo el centro-norte de la Sierra ecuatoriana. Lamentablemente, sólo se pudo conseguir apoyo para hacer un capítulo: 50 millones de sucres que fueron congelados por el feriado bancario que sufrimos y que se convirtieron en 2000 dólares, de manera que allí terminó el esfuerzo.

Ecuador: zonas sísmicas para propósitos de diseño (2001)

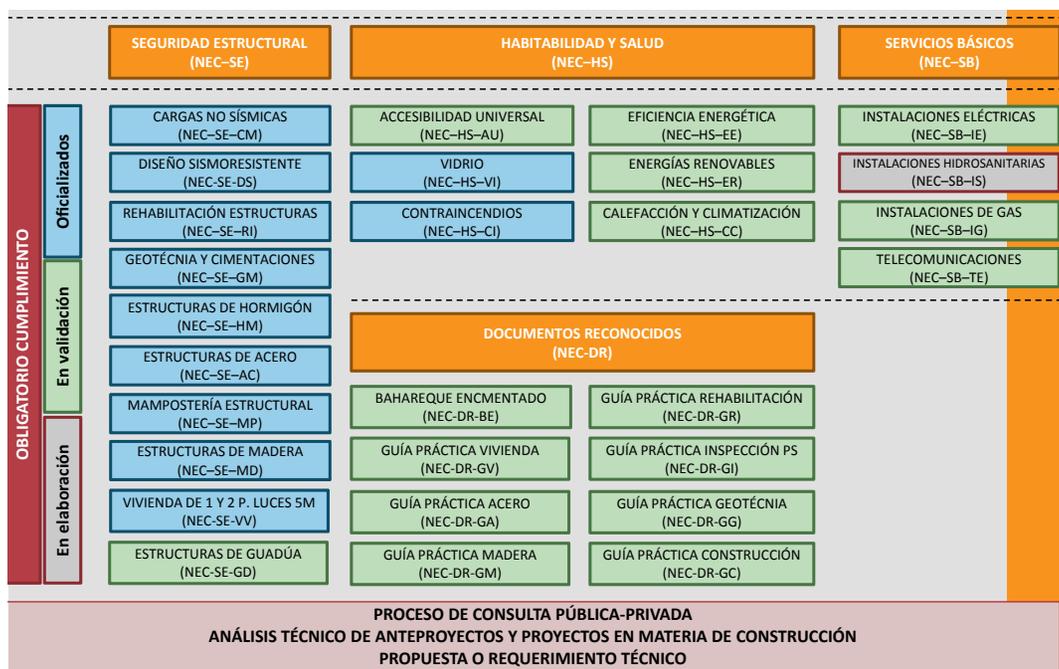


Luego de ello, como no teníamos terremotos severos, empezamos más bien a hacer simulaciones sobre lo que nos podría pasar si vienen terremotos más importantes para ciudades importantes del Ecuador. Hicimos simulaciones para la ciudad de Quito, en donde los resultados no eran muy halagadores. De igual manera en el caso de Cuenca. Y en el ínterin empezamos a tener colapsos de estructuras importantes en diferentes ciudades del país, sin terremotos.

Luego, en el 2008, felizmente el MIDUVI con la actual Ministra de Vivienda a cargo, se firmó un Convenio con la Cámara de la Construcción. A la par se formó el Comité Ejecutivo y se organizaron Comités Temporales para desarrollar los diferentes capítulos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 que hoy tenemos. Noten que empezamos en el año 2008, es decir, que empezamos hace 7 años. No obstante no hay mucha reacción de los colegas profesionales frente a los que se va proponiendo y los borradores que van saliendo. No ha habido mucha participación de las universidades, de los gremios profesionales, sino que más bien han sido esfuerzos aislados de ciertos colegas que presentarán, durante este evento, las guías que buscan facilitar la aplicación de la NEC-15, elaboradas en el marco del proyecto DIPECHO-NEC.

El esfuerzo de la NEC empezó en el 2008. Se sacaron unos borradores en 2010. Se realizaron ajustes en 2011 y en 2013, hasta que vino nuevamente el catalizador de procesos: el terremoto de agosto 2014 en Quito (M 5.1), del que ya no hemos hablado demasiado en los foros, pero ese terremoto causó daños importantes en la capital: hospitales fuera de servicio, afectaciones en el sector vial, hubo víctimas que alimentar, hubo daños de infraestructura de vivienda, etc.

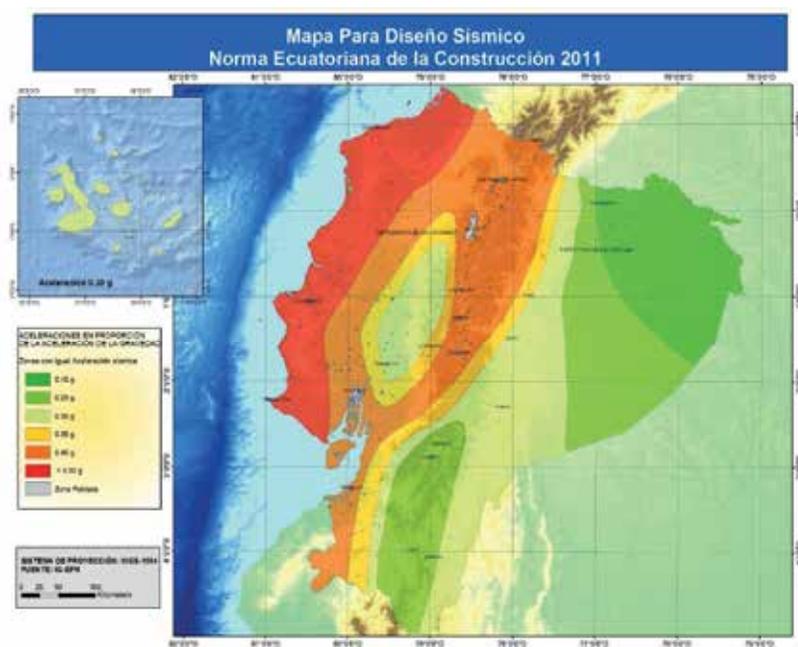
Fruto del terremoto de 2014, es que surge la aprobación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción que ya estaba elaborada y en discusión por algunos años. Esta Norma entra en vigencia en enero 2015, ya no solo con un capítulo, sino con un conjunto de capítulos que se muestran a continuación:



Fuente: MIDUVI

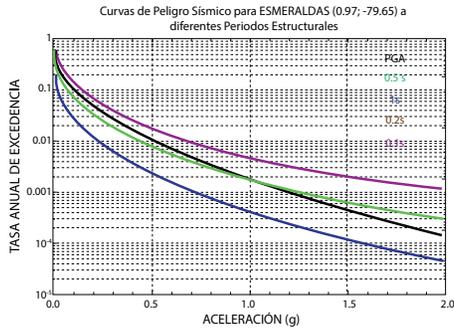
Por primera vez se enfrentaban temas interesantes como geotecnia y cimentaciones, sobre las cuales no teníamos reglamentación. Se podría encontrar estudios geotécnicos de dos páginas o de treinta páginas para similares infraestructuras y seguramente con diferentes costos. Se diseñaba y se construía en acero sin conocer los elementos específicos que se requiere considerar para el diseño sismo-resistente de estructuras de acero. Entonces los capítulos que están en vigencia iniciaron en enero del 2015.

De igual manera, ya contamos con el primer **mapa de peligro sísmico** para un período de retorno de 475 años, que derivó en el **mapa de diseño**. Nuevamente la costa y el centro norte de la sierra son las zonas más altas en peligrosidad sísmica del Ecuador. **La decisión del Comité fue saturar toda la región costanera a 0.50 g para diseño**, no obstante que ya habíamos visto que los valores superaban el 0.50 g, hasta valores cercanos al 100% de la gravedad.

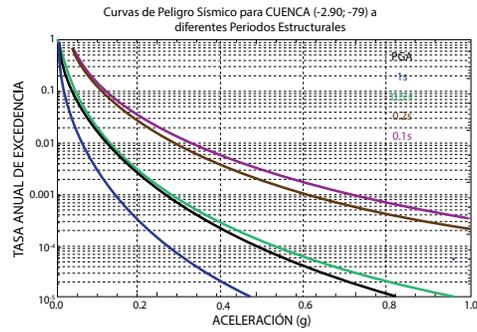


Actualmente, disponemos también de las **curvas de peligro sísmico**, que nos ayudan a estimar las probabilidades de terremoto para las diferentes ciudades del país. Tenemos esta información para todas las capitales de provincia.

Curva de peligro sísmico para Esmeraldas

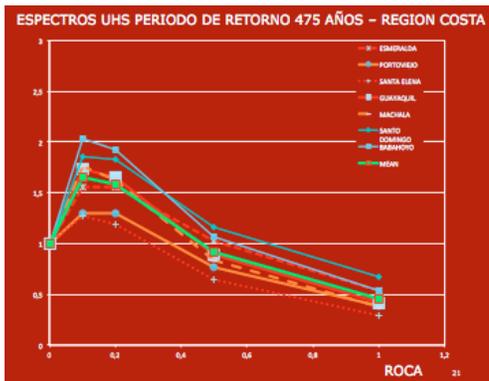


Curva de peligro sísmico para Cuenca

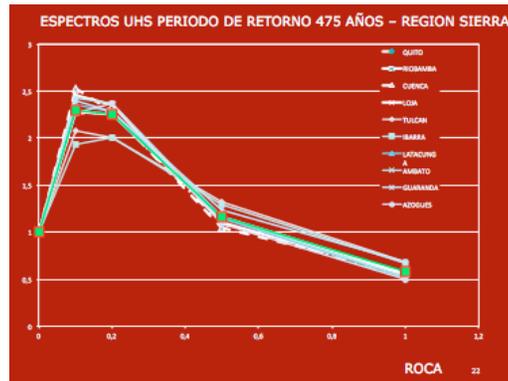


A partir de ellas construimos los **espectros de peligro sísmico uniforme**. Tenemos **para la región costa, para la región sierra, para la región oriental**.

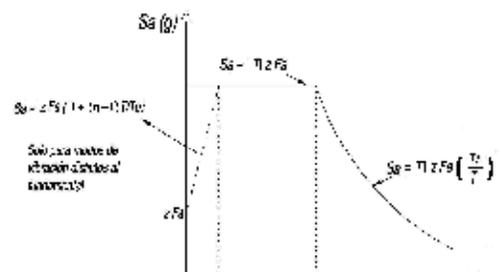
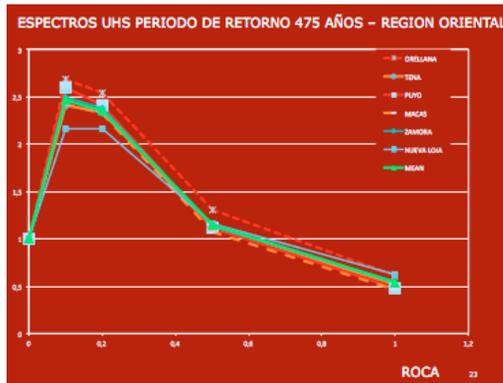
Espectros UHS Período de Retorno 475 años – Región Costa



Espectros UHS Período de Retorno 475 años – Región Sierra



Espectros UHS Período de Retorno 475 años – Aspectos adicionales del nuevo peligro sísmico del Ecuador

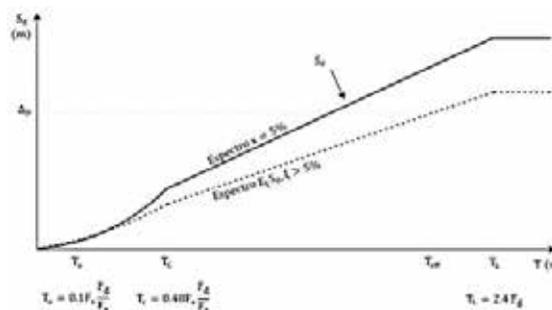


Y tenemos **más de 90 espectros sísmicos de diseño para diferentes clasificaciones de suelo y diferentes valores de peligro sísmico**. Los factores de amplificación de esos espectros están allí, todo está en la norma. Hemos considerado muchos estudios, especialmente del Dr. Xavier Vera, así como estudios internacionales. Los **suelos fueron clasificados por primera vez de la A a la F**, tal como lo hace la Norma Estadounidense, basándonos en la velocidad de la cortante, que es el parámetro técnico que se utiliza para su caracterización mecánica.

También se presentó 90 **espectros de desplazamiento para empezar a utilizar herramientas modernas, como por ejemplo el diseño basado en desplazamientos**.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS ADAPTADA DE ASCE-7-10 Vs, N, Su		
Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s > $V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda que cumplan con cualquier de los dos criterios	$N \geq 50,0$ $S_u \geq 100$ KPa (≈ 1 Kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos regidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante o	360 m/s > $V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15,0$ 100 KPa (≈ 1 Kgf/cm ²) > $S_u \geq 50$ KPa (≈ 0.50 Kgf/cm ²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas Blandas	IP > 20
		$W \geq 40\%$ $S_u < 50$ KPa (≈ 0.50 Kgf/cm ²)
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada de explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista (ver nota). Se contemplan las siguientes subclases: F1- Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente conectados, etc. F2- Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F3 - Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75) F4 - Perfiles con gran espesor de arcillas de rigidez mediana blanda (H > 30m) F5 - Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte. F6 - Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Espectro de diseño elástico en desplazamientos



Y **corregimos** cosas que estaban sucediendo bastante preocupantes en el país. Por ejemplo, **la utilización de los factores de reducción de resistencia**. La Norma de Construcción del 2015 ya presenta los factores de reducción R considerando óptima resistencia, mientras que la Norma del 2011 sólo consideraba el nivel de cargas de servicio.

Hicimos una **separación entre los edificios de ductilidad importante y otro grupo de estructuras de ductilidad limitada**. Con ello, el acero doblado en frío que es una estructuración que no se debe permitir más de tres pisos, al igual que madera y otros materiales que son poco dúctiles como estructura global fueron limitados a dos pisos. Igual la mampostería no reforzada, reforzada y confinada.

Tuvimos un problema muy importante que es que los diseñadores y constructores del Ecuador siempre tendían a usar códigos modernos, lo cual está bien. No obstante, el Código Ecuatoriano antiguo tenía los factores R a niveles de utilización, pero las normas de diseño nuevas, como la ACI 318, ASCE 7-20, AISC 2010, CEC-2001, ya tenían combinaciones de carga para última resistencia. Esto implicaba que **si los colegas diseñadores y constructores no lo sabían, usaban el código ecuatoriano para calcular fuerzas y códigos americanos para los elementos y eso es un error que implicaba que estábamos diseñando las edificaciones con hasta un 40% menos de carga sísmica**. Sorprendentemente mucha infraestructura importante en Ecuador fue diseñada con estos criterios. Entonces era muy importante que la Norma NEC corrija este problema bien grave que tenemos en Ecuador en cierta infraestructura existente.

Un paso adicional también fue el establecer que las edificaciones esenciales y especiales requieran un análisis de desempeño sísmico, para mostrar que este tipo de edificaciones tiene que tener un análisis especial en su diseño y también en su construcción. Los requisitos están en la NEC-15, en donde para edificaciones esenciales y especiales hay uno o dos niveles de desempeño, lo cual implica hacer un esfuerzo adicional de verificación del diseño tradicional de estructuras.

También presentamos una alternativa de diseño: el diseño basado en desplazamientos. Éste es un procedimiento interesante. Sin embargo, **es alternativo**, no es de mandatorio cumplimiento. También **abrimos las puertas a utilizar control sísmico**: sistemas de disipación de energía o sistemas de aislamiento sísmico, en donde se establecen los criterios de verificación.

En tal sentido, por normas y reglamento de construcción ya tenemos. El tema es ahora ver cómo hacemos para utilizarlas, para aplicarlas, para no romper las reglas. Sabemos en Ecuador qué tenemos y qué no tenemos. Sabemos cómo se hacen los diseños, cómo se hace el control de diseños si es que se hace, cómo se hace el control de construcciones si es que se hace. Queremos ver cómo se hace en otras partes para poder aprender de esas experiencias para seguramente proponer cambios, porque sentimos que algo nos está faltando.

¿Qué hacemos en Ecuador?

- Disponer de normas y reglamentos: ya tenemos.
- Leyes para exigir la obligatoriedad de las normas: los mecanismos se están fortaleciendo.
- ¿Quiénes son responsables? Sabemos que los municipios tienen que ser los responsables de la construcción en sus territorios, así como los técnicos y la sociedad misma.
- Disponibilidad de técnicos para diseño y construcción: tenemos algunos miles. Lo que tenemos que preguntarnos es si hay disponibilidad de técnicos capacitados en estas nuevas normas de construcción.
- Disponibilidad de técnicos para que revisen a técnicos: esos revisores deben tener un nivel técnico igual o superior al de aquellos técnicos revisados, para poder establecer criterios sobre rechazo o aceptación.
- Disponibilidad de funcionarios de gobiernos locales que revisen a los técnicos que revisen a técnicos: requerimos recursos humanos y económicos para que los responsables de los territorios, de los gobiernos locales, puedan hacerlo. Y allí es posible apoyarse en la sociedad civil. En Quito e Ibarra ya se están delegando estos procesos.
- Jueces y procedimientos punitivos para promotores, propietarios, técnicos, supervisores de técnicos y supervisores de supervisores.
- Sin embargo, algo no va bien. ¿Por qué no es suficiente la firma de un colega para garantizar la seguridad del diseño y/o de la construcción? Pongo este tema a la reflexión, porque es como empezar a hacerse *mea culpa* y reflexionar, porque ocurre tanto en el Ecuador como en otros países.



Dr. Fabricio Yépez es Ingeniero Civil con Especialización en Estructuras de la Escuela Politécnica Nacional. Tiene una Maestría en Energía y Medio Ambiente y una Maestría y Doctorado en Ingeniería Sísmica otorgada por la Universidad Politécnica de Cataluña (BarcelonaTech) y por la Universidad de Calgary, Canadá.

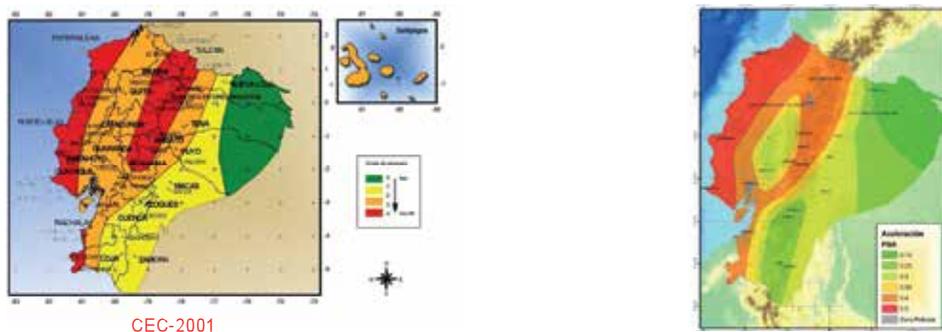
- Su especialización se relaciona con el diseño y construcción sismo-resistente de estructuras, con la evaluación, reparación y reforzamiento sísmico de estructuras existentes y con el diseño y construcción con hormigones especiales de alto desempeño. Ha realizado más de 300 proyectos de este tipo en Ecuador, Colombia, Venezuela, España y Canadá.
- Ha sido parte del Comité Técnico redactor de la Norma ecuatoriana de la Construcción desde 1998 hasta el 2014. Ha sido profesor de pregrado y postgrado en la Escuela Politécnica Nacional, en la Universidad San Francisco de Quito, en la Universidad del Norte (Colombia), en las Universidades Politécnicas de Cataluña y Valencia en España y en la Universidad de Calgary, Canadá. Es autor de decenas de publicaciones en revistas indexadas, congresos, monografías y aportes a libros. Actualmente es Vicedecano de Ingenierías de la Universidad San Francisco de Quito, consultor del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD y consultor de Gobiernos y empresas extranjeras.

2.3.2 Efectos del terremoto de Pedernales sobre la infraestructura y la vulnerabilidad de las construcciones en Ecuador

Fabricio Yépez, Universidad San Francisco de Quito / PCH Ltda.

Cuando realizamos las estimaciones del peligro sísmico del Ecuador, como parte de las labores del equipo responsable de elaborar la NEC-15, muchos investigadores sabíamos que el sismo llegaría en algún momento a esa zona.

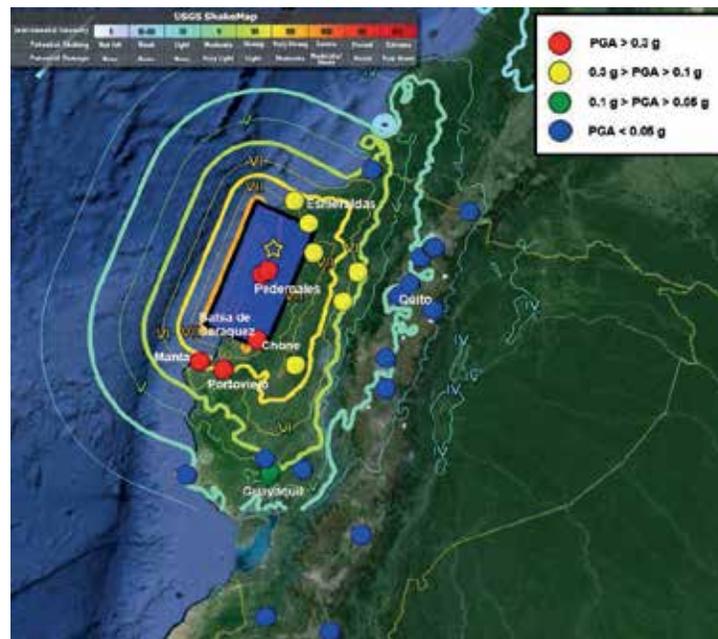
En el siguiente mapa se puede observar los resultados generados en el año 2001 por el Instituto Geofísico, con apoyo de la Cooperación Suiza y francesa, en donde se puede ver que **la zona del norte de nuestra costa tenía valores de aceleración esperados bastante altos**. En el mapa de peligro sísmico para un período de retorno de 475 años ya se reflejaban **valores cercanos a 100% de la gravedad**; valores bastante preocupantes.



Fruto de eso fue que nació el Mapa para Diseño (mapa de la derecha) que es el mapa vigente desde el año pasado para diseño en Ecuador, en donde la **NEC-15 especifica un valor de aceleración en roca de la mitad de la gravedad para toda la costa ecuatoriana**, como un paso entre lo que fue el mapa de peligro sísmico, con un valor de 1 g, hacia un valor de diseño de 0.5 g en el actual mapa de diseño. Ese paso tiene ciertas consideraciones técnicas, administrativas y económicas que se tomaron en cuenta por parte del Comité responsable de la elaboración de la norma. De todas maneras, 0.5 g como valor para diseño es bastante importante.

El 16 de abril de abril de 2016 tuvimos el evento (Mw 7.8, 17 de profundidad) y **muchas ciudades resultaron dañadas en Manabí y Esmeraldas**: Pedernales, Cojimíes, Canoa, Jama, Bahía de Caráquez, Portoviejo, Manta, Chone, José de Chamanga, Muise. **Pero también resultaron afectadas otras ciudades**: Santo Domingo, Guayaquil y Quito. Eso refleja un interés en estudiar qué fue lo que sucedió allí. Como Hugo Yépez nos comentó en su presentación, toda la secuencia del ciclo sísmico está relacionada con la zona de subducción de la parte norte de la costa ecuatoriana. Pudimos ver que el terremoto de Pedernales tuvo una clara directividad hacia el sur, toda la energía se dirigió hacia el sur, por eso Esmeraldas no sufrió daños considerables, pero sí los sufrió Manabí.

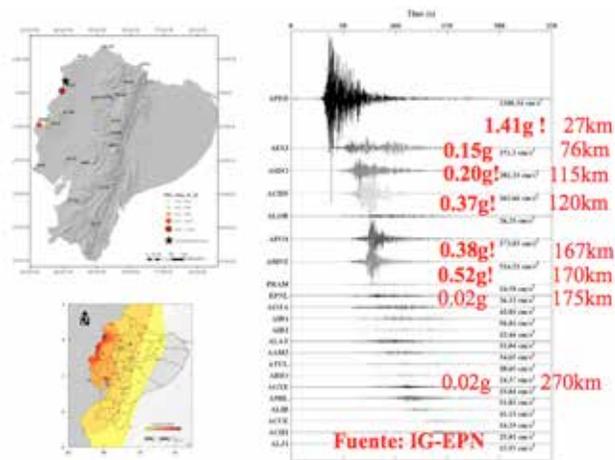
Esta fue la primera vez que instrumentos de medición de aceleraciones estaban instalados en la Costa, gracias al Instituto Geofísico, en cooperación con un Proyecto de SENESCYT. Entonces **es la primera vez que tenemos registros de terremotos severos en la costa ecuatoriana y también; ya excedimos el récord.** Teníamos hasta antes del evento como valor más alto registrado 0.1 g, correspondiente al valor de aceleración máxima registrado en Riobamba debido al terremoto de Macas. Hoy tenemos valores en donde hemos registrado aceleraciones superiores a 0.3 g en zonas cercanas al epicentro, y en otras ciudades aceleraciones no superiores al 5% de la gravedad.



Fuente: GEER Draft Report (2016) Luque, R.

Esos primeros registros sísmicos disponibles, para los investigadores, son información muy valiosa. La siguiente gráfica muestra un resumen realizado a partir de los datos del Instituto Geofísico como parte de la investigación del Grupo GEER en estudios de conocimiento del evento.

Ya tenemos aceleraciones de alrededor de 100% de la gravedad en Pedernales y destacan también las de Portoviejo y las de Manta. Lamentablemente, esos valores han sido **registrados en zonas de suelo, de mediano a blando. Son muy escasos los registros que tenemos en roca** para poder hacer comparaciones y poder generar conclusiones. De tal manera que las aceleraciones registradas están de alguna manera contaminadas por el efecto dinámico de los suelos. No obstante, son registros importantes. **En el caso de Guayaquil y Quito, los registros no superaron el 5% de la gravedad.**



Afectaciones del terremoto de abril 2016

El siguiente cuadro muestra cifras oficiales recogidas por la Secretaría de Gestión de Riegos, en conjunto con las Mesas de los Comités Operativos de Emergencia que estuvieron activas. Estas cifras actualizadas a mayo 2016, de las afectaciones que tuvimos luego del sismo del 16 de abril:



Fuente: (1) DINASED/FGE, (2) DINASED (3) MTT2 (MSP, IESS, Instituto de Seguridad Social de la Policía Nacional, Instituto de Seguridad Social de las Fuerzas Armadas), (4) MTT4 CCFEAA (5) USAR SCR (6) MTT 7

Tenemos alrededor de **13.700 viviendas evaluadas a junio 2016** y como afectaciones el Sr. Presidente de la República informó que hemos tenido más de **7.000 edificios destruidos**, algunos fueron colapsados durante el evento y otros han tenido que ser demolidos por los daños sufridos. **Destacan los daños que sufrieron las ciudades de Portoviejo, Manta y Pedernales, en Manabí.**

La siguiente tabla muestra las aceleraciones medidas en las diferentes ciudades:

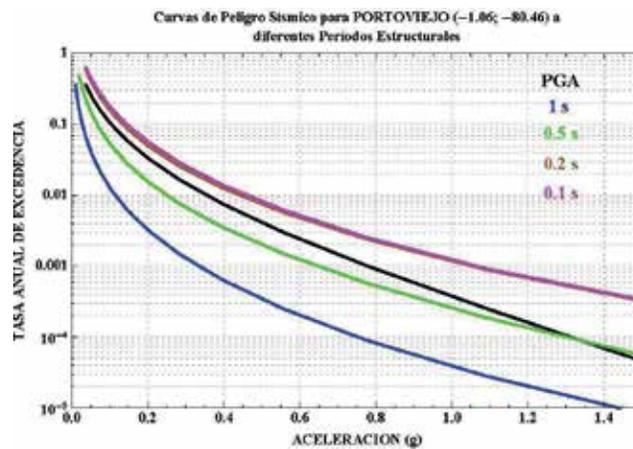
Ciudad	Aceleración máxima registrada
Pedernales	1.4 g
Portoviejo	0.38 g
Manta	0.52 g
Guayaquil (en suelo firme)	0.02 g
Quito (en suelo firme)	0.04 g

Es decir que las aceleraciones de Pedernales no tienen absolutamente ninguna comparación con las de **Quito** ni las de **Guayaquil** y, por tanto, **en estas dos ciudades no deberíamos haber tenido ningún tipo de daño.**

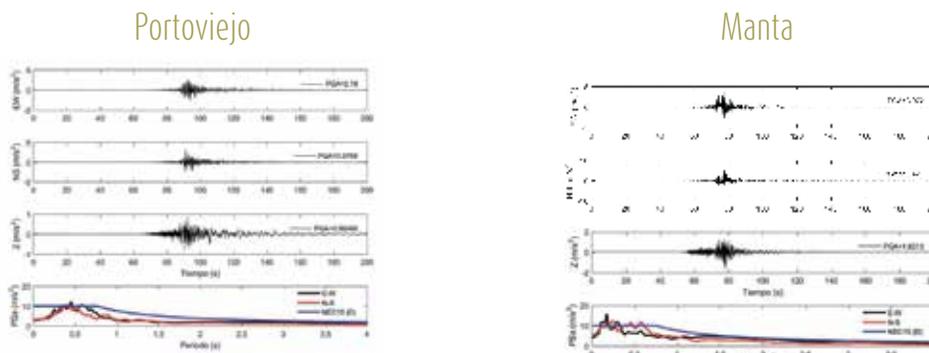
En Quito no hemos vivido la experiencia de aceleraciones como las registradas en Manabí, pero nuestras estructuras tienen que poder resistirlas.

¿Tenían las estructuras que colapsar? **Ya la Norma Ecuatoriana de la Construcción presenta muchas herramientas para diseño y construcción sismo-resistente.** Como se había mencionado en la presentación anterior, no sólo presenta el mapa de diseño, sino también presenta por primera vez curvas de peligrosidad sísmica, que expresan las probabilidades anuales de ocurrencia de terremotos en función de diferentes períodos de exposición.

Si vemos la de Portoviejo, por ejemplo, para una probabilidad anual de 0.008 y un período de retorno de 125 años, tendríamos la aceleración que se registró (0.37 g). No obstante, la Norma Ecuatoriana de la Construcción, para un período de retorno de 475 años especifica valores mucho más altos. Y, aun así, este valor de 0.38 g está contaminado por el tipo de suelo. De tal manera que una primera conclusión es que las **aceleraciones registradas en Manta y en Portoviejo no superan el valor establecido por la Norma.**



A continuación se muestran los registros y el procesamiento realizado por Instituto Geofísico para la ciudad de Portoviejo y para la ciudad de Manta. Se puede observar los espectros sísmicos elásticos y claramente se observa una loma y un valle, que típicamente denota el efecto del suelo blando y medio, que se puede esperar de los sitios en donde se registró el evento. Lamentablemente **no se contaba con instrumentos colocados tanto en suelo como en la roca, para poder realizar comparaciones.**



Fuente: IG-EPN

En Manta, que es la ciudad en donde se registró el mayor número de personas fallecidas (210 víctimas mortales), cabe notar **que 92 personas perecieron en un solo edificio**, que era un centro comercial. Conversando con las personas que trabajan y con quienes vivían cerca de allí, pudimos conocer **que ese edificio al momento del colapso tenía una envergadura muy diferente a la inicial. Había tenido una planta, luego dos, luego tres y hasta cuatro con el transcurrir de los años.** Parece ser que las **cargas más elevadas gravitacionales estaban en las partes superiores, debido a que estaba dedicado al bodegaje.** Ese no era un día pico de turismo, pues en ese caso las consecuencias podrían haber sido aún peores. Sin embargo, una papelería del centro comercial tenía ese día una promoción para las listas de útiles escolares y había

familias completas haciendo sus compras. **Muchas familias completas perecieron en el evento.**



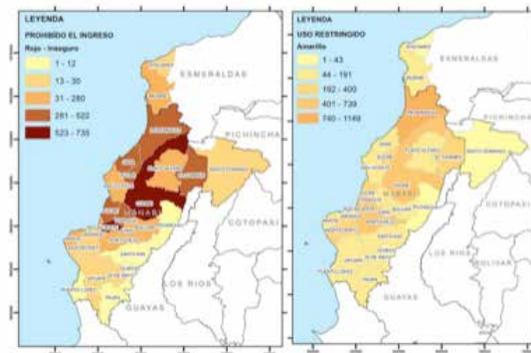
Un mes antes del sismo, con el apoyo del Proyecto DIPECHO-NEC, habíamos estado desarrollando un procedimiento y un formulario para realizar evaluaciones rápidas de infraestructuras que han sufrido daños después de un terremoto, porque pensábamos que no estábamos preparados. Si, por ejemplo, ocurría un terremoto en Quito (quién haría la evaluación, cómo, con qué recursos, a dónde acudimos para empezar a hacerlo, etc.). Y un mes antes del evento habíamos terminado una primera propuesta de procedimiento de evaluación rápida de estructuras.

Ese procedimiento se puso en marcha ante la ocurrencia del evento. Tanto profesores como graduados de la Universidad San Francisco estuvieron 48 horas después de ocurrido el sismo, evaluando edificaciones y colocando las láminas que, **utilizando los colores de un semáforo, indican si las viviendas son seguras, de uso restringido o inseguras.** Este procedimiento es fundamental porque las personas necesitan saber si, luego del evento, pueden regresar o no a su vivienda y si pueden habitarlas. Este procedimiento se puso en marcha y se pudieron evaluar miles de edificaciones, **con el apoyo de cientos de profesionales voluntarios** que acudieron a charlas de capacitación organizadas con apoyo del proyecto, en colaboración con MIDUVI. Se evaluaron edificaciones en varias misiones organizadas en Manabí y Esmeraldas.





Este procedimiento puso en evidencia que, de un total de 15.500 edificaciones inspeccionadas, a mayo del 2016 **más de 10.000 edificaciones fueron afectadas** (sellos rojo y amarillo), **5.000 fueron catalogadas como inseguras y 1.300 fueron absolutamente destruidas.**



Los daños y pérdidas, en términos monetarios, fueron presentados por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) utilizando una metodología de Naciones Unidas, con algunos ajustes. Se presentó al país que las pérdidas directas e indirectas por el evento fueron de 3.344 millones de dólares. Con los científicos de Grupo GEER, la primera apreciación nuestra fue que las pérdidas directas están un poco sobre evaluadas, mientras que las pérdidas indirectas están bastante sub evaluadas. Eso lo veremos como sociedad; conforme pase el tiempo.

MANABI				
Tipo de sello	GRADO DE AFECTACION			TOTAL EVACUADOS POR CANTON
	Rojo Inseguro (Prohibido el Ingreso)	Amarillo (Uso Restringido)	Verde Inspeccionado (Ocupación Permitida)	
PUERTO LOPEZ	12	100	0	112
JIPILAPA	28	151	116	295
MONTECRISTI	30	349	300	679
MANTA	146	124	25	295
JARANJO	18	43	355	416
SUCRE	522	284	505	1.311
SAN VICENTE	280	145	165	590
PEDERNALES	372	1.149	126	1.647
JAMA	335	175	220	730
EL CARMEN	430	400	560	1.39
CHONE	694	532	600	1.826
TOSAGUA	443	153	150	746
ROCAFUERTE	735	534	72	1.341
PORTOVIEJO	279	739	1.222	2.24
JUNIN	230	100	75	405
BOLIVAR	203	97	105	405
SANTA ANA	12	120	175	307
OLMEDO	1	1	0	2
PICHINCHA	2	30	45	77
PAJÁN	11	111	0	122
FLAVIO ALFARO	170	116	161	447
24 DE MAYO	20	80	100	200
TOTAL STICKERS	4.973	5.533	5.077	15.583

Centrándonos en **Portoviejo** como ejemplo, 279 edificaciones tienen prohibido el ingreso, 739 tienen uso restringido y 1222 resultan ser habitables. **La mayor parte de edificios con mayor altura fueron afectados, no así los edificios de menor altura.** Esto es una pista de que existe un efecto suelo importante que es necesario estudiar. Los mapas de afectaciones oficiales, de Ecuador Listo y Solidario, del MIDUVI con SGR, muestran las afectaciones en las zonas en donde **se deberían hacer estudios de micro-zonificación para entender cuál fue el efecto de los suelos sobre este tipo de estructuras.**

Portoviejo



Manta



Pero, por lo pronto, ya habíamos visto en los espectros de respuesta, que las estructuras que tengan períodos de vibración entre 0.3 a 0.6 segundos iban a ser las que iban a soportar mayor cantidad de energía debido al terremoto. Luego de estudios **de los efectos de sitio** que se han hecho con esfuerzo de la empresa privada fundamentalmente y con algo de apoyo de la empresa pública, han podido determinar los períodos de los suelos y estos períodos en la zona de daños de Portoviejo coinciden con el rango entre 0.38 y 0.7 segundos que también coinciden con los períodos de vibración de los edificios. **Como resultado preliminar, entendemos que los suelos de Portoviejo se comportaron de manera elástica, ya que la sedación no fue tan alta, pero por lo tanto no tuvieron una amplificación tan alta en la banda de períodos aquí mencionados y esto explica la cantidad de edificaciones altas que sufrieron daño en esta ciudad.**

En la ciudad de **Manta** es diferente. Las zonas más afectadas son Tarqui, Jocay y Miraflores, que históricamente han sido rellenas, ganadas al mar a medida que la ciudad fue creciendo. Muchos de los edificios estaban en zonas en donde antes estaba el océano y tuvieron daños significativos. **En este caso, en vista de que las sedaciones eran un poco superiores, ya se dieron incluso problemas de licuefacción.** Los daños en el puerto de Manta han sacado de operación a gran parte del puerto y han generado pérdidas económicas cuantiosas.

El Grupo GEER está finalizando el reporte en donde se van a mostrar todos los estudios que se han realizado en torno a los efectos de licuefacción que se dieron en sitios específicos de la Provincia de Manabí. Adicionalmente, se dieron asentamientos con fallas de cimentación en los suelos.

Análisis del problema

Analizando un poco más el problema, hay algunos temas que se deberían abordar a partir de esta experiencia y nos dejan **lecciones muy duras.**

Cuando no hay ingeniería

Hay muchas edificaciones que han sido destruidas, pero claramente no se observa intervención ingenieril, seguramente ni en el diseño ni en la construcción.



Durante las misiones de terreno en las que hemos participado con estudiantes de la universidad para verificar el daño de las edificaciones, siempre les he invitado a **centrar su atención en los edificios que no colapsaron, pues en los edificios colapsados el patrón se repite continuamente: la falta de ingeniería en los procesos de diseño, construcción y supervisión eran absolutamente evidentes.**

En la universidad nos enseñan que hay que buscar que los edificios sean lo más simétricamente posibles en elevación y en planta. Pero en ocasiones no se lo cumple y luego viene el sismo y nos recuerda que esos conceptos que ya están probados técnicamente hace mucho tiempo siempre se cumplen: **cuando hay irregularidades en planta, en elevación, cuando hacemos edificaciones con irregularidades osadas, el sismo normalmente “pasa factura”.**

La otra constatación que hacemos recurrentemente es la informalidad, no sólo en el momento en que se construye, sino también en el momento en que se amplía. Eso se repite en todas las zonas de la Provincia de Manabí que hemos podido observar.

Los cambios de rigidez excesivos, las concentraciones de masa, los cambios de materiales de acero a hormigón y viceversa, las losas planas, la falta de distancia entre edificaciones, son temas que están en todos los libros, son bien entendidos y conocidos en los que no me quiero concentrar. La diferencia entre ayer y hoy es que antes, cuando uno enseñaba en la universidad estos temas básicos de estructuración, se utilizaban fotos de otras partes del mundo, hoy ya tenemos fotos propias. Sin embargo, esos pe-

cados siempre están allí: los golpeteos entre edificaciones, los colapsos de una sobre otra, incluso en edificios modernos, en donde no se previeron las distancias necesarias entre edificaciones.

Donde sí hubo ingeniería

Lo que quiero compartir son las novedades interesantes que quizás no se está discutiendo en muchos de los foros en los que he podido participar. **También encontramos infraestructura en donde sí hubo ingeniería, seguramente en el diseño, construcción, fiscalización y supervisión.** Sin embargo, **edificaciones que debieron ser ingenieriles tuvieron muchos daños.** Las siguientes fotografías son un hospital nuevo, que aún no había sido inaugurado y que también presentó daños, fundamentalmente no estructurales:



De igual manera ocurrió con la Torre de Transmisión del Aeropuerto de Manta. Seguramente una torre de comunicaciones de un aeropuerto debió haber tenido ingeniería en el diseño, la construcción y supervisión. En la misma línea, si bien existe evidencia de que ocurrió licuefacción y que causó daños sobre todo en el aeropuerto, **esta no es la culpable de los daños de la infraestructura vial del Ecuador.**

Si se analiza los daños en la infraestructura vial, uno se da cuenta de que había ciertos criterios sobre rellenos técnicamente ejecutados; dar mantenimiento a alcantarillas existentes o crear nuevas alcantarilla para evacuación y drenaje. Olvidaron que si se utiliza pavimento rígido de hormigón tiene que utilizarse con los *dowells*, en donde una parte del *dowell* tiene que ser rígida y otra tiene que ser móvil. Olvidaron que la resistencia del hormigón para hacer pavimento rígido no se basa en su resistencia a la compresión, sino en su resistencia a la flexión. **Entonces cometemos todos esos errores y hemos tenido que pagar por proyectos de ingeniería que no han sido correctamente ejecutados.**



En puentes hemos visto afectaciones, pero éstas no son de consideración. Hemos tenido la grata experiencia de observar el **punto con aisladores sísmicos que conecta Bahía con San Vicente**, que tuvo un buen desempeño. Sin embargo, hubo unos **colapsos de puentes luego del terremoto a 270 km de distancia del epicentro, en donde las aceleraciones no superaban el 0.02 g** en suelos firmes (en suelos blandos 5% de la gravedad). Teniendo inclusive que lamentar el deceso de una persona. Esto sí llama la atención porque seguramente un puente de estas características debió haber tenido algo de ingeniería.

Un tema muy preocupante: la falta de control

Muchas de las afectaciones que hemos tenido son por ampliaciones. Muchos edificios **generaron víctimas mortales por la irresponsabilidad de personas que realizaron ampliaciones anti-técnicas y por la irresponsabilidad en el uso que se le daba a esa edificación. Preocupa el hecho de que nadie le dijo a esta persona que no podía hacerlo, nadie le aconsejó que no debía hacerlo.**



Este tipo de cosas, que son muy repetitivas, **son imposibles de ser aceptadas y en muchas de estas edificaciones se concentraba el movimiento turístico local.** Al menos 42 hoteles colapsaron en toda la región de Manabí. **Es importante pensar en cómo estarán los hoteles que no colapsaron y que fueron rápidamente revestidos de material de reparación rápida** para que los futuros clientes no nos demos cuenta de los daños. Enviamos alguna misiva enviamos al Ministerio de Turismo, pidiéndole que se realice una evaluación urgente de los hoteles que no colapsaron para conocer en qué estado se encuentran.

Otro elemento interesante que descubrimos fueron los estructurales falsos. Por ejemplo, se ve una columna robusta y parece que no ha habido daños, pero si uno ausculta bien, encuentra que esas columnas estaban rodeadas de un revestimiento de mortero que hacía que columna de 20 x 20 cm sea una columna robusta de 40 x 50 cm. En algunos casos, los revestimientos de mortero presentaban mayor resistencia que columnas en sí. En otros casos, en las ampliaciones de edificios importantes de Portoviejo y Manta, se amplió la columna existente con otra, pero la calidad de los hormigones no era compatible entre sí y, por tanto, no existió un comportamiento conjunto durante el sismo. El punto clave es que si no se retira el revestimiento, no se identifica este problema y en eso han pecado muchos colegas arquitectos e ingenieros que están haciendo evaluaciones estructurales y que, a través de **una inspección visual, sin la prolijidad del caso, concluyen que el edificio no tiene ningún inconveniente.**

El equipo que hemos trabajado en armar las guías de aplicación de la NEC-15 hemos evaluado en total unas 50 o 60 edificaciones importantes de la zona. Los resultados siempre son repetitivos: **los materiales de hormigón son deficientes.** Hemos encontrado **niveles de corrosión en acero muy importantes.**

De todas las muestras que hemos llevado a laboratorio, **hemos comprobado que las resistencias de los hormigones de las edificaciones dañadas oscilan entre 8 y 20 mega pascales,** mientras que la **Norma exige,** desde hace varias décadas, **un mínimo de 21.** Hemos podido observar que los **porcentajes de absorción son del 8 al 10%,** es decir, son hormigones absolutamente porosos, que **permiten el paso de los contaminantes hacia las varillas de refuerzo,** de las que sólo queda el vestigio de la varilla. Hemos hecho estudios incluso con microscopio electrónico para verificar cuánto es el **contenido de cloruros en esos hormigones,** para afectar de esa manera las varillas, y hemos encontrado **valores que exceden hasta en 50 veces los límites de la norma.** De esta manera, seguramente que la **utilización de las arenas de mar, que todavía hoy se siguen usando** en esas regiones, ha sido la causante de esa cantidad de cloruros y de esa afectación tan enorme en el refuerzo. Entonces ya no hablaríamos de edificios de hormigón armado, sino únicamente de **ediciones de hormigón de pobres características.**

De hecho, cuando intentamos extraer los núcleos para hacer los ensayos, no se puede, la broca y destruye el hormigón. Nos hemos quedado con los agregados en la mano antes de hacer los cortes que requerimos para llevar al laboratorio. **Es decir, hablar de columnas cortas, de simetría, de ductilidad, de modelos sofisticados, ya no cabe demasiado, porque todo esto no considera que haya hormigones de 8 mega pascales.**

Hemos podido observar con mucha curiosidad y no se encuentra demasiado en la bibliografía, que al sacar muestras existen ciertas fracturaciones y fisuras sobre la superficie de los agregados, tanto de edificios dañados como de edificios que aparentemente no estaban dañados. Y ocurre que los **agregados de ciertas zonas de Manabí no se llevan bien si no se les trata adecuadamente.** Agregados gruesos de conocidas minas de Manabí tienen mucho contaminante alrededor de sí mismos, que si no son lavados no garantizan ninguna adherencia con la pasta de cemento. Hemos detectado que **existe una interface entre el mortero y los agregados,** es decir que están sueltos, que no es una amalgama homogénea. Por tanto, esto no se puede considerar hormigón. Por tanto, el agregado de algunas minas de Manabí no deberían ser utilizadas para hormigón armado de infraestructura.

Nuevamente, si no se retiraba el revestimiento no se podría haber observado esas fisuras y fracturaciones. Muchos colegas se limitan a utilizar el martillo Smith y llegan a conclusiones que son erradas. Hemos evaluado edificaciones que según otros colegas se encontraban en perfectas condiciones utilizando el martillo (42 mega pascales), pero analizando más a profundidad, hemos solicitado una demolición. **La diferencia entre decir en un informe que el edificio “puede ser habitado” o “tiene que ser derrocado” es enorme. Por tanto, aquellos edificios que no han sido revisados seguramente tienen una vulnerabilidad intrínseca que en algún momento va a “pasar factura”.**

También es preocupante el hecho de ver que edificios que ya fueron dañados se han vuelto a dañar. **En Bahía muchos de los edificios que tuvieron daños en el terremoto de 1998 no fueron reforzados, sólo reparados, y luego del evento de 2016 sufrieron nuevos daños.** Si esos edificios se vuelven sólo a reparar y no a reforzar, **no sabemos si van a poder soportar un tercer sismo.** Muchas de esas son edificaciones importantes y si no se hacen los estudios necesarios la vulnerabilidad no será sólo alta, sino altísima. Ya venció el plazo en el cual el Estado y sus organismos nacionales y locales estaban a cargo de la demolición de edificaciones y **seguramente el costo de demoler el edificio, de manera particular, será muy alto por lo que preferirán realizar únicamente una reparación.**

Llama la atención también **los colapsos de edificaciones en Quito y Guayaquil** a pesar de estar a 270 km y a 170 km, respectivamente, de la zona de terremoto, incluso con víctimas mortales en el caso de la ciudad de Guayaquil. Si un terremoto llega a ser más cercano deberíamos preocuparnos bastante. **Nuestras dos ciudades más**

importantes del país, en términos de número de habitantes, desarrollo económico, poder político, etc., **parecen ser altamente vulnerables y pueden darnos sorpresas no gratas**. En Guayaquil, tenemos la suerte de tener un registro en suelo firme y dos registros en suelos blandos. No obstante, la amplificación evidenció que los espectros de respuesta, fue de cuatro veces más.

¿Qué podemos **esperar de la vulnerabilidad de las edificaciones del Ecuador en general?** Parece ser que las no ingenieriles son muy vulnerables y algunas ingenierilmente construidas son vulnerables también. En un estudio que hicimos hace algunos años (a inicios de siglo) al menos el 42% de las construcciones en Quito demostradamente eran informales. Muchos colegas han mencionado que esa cifra actualmente bordea el 70%. En una presentación realizada por el Ministro de Vivienda hace algún tiempo, se mencionó que **a nivel nacional la cifra oscila entre 70 y 75% de informalidad. Eso hace que los daños que podemos esperar de terremotos moderados podrían ser importantes. Y eso lleva a la reflexión de que si esta vez no aprovechamos la experiencia, el futuro no es muy halagador.**

Conclusiones finales

- El terremoto no es el responsable. Personalmente considero que el terremoto fue benévolo con la sociedad ecuatoriana.
- La vulnerabilidad la construimos los humanos.
- Si no se cumplen las normas mínimas de construcción no hay seguridad.
- No hay control sobre lo que construimos (hemos tenido que reforzar incluso proyectos de millones de dólares que aún no han sido inaugurados).
- Ocurre tanto en sectores populares como en sectores acaudalados, como lo muestra el caso de Bahía de Caráquez.
- Ocurre tanto en el sector público como en el sector privado.
- Tendemos a ocultar los daños en lugar de enfrentarlos.
- Los costos de reparación y reforzamiento pueden superar en mucho a los costos de reposición y demolición.
- Va a volver a ocurrir.
- No hay desarrollo sustentable sin gestión de riesgos.

2.3.3 El proceso de reconstrucción de hábitat y vivienda luego del terremoto del 16 de abril

Oscar Chicaiza Núñez,

Acciones inmediatas del país. Como antecedentes tenemos:

- El Eco. Rafael Correa Delgado, Presidente de la República, declara el Estado de Excepción y Emergencia en las Provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos y Guayas (Decreto Ejecutivo 1001) y dispone la creación del Comité de Reconstrucción y Reactivación Productiva y del Empleo en las zonas afectadas por el terremoto (Decreto Ejecutivo 1004).
- La Secretaría de Gestión de Riesgos activa los Comités Operativos de Emergencia (COE) de nivel nacional, provincial y local (Resolución SGR-001) y expide lineamientos técnicos, a fin de mitigar y prevenir los riesgos post evento (Resolución SGR-051).
- Se encomienda a la Mesa Técnica de Infraestructura No. la evaluación técnica de las zonas afectadas, a cargo del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) y la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA).

MIDUVI asume las competencias de capacitar y desarrollar herramientas para poder levantar información de campo de edificaciones, servicios públicos y servicios de abastecimiento. **Junto a PNUD, capacitó a profesionales voluntarios** (ingenieros civiles y arquitectos) para realizar una **evaluación rápida** de edificaciones en base a una ficha y una guía elaborada por un conjunto de especialistas, en el marco del Proyecto DIPECHO-NEC. La **Escuela Politécnica del Ejército desarrolló, además una plataforma digital** para subir toda la información física levantada en terreno a través de las fichas.

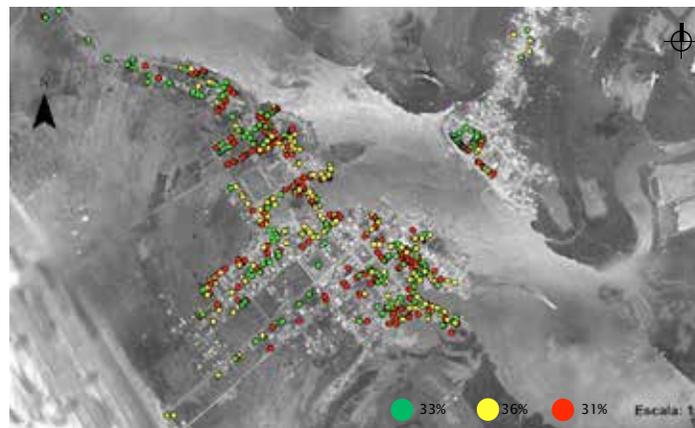
Se organizaron las **misiones con voluntarios y posteriormente los técnicos de instituciones públicas empezaron a asumir sus funciones** en campo para continuar con el trabajo. Se utilizó el **sistema de etiquetas** verdes, amarillas y rojas, mencionado en la ponencia anterior, para indicar a los propietarios de las viviendas si su vivienda era segura, de uso restringido o inseguro. En algunos casos se realizaron evaluaciones desde la parte externa de la vivienda, pues sus propietarios se encontraban en albergues (Pedernales, Tarqui).

PROFESIONALES CAPACITADOS 549	CAPACITACIONES REALIZADAS 10
RESULTADOS	PROFESIONALES VOLUNTARIOS 245
EVALUACIÓN VIVIENDA URBANA+RURAL 48,598	EVALUACIÓN EQUIPAMIENTOS PÚBLICOS 322(E)+118(S)+37(SEG)

ÁREA	INSPECCIÓN (VERDE)	USO RESTRINGIDO (AMARILLA)	INSEGURA (ROJA)	TOTAL
URBANA GEOODK	2.274	3.815	3.317	9.406
RURAL GEOODK	12.630	17.288	13.403	43.321
EVAL. FÍSICAS RURAL	5.077	5.533	4.973	15.593
TOTAL	19.981	26.636	21.693	68.315

Fuente: MIDUVI (a septiembre 2016)

Evaluación de Estructuras en Muisne (plataforma Odk)



Las Unidades de Diseño y Planificación Urbana

MIDUVI, en el marco de sus competencias, conformó en territorio Unidades de Diseño y Planificación Urbana, con el objeto de apoyar las labores post terremoto y generar **Planes Indicativos de Desarrollo Urbano** para los cantones con mayor grado de afectación.



El proceso que desarrollan estas unidades se sintetiza en el siguiente esquema:



Los objetivos generales de los Planes Indicativos de Desarrollo Urbano, en sus diferentes fases:

PRELIMINAR

- **Generar los lineamientos, metodologías e insumos básicos** necesarios para que los equipos de planificación puedan garantizar el desarrollo de la primera fase
- Conformar los equipos básicos y ampliados de planificación.
- Garantizar la articulación de los actores a diferentes niveles de Gobierno.

1ra FASE

- Generar en el corto plazo, propuestas de desarrollo urbano específicas que permitan **dar una primera respuesta** en las áreas afectadas, sin comprometer la propuesta de desarrollo urbano general que se generará a partir de los PIDU.
- Identificar proyectos prioritarios
- Identificar actores importantes.

2da FASE

- Generar análisis multidimensionales que permitan la elaboración de **propuestas urbanas generales**.
- Generar insumos de análisis multisectoriales que permitan ir definiendo el plan general, así como **propuestas de intervención en áreas específicas**.

3ra FASE

- Generar el conjunto de **propuestas y proyectos** que conforman el PIDU, garantizando la definición de **proyectos de intervención específicos, y la viabilidad financiera, técnica y social**.
- Redactar el **documento final del plan**.
- Establecer los mecanismos para la formalización de las acciones propuestas.

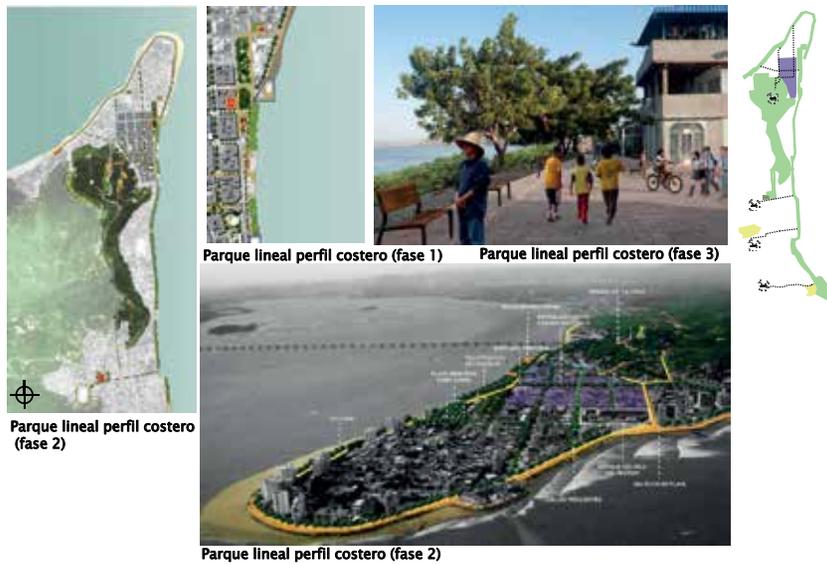
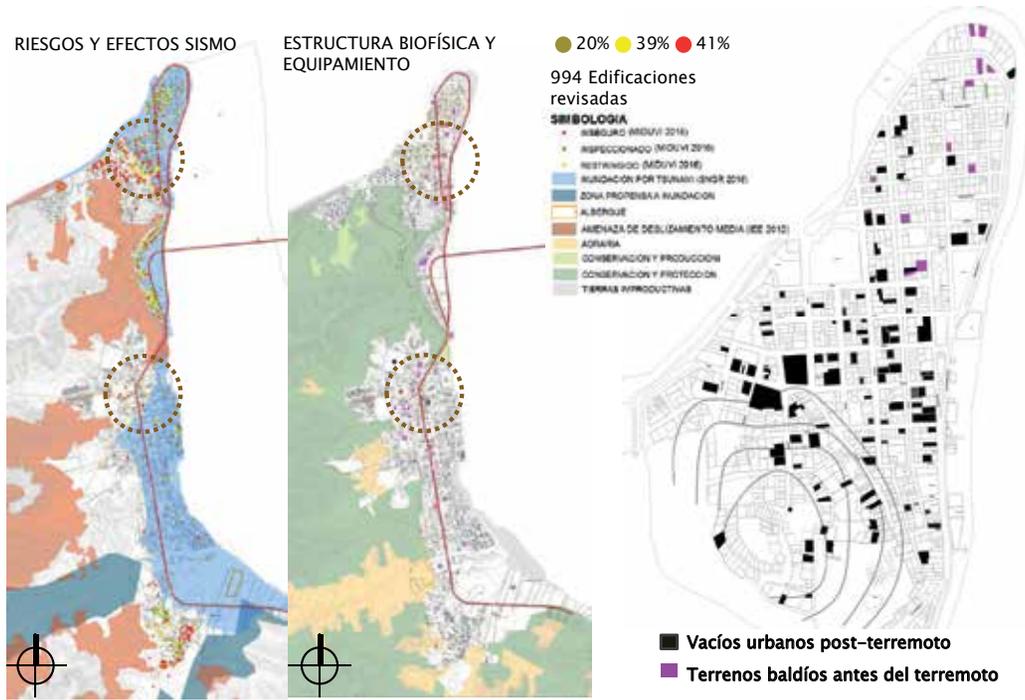
A continuación algunas imágenes de los resultados del proceso de diagnóstico y planificación que está en marcha y que está incluyendo análisis de riesgos, propuestas de normativa y lineamientos para la gestión urbana, en estrecha coordinación con los GADs.

Pedernales

En coordinación con el GAD se está definiendo las zonas en las que se puede edificar y la respectiva normativa sobre edificabilidad. Se ha socializado esta planificación con la ciudadanía y se recibe apoyo permanente de agencias de cooperación, sociedad civil, academia y gremios profesionales.

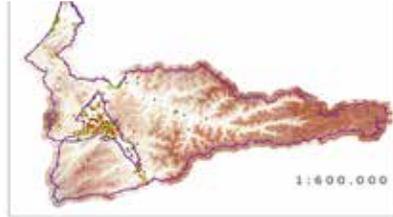


Bahía de Caráquez



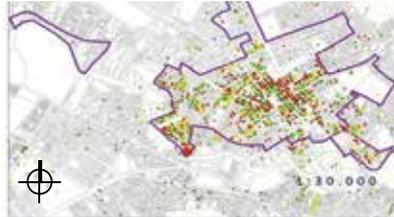
Portoviejo

EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS - CANTÓN



● 39% ● 35% ● 26% **3.667 EVALUACIONES**

EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS - URBANO



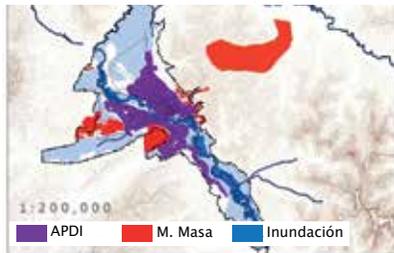
● 40% ● 35% ● 25% **3.085 EVALUACIONES**

ÁREA AFECTADA VS. ÁREA URBANA

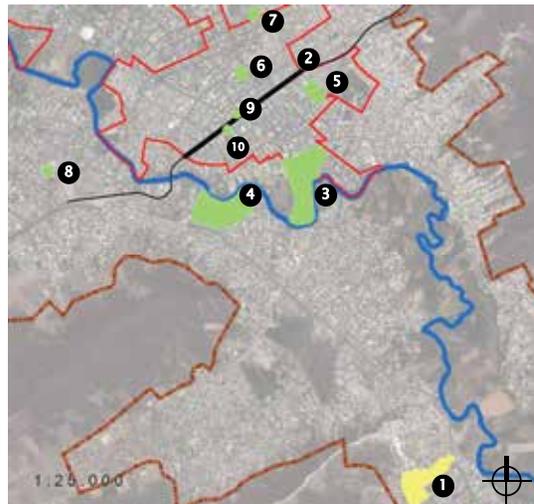


■ L. Urbano ■ Zona Afectada Vialidad

ÁREA CON POTENCIAL DE DESARROLLO INMEDIATO



■ APDI ■ M. Masa ■ Inundación



■ Equipamientos ■ Vivienda ■ Infraestructura
■ Áreas verde / espacio público ■ Regeneración ■ Viales



INTERVENCIONES:

1. Reasentamiento "El Guabito"
2. Regeneración de "Av. Pedro Gual"
3. Parque "Las Vegas"
4. Parque "El Mamey"
5. Parque "Cayambe - Juan Montalvo"
6. Plaza "Eloy Alfaro"
7. Parque "Los Almendros"
8. Parque de "El Niño"
9. Parque en terreno de IESS
10. Parque en terreno del BIESS

Calceta



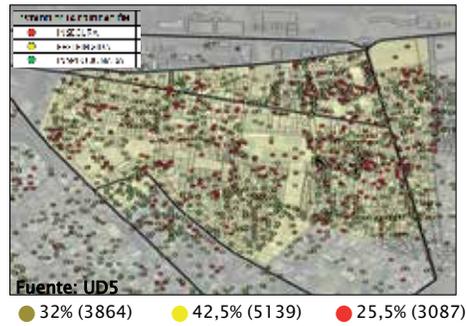
1. Nuevo parque central y mejoramiento de calles aledañas.
2. Reconstrucción del antiguo reloj y la biblioteca.
3. Malecón sobre el río Carrizal (fase 1).

Manta

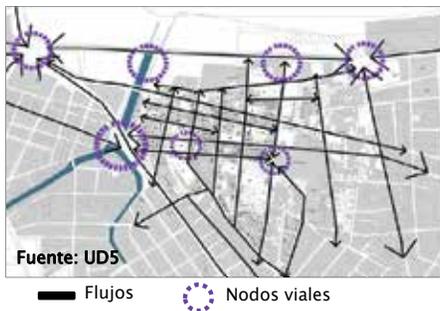
RIESGO DE TSUNAMI



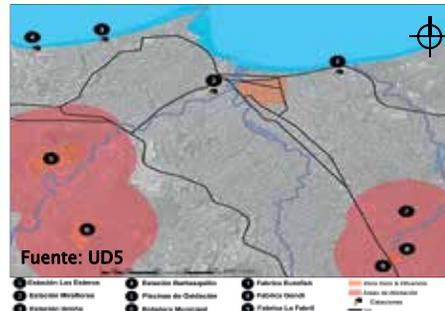
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS

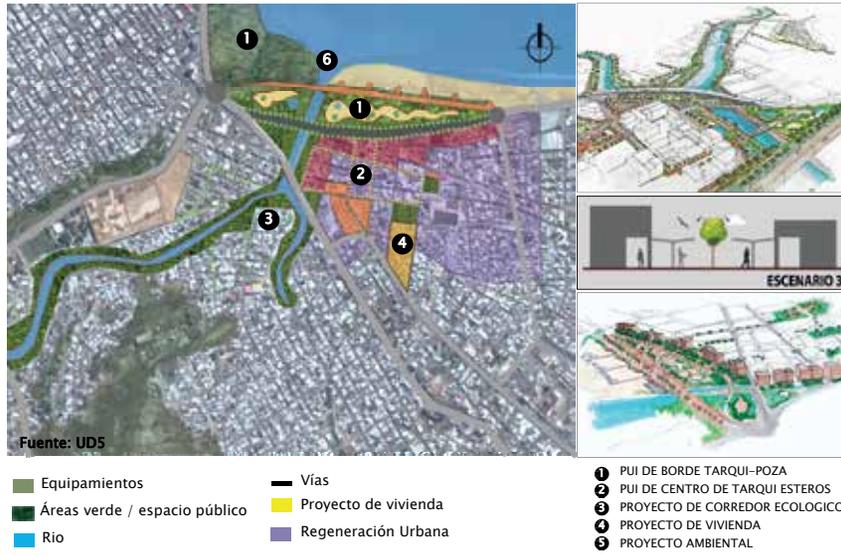


CONFLICTOS DE MOVILIDAD



PROBLEMAS AMBIENTALES







Oscar Chicaiza Núñez es especialista en hábitat y asentamientos humanos. Es Coordinador de las Unidades de Diseño y Planificación Urbana del MIDUVI. Ha trabajado en la Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos del MIDUVI y en la Unidad de Espacio Público del Municipio de Quito.

2.3.4 Proceso de reconstrucción de viviendas

Adriana Salgado, Subsecretaria de Vivienda de MIDUVI

Acciones simultáneas ante la emergencia

El Gobierno Nacional, a través del MIDUVI, desarrolló acciones simultáneas en tres ejes para poder hacer frente a la emergencia.



En relación al marco normativo, además de los Decretos Ejecutivos emitidos por el Presidente de la República y presentados en la exposición anterior, MIDUVI declaró en emergencia las zonas afectadas por el terremoto y dispuso a la Coordinación General Administrativa Financiera la **asignación de recursos necesarios para la contratación de bienes, obras y/o servicios para superar la emergencia** (Resolución 032-16). Y también emitió Acuerdos Ministeriales (022-16, 028-16, 031-16 y 032-16) que establecieron la **entrega de instrumentos e incentivos adicionales para la recuperación habitacional**, para la construcción, reconstrucción, reparación y recuperación de vivienda de las personas damnificadas del terremoto del 16 de abril.

Instrumentos de Recuperación

Los incentivos se crearon para los distintos casos en que se encontraba la población.

Había **población que se estaba en zona de riesgo y necesitaba ser reubicada**. Para estos casos el MIDUVI creó un incentivo para reasentamientos en terrenos urbanizados por el Estado, en donde aparte de los servicios y equipamientos, **se otorga a las familias una vivienda por un valor de 10.000 dólares**. La familia hace un co-pago del 10% del valor de la vivienda, es decir, 1.000 dólares pagaderos a partir de un año después de recibida la vivienda, en 36 cuotas mensuales.

En los casos de las **familias que tienen su terreno propio y que no están en zona de riesgo, se entrega un incentivo para construcción de vivienda en su propio terreno, igualmente de 10.000 dólares**. Estas viviendas, que desarrolla el MIDUVI, **deben cumplir con todas las normas de sismo-resistencia**.

Las **familias cuyas viviendas fueron catalogadas como de “uso restringido”** (etiqueta amarilla), **reciben un incentivo para reparación de vivienda de 4.000 dólares**, igualmente con un co-pago del 10%.

También identificamos **familias que tenían viviendas de 10.000 a 70.000 dólares y que no necesariamente querían aplicar a una vivienda de 10.000**. En este caso tenemos un incentivo de 9.000.

En el caso de familias que van a construir en su propio terreno, **entregamos adicionalmente un incentivo a las familias que les permiten mejorar el suelo y un pozo séptico o una solución sanitaria, para el área rural**.

Después del terremoto, **muchas personas quedaron discapacitadas, entonces se creó un incentivo de 1.200 para accesibilidades en las viviendas**.

Necesitábamos modelos de **vivienda de rápida construcción, pero que cumplan con todas las normas de sismo-resistencia**. Por ello desarrollamos **tres tipologías de vivienda**:

- **Vivienda multi-familiar**

Son construidas en los proyectos urbanizados por el Estado, que lleva a cabo el MIDUVI, con el fin de poder densificar y aprovechar de mejor manera la infraestructura que se tenía construida, porque hay muchos sectores ubicados en la zona de riesgo y necesitábamos reasentar a las familias con urgencia. Se identificó terrenos, incluso de empresas privadas constructoras inmobiliarias, que estaban desarrollando conjuntos habitacionales y que tenían muy avanzada la infraestructura. Se adquirió estos proyec-

tos, que tenían avances del 70-80% de la infraestructura, para poder atender lo antes posible a las familias con vivienda. Para poder aprovechar la urbanización cuyos costos eran superiores a 10.000 dólares por casa, creamos estas viviendas multifamiliares (dos departamentos arriba y dos abajo, de 39 m², con dos cuartos, baño, sala, comedor y cocina.

Vivienda multifamiliar



Área y ambientes:

- 40 m²
- 2 Habitaciones
- 1 Baño
- Sala y comedor
- Cocina

Área y ambientes:

- 40 m²
- 2 Habitaciones
- 1 Baño
- Sala y comedor
- Cocina

- **Vivienda en planta baja**

Para las zonas que no tienen problemas de inundación. Esta vivienda también es de 39 m² y susceptible a ampliación en una segunda planta. Dos habitaciones, un baño, sala, comedor y cocina.

- **Vivienda elevada con planta baja libre**

La utilizamos para los sectores que son susceptibles a inundaciones, por ejemplo, Chone.

Vivienda en planta baja



Área y ambientes:

- 39 m²
- 2 Habitaciones
- 1 Baño
- Sala y comedor
- Cocina

Vivienda elevada con planta baja libre



Área y ambientes:

- 40 m²
- 2 Habitaciones
- 1 Baño
- Sala y comedor
- Cocina

Una vez que trabajamos en estas tipologías de vivienda, desarrollamos planos, todas las ingenierías, memorias de cálculo y conscientes de que cumplan con todas las normas necesarias sismo-resistentes que se adapten a estos sectores, empezamos a calificar empresas que nos puedan ofrecer sistemas constructivos que puedan ejecutarse a la brevedad.

En el marco técnico, se procedió a la evaluación de las viviendas para tener un diagnóstico de la habitabilidad, con el semáforo que se explicó en las presentaciones anteriores.

En la implementación, anteriormente se estaba realizando un censo a las viviendas a través del RUD. Sin embargo, al ser declarativo a nosotros como MIDUVI no necesariamente nos servía, porque **para poder declarar damnificado en vivienda, teníamos que hacer una evaluación detallada, vivienda a vivienda**. Una vez que se contó con el sistema GeoOdk, se crearon otras herramientas que nos permitieron hacer **una ficha evaluación de daños más especializada y un formulario de postulación para hacer el levantamiento social de las familias**. Identificamos el núcleo social de las familias y a qué tipo de incentivo accede.

Una vez generadas estas fichas, se firma con las familias un **Convenio de Asignación no reembolsable entre el MIDUVI y el beneficiario. Posteriormente un contrato de construcción que se firma entre el beneficiario y el contratista** y finalmente un acta de recepción cuando la familia está satisfecha con su vivienda.

En un inicio realizamos el trabajo de manera manual, pero actualmente estamos utilizando la **plataforma GeoOdk** para el levantamiento, utilizando una tablet o un celular. Asisten al levantamiento de información un funcionario técnico y un funcionario de perfil social. Se levantan las fichas y automáticamente se genera el convenio y el contrato, que son los que nos permiten asignar el contratista y asignar el incentivo. **Este sistema nos permite tener información gerencial para las autoridades, para MIDUVI y para el público en general, pues es online** y todas las personas pueden acceder a través de la página del MIDUVI a la información.

Herramienta GeoODK

PROCEDIMIENTO:
Ficha de Evaluación de Daños
Formulario de Postulación
Convenio de Asignación Económica no Reembolsable entre MIDUVI - BENEFICIARIO
Contrato de Construcción de Vivienda entre BENEFICIARIO – CONTRATISTA
Acta Entrega Recepción de la vivienda entre BENEFICIARIO y CONTRATISTA

Datos de Postulante elegido:

Nombre: Marcela María Banguera Troya

Cédula: 9201528190

Tipo de Documento: reconstrucción terreno propio

Parroquia: Santa Rita

Dirección: San Andres/Miraflores

Sector: San andres

Canton: Chone

Provincia: Manabi

Fecha: 2016-07-22 00:00:00.0

Menu de Impresion de Documentos

Convenio

Impresion del Convenio

Contrato

Impresion del Contrato

Ficha de Evaluacion

Impresion de la Ficha Evaluacion

Ficha de Postulacion

Impresion de la Ficha de Postulacion

Anexos

Descargue fotos de formularios

Instrumentos emitidos

PROVINCIA	REPARACIÓN DE VIVIENDA	CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA NUEVA EN TERRENO PROPIO	VIVIENDA NUEVA EN TERRENO URBANIZADO POR EL ESTADO	COMPRA DE VIVIENDA DE HASTA 70.000	TOTAL GENERAL
1. MANABÍ	14,405	14,824	2,778	13	32,020
2. ESMERALDAS	2,160	2,058	279		4,497
3. SANTO DOMINGO	208	393	53		654
4. GUAYAS	527	297			824
5. LOS RIOS	301	106	236		643
6. PICHINCHA	96	123			219
7. SANTA ELENA	41	149			190
8. BOLIVAR	3	52			55
9. COTOPAXI	3	33			36
TOTAL GENERAL	17,744	18,035	3,346	13	39,138

Fuente: MIDUVI, al 13 de septiembre, 2016.

En estos cinco meses llevamos emitidos 39.000 bonos, es decir que 39.000 familias ya han sido atendidas, en las distintas categorías de incentivos, como se muestra en la tabla anterior. A estos **bonos ya se han asignado contratista, están en ejecución y estamos haciendo seguimiento de 25.000 viviendas.** Esto es una inversión de 205 millones y se da un anticipo del 70%. Son empresas serias ecuatorianas que están trabajando. **Se ha dado prioridad, para poder reactivar la economía, a constructores de Manabí, Esmeraldas y Guayaquil.** También se ha calificado mano de obra de la sierra. MIDUVI ha nombrado coordinadores por cada cantón con el fin de que se pueda hacer el trabajo de mejor manera. Se puede consultar toda esta información en línea (bonos, contratistas, etc.) y estamos todo el tiempo socializando la información con las familias.

Conclusiones

La reconstrucción no sólo contempla la reparación, reconstrucción o construcción de viviendas, sino también la reconstrucción del tejido social, económico y urbano que fue devastado por el terremoto, tarea que involucra a todos los sectores como: Gobierno Central, damnificados, GAD's municipales y provinciales, universidades, ONG's, empresas privadas y ciudadanía en general.

El Gobierno Central, a través del MIDUVI, ha tenido una respuesta inmediata y proactiva ante la emergencia, es así que en estos meses ha logrado tener en ejecución 25.414 viviendas, con una inversión de USD 205 millones, lo que permitirá generar en el tiempo de ejecución de las obras un empleo directo de aproximadamente 55.618 y 139.045 empleos indirectos.



Adriana Salgado es Máster en Dirección de Empresas Constructoras e Inmobiliarias. Ingeniera Comercial.

- Actualmente se desempeña como Subsecretaria de Vivienda de MIDUVI.
- Anteriormente ejerció la función de Directora de Negocios Inmobiliarios del Banco del Estado y se desempeñó como Subgerente de Proyectos Inmobiliarios del Banco de la Vivienda.

2.3.5 Experiencia del GAD Municipal Portoviejo en la Gestión de la Emergencia

Patricio Vélez, Director General de Desarrollo Territorial del Municipio de Portoviejo

Hemos visto escenas de lo vivido porque no podemos olvidar lo sufrido en Portoviejo ya que la Municipalidad tiene una alta responsabilidad no sólo en planificación urbana, sino en el tema de fortalecer el sistema de permisos de construcción.

Preparación previa al terremoto de abril de 2016

1. Transversalización de la reducción de riesgos de desastres en la gestión territorial

- Políticas de gestión de riesgos.
- Decisión política.
- Marco jurídico municipal.
- Definición de procesos vinculantes.

2. Preparación institucional para la gestión de emergencias

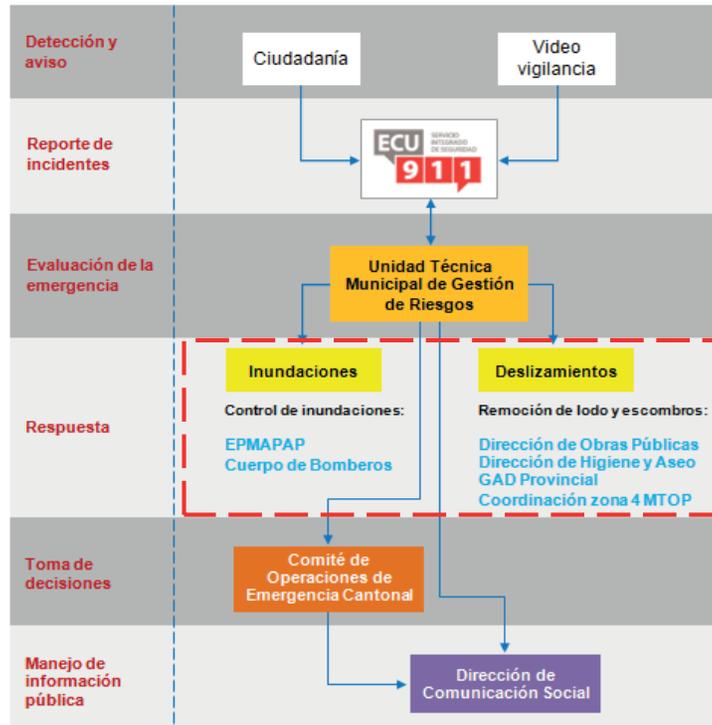
- Definición del modelo de gestión de emergencias.
- Organización de equipos de emergencia.

3. Respuesta institucional ante las inundaciones del 11 de abril

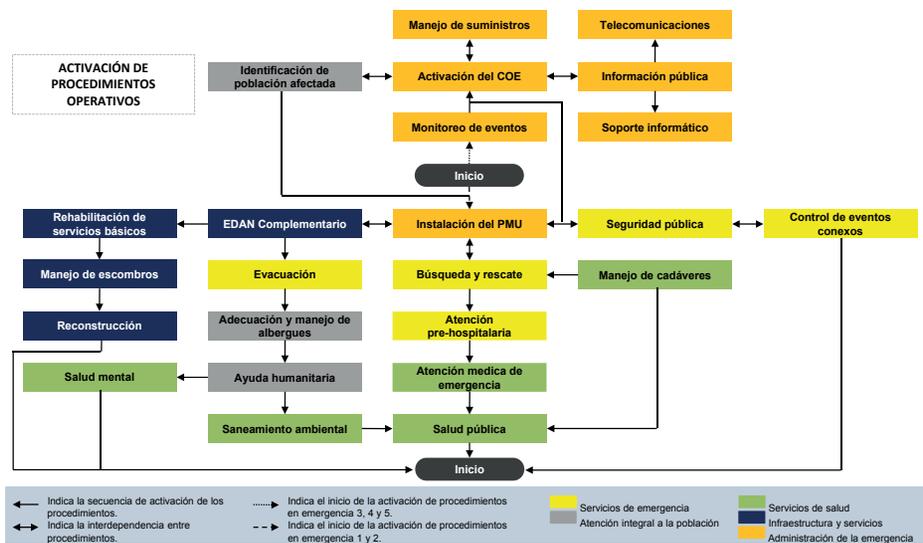
- Monitoreo de caudal del río Portoviejo.
- Evacuación de familias en zonas de riesgo.
- Activación de los equipos de emergencia.
- Instalación de Puestos de Mando en cada sector afectado.

Antes del terremoto habíamos empezado a prepararnos por las grandes inundaciones que habíamos tenido. En la parte de planificación territorial, contábamos con una zonificación, sobre todo en la malla urbana. Teníamos diseñadas políticas de gestión de riesgos. Teníamos mapeados qué sectores eran más vulnerables a inundaciones, deslizamientos y al tema sísmico.

En los dos últimos años de la nueva administración municipal se había actualizado el marco normativo y habíamos fortalecido el Área de Gestión de Riesgos. Teníamos un plan establecido y cada funcionario de la municipalidad sabíamos qué área nos correspondía cubrir en el territorio en caso de una emergencia y quienes eran las personas que supervisaban cada zona, independientemente de nuestras labores habituales.



El organigrama muestra cómo estábamos distribuidos, quiénes estaban encargados del monitoreo de eventos, de la activación del COE cantonal, de la comunicación, del manejo de suministros, de evacuación (nos interesaba rescatar el mayor número de vidas posible), de seguridad públicas. Teníamos una estructura lista para reaccionar por la reciente emergencia de inundaciones que habíamos enfrentado. Fue fundamental para nosotros tener los eventos técnicos desplegados.



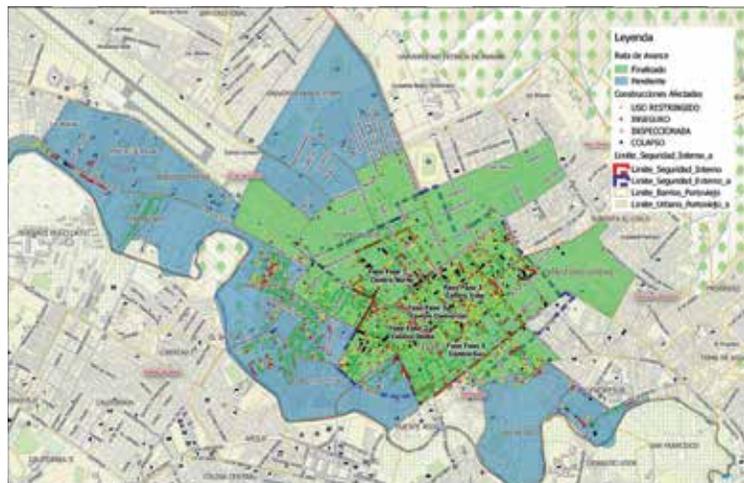
Estadísticas de afectación del terremoto en Portoviejo

Observación	Cantidad
Heridos	922
Fallecidos	134
Rescatados	23
Edificaciones colapsadas y demolidas, zona urbana	2568
Edificaciones colapsadas, zona rural	553
Edificaciones afectadas	4773
Albergados	2300
Albergues activados	1
Refugios instalados	6
Centros de acopio activados	1
Punto de manejo de cadáveres	1

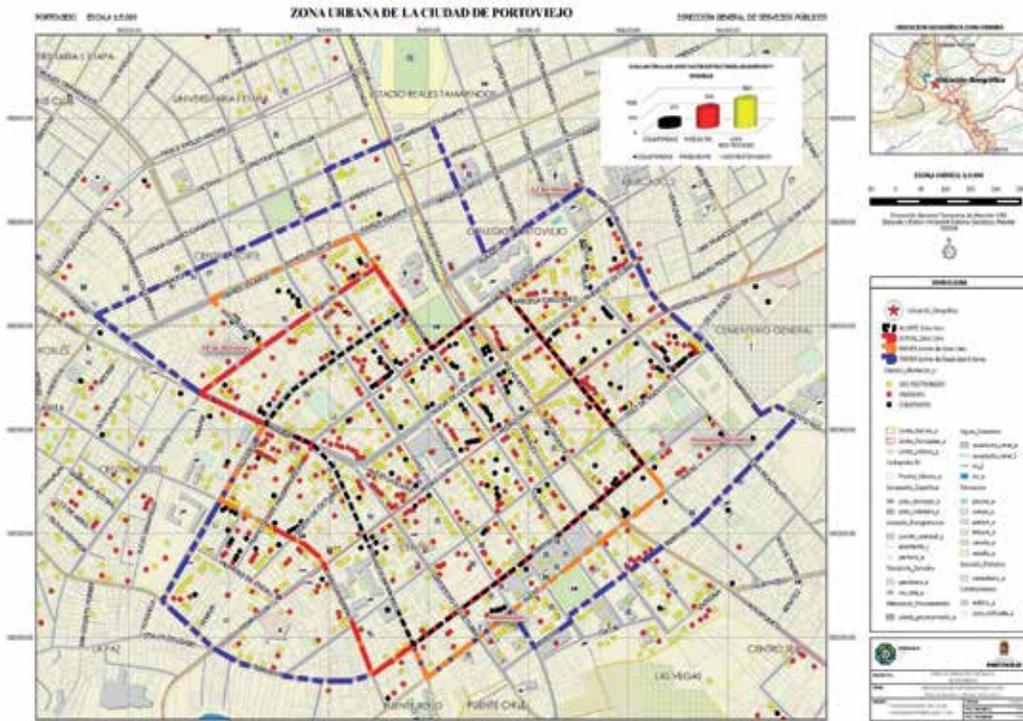
Respecto al **uso de tecnología**, al día siguiente del terremoto, programamos vuelos de nuestro **dron cartográfico** (que normalmente utilizamos para actualizaciones del catastro) para poder **direccionar a los rescatistas nacionales e internacionales** que acudieron a ayudarnos, de manera que su trabajo pudiese ser más eficiente. Con foto-interpretación, pudimos **indicarles qué viviendas estaban colapsadas** y en dónde existía probabilidad de vida. De hecho se logró rescatar a 23 personas, justamente porque los rescatistas no tenían que estar dispersos en el territorio, sino que sabían a dónde dirigirse gracias a estas imágenes y al mapeo que se hizo.



Paulatinamente **fuimos geo-referenciando las edificaciones afectadas**. Con ayuda de MIDUVI pudimos sistematizar y organizar esta información. Cada supervisor tenía una ruta establecida con su equipo de trabajo. **Utilizamos la cartográfica existente en el cantón**. Nos sirvió, por ejemplo, las rutas de lectura que tenía la Empresa de Electricidad CNEL (tenían codificadas manzana por manzana) y el técnico sabía por dónde ir sin que se le escapara ninguna vivienda. Entonces utilizamos esa base de datos, asignamos las rutas a los técnicos e íbamos levantando información de adentro hacia afuera.



El área marcada en verde es la que hemos llamado Zona Cero y corresponde al casco antiguo de Portoviejo. Hemos procurado que esta zona disminuya paulatinamente, a medida que vamos restableciendo servicios e impulsando la reactivación de la economía. El perímetro de la zona va reduciéndose.



Acción de respuesta frente al terremoto del 16 de abril, 2016

A las 8 horas

Se activó el COE. Se realizó una evaluación preliminar de acuerdo a la zonificación establecida y se instaló el Albergue Reales Tamarindos (que luego lo asumió el gobierno). Se analizó el tema de una posible alerta de tsunami, del colapso de la Represa Poza Honda, de deslizamientos, para poder informar adecuadamente a la población; sin energía eléctrica disponible. Se identificó el colapso de edificaciones en el caso antiguo así como de puentes. Ha habido muchísima informalidad en las construcciones y ese es el reto que tenemos que enfrentar.

Al 1 día

- Se distribuyó agua y alimentos.

A los 2 días

- Se restableció la luz en las zonas periféricas menos afectadas.
- Se organizó la recolección de la cantidad de basura que se estaba generando en los albergues.

A los 3 días

- Se restableció en un 60% el agua potable (con esto se logró disminuir la conmoción que esto causaba en la ciudadanía).

A los 4 días

- Se reactivó parcialmente el comercio.

A los 9 días

- Se reactivaron, parcialmente, los servicios municipales.

A los 16 días

- Inició el proceso de reconstrucción.
- Quienes llegaban a apoyarnos se sumaban a las iniciativas que estábamos organizando, para hacerlo de manera ordenada.

Lo actual

1. Generación de conocimiento sobre riesgo sísmico

Nos encontramos concluyendo la **primera fase del estudio de microzonificación sísmica**, sustentado en la información obtenida de la red de sismómetros instalada por el Instituto Geofísico. Se encuentra en contratación la segunda fase del estudio para la **generación del mapa y sistema de microzonificación sísmica de Portoviejo**.

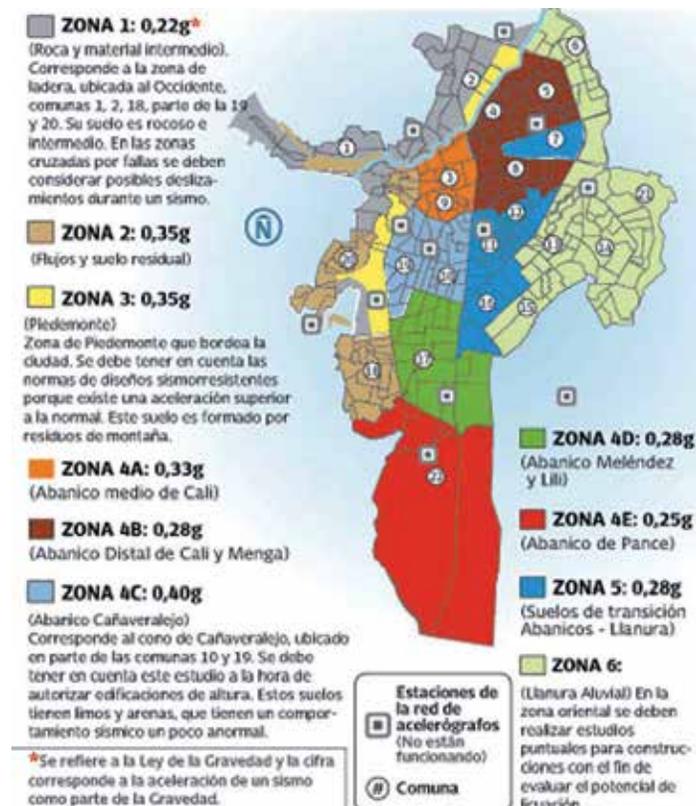
2. Fortalecimiento de la revisión de planos

El GAD Municipal de Portoviejo, se encuentra en el **proceso de delegación de la responsabilidad de revisión de planos y certificación** técnica de conformidad a la Universidad Técnica de Manta como entidad **colaboradora**.

El futuro: reducción del riesgo sísmico

Entre las principales acciones que están previstas para reducir en riesgo sísmico en Portoviejo se encuentran:

- Ajustar la normativa local de construcción.
- Controlar construcciones en función de los espectros de diseño que establezca la microzonificación sísmica de Portoviejo.
- Generar espacios seguros a través del circuito de parques y áreas verdes.





Patricio Vélez es Director General de Desarrollo Territorial del Municipio de Portoviejo. Es Máster en Planificación Territorial y Gestión Ambiental de la Universidad de Barcelona. Especialista en Sistemas de Información Geográfica de la Universidad Politécnica de Valencia. Director de Catastro en el Municipio de Portoviejo en 2014. Ha tenido a su cargo el reordenamiento de la oferta educativa con sistemas de información geográfica en Manabí y Santo Domingo para el Ministerio de Educación. Se desempeñó como Jefe del Departamento de Cartografía en el Gobierno Provincial de Manabí.



2.3.6 Las guías prácticas para aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015)

Proyecto DIPECHO-NEC - PNUD, MIDUVI, SGR

En el marco del Proyecto DIPECHO-NEC, ejecutado por PNUD en colaboración con MIDUVI y la SGR y financiado por ECHO-UE, un equipo de técnicos de alto nivel nacional compartió su experiencia profesional y trabajaron de manera comprometida para contar con un conjunto de siete guías prácticas de diseño, construcción y evaluación de estructuras. Seis para profesionales y una con procedimientos mínimos para trabajadores de la construcción, cuya finalidad es contribuir a la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015). Las guías se han nutrido, además, con los comentarios de técnicos e ingenieros de instituciones públicas, especialmente de MIDUVI y de SGR.

Además, en el marco del proyecto se han elaborado siete módulos de capacitación, uno por cada guía, y seis listas de verificación del cumplimiento de la NEC-15 en cada uno de los temas que las guías abordan.

Se espera que las guías tengan un amplio proceso de difusión y, fundamentalmente, de aplicación por parte del conjunto de actores que participan en la construcción en el país. Se espera que la Norma Ecuatoriana de la Construcción sea efectivamente implementada y, de esta manera, pueda reducirse el riesgo sísmico de nuestras ciudades al contar con edificaciones seguras.

Para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, acompañar este esfuerzo de implementación normativa es un privilegio. PNUD se han alineado a las prioridades establecidas por el país, generando valor agregado y compartiendo conocimiento especializado. En este camino, sin lugar a dudas, uno de los socios estratégicos en el Ecuador, y en la región, es la Oficina de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea. Gracias a su soporte, la temática de preparativos para desastres y reducción de riesgos se han reforzado y fortalecido los sistemas nacionales, locales y comunitarios. Un especial agradecimiento a este socio por su aporte para la elaboración y publicación de estas guías y una invitación a todos los profesionales a utilizarlas y difundirlas ampliamente.

Guía práctica de hasta 3 pisos con luces de hasta 5 metros de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015



Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015



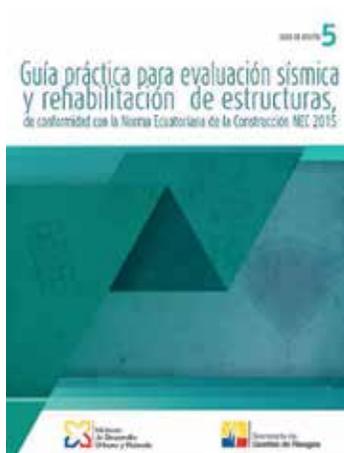
Guía práctica para el diseño de estructuras de acero de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015



Guía práctica para el diseño de estructuras de madera de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015



Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015



Guía práctica para la ejecución de estudios geotécnicos y trabajos de cimentación de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015



Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015



Equipo responsable de la elaboración de las Guías



- Fabricio Yépez, PCH Ltda.
- Alex Albuja
- Marcelo Guerra, Bustos & Guerra
- Telmo Sánchez, USFQ
- Xavier Vera, Universidad Católica

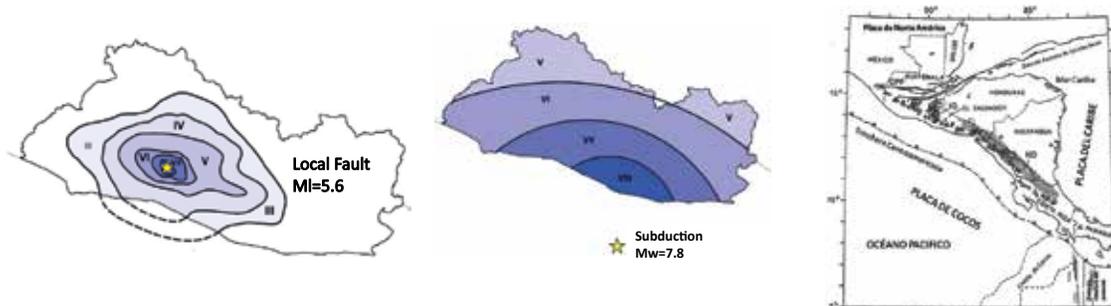
2.4 El Salvador

2.4.1 Experiencia de reconstrucción segura post-terremotos enero y febrero 2001

Patricia Méndez de Hasbun, Universidad Centroamericana, Proyecto Taishin, JICA

El Salvador: un país con alta sismicidad y estructuras vulnerables

El Salvador es un pequeño país de Centro América, con alta sismicidad. Los últimos terremotos hemos tenido han sido el de 1986, de baja magnitud (5.6), debido a fallas locales. Luego tuvimos dos terremotos en 2001, en enero y febrero, de 6.2 y 7.8. La Placa de Coco subduce la Placa del Caribe y produce terremotos de grandes magnitudes, sobre 7, que afectan toda la zona costera y las zonas de fallamiento locales que están a lo largo de la zona volcánicas, de menores magnitudes, pero que son más dañinos porque son más superficiales y cercanos a los centros poblacionales.



A la alta sismicidad, se suma a la alta vulnerabilidad de las infraestructuras. En el terremoto de 1986, cuyo epicentro estuvo dentro del área metropolitana, tuvimos grandes daños en las edificaciones, incluyendo el **colapso total de varios edificios debido a que son construcciones que fueron reparadas de un terremoto anterior, de mayo de 1965 y que no siguieron ningún procedimiento normado para la reconstrucción.** Desde 1986 no hemos tenido otro sismo en la zona del área metropolitana de San Salvador y existen muchas edificaciones antiguas que no fueron reforzadas, sino únicamente arregladas de manera rápida, sin ningún control, por lo cual un nuevo sismo podría tener peores consecuencias que en 1986.



Los terremotos del 13 de enero y del 13 de febrero 2001 fueron en la zona costera las mayores intensidades y también en una zona que está hacia el oriente del país, construida mayormente por vivienda de interés social, por vivienda rural, sin ninguna práctica ingenieril ni reglamentación por lo que los mayores daños fueron las pérdidas en vivienda. También colapsaron casi todas las líneas vitales del país.

Además de la alta sismicidad tenemos **grandes problemas con deslizamientos. Los deslizamientos son debidos a que nuestro suelo es volcánico, poco consolidado.** Las cenizas volcánicas jóvenes nos producen deslizamientos de gran envergadura, que soterran carreteras y viviendas. El deslizamiento de Santa Tecla del 2001 soterró a 500 viviendas, causando la muerte de la mayoría de las personas. Hasta el momento no se ha podido trabajar en una reglamentación sobre geotecnia para identificar zonas susceptibles a deslizamiento.



Muchas edificaciones estaban en zonas de riesgo. La fotografía que se muestra a la izquierda (de 2010) es muy representativa de las cárcavas formadas por la mala evacuación del agua en los asentamientos. Estos suelos son muy susceptibles a la erosión (por rotura de cañerías o escorrentía superficial), puesto que son poco consolidados, finos y sueltos. Entonces somos uno de los países de múltiples riesgos y con poca reglamentación.

El área de influencia del terremoto de enero de 2001 se muestra en el círculo rojo y en el azul se muestra la de febrero de 2001. Siendo un mes después de ocurrido el primer sismo, no había finalizado aún la etapa de valoración de daños y aún no se había podido proporcionar soluciones de vivienda a las personas afectadas (los mayores daños se dieron en el área metropolitana, en donde se encuentra el 27% de la población).



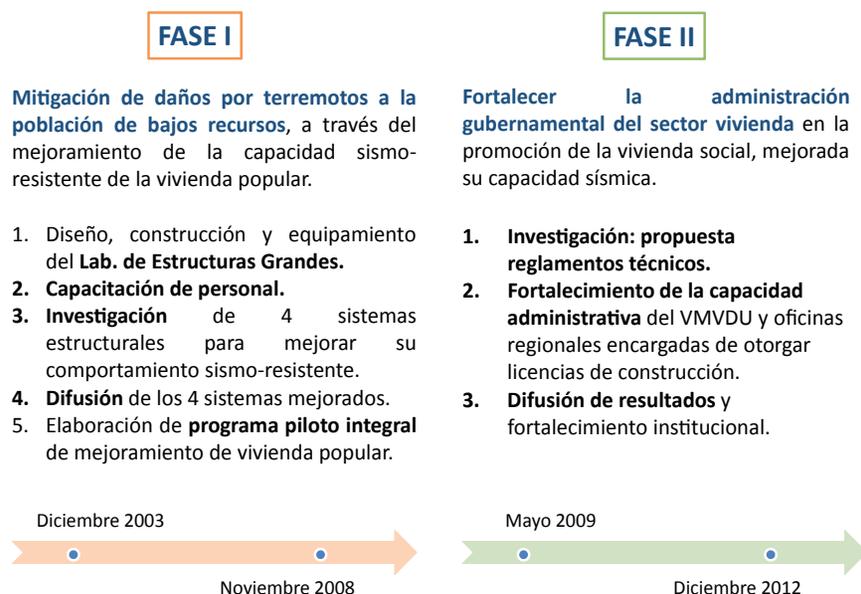
Una limitación que se tuvo que enfrentar fue que no se contaba con guías para la evaluación de edificaciones post sismo. Los terremotos de 2001 causaron más de 110.000 viviendas dañadas. (Se realizó una evaluación estructural de manera precipitada, se hizo una guía de manera rápida y en un día se capacitó a ingenieros y arquitectos, por tanto esta **evaluación tiene muchas dolencias. Se pudo evaluar únicamente 4.541 edificios y vivienda, que representaba el 4.1% de las construcciones afectadas. Rápidamente se arreglaron edificios y viviendas dañadas, lo cual implica un alto nivel de vulnerabilidad frente a un próximo sismo.**

Respuestas post-terremotos 2001: el Proyecto Taishin (JICA)

Una de las respuestas que se dio fue el Proyecto Taishin, que en japonés significa “sismo-resistencia”. Cuando se hizo la evaluación post sismo en las zonas rurales, la mayoría de viviendas dañadas eran de adobe y bahareque, que habían sido auto construidas, sin ninguna supervisión ingenieril. **Tuvimos más de medio millón de viviendas en déficit debido a los terremotos.**

JICA realizó varias consultas a oficinas gubernamentales, a la academia y a empresas privadas respecto a dónde invertir para colaborar en el proceso de reconstrucción. JICA optó, a través del Proyecto Taishin, por **atacar el problema de vivienda vulnerable, en asocio con distintas instituciones**, incluyendo el Gobierno Central a través del Ministerio de Obras Públicas y el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, la Academia (Universidad Centroamericana y Universidad El Salvador) una ONG dedicada al tema de vivienda de interés social (FINDAL). En la segunda etapa ingresó un instituto que agrupa al sector de la construcción (ISC) y también el Instituto de Prevención de Desastres CENAPRED de México, que después del terremoto del 85 mantiene una estrecha cooperación japonesa.

Inicialmente el proyecto previó dos fases (posteriormente se ejecutó una tercera). Una síntesis de las mismas se presenta en el siguiente esquema:



Fue un **acompañamiento de la cooperación japonesa para tratar de ir supliendo lo que nosotros no teníamos instalado como país**: la capacidad para investigación, la formación en las universidades, el marco normativo y su difusión y la administración del gobierno para gestionar esta temática.

El **Laboratorio de Estructuras se construyó en la Universidad** Centroamericana y cuenta con equipo especializado para el ensayo de muros a escala natural. En la Universidad de El Salvador se construyó una mesa inclinada para trabajar en adobe. Esta tabla permite desarrollar pruebas de viviendas a escala real, simulando desplazamientos semejantes a fuerzas sísmicas y gravitacionales.



Se investigó, por una parte, aquellos **sistemas que sufrieron mayor daño durante el terremoto y que se han utilizado mayormente en el país; y, por otra, aquellos que empezaron a ser utilizados durante el proceso de reconstrucción**. Los primeros tres

representaban el 87% de los sistemas constructivos utilizados en el país y el cuarto correspondía a un instituto de Cuba y requería de adaptación a las condiciones sísmicas de El Salvador.

Adobe con refuerzo interno de vara de castilla Mampostería de suelo de cemento confinada



Bloque de concreto con refuerzo integral



Bloque panel



El objetivo era **estudiarlos para contribuir al mejoramiento de las prácticas constructivas, evaluando la capacidad de estos sistemas frente a nuestras condiciones sísmicas.** Ensayamos modelos a escala natural. Evaluamos su resistencia ante cargas laterales y fuera del plano, determinamos las zonas de falla del sistema para que cuando se hiciera la difusión a través de cartillas y manuales, se pudiese explicar a las personas que auto-construyen cómo hacerlo adecuadamente. Se evaluaron esfuerzos en el acero, desplazamientos en distintos puntos de los modelos para luego compararlos con modelos analíticos y **evaluar las ecuaciones de diseño que tenemos en nuestras normas.**

Entre los resultados de la investigación tuvimos que el adobe, tal como nosotros lo utilizábamos, tenía la resistencia más baja ante carga lateral y una capacidad de deformación casi nula; en comparación con los otros sistemas estudiados. Esto nos llevó

a que el adobe se trabajara con reforzamiento. Sin embargo, **debido a los daños tan grandes y las pérdidas humanas causadas por las edificaciones de adobe, muchos municipios costeros prohibieron la construcción con adobe.**

Otro resultado fue la **publicación de diez informes técnicos de investigaciones; manuales populares y carillas dirigidos a quienes auto-construyen. Un manual técnico para el sistema de bloque; fichas técnicas; y, dos reglamentos** que desde 2014 son de obligatorio cumplimiento. También se ha difundido los resultados del proyecto en encuentros de intercambio internacional, en seminarios y en jornadas de capacitación para profesionales, dentro y fuera del país y para comunidades. Se realizó casas modelo para promover el proceso de réplica. Y se difundió ampliamente la información generada a través de distintos medios de comunicación.

Concluida la segunda fase del proyecto en 2012 enfocada en vivienda social, entre 2013 y 2015 se desarrolló el **proyecto de sostenibilidad**, para dar continuidad al esfuerzo realizado por JICA y los socios participantes. El objetivo de esta tercera fase fue **actualizar el marco normativo para la seguridad estructural de las construcciones y potenciar las investigaciones para las reglamentaciones.**

La Universidad de El Salvador y la Universidad Centroamericana se enfocaron en la **actualización del marco normativo para mampostería**, pues este sistema constructivo difiere de país a país y no es fácil adaptar códigos extranjeros. **El Instituto Salvadoreño de la Construcción (que agrupa a gremios profesionales, empresariales, academia y funciones) tomó a su cargo las investigaciones relativas a la revisión de norma para viviendas de una y dos plantas** y la definición de los términos de referencia para la **actualización de la norma sísmica.**

Aún continuábamos con la visión de ir revisando seccionadamente revisando nuestras normas. Entonces los profesionales de los gremios, de la academia, del sector empresarial, propusieron **contar con un Reglamento Único, no seccionado y obligatorio, pues nuestros reglamentos no son obligatorios, sino a discreción del profesional.** Ya teníamos por mandato ejecutivo una **Comisión de Seguridad Estructural** que trabaja las actualizaciones del reglamento que todavía está en vigencia y se solicitó al Ministro de Obras Públicas que reactivara esa Comisión para manejar el proceso y además gestionar ayuda internacional.

Las universidades continúan con su investigación experimental con fondos nacionales e internacionales y con fondos propios de las universidades. También se organizó un curso para mejoramiento y difusión de tecnología sismo-resistente en Latinoamérica que incluye seis semanas en Japón, dos semanas en El Salvador y los participantes acuden a las universidades y se les transfiere todo lo que se ha trabajado en el marco del Proyecto y los avances en la reglamentación desarrolladas.

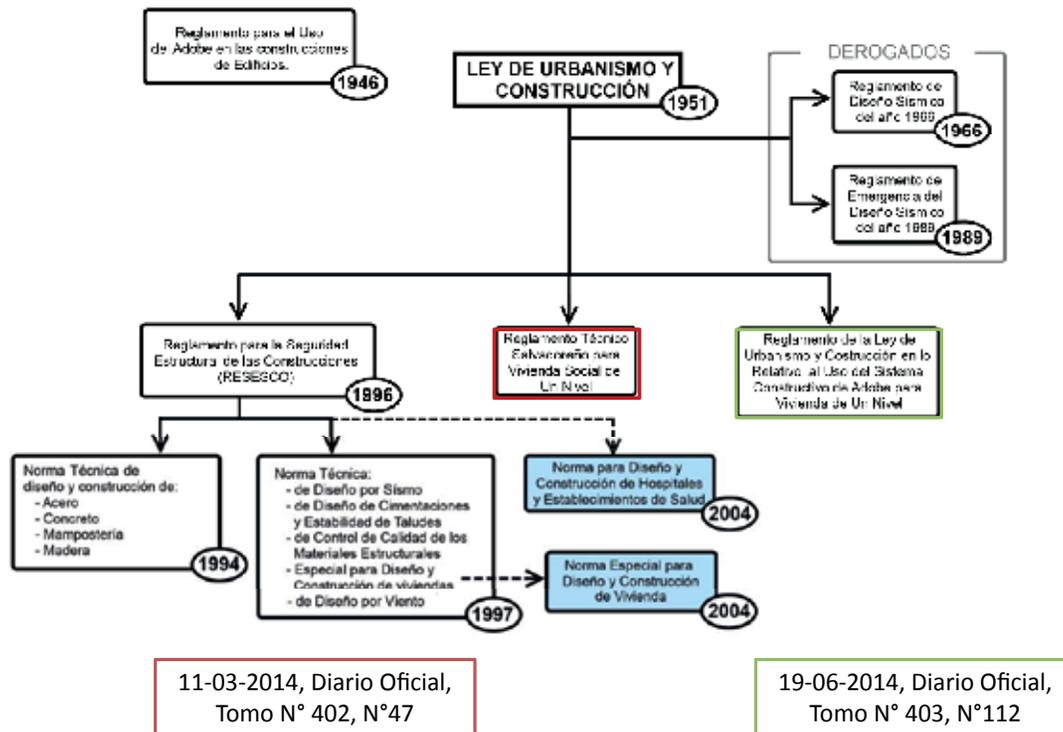


La situación actual

El Salvador tiene actualmente más de seis millones de habitantes. Se prevé que para 2050 la población superará los ocho millones. Nuestro territorio es pequeño, hiper urbanizado, con vivienda de un nivel y con una gran presión de la población por acceder a vivienda digna. Los altos niveles de pobreza nos llevan a la auto-construcción y a los altos niveles de daño después de los sismos.

Tenemos también graves problemas con la incidencia del cambio climático en la región. Para el 2009 estábamos catalogados como el país más vulnerable y en 2014 nos hemos movido ocho posiciones en positivo gracias a los esfuerzos que ha realizado el gobierno.

Respecto al marco normativo actual, toda la reglamentación depende de la Ley de Urbanismo y Construcción. Tenemos dos reglamentos derogados pues lo que se hacían estos instrumentos era únicamente responder a los sismos. En 1996 se hizo un esfuerzo serio, por primera vez, y se generó el **Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones**. Este reglamento se desarrolló entre 1994 y 1997 y ya contiene las normas que se muestran en el siguiente esquema:



Esta es una reglamentación muy buena pero que evidentemente está desactualizada (25 años) y que requiere mayor integración. Lo que se hizo después de los terremotos del 2001 fue una revisión de la Norma para el Diseño y Construcción de Vivienda y una **Norma para el Diseño y Construcción de Hospitales y Establecimientos de Salud porque fue uno de los parques habitacionales que sufrió más daños**. Los dos Reglamentos Técnicos marcados en la parte inferior del esquema con rojo y con verde fueron desarrollados con apoyo del Proyecto Taishin y actualmente tiene carácter obligatorio.

Esto nos ha llevado a la necesidad de **convocar a todos los actores del país para la generación de un plan de acción que nos permita formular un reglamento unificado, a través de un esfuerzo coordinado**.

Reflexión final

Si nosotros como Academia queremos incidir en un marco legal que garantice prácticas sísmo-resistentes, garantice la vida de las personas y contribuya a la reducción del riesgo sísmico. Podemos incidir a través de nuestras investigaciones, de nuestras relaciones con el gobierno, podemos generar transformaciones a través de la formación con nuestros alumnos, podemos acompañar las distintas iniciativas. Pero creo que si no tenemos una visión de conjunto entre los distintos actores será difícil llegar a lo-

grarlo. Tenemos que continuar trabajando en nuevas investigaciones (o adaptando las que realizan otros países porque somos un país pobre), legalizando nuestros procesos normativos y continuar educando a profesionales y a la población en general, tanto en zonas rurales como urbanas.



Patricia Méndez de Hasbun es Jefe del Departamento de Mecánica Estructural de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas de El Salvador.

- Ha trabajado en el Proyecto Taishin financiado por JICA desde su inicio en 2003.
- Entre sus áreas de interés están la investigación experimental en estructuras y reglamentación para la seguridad estructural de las construcciones.

2.5 Japón

2.5.1 Normativa para la construcción en Japón

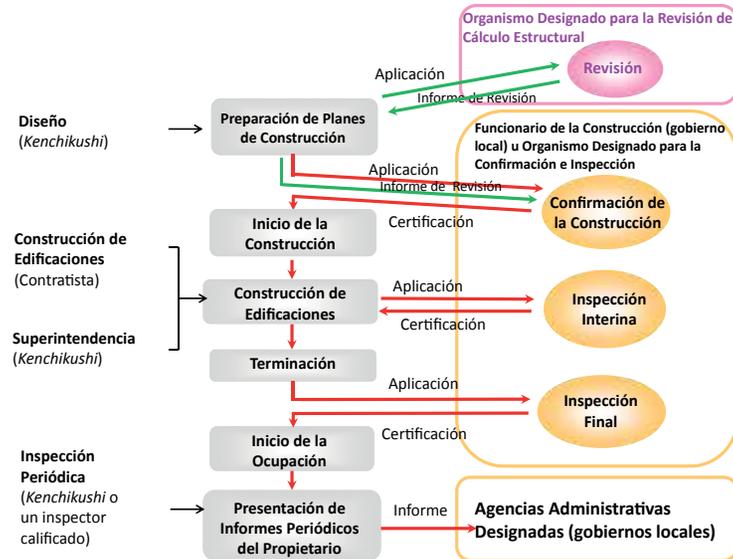
Yukiyasu Kanemura, Experto JICA

El propósito de la **Ley Estándar para la Construcción** (BLS) de Japón es **salvaguardar la vida, salud y bienes de las personas, a través del establecimiento de estándares mínimos relacionados con el sitio de construcción, equipos y uso de las edificaciones** y, por tanto, contribuir al fomento del bienestar público. Las **Normas para la Construcción** incluyen los requisitos estructurales, prevención de incendios y los requisitos sanitarios, integrados todos en una misma legislación. A partir de marzo 2007, las Normas de Construcción incluyen, para las áreas planificación urbana (26% del área total del país), regulaciones de ordenamiento territorial, controles sobre altura, grosor y forma de edificaciones, restricciones en zonas de protección contra incendios, entre otros.

El **Sistema de Aprobación e Inspección para la Construcción** en Japón está básicamente **a cargo de los gobiernos locales**. Existen dos niveles de gobiernos locales: 47 prefecturas provinciales y 1741 gobiernos de ciudades, pueblos y aldeas. Todas las prefecturas están a cargo de la aprobación e inspección de la construcción y 403 ciudades que tienen más de 10.000 habitantes también realizan esta función, a través de **agencias administrativas designadas**. En el caso de las ciudades que tienen menos de 10.000 habitantes es la prefectura la que tiene a cargo este proceso.

En Japón hay muchas inspecciones, tanto al inicio de la construcción, como en el intermedio y al final. Por tanto, sólo con los funcionarios de las provincias no se puede realizar el trabajo. Por lo que **desde el año 2000 ya tenemos 130 organismos privados asignados a la aprobación e inspección**. Los gobiernos locales dan la orden y estos organismos ejecutan el trabajo. **Ahora los organismos privados están haciendo la inspección al 84% de las edificaciones**. Con este mecanismo, el trabajo desde las prefecturas ha disminuido y pueden dedicarse a otras funciones para el mejoramiento de la construcción.

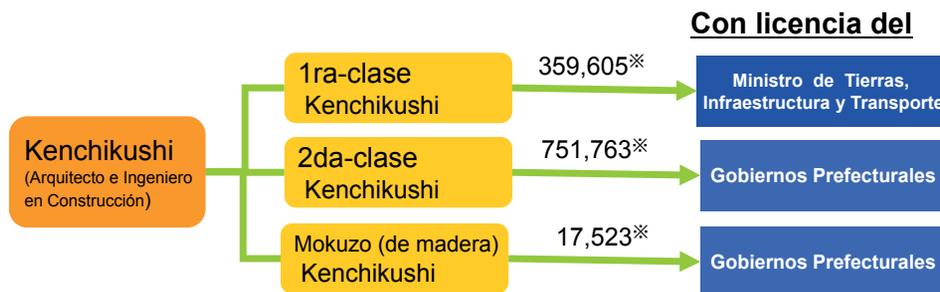
Procedimientos Regulatorios para la Aprobación e Inspección en Japón



Los diseños son revisados por el gobierno local y también por otro **organismo asignado exclusivamente a la revisión del cálculo estructural** (salvo para edificaciones como pequeñas viviendas). Este organismo especializado opera desde el 2006. Con la revisión de estas dos instituciones se inicia la construcción. El gobierno local o el organismo privado asignado realizan inspecciones al inicio, durante y al final de la construcción. Aprobadas estas inspecciones, se puede proceder al uso de la edificación.

Sistema de Kenchikushi (Arquitectos e Ingenieros en Construcción)

En Japón, los kenchikushi son a la vez arquitectos e ingenieros en construcción y hay tres categorías de kenchikushi:



※ Datos vigentes al 31 de marzo de 2015

Los kenchikushi de primera clase pueden diseñar todo tipo de edificaciones. Los de segunda clase sólo algunos tipos de edificios y de ciertos niveles. Los kenchikushi de

madera, únicamente edificaciones con este material. En Japón hay 120 millones de habitantes y únicamente un 1% de la población es kenchikushi, entonces es necesario aumentar el número de estos profesionales.

Los conceptos de las normas técnicas de construcción

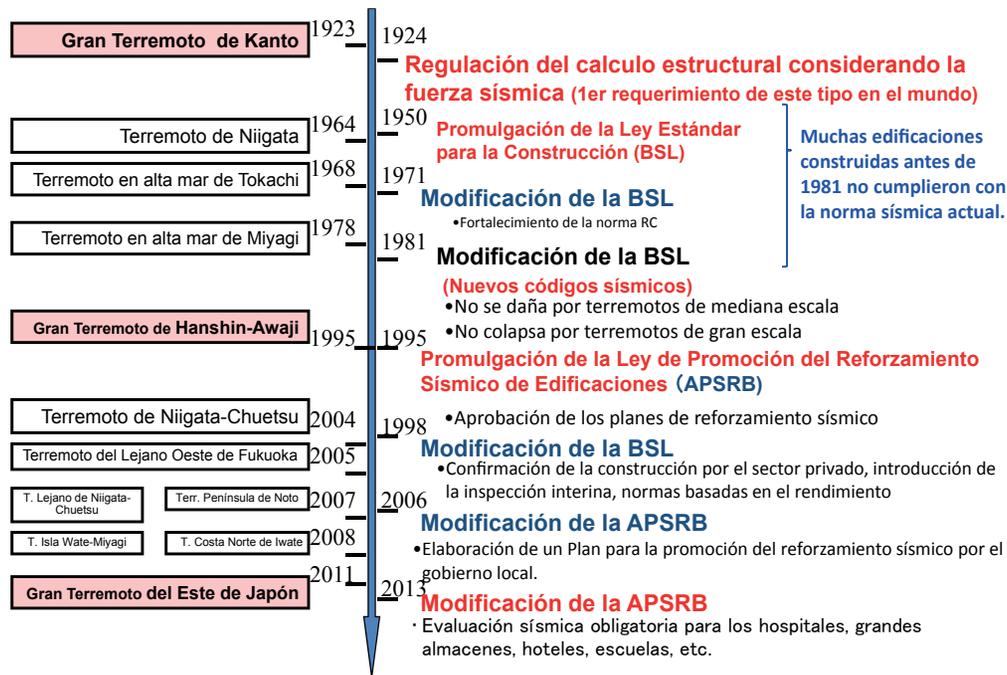
La premisa básica es que las edificaciones deben ser estructuralmente seguras desde la carga permanente, la carga impuesta, la carga de nieve, la carga de viento, la presión sobre el suelo, los terremotos, etc.

En términos concretos, las normas técnicas se han establecido sobre la base de ciertos conceptos, especialmente los siguientes:

- **La edificación no sufre daños** ante una rara nevada, huracán, terremoto u otro evento de mediana escala.
- **La edificación no colapsa** ante una rara nevada, huracán, terremoto u otro evento de gran escala. **Se protege la vida de las personas.**
- La carga permanente y la impuesta se apoyan de manera segura y no causan deformación o vibración excesiva que puede interferir con el uso del edificio.

Tendencias en el desarrollo de medidas sismo-resistentes

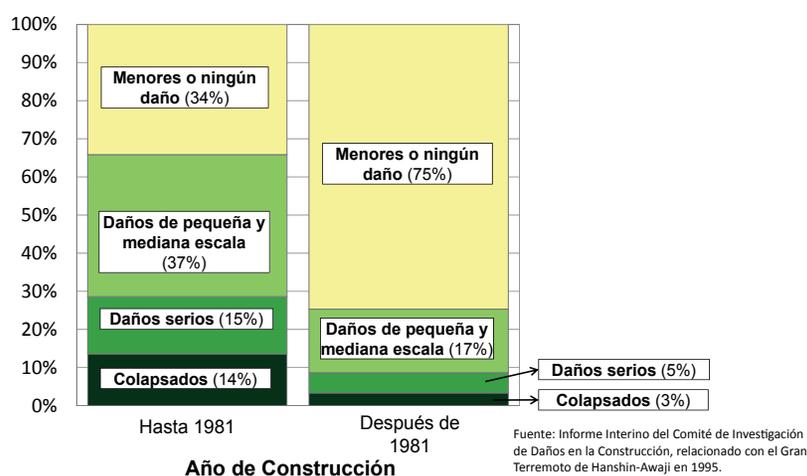
El siguiente gráfico muestra los grandes terremotos ocurridos en Japón desde 1923.



En 1923 hubo un gran terremoto en Kanto y en 1924, **por primera vez en el mundo, se generó una legislación anti-sísmica**. En 1950, después de la Segunda Guerra Mundial, se publicó la Ley Estándar. Posteriormente hubo varios sismos y en 1981 se modificó la ley anterior. A partir de este año la legislación es más estricta y hoy en día continuamos utilizando prácticamente la misma legislación.

En 1995, después del Terremoto de Hanshin-Awaji, **vimos que varios edificios construidos antes de la normativa de 1981, colapsaron** (más de 6000 edificaciones y 6400 personas muertas, 90% de ellas dentro de los edificios colapsados).

Daños a las Edificaciones desde el Punto de Vista del Año de Construcción Gran Terremoto de Hanshin-Awaji (1995)



Entonces vimos la necesidad de promulgar una Ley de Reforzamiento Sísmico de Edificaciones. Con esta ley empezamos a fortalecer los edificios construidos antes de 1981. Después hubo varios sismos y en 2011 tuvo lugar el Gran Terremoto del Este de Japón. A partir de este sismo, **ya es obligatoria la evaluación sísmica en el caso de hospitales, grandes almacenes, hoteles, escuelas, etc.** Casi todos los edificios que colapsaron eran anteriores al año 1981. Vimos entonces la necesidad de dotar a las edificaciones de reforzamientos anti-sísmicos.

La **Ley de Promoción de Reforzamiento Sísmico de Edificaciones** se propuso metas para el reforzamiento de viviendas y de edificaciones: **90% de las edificaciones con construcciones sismo-resistentes hasta 2015 y 95% hasta 2020.** Por sismo-resistencia se entiende cumplir con el Código Sísmico de 1981. **En 2015 alcanzamos el 89%.**

Respecto a las **metodologías de reforzamiento sísmico de edificaciones**, en Japón existen tres tipos:

Fortalecimiento Sísmico

Además de paredes sísmicas, nueva construcción de soportes, reforzamiento de columnas y vigas

Reforzamiento de paredes

Reforzamiento de columnas

Control de Respuesta Sísmica

Instalación de amortiguadores para el control de la respuesta sísmica, etc., para reducir la propagación de la fuerza sísmica de estructuras

Sistema de Aislamiento Sísmico

Instalación de aisladores sísmicos bajo las bases o en los pisos intermedios para reducir drásticamente la propagación de la fuerza sísmica desde el suelo a las estructuras

Figura: Número de edificaciones aisladas, a nivel mundial (2011)

En Japón existen más de 3.000 edificaciones con aislamiento sísmico.

Evaluación de Riesgos de Emergencia en Edificaciones Dañadas

El objetivo es proteger a las personas de un desastre secundario, ante réplicas o por daños generados a partir del primer episodio sísmico. **Inspectores previamente autorizados por la municipalidad acuden inmediatamente al sitio del desastre** y colocan las siguientes pancartas (que utilizan colores, parecido al sistema que se utilizó en Ecuador):



Inspeccionado: Uso Posible



Acceso limitado: Precaución es necesaria



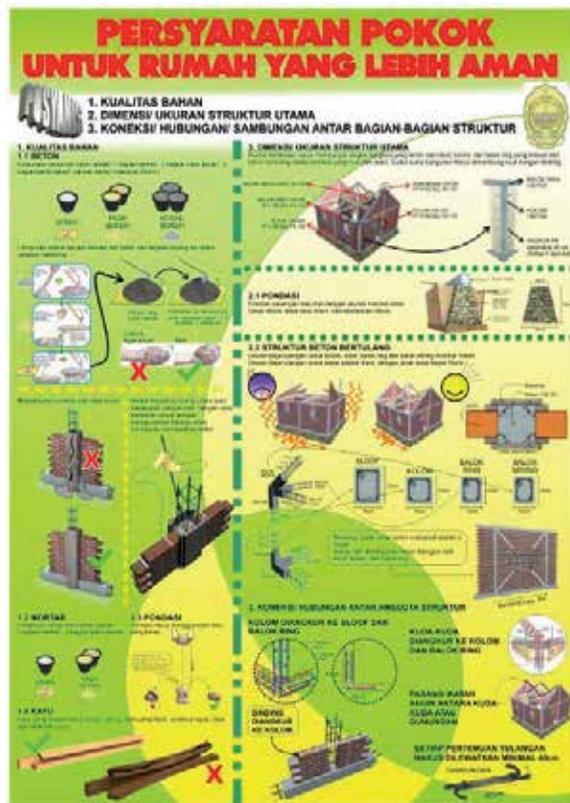
Inseguro: Acceso Prohibido

Proyecto para el Desarrollo de Capacidades en la Aplicación y Administración de la Construcción para la Resiliencia Sísmica en Indonesia, JICA

Ante el colapso de edificios de ladrillo frente a un sismo de magnitud moderada, este proyecto se propuso **mejorar el sistema de permisos existente para viviendas de construcción informal**, siguiendo los siguientes pasos:

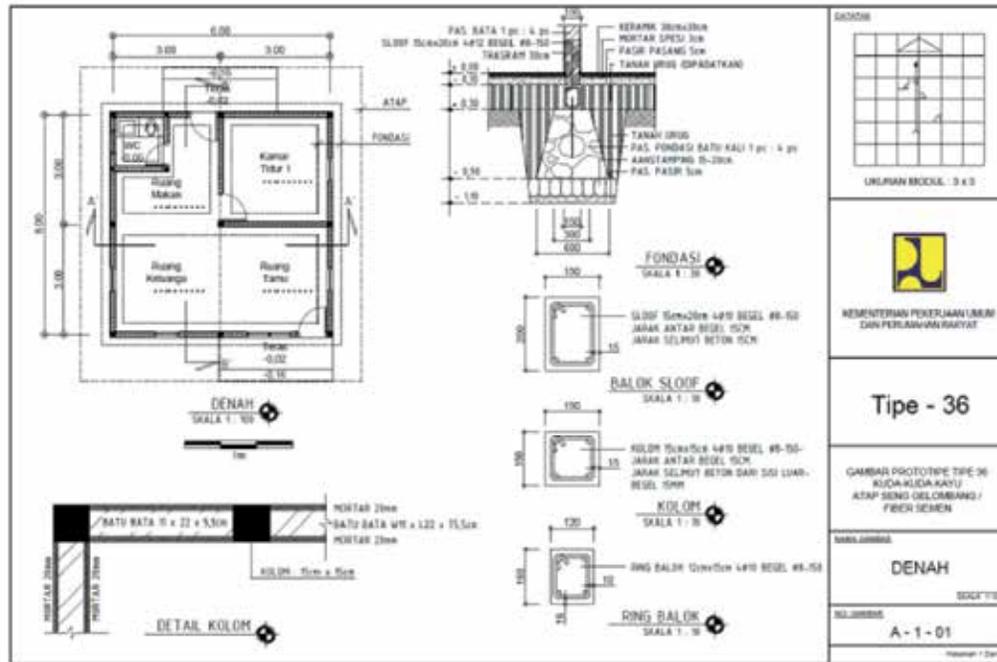
1. Organización de los reglamentos desde las siguientes perspectivas:
 1. Presentación de documentos para viviendas de construcción informal.
 2. Cómo revisar los documentos presentados en términos técnicos.
2. Apoyo a las personas que presenten el documento de Permiso de Construcción por medio de un plano prototipo.
3. Mejoramiento del sistema de administración a través de la instalación del sistema de información.

Se estableció un conjunto de requisitos claves para viviendas seguras de construcción informal (con ladrillo). Estos requisitos fueron definidos a través de ensayos en un laboratorio financiado por JICA.



El Decreto del Ministerio de Vivienda y Obras Públicas sobre permisos de construcción entró en vigencia el 5 de febrero de 2016 en Indonesia. **Los Requisitos Clave para las Viviendas de Construcción Informal en el apéndice del Decreto Ministerial.** También incluye un plano prototipo que aplica estas especificaciones. **Las personas que utilizan este plano obtienen rápidamente la aprobación** gubernamental para la construcción de sus viviendas.

Plano prototipo



Aún muchas personas no conocen que este plano está disponible y cómo obtener el proceso de autorización, por tanto continúan las **campañas de sensibilización, incluyendo a funcionarios públicos que lo difunden en todo el país. El Gobierno de Indonesia otorga un 50% de subsidio a las personas que construyen conforme al plano prototipo.** También se organiza campañas de capacitación para contratistas. Además de la normativa, **las estrategias de sensibilización y capacitación han mostrado ser fundamentales.**



Yukiyasu Kanemura es Ingeniero Arquitecto.

- Hasta junio 2016 trabajó en el Departamento de Vivienda del Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo de Japón en el Área de Orientaciones de Edificaciones.
- De 2007 a 2011 se desempeñó como experto de JICA en el Proyecto de Desarrollo de Edificaciones para el Mejoramiento de la Técnica Sismo-Resistente.
- Actualmente trabaja como consultor independiente.

2.6 Perú

2.6.1 Norma peruana de diseño sismo-resistente

Miguel Estrada, Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería

El Comité de Norma Sísmica en el Perú

El Comité está conformado por:

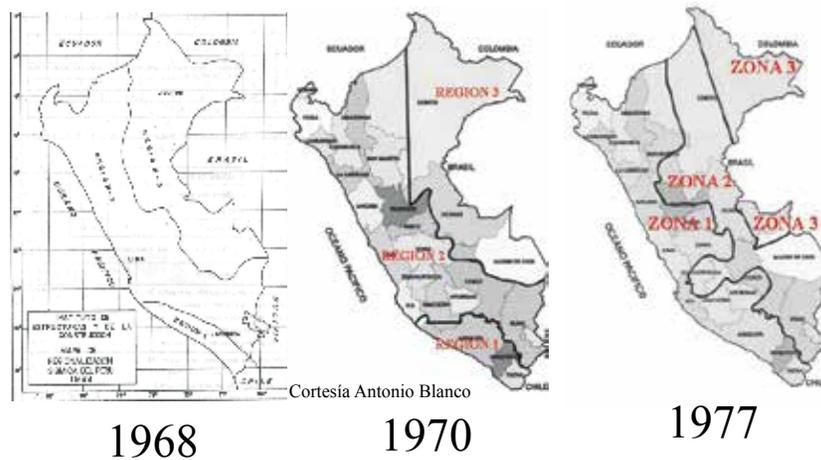
- CISMID (Centro de Investigación relacionado con ingeniería sísmica y tsunamis).
- Colegio de Ingenieros de Perú.
- Instituto Geofísico de Perú (conformado por científicos).
- Universidad Nacional de Ingeniería (pública).
- Universidad Ricardo Palma (privada).
- Pontificia Universidad Católica de Perú (privada).
- Universidad Nacional Federico Villareal (pública).
- La presencia del Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento del Perú se realiza a través del Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Capacitación.

Al igual que en los otros países, nuestras normas se basan en las experiencias que hemos tenido. El primer proyecto de normas peruanas se tradujo (porque no existía tanta experiencia en esa época) a partir de la normativa generada por la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC), en 1964. En 1968, se contó el **Primer Reglamento Provincial aprobado por la Comisión Técnica Municipal de Lima y se propuso al Ministerio de Fomento y Obras Públicas su uso a nivel nacional**. El documento decía en su portada: “temas de ingeniería antisísmica: enseñanzas de sismos reales”. **Han pasado 50 años y seguimos aprendiendo de sismos reales. Cada vez que hay un terremoto, revisamos la norma.** Revisamos el Reglamento en el año 1970, después del terremoto de Huaraz y luego ha habido revisiones en 1977, 1997 y 2003, hasta llegar a la normativa actual.

En 1970 tuvimos el Terremoto de Huaraz, con una estimación de muertos de 60.000 personas. Esto no fue efecto únicamente del sismo, sino del efecto colateral producido por el desprendimiento una gran masa de hielo de los andes peruanos (la ciudad de Yungay estaba en la quebrada por la que bajaron el deslizamiento y la avalancha). Entonces hubo efectos colaterales por la amenaza adicional a la que estaba expuesta esta ciudad por su localización en la cuenca. Después de este terremoto se hace una revisión del Reglamento Nacional de Construcciones y en el Capítulo IV **ya aparece el**

título de “Seguridad contra el efecto destructivo de los sismos”. Esta es la primera norma de nivel nacional.

De igual manera, va cambiando la zonificación sísmica, que se basa en las experiencias de los sismos anteriores y de los efectos que ocurrieron sobre las estructuras en los diferentes eventos. Esta zonificación continuaba siendo muy macro, como se muestra a continuación.

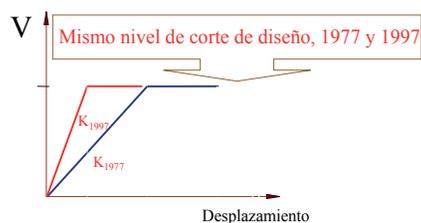


Entonces, en el año 1996 tuvimos otro terremoto en donde se dañaron muchas edificaciones (por columnas cortas, falta en los estribos, efecto de sitio, efectos topográficos irregulares tanto en elevación como en planta). Entonces se hace una revisión de los parámetros de zona. Como se muestra a continuación, la zonificación se vio afectada por valores diferentes a los anteriores. En la zona 3 se aumentó el valor z para el cálculo de las fuerzas sísmicas.

Zona	Z (1977)
1	1.00
2	0.70
3	0.30
Zona	Z (1997)
3	0.40
2	0.30
1	0.15



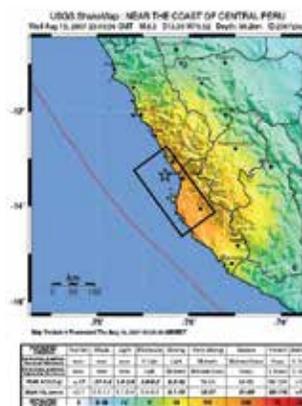
Siguieron daños por los grandes desplazamientos de las edificaciones porque no se habían tomado en cuenta estas consideraciones, sobre todo por columnas cortas. Se diseñaba edificaciones que eran demasiado flexibles, con bajas rigideces en un sentido y se daban grandes desplazamientos que hacían que los elementos estructurales sean dañados por efecto de la columna corta y la falta de separación entre los muretes de relleno y el elemento estructural. Nuevamente se vuelve a revisar el código. Se rigidiza estos elementos, de manera que para una misma fuerte cortante no se cambie el nivel de corte de diseño, pero sí se disminuir los niveles de desplazamiento. Esto trae sus consecuencias económicas y **algunos inversionistas se quejaron porque sus edificaciones iban a ser mucho más caras**. Sin embargo, si bien se incrementaba el costo, también aumentaba el nivel de seguridad. Estas experiencias se transmitían no sólo en el país, sino en las nuevas edificaciones a construir.



Luego ocurre el terremoto de 2001 en Tacna. Se revisa nuevamente los códigos y se cambia algunos valores para el diseño:

- Forma del espectro (se eliminó exponente)
- Valores de R ($\div 1.25$, para pasar a V_u)
- Se redujo el cálculo del desplazamiento ($\times \frac{3}{4} R$)

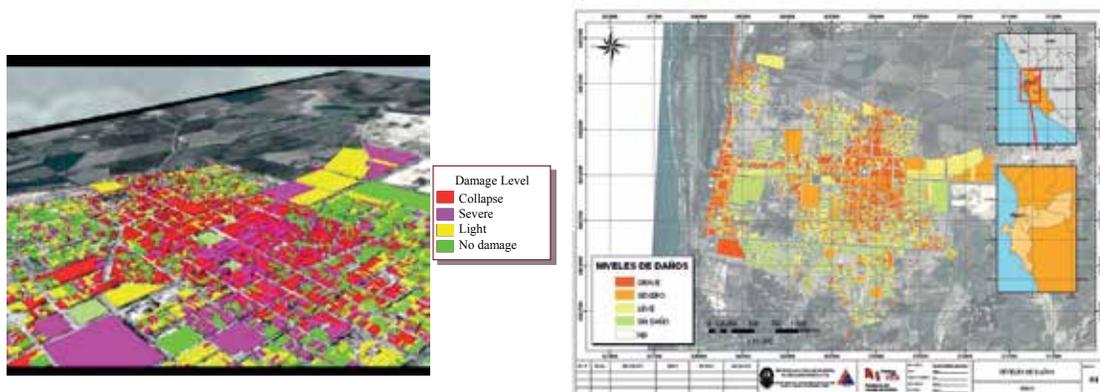
El 15 de agosto de 2007, se da el sismo de Pisco, con una magnitud de 8,0 Mw. Éste ya toma a los peruanos con un poco más de conocimiento. Su epicentro se localizó a 150 km al sureste de Lima, a una profundidad de 39 km. Las ciudades más afectadas fueron Pisco, Chincha y sus alrededores. 595 personas murieron y se registraron 3.000 heridos, 70.000 edificios afectados y 430.000 personas afectadas. Las líneas vitales fueron afectadas, los desagües, las carreteras cortadas, algunas colapsaron, se destruyó el asfalto de las vías, las redes de comunicación se cayeron, etc. Existieron también efectos colaterales como enfermedades. Algunas ciudades del centro del país también fueron afectadas.



Queríamos averiguar qué relación existía entre los efectos y las características actuales de las edificaciones que fueron afectadas. Muchas edificaciones en Pisco estaban

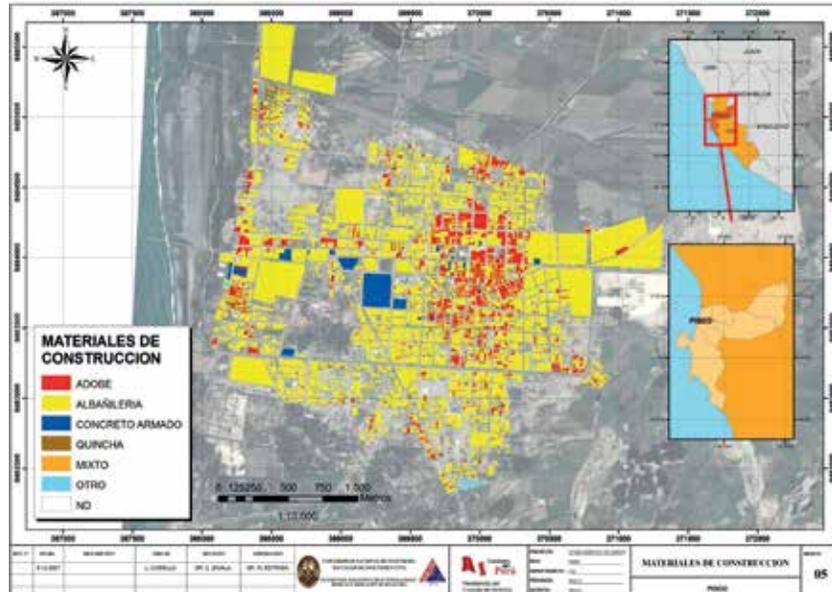
construidas en adobe. Otras tenían permisos de construcción para tres pisos, pero tenían cinco: el crecimiento vertical de ciudades causa graves problemas y quienes sufren mayormente son las personas de menores recursos. También se dieron fallas en hospitales y en un catedral 150 personas fallecieron porque colapsó el techo y las personas estaban en misa. Tuvimos también efectos de tsunami, aunque no muy altos.

Realizamos un levantamiento de la zona de daño. A continuación se muestra un modelo tridimensional de la zona afectada y los colores indican el nivel de daño. Lo llevamos a una plataforma de SIG para ver la correlación entre los materiales, la altura y la microzonificación sísmica y obtuvimos el siguiente resultado.

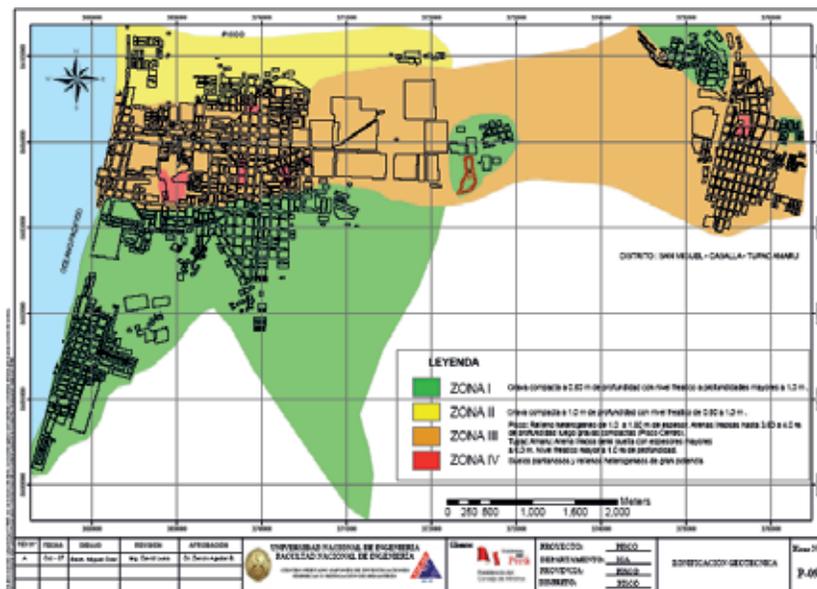


Hay una gran concentración de daño en la avenida central y en la zona costera. Lo que había ocurrido es que la ciudad de Pisco se desarrolló en base a la pesca. Los pobladores inicialmente se asentaron en la línea de costa y luego se asentaron en el centro de la ciudad. Comenzaron a crecer desde el centro de la ciudad hacia los alrededores y para ir hacia la zona de pesca se comunicaban a través de una avenida. Es por eso que las edificaciones más antiguas están en la zona central de pisco (avenida) y en la zona costera. Allí justamente se concentró el daño, donde estaban las edificaciones más antiguas.

Pero queríamos ver un poco más allá, no solamente la antigüedad, sino también los materiales:



Los materiales en el centro de la ciudad, la zona antigua, la zona monumental, tenían bastantes edificaciones en adobe sin reforzar, de igual manera en la parte costera. Se evidencia también como el crecimiento se dio en anillo hacia fuera de la ciudad. Nos preguntamos por qué si había edificaciones de albañilería en otras zonas de la ciudad por qué se dañaron tanto. Entonces hicimos un estudio de micro-zonificación y éste fue el resultado:



En la zona central tenemos una zona de suelos blandos. Lamentablemente no teníamos instrumentación en este tiempo, ahora se va a colocar instrumentos en Pisco. En la zona de suelo blando hubo amplificaciones sísmicas. **Si tenemos suelos blandos, material no competente anti-sísmico y antigüedad de edificaciones, entonces tenemos una bomba, un sitio muy peligroso.**

A partir de esto le propusimos al Ministerio de Vivienda realizar estudios de microzonificación sísmica en diferentes ciudades, empezando por Lima. Estamos haciendo cartillas de evaluación rápida de las edificaciones. En Lima, por ejemplo, tenemos 9 millones de habitantes, si calculamos 5 habitantes por vivienda, tenemos unas 1'800.000 viviendas más o menos. ¿Qué porcentaje es informal? En Lima estamos con unos porcentajes bastante altos, alrededor de 60% de edificaciones informales, de cerca de un millón de viviendas construidas de manera informal, por un lado, y, por otro, estaría ubicadas en zonas con una alta amenaza. Es decir, estamos en una zona altamente sísmica y necesitamos identificar los malos tipos de suelos. Estos análisis nos muestran por dónde tenemos que iniciar los procesos de reducción de vulnerabilidad.

Después del sismo de 2007, se reúne nuevamente la Comisión para modificar la norma. Desde 2008, se empezó a reunir la Comisión y, pasados ocho años, se emitió la **nueva Norma de Diseño Sismo-Resistente, en 2016**. ¿Qué cambió en la norma?

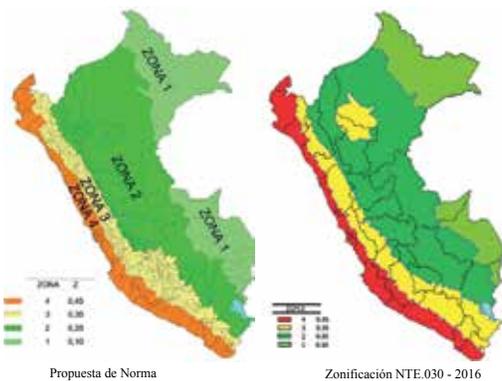
- Zonificación: debido a que por la evidencia de Pisco ahora se han hecho muchas más consideraciones cuantitativas para la evaluación y designación de las tipologías de suelo, que afectan los parámetros de amplificación sísmica.
- Espectros de diseño.
- Categorización de los usos de las edificaciones.
- Los sistemas estructurales también se han revisado para cambiar el valor de R (ductilidad limitada).
- Se ha incluido en esta nueva norma el Aislamiento sísmico y disipación sísmica para algunos tipos de edificaciones.
- Irregularidades en planta y en elevación.

Ahora se exige un poco más el análisis estructural. Ahora hay todo un capítulo, una adenda, en donde se hace un detalle de procedimientos que hay que realizar para este análisis estructural. También se revisó los desplazamientos y separación entre las edificaciones. En muchos casos, como se vio en el caso del terremoto de Pedernales, el efecto del choque entre dos edificaciones. Eso también lo visualizamos también en Pisco: **dos edificaciones con diferentes alturas, entre las dos se dañan o de igual manera, dos edificaciones con diferente sistema estructural.** Estos desplazamientos están siendo bastante controlados.

De igual manera, existe un acápite que establece que los **elementos no estructurales, por ejemplo en el caso de hospitales, deben anclarse** o cómo separarlos para que no

afecten a los elementos estructurales. Se revisa nuevamente el cálculo de las fuerzas para las cimentaciones y se incluye un capítulo para evaluación, reparación y reforzamiento de estructuras. Finalmente, ya tiene obligatoriedad el tema de instrumentación para las edificaciones (micro-zonificaciones sísmicas y los procedimientos para la determinación de las acciones sísmicas).

Con la instrumentación que tenemos en Perú y con la información de los últimos eventos sísmicos, se ha desarrollado una aplicación interesante. Se puede hacer clic en cualquier parte del Perú y se obtiene la probabilidad de aceleración máxima en roca. Ese cálculo incluye leyes de atenuación, considerando los últimos sismos de Perú. Tenemos **una nueva zonificación** (con 4 zonas bien identificadas), basadas en un mapa de aceleraciones. Lo interesante es que se tiene información ya no a nivel de provincia o región, sino de distrito, que consta en la norma. Uno puede buscar en la base de datos el distrito y aparece la zona sísmica en la cual se encuentra el proyecto.



REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	AMBITO
MOQUEGUA	GENERAL SÁNCHEZ CERRO	CHOJATA	3	DIEZ DISTRITOS
		COALAQUE		
		ICHUÑA		
		LLOQUE		
		MATALAQUE		
		OMATE		
		PUQUINA		
		QUINISTAGUILLAS		
		UBINAS		
		YUNGA		
	MARISCAL NIETO	CHUMBILLO	4	UN DISTRITO
		CARUMAS	3	CINCO DISTRITOS
		CUCHUMBAYA		
		SAMEGUA		
SAN CRISTÓBAL DE CALACCA				
ILO	TORATA	4	UN DISTRITO	
	ILUVI	4	TODOS LOS DISTRITOS	

Ahora estamos bastante **interesados en las condiciones del suelo**, para lo cual se hace un estudio mucho más completo, cuantitativo. La zonificación o el perfil del suelo ahora se han incrementado a cinco tipos de perfiles que dependen de la velocidad de corte en el terreno, El N que sale del test de penetración estándar y s es la resistencia al cortante del suelo. Esta tabla ya nos indica claramente, a través de los valores de laboratorio, cuál es el tipo de suelo que debe ser considerado para el valor de s en nuestra fórmula.

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO		
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60} \bar{s}_u
S ₀	> 1500 m/s	
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50 >100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50 50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15 25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS	

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{V_{si}} \right)} \quad \bar{N}_{60} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{N_{60i}} \right)} \quad \bar{s}_u = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{s_{ui}} \right)}$$

En la siguiente tabla, tenemos la combinación de las zonas con los tipos de suelos. Aparece claramente cuál es el factor de sitio que debe ser utilizado dependiendo de las características dinámicas del terreno con la zona o la región en donde se encuentra el proyecto, con valores un poco más elaborados. Para cada uno de estos tipos de suelos, se tiene sus correspondientes ecuaciones para los factores de amplificación sísmica.

FACTOR "S"				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.8	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0.8	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0.8	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0.8	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_z	\bar{N}_{av}	\bar{s}_v
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa

S₁ Clasificación basada en el EMS

$$\bar{V}_z = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k \left(\frac{d_i}{V_{zi}}\right)} \quad \bar{N}_{av} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k \left(\frac{d_i}{N_{av_i}}\right)} \quad \bar{s}_v = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k \left(\frac{d_i}{s_{vi}}\right)}$$

Respecto a la **caracterización estructural**, ha habido un cambio en la categoría A. Se ha separado a los edificios que están destinados a los centros de salud. **Los nuevos hospitales en Perú tienen que ser diseñados con aislamiento sísmico en la base.** En la Facultad de Ingeniería Civil de nuestra universidad, estamos enseñando con el ejemplo. Construimos una nueva edificación utilizando aislamiento sísmico. Nuestros propios alumnos y estudiantes de otras universidades han sido invitados para que vean el concepto de diseño y construcción de aislamiento sísmico. Este va a ser el primer edificio aislado y monitoreado en el Perú. Tenemos otros edificios monitoreados, pero éste es el primero con aislamiento.

Respecto a la instrumentación, actualmente en Perú:

- Se precisa que el área requerida (10.000m²) para exigir una “estación acelerométrica” puede ser individual o “en conjunto”.
- Para edificios de más de 20 pisos, se requiere una en la base y otra en la azotea o nivel inferior al techo.
- El plan de instrumentación debe ser preparado por los proyectistas de cada especialidad, con datos a disposición pública.





Miguel Estrada es Director General del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID).

- Es docente en la Universidad Nacional de Ingeniería en Perú.

2.6.2 Avances de los estudios de micro-zonificación y riesgo sísmico en la ciudad de Lima

Miguel Estrada, CISMID

Lo primero que tenemos que hacer para reducir la vulnerabilidad y el riesgo de nuestras ciudades es conocer la situación que éstas enfrentan, para luego **proponer soluciones que permitan reducir tanto la vulnerabilidad física** (buenos hospitales, colegios, pistas, puentes) **como la vulnerabilidad social** (es decir, nosotros cómo respondemos ante un evento sísmico). Lo que estamos haciendo actualmente es la microzonificación y el análisis de riesgo sísmico para toda la ciudad de Lima.

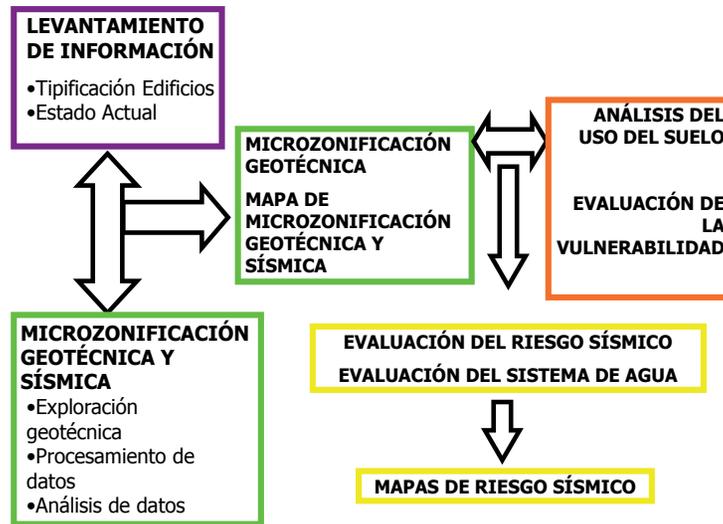
Perú tiene 27 millones de habitantes, de los cuales casi un tercio, es decir, 9 millones de personas están viviendo en Lima. De esos 9 millones, el 60 - 70% están en viviendas informales. Estamos en una zona altamente sísmica, tenemos diferentes tipos de suelos que generan grandes daños por las amplificaciones que generan y, por lo tanto, tenemos que conocer en dónde están construidas estas edificaciones. Tenemos el problema de la auto-construcción, mal uso de materiales y técnicas y la informalidad que campea en nuestros países. Entonces tenemos que conocer en qué escenario de riesgo estamos para luego proponer, en este caso, acciones de reforzamiento de edificaciones.

A cargo del Ministerio de Economía y Finanzas y del Ministerio de Vivienda, afortunadamente ganamos un *grant*, tenemos un apoyo económico de 350.000 dólares, para que avancemos cada año en este estudio de microzonificación. No sólo nos reunimos con el Ministerio de Vivienda, sino **también con las municipalidades y los gobiernos locales para explicarles cómo los instrumentos de análisis de riesgos deben ser utilizados.**

Objetivos del Estudio de Microzonificación y Riesgo Sísmico

- Evaluación de la amenaza sísmica.
- Estudio de microzonificación sísmica.
- Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones.
- Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones.
- Elaboración de reportes y mapas de información.

Enfoque Metodológico

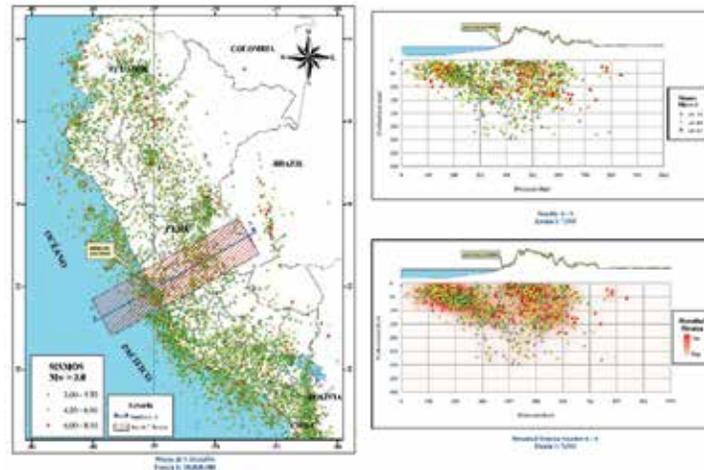


Hay que pasar por todo este proceso técnico de evaluación, inclusive ahora ya estamos incluyendo la evaluación de la vulnerabilidad en los sistemas de redes de agua, para lo cual nos falta información. Este proceso permite llegar a los **mapas de riesgo que son los instrumentos para la toma de decisión.**

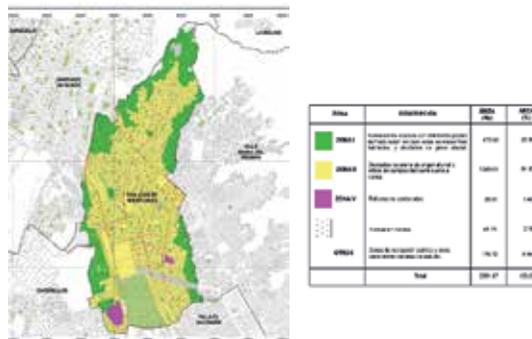
Para comprender cómo se realiza este ejercicio, se presenta a continuación un **ejemplo concreto con el Distrito de San Juan de Miraflores.** En este Distrito habitan cerca de 362.000 personas. Es una densidad poblacional bastante alta, que lamentablemente ha crecido de manera informal.

1. La primera es la **etapa sismológica**, es decir, cuál es la probabilidad de ocurrencia del sismo y su magnitud.

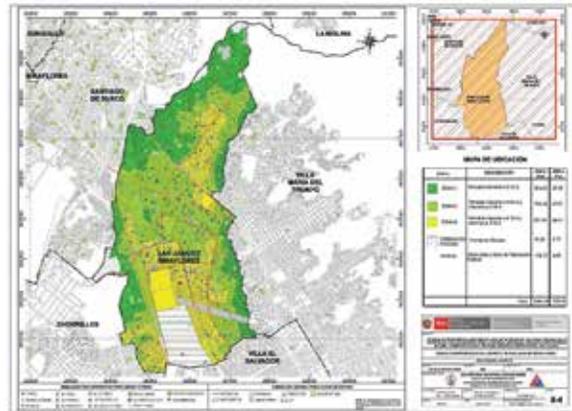
Estamos en una zona sísmica altamente activa. Al norte de Lima hay una zona que falta romper, también en la zona norte del Perú. La parte sur, como se explicó en la anterior sección, ha tenido varios terremotos: 1996, 2001, 2007, entonces esta zona ya liberó energía. Tenemos una zona entre Perú y Chile que también podría activarse en cualquier momento. Pero nuestro gran interés está en la zona cercana a Lima, en donde están 9 millones de personas que está habitando viviendas altamente vulnerables.



2. Luego se procede al **estudio geológico**, que permite identificar zonas de ladera, zonas de rellenos o zonas de alta pendiente. Se hace estudios de campo. Se hacen ensayos de penetración estándar, dependiendo de los tipos de suelo que se encuentra en cada lugar. Adicionalmente, **se visita la municipalidad** y se consulta cuáles son los proyectos que han solicitado una licencia de construcción. Edificaciones de más de cinco pisos, por ejemplo, deberían tener este tipo de estudios que nos permite complementar nuestra información. **Con la información obtenida en campo más la información de la municipalidad, se construye el mapa de la zonificación geotécnica.**



3. En la siguiente etapa, se ve la parte dinámica. Además de conocer la capacidad portante del suelo, debemos conocer cuál es la **respuesta dinámica ante un evento sísmico**. La medición de microtremores se realiza para conocer el **período natural de vibración del suelo**. Hacemos una campaña bastante densa en la municipalidad y se genera el **mapa de zonas de isoperíodos**.



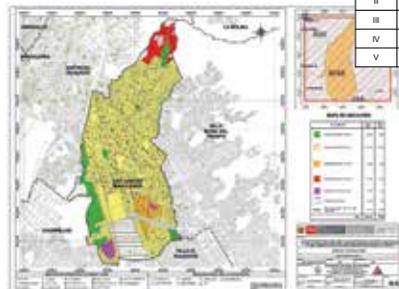
Con la información geológica, geotécnica y geofísica, finalmente terminamos con el **mapa de micro-zonificación sísmica** que deberíamos traducirlo a un **mapa de aceleraciones máximas esperadas**. Esta es la primera parte del trabajo, la parte de la amenaza. Con esto concluye el estudio de amenaza sísmica, con el mapa que nos muestra las posibles aceleraciones máximas para un período de 475 años de retorno.

Mapa de Microzonificación Sísmica

Mapa de Aceleraciones Máximas Esperadas



Zona	Descripción	Factor	Acción
I	Zona de riesgo alto	1.5	Revisión de normas
II	Zona de riesgo medio	1.2	Revisión de normas
III	Zona de riesgo bajo	1.0	Revisión de normas
IV	Zona de riesgo muy bajo	0.8	Revisión de normas
V	Zona de riesgo extremo bajo	0.6	Revisión de normas

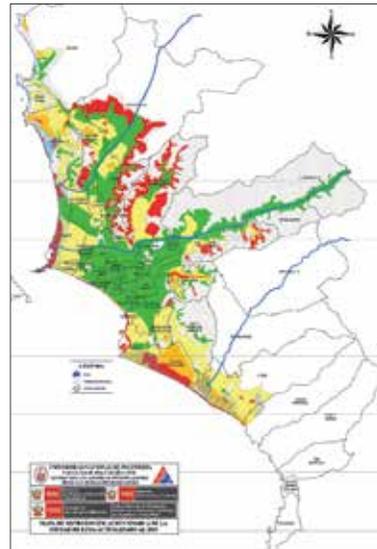


Zona	Factor	Aceleración máxima
I	1.0	466.95 cm/s ²
II	1.2	560.34 cm/s ²
III	1.3	607.03 cm/s ²
IV	1.4	653.73 cm/s ²
V	1.5	700.42 cm/s ²

Para el caso de Lima, tenemos un 60% de la ciudad evaluada. Esperamos terminar para el año 2018 o 2019 para contar con la microzonificación de la ciudad de Lima. Tenemos integrado **una evaluación preliminar de la ciudad de Lima en 2005, un proyecto particular financiado por la Asociación Peruana de Empresas de Seguros. Como ellos tenían una cartera de clientes y querían conocer cuál era el riesgo de esa cartera,** nos pidieron en 2005 hacer un mapa de micro-zonificación.

Para la actualización del mapa de micro-zonificación hemos empezado por el centro de Lima porque las ciudades crecen informalmente en los alrededores de la ciudad. Nos enfocamos allí porque en el año 2005 no se hizo esta parte del estudio porque es-

tas personas no aseguran sus propiedades y por lo tanto no había cartera de seguros en esa zona. Entonces no conocíamos la realidad de estas zonas. Luego integramos con la información que teníamos del 2005 y finalmente tenemos este mapa técnico de microzonificación sísmica de la ciudad de Lima, actualizado al 2016.



**Actualización del Mapa de
Microzonificación Sísmica
para Lima Metropolitana al
Año 2016**
PCM – MEF – MVCyS
CENEPRED – CISMID/FIC/UNI

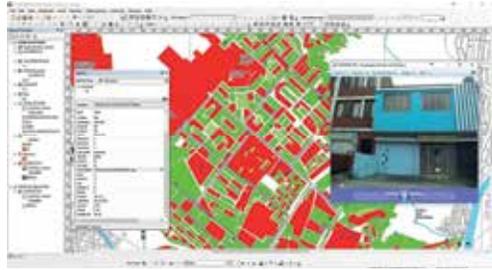
ZONAS	DESCRIPCIÓN
ZONA I:	Zonas de asentamiento de roca con diferentes grados de fracturación, depósitos de grava y arena de consistencia firme a muy firme, depósitos de limas y arcillas de consistencia rígida a muy rígida. Períodos de vibración ambiental menores a 0.30 s.
ZONA II:	Depósitos de arena de consistencia media a firme y arcillas y limas de consistencia media. Períodos de vibración ambiental menores a 0.40 s.
ZONA III:	Depósitos de arena de consistencia suelta a media, depósitos de limas y arcillas de consistencia blanda a media. Períodos de vibración ambiental mayores a 0.40 s.
ZONA IV:	Taludes inestables con fuertes pendientes, suelos saturados, depósitos de arenas gruesas, depósitos de arenas finas de consistencia media por encima de niveles. Zonas con alta amplificación sísmica.
ZONA V:	Depósitos de arcillas y limas, suelos saturados en el interior de antiguas excavaciones mineras.
ZONA VI:	Zona de inundación por tsunami.

La parte central de Lima donde están los distritos con familias con mayor poder adquisitivo lo hemos dejado para después porque estas personas están viviendo en edificaciones diseñadas y supervisadas técnicamente, entonces su vulnerabilidad es mucho menor.

Una vez identificada la amenaza, pasamos a evaluar la vulnerabilidad. Se realiza una **cartilla de evaluación rápida** en donde se colocan varios aspectos. No se puede entrar a la vivienda, entonces se realiza **una evaluación exterior que nos permita inferir las características físicas de la edificación para luego colocarlas en un programa de evaluación de vulnerabilidad** que se basa en distorsiones. Evaluamos el número de pisos, el material predominante, el uso de la vivienda, la tipología estructural, la condición de la vivienda. Hacemos un esquema de la vivienda y éste complementa con fotografías, con información que se pueda visualizar, por ejemplo, humedad en el suelo, grietas existentes, hundimiento, etc. **Toda esa información la colocamos en una base de datos geo-espacial, conectada al mapa de catastro.** Cuando uno hace clic sobre algún tipo de edificación, sale la información obtenida en campo y adicionalmente sale la foto, de manera que podamos hacer una especie de control de calidad de la información de campo.

Si, por ejemplo, tenemos 360.000 personas viviendo en el distrito que estamos utilizando como ejemplo, y tenemos 1.800 manzanas, esto significaría levantar información

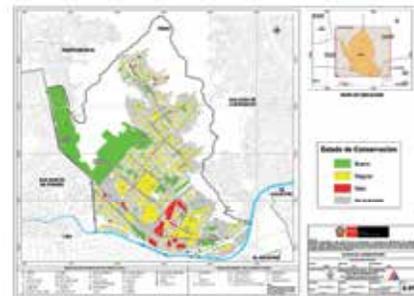
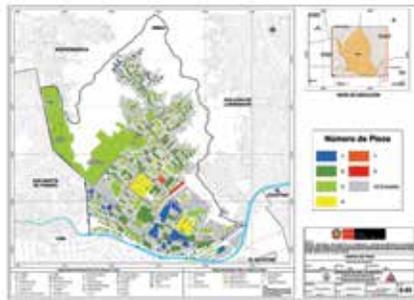
para este número de manzanas (alrededor de 80.000 edificaciones). Levantar esto tomaría mucho tiempo y mucho dinero. Entonces lo que hacemos es un **estudio estadístico-probabilístico muestral**. Del total de manzanas, estadísticamente **hacemos una distribución geo-estadística** para identificar y evaluar entre el 20 y 30% del número de manzanas. El siguiente gráfico muestra en rojo aquellas que van a ser evaluadas. Las distribuimos geo-estadísticamente en todo el distrito y lo que hacemos es dar una vuelta a la manzana e **identificar el lote representativo de esa manzana**.



Con esta información podemos realizar cualquier tipo de **mapa temático**. Podemos generar informes acerca de las condiciones del uso de suelo, de los materiales, del número de pisos, el estado de conservación y con todos estos parámetros pasamos a la vulnerabilidad.

Mapa temático número de pisos

Mapa temático estado de conservación



Para el cálculo de la vulnerabilidad suponemos que todas estas edificaciones están en un mismo tipo de suelo, entonces no hay diferencia en las amplitudes de las aceleraciones debido al suelo. Estar en el mismo tipo de suelo es una especie de línea base que me permite hacer este cálculo. Una vez conseguida la vulnerabilidad le añadimos las aceleraciones (lo que habíamos conseguido en el paso anterior).

Entonces calculamos el riesgo como un parámetro. Hay muchas formas de calcular el riesgo (número de personas afectadas, pérdida de operación), pero nosotros lo

hacemos como un costo de reparación, de dejar la vivienda tal cual estuvo inmediatamente antes del evento sísmico. **El cálculo se basa en la tipología estructural y la aceleración del terreno calculamos las distorsiones y con ellas evaluamos el nivel de daño.** Adicionalmente, en el CISMID tenemos 30 años ensayando diferentes tipos de sistemas estructurales y hemos estimado cuánto cuesta reparar una edificación con una determinada tipología estructural. De esa manera **calculamos el riesgo, en costo de reparación.**

Entonces tenemos el costo de reparación de las edificaciones evaluadas, pero tenemos muchas manzanas que no han sido evaluadas, **entonces hacemos una interpolación espacial y finalmente tenemos el mapa de riesgo para el distrito.** Esta interpolación se basa en que las personas, por sus niveles socio-económicos y culturales, más o menos viven en sistemas estructurales similares. A partir de este estudio muestral determinístico, pasamos a **un mapa probabilístico y eso es lo que le entregamos a la autoridad.** Entonces **con eso ellos ya saben dónde empezar sus procesos o sus programas de reducción de la vulnerabilidad.**

En Perú, por ejemplo, tenemos el **bono de reforzamiento.** Es un bono que en base a estos mapas el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento verifica y si es que la documentación de las familias de estas viviendas se les otorga el bono (4000 a 5000 dólares). No se les da el dinero directamente. **Se hace un paquete de viviendas, se hace una licitación pública y una empresa constructora hace el trabajo de reforzamiento de esas edificaciones.**

Hemos trabajado en 23 distritos en los que se encuentra el 60% de la población. En total son 47 distritos. Hay distritos mucho más pequeños y aquellos distritos con niveles socio-económicos altos los estamos dejando para el final.

Las soluciones

¿Qué soluciones vamos a dar a estas personas? Hemos probado muchos sistemas de reforzamiento. En nuestro laboratorio de estructuras lo que hacemos de alguna manera es representar la tipología estructural y suponemos la fuerza sísmica. Ensayamos muros de diferentes tipologías, con diferentes materiales, diferentes unidades de albañilería, para ver su respuesta. No sólo se ensayan muros, sino también muretes, pilas, etc. **En base a los ensayos, enviamos indicaciones al Ministerio de Vivienda y al Comité Técnico de Edificaciones, para que revisen los criterios y valores permisibles.** Para la identificación de soluciones tecnológicas también consideramos el costo por m².

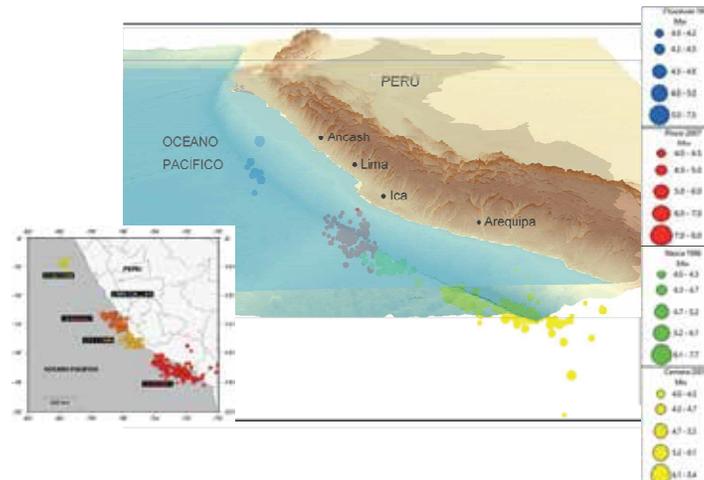


Sin Refuerzo



Con Refuerzo

Otro problema que tenemos en Lima es el tsunami. Para eso hemos trabajado fuertemente con la cooperación técnica para la generación de escenarios y mapas de tsunamis. El siguiente gráfico muestra los últimos sismos tsuna-migénicos del Perú.



La idea es que con las características sísmicas podamos hacer el cálculo del rompimiento del fondo marino y con eso **evaluar cuáles son los niveles de inundación en la costa de Lima.** Vamos a hacer alrededor de 4000 corridas, suponiendo diferentes escenarios sísmicos y eso lo guardamos en una base de datos. Cuando venga un sismo real, con sus características, lo que hacemos es entrar a esa base de datos a sacar el mapa de inundación directamente. Lo que hacemos es proponer estos mapas a las municipalidades costeras.

Estamos organizando aplicaciones para teléfonos móviles para que las personas puedan identificar las zonas de tsunami. También estamos utilizando **drones** para levantar información topográfica. De igual manera, se está trabajando en campañas de sensibilización y comunicación con la población, incluyendo simulacros. Se ha identificado como una alternativa la evaluación vertical, sobre todo en zonas costeras rodeadas por el mar. Se está identificando y evaluando edificaciones que podrían cumplir esta

función, al tiempo que trabajando en campañas para el cambio social requerido en evacuaciones verticales. Se genera material publicitario que es distribuido a la población. CISMID también apoya este trabajo a través de su **Centro de Sensibilización y Aprendizaje para Terremotos**, en el cual la población puede comprender e interactuar con estos escenarios.

Mapa de inundación del tsunami

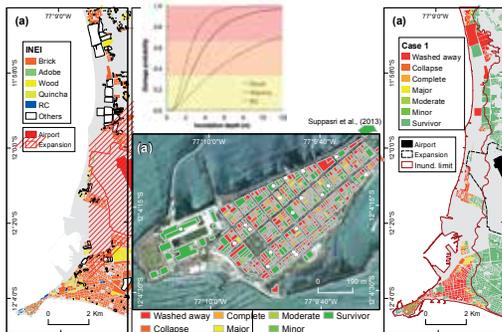


Rutas de evacuación por tsunami



Proyecto SATREPS

Evaluación del daño por tsunami



Identificación de edificaciones para la evacuación vertical



CISMID también ganó un *grant* en el Ministerio de Economía para construir el **Primer Centro de Monitoreo Sísmico en tiempo real**, que será inaugurado los próximos días. Su objetivo es observar en tiempo real la respuesta del suelo y de las edificaciones ante los sismos en Lima Metropolitana y otras ciudades del país. Este Centro administrará **tres Redes de Monitoreo:**

- Red de acelerógrafos para el monitoreo del movimiento fuerte del suelo (RE-DACIS).
- Red de acelerómetros para el monitoreo de la respuesta sísmica de edificaciones y su salud estructural (REMOED).
- Red GPS para el monitoreo del movimiento de la corteza terrestre (REMCOT).

III. Reflexiones finales



Gran parte de las ciudades en Latinoamérica se han desarrollado sin planificación y experimentan procesos de crecimiento desordenado e hiper-urbanización. A las altas tasas de sismicidad a las que se encuentran expuestas, se suman preocupantes niveles de construcciones informales (alrededor del 60% en la región) y de construcciones formales que no incluyen criterios de sismo-resistencia. Este fenómeno, que se observa en sectores populares, en sectores acaudalados, en el sector privado y en el sector público, pone en riesgo la vida de las personas, el patrimonio familiar, las inversiones estatales y, en definitiva, constituyen una amenaza latente a los avances de los procesos de desarrollo.

La reducción del riesgo sísmico requiere de una confluencia de actores y estrategias que promuevan la co-responsabilidad de todos ellos:

El **gobierno central y los gobiernos locales**, asumiendo con determinación la efectiva implementación de normas actualizadas y de avanzada que garanticen la construcción de edificaciones sismo-resistentes y el desarrollo de sistemas de supervisión del diseño y la construcción de edificaciones según estas normas, que no dejen “cabos sueltos” y responsabilicen incluso penalmente a quienes no las acaten (arquitectos, ingenieros, constructores, inspectores, proveedores de materiales, funcionarios públicos, propietarios), tal como lo han mostrado las experiencias chilena y japonesa.

El gobierno central y local tienen el reto de desarrollar mecanismos económicos que incentiven a las familias a construir en el marco de la formalidad, siguiendo por ejemplo especificaciones técnicas que garanticen que las construcciones serán sismo-resistentes o planos prototipo autorizados por el gobierno, con estas consideraciones. La combinación de rigurosos mecanismos de supervisión con incentivos económicos para las familias han mostrado, en el caso de estos dos países, ser un factor de éxito para que sus tasas de informalidad en las construcciones sean prácticamente inexistentes. Estas son, sin lugar a dudas, experiencias inspiradoras para los demás países.

Garantizar que las nuevas construcciones no reproduzcan nuevamente el riesgo constituye, además, un beneficio para el propio Estado y puede ser considerada como una estrategia de disminución de la vulnerabilidad fiscal, pues se ha demostrado en términos económicos, según la experiencia chilena, que el costo de reposición de una edificación no sismo-resistente (sin considerar la pérdida de vidas humanas) es 3 o 4 veces más que el costo de la edificación inicial, en comparación con un 30% más del costo si las edificaciones se construyen con tecnología y buenas prácticas que garanticen su sismo resistencia.

En la línea de disminución de la vulnerabilidad fiscal, el gobierno nacional puede prever también contar con instrumentos como los bonos catástrofe, que le permite acceder a fondos internacionales de inmediato, sin necesidad de buscarlos en medio de situaciones difíciles, en caso de que se presente un desastre. Los gobiernos locales pueden establecer fondos permanentes que les permitan contar con recursos para la implementación de modelos integrales de gestión del riesgo.

En este mismo sentido, tanto el gobierno central como los gobiernos locales deben asumir el reto de evaluar la vulnerabilidad de edificaciones esenciales en su territorio y emprender procesos de reforzamiento estructural o reposición de las mismas, como lo muestra la experiencia colombiana. En Ecuador y en el marco de un Proyecto DIPE-CHO ejecutado por PNUD con apoyo de ECHO, se identificó e institucionalizó por parte de la Secretaría de Gestión de Riesgos una metodologías para identificar y evaluar la vulnerabilidad de edificaciones esenciales.

Durante los procesos de evaluación de edificaciones post-terremoto, es esencial que el gobierno central y los gobiernos locales desarrollen un proceso muy riguroso de inspección de las edificaciones afectadas, pues la experiencia ha mostrado que muchas edificaciones son arregladas rápidamente por propietarios, por constructoras o por empresas aseguradoras, pero no son reparadas ni reforzadas estructuralmente, lo cual incrementa significativamente la vulnerabilidad de las edificaciones y de sus ocupantes, pues estarán aún en peores condiciones para enfrentar un nuevo evento sísmico, que antes de la ocurrencia del primer evento. Este tema debe ser especialmente considerado por Ecuador en el marco del proceso de reconstrucción post terremoto que está en marcha, por ejemplo para el caso de hoteles de las zonas afectadas, que deberían ser evaluados en detalle, pues su vulnerabilidad intrínseca es muy alta y por su tipo de ocupación ponen en riesgo la vida de familias enteras. Tal como ocurrió en el terremoto de abril de 2016, en donde pocas edificaciones de este tipo concentraron gran cantidad de víctimas mortales.

Los gobiernos también tienen el reto de innovar los mecanismos de coordinación con otros actores, fundamentalmente con el sector privado y la sociedad civil organizada que, en experiencias como la colombiana (reconstrucción del eje cafetalero) mostraron ser actores clave para desarrollar un proceso de recuperación eficiente y descentralizado. De igual manera, el gobierno requiere óptimos procesos de **colaboración con los gremios de profesionales de la construcción**, empresas constructores y universidades, que como han mostrado varias experiencias incluyendo Colombia y Perú, en muchos casos tienen una participación mayoritaria incluso en la definición y actualización del marco normativo de la construcción en el país. En ciudades como Ibarra y Guayaquil, por ejemplo, ya se está considerando delegar los procesos de supervisión a los gremios de profesionales de la construcción.

También es fundamental que los diferentes niveles de gobiernos incursionen e inviertan en el uso de herramientas tecnológicas de punta, por ejemplo, de redes de acelerógrafos distribuidos en el territorio monitoreados a través de Centros de Monitoreo; drones para el levantamiento de información geo-referenciada; fotografías espaciales para supervisar la construcción de edificaciones, etc. Todas estas herramientas son fundamentales para que las autoridades puedan tomar decisiones informadas.

El gobierno tiene también un rol fundamental en el fortalecimiento del conocimiento sobre los escenarios de riesgo y en las estrategias de capacitación, sensibilización, comunicación y difusión para el mejoramiento de las prácticas constructivas y el cumplimiento de la normativa vigente, a todo nivel (doctorados, maestrías, no profesionales de la construcción, colegios, escuelas) y con estrategias innovadoras.

La **academia** ha mostrado ser un socio clave para la reducción del riesgo sísmico en las distintas experiencias presentadas. A través de sus investigaciones, incluyendo ensayos de resistencia de distintos sistemas constructivos a las fuerzas sísmicas realizados en laboratorios que en muchos casos han sido financiados con apoyo de la cooperación internacional, las universidades y centros de investigación han logrado dotar a las comisiones responsables de la información necesaria para actualizar o formular nueva normativa (utilizando también información obtenida a partir de la ocurrencia de sismos). La información que la academia genera es esencial también para los procesos de toma de decisión local, a través de procesos de sensibilización e incidencia en autoridades locales y planificadores urbanos. La academia y los gremios de profesionales de la construcción también tienen un rol fundamental en los procesos de reconstrucción, a través de su asesoramiento especializado y acompañamiento como lo ha mostrado la experiencia ecuatoriana.

De igual manera, la academia tiene un rol importante en el **fortalecimiento de los procesos de formación en el tema**, empezando por los profesionales que se forman en sus propias aulas. Sus centros de ensayo también pueden constituir espacios para la sensibilización y educación de la ciudadanía en general, como lo muestra la experiencia peruana.

Por su parte, la **ciudadanía** tiene que asumir con co-responsabilidad el riesgo al que está expuesta y cambiar sus prácticas hacia la construcción formal, para salvaguardar su vida y su patrimonio. Esto requiere, por su puesto, de intensas campañas de educación y sensibilización.

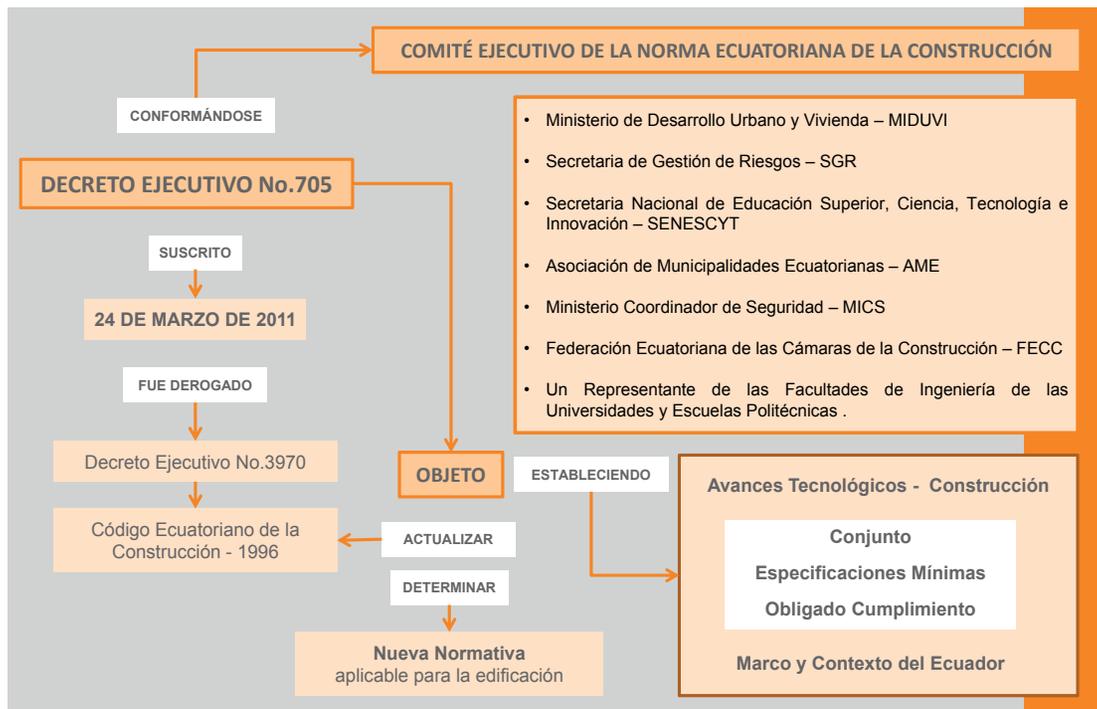
En definitiva, experiencias como la vivida recientemente en Ecuador nos recuerdan la importancia de una gestión integral del riesgo y de rigurosas políticas de reducción del riesgo, sísmico en este caso, para salvaguardar la vida y los resultados alcanzados en el marco de los procesos de desarrollo. Como han mencionado los especialistas de este congreso, en el caso ecuatoriano, ésta es nuestra oportunidad de aprender y de comprometernos con la efectiva reducción del riesgo sísmico de nuestras ciudades, desde nuestros respectivos roles y con verdadera co-responsabilidad.

Anexos



Anexo 1. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15)

Marco legal de la NEC



Marco legal a nivel nacional

Resolución Décimo Quinta del Suplemento del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización - **COOTAD**
 Registro Oficial N° 166 -- martes 21 de enero de 2014

Décimo Quinta

Los procesos constructivos que inician a partir de la expedición de la presente reforma, deberán obligatoriamente cumplir con las normas ecuatorianas de la construcción que el ente rector en materia de hábitat y asentamientos humanos expedirá para el efecto. El alcance específico de su aplicación deberá ser detallado en los capítulos de la misma norma.

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales o metropolitanos, en atención a consideraciones particulares del cantón, podrán desarrollar normativa técnica adicional y complementaria que regule los procesos constructivos, siempre que el contenido de estas no contravenga ni sea de menor exigibilidad y rigurosidad que los detallados en las normas ecuatorianas de la construcción.

Elaboración de los capítulos NEC

¿Quiénes elaboran los capítulos de la NEC?

- El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
- La participación de entidades públicas y privadas
- Mediante convenios de cooperación interinstitucional

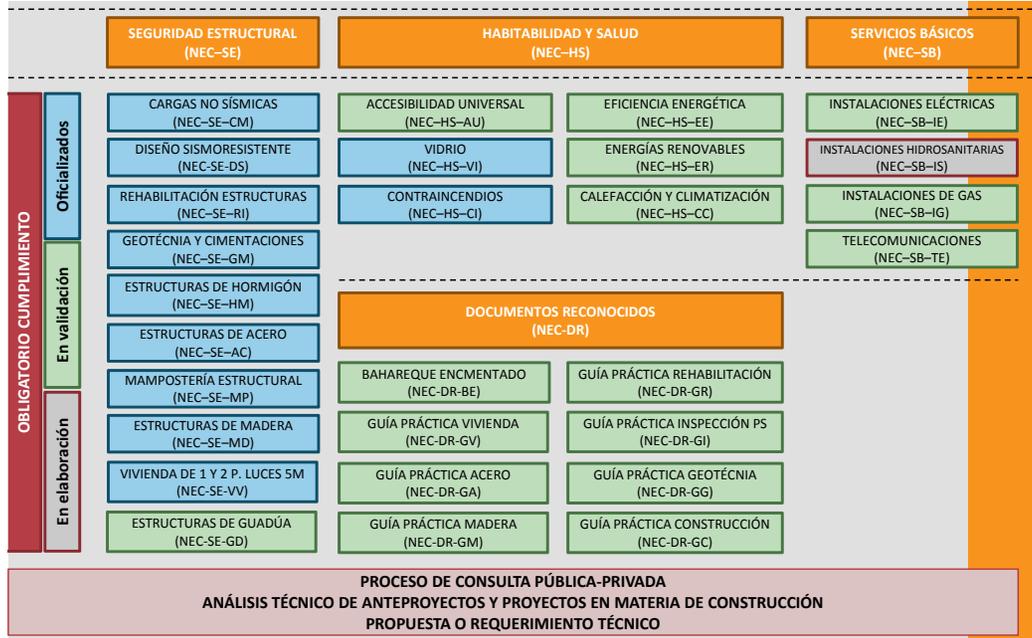
¿Bajo qué criterios se estructuran los capítulos de la NEC?



¿Qué se busca?

- Establecer parámetros mínimos de seguridad y salud.
- Mejorar los mecanismos de control y mantenimiento.
- Definir principios básicos de diseño y construcción.
- Reducir el consumo energético y reducir la eficiencia energética.
- Abogar por el cumplimiento de principios de habitabilidad.
- Fijar las responsabilidades, obligaciones y derechos de todos los actores involucrados en el proceso constructivo.

Estructura y capítulos



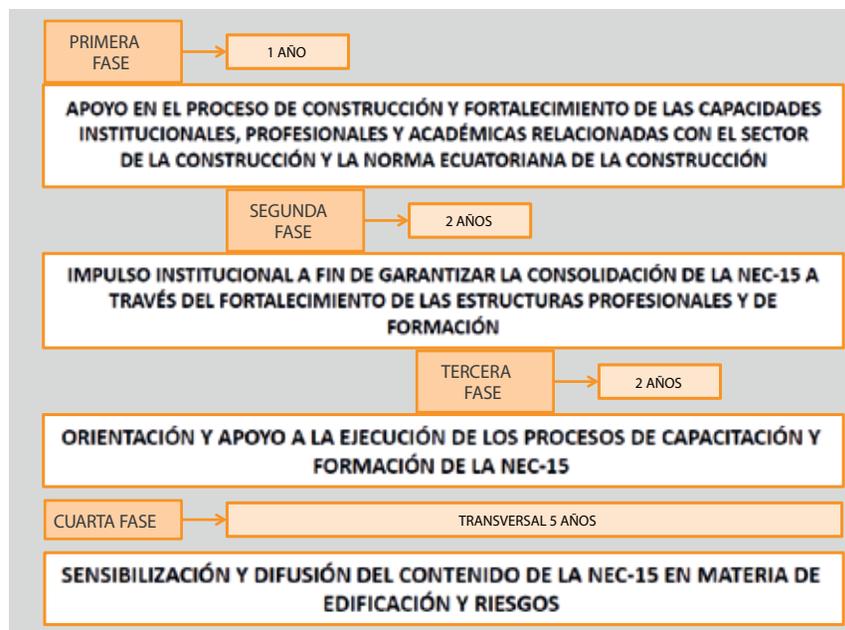
Estrategia Nacional de Capacitación

Elaborado por: Arq. José Antonio Martín

Permite establecer políticas y estrategias a corto, mediano y largo plazo, orientadas a la aplicación de la NEC a nivel nacional, con el objetivo de fortalecer las capacidades institucionales, así como al sector profesional y la sociedad civil en general.



Plan Estratégico de Capacitación



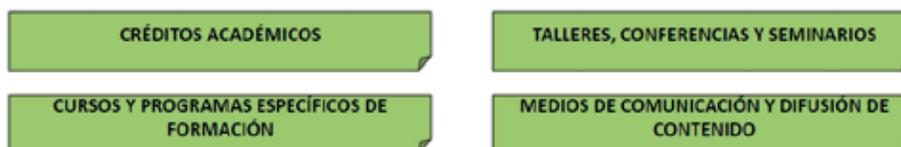
Contenido Pedagógico de la Capacitación

CONTENIDO PEDAGÓGICO DE LA NEC

MÓDULO DE APRENDUAZE		CARGA LECTIVA (hr)	CARGA NO LECTIVA (hr)	CARGA ACADÉMICA TOTAL (hr)	CREDITOS EQUIVALENTES
NIVEL ACADÉMICO UNIVERSITARIO	Módulo 1: Diseño de Pórticos Armados	15	15	30	1,2
	Módulo 1: Muros de Mampostería Armada	15	15	30	1,2
	Módulo 1: Muros de Mampostería Confinada	15	15	30	1,2
	Módulo 2: Hormigón Armado	45	45	90	3,6
	Módulo 3: Estructuras de Acero	45	45	90	3,6
	Módulo 4: Madera	45	45	90	3,6
	Módulo 5: Evaluación Sísmica, Parte 1	45	45	90	3,6
	Módulo 5: Evaluación Sísmica, Parte 2	45	45	90	3,6
	Módulo 6: Geotecnia	45	45	90	3,6
TOTAL		315	315	630	25,2
NIVEL ACADÉMICO TÉCNICO-SUPERIOR	Módulo 7: Albañilería	15	15	30	1,2
	Módulo 7: Soldaduras	15	15	30	1,2
	TOTAL		30	30	60

NOTA: La asignación final de los créditos académicos determinará a su vez la variación de horas en la carga académica.

MECANISMOS DE INCLUSIÓN



Anexo 2. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelos (LOOTUS)

Problemática



Objeto de la Ley

“Esta Ley tiene por objeto fijar los principios y reglas generales que rigen el ejercicio de las competencias de ordenamiento territorial, uso y gestión del suelo urbano y rural, y su relación con otras que incidan significativamente sobre el territorio o lo ocupen, para que se articulen eficazmente, promuevan el desarrollo equitativo y equilibrado del territorio y propicien el ejercicio del derecho a la ciudad, al hábitat seguro y saludable, y a la vivienda adecuada y digna, en cumplimiento de la función social y ambiental de la propiedad e impulsando un desarrollo urbano inclusivo e integrador para el Buen Vivir de las personas, en concordancia con las competencias de los diferentes niveles de gobierno.”

Fines de la Ley

1. Orientar las políticas públicas relativas al ordenamiento territorial, desarrollo urbano, a la vivienda adecuada y digna; promover un uso eficiente, equitativo, racional y equilibrado del suelo urbano y rural a través de la definición de principios, directrices y lineamientos, y **generar un hábitat seguro** y saludable en todo el territorio.
- 1.1 Establecer un sistema institucional que permita la generación y el acceso a la información, la **regulación, el control y la sanción en los procesos de ordenamiento territorial**, urbanístico y de gestión del suelo, garantizando el cumplimiento de la ley y la correcta articulación de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial de los diferentes niveles de gobierno.

Principios y reglas generales

Orientan la aplicación de la Ley, estableciendo el marco general para la definición del modelo territorial y urbano deseado a nivel nacional.

- **El derecho a la ciudad:** el ejercicio pleno de la ciudadanía, la gestión democrática de las ciudades, la función social y ambiental de la propiedad.
- **La función pública del urbanismo:** el desarrollo urbano alineado a la garantía de los derechos: a un hábitat seguro y saludable, a una vivienda digna y a la ciudad.
- **La distribución equitativa de las cargas y los beneficios:** para recibir los beneficios de la urbanización, los propietarios del suelo deberán también asumir las cargas (costos) de este proceso.
- **La función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad:** los derechos sobre la propiedad (edificación, aprovechamiento) están supeditados al bien común.
- **Derecho a edificar:** es público, y lo concede el GAD siempre que se hayan cumplido las obligaciones urbanísticas establecidas y las normas nacionales sobre construcción y los estándares de prevención de riesgos.

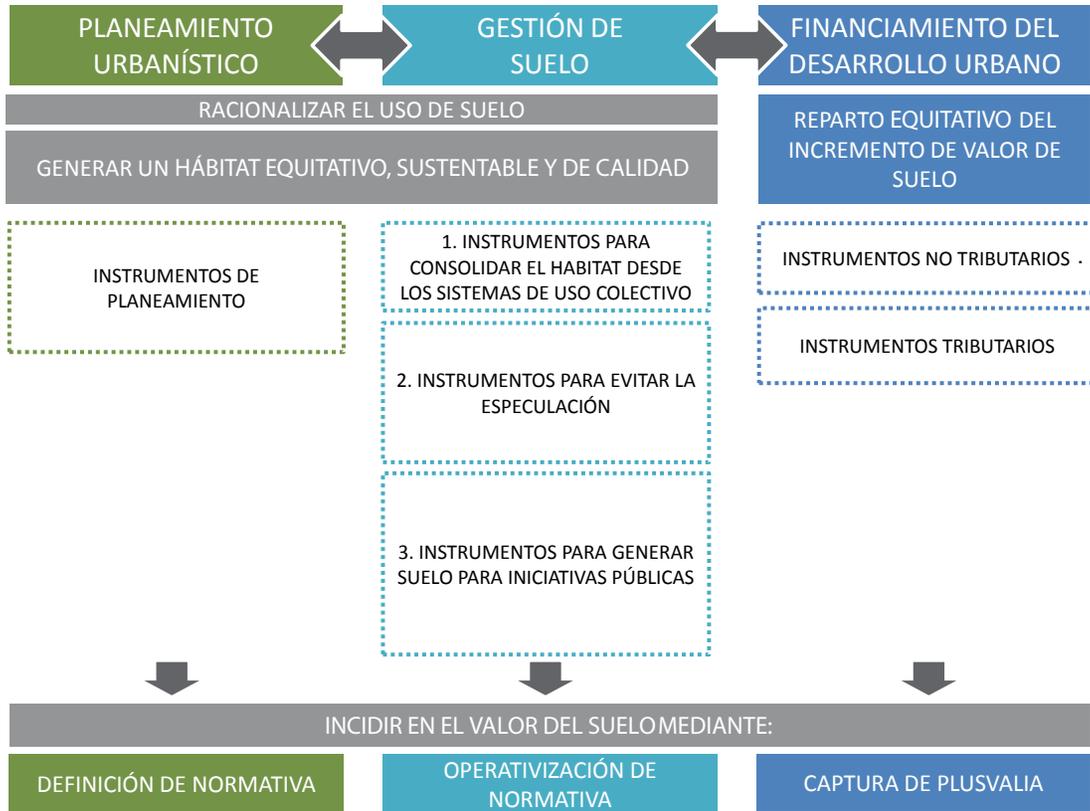
Estructura general

<p>TÍTULO I PRINCIPIOS Y REGLAS GENERALES Capítulo I Objeto y ámbito de aplicación de esta ley Capítulo II Principios rectores y derechos orientadores del buen gobierno del territorio</p>	Principios y directrices
<p>TÍTULO II ORDENAMIENTO TERRITORIAL Capítulo I Definición y objeto Capítulo II Instrumentos de ordenamiento territorial</p>	Ordenamiento Territorial
<p>TÍTULO III PLANEAMIENTO DEL USO Y GESTIÓN DEL SUELO Capítulo I Del suelo Sección I. Clasificación y sub clasificación del suelo Sección II. Uso y edificabilidad del suelo Capítulo II Del planeamiento Sección I. Plan de uso y gestión del suelo Sección II. Planes urbanísticos complementarios Sección III. Instrumentos de planeamiento del Suelo</p>	Planeamiento
<p>TÍTULO IV GESTIÓN DEL SUELO Capítulo I Instrumentos de gestión Sección I Instrumentos para la distribución equitativa de las cargas y los beneficios Sección II Instrumentos para intervenir la morfología urbana y la estructura predial Sección III Instrumentos para regular el mercado del suelo Sección IV Instrumentos de financiamiento del desarrollo urbano Sección V Instrumentos para la gestión del suelo de los asentamientos de hecho Capítulo II Habilitación del Suelo para la Edificación Capítulo III Vivienda de interés social</p>	Gestión del suelo
<p>TÍTULO V.- RÉGIMEN INSTITUCIONAL Capítulo I Ente Rector y gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos. Capítulo II Consejo Técnico de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo Capítulo III Superintendencia de Ordenamiento Territorial y Uso y Gestión del Suelo Capítulo IV Catastro Nacional Integrado Georreferenciado</p>	Institucionalidad y control
<p>TÍTULO VI RÉGIMEN SANCIONATORIO Capítulo I Normas generales al régimen sancionador Capítulo II Infracciones y sanciones sujetas al control de la Superintendencia de Ordenamiento Territorial y Uso y Gestión del Suelo Capítulo III Infracciones y sanciones a la gestión del suelo sujetas al control de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos</p>	

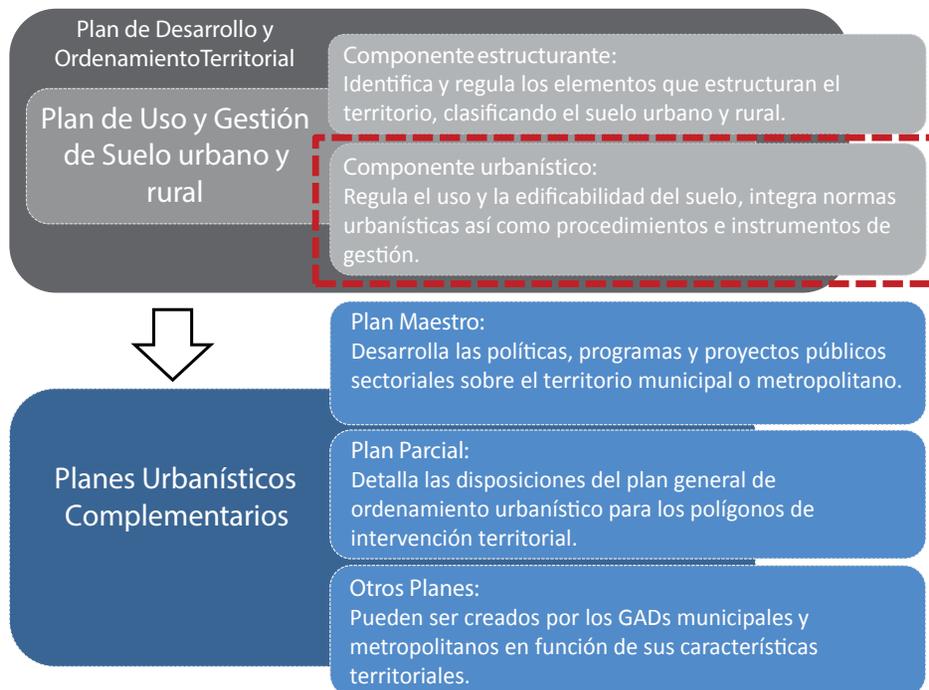
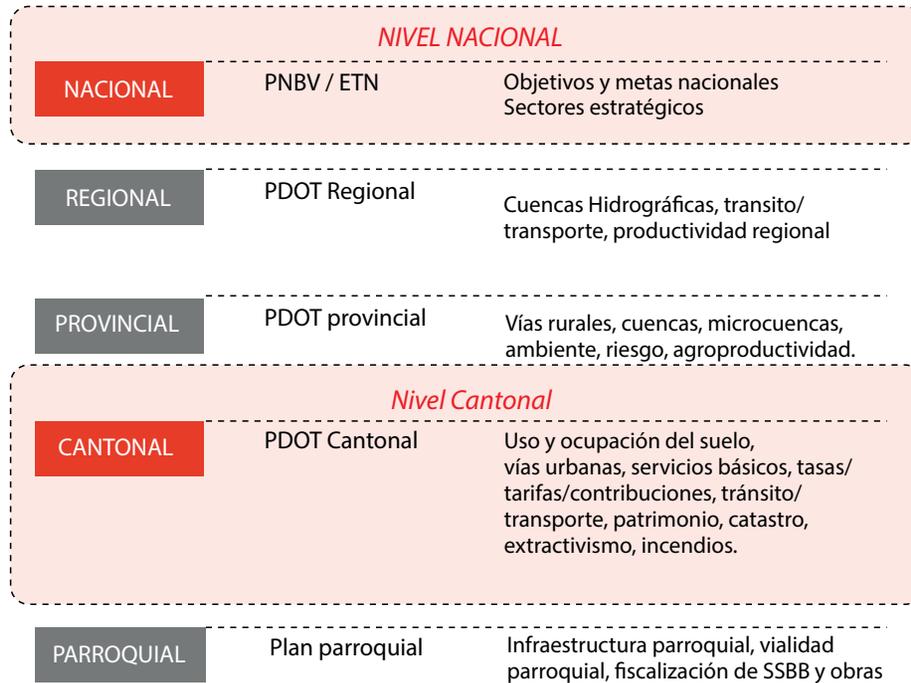
Planeamiento y gestión del suelo

<p>TÍTULO I PRINCIPIOS Y REGLAS GENERALES Capítulo I Objeto y ámbito de aplicación de esta ley Capítulo II Principios rectores y derechos orientadores del buen gobierno del territorio</p>	Principios y directrices
<p>TÍTULO II ORDENAMIENTO TERRITORIAL Capítulo I Definición y objeto Capítulo II Instrumentos de ordenamiento territorial</p>	Ordenamiento Territorial
<p>TÍTULO III PLANEAMIENTO DEL USO Y GESTIÓN DEL SUELO Capítulo I Del suelo Sección I. Clasificación y sub clasificación del suelo Sección II. Uso y edificabilidad del suelo Capítulo II Del planeamiento Sección I. Plan de uso y gestión del suelo Sección II. Planes urbanísticos complementarios Sección III. Instrumentos de planeamiento del Suelo</p>	Planeamiento
<p>TÍTULO IV GESTIÓN DEL SUELO Capítulo I Instrumentos de gestión Sección I Instrumentos para la distribución equitativa de las cargas y los beneficios Sección II Instrumentos para intervenir la morfología urbana y la estructura predial Sección III Instrumentos para regular el mercado del suelo Sección IV Instrumentos de financiamiento del desarrollo urbano Sección V Instrumentos para la gestión del suelo de los asentamientos de hecho Capítulo II Habilitación del Suelo para la Edificación Capítulo III Vivienda de interés social</p>	Gestión del suelo
<p>TÍTULO V.- RÉGIMEN INSTITUCIONAL Capítulo I Ente Rector y gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos. Capítulo II Consejo Técnico de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo Capítulo III Superintendencia de Ordenamiento Territorial y Uso y Gestión del Suelo Capítulo IV Catastro Nacional Integrado Georreferenciado</p>	Institucionalidad y control
<p>TÍTULO VI RÉGIMEN SANCIONATORIO Capítulo I Normas generales al régimen sancionador Capítulo II Infracciones y sanciones sujetas al control de la Superintendencia de Ordenamiento Territorial y Uso y Gestión del Suelo Capítulo III Infracciones y sanciones a la gestión del suelo sujetas al control de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos</p>	

Planeamiento y gestión del suelo



Ordenamiento territorial



Clasificación del Suelo



Subclasificación del suelo urbano



Anexo 3. Gestión del riesgo sísmico en el Ecuador

Secretaría de Gestión de Riesgos

¿Qué es la gestión del riesgo de desastres y cuál es su propósito?

Es un proceso social cuyo fin último es la previsión, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, en consonancia con, e integrada al logro de pautas de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial, sostenibles.

Gestión de riesgo por procesos



Evaluación del riesgo sísmico en Ecuador

Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad Sísmica

- Quito, Guayaquil y Cuenca

Gestión prospectiva

- Constitución de la República del Ecuador
- Ley de Seguridad Interna y Externa
- COOTAD
- Norma Ecuatoriana de la Construcción
- Ley de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo

Gestión correctiva

- Transferencia del riesgo (Fondos Contingentes – BID 2012)
- Escasas iniciativas de reforzamiento estructural
- Malas prácticas constructivas
- Falta de estudios geotécnicos

Gestión reactiva

• Preparación

- Iniciativas aisladas y no de largo plazo
- Sector Educación se ha ido consolidando la capacitación y los ejercicios de simulacros.
- Débil difusión en los medios de comunicación
- Preparación Institucional para medianos o pequeños eventos adversos.

• Respuesta

- Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos de Desastres está consolidado
- Manual de los Comités de GdR y COE
- Se hace necesario más engranaje entre los niveles sectoriales con los territoriales.

Rehabilitación y recuperación

- Rehabilitación de servicios básicos (energía, comunicaciones, agua, salud, etc.)
- Recuperar el funcionamiento básico de la comunidad
- Evaluación de daños y pérdidas
- Fondos para reconstrucción
- No se crearon organismos Ad-hoc para la reconstrucción
- Recuperación de medios de vida
- Reconstrucción de Infraestructura

Reducción del riesgo sísmico – Ciudades seguras



Anexo 4. Sugerencias de los participantes del encuentro

Planificación urbana - disminución de la informalidad en las construcciones

- Implementar una estrategia para que todos los GADs, de manera simultánea, cuenten con estudios de micro-zonificación sísmica e incorporen la norma NEC en su operación territorial.
- MIDUVI, como rectora del tema en el país, debe desarrollar políticas específicas para combatir la informalidad de las edificaciones en el país.
- Implementar bonos de incentivo para las familias (como en Chile)
- Establecer metas a corto, mediano y largo plazo de reducción de la informalidad

Materiales de construcción

- Políticas de MIDUVI para controlar a los proveedores de materiales, especialmente de hormigón pre-mezclado, madera, etc. (quién controla a los proveedores).
- Implementar un mecanismo de certificación para las fuentes de los materiales de construcción (agregados, elementos constructivos, bloques, etc.).
- Crear laboratorios para ensayo de materiales.
- Publicar periódicamente información sobre materiales de construcción, con todas sus propiedades, para incluirlos en los diseños estructurales.

Construcción

- Generar una certificación de cumplimiento de la NEC 2015 para las edificaciones.
- Crear planos prototipo de viviendas sismo-resistentes difundidas a través de GADs, con incentivos.
- Asegurar que edificios de instituciones públicas cuenten con estudios de riesgo sísmico, incluyendo estudios de geo-tecnia.
- Construir edificios con aislamiento sísmico.
- Incentivos en contratación pública cuando se utilice mano de obra calificada.

Control

- Fortalecer los mecanismos de control para un efectivo cumplimiento de las normas de construcción en el diseño, construcción y aprobación de las edificaciones, tanto a nivel nacional como local.
- Actualizar el marco normativo municipal.
- Fiscalizar permanentemente las construcciones, con énfasis en zonas de riesgo.
- Imponer sanciones penales a los responsables de las edificaciones en las zonas afectadas por el terremoto y asegurar mecanismos punitivos a futuro.

- Asignar a los Colegios de Ingenieros la revisión y aprobación de planos estructurales de las edificaciones.

Evaluación y reforzamiento estructural de edificaciones

- Evaluación de edificaciones existentes (viviendas, edificios, edificaciones esenciales) y reforzamiento.
- Generar incentivos para el reforzamiento de edificaciones a nivel local.

Actualización de la normativa

- Involucrarse (los profesionales de la construcción) mayormente en los Comités que analizan las actualizaciones de la NEC 2015.
- Incluir normas para instalaciones eléctricas, sanitarias, AAPP especiales, escaleras exteriores de emergencia.

Formación

- Actualizar la oferta académica de las universidades, incluyendo maestrías en Ingeniería Estructural Sismo-Resistente e Ingeniería Geotécnica Sísmica.
- Desarrollar programas de actualización para docentes sobre la NEC 2015 y nuevas enfoques y tecnologías sismo-resistentes (tanto en las carreras de arquitectura como de ingeniería civil).
- Formación a equipo técnico de GADs en la NEC 2015.
- Difundir ampliamente las guías prácticas para aplicación de la NEC 2015, elaboradas en el marco del Proyecto DIPECHO-NEC.
- La capacitación sobre la NEC debe ser obligatoria para todos los profesionales de la construcción (incluyendo certificación). Los gremios profesionales pueden contribuir a difundir la norma. El proceso debe iniciar en las ciudades costeras que son las más vulnerables.
- Formar en buenas prácticas constructivas a los no profesionales de la construcción.
- Fortalecimiento de los Colegios Profesionales.

Generación de información y conocimiento

- Generar estudios geotécnicos y de micro-zonificación para todos los cantones (deberían ser obligatorios).
- Crear planes de contingencia (evacuación, zonas seguras).
- Formar un Centro de Monitoreo Sísmico Regional, con apoyo del IG-EPN.
- Impulsar investigaciones que permitan avanzar en las regulaciones de la NEC.
- Continuar organizando eventos sobre experiencias de reducción del riesgo sísmico que permitan conocer avances de otros países.

Creación de una cultura de prevención del riesgo sísmico

- Fortalecer la ética de los profesionales de la construcción.
- Desarrollar una política que sancione la mala práctica profesional.
- Impulsar campañas de educación y comunicación hacia la ciudadanía para que se sensibilicen en la importancia de construir viviendas seguras y otros temas referentes al riesgo sísmico (por ejemplo, exigir materiales de calidad).

Mecanismos Financieros

- Diseñar mecanismos financieros que permita a GADs para contar con fondos que les permitan atender emergencias de manera inmediata.

Anexo 5. Referencias bibliográficas

Colombia

1. Documentación relativa a la experiencia de reconstrucción del Eje Cafetero

1. Censo de Inmuebles Afectados por el Sismo del 25 de enero de 1999 en el Eje Cafetero
 - Ficha de Evaluación de Viviendas
www.proyectosjas.com/pnud-ecuador/ficha-evaluacion-viviendas.pdf
 - Manual de Diligenciamiento
www.proyectosjas.com/pnud-ecuador/manual-censo-edificaciones.pdf
 - Identificación Predial
www.proyectosjas.com/pnud-ecuador/informacion-predial.pdf
2. Contratos de Gerencia
 - Contrato de Gerencia
www.proyectosjas.com/pnud-ecuador/contrato-gerencia-zonal-forec.pdf
 - Reglamento Operativo
www.proyectosjas.com/pnud-ecuador/reglamento-operativo-reconstruccion-forec.pdf
3. Modelo tipo de trámite expediente
 1. Cruce CENSO
 2. Datos básicos
 3. Declaración juramentada
 4. Presupuesto obra
 5. Aceptación proyecto
 6. Control documentación
 7. Solicitud subsidio
 8. Aprobación subsidio
 9. Trámite desembolso
 10. Informes
 11. Expediente tipo reparación vivienda

4. Documento de sistematización “El renacer del eje cafetero”

www.proyectosjas.com/pnud-ecuador/El-Renacer-del-Eje-Cafetero.pdf

5. Cartillas técnicas

- Reparación de viviendas - mampostería
- Diseño de bahareque encementado
- Reparación de bahareque
- Adobe - tapia.

5. Geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi

geoportal.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapald=23

2. Documentación sobre reducción del riesgo sísmico en Bogotá

1. Bogotá frente a la gestión integral del riesgo sísmico

www.sire.gov.co/documents/12134/44424/libro+GIR+2010.pdf/308d-fcd1-bb90-4239-b46d-7b80bb875b37

Chile

1. Portal web del Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón

www.ich.cl

El Salvador

Proyecto Taishin

1. Manuales técnicos

Manual de buenas prácticas para la construcción de una vivienda con bloque de concreto

www.es.calameo.com/read/00022993157179a10ef55

Manual popular para la construcción de vivienda con bloque panel

www.es.calameo.com/books/0002299314e6ef8bf5ed0

Manual técnico sistemas de mampostería bloque panel

www.jica.go.jp/project/elsalvador/001/materials/pdf/manual01_01.pdf

2. Informes de resultados de investigación

Informe de resultados de la investigación del sistema estructural mampostería suelo cemento confinada

www.es.calameo.com/books/0002299314c6002664d00