

SEISMO: Instrumento de diagnóstico digital asistido, basado en el reconocimiento visual por parte de usuarios no expertos, para el diagnóstico de daños estructurales post emergencia sísmica

autores:

Alejandro Durán Vargas

Diseñador, docente e investigador Escuela de Diseño,
Pontificia Universidad Católica de Chile.
aaduran@uc.cl | www.dobleaduran.cl

Orlando Vigouroux

Arquitecto Pontificia Universidad Católica de Chile.
Magister Paisaje y Territorio Universidad Diego Portales
ovigouro@uc.cl

Felipe Encinas

Arquitecto Pontificia Universidad Católica de Chile.
Máster en Ciencias (MSc) University of Nottingham, Reino Unido
Doctor (PhD) en Arquitectura Université catholique de Louvain, Bélgica
felipe.encinas@uc.cl

Carlos Aguirre

Constructor Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
Máster en Gestión y Valoración Urbana de la Universidad Politécnica de Cataluña.
Phd (C) Gestión y Valoración Urbana de la Universidad Politécnica de Cataluña.
caguirre@udla.cl

Camilo Meneses

Arquitecto Pontificia Universidad Católica de Chile
cimenese@uc.cl

Resumen

En el período de alerta temprana, inmediatamente después de ocurrido un terremoto, una de las necesidades más importantes es la evaluación del estado de las construcciones en el área afectada. Esta labor es realizada por personal voluntario, quienes en su mayoría no poseen la experiencia o conocimientos técnicos adecuados para realizar las evaluaciones, salvo una breve capacitación cuando las condiciones lo permiten.

Es así como SEISMO, un instrumento digital de diagnóstico y catastro permite realizar la primera evaluación de daños de las viviendas y estimar si es seguro que sus moradores sigan viviendo en ellas. Por medio de extrapolación didáctica proveniente de la propedéutica médica, el voluntario es consultado sobre "síntomas" en la vivienda, verificables visualmente sin conocer las causas o consecuencias en la edificación. El usuario solo deberá realizar una revisión sistemática de una vivienda siniestrada, siendo guiado en el proceso para asegurar una revisión completa de los posibles daños enunciados por el sistema, y ante su aparición, el dispositivo realiza una evaluación automatizada de la gravedad de los daños, indicando con un margen amplio de seguridad, cuando la vivienda no esté en condiciones de ser habitada.

Basada en sistemas expertos de diagnóstico visual, la aplicación facilita la detección de los posibles daños que emergen en una vivienda dañada tras un terremoto. La persona no necesita un conocimiento experto sobre daño estructural, sistemas constructivos o sollicitaciones mecánicas para obtener un diagnóstico sobre el estado de la casa afectada.

ANTECEDENTES

1.1. Evaluación estructural rápida post-sismo

La recurrencia de emergencias que afectan a personas y estructuras nos interpela a analizar y gestionar los modelos de preparación y reacción ante estos episodios. En este sentido, Chile, debido a su ubicación en el cinturón de Fuego del Pacífico, es un país sísmico en el que los terremotos damnifican las edificaciones y ponen en peligro la vida de sus habitantes.

Como antecedente histórico debemos considerar que el terremoto de mayor magnitud registrado a nivel mundial se vivió en la ciudad de Valdivia el 22 de mayo de 1960 con una magnitud 9.5Mw, lo que sumado al terremoto de 1868 en Arica con una energía estimada equivalente a un sismo de 9.0Mw y al reciente vivido solo hace nueve años, el 27 de febrero del 2010 en Cauquenes con una magnitud de 8.8Mw, convierte a Chile en el país con los tres terremotos más potentes registrados en la historia dentro de Latinoamérica¹. Solo este último, según datos oficiales, registró daños en más de 233 comunas entre las regiones de Valparaíso y la Araucanía, con 525 víctimas fatales, más de 2 millones de damnificados, 133 hospitales y 6.168 establecimientos educacionales dañados, 81.444 viviendas destruidas, 108.914 con daño mayor y 179.693 con daño menor. Esto nos entrega una dimensión de 370.051 viviendas siniestradas, y a su vez, familias en situación de vulnerabilidad tras la emergencia².

Si bien Chile como muchos países que han desarrollado organismos destinados a la prevención, educación y solución de los problemas que emergen tras catástrofes, tienen experiencia en tratar con situaciones de emergencia, en el período adyacente tras ocurrido un terremoto, existen grandes requerimientos por solucionar.

En el período de Alerta Temprana, inmediatamente después de ocurrido un sismo, la primera acción que es necesario llevar a cabo es la evaluación del estado de las construcciones en el área afectada, con el fin de organizar las acciones necesarias para asegurar el bienestar de los afectados tras un sismo. Esta actividad, enmarcada en lo que se conoce como “evaluación estructural rápida”³ (UEER, según sus siglas de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior, organismo público de la República de Chile), se realiza gracias a grupos de voluntarios, en la que principalmente estudiantes universitarios, bomberos, paramédicos y funcionarios públicos, evalúan el estado de las viviendas.

1.2. Sistemas de levantamiento de información y software especializado.

En la actualidad, los sistemas de levantamiento de información utilizados en Chile se basan en fichas de información completadas por voluntarios de los distintos organismos públicos, quienes en la mayor parte de los casos carecen de conocimientos técnicos en la materia. Dentro de las fichas más utilizadas encontramos:

Ficha Técnica n°1 “Sector afectado”: Es un instrumento MINVU de registro y evaluación técnica de áreas afectadas.

Ficha Técnica n°2 “Catastro individual de viviendas afectadas”: Es un instrumento MINVU de registro y evaluación técnica de viviendas afectadas.

Informe Alfa y Delta: Documento del Plan Nacional de Protección Civil.

Ficha EFU: Encuesta Familiar Única para la identificación y priorización de las necesidades de las familias afectadas.

Informe Edanis “Informe Único de Valuación de Daños y Necesidades”: Evaluación de daños a infraestructuras y servicios a nivel municipal.

¹ Datos obtenidos según información referenciada en BBC, 2017.

² Cifras obtenidas de: “Gobierno de Chile, Plan de Reconstrucción 2010”

³ Metodología básica para la Elaboración de un Plan de Prevención y respuesta para la Actividad Sísmica – ONEMI 2010

The image shows three forms used for disaster damage assessment. The first is 'INFORME DE DAÑO' (Damage Report) with sections for general data, event type, damage assessment, and decisions. The second is 'INFORME DE INCIDENTE O EMER' (Incident or Emergency Report) with sections for identification, location, and damage description. The third is 'FICHA TÉCNICA DE DAÑOS - HABITACIONAL' (Technical Sheet of Damages - Residential) with sections for property identification, construction system, and structural damage assessment.

Imagen 1 - Recolección de fichas públicas de catastro

Posteriormente las fichas son entregadas a los departamentos correspondientes, para ser digitalizadas, procesadas y evaluadas, proceso que toma varios meses desde ocurrido el sismo (en caso de ser procesada la información), por lo que no son de utilidad directa en el período de emergencia, sino más bien un registro de la situación que puede ser analizado en etapas posteriores, como reconstrucción o análisis investigativo, dejando el periodo de emergencia ante estimaciones más que datos concretos. Por otra parte, como se observa en la Imagen 1, no existe cruce de información entre las distintas fichas, por lo que se genera información duplicada y en algunos casos incluso contradictoria.

De manera similar, otras instituciones privadas utilizan este sistema para levantamiento de información, es el caso de las aseguradoras, donde de manera autónoma determinan los daños de las edificaciones, pero detallando de manera más completa los componentes y tipos de daños. Esto implica que el formulario deba ser completado por un experto, dificultando la obtención de mano de obra calificada para el proceso.

Con respecto a las aplicaciones existentes, podemos reconocer aquellas que de forma preventiva y utilizando la geolocalización del usuario y los sensores disponibles en teléfonos móviles anticipan eventos sísmicos o nutren redes de información en tiempo real del estado de las viviendas.

MyShake⁴

Aplicación que posee la capacidad de reconocer temblores utilizando los sensores disponibles en el teléfono. Cuando se registra un movimiento telúrico, la aplicación envía la información anónima a un sistema central que confirma la ubicación y la magnitud del terremoto.

Temblor⁵

Calcula la probabilidad de temblores sísmicos y daños en el hogar. Mostramos cómo el daño y sus costos se pueden reducir comprando o alquilando una casa sísmicamente segura o remodelando una casa más vieja.

Individual Assistance PDA⁶

Permite que los equipos de evaluación cuenten con una plataforma digital para la evaluación de los daños en viviendas, utilizando como base la clasificación del programa de Asistencia Individual de FEMA.

⁴ Building a seismic network... (n.d.). Obtenido desde <https://myshake.berkeley.edu/>

⁵ Temblor, Inc. (2019, Enero 29). About Temblor. Obtenido desde <http://temblor.net/about-temblor/>

⁶ Individual Assistance PDA - Earthquake. (n.d.). Obtenido desde <https://www.fulcrumapp.com/apps/ia-pda-earthquake/>

EDAM⁷

Se presenta como una herramienta que permite describir, fotografiar y dibujar los daños que se presentan tras un sismo, permitiendo levantar información pertinente al sismo para su posterior análisis.

MINVU PREPARADO⁸

De la misma manera que la aplicación antes mencionada, “MINVU Preparado” permite que funcionarios del Ministerio de Vivienda y Urbanismo puedan recopilar información sobre el daño posterior a una catástrofe, almacenando toda la información en un sistema centralizado.

Otras aproximaciones metodológicas han complementado el análisis y evaluación de daños y seguridad de zonas urbanas a través de simulaciones digitales con inspecciones virtual (Burton, H. V., & Deierlein, G. G., 2017) para mejorar la performance de estos medios de estudio; pero su foco, al igual que en el caso del software especializado, no reconoce los conocimientos o experiencia del tipo de usuarios que lleva a cabo las revisiones iniciales de estos eventos.

En este sentido, la capacitación a los voluntarios y equipos de asistencia temprana consta de sesiones de entrenamiento introductorio y manuales de apoyo. La Cámara Chilena de la Construcción ha desarrollado el “**Manual de evaluación de daños y solución para construcciones en tierra cruda – Manual de Terreno**” (Barcaza, S., 2012), el cual capacita en la identificación de los daños y la evaluación de la integridad de viviendas. Sin embargo, el manual está orientado para profesionales que trabajan en restauración de viviendas y está asociado a sólo una tipología constructiva.

PROBLEMA

2.1. Efectividad del diagnóstico por parte de voluntarios.

Bajo el escenario actual, existe una serie de inconvenientes que debilitan la efectividad en el actuar de los grupos de voluntarios:

1. Las capacitaciones masivas, que deben realizarse de forma presencial y bajo la vigilancia de especialistas de las áreas relacionadas (e.g. Arquitectura, Ingeniería y Construcción), entorpecen y ralentizan la labor de diagnóstico y catastro, además de no asegurar una transferencia suficiente del conocimiento y experiencia de los peritos, sumado a la falta de experiencia y conocimientos técnicos adecuados de parte de los voluntarios para la realización de las evaluaciones.
2. Podemos reconocer que solo en Chile, existen al menos 11 fichas de levantamiento de información, las que fueron usadas tras el terremoto de febrero de 2010, cada una de ellas perteneciente a distintos estamentos públicos con obligaciones en este tipo de situaciones, como son las fichas técnicas N°1 y 2 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, los informes Alfa y Delta del Plan Nacional de Protección Civil, entre otras; esto sin considerar los realizados por estamentos privados como aseguradoras u otros estamentos públicos con algún interés particular como es el caso de los Municipios o el Consejo de Monumentos Nacionales. Cada entidad levanta su propia información y genera de manera autónoma las acciones para ayudar a los afectados según corresponda, esto sin considerar la similitud que existe entre las distintas fichas, y el despliegue que significa realizar cada uno de estos levantamientos por separado.

⁷ EERI website. (n.d.). Obtenido desde <https://areeweb.polito.it/ricerca/ICRED/Software/EDAM.php>

⁸ Minvu Preparado - Apps on Google Play. (n.d.). Obtenido desde <https://play.google.com/store/apps/details?id=cl.minvu.mobile.evaluacion.danios>

3. Finalmente, y suponiendo que el catastro fue realizado de una manera apropiada y rápida, debido a que los diagnósticos se realizan en fichas impresas, la información tabulada debe ser digitalizada, idealmente georreferenciada y procesada para posteriormente ser utilizada por la autoridad correspondiente.

En la mayoría de los casos esta información es archivada e incluso nunca procesada, por lo que el esfuerzo de los voluntarios se pierde, sin considerar que los estamentos encargados de la emergencia toman decisiones con datos parciales, o incluso a ciegas, poniendo en riesgo a la población y cuestionando el uso eficiente de fondos públicos.

Entendiendo que el objetivo de realizar esta evaluación es determinar las acciones a seguir dentro del periodo de emergencia, ¿Cómo podemos realizar este levantamiento primario de manera sistematizada, por voluntarios no expertos, confiable y en corto tiempo, para tomar decisiones eficientes y que ayuden directamente a las familias afectadas?

PROPUESTA

3.1. Extrapolación didáctica de dinámicas propedéuticas médicas.

En el caso del diagnóstico médico, los mecanismos de identificación de una patología o estado de salud se basan en un juicio clínico. Esto se establece a partir de [1] síntomas, entendidos como experiencias subjetivas negativas reportadas por el paciente y [2] signos que corresponden a hallazgos objetivos, identificados por el médico. La aparición de un tipo de síntoma no es condición de una única patología, la determinación de una enfermedad corresponde a la probabilidad de aparición de síntomas y signos. Es así como el diagnóstico médico se establece a partir de una combinatoria de síntomas y signos que definen un síndrome. Esto es realizado por un médico que establece una hipótesis vinculando la probabilidad de A según B con la probabilidad de B dado A. Es decir, por ejemplo, que sabiendo la probabilidad de tener fiebre dado que se tiene un resfrío, se podría saber (si se tiene algún dato más), la probabilidad de tener resfrío si se tiene fiebre.

Si bien estos procedimientos son de exclusiva potestad de especialistas del mundo médico, las posibilidades que brindan las plataformas digitales han hecho emerger aplicaciones que, a través de una batería de preguntas sobre síntomas que la persona percibe, ofrecen un diagnóstico más o menos específico. No corresponde denominar a estas aplicaciones como médicos virtuales, pero es claro que una ventaja que presentan estas plataformas es su inmediatez, y al igual que el Triage médico, evaluar de forma rápida el estado clínico del paciente para clasificarlo en función de la gravedad y poder así determinar la demora aceptable en la valoración definitiva del paciente (Jiménez Fàbrega, X., & Espila, J. L., 2010).

3.2. Sistema experto en análisis estructural basado en reconocimiento de síntomas

A partir de esta forma de diagnóstico, surge la posibilidad de generar un paralelo entre síntomas y signos percibidos por un paciente junto a un síndrome diagnosticado por un médico con los daños que se producen en una estructura tras un sismo detectados por un usuario inexperto y un estado de habitabilidad prospectivo diagnosticado por un experto en daño estructural. Es decir, por ejemplo, que reconociendo la probabilidad de la separación de esquinas de muros dado que existe daño en el pilar o cadena, se podría saber (si se tiene algún dato más), la probabilidad de existir un daño en el pilar si existen muros separados.

Bajo esta premisa se desarrolla SEISMO. Un Instrumento de diagnóstico digital asistido de daños en la vivienda tras un sismo, basado en el reconocimiento visual por parte de los

voluntarios no expertos, para su valoración, registro e interpretación de la situación de la edificación para el catastro de daño estructural rápido post-sismo.

SEISMO utiliza una metodología de análisis por patología desde síntomas, que permite al usuario identificar los efectos del daño sísmico en la vivienda, simulando en un modelo básico el estado actual de la edificación, y calculando el daño en base a la interpretación de los parámetros levantados, similar al levantamiento en terreno por un experto. Para esto se aprovechó el conocimiento de peritos en el diagnóstico estructural, analizando múltiples casos simulados y valorizando los posibles daños que emergen en una construcción siniestrada, y desde una extrapolación didáctica de las dinámicas propedéuticas de la medicina, generar un instrumento de diagnóstico estructural asistido para el proceso de alerta temprana.

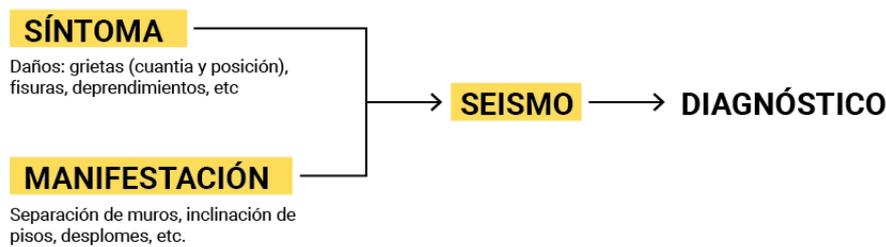


Figura 1 - Diagnóstico basado en síntomas y manifestaciones

De esta manera el voluntario es consultado sobre “síntomas” y “manifestaciones” en la vivienda, que son verificables visualmente sin conocer las causas o consecuencias en la edificación (Figura 1). El usuario solo deberá realizar una revisión sistemática de las zonas de una vivienda siniestrada, siendo guiado en el proceso para asegurar una revisión completa de los posibles daños enunciados por el sistema, y ante su aparición, el dispositivo realizará una evaluación automatizada de la gravedad de los daños, indicando con un margen amplio de seguridad, cuando la vivienda no esté en condiciones de ser habitada.

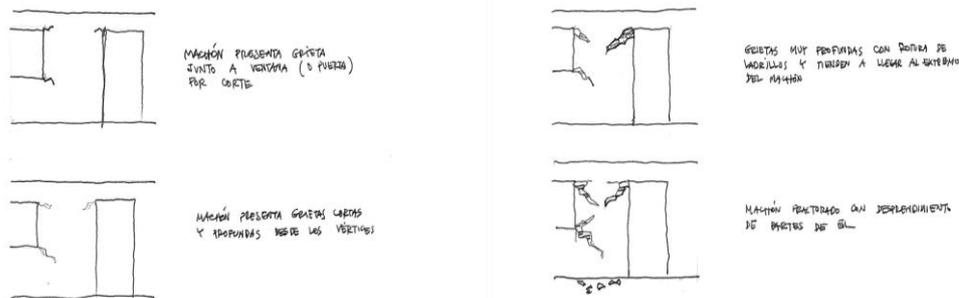


Ilustración 1 – Croquis con resumen de los daños que aparecen en machones.

Asumiendo que los voluntarios no poseen la preparación ni experiencia necesaria para evaluar el estado de una vivienda, pero sí la de reconocer signos en una construcción siniestrada (e.g. “Bajo la ventana aparece una grieta en 45°, de 10 a 15 cm. hacia el interior del antepecho.”), la aplicación sitúa al usuario en un flujo guiado de reconocimiento visual de síntomas. Estos daños están categorizados según su magnitud e importancia dentro de la estructura de la construcción y se presentan por medio de una descripción visual (Ilustración 1), su ubicación en una representación tridimensional de la vivienda (Ilustración 2) y explicaciones que permiten diferenciarlos de otros daños posibles.

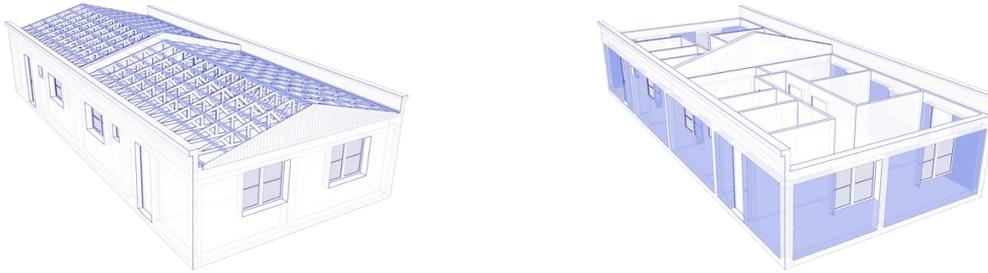


Ilustración 2 - Representación tridimensional de zonas de vivienda (derecha machones - izquierda costaneras).

Con esta información se espera que las distintas entidades públicas y privadas, puedan determinar cursos de acción durante el periodo crítico, disponiendo de recursos en base a un levantamiento preliminar sistematizado. Posterior a la etapa de emergencia, diversos expertos podrán asistir a terreno a realizar las evaluaciones finales pertinentes, teniendo como base el levantamiento preliminar realizado por SEISMO, para así establecer prioridades de sectores y viviendas a analizar.

3.3. Metodología de investigación, desarrollo y validación.

Para el desarrollo de SEISMO se dividió el proceso de trabajo en tres etapas:

1. Análisis por medio de grupos Delphy con peritos expertos de escenarios simulados para determinar zonas de importancia, tipologías de daños esperados según sistema constructivo y el reconocimiento de aquellos que son invalidantes por sí solos.
2. Tabulación de escenarios, definición de zonas de la vivienda, tipos de daños y valorización de estos eventos (Tabla 1) según la gravedad de su aparición en relación con la condición de la estructura. Según cada uno de estos parámetros se establece una evaluación numérica. Mediante algoritmos se cruzan los datos entre sí para determinar un puntaje y se determina el diagnóstico, que para la evaluación en terreno será binaria: “habitable” o “Inhabitable”, mientras que el sistema de planificación recibirá el rango de habitabilidad y capacidad de recuperación de la edificación.

	NOMBRE	MANIFESTADO POR	ID	ALERTA	ETIQUETA BOTÓN	DAÑO
1	 ESQUINAS LAS ESQUINAS DE MUROS SE SEPARAN Y PUEDE EXISTIR DAÑO EN EL PILAR/CADENA	1.1		Grieta entre muro estructural y tabique.	A4	
		1.2		Grieta en muros estructurales que no cubre todo el alto.	A2	
		1.3	X	Grieta completa con separación entre muros estructurales.	A1	
2	 ANTEPECHO EL MACHÓN BAJO LAS VENTANAS (ANTEPECHO) PRESENTA GRIETAS EN ÁNGULO.	2.1		Pequeñas grietas en esquina inferior de la ventana	C4	
		2.2		Grietas profundas en ángulo.	C2	
		2.3		Grietas formando X, antepecho roto	C1	
3	 ENTREPISO LAS LOSAS Y/O ENTREPISO MADERA PRESENTAN ROTURAS EN SU LARGO Y/O GRIETAS EN ÁNGULO HACIA LOS VÉRTICES.	3.1		Losa con grietas sin roturas profundas.	A3	
		3.2	X	Losa con grietas profundas y caída de partes.	A1	
		3.3	X	Entrepiso de madera con vigas desniveladas	A1	
4	 MACHON GRIETAS EN MACHONES DE MUROS	4.1		Grietas pequeña en unión del machón y ventana(s).	B4	
		4.2		Roturas en unión del machón y ventana(s).	B3	
		4.3		Grietas profundas en extremos del machón.	B2	
		4.4		Desprendimiento de partes del machón.	B1	
5	 JUNTAS GRIETAS VERTICALES O DESPRENDIMIENTO DE REVESTIMIENTO EN UNIÓN DE DOS EDIFICIOS	5.1		Grietas y desprendimiento de revestimiento.	C4	
		5.2		Grietas profundas a uno o ambos lados	C2	
		5.3		Fracturas con fierros a la vista.	C1	
6	 ANTEPECHO GRIETAS HORIZONTAL SOBRE LA CADENA	6.1		Grieta superficial bajo el frontón (antepecho).	B4	
		6.2	X	Grieta horizontal completa en la base del frontón.	B2	
		6.3	X	Desprendimiento de material bajo el frontón.	B1	

Tabla 1 - Tabulación de escenarios, definición de zonas de la vivienda, tipos de daños y valorización

La valoración se basó en una lógica de sumatoria en que al alcanzar los valores umbral, el diagnóstico cambia en su resultado. En este sentido, los daños de menor relevancia para la estructura de la vivienda poseen valores muy bajos que independiente de la cantidad de apariciones (e.g. “Juntas de dilatación exhiben grietas y desprendimiento de revestimiento.”) el resultado del diagnóstico no fuese comprometido.

3. Diseño de aplicación digital que integra en su flujo de interacciones las prestaciones necesarias para su georreferenciación y tabulación sistemáticas. De esta manera el diseño de la interfaz comienza con una caracterización simple de la vivienda (ubicación, sistema constructivo y estado inicial), para luego, desde una visualización tridimensional esquemática, se realiza el chequeo guiado (Imagen 2).

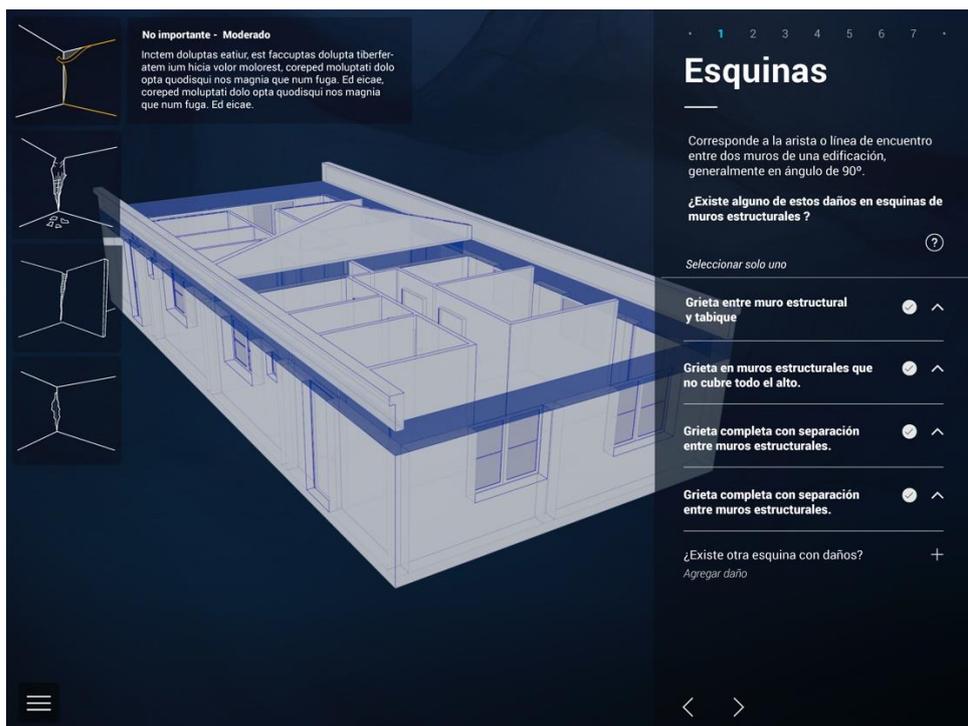


Imagen 2 - Captura de pantalla de aplicación SEISMO.

El sistema fue testeado en dos escenarios complementarios; el primero por medio de casos históricos en que expertos incluían los daños existentes y la aplicación indicaba su estado (habitable – inhabitable). Estas pruebas de concepto permitieron validar a nivel inicial que las valorizaciones y el algoritmo de diagnóstico eran conducentes a los resultados esperados.

El segundo mecanismo de testeado se realizó por medio de una revisión en terreno tras el sismo de magnitud 6.7 en la región de Coquimbo el 19 de enero de 2019⁹. La prueba se llevó a cabo por medio de un chequeo por par ciego. Cada vivienda era chequeada por un experto, mientras una persona seguía las indicaciones de la aplicación.

Para la calibración del sistema de algoritmo, el sistema requiere 3 entradas de información primordiales, ligados a los caracteres observables por el voluntario/usuario de la aplicación, al sistema constructivo de la vivienda, su configuración y relación estructural.

⁹ Información obtenida desde ONEMI <http://www.onemi.cl/informate/sismo-de-mayor-intensidad-en-la-region-de-coquimbo-3/>

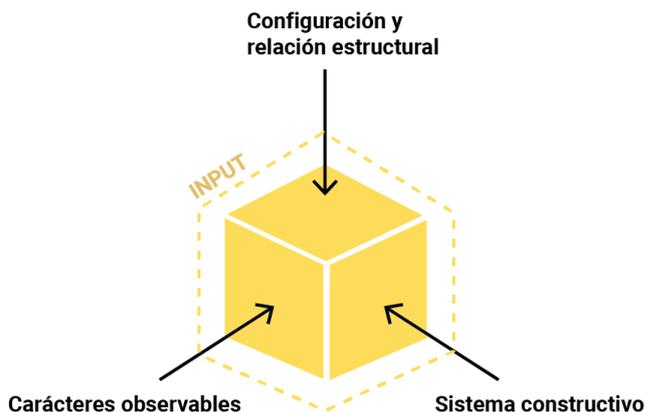


Figura 2 - Calibración del sistema de algoritmo

1. **Carácter observable:** Refiere a toda patología levantada por el usuario de SEISMO. Para esto el sistema posee un glosario, sistema de capacitación previa y asistencia guiada, que permita el levantamiento de datos de manera rápida y precisa.
2. **Sistema constructivo:** Refiere al estudio del sistema constructivo a evaluar, considerando todos los daños posibles y sus manifestaciones físicas. Esto calibrará al sistema en base a la gravedad y comportamiento según los riesgos y deficiencias de cada materialidad edificatoria.
3. **Configuración y relación estructural:** Se establece un trabajo de levantamiento mediante identificación de diversas unidades estructurales, las que permiten diferenciar el comportamiento de los diversos sectores de una vivienda y su relación con las estructuras colindantes.

De esta manera no solo se conocerán qué sectores de una vivienda se encuentran mayormente dañados y en riesgo, sino también se establece el grado de influencia entre diversas estructuras (ya sea colindante o colaborativa), para la determinación más apropiada de su rango de habitabilidad. Estos factores nos permiten relacionar el comportamiento entre diversas materialidades constructivas (sistemas mixtos) y diversos pisos (estructuras codependientes).

CONCLUSIONES

Podemos identificar a Chile como uno de los principales países afectados en materias de eventos sísmicos a nivel mundial, por lo que realizar una estrategia que aborde esta problemática resultaría no sólo un método de resguardo civil a nivel local, sino también una oportunidad de posicionamiento a nivel internacional, pudiendo el desarrollo de este tipo de investigaciones, brindar asistencia a otros países en la configuración de planes de acción, nuevas metodologías y tecnologías en esta temática.

En este sentido, acercar los procesos de asistencia y preparación a grupos de respuesta temprana, constituidos en gran medida grupos coordinados de ciudadanos, parece una forma de acortar la brecha entre el conocimiento experto y los requerimientos en casos de emergencia. De esta manera el desarrollo de esta aplicación busca apoyar la labor de evaluación de daños materiales en las edificaciones, generando de manera efectiva, tabulada y en tiempo real, una interpretación y determinación de la situación de las viviendas siniestradas tras un evento sísmico, y sin la necesidad de un experto en el lugar.

BIBLIOGRAFÍA

Burton, H. V., & Deierlein, G. G., 2017. Integrating visual damage simulation, virtual inspection, and collapse capacity to evaluate post-earthquake structural safety of buildings. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*. doi:10.1002/eqe.2951

Barcaza, S., 2012. Manual de Terreno. Evaluación de Daños y Soluciones para Construcciones en Tierra Cruda. Disponible en URL: <https://www.cdt.cl/download/5010/>

Jiménez Fàbrega, X., & Espila, J. L., 2010. Códigos de activación en urgencias y emergencias: La utilidad de priorizar. In *Anales del Sistema Sanitario de Navarra* (Vol. 33, pp. 77-88). Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.