

Metodología para la Evaluación Rápida de Daños en Edificaciones y su Aplicación

G. Coronel-Delgado^{1*}, O. A. López², C. Ginés³, F. Fierro³, A. Marinilli⁴, A. Urich⁵, R. Rojas⁶

*Autor de Contacto: gustavocoroneld@gmail.com

RESUMEN

Se implementa la metodología para evaluar daños en edificaciones de forma rápida, luego de un evento desastroso, con el objetivo de decidir sobre su condición de acceso (permitido, restringido o no permitido). El instrumento de inspección se presenta en planilla física y en este trabajo se desarrolla una aplicación móvil. Se aplica la metodología a dos edificaciones afectadas por el terremoto de Caracas de 1967. El Hotel Macuto Sheraton en La Guaira, identificando que 14 de 24 columnas presentaron daño Severo/Completo, calificando como Riesgo Alto y Acceso “no permitido”. El edificio Mi Veguita en Caracas, con 4 de 18 vigas con daño Severo/Completo obteniendo la recomendación de Acceso “no permitido”. Ambos resultados coinciden con las acciones tomadas en la época.

Palabras clave: Riesgo de Desastre; Seguridad Estructural; Evaluación de Daños; Inspección Rápida; Edificaciones Postdesastre.

¹ IMME, FI, Universidad Central de Venezuela / Estructuras Resilientes, Caracas, Venezuela.

² IMME, FI, Universidad Central de Venezuela / FUNVISIS, Caracas, Venezuela.

³ Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Caracas, Venezuela.

⁴ IMME, FI, Universidad Central de Venezuela / Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.

⁵ BRS Ingenieros C.A. / Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

⁶ Estructuras Resilientes C.A., Caracas, Venezuela.

Cómo citar el artículo:

Coronel-Delgado, G., López, O. A., Gines, C., Fierro F., Marinilli A., Urich A., Rojas R. (2024). *Metodología para la Evaluación Rápida de Daños en Edificaciones y su Aplicación*. IV Congreso Venezolano de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción. Caracas, 25 y 26 de octubre de 2024.

1. INTRODUCCIÓN

Se presenta una metodología para la evaluación de edificaciones dañadas por un terremoto, inundación, explosión, deslizamientos o asentamientos del terreno u otro evento, mediante una inspección de corta duración. No se incluye en el alcance la tipificación de daños por incendio o por corrosión, las cuales se incorporarán en una futura versión. La toma de decisiones sobre edificaciones dañadas, debe apoyarse en tres inspecciones y evaluaciones distintas (Figura 1), de las cuales la metodología aquí presentada sólo se refiere a la primera inspección. Las tres inspecciones se definen a continuación:

- **Evaluación Rápida de Daños:** Esta inspección de corta duración suministra un primer dictamen de la seguridad estructural, que define su grado de habitabilidad y concluye con la colocación de una etiqueta que defina su condición de acceso: a) permitido (etiqueta verde), b) restringido (etiqueta amarilla) o c) no permitido (etiqueta roja).
 - **Evaluación Detallada de Daños:** Esta es una inspección especializada que se realiza a las edificaciones que fueron catalogadas con etiquetas roja o amarilla en la Evaluación Rápida. Su finalidad es decidir si la edificación puede o debe ser reparada, reforzada o demolida.
 - **Evaluación Estructural para la Reparación o Refuerzo de la Edificación:** La intención de esta evaluación es desarrollar los documentos técnicos y planos para la reparación y el refuerzo estructural de la edificación, bajo el marco de las normas técnicas nacionales.
- En este artículo se presenta una síntesis de la metodología de la Evaluación Rápida de Daños.

En López et al. (2023) se presenta una descripción más completa que incluye el Manual de Entrenamiento (guía con material gráfico) y ejemplos detallados de aplicación.

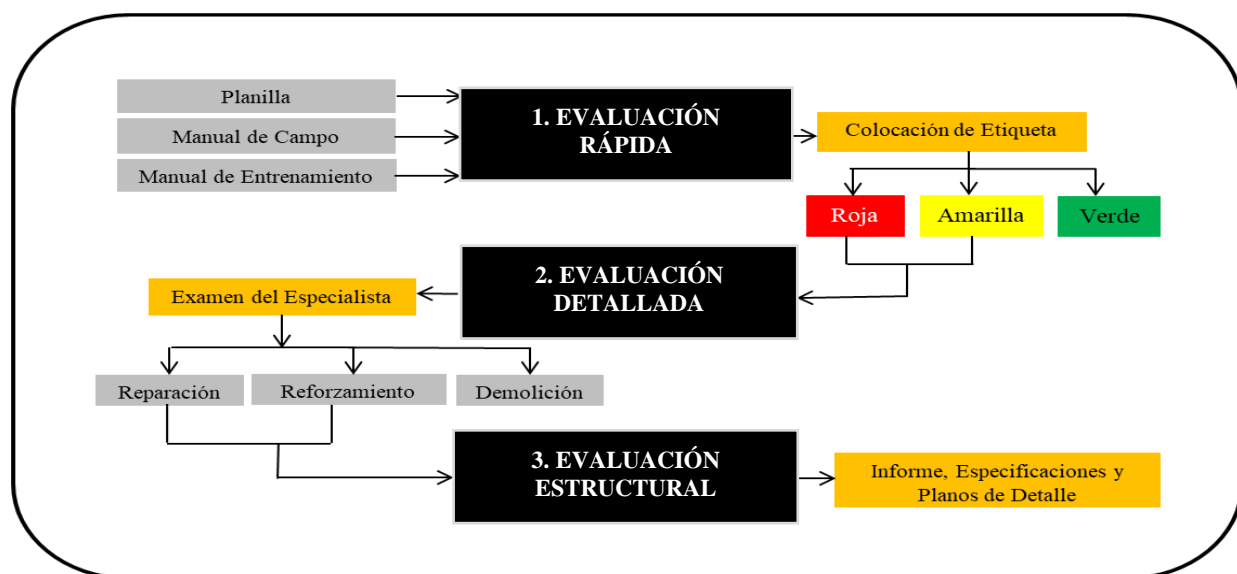


Figura 1. Proceso de Evaluación de una Edificación, con sus tres niveles de valoración.

2. SINTESIS DE LA METODOLOGIA

La metodología fue desarrollada considerando la experiencia nacional e internacional. Las propuestas elaboradas por Coronel et al. (2019), Pérez y Rodríguez (2018), González et al. (2018) y la metodología aplicada en Chile (Hurtado, 2015; MOP, 2015), todas inspiradas en la metodología de Japón (Kaminosono et al. 2002; Tami y Sato, 2017), son extendidas y optimizadas en este trabajo. También se consultaron las metodologías que siguen en Estados Unidos para terremotos e inundaciones (ATC, 2004; ATC, 2005), entre otras. Este instrumento de inspección se aplica solamente a edificaciones dañadas, por cualquier evento socio-natural, y por tanto tiene una finalidad diferente a la del instrumento ya existente de inspección de edificaciones para asignar vulnerabilidad y riesgo y priorizar edificaciones, el cual se aplica a construcciones existentes (sin daños), con fines de la gestión del riesgo sísmico (López et al., 2014).

2.1 Instrumento de Inspección y Manual de Campo

La inspección es de corta duración, no es una inspección detallada, su finalidad es la de tomar decisiones a corto plazo sobre el acceso a la edificación afectada por el evento, lo cual depende de los daños y del riesgo asociado. El inspector debe llenar el instrumento de inspección y aplicar la metodología para decidir entre tres opciones: 1) Acceso permitido (etiqueta verde), b) Acceso restringido (etiqueta amarilla), c) Acceso no permitido (etiqueta roja). El llenado del instrumento debe ser ejecutado por personas que se hayan capacitado y obtenido el Certificado de Inspector de Evaluación de Daños. La inspección debe ser efectuada preferiblemente la primera semana después de la ocurrencia del evento. El uso del instrumento se limita a la inspección de edificios, no está diseñada para otras construcciones tales puentes, instalaciones industriales, túneles, represas, etc.

2.1.1 Planilla Física

En la Figura 2.a se muestra la primera página de la Planilla Evaluación Rápida de Daños en Edificaciones, en físico, diseñada para la captación de los datos durante la inspección y que puede ser llenada en sitio. Contiene de siete secciones: 1) información General; 2) Inspección Externa; 3) Identificación del Piso Crítico y de Elementos con Daño Severo/Completo; 4) Inspección de Elementos con Daño Moderado en el Piso Crítico; 5) Inspección de Otros Elementos Estructurales y Componentes No Estructurales; 6) Riesgo Asociado al Daño y Recomendación de Acceso; 7) Acciones Recomendadas. La Figura 2.b presenta la segunda página de la planilla física la cual contiene un espacio para agregar croquis, dibujo y observaciones, incluye el Manual de Campo y un espacio para colocar las firmas de los inspectores. El Manual de Campo es una guía con instrucciones básicas para el correcto llenado de la Planilla, contiene una lista del material a llevar y de las medidas de seguridad que deben cumplir los inspectores, pero no es un sustituto del Manual de Entrenamiento, el cual es parte fundamental del taller de capacitación (López et al., 2023).

2.1.2 Aplicación Móvil

Se ha desarrollado una aplicación móvil (App) que permite captar la misma información que la planilla física y automatizar los criterios para determinar el Riesgo Asociado al Daño y la Recomendación de Acceso: 1) permitido (verde), b) restringido (amarillo), c) no permitido (rojo). La Figura 3 muestra las secciones 1, 3 y 6 de la aplicación. La App permite ubicar el edificio en el mapa y contiene un menú con indicaciones del manual de campo del instrumento.

2.2 Procedimiento y Criterios de Evaluación

Para comenzar la inspección se deben completar los datos generales en la sección 1 del instrumento relacionados al tipo de evento. La identificación de los inspectores y la identificación y ubicación de la edificación (Latitud y Longitud). El uso predominante y el tipo predominante del material que constituye la estructura. Luego se continúa con la inspección externa y de ser necesario las demás inspecciones internas.

La metodología tiene como finalidad determinar el Riesgo Asociado al Daño entre las siguientes opciones: “A. BAJO”, B. MEDIO” y “C. ALTO”, para decidir la Recomendación de Acceso y la colocación de la etiquetas verde, amarilla o roja (sección 6 del instrumento). A cada nivel de Riesgo le corresponde una Etiqueta, como se indica en la Tabla 1. El procedimiento para identificar el riesgo más desfavorable entre las asignaciones de riesgo hechas en cada una de las secciones 2, 3, 4 y 5 del instrumento. Las opciones son las indicadas en la Tabla 1. Finalmente, se debe seleccionar en la sección 7 las Acciones Recomendadas.

Tabla 1. Riesgo asociado al daño, el cual se define seleccionando el riesgo más desfavorable entre las asignaciones de riesgo de las secciones 2, 3, 4 y 5 del instrumento.

| RIESGO | CONDICIÓN | ETIQUETA |
|-----------------|--|---------------------------------------|
| A. BAJO | Si se obtiene alguna sección con riesgo “A. Bajo” y ninguno con riesgo “B. Medio” o “C. Alto.” | Verde Acceso permitido |
| B. MEDIO | Ninguna sección con riesgo “C. Alto” pero alguna sección con riesgo “B. Medio”. | Amarilla Acceso restringido |
| C. ALTO | Si se obtiene en alguna sección riesgo “C. Alto”. | Roja Acceso no permitido |

Fuente: Elaboración propia.

La etiqueta seleccionada debe ser colocada en un sitio claramente visible a la entrada principal de la Edificación. Si el edificio tiene varias entradas, debe colocarse una Etiqueta en cada una de las entradas. El responsable y los residentes de la edificación deben ser informados que la inspección no garantiza la seguridad de la misma ante futuros eventos adversos. Pueden existir situaciones no previstas que se escapen al alcance de la inspección. El responsable de la edificación y sus residentes deben gestionar los estudios adicionales y reparaciones requeridas, y tener presente que las condiciones de estabilidad de la edificación y de su entorno pueden cambiar y en dicho caso deberán solicitar una nueva evaluación. En caso de haberse colocado una Etiqueta Amarilla o Roja, la edificación debe pasar al segundo nivel de evaluación, o inspección detallada, a fin de decidir si puede ser reparada o reforzada o debe ser demolida.

A continuación, se sintetizan los criterios para la evaluación del nivel de riesgo en cada una de las secciones 2, 3, 4 y 5 del instrumento. La información completa se encuentra en López et al. (2023).

2.2.1 Inspección Externa (Sección 2)

El propósito es determinar el nivel de Riesgo Externo, con base en un recorrido alrededor del edificio, sin ingresar a la edificación, y decidir entre las tres opciones posibles de Riesgo: Bajo, Medio o Alto. Se debe calificar el riesgo externo entre “a. Bajo”, “b. Medio” y “c. Alto” en cinco

aspectos: 1) Riesgo de colapso; 2) Peligro por edificios aledaños; 3) Peligro geológico o geotécnico; 4) Asentamiento del edificio; 5) Inclinación del edificio. En López et al. (2023) se describen detalladamente los criterios para asignar la calificación adecuada a cada aspecto. El Riesgo Externo es definido como: “A. Bajo” si los cinco aspectos evaluados tienen la calificación “a. Bajo”, el Riesgo Externo es “B. Medio” cuando al menos un aspecto evaluado tiene la calificación “b. Medio” y no hay ninguno con la calificación “c. Alto”, y el Riesgo Externo es “C. Alto” cuando al menos un aspecto evaluado tiene la calificación “c. Alto”. Si aplica este último, no es necesario continuar la inspección y se debe ir a la sección 6 para calificar el Riesgo Asociado al Daño como “C. ALTO” y colocar la Etiqueta Roja de Acceso no permitido.

2.2.2 Identificación del Piso Crítico y de Elementos con Daño Severo/Completo (Sección 3)

El piso del edificio donde se pueda apreciar una mayor concentración de los daños es definido como el piso crítico, donde se hará la calificación de los daños en los elementos estructurales. Se deben examinar las columnas y sus uniones, los muros de concreto y los muros de mampostería (cuando sean de carga, no cuando sean tabiquería de relleno), las vigas y los elementos de arriostramiento, a los cuales se pueda tener acceso. Se debe contabilizar y anotar en la Planilla el número de elementos con daño Severo o daño Completo. Para catalogar un elemento con daño Severo o con daño Completo se debe usar como guía las imágenes y fotografías que se presentan en López et al. (2023). Si hay uno o más elementos con daño Severo o Completo, se asigna el Riesgo Estructural “C. Alto”, y no es necesario continuar con la inspección. Se debe proseguir directamente a la sección 6 y definir el Riesgo Asociado al Daño como “C. ALTO” y colocar la Etiqueta Roja de Acceso no permitido. Si no hay elementos con daño Severo o Completo, se continúa con la sección 4 del instrumento.

2.2.3 Inspección Elementos con Daño Moderado en el Piso Crítico (Sección 4)

Se debe recorrer el piso crítico e identificar los elementos estructurales más dañados. Completar la información solicitada solamente para el Tipo de Elemento más dañado entre las cuatro alternativas: Columna o unión; Muro de concreto; Muro de mampostería y Viga o elemento de arriostramiento. Luego, identificar el grado de daño en el Tipo de Elemento seleccionado, entre dos opciones posibles: Sin Daño/Menor o Moderado, siguiendo los lineamientos indicados gráficamente en López et al. (2023). Se debe contabilizar el número de elementos examinados y el número de elementos con cada tipo de daño. Calcular el porcentaje (%) de Elementos con daño Moderado como el cociente de la cantidad de elementos con daño Moderado dividido entre el número de elementos examinados, multiplicado por 100. Luego, se procede a llenar la última fila para catalogar el Riesgo Estructural por Daño Moderado. Seleccionar si es: “A. Bajo”, “B. Medio” o “C. Alto”, con base al % de Elementos con Daño Moderado.

2.2.4 Inspección de Otros Elementos Estructurales y Componentes No Estructurales (Sección 5)

Se debe completar la información solicitada en esta sección referida al nivel de riesgo “A. Bajo”, “B. Medio” o “C. Alto” de cada uno de los componentes allí indicados. Para todos los casos se entiende como riesgo de caída, cuando se pone en evidencia la posibilidad de un desprendimiento del componente que comprometa la seguridad de los ocupantes de la edificación y de las personas que circulen en sus cercanías. Las paredes se refieren a paredes o tabiques de relleno de mampostería. Los criterios se detallan y ejemplifican en López et al. (2023).

3. APLICACIÓN AL EDIFICIO HOTEL MACUTO SHERATON

El primer ejemplo de aplicación de la metodología es el edificio Hotel Macuto Sheraton en La Guaira, que sufrió daños estructurales importantes durante el sismo de Caracas de 1967 ($M=6,6$), donde la Comisión Presidencial del Sismo estimó que la aceleración del terreno fue entre 0,10g y 0,13g (MOP, 1978). En la Figura 5a y Figura 6a, se identifica que el edificio tiene entre 10 y 11 pisos con un sistema estructural de concreto armado el cual estaba constituido por muros en los niveles superiores del edificio, que no continuaban hasta los niveles inferiores, y columnas en los tres niveles más bajos. Se procede a llenar los datos en la planilla física (Tabla 2) como se hubiese realizado en 1967.

a) Daños externos (Fuente: K. Steinbrugge, descargada de NISEE, 2024)



b) Daños internos nivel mezzanina (Fuente: V. Bertero, descargada de NISEE, 2024)



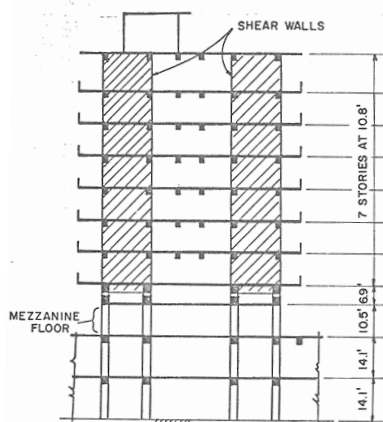
Figura 5. Daños en el Edificio Hotel Macuto Sheraton en 1967.

En la inspección externa (Tabla 2, Sección 2) se indica que hubo un peligro geológico o geotécnico Moderado “b. Medio”, dado que hubo evidencias claras de licuación, que estuvo acompañada de grietas considerables en el terreno en la línea costera, piscina, muelle, pavimento y alrededores. Por lo que el Riesgo Externo es calificado como “B. Medio”.

En la inspección interna se evidencia que los daños estructurales se concentraron en las columnas y vigas de los niveles inferiores, siendo el nivel más crítico la mezzanina, por lo que sus 24 columnas son los elementos a evaluar en la inspección interna (Figura 5b, Figura 6). Los resultados se muestran en la Tabla 2, Sección 3. El resultado indica que 14 de las 24 columnas (58%) presentaron daño Severo/Completo, calificando como Riesgo “C. Alto”.

La calificación de Riesgo “C. Alto” en las columnas, es uno de los cuatro criterios estipulados para que no se continúe la inspección y se pase a la Sección 6 en donde se califica el Riesgo Total Asociado al Daño como “C. ALTO”, siendo la Recomendación Final “Acceso no permitido” asociada con la tarjeta roja (Tabla 3, Secciones 6 y 7). Esta evaluación coincide con las acciones que se tomaron en la época.

a) Esquema de elevación



b) Esquema de planta (mezanina), identificación de daños.

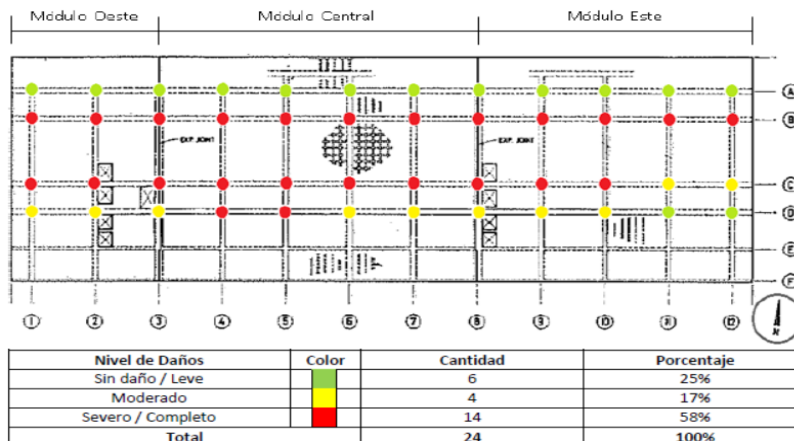


Figura 6. Esquemas de elevación y planta (mezanina) del Edificio Hotel Macuto Sheraton señalando los daños en columnas en 1967 (Fuente: NISEE, 2024).

Tabla 2. Inspección Externa e Interna del Edificio Hotel Macuto Sheraton.

| 2. INSPECCIÓN EXTERNA (calificar sin ingresar a la edificación) | | | | | | | |
|--|--|----|-----------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------|----------------|
| Aspectos revisados | a. Bajo | | b. Medio | | c. Alto | | |
| Colapso de la estructura | No | | No | X | Posible, Parcial o Total | | |
| Peligro por edificios aledaños | No | X | Moderado | | Elevado | | |
| Peligro geológico o geotécnico | No | | Moderado | X | Elevado | | |
| Asentamiento del edificio | No | X | Hasta 20 cm | | > 20 cm | | |
| Inclinación del edificio | No | X | Hasta 2cm/60cm | | Mayor que 2cm/60cm | | |
| Riesgo Externo | A. Bajo (Todos a) | | B. Medio (b≥1 y c=0) | | X C. Alto (c≥1) | | |
| 3. IDENTIFICACIÓN DEL PISO CRÍTICO Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES CON DAÑO SEVERO/COMPLETO | | | | | | | |
| Pisos Inspeccionados | Todos | | | Piso Crítico | | Mezzanina o Piso 3 | |
| Acceso a miembros estructurales principales | Todos | X | Casi todos | | Pocos | | Ninguno |
| Nº de elementos daño Severo/Completo (N) | Columna/Unión | 14 | Muro (Conc.) | | Muro (Mampost.) | | Viga, arriost. |
| Riesgo Estructural por daño Severo/Completo | No hay (N=0) continuar inspección | | | C. Alto (N≥1) | | | |
| Si el Riesgo Estructural es catalogado como C. Alto, no continúe con la inspección interna, vaya al punto 6 y coloque Etiqueta roja. | | | | | | | |

Tabla 3. Resultados de la Evaluación Rápida de Daños en el Hotel Macuto Sheraton.

| 6. RIESGO ASOCIADO AL DAÑO Y RECOMENDACIÓN DE ACCESO (tomar el Riesgo más desfavorable entre los Puntos 2, 3, 4 y 5) | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------|---|
| A. BAJO | | B. MEDIO | | | C. ALTO | |
| Acceso permitido | Etiqueta verde | Acceso restringido | Etiqueta amarilla | Acceso no permitido | Etiqueta roja | X |
| 7. ACCIONES RECOMENDADAS | | | | | | |
| Inspección Detallada | Estructura | X | Geología o Geotecnia | | Instalaciones | X |
| | Acordonar | X | Cerrar calles | X | Apuntalar | |
| | Desconectar gas | X | Desconectar electricidad | X | Otra (en observaciones) | |

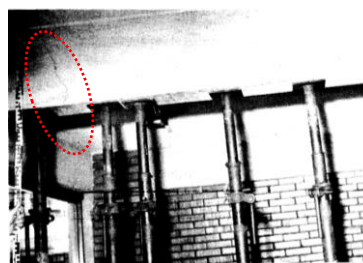
4. APLICACIÓN AL EDIFICIO RESIDENCIAS MI VEGUITA

El edificio Residencias Mi Veguita ubicado en Sebucán, Caracas, es de uso predominantemente residencial, fue construido en 1965 y tiene 17 pisos y un sótano (Figura 15a). La estructura es de pórticos de concreto con vigas en sus dos direcciones, algunas son planas, con 24 columnas. Las 8 columnas de los ejes 1 y 2 en Planta Baja tiene doble altura (Figura 6), y presenta una densidad de paredes de menos de la mitad que la que tiene en los pisos superiores. Los daños son descritos detalladamente por la Comisión Presidencial del Sismo de Caracas de 1967 (Figura 6b; MOP, 1978). Se procede a captar los datos con la aplicación móvil (Figura 7). La inspección externa califica todos los aspectos revisados como riesgo “a. Bajo”, por lo que el Riesgo Externo resulta “A. Bajo”, y se continua con la inspección interna.

a) Vista externa (Fuente: Fundación Arquitectura y Ciudad, 2013)



b) Daños en viga “D” (6-7) piso 1.



c) Daños en la viga “D” (5-6) piso 1.

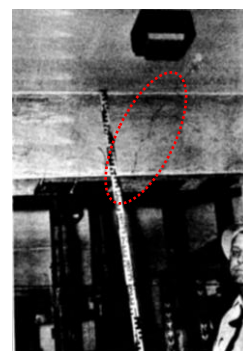
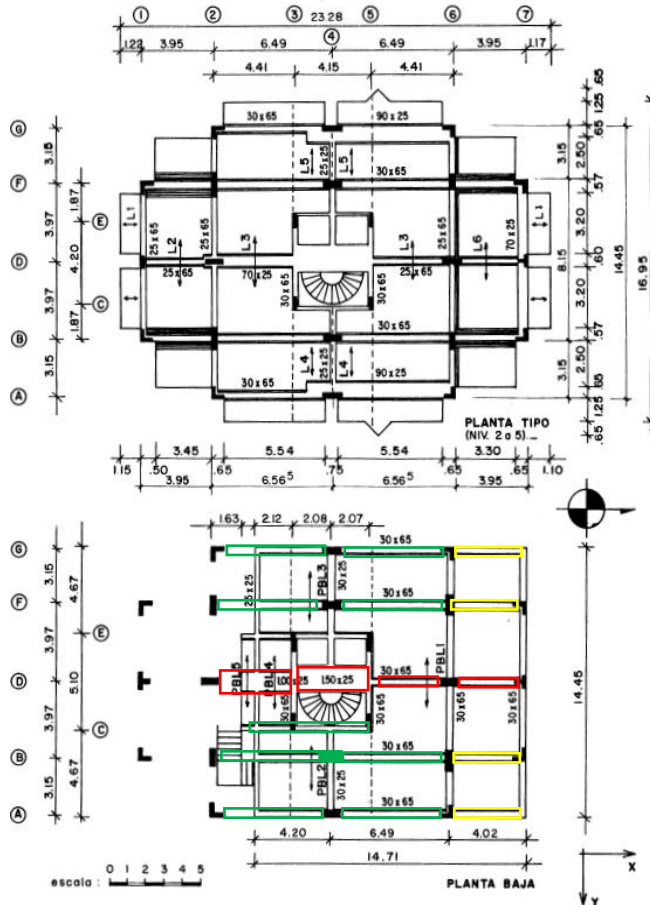


Figura 5. Edificio Residencias Mi Veguita.

En la inspección interna se define la Planta Baja como el piso crítico. No hubo daño en columnas (salvo ligeras fisuras en la columna B-4 de PB), el daño mayor fue en las vigas y losas de Planta Baja (Figura 6a) y Piso 1. La descripción de los daños (Figura 6b) indica que hay vigas con grietas mayores de 2,5 mm en el pórtico D, lo cual califica como daño Severo/Completo conforme al Manual de Campo (Figura 2b). De las 18 vigas, 4 (22%) se califican con daño Severo/Completo, 4 (22%) con daño Moderado y 10 (46%) Sin daño/Leve. Dado esto se termina la inspección y la aplicación móvil nos indica automáticamente que se debe colocar la etiqueta roja de Acceso No Permitido (Figura 7). Luego se indican las acciones recomendadas, en este caso se sugiere una inspección detallada a la estructura y los servicios, apuntalar las vigas afectada tal como se evidencia que ocurrió en 1967 (Figura 5b) y desconectar el servicio de gas.

a) Esquemas de planta (MOP, 1978), identificación de daños.



b) Descripción de los daños (MOP, 1978)

Daños.- Evaluación global 2.9.

Daños en vigas y losas:

Nivel P.B. Fisuras en vigas de los pórticos A, B, F, G, (tramos 1-2 y 6-7) cerca de los apoyos. En el pórtico D (el más dañado) grietas en apoyos y tramos con máxima abertura 2,5 mm.

Nivel 1. Sin daños las vigas de los pórticos E-O y las vigas planas de los pórticos N-S. Las vigas altas de los pórticos A, B, F y G acusaron grietas cerca de los apoyos de las columnas del eje 6. En el pórtico D cerca de la columna D-7, hay una grieta de 4,5 mm. que forma un ángulo de 45° aproximadamente; también se agrietó en el tramo 6-7; se apreciaron 4 grietas de más de 1 mm. El volado de la losa L-3 también se dañó.

En los niveles 2° 3° y 4° los daños son semejantes a los del nivel 1, pero de menor grado, llegando casi a desaparecer en el nivel 6, donde las grietas son casi invisibles y menos numerosas. Se constató que las grietas en las losas de los niveles 1, 2 y 3 son debidas al aplastamiento de bloques de losa en el sitio donde se anclan las cabillas de los volados L-1 y L-7.

Daños en columnas:

En la columna B-4 (P B) existe una esquina fisurada, probablemente sólo en el recubrimiento.

Daños de Tabiquería, friso, porcelana y pisos:

Sótano: Sin daños.

P.B: Daños en paredes de ladrillo, frisos y porcelana.

Fisos 1, 2 y 3: Fisuras en tabiquería y algunos daños en paredes exteriores sin desprendimientos.

Pocas grietas en pisos y techos.

c) Identificación de daño en vigas

| Nivel de Daño | Color | Cantidad | Porcentaje |
|-------------------|-------|----------|------------|
| Sin daño / Leve | | 10 | 46% |
| Moderado | | 4 | 22% |
| Severo / Completo | | 4 | 22% |
| Total | | 18 | 100% |

Figura 6. Esquema de planta y daños del Edificio Mi Veguita en 1967 (Fuente: MOP, 1978).

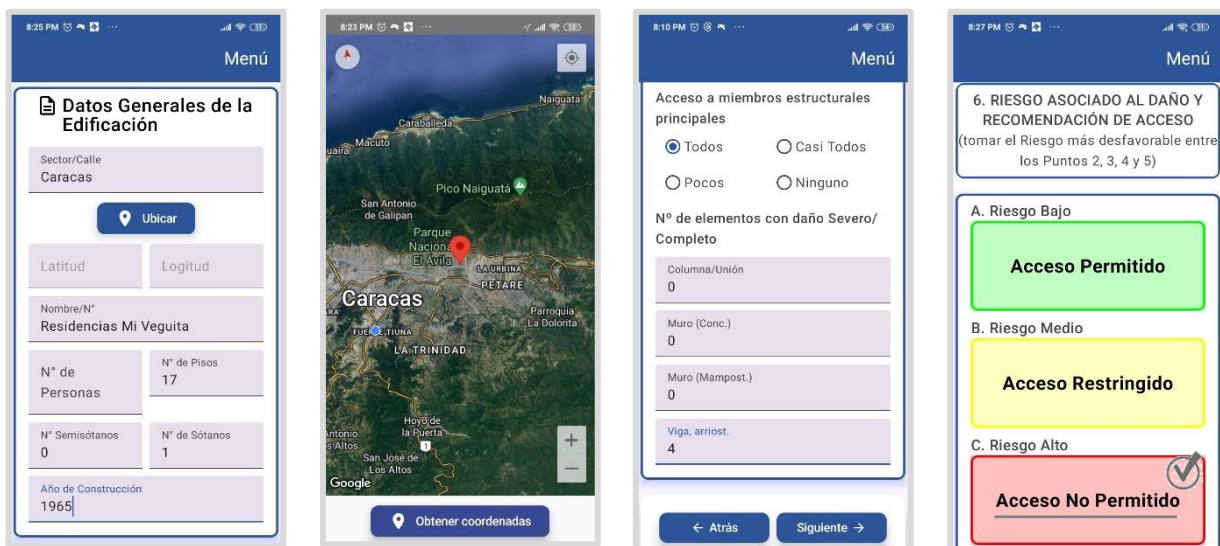


Figura 7. Datos generales del edificio Mi Veguita y resultados mediante la Aplicación Móvil.

5. CONCLUSIONES

Se presentó de forma sintetizada la metodología propuesta por López et al. (2023) para la evaluación rápida de edificaciones dañadas por la acción de terremotos, inundaciones, explosiones, deslizamientos o asentamientos del terreno, entre otras acciones. El resultado es la colocación de una etiqueta que especifique su condición de habitabilidad o de acceso entre: a) permitido (etiqueta verde), b) restringido (etiqueta amarilla) o c) no permitido (etiqueta roja).

La inspección rápida es la primera fase del proceso de evaluación que incluye: 1) Evaluación Rápida de Daños; si la Etiqueta asignada es amarilla o roja, se pasa a la fase 2) Evaluación Detallada de Daños por especialistas, y luego aquellas edificaciones que no deban ser demolidas pasan a la fase 3) Evaluación Estructural para la Reparación o Refuerzo de la Edificación.

Se aplicó la metodología propuesta a la evaluación de daños de dos edificaciones afectadas por el sismo de Caracas de 1967 de magnitud 6,6 para las cuales se contó con la información recopilada por la Comisión Presidencial para el Sismo (MOP, 1987). Los edificios evaluados son el Hotel Macuto Sheraton en La Guaira y Residencias Mi Veguita en Caracas, al respecto se concluye que:

- El Hotel Macuto Sheraton sufrió daños Severo/Completo en el 58% de las columnas del nivel de mezzanina, lo cual condujo a una calificación de Riesgo Total asociado al Daño de “C. ALTO” y la etiqueta roja de “Acceso no Permitido”, en concordancia con las acciones que se tomaron en la época. El Hotel ha sido objeto de las siguientes fases de evaluación detalladas y evaluación estructural, así como de obras de reparación y reforzamiento. Actualmente se encuentra en un nuevo proceso de rehabilitación estructural.
- El daño global en el Edificio Residencias Mi Veguita luego del terremoto, fue descrito por la Comisión Presidencial como “existen algunos elementos estructurales agrietados o rotos, pero el daño está localizado sólo en una zona del edificio y las demás partes permanecieron sin daños graves” y consideraron que el edificio no era habitable hasta que no se procediera a su reparación y reforzamiento (MOP, 1978). La aplicación de la metodología propuesta conduce a la misma recomendación.

La aplicación móvil desarrollada y presentada en este trabajo implementa la metodología propuesta en López et al. (2023) para la evaluación rápida de daños en edificaciones, y representa un aporte concreto para su aplicación masiva en la atención inmediata y racional de edificaciones dañadas por eventos de causa natural o antrópica, contribuyendo de esta manera a mejorar las acciones de repuesta rápida y la toma de decisiones en la gestión del riesgo en Venezuela.

6. AGRADECIMIENTOS

La versión inicial del instrumento de inspección fue elaborada con el apoyo del equipo del Departamento de Ingeniería Sísmica de FUNVISIS, luego afinada y mejorada por el Comité Evaluador constituido por los autores de este artículo, con el apoyo del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Facultad de Ingeniería de la UCV, Facultad de Ingeniería de la UCAB, BRS Ingenieros C.A. y Estructuras Resilientes C.A. El desarrollo de la aplicación móvil estuvo a cargo de Romme Rojas y Jonathan Pérez de Estructuras Resilientes C.A.

7. REFERENCIAS

- ATC (2004). *Field Manual: Safety Evaluation of Buildings after Windstorms and Floods, ATC-45 Report*, Applied Technology Council, Redwood City, California.
- ATC (2005). *Field Manual: Procedures for Post-earthquake Safety Evaluation of Buildings, Second Edition, ATC-20-1 Report*, Applied Technology Council, Redwood City, California.
- Coronel D.G., González J., Páez V., Rodríguez M. Y Pérez R. (2019). *Evaluación de la Seguridad de Estructuras Después de un Terremoto en Venezuela: Propuesta Adaptando la Experiencia de Japón*. Presentación en el Foro de Gestión de Riesgos de Desastres 2019, Quito, Ecuador, 28 de noviembre de 2019.
- Fundación Arquitectura y Ciudad (2013). Crono Arquitectura Venezuela. Residencias Mi Veguita, 1965. Ediciones FAU UCV. <https://fundaayc.com/2013/10/24/1965%e2%80%a2-residencias-mi-veguita/> [Último acceso: junio, 2024].
- González J., Páez V., Rojas R. Y Ascanio W. (2018). *Guía de Evaluación Post-Sísmica de Edificios de Acero (Versión Preliminar)*, FUNVISIS, Caracas.
- Hurtado E., (2015). *Fichas de Lesiones Típicas de Daños por Terremotos en Inmuebles para uso con Ficha de Inspección Rápida desarrollada por la Dirección de Arquitectura*. Sub Departamento de Ingeniería y Construcción – DEPU – DA – MOP. Chile.
- Kaminosono T., Kumazawa F., Nakano Y. (2002). *Manual de Inspección Rápida de Edificios de Concreto Armado dañados por Terremotos*. Nota Técnica del Instituto Nacional de Gestión de Tierra e Infraestructura, N° 40.
- López O. A., Coronel D. G., Ginés C., Fierro F., Marinilli A., Urich A. (2023). *Evaluación Rápida de Daños en Edificaciones*. Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH). 61(4): 8–31.
- López O. A., Coronel G., Ascanio W., Rojas R., Páez V., Olbrich F., Rengel J. G. Y González J. (2014). *Índices de Priorización de Edificios para la Gestión del Riesgo Sísmico*. Informe Técnico FUNVISIS, FUN-002, 2014.
- MOP (1978). “*Segunda Fase del Estudio del Sismo ocurrido en Caracas el 29 de julio de 1967, Vol. B*”. Comisión Presidencial del Sismo, Min. de Obras Públicas. Venezuela. p. 746.
- MOP (2015). *Ficha de Evaluación de Daños para Inspección Rápida de Edificios Públicos. Versión 3*. Unidad de Ingeniería y Construcción, Departamento de Edificación - División Edificación Pública. Dirección de Arquitectura | MOP, Chile.
- NISEE (2024). National Information Service for Earthquake Engineering, University of California, Berkeley. <https://nisee.berkeley.edu/elibrary/> [Último acceso: junio, 2024].
- Pérez R. Y M. Rodríguez (2018). *Propuesta de un procedimiento de Evaluación Rápida de la Seguridad de Edificaciones de Concreto Reforzado después de un Terremoto*. TEG dirigido por el Prof. Gustavo Coronel D. Fac. de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. p. 237.
- Tani, M Y T. Sato (2017). *Evaluación Rápida de Riesgos en Edificios Afectados por Terremotos*. Presentación en el IISEE, Building Research Institute (BRI), Tsukuba, Japón.