

DANIEL ROJAS MORA
Ingeniero Civil, MIC Uniandes
Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia

MTS ADMINISTRACIÓN TOTAL

INFORME FINAL SOBRE DAÑOS GENERADOS POR LOS SISMOS OCURRIDOS EN BOGOTÁ EL 17 DE AGOSTO DE 2023 EN EL EDIFICIO ELEMENTO UBICADO EN BOGOTÁ



*Torres del Edificio Elemento P.H. en Bogotá
Avenida Calle 26 No. 69 – 76*

Por: Ing. DANIEL ROJAS MORA
Mat. No. 25202-03390 CND

AGOSTO 25 DE 2023
BOGOTÁ

MTS ADMINISTRACIÓN TOTAL
INFORME RESUMEN SOBRE DAÑOS GENERADOS POR LOS SISMOS OCURRIDOS
EN BOGOTÁ EL 17 DE AGOSTO DE 2023 EN EL EDIFICIO ELEMENTO UBICADO EN
BOGOTÁ

A continuación, se presenta un resumen de la inspección visual llevada a cabo a la estructura y elementos no estructurales en varios sitios de las cuatro torres que conforman el Edificio Elemento ubicado en la calle 26 No. 69 – 76 en Bogotá, de acuerdo a la Orden de Compra OC-126-003571 del 8 de agosto de 2023.

Sitios inspeccionados:

- Torre 1 - oficinas de Transmilenio: pisos 2 al 7 y piso 8.
- Torre 2 - oficinas de Johnson & Johnson y el piso 2 de Uspec
- Los sótanos de las cuatro (4) torres
- La cubierta y las escaleras de emergencia

Inspección al sistema estructural de las torres

En todos los sitios inspeccionados no se encontró ningún daño estructural, ni en columnas, ni en muros estructurales, ni en vigas, ni en las placas de entrepiso. Por lo que se concluye que la estructura de cada una de las cuatro torres está en igual estado estructural a como se encontraba antes de los sismos ocurridos.

Conclusión: No hubo ninguna afectación al sistema estructural de las cuatro torres por causa de los sismos ocurridos el 17 de agosto de 2023.

Observación: En la escalera de emergencia que se encuentra entre las torres 2 y 3, exactamente en la junta de construcción entre estas dos torres, la viga que soporta la escalera al llegar al descanso y que está en voladizo amarrada a la torre 2, en algunos pisos superiores del edificio, sufrió una leve desintegración del concreto en la punta, causada por el golpeteo durante el sismo con la zona de descanso que se encuentra amarrada a la torre 3. Las vigas afectadas se encuentran en buen estado estructural y no está en riesgo la estabilidad de las escaleras.



A pesar del golpeteo entre las torres 2 y 3 las vigas que soportan la escalera se encuentran en buen estado estructural.

No se encontró ningún tipo de deformación o asentamiento del edificio en la placa de cimentación en el sótano 4, ni se presentaron deformaciones visibles en las placas aéreas de los sótanos. Tampoco se observa visualmente deformaciones o asentamientos en las zonas peatonales exteriores perimetrales y de acceso al Edificio Elemento generadas por causa de los sismos.

Inspección a los elementos no estructurales:

Los elementos no estructurales, tal como los define el Reglamento NSR-10 corresponden a: (a) Acabados y elementos arquitectónicos (muros y fachadas) y decorativos, (b) Instalaciones hidráulicas y sanitarias, (c) Instalaciones eléctricas, (d) Instalaciones de gas, (e) Equipos mecánicos, (f) Estanterías e (g) Instalaciones especiales.

Los únicos daños leves y unos muy pocos moderados que se observaron durante la inspección, fueron en muros divisorios de mampostería, generados por los movimientos de la estructura durante los sismos ocurridos, produciendo desprendimiento del pañete de los muros en su parte superior cerca de la placa de entrepiso y algunas grietas leves y moderadas. Estos daños (excepto en cuatro sitios) no ponen en riesgo la seguridad de los trabajadores en sus respectivas oficinas dentro de las torres.



Tipología de grietas leves (de 1 mm de espesor o menos) que se presentaron en muy pocos muros divisorios de mampostería en las oficinas de Transmilenio y de Johnson & Johnson, las cuales no tienen ninguna afectación estructural en estos muros y no existe ningún peligro de seguir trabajando así con los ocupantes de las oficinas.



Estas son tres de las grietas moderadas (cercasas a 3 mm) que se presentaron.

Los mayores daños que se observaron en elementos no estructurales (que se muestran en las anteriores fotografías) corresponden a unas grietas moderadas (espesor cercano a 3 mm – foto izquierda y central en la parte superior) en un muro de mampostería ubicado en la bodega de dotación en el piso 5 de Transmilenio (Torre 1) y la foto derecha corresponde a un daño moderado en un cuarto de archivo en el piso 2 en las oficinas de Uspec (Torre 2). Se recomienda retirar el mortero del muro que se encuentra suelto para poder dar uso con personal en estos tres sitios.



Estos fueron los mayores daños de agrietamiento que se presentaron en muros divisorios de mampostería, clasificados entre moderados y fuertes que se observaron en el piso 8 de la Torre 1. Se recomienda retirar el mortero del muro en estos sitios que se encuentra suelto para poder dar uso con personal en este sitio.

Las fachadas de las cuatro torres no presentaron ninguna afectación por los sismos y todas las instalaciones eléctricas, mecánicas e hidráulicas se comportaron muy bien durante los sismos ocurridos el pasado 17 de agosto de 2023.

Conclusión: No hubo ninguna afectación importante a los elementos no estructurales de las cuatro torres por causa de los sismos ocurridos el 17 de agosto de 2023, por lo que se puede continuar con la operación normal de las diferentes empresas en todas las cuatro torres, excepto en los tres sitios indicados anteriormente hasta que se retire el pañete que se encuentra suelto del muro, para evitar que caiga sobre alguna persona.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink that reads "Daniel Rojas Mora". The signature is written in a cursive, flowing style.

DANIEL ROJAS MORA
Ingeniero Civil, MIC Uniandes
Mat. No. 25202-03390 CND

MTS ADMINISTRACIÓN TOTAL

INFORME FINAL SOBRE DAÑOS GENERADOS POR LOS SISMOS OCURRIDOS EN BOGOTÁ EL 17 DE AGOSTO DE 2023 EN EL EDIFICIO ELEMENTO UBICADO EN BOGOTÁ

ANTECEDENTES NORMATIVOS

Las cuatro torres que conforman el Edificio Elemento P.H. ubicado en la Avenida Calle 26 No. 69 – 76 en Bogotá, fueron diseñadas y construidas bajo las exigencias del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10 (Ley 400 de 1997) y su construcción se terminó hace aproximadamente siete años.

En la sección A.1.2.2.2 del Reglamento NSR-10 se fijan los objetivos de seguridad que debe tener una edificación diseñada y construida bajo este Reglamento y dice:

“A.1.2.2.2 — Una edificación diseñada siguiendo los requisitos de este Reglamento, debe ser capaz de resistir, además de las fuerzas que le impone su uso, temblores de poca intensidad sin daño, temblores moderados sin daño estructural, pero posiblemente con algún daño a los elementos no estructurales y un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales pero sin colapso.”



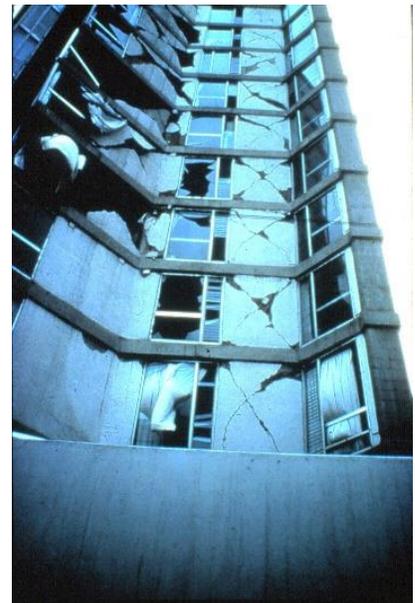
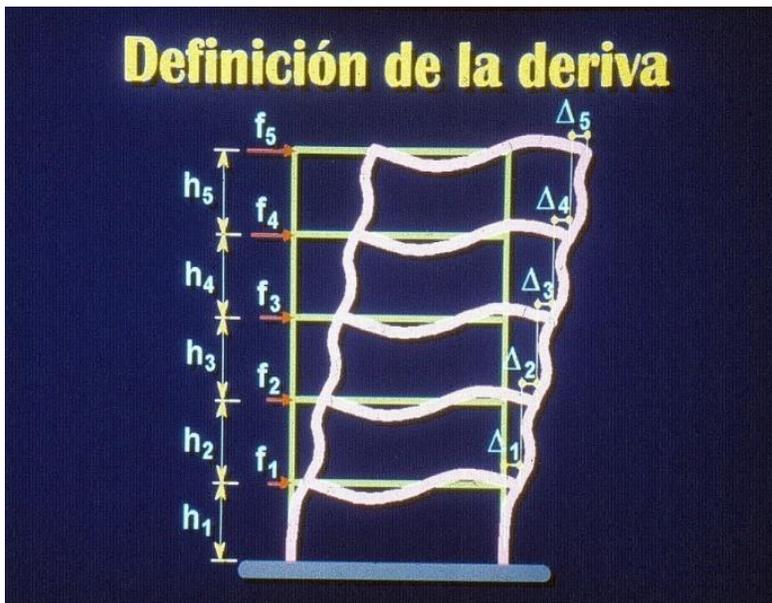
Una edificación diseñada de acuerdo al Reglamento debe resistir temblores de poca intensidad sin daño (foto izquierda), temblores moderados sin daño estructural, pero posiblemente con algún daño a los elementos no estructurales (foto central) y un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales (muros de fachada e interiores) pero sin colapso (foto derecha, pero sin colapso de las fachadas).

Con el propósito de lograr el objetivo de tener menos daños en los elementos no estructurales (fachadas, muros interiores y otros) el Reglamento NSR-10 exige que las derivas (deformaciones) máximas en una edificación deben ser menores al 1% la altura del piso cuando ocurra el sismo de diseño establecido por el Reglamento para el sitio en donde se encuentra la edificación. (ver figura de definición de la deriva)

Las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistentes- NSR-98 (Ley 400 de 1997) y el actual Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en el Capítulo A-9 exige que los elementos no estructurales (fachadas, antepechos, enchapes de fachada, muros interiores, vidrios, divisiones, elementos

decorativos, cielos rasos, instalaciones eléctricas, mecánicas e hidráulicas y equipos) estén anclados a la estructura para que durante un sismo no se caigan y no atenten contra la vida de las personas. Además, dependiendo del uso de la edificación, los requisitos del diseño de los elementos no estructurales son más exigentes, al punto que en un hospital (grupo de uso IV) el día en que se presente un sismo fuerte, el nivel de daño de los elementos no estructurales debe ser mínimo (desempeño superior), permitiendo que la operación del hospital pueda seguir en forma continua inmediatamente después del sismo.

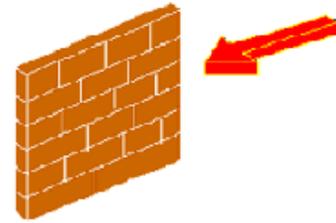
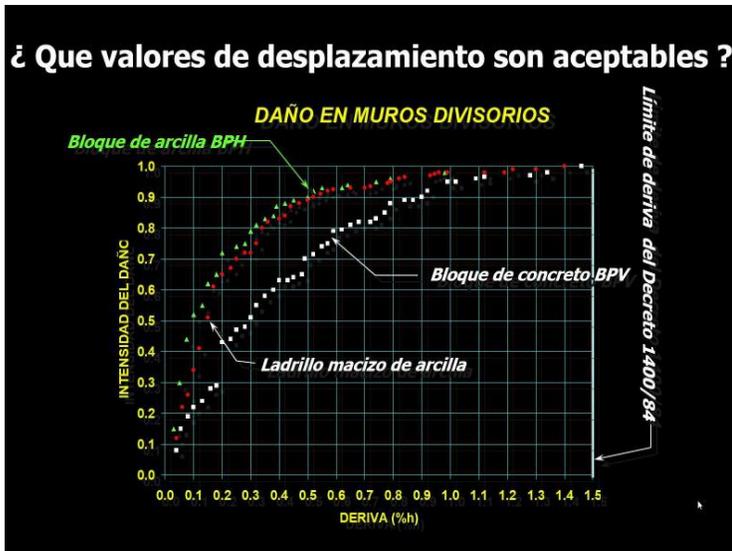
El nivel de daño de los elementos no estructurales (ENE) depende del nivel de rigidez que tiene la estructura de la edificación, entre más rígida la estructura el nivel de daño de los ENE tiende a ser menor y entre más flexible la estructura el daño es mucho mayor. El Reglamento NSR-10 exige una deriva máxima para los diferentes sistemas estructurales del 1% la altura del piso, con el propósito de reducir el nivel de daño de los ENE.



Definición de la deriva de piso y daños en fachadas por sismo, entre menos deriva tenga la estructura el nivel de daño de los elementos no estructurales es menor. El Reglamento NSR-10 exige un nivel máximo de deriva (Δ) para los diferentes sistemas estructurales del 1% la altura del piso.

Los muros divisorios y de fachada construidos en cualquier tipo de unidad de mampostería (concreto, arcilla, maciza o hueca) son muy frágiles y a muy pequeñas deformaciones se agrietan, los agrietamientos se presentan cuando ocurren sismos o por asentamientos diferenciales que se presenten en la edificación.

En el siguiente gráfico se muestra los resultados de ensayos de muros en mampostería sin refuerzo sometidos a fuerzas laterales aplicadas en su propio plano (fuerzas aplicadas paralelas al plano del muro).



Ensayos de laboratorio de muros sometidos a fuerzas laterales en su propio plano

- ▲ Bloque de arcilla hueco
- Bloque de concreto
- Ladrillo macizo de arcilla

Los muros divisorios y de fachada construidos en cualquier tipo de unidad de mampostería (concreto, arcilla, maciza o hueca) son muy frágiles y a muy pequeñas deformaciones se agrietan. En el gráfico que se muestra, que corresponde a resultados de ensayos de laboratorio de diferentes muros sometidos a fuerzas laterales aplicadas en la dirección paralela al plano del muro, se observa que al presentar el muro una deriva del 0.2% el nivel de daño del muro varía entre un 30 y un 70% y al presentar el muro un nivel de deriva del 1% (máxima permitida por el Reglamento NSR-10) el nivel de daño es total (cerca del 100%).

El Reglamento NSR-10 establece diferentes niveles de daño permitido en los elementos no estructurales dependiendo del uso de la edificación, en el caso del Edificio Elemento que son oficinas, se establece un grado de desempeño BAJO, lo que implica que durante la ocurrencia del sismo de diseño los elementos no estructurales se pueden romper totalmente, pero no se pueden caer o colapsar. Estos criterios se establecen en la sección A.9.2 del Reglamento NSR-10, que dice:

“A.9.2 — GRADO DE DESEMPEÑO DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

A.9.2.1 — DEFINICIÓN DEL DESEMPEÑO — Se denomina desempeño el comportamiento de los elementos no estructurales de la edificación ante la ocurrencia del sismo de diseño que la afecte. El desempeño se clasifica en los siguientes grados:

- (a) **Superior** — Es aquel en el cual el daño que se presenta en los elementos no estructurales es mínimo y no interfiere con la operación de la edificación debido a la ocurrencia del sismo de diseño.

SUPERIOR = DAÑO MÍNIMO EN EL SISMO FUERTE

- (b) **Bueno** — Es aquel en el cual el daño que se presenta en los elementos no estructurales es totalmente reparable y puede haber alguna interferencia con la operación de la edificación con posterioridad a la ocurrencia del sismo de diseño.

BUENO = DAÑO MODERADO Y REPARABLE



Estos agrietamientos que se muestran podrían catalogarse como daños moderados (desempeño bueno al presentarse el sismo de diseño) los cuales pueden ser reparados.

(c) Bajo — *Es aquel en el cual se presentan daños graves en los elementos no estructurales, inclusive no reparables, pero sin desprendimiento o colapso, debido a la ocurrencia del sismo de diseño.*

BAJO = DAÑOS NO REPARABLES - SIN COLAPSO



Estos agrietamientos que se muestran podrían catalogarse como daños graves (desempeño bajo al presentarse el sismo de diseño) los cuales no pueden ser reparados.

A.9.2.2 — CLASIFICACIÓN EN UNO DE LOS GRADOS DE DESEMPEÑO — *La edificación debe clasificarse dentro de uno de los tres grados de desempeño de los elementos no estructurales definidos en A.9.2.1. Este grado de desempeño no puede ser inferior al mínimo permisible fijado en A.9.2.3. El propietario de la edificación, de manera voluntaria, puede exigir que los diseños se realicen para un grado de desempeño mejor que el mínimo exigido, comunicándolo por escrito a los diseñadores. En ausencia de esta comunicación, los diseñadores solo están obligados a cumplir con el grado mínimo permisible fijado en A.9.2.3.*

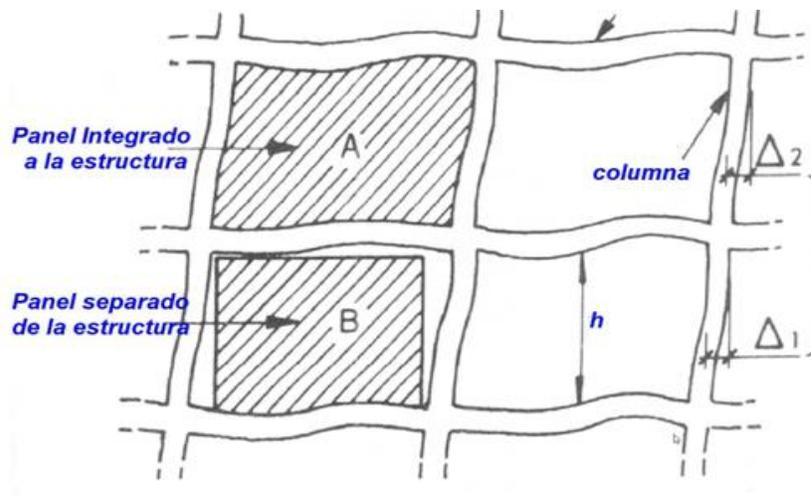
A.9.2.3 — GRADO DE DESEMPEÑO MÍNIMO — *Como mínimo debe cumplirse el grado de desempeño indicado en la tabla A.9.2-1, para cada uno de los grupos de uso definidos en A.2.5.1.*

Tabla A.9.2-1
 Grado de desempeño mínimo requerido

Grupo de Uso	Grado de desempeño
IV	Superior
III	Superior
II	Bueno
I	Bajo

El Edificio Elemento P.H. por ser grupo de uso I (oficinas) debió diseñarse para Grado Bajo.

Con el propósito de poder cumplir con el grado de desempeño exigido por el Reglamento NSR-10, el diseñador de los elementos no estructurales puede adoptar alguna de las dos siguientes alternativas: separar los muros de la estructura o adosar los muros a la estructura. Ver figura.



EFFECTO DE LA DERIVA EN LOS MUROS DIVISORIOS Y DE FACHADA

En la sección A.9.4 del Reglamento NSR-10 se establece:

A.9.4 — CRITERIO DE DISEÑO

A.9.4.1 — GENERAL — *El diseñador de los elementos no estructurales puede adoptar una de dos estrategias en el diseño: Separarlos de la estructura o Disponer elementos que admitan las deformaciones de la estructura*

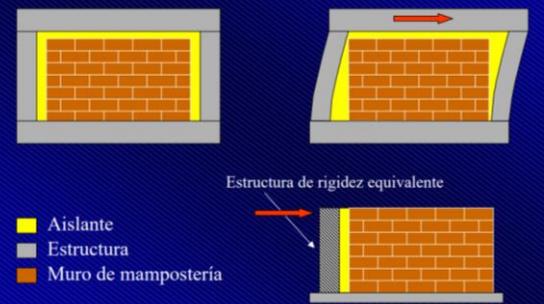
- (a) **Separarlos de la estructura** — *En este tipo de diseño los elementos no estructurales se aíslan lateralmente de la estructura dejando una separación suficiente para que la estructura al deformarse como consecuencia del sismo no los afecte adversamente. Los elementos no estructurales se apoyan en su parte inferior sobre la estructura, o se cuelgan de ella; por lo tanto, deben ser capaces de resistir por sí mismos las fuerzas inerciales que les impone el sismo, y sus anclajes a la estructura deben ser capaces de resistir y transferir a la estructura estas fuerzas inducidas por el sismo. Además, la separación a la estructura de la edificación debe ser lo suficientemente amplia para garantizar que no entren en contacto, para los desplazamientos impuestos por el sismo de diseño. En el espacio resultante deberá evitarse colocar elementos que rigidicen la unión eliminando la flexibilidad requerida por el diseño.*

(b) **Disponer elementos que admitan las deformaciones de la estructura** — En este tipo de diseño se disponen elementos no estructurales que tocan la estructura y que por lo tanto deben ser lo suficientemente flexibles para poder resistir las deformaciones que la estructura les impone sin sufrir daño mayor que el que admite el grado de desempeño prefijado para los elementos no estructurales de la edificación. En este tipo de diseño debe haber una coordinación con el ingeniero estructural, con el fin de que éste tome en cuenta el potencial efecto nocivo sobre la estructura que pueda tener la interacción entre elementos estructurales y no estructurales.

Es permitido separar los elementos no estructurales del sistema estructural o adosarlos totalmente a la estructura. La decisión de qué es lo mejor deberían tomarla conjuntamente entre el diseñador estructural, el arquitecto diseñador y el constructor, porque lo que se defina incide en cada uno de los involucrados. Por lo general, la decisión la toma el ingeniero estructural y en el 99% de los casos decide separar los muros divisorios y los muros de fachada de la estructura, porque para el diseñador estructural sus cálculos son más simples, porque si los adosa debe tener en cuenta el potencial efecto nocivo sobre la estructura que pueda tener la interacción entre elementos estructurales y no estructurales, y este análisis es un poco más complejo. Al separar los muros divisorios y de fachada de la estructura es importante garantizar su estabilidad estructural anclándolos a la estructura y que las dilataciones entre muros y estructura queden arquitectónicamente bien resueltas y en los muros de fachadas deben quedar bien impermeabilizadas.

En casos en que los muros se diseñen separados de la estructura y en la obra los construyan adosados a la estructura, esto puede cambiar el comportamiento estructural del edificio, incluso poder generar daños estructurales graves durante los sismos.

Modelo de análisis



Estructura de rigidez equivalente

■ Aislante
■ Estructura
■ Muro de mampostería

AISLANTES POSIBLES PARA LAS DILATACIONES

- * Aire
- * Icopor
- * Morteros elásticos
- * Espumas sintéticas
- * Cauchos o neoprenos
- * Lanas minerales
- * Molduras plásticas deformables
- * Cualquier otro material que absorba las deformaciones de la estructura y transfiera poca fuerza al muro de mampostería

El espesor de la dilatación o separación entre los muros divisorios y la estructura debe ser mayor o igual a la deriva máxima de piso o por lo menos mayor a 2.5 cm

SISMOS OCURRIDOS EL 17 DE AGOSTO DE 2023

El 17 de agosto de 2023 a las 12:04 pm se presentó un sismo de magnitud 6.1 en la escala de Richter en el Calvario departamento del Meta, a una profundidad menor de 30 km (sismo superficial) el cual se sintió “fuerte” en Bogotá y durante el día se presentaron varias réplicas de magnitudes menores. Estos sismos que se presentaron en Bogotá se pueden clasificar como de intensidad baja a moderada.

Reporte situacional N° 003 Evento Sísmico



A raíz de estos sismos, por solicitud de la Administración del Edificio Elemento por medio de la Orden de Compra OC-126-003571 del 8 de agosto de 2023, durante los días 18 y 19 de agosto se llevaron a cabo inspecciones detalladas a la estructura y elementos no estructurales para revisar los daños presentados en varias de las oficinas de las torres y posibles daños en los sistemas estructurales de las torres.

REPORTE DE DAÑOS PRESENTADOS EN EL EDIFICIO ELEMENTO P.H.

En compañía del jefe de mantenimiento de la Administración del Edificio Elemento señor Vladimir Cáceres, se llevaron a cabo las inspecciones a las diferentes torres del Edificio Elemento los días 18 y 19 de agosto de 2023.

La visita se adelantó en las oficinas en donde se habían reportado daños generados por los sismos y que se tuviera acceso, debido a que muchas de las oficinas se encontraban cerradas por causa de los sismos ocurridos.

Es probable que se hayan presentado daños en oficinas que se encontraban desocupadas y cerradas en el momento de las visitas, los cuales seguramente serán reportados cuando ingresen a sus oficinas en los próximos días.

Los sitios visitados fueron:

- Torre 1 - oficinas de Transmilenio: pisos 2 al 7 y piso 8.
- Torre 2 - oficinas de Johnson & Johnson: pisos y piso 2 (Uspec)
- Los sótanos de las cuatro (4) torres
- La cubierta y las escaleras de emergencia

En todos los sitios visitados no se observó ningún daño en el sistema estructural de las torres, solamente se observaron daños en muros divisorios en varias oficinas, los cuales se presentan en este informe. Debido a que estos sismos ocurridos fueron entre baja y moderada intensidad para Bogotá, se esperaría un daño mínimo o ningún daño en los muros divisorios. Las grietas observadas en los muros posiblemente se debieron a una deficiente junta de separación entre la estructura de concreto (columnas y vigas) y los muros de mampostería (Sección A.9.4.1.(a) **Separarlos de la estructura** del Reglamento NSR-10).

Para evaluar técnicamente el nivel de daño presentado en los muros divisorios de mampostería, se tuvo en cuenta la clasificación dada por el “Manual de Inspección de Edificaciones Afectadas por Sismo” elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, el cual clasifica el daño de acuerdo al tamaño de las grietas que se presentan en los muros divisorios, así:

- **Ninguno / muy leve:** Grietas pequeñas difícilmente visibles con ancho menor a 0.2 mm sobre la superficie del muro.
- **Leve:** Agrietamiento perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del muro.
- **Moderado:** Agrietamiento diagonal incipiente. Grietas considerablemente grandes con anchos entre 1.0 mm y 3.0 mm en la superficie del muro.
- **Fuerte:** Agrietamiento diagonal severo, con anchos de grietas mayores a 3.0 mm y dislocación de piezas de mampostería.
- **Severo:** Desprendimiento de partes de piezas, aplastamiento local de la mampostería. Desplome o inclinación apreciable del muro.

Torre 1 - Piso 5: Oficinas de Transmilenio



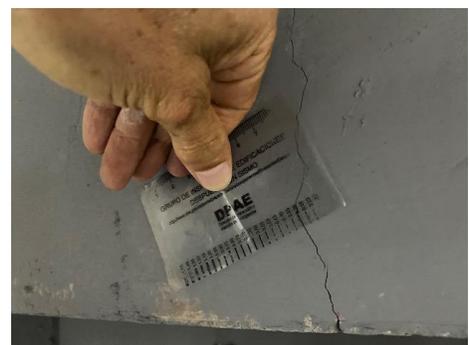
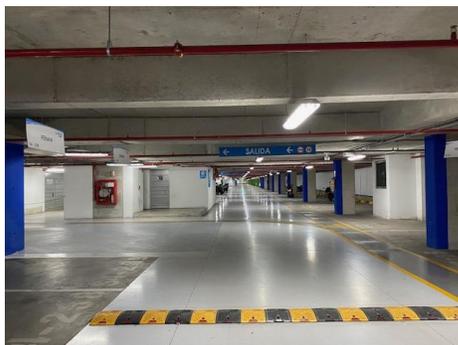
Debido al movimiento de la estructura del edificio, el muro divisorio que está totalmente adosado a las columnas y vigas de la estructura, presentó un agrietamiento MODERADO (grieta de 3 mm aproximadamente) en su parte superior con desprendimiento menor del mortero o pañete en su parte superior. En los sitios en donde el pañete o mortero se ha separado de la mampostería se recomienda su retiro, antes de que se desprenda totalmente.



*Foto izq. Grieta leve en uno de los muros del quinto piso con tamaño menor a 1.0 mm.
Foto der. Agrietamiento vertical en la mampostería, que se genera en la esquina del marco de la puerta, por cambio de rigidez del muro a causa del vano de la puerta.*



En varias vigas del entrepiso del quinto piso (y en otros pisos y sótanos) se encontraron pequeñas grietas menores a 0.5 mm de espesor (daño LEVE), ubicadas cerca al centro de la luz de las vigas. Estas grietas se producen por pequeñas deflexiones de las vigas en el centro de la luz debidas a las cargas de servicio que actúan sobre ellas. Cuando estas grietas por flexión empiezan a tener un espesor mayor a 1.0 mm (daño MODERADO) es probable que se requiera una revisión estructural analítica y posiblemente una intervención de reforzamiento.



También se encontraron pequeñas grietas menores a 0.5 mm en vigas de los sótanos.

NIVELES DE DAÑO EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO



- **Ninguno / muy leve:** Algunas fisuras de ancho menor a 0.2 mm, casi imperceptibles sobre la superficie del concreto.
- **Leve:** Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del concreto.
- **Moderado:** Grietas con anchos entre 1.0 mm y 2.0 mm en la superficie del concreto, pérdida incipiente del recubrimiento.
- **Fuerte:** Agrietamiento notable del concreto, pérdida del recubrimiento y exposición de las barras de refuerzo longitudinal.
- **Severo:** Degradación y aplastamiento del concreto, agrietamiento del núcleo y pandeo de las barras de refuerzo longitudinal. Deformaciones e inclinaciones excesivas.



Estos son los niveles de daño para elementos de concreto reforzado establecidos por el “Manual de Inspección de Edificaciones Afectadas por Sismo” elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica y el IDIGER.

Para la evaluación de la fisuración y agrietamiento del concreto reforzado se puede tener en cuenta el estudio del comité ACI-224R (American Concrete Institute), que define los parámetros de grietas máximas razonables de acuerdo a su condición de exposición en estructuras de concreto como se muestra en la siguiente tabla (ACI-224R Control de la fisuración en estructuras de concreto).

Condición de Exposición	Ancho de fisura	
	in.	mm
Aire seco o membrana protectora	0,016	0,41
Humedad, aire húmedo, suelo	0,012	0,30
Productos químicos descongelantes	0,007	0,18
Agua de mar y rocío de agua de mar, humedecimiento y secado	0,006	0,15
Estructuras para retención de agua†	0,004	0,10

* Es de esperar que una parte de las fisuras de la estructura superarán estos valores. Con el tiempo, el porcentaje de fisuras que superan estos valores puede ser significativo. Estos son lineamientos generales para el diseño, que se deben utilizar juntamente con un sólido juicio profesional.

Ancho de fisuras razonables del concreto reforzado bajo cargas de servicio según la reglamentación ACI 224R.

El parámetro de comparación para este tipo de elementos en concreto reforzado según la reglamentación del ACI 224R para estructuras en aire seco (al interior de una edificación, como es el caso del Edificio Elemento) no pueden superar un ancho de fisura de 0.41 mm, tal como se estipula en el cuadro anterior.

De acuerdo con lo anterior, las grietas que se observan cerca del centro de la luz en muchas vigas principales de las cuatro torres se encuentran por debajo de 0.40 mm, las cuales no generan ningún tipo de afectación estructural para las condiciones de cargas de servicio. Lo más probable es que estas grietas no se generaron a causa de los sismos ocurridos el 17 de agosto de 2023, ya existían y se generaron posiblemente durante el primer año de ocupación de las torres.

Torre 1 - Piso 7: Oficinas de Transmilenio



En las oficinas del piso 7 de Transmilenio solamente se encontraron unas grietas de menos de 1 mm (daño LEVE) en estos muros que se muestran.

Torre 1 – piso 8



Estos fueron los mayores daños de agrietamiento que se presentaron en muros divisorios de mampostería, clasificados entre moderados y fuertes que se observaron en el piso 8 de la Torre 1. Se recomienda retirar el mortero del muro en estos sitios que se encuentra suelto para poder dar uso con personal en este sitio.

- **Torre 2 - oficinas de Johnson & Johnson**

En las oficinas de Johnson & Johnson se observaron muy pocos daños, los pocos daños que se presentaron en los muros divisorios fueron LEVES con grietas menores a 0.5 mm y en algunos pocos sitios se observaron pequeños agrietamientos verticales MUY LEVES o casi imperceptibles, que aparentemente corresponden a pequeñas dilataciones por cambios de materiales en dichos sitios y parece que se han presentado en el pasado y han sido reparados.



Se observaron pequeños agrietamientos MUY LEVES o casi imperceptibles, que aparentemente corresponden a pequeñas dilataciones por cambios de materiales en dichos sitios y parece que se han presentado en el pasado y han sido reparados.

- **Torre 2 – Piso 2 - Oficinas de Uspec**



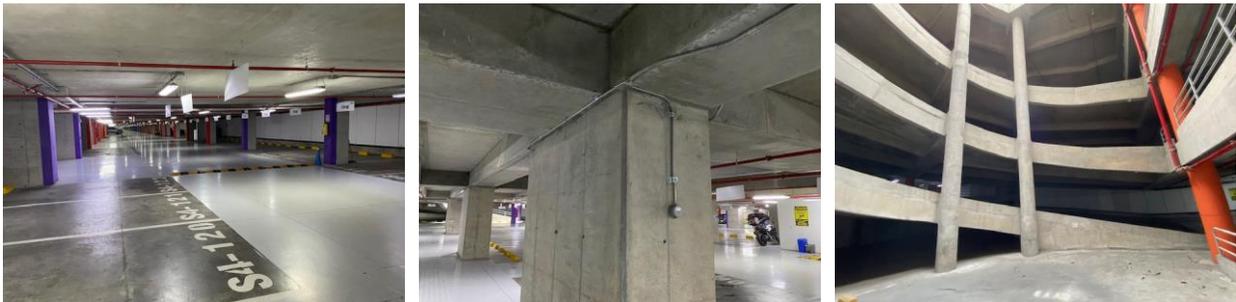
En un cuarto de archivo en el piso 2 en las oficinas de Uspec, debido al movimiento de la estructura del edificio, el muro divisorio que está totalmente adosado a las columnas y vigas de la estructura, presentó un agrietamiento MODERADO (grieta de 3 mm aproximadamente) en su parte superior con desprendimiento del mortero o pañete en su parte superior. En los sitios en donde el pañete o mortero se ha separado de la mampostería se recomienda su retiro, antes de que se desprenda totalmente.



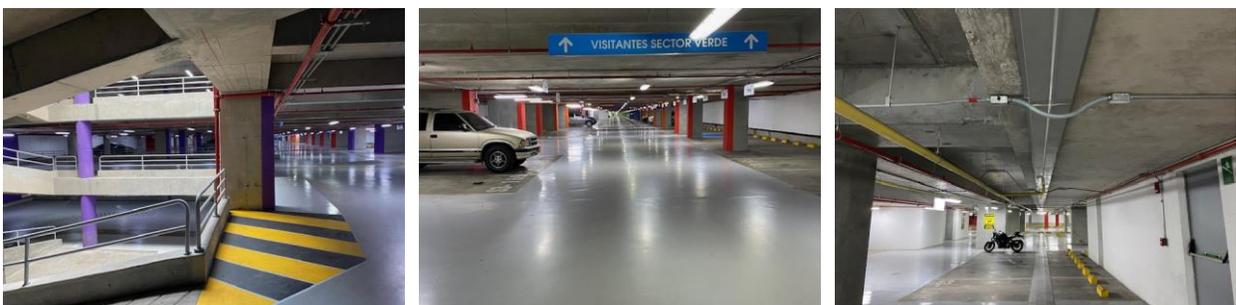
En las oficinas de Uspec del segundo piso, en una viga principal del entrepiso se encontró una grieta menor a 0.30 mm (daño LEVE) ubicada cerca al centro de la luz de la viga.

- **Sótanos de las cuatro torres**

En todos los cuatro sótanos inspeccionados no se encontró ningún daño estructural, ni en columnas, ni en muros estructurales, ni en vigas, ni en las placas de entrepiso. Por lo que se concluye que la estructura de los sótanos de las cuatro torres está en igual estado estructural a como se encontraba antes de los sismos ocurridos.



Durante la inspección visual del sótano 4 no se encontró ningún daño estructural.



Durante la inspección visual del sótano 3 no se encontró ningún daño estructural. Entre las juntas de las torres no se observa ningún tipo de deformación, ni afectación.



Durante la inspección visual del sótano 2 no se encontró ningún daño estructural.



Durante la inspección visual del sótano 1 no se encontró ningún daño estructural. Entre las juntas de las torres no se observa ningún tipo de deformación, ni afectación.

En algunos de los muros de mampostería que existen en los sótanos si se encontraron grietas LEVES (espesores de 1.00 mm o menos), las cuales no ponen en riesgo la estabilidad de los muros.

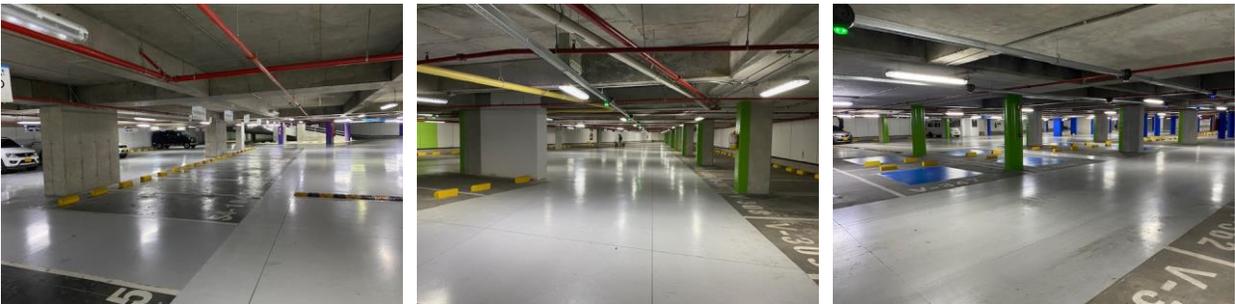


Muros de mampostería en el sótano 4 con grietas menores a 1.00 mm (LEVES) las cuales no ponen en riesgo la estabilidad de los muros.

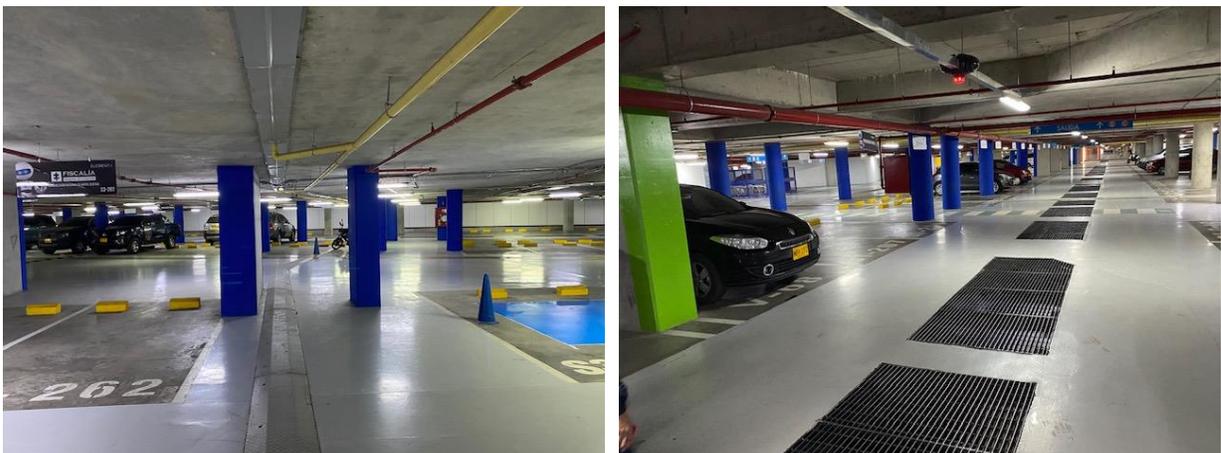


Foto izq. Se observa una grieta con espesor menor a 1.00 mm (LEVE) en un muro de mampostería en el sótano 3 – Fotos central y der. Se observa una grieta con espesor menor a 1.00 mm (LEVE) en un muro de mampostería en el sótano 1. Estas grietas no ponen en riesgo la estabilidad de los muros.

No se encontró ningún tipo de deformación o asentamiento del edificio en la placa de cimentación en el sótano 4, ni se presentaron deformaciones visibles en las placas aéreas de los sótanos



Durante la inspección no se encontró ningún tipo de deformación o asentamiento de las torres en la placa de cimentación en el sótano 4.



Durante la inspección no se observaron deformaciones visibles en las placas aéreas de los sótanos, ni entre las juntas de construcción de las torres.

- **Escaleras de emergencia**

En la escalera de emergencia que se encuentra entre las torres 2 y 3, exactamente en la junta de construcción entre estas dos torres, la viga que soporta la escalera al llegar al descanso y que está en voladizo amarrada a la torre 2, en algunos pisos superiores del edificio, sufrió una leve desintegración del concreto en la punta, causada por el golpeteo durante el sismo con la zona de descanso que se encuentra amarrada a la torre 3. Las vigas afectadas se encuentran en buen estado estructural y no está en riesgo la estabilidad de las escaleras.



A pesar del golpeteo entre las torres 2 y 3 las vigas que soportan la escalera se encuentran en buen estado estructural.



Foto izq. En varios sitios de la escalera de emergencia entre las torres 2 y 3 el mortero con que remataron el borde de la escalera se desprendió durante el sismo, allí debió dejarse la dilatación sin ningún material (aire) o haber instalado una masilla elástica.

Foto central – Se observa la leve desintegración del concreto en la punta de la viga que soporta la escalera y que pertenece a la torre 2, causada por el golpeteo durante el sismo con la zona de descanso que se encuentra amarrada a la torre 3.

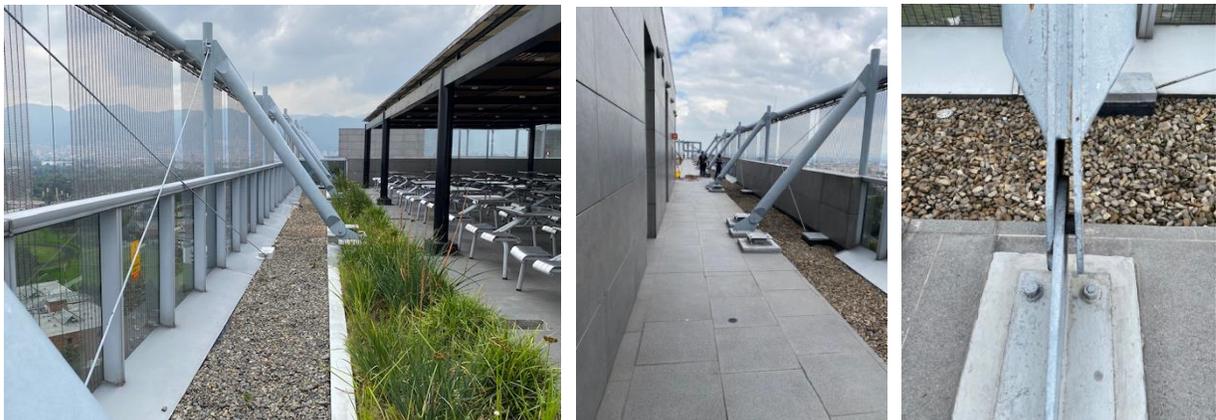
Foto der. En la junta entre las torres 2 y 3 en el piso 8 la lámina metálica de acabado que se encuentra en la zona de la junta con las oscilaciones durante el sismo de las dos torres golpeo y rompió el acabado de piso de la torre 3, esto sucedió en varios pisos entre las torres.

- **Cubierta de las torres**

En la cubierta no se observó ningún tipo de daño estructural, ni deformaciones, ni grietas en los acabados de las instalaciones que se encuentran allí. La estructura del helipuerto se observó en buen estado estructural y sin ningún daño.



En la cubierta no se observó ningún tipo de daño estructural, ni deformaciones, ni grietas en los acabados de las instalaciones que se encuentran allí. La estructura del helipuerto se observó en buen estado estructural y sin ningún daño. Su comportamiento estructural fue bueno durante los sismos ocurridos.



La estructura de soporte de la fachada falsa se encontró en buen estado. En la foto derecha se observa que uno de los anclajes (que se encuentra en el sector de la foto central) se encuentra a punto de soltarse, esto se debe corregir pronto.

- **Instalaciones eléctricas, hidráulicas, mecánicas y red contra incendio**

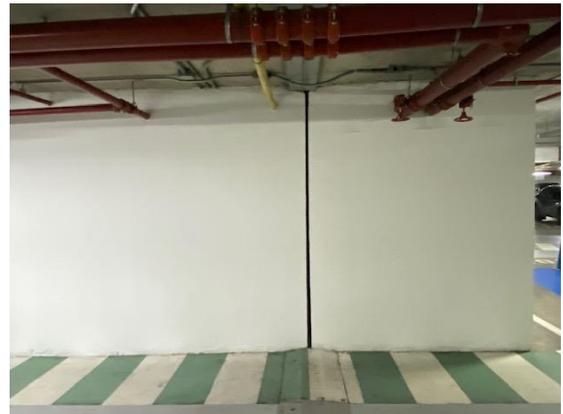


Durante los sismos ocurridos no se presentó ningún daño en las instalaciones que tiene el Edificio Elemento, su comportamiento fue muy bueno.

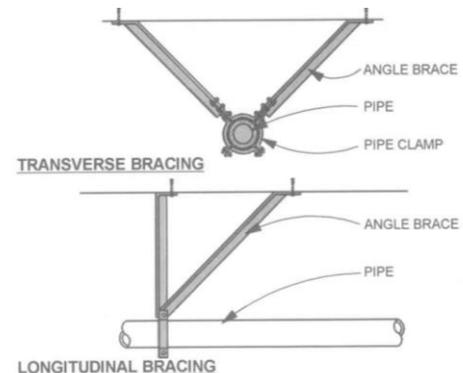
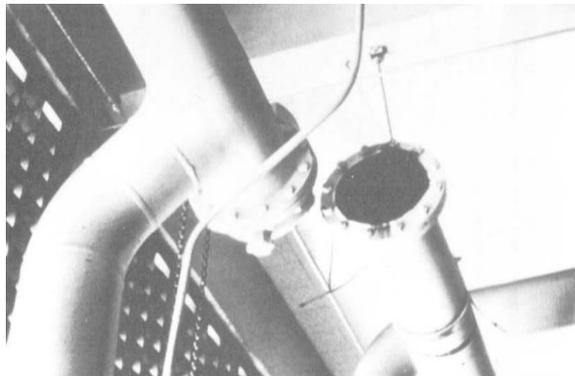
A lo largo del recorrido durante la inspección se observa que en el diseño y la construcción de las instalaciones se consideraron aspectos para lograr su buen comportamiento sísmico, para evitar colapso o daños de las mismas (ver fotos a continuación).



En las fotografías se observa que entre las juntas de construcción entre torres, las instalaciones que atraviesan la junta tienen conexiones flexibles y con bastante holgura para su deformación durante los sismos.



En las fotografías se observa que entre las juntas de construcción entre torres las instalaciones que atraviesan la junta tienen conexiones flexibles y con bastante holgura para su deformación durante los sismos. En la fotografía derecha se observa la conexión flexible especial que tienen las tuberías de la red contra incendio en el sitio de junta entre las torres. También se observa la junta vertical en el muro de mampostería.



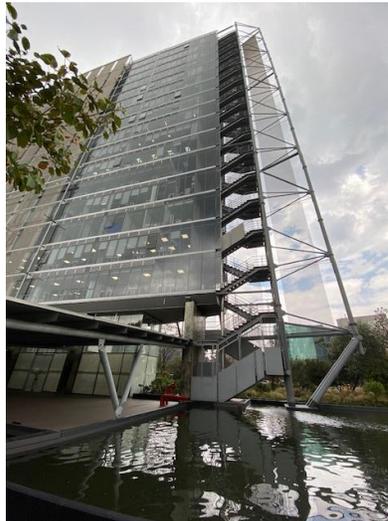
El documento FEMA – 74 de la FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY recomienda que las tuberías de cierto tamaño deben soportarse de la placa de entrepiso con arriostramientos metálicos (ángulos) tanto longitudinal como transversalmente para evitar su ruptura durante el sismo.



En las tuberías principales de la red contra incendio del Edificio Elemento se observan los arriostramientos metálicos diagonales tanto longitudinal como transversalmente que soportan las tuberías, de acuerdo a las recomendaciones del FEMA-74.

- **Fachadas**

Las fachadas de las cuatro torres no presentaron ninguna afectación por los sismos, no se presentó ningún tipo de caída de elementos de las fachadas, ni deformaciones, por lo tanto, su comportamiento fue satisfactorio.



Las fachadas de las cuatro torres no presentaron ninguna afectación por los sismos, no se presentó ningún tipo de caída de elementos de las fachadas, ni deformaciones, por lo tanto, su comportamiento fue satisfactorio.

- **Zonas peatonales y de acceso al Edificio Elemento**

En todas las zonas perimetrales al Edificio Elemento no se observan visualmente deformaciones o asentamientos que se hayan producido a causa de los sismos del 17 de agosto de 2023.



En todas las zonas perimetrales al Edificio Elemento no se observan visualmente deformaciones o asentamientos que se hayan producido a causa de los sismos del 17 de agosto de 2023.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En todos los sitios visitados no se observó ningún daño en el sistema estructural de las cuatro torres, solamente se observaron daños LEVES y unos pocos daños MODERADOS en algunos muros divisorios en varias oficinas, los cuales se presentan en este informe. **Leve:** Agrietamiento perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del muro. **Moderado:** Agrietamiento diagonal incipiente. Grietas considerablemente grandes con anchos entre 1.0 mm y 3.0 mm en la superficie del muro.
- No se encontró ningún tipo de deformación o asentamiento del edificio en la placa de cimentación en el sótano 4, ni se presentaron deformaciones visibles en las placas aéreas de los sótanos. Tampoco se observa visualmente deformaciones o asentamientos en las zonas peatonales exteriores perimetrales y de acceso al Edificio Elemento generadas por causa de los sismos.
- Las fachadas de las cuatro torres no presentaron ninguna afectación por los sismos y todas las instalaciones eléctricas, mecánicas e hidráulicas se comportaron muy bien durante los sismos ocurridos el pasado 17 de agosto de 2023.
- Debido a que estos sismos ocurridos fueron entre baja y moderada intensidad para Bogotá, se esperaría un daño mínimo o ningún daño en los muros divisorios, de acuerdo a los objetivos establecidos en el Reglamento NSR-10.
- Las grietas observadas en los muros posiblemente se debieron a una deficiente junta de separación entre la estructura de concreto (columnas y vigas) y los muros de mampostería construidos (Sección A.9.4.1.(a) **Separarlos de la estructura** del Reglamento NSR-10).

Sección A.9.4.1. (a) Separarlos de la estructura — *En este tipo de diseño los elementos no estructurales se aíslan lateralmente de la estructura dejando una separación suficiente para que la estructura al deformarse como consecuencia del sismo no los afecte adversamente. Los elementos no estructurales se apoyan en su parte inferior sobre la estructura, o se cuelgan de ella; por lo tanto, deben ser capaces de resistir por sí mismos las fuerzas inerciales que les*

impone el sismo, y sus anclajes a la estructura deben ser capaces de resistir y transferir a la estructura estas fuerzas inducidas por el sismo. Además, la separación a la estructura de la edificación debe ser lo suficientemente amplia para garantizar que no entren en contacto, para los desplazamientos impuestos por el sismo de diseño. En el espacio resultante deberá evitarse colocar elementos que rigidicen la unión eliminando la flexibilidad requerida por el diseño.

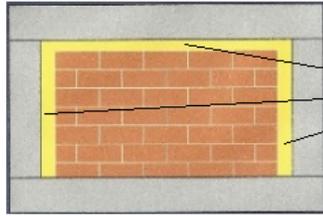
- En los sitios en donde el pañete o mortero se ha separado de la mampostería se recomienda su retiro, antes de que se desprenda totalmente y volver a colocar un mortero o pañete bien adherido al muro (proporción de mezcla por volumen cemento: 1 – arena: 2.5 a máximo 3.0).
- Debido a que los daños observados son únicamente en los muros divisorios y se clasifican como muy leves o leves o moderados, la operatividad y funcionalidad del Edificio Elemento P.H. puede seguir de forma normal, lo anterior, siempre y cuando en los sitios no visitados se hayan presentado daños similares a los observados en esta visita.
- Como conclusión general, no hubo ninguna afectación importante a los elementos no estructurales de las cuatro torres por causa de los sismos ocurridos el 17 de agosto de 2023, por lo que se puede continuar con la operación normal de las diferentes empresas en todas las cuatro torres, excepto en los cuatro sitios indicados anteriormente en este informe, hasta que se retire el pañete que se encuentra suelto del muro, para evitar que caiga sobre alguna persona.

RECOMENDACIONES PARA LA REPARACIÓN DE LOS MUROS AGRIETADOS

- Debido a que la causa principal de las grietas que se presentaron durante el sismo fue posiblemente la existencia deficiente o no existencia de una dilatación o separación adecuada entre los muros de mampostería y la estructura del edificio (columnas laterales y viga o placa superior).

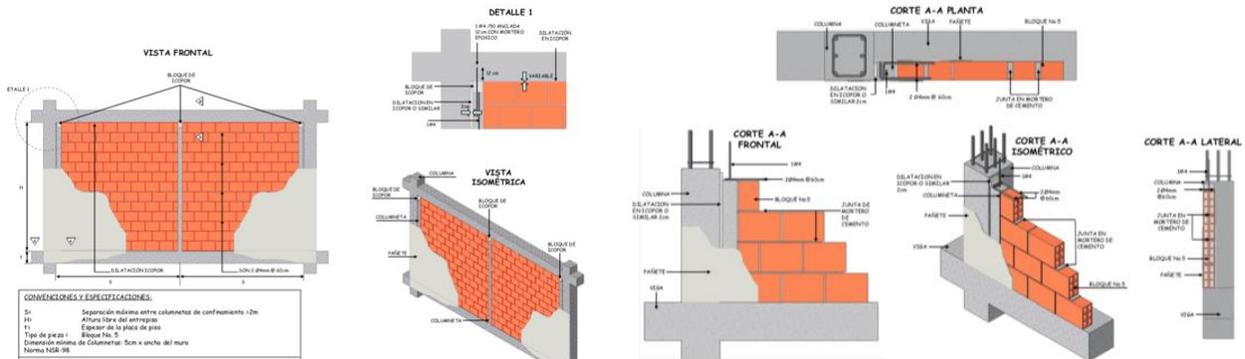
Se recomienda hacer unas exploraciones físicas en los muros afectados y verificar la existencia o no de las dilataciones y confrontar contra los planos de elementos no estructurales aprobados por la Curaduría, en caso de no coincidir lo construido con los planos aprobados, hay una responsabilidad del constructor en estos daños y en daños que se presenten en los muros divisorios en temblores futuros.

Si existe una dilatación deficiente o no existe, se recomienda hacer la dilatación con un espesor de 2.5 cm a 3.0 cm conformada por un material elástico, que puede ser icopor denso y una masilla elástica (SikaFlex o equivalente).

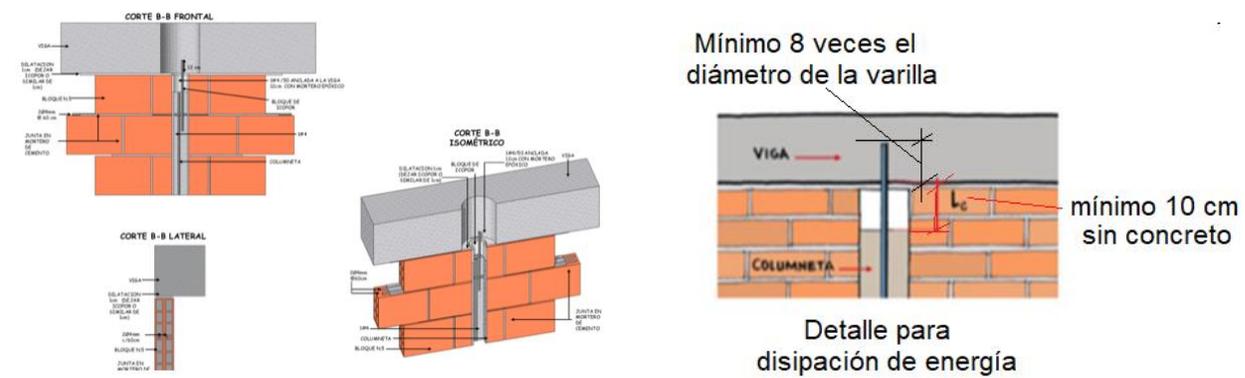


Separar el muro de la estructura por tres de sus lados, colocando una dilatación de 2.5 a 3.0 cm de espesor conformada por una lámina de icopor denso y una masilla elástica tipo SikaFlex o equivalente

- También se recomienda revisar si los anclajes y/o refuerzos que existen para sostener el muro están de acuerdo a los planos estructurales aprobados por la Curaduría. A continuación, se muestran unos detalles típicos del anclaje de los muros de mampostería a las placas de entrespiso.



Muro divisorio en bloque de perforación horizontal pañetado. El muro se dilata de la estructura en sus dos caras laterales y en la parte superior con un aislante elástico (icopor o similar de mínimo 2.5 cm de espesor). El muro se amarra a la estructura por medio de columnetas en concreto reforzado (según diseño estructural) y lleva refuerzos horizontales cada cuatro hiladas de $2 \Phi 4$ mm (estos refuerzos horizontales no se anclan a las columnas del Edificio).



El refuerzo vertical de la columneta debe quedar bien anclado a las viga o placa inferior y superior (si se requiere un anclaje dúctil, la varilla se ancla con resina epóxica con una profundidad de penetración de mínimo 8 veces el diámetro de la varilla). El concreto de la columneta debe fundirse hasta unos 10 cm por debajo de la placa o viga superior, este detalle constructivo hace que durante el sismo el muro presente menos daño, debido a que la varilla anclada funciona como un disipador de energía, porque permite doblarse sin romperse (por ser un acero dúctil) disminuyendo la deformación en el muro y su agrietamiento.

- Para reparar los daños LEVES presentados (grietas menores o iguales a 1.0 mm, que son la gran mayoría) se recomienda sellar las grietas existentes con SikaDur 32 y luego aplicar en el sector de la grieta SikaFill, esta alternativa de reparación es resistente y durable pero más costosa. La reparación de la grieta también se puede hacer con mortero o pañete (proporción de mezcla por volumen cemento: 1 – arena: 2.5 a máximo 3.0) y luego la aplicación de un estuco y pintura.

Descripción de los productos recomendados:

SikaDur 32 – Primer: (tomado del Manual de Productos de Sika)

Es un adhesivo epóxico de dos componentes, libre de solventes. Garantiza una pega perfecta entre concreto fresco y endurecido.

Usos:

- Como puente de adherencia para la pega de concreto fresco a concreto endurecido.
- Como ayuda a la adherencia de un mortero o concreto nuevo o de reparación a un sustrato de concreto para lograr una pega permanente que no sea afectada, en condiciones de servicio, por la humedad ó agentes agresores (durabilidad).
- Como imprimante de alta adherencia para recubrimientos epóxicos sobre superficies de concreto absorbentes, húmedas o metálicas secas.
- Como imprimante del Sikaflex-1a, Sikaflex 15 LM, Sikaflex-1CSL, Sikaflex AT Connection, Sikaflex AT Facade, Sikaflex Construction y Sikaflex 11FC en los casos en que lo requieren.
- Para rellenos.
- Como capa impermeable y barrera de vapor de agua en los casos que se requiera

SikaFill Power

SikaFill Power es un recubrimiento elástico impermeable, para la impermeabilización flexible de cubiertas y terrazas. Este producto tiene una nueva fórmula mejorada con tecnología DFX, la cual aumenta la durabilidad y flexibilidad del producto gracias a que contiene polímeros de última generación.

Este producto también contiene fibras las cuales permiten puentear mejor las fisuras del sustrato.

Usos:

- Para impermeabilizar cubiertas y terrazas.
 - Para impermeabilizar vigas canales.
 - Se puede aplicar sobre mortero, concreto, baldosas no esmaltadas, tejas de barro, fibrocemento, madera, tejas shingle.
- Sirve para impermeabilizar paredes, culatas y fachadas fisuradas antes de pintar

- Para las grietas con un espesor mayor a 1.0 mm (solamente se presentaron cuatro casos con este tamaño de grieta, en la torre 1 pisos 5 y 8 y piso 2 de la torre 2), se recomienda su reparación con malla electrosoldada de Φ 3 mm de 15 x 15 cm, colocada por ambas caras del muro y con conectores cada 0.30 m de Φ 3 mm que atraviesan el muro de lado a lado y luego la aplicación de un mortero (pañete) de resistencia a la compresión de mínimo 125 kg/cm² (proporción de mezcla por volumen cemento: 1 – arena: 2.5 a máximo 3.0). Previo a la colocación de la malla electrosoldada deberá picarse cuidadosamente el mortero existente. Se recomienda que la malla electrosoldada abarque todo el tramo agrietado, esto es para evitar agrietamientos futuros en ese sector del muro (ver ejemplo constructivo en las siguientes fotografías).



Procedimiento recomendado para el reforzamiento de los muros interiores agrietados. Mampostería reforzada externamente con malla electrosoldada de Φ 3 mm de 15 x 15 cm colocada por ambas caras del muro con conectores de Φ 3 mm cada 0.30 m que atraviesan el muro de lado a lado y luego la aplicación de un mortero de resistencia a la compresión de mínimo 125 kg/cm² (proporción de mezcla por volumen cemento: 1 – arena: 2.5 a máximo 3.0). Previo a la colocación de la malla electrosoldada deberá picarse cuidadosamente el mortero existente. Se recomienda que la malla electrosoldada abarque todo el tramo agrietado, esto es para evitar agrietamientos futuros en ese sector del muro.

Uno de los reforzamientos más eficientes y económicos es el reforzamiento con malla electrosoldada, el cual se recomienda como primera opción para la reparación de los muros agrietados, con espesores de grietas mayores a 1.00 mm



Reparación de grietas en muros de fachada e interiores con malla electrosoldada



Imágenes 3.2.1-3., 3.2.1-4., 3.2.1-5., 3.2.1-6. Proceso de reforzamiento con grapas, malla electro-soldada y pañete. Fuente: SAN BARTOLOMÉ, A., ARATA, A. y DÍAZ, V. Investigación, arriostamiento de tabiques de albañilería existentes en fachadas de edificios con voladizos. *Universidad Católica del Perú*. [En línea] 2007. Disponible en web: <http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20070424-Arriostamiento%20de%20tabiques%20existentes.pdf>

Atentamente,

Daniel Rojas Mora

DANIEL ROJAS MORA
Ingeniero Civil, MIC Uniandes
Mat. No. 25202-03390 CND

DANIEL ROJAS MORA
Ingeniero Civil, MIC Uniandes
Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia





Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2023-2125741

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que DANIEL ROJAS MORA, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 19290294, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-03390 desde el 18 de Febrero de 1981, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 285.
2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**
4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los treinta (30) días del mes de Junio del año dos mil veintitres (2023).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*) Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado.
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA - COPNIA
Calle 78 N° 9 - 57 - Teléfono: 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co