

ANÁLISIS DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL EN ALTURA DAÑADOS POR ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES



A PAYER
Prof. Ing. Civil
UNC-FCEFyN
Córdoba; Argentina
e-mail: apayer@arnet.com.ar



G. GERBAUDO
Prof. Dr. Ing. Civil
UNC-FCEFyN
Córdoba; Argentina
e-mail: ggerbaudo@efn.uncor.edu

RESUMEN

En el presente trabajo se presentan los estudios y análisis realizados para la evaluación de la estructura de un edificio en altura ubicado en el barrio SEP de la Ciudad de Córdoba, Argentina. El edificio consta fundamentalmente de planta baja y tres pisos destinados a vivienda. La situación actual de la construcción mencionada muestra que esta ha sufrido un proceso de asentamiento diferencial, el cual, en función de los antecedentes previos recabados puede encontrarse ampliamente motivado por procesos de infiltración de agua en el terreno (especialmente por pérdidas y deterioros en conducciones). Estas infiltraciones modifican sensiblemente el grado de humedad del suelo limo arcilloso y limos arenoso de la zona, el cual se caracteriza por el desarrollo de procesos de colapso o de modificación significativa de la resistencia. Considerando que se han realizado recientemente tareas de mantenimiento y reparación de los sistemas de transporte de fluidos, y que se han ejecutado acciones de submuración de las estructuras, se asume que se ha solucionado el problema geotécnico. Finalmente, luego del análisis del comportamiento actual de la estructura se proponen una serie de modificaciones y refuerzos, con el objeto de alcanzar niveles de seguridad satisfactorios frente a cargas gravitatorias.

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo tiene por objetivo presentar el reconocimiento de la estructura y identificar las principales patologías que presenta la estructura del módulo T6 del Barrio SEP de la Ciudad de Córdoba. El edificio consta fundamentalmente de planta baja y tres pisos destinados a viviendas.

La submuración realizada sobre los pilotes de la torre analizada ha detenido el avance de los asentamientos [1], por lo cual se toma esta solución como válida y se enfoca el trabajo a los problemas de la estructura considerando que se encuentra solucionado el problema geotécnico.

2. RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA

La estructura resistente está constituida principalmente por pórticos de Hormigón Armado. Es una estructura regular en altura y presenta una planta típica que se repite en todos los pisos. Adyacente al bloque analizado existe otro bloque que se vincula con una escalera prefabricada de Hormigón Armado.

Se realizó una inspección visual del edificio, verificando su coincidencia geométrica con los planos de arquitectura entregados.

Dado que no se disponía de planos estructurales, se identificaron las armaduras y dimensiones de vigas, columnas y losas que componen la estructura.

Las dimensiones de las vigas son 0,20 m de ancho por 0,50 m de altura y las columnas son de 0,20 m x 0,25 m. Las vigas tienen una armadura inferior de 2 ϕ 12, una armadura superior de 2 ϕ 10 y estribos de ϕ 6 cada 15 cm. Las columnas tienen una armadura longitudinal de 4 ϕ 12 y estribos de ϕ 4.2 cada 15 cm. El espesor de las losas es de 0,08 m.

3. RELEVAMIENTO PLANIALTIMÉTRICO DEL EDIFICIO

Se realizó un relevamiento planialtimétrico para determinar las deformaciones experimentadas por el edificio. Este relevamiento muestra que el edificio ha sufrido una inclinación en toda su altura hacia el noreste del orden de los 10 cm (Ver Figura 1). Además se puede observar en el primer nivel un desplazamiento hacia el sureste del orden de los 7 cm.

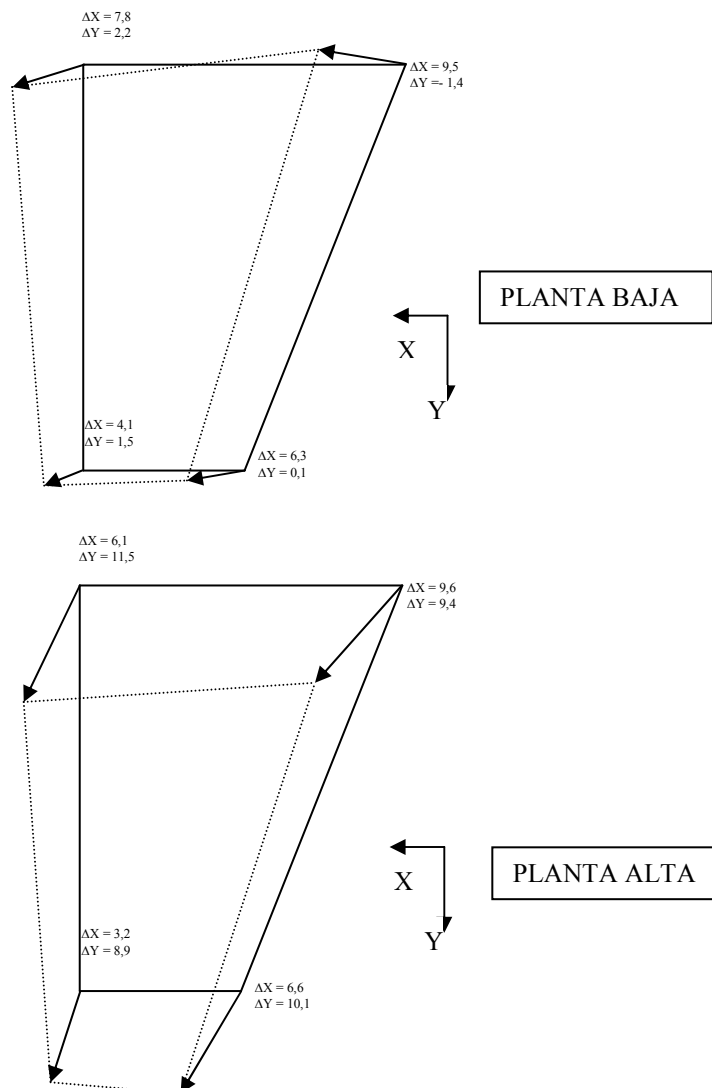


Figura 1. Nivelación de edificio

4. PRINCIPALES PATOLOGÍAS

4.1 Patologías en la estructura de hormigón armado

Se observó la rotulación de los extremos de las columnas de PB coherentes con las deformaciones de flexión que presentan (Figura 2a). También se observaron fisuras en la viga sobre planta baja en la fachada noroeste coincidentes con las vigas que sostienen a la escalera (Figura 2b).



Figura 2. a. Rotulación de la columna. b. Fisura en viga fachada noroeste

La viga riostra de la fachada noreste presenta una fisura vertical (Figura 3).



Figura 3. Fisura en la viga de fundación

4.2 Patologías de la mampostería

En Planta Baja, la mampostería de las fachadas suroeste y noreste presentan daños totales (Figura 4a y 4b).



Figura 4. a.Fachada suroeste. b.Fachada Noreste

Las otras dos fachadas presentan algunas fisuras de menor importancia (Figura 5).



Figura 5. Fisuras en fachada Noroeste

En los niveles superiores, la mampostería de cerramiento en general no presenta daños, salvo en el primer piso en la fachada NE y la fachada NO coincidente con las vigas de soporte de la escalera.

A consecuencia de un importante asentamiento diferencial de las fundaciones, el edificio se inclinó hacia el noreste. Este movimiento es impedido en parte por las vigas de la escalera que vinculan a los dos bloques adyacentes, principalmente las vigas a nivel de losa sobre planta baja, las que han funcionado como puntales, en las cuales se apoya el edificio al girar.

Esta fuerza horizontal a nivel de la primera losa produjo la rotura de todas las columnas de la planta baja, las que se encuentran rotuladas en su extremo superior y también en las proximidades de las riostras. En esta situación, la estabilidad del edificio se encuentra seriamente comprometida. Muy probablemente la mampostería de cerramiento ha sido el que evitó el colapso del edificio.

5. MODELACIÓN NUMÉRICA DE LA ESTRUCTURA

Con la información obtenida de los antecedentes y del reconocimiento de obra se realizó un modelo numérico espacial completo de toda la estructura, incluyendo sus fundaciones, con el objeto de determinar las solicitaciones y deformaciones ante diferentes situaciones (Figura 6). El modelo se realizó mediante un software de uso común para el análisis estructural [3]. En primer lugar se simuló la situación actual de la estructura para validar las hipótesis de las causas de los daños y para tener un punto de partida con la estructura deformada para los análisis posteriores. Luego se incorporaron sobre la estructura deformada los puntales provisionales dispuestos para estabilizar el edificio temporalmente. Posteriormente, se eliminaron algunos de los elementos más dañados para obtener la carga en los puntales de estabilización.

El modelo de la estructura está constituido por elementos tipo barra que representan las vigas y columnas de hormigón, mientras que las losas fueron modeladas como diafragmas rígidos en su plano y la mampostería mediante elementos tipo cáscara y bielas, según el nivel de daño que presentan. La fundación se modela con el concepto de longitud de empotramiento equivalente.

Las barras se consideran de material elástico lineal. El valor del módulo elástico del hormigón se asume igual a $E_h = 275000 \text{ Kg/cm}^2$ y el de la mampostería con poco daño $E_{m1} = 500000 \text{ Kg/cm}^2$ y $E_{m2} = 250000 \text{ Kg/cm}^2$ para la mampostería más dañada.

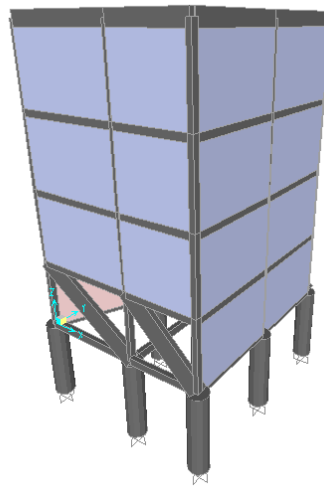


Figura 6. Vista 3D del modelo numérico del edificio

De acuerdo al relevamiento planialtimétrico, el edificio ha sufrido un importante asentamiento del lado sureste. Esto se ha considerado en el modelo mediante un desplazamiento de los apoyos de los pilotes. Adicionalmente, el edificio ha recibido un empuje lateral del edificio adyacente a través de las vigas que sostienen la escalera, por lo cual se han aplicado desplazamientos laterales en los puntos de vinculación. De esta manera se ha logrado reproducir la deformada actual del edificio (Figura 7).

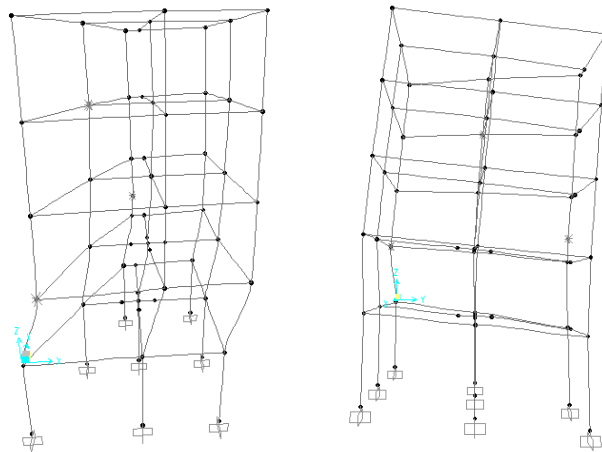


Figura 7. Deformada actual del edificio

Estas deformaciones impuestas, generan solicitaciones sobre la estructura, en parte por las deformaciones diferenciales y también por los efectos de segundo orden. Estas solicitaciones deben sumarse a las producidas por las cargas gravitatorias (Figura 8).

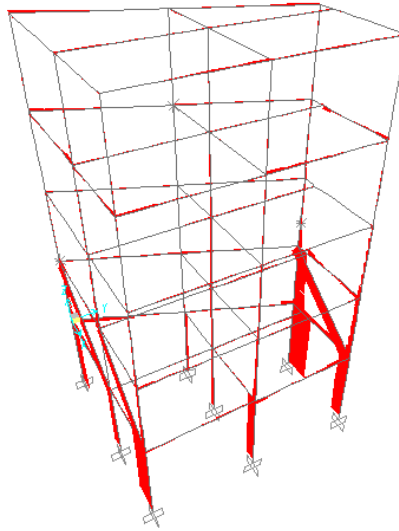


Figura 8. Solicitantes en la situación actual

6. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

Se realiza una verificación de los elementos estructurales según los lineamientos del Reglamento CIRSOC 201 [2]. Los Estados de Carga que se consideran son el Peso Propio de la estructura y la carga permanente G , sin considerar la sobrecarga Útil L .

Las solicitaciones resultantes de esta combinación se comparan con la capacidad admisible de los elementos estructurales determinadas según el mismo reglamento. La condición de seguridad se considera satisfecha si la capacidad admisible es mayor o igual a las solicitaciones.

De los resultados de la evaluación estructural se concluye que la estructura de hormigón armado del primer piso no cumple con los requisitos de resistencias establecidos en este reglamento. Se debe considerar la colaboración de la mampostería de cerramiento para la estabilidad actual de la estructura.

Los puntales dispuestos para estabilización lateral temporaria se verifican ante la hipótesis de colapso de uno de los muros más dañados. Ante esta eventual situación, los puntales laterales deben tomar una carga de 8,3 t (Figura 9).

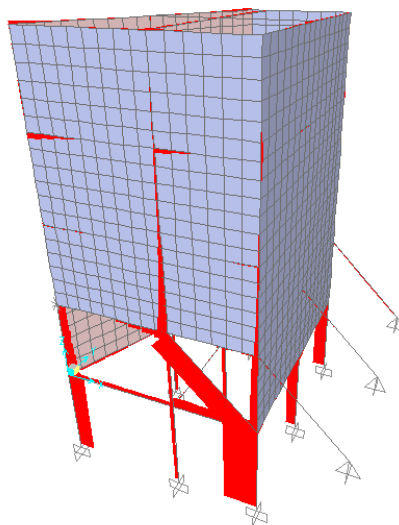


Figura 9. Esfuerzos axiales para hipótesis de colapso de muro

La segunda hipótesis de cálculo supone que la columna central falla y los puntales centrales toman una carga máxima de 14,8 t. Estas cargas son compatibles con la capacidad resistente de todos los puntales dispuestos.

La modelación de la estructura en el estado deformado, con los daños estructurales y el apuntalamiento metálico realizado, muestra que para las acciones gravitatorias actuales de peso propio sin sobrecargas, la seguridad está al límite de lo aceptable, si se considera la colaboración de la mampostería de cerramiento y el apuntalamiento. Razón por la cual, se recomendó no modificar los cerramientos hasta que no se construyan los refuerzos que garanticen la estabilidad del edificio.

De los análisis realizados surge la necesidad de reforzar todas las columnas de planta baja en toda su altura, como así también las vigas sobre planta baja y primer piso en las zonas donde apoyan las vigas de la escalera.

Una vez reforzada la estructura de planta baja, se podrá sacar el apuntalamiento metálico existente. También se recomienda, después de la ejecución de los refuerzos, el retiro de la escalera prefabricada ubicada entre los dos edificios.

7. PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN

7.1 Procedimiento para reparación de columnas en PB

En primera instancia, se procederá a la construcción del tabique T1 en el pórtico central, que consiste en un tabique de hormigón armado de 0,15 m que ocupa todo el vano y se vincula a las vigas y columnas que lo rodean mediante armadura anclada con resina epoxi en estructura existente.

Luego, las columnas dañadas se reforzarán mediante nuevas columnas adyacentes de 0,20 m x 0,40 m, las que se vincularán a las columnas existentes mediante conectores de corte anclados con resina epoxi y conectadas a las vigas mediante 6 barras ancladas con resina epoxi. Para el refuerzo de las columnas se procederá de la siguiente manera:

Paso 1: En primer lugar se eliminará la mampostería en la zona necesaria para poder construir el refuerzo de la columna. Cuando se trate de mampostería a reconstruir se deberá cortar con disco la mampostería existente para que la misma sirva de encofrado de la columna a construir.

Paso 2: Se colocará la armadura que debe anclarse en columnas, vigas y riostras existentes. Se dejarán sin tocar las armaduras, el tiempo necesario para el endurecimiento de la resina.

Paso 3: Se colocará la armadura de columna, se encofrará y se procederá a colar el hormigón.

Las tareas descriptas en los pasos 1, 2 y 3 se realizarán solamente en las columnas N° 1. Luego de colado el hormigón, se esperará 4 días (96 horas) y recién se comenzará con el Paso 1 en las columnas N° 2, repitiendo la misma secuencia hasta terminar de reforzar todas las columnas.

7.2 Procedimiento de reparación de mampostería

Para la reparación de la mampostería se aplicarán diferentes técnicas en función del grado de daño que presente cada paño. A continuación se describe la solución para los diferentes casos.

7.2.1 Paños de mampostería en Planta Baja a reconstruir

En esta sección se trata la reparación de los muros de mampostería de las fachadas sureste y noroeste en Planta Baja. Debido a la magnitud de los daños que presentan estos paños de mampostería, se deberá reconstituir con mampostería nueva estos sectores. En este caso, se deberán aplicar las reglas del buen arte para construcción de muros de mampostería, conectando la mampostería a la armadura dejada de ex profeso en las columnas adyacentes a los paños a reemplazar.

7.2.2 Paños de mampostería en Planta Baja a reparar

En esta sección se presenta la metodología de reparación para los paños de mampostería con daños moderados correspondientes a la planta baja de las fachadas noroeste y noreste. La propuesta de reparación en este caso consiste en:

- Eliminar el revoque exterior existente con herramienta adecuada cuidando de no dañar los bloques de hormigón de la mampostería existente, dejando la superficie libre de elementos sueltos.
- El revoque interior puede dejarse en sus condiciones actuales o eliminarse, en función de los requerimientos estéticos y/o constructivos.

- Hacer las perforaciones para colocar las armaduras transversales (ganchos).
- Luego se colocará una malla en cada cara de la mampostería que cubrirá toda su superficie y se extenderá hasta el borde inferior de la losa y hasta el borde inferior de la viga riostra. Estas mallas deberán tener con la mampostería existente una separación de aproximadamente 1 cm.
- Previo a la aplicación de la primera capa de mortero cementicio, se deberá mojar la mampostería para favorecer la adherencia.
- Finalmente, se aplicaran dos capas más de mortero cementicio en cada cara de la mampostería para lograr un espesor de aproximadamente 2,5 cm.

7.2.3 Refuerzo de mampostería en pisos superiores

A continuación se presenta el procedimiento para la reparación de la mampostería con fisuras de espesor mayor a 1 mm y de longitud mayor a 1 m en los pisos superiores:

- Eliminar el revoque de la zona adyacente a la fisura o conjunto de fisuras, extendiéndose hasta una distancia de 30 cm de la fisura.
- Colocar una malla de fibra de vidrio (160 gr) o metal desplegado pesado que cubra toda la zona donde se retiró el revoque.
- Finalmente, disponer de una capa de mortero hasta completar el espesor del revoque existente.

8. CONCLUSIONES

La modelación de la estructura en su estado con los daños estructurales y el apuntalamiento metálico realizado, demostró que para las acciones gravitatorias de peso propio sin sobrecargas, la seguridad está al límite de lo aceptable, si se considera la colaboración de la mampostería de cerramiento y el apuntalamiento mencionado. Razón por la cual, se ha diseñado un conjunto de refuerzos, los cuales proporcionan una seguridad igual o superior a la disponible originalmente por la estructura del bloque P6 del barrio SEP de la ciudad de Córdoba. Se destaca la importancia de respetar la secuencia constructiva indicada para la reparación de las columnas, ya que de esto depende la estabilidad de la construcción durante el proceso constructivo.

9. REFERENCIAS

- [1] Schmerrma, Guillermo. Informe de recalce y refuerzo de fundaciones Barrio SEP, 2004.
- [2] Reglamento CIRSOC 201, 2005.
- [3] Suárez, Luis E.; Gerbaudo, Guillermo M.; Vázquez, Drianfel. “Introducción Visual a SAP2000” (2008). v. 1. 156 p. Editorial SIMA, Córdoba. ISBN: 9789871253395.