

1er. Congreso Iberoamericano y VIII Jornada "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio"
10 y 11 de Septiembre de 2009 – La Plata, Buenos Aires,

EVALUACIÓN DE PATOLOGÍA Y VULNERABILIDAD EN EDIFICIOS PATRIMONIALES DE MAMPOSTERÍA UBICADOS EN ZONA DE ALTA SISMICIDAD: UN CASO DE ESTUDIO

Maldonado N.G., Pizarro N.F., Maldonado I.A., Guzmán A.M. ⁽¹⁾
Grementieri F., Salustro S., Cohen F. ⁽²⁾

(1) Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología e Ingeniería Sísmica, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, Mendoza, Argentina, Rodríguez 273, Ciudad, Mendoza Tel. 54-261-5244552 Email: ceredetec@frm.utn.edu.ar

(2) Dirección de Patrimonio Histórico Cultural, Gobierno de Mendoza.
Email: patrimonio-arquitectura@mendoza.gov.ar

RESUMEN

La Secretaría de Turismo del Gobierno de Mendoza, Argentina, funciona en un edificio de mampostería monumental que data de 1913 ubicado en el microcentro de la Ciudad de Mendoza, que fue originariamente el Jockey Club Mendoza, con detalles arquitectónicos en herrería, vidrio y madera, que aún se conservan, pero hoy presenta patologías estructurales por eventos sísmicos y de mantenimiento por problemas de suelo y pérdidas en instalaciones.

Las etapas del trabajo son: un seguimiento de antecedentes históricos, la evaluación de patologías y el estudio de los materiales utilizados, incluido el suelo, y el análisis de las condiciones de seguridad del edificio, previo a la definición definitiva del proyecto arquitectónico que se realiza por concurso público.

La metodología utilizada incluye las siguientes etapas: relevamiento, decisiones de emergencia, análisis de las condiciones de conservación del edificio, diagnóstico y criterios sismorresistentes para la propuesta de rehabilitación

La capacidad sismorresistente se evalúa de acuerdo a la normativa vigente en la Ciudad de Mendoza de 1987 que establece las pautas de calidad, resistencia y seguridad que deben alcanzar las construcciones que no cumplimentan los reglamentos sismorresistentes y que se deben aplicar obligatoriamente en edificios de uso público.

Se analizan distintas propuestas de rehabilitación con técnicas de rehabilitación verificadas en laboratorio para la región, según distintos grados de valoración patrimonial de lo existente.

En la propuesta del nuevo "Centro de Interpretación de Mendoza" se deben considerar como determinantes las condiciones del sitio y del suelo en relación a la vulnerabilidad edilicia y a la seguridad estructural, tener especial cuidado en el diseño de instalaciones sanitarias en relación a la vida útil que quiera otorgarse a la construcción y considerar la utilización de técnicas de reparación asociadas a las técnicas constructivas originales de la construcción en mampostería y hormigón armado para optimizar costos y alcanzar los requerimientos normativos.

INTRODUCCIÓN

La sede de la Secretaría de Turismo, entonces dependiente del Ministerio de Turismo y Cultura de la Provincia de Mendoza, Argentina, funciona en un edificio de mampostería monumental.

El edificio ha sido proyectado por el Ing. Juan Molina Civit, precursor de construcciones en cemento armado, como sede del Jockey Club de Mendoza. La construcción se inicia en 1913 y finaliza en 1923. Su arquitectura de carácter monumental está regida por los cánones del academicismo y eclecticismo. Sus elementos de herrería, trabajos en mármol y madera así como los detalles lingüísticos de fachada (ver Figura 1), no son menos importantes que sus valores tecnológicos ya que fue el primer edificio en altura diseñado en Mendoza y ha incorporado técnicas estructurales innovadoras, para su época, con una trama principal de perfiles metálicos, recubierta de mampostería cocida y hormigón armado.

Esta construcción hoy, presenta patologías estructurales y por mantenimiento que han generado la conformación de un equipo interdisciplinario de especialistas de arquitectura e ingeniería para evaluar su intervención. Los resultados de este estudio forman parte de las Bases de un Concurso Nacional de Anteproyectos [1] para el "Centro de Interpretación de Mendoza"[2] que es pionero en el interior del país para difundir entre los profesionales y el público en general, conciencia de la importancia de la metodología interdisciplinaria especializada para abordar intervenciones en los edificios que conforman el patrimonio arquitectónico nacional.



Figura 1: Fachada del edificio

Este trabajo se ha encarado en etapas: un seguimiento de antecedentes históricos, relevamientos arquitectónicos y de estructuras, la evaluación de patologías y el estudio de los materiales utilizados, incluido el suelo, y el análisis de las condiciones de seguridad del

edificio, previo a la definición final del proyecto arquitectónico que se realiza por concurso público.

Se deben establecer premisas de origen estructural ya que la Ciudad de Mendoza está dentro de la zonificación nacional de mayor riesgo sísmico del país [3] para el llamado a concurso de rehabilitación y refuncionalización del lugar.

La vulnerabilidad se evalúa de acuerdo a la normativa vigente en el Código de Construcciones Sismorresistente para la Provincia de Mendoza de 1987 [4] que establece las pautas de calidad, resistencia y seguridad que deben alcanzar las construcciones que no cumplimentan los reglamentos sismorresistentes y que se deben aplicar obligatoriamente en edificios de uso público (en este caso hay comercios y teatros en funcionamiento en el edificio).

En este trabajo se mencionan las distintas alternativas evaluadas y se presenta la propuesta de rehabilitación más conveniente. Se evalúa la vulnerabilidad de la misma considerando la capacidad sismorresistente de la mampostería, con técnicas de rehabilitación ensayadas en laboratorio para la región [5], [6] según distintos grados de valoración patrimonial de lo existente, en trabajo interdisciplinario con arquitectos y patrimonialistas [7].

METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología utilizada para llevar a cabo esta parte del trabajo incluyó las siguientes etapas: relevamiento, decisiones de emergencia, análisis de las condiciones de conservación del edificio, diagnóstico y criterios sismorresistentes para la propuesta de rehabilitación [8].

Relevamiento

El estudio de este edificio patrimonial corresponde por tratarse de un Bien del Patrimonio Cultural de la Provincia por Decreto 964/2003 y Ley 6034/1993 de la Provincia de Mendoza. Desde el punto de vista catastral el dueño del inmueble es el Gobierno de la Provincia de Mendoza y este edificio se considera un exponente del sistema constructivo vanguardista de edificación contra temblores por la época de construcción (1913-1923) y reúne importantes valores de carácter arquitectónico- cultural en el marco del perfil urbanístico de la Avenida San Martín (Figuras 2,3 y 4). La documentación disponible es de los diarios de la época.

El relevamiento arquitectónico ha permitido conformar una documentación completa de planos, estudios histórico urbano y arquitectónicos del edificio, de importancia para completar el relevamiento de patologías, valoración patrimonial y diagnóstico estructural.



Figura 2: Hall central



Figura 2: Pasillo de acceso a salas de teatro con cielorraso suspendido



Figura 3: Estado de salas de exposición

Desde el punto de vista estructural se relevó el estado de fisuración, patologías de otras características y condiciones ambientales del edificio. El edificio presenta muros de mampostería cerámica cocida, de espesor variable entre 0.20 a 0.65 m armada mediante flejes metálicos sin anclaje en extremos y en estado de oxidación avanzada (ver Figura 4), fisuración en paredes y arcos en forma vertical e inclinada a 45°, (ver Figura 5), humedad en muros por ascenso capilar en la mayoría de los muros, desprendimientos de losas por efectos de corrosión de armaduras (ver Figura 6), entre las más destacadas.



Figura 4: Estructura metálica de enmarcado de mampostería



Figura 5: Fisuración en mampostería



Figura 6: Losas dañadas por efectos de la corrosión de armaduras

Con los datos obtenidos de la inspección se realizaron planos indicadores de las distintas patologías. A modo de ejemplo se presenta el correspondiente al subsuelo en la Figura 7.

Medidas de emergencia

Eliminación de las pérdidas de agua en cañerías de agua potable y de desagües cloacales y pluviales, además del cambio de destinos de locales en sectores del edificio con mayor problemática hasta que se produzca el refuerzo estructural y rehabilitación del mismo.

Análisis de las condiciones de conservación del edificio

Conservación y estabilidad del edificio

La conservación de este edificio ha respondido a las políticas aplicadas por las instituciones oficiales que lo usaron en distintas épocas. No ha contado con un mantenimiento sistemático y criterios constructivos adecuados en las distintas intervenciones detectadas.

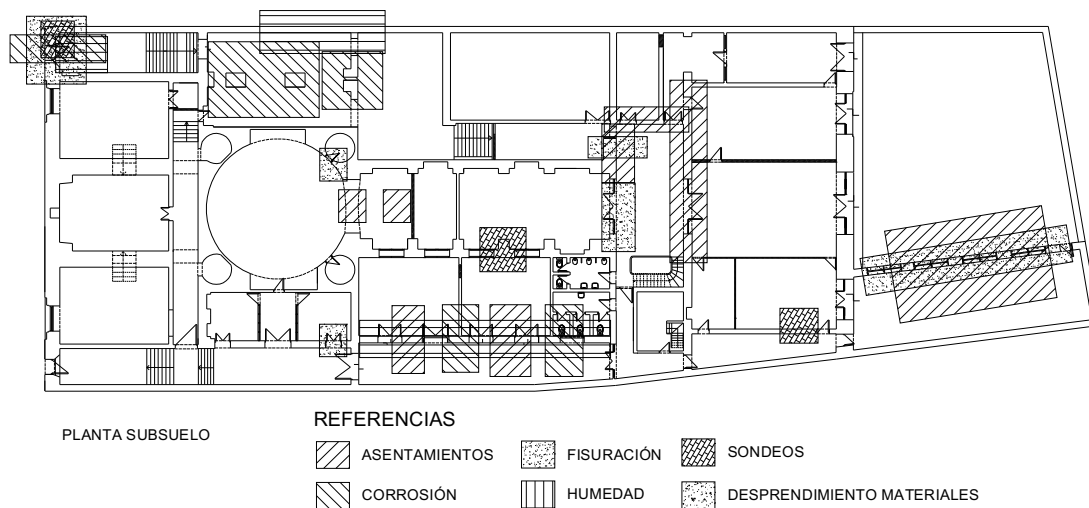


Figura 7: Plano de identificación de patologías del subsuelo.

Ensayos complementarios

Además de los habituales estudios físicos, químicos y mecánicos para identificación de los materiales usados, se realizaron estudios complementarios de pachometría, ultrasonido y sondeos de la estructura [9]. Los estudios posibilitaron detectar la tipología estructural y su estado de conservación, no alcanzando los requerimientos actuales de las normativas.

Causas de la degradación

Además de los daños debido a la sismicidad local, se aprecian causas de degradación en el tiempo, tales como humedad ascendente y descendente en muros y en subsuelo. Se observan eflorescencias a nivel de pisos, losas y paredes (ver Figura 6 y 9), producto de la falta de aislación hidráulica, pérdidas de las instalaciones o modificación de las condiciones de ventilación.

Control de asentamientos y actividad de las fisuras

El estudio de suelos detectó pérdidas permanentes en los desagües cloacales y pluviales, con el consiguiente aumento del tenor de humedad y presencia de fisuras en mampostería por asentamientos, que se mantienen en actividad creciente, por el tipo de suelo existente. Se observan importantes asentamientos en la zona de subsuelo debido al peso del edificio y a la cimentación superficial del mismo (ver Figura 8, 9, 10)



Figura 8: Exploración de fundación superficial



Figura 9: Eflorescencia en paredes y techos



Figura 10: Fisuración por efecto sísmico en mampostería

Estudio de viabilidad económica

La rehabilitación de este edificio se encuentra en los presupuestos del Ministerio de Turismo y Cultura [10]. Se realizó un concurso nacional de Anteproyectos para la recuperación y refuncionalización del mismo en base a los estudios realizados.

Diagnóstico

Vulnerabilidad del edificio: Para evaluar la rehabilitación se aplica el Capítulo 8 del Código de Construcciones Sismorresistentes para la Provincia de Mendoza (CCSR87) [4] sobre: "Modificaciones o reparaciones de obras existentes", que tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Importancia de la obra actual (artículo 8.4.1. Clasificación de las construcciones): corresponde a I.1. Obras importantes: por tratarse de una estructura dañada con valor patrimonial histórico.
- Calidad sismorresistente de la obra primitiva (artículo 8.4.2.): corresponde a C.4. Obras de mala calidad: las que no fueron proyectadas conforme a esta norma y presentan signos de funcionamiento estructural anómalo, cuya ejecución es defectuosa o bien no tienen un sistema resistente completo. Construcciones que no se ajustaron a los códigos vigentes al momento de su construcción o sin previsiones sismorresistentes.
- Capacidad sismorresistente de la obra primitiva (artículo 8.4.3.): corresponde a alcanzar S1: seguridad suficiente $r > 100\%$

Para determinar la capacidad sismorresistente de la obra primitiva según el art. 8.4.3. del CCSR87 [4] se consideran como premisas:

- La capacidad de la estructura a corte basal está dada por la capacidad de la mampostería a tal esfuerzo, tomando como criterio lo indicado en art. 8.5.d) del citado código para las excepciones consideradas en esta estructura.

- Se desestima la colaboración de columnas para aumentar la capacidad a corte ya que no se ubicaron con certeza ni la forma ni disposición de estos elementos estructurales.

Se realiza el análisis estructural del edificio siguiendo todos los requerimientos de la normativa en cuanto a ubicación del edificio, tipo de suelo, destino de ocupación, ductilidad estructural, cálculo de pesos exactos, cálculo de la acción sísmica equivalente, distribución de dicha acción en los elementos estructurales sismorresistentes en planta y en altura.

Del análisis estructural se obtienen los valores para el indicador que relaciona la capacidad a corte en la base de la construcción para la distribución de fuerzas sísmicas previstas en el código y la demanda de corte de la sección en la base según el reglamento. Los resultados obtenidos indican que la seguridad alcanzada según el código es insuficiente, S4 (menor al 60%).

Las deformaciones obtenidas en el análisis estructural, para la acción sísmica máxima, coinciden con los sectores más dañados actualmente. Estos resultados indican la necesidad de reforzar las estructuras de mampostería, a fin de evitar deformaciones no compatibles con la mampostería o replantear la distribución espacial del edificio para alcanzar deformaciones del suelo económicamente compatibles mediante cambios de uso. Por ello fue necesario replantear cuáles espacios arquitectónicos debían quedar y cuáles podían tener cambios o demolición. En la Figura 12, se presentan con distintos colores, las prioridades desde el punto de vista patrimonial, las que se tienen en cuenta en la propuesta de rehabilitación en el planteo de los sistemas estructurales resistentes.

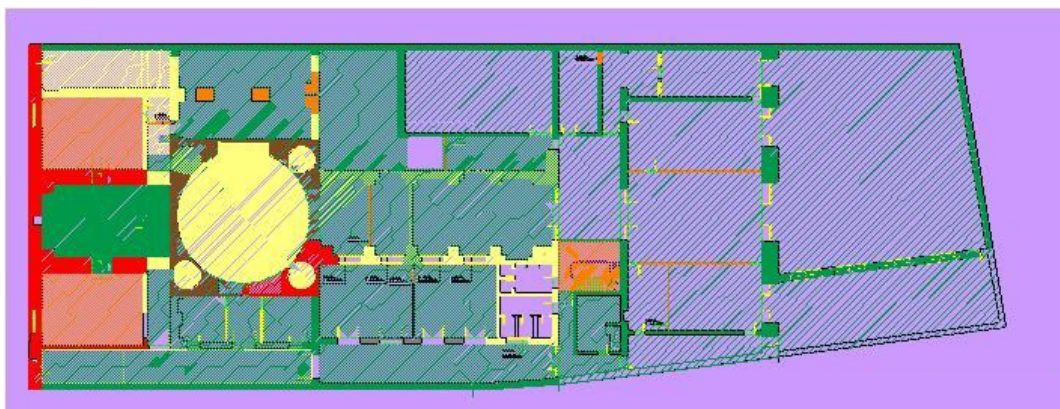
Desde un punto de vista técnico es factible la recuperación.

La propuesta de rehabilitación deberá respetar los siguientes criterios:

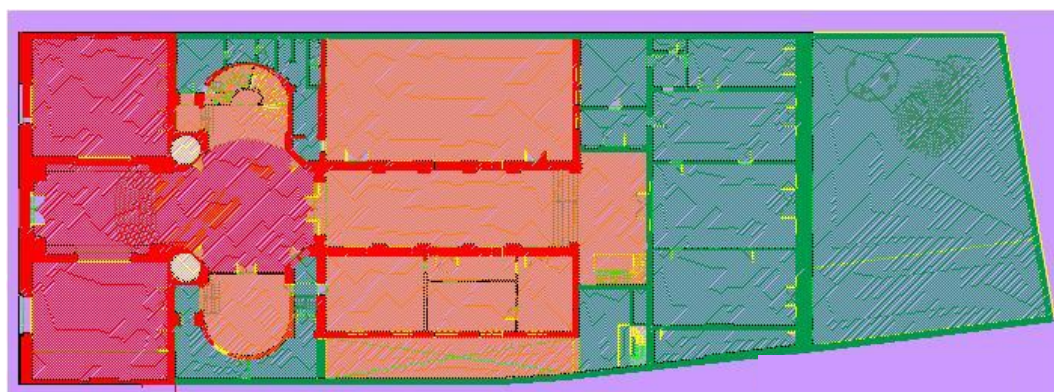
- Brindar al edificio capacidad para soportar las acciones sísmicas de diseño que exige la normativa en vigencia.
- La estructura sismorresistente debe trabajar en rango elástico o bien con una ductilidad global y seccional de tal forma de garantizar la vida útil y el control de daños acordes con un edificio de interés patrimonial cultural.
- Mantener, tanto constructivamente como arquitectónicamente los espacios y la estética del mismo, tratando de que los refuerzos o la estructuración no modifiquen el aspecto arquitectónico del edificio.
- Proveer al edificio de un bajo grado de vulnerabilidad sísmica y un alto grado de seguridad para su evacuación ante cualquier tipo de siniestros.
- Diseñar una estructura lo más simétrica y sencilla posible para asegurar el correcto funcionamiento estructural ante acciones sísmicas.

Se estudian distintos tipos de soluciones estructurales [11], partiendo de la base antes mencionada respecto a la partición, mediante juntas de movimiento, del edificio en cuanto a lo estructural, entre las cuales se pueden mencionar: colocar estructura metálica diagonalizada independiente de la existente, incorporar aisladores sísmicos en las bases, rehabilitar y reforzar con el uso de disipadores de energía y confinar los muros de mampostería introduciéndoles columnas y vigas de hormigón armado y reforzando y/o armando la mampostería con armadura metálica o fibras de distintos tipos.

En la Figura 13 se presenta con distinto rayado la partición de la estructura, para su trabajo en forma independiente: lo que se mantiene, lo que se rehabilita y lo que se demuele en cada una de ellas para lograr una seguridad estructural compatible, con el tipo de edificio y con la vida útil prevista para el mismo.



Planta subsuelo



Planta baja



Primer nivel

Figura 12: Consideraciones patrimoniales a tener en cuenta en el planteo estructural.
Referencias de color para valoración patrimonial: rojo (máxima), naranja (medio), amarillo (baja) y verde (nula)

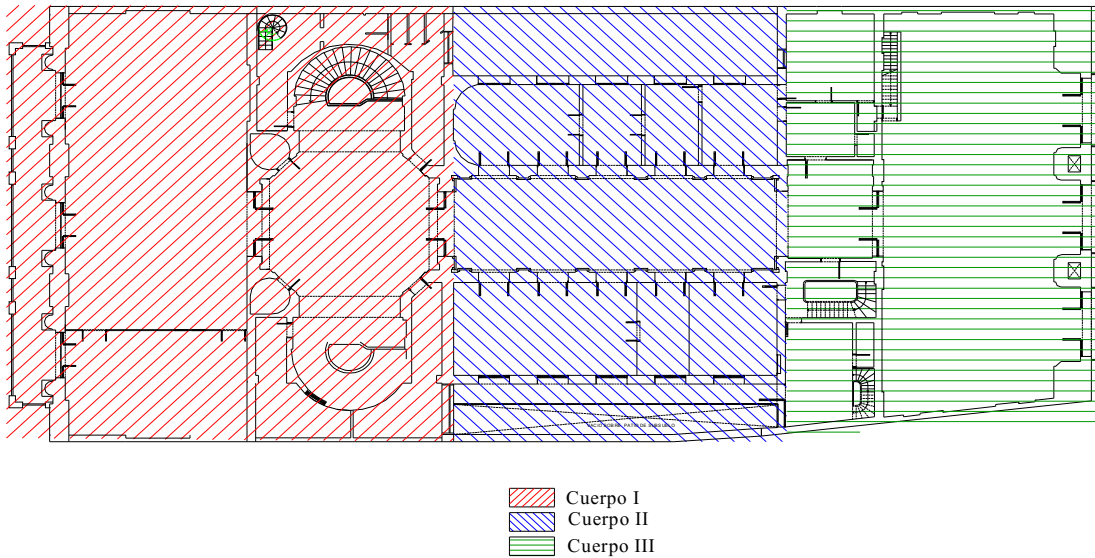


Figura 13: zonificación estructural de la propuesta

El refuerzo estructural con menos inconvenientes corresponde a la construcción de una estructura sismorresistente de hormigón armado compuesta por tabiques y pórticos en los Cuerpos I y II. En la Figura 14 se presentan los planteos estructurales para los tres niveles: subsuelo, planta baja y primer piso y en la Figura 15 se presentan en altura distintos pórticos-tabiques para el Cuerpo I. Esta estructura está incluida total o parcialmente en los espesores de muros de mampostería existente y no elimina la estructura metálica existente, la que en algunos casos quedará parte o totalmente incluida en la nueva estructura de hormigón armado y la estructura de losas, reparadas y reforzadas, se vinculará completamente a este sistema estructural.

La modelación de la propuesta de refuerzo estructural se realizó en forma espacial mediante el uso del programa de cálculo estructural SAP 2000 [12], siguiendo los lineamientos de las normativas en vigencia y los condicionamientos particulares del edificio en estudio.

En la Figura 16 se presenta el planteo estructural para todo el Cuerpo II.

CONCLUSIONES

Para el proyecto del nuevo centro cultural de Mendoza, el planteo de rehabilitación y refuncionalización debe:

- considerar como determinante las condiciones del sitio y del suelo en relación a la vulnerabilidad edilicia y a la seguridad estructural,
- tener especial cuidado en el diseño de instalaciones sanitarias en relación a la vida útil que quiera otorgarse a la construcción,
- considerar la utilización de técnicas de reparación asociadas a las técnicas constructivas originales de la construcción en mampostería y hormigón armado para optimizar costos y alcanzar los requerimientos del reglamento vigente.

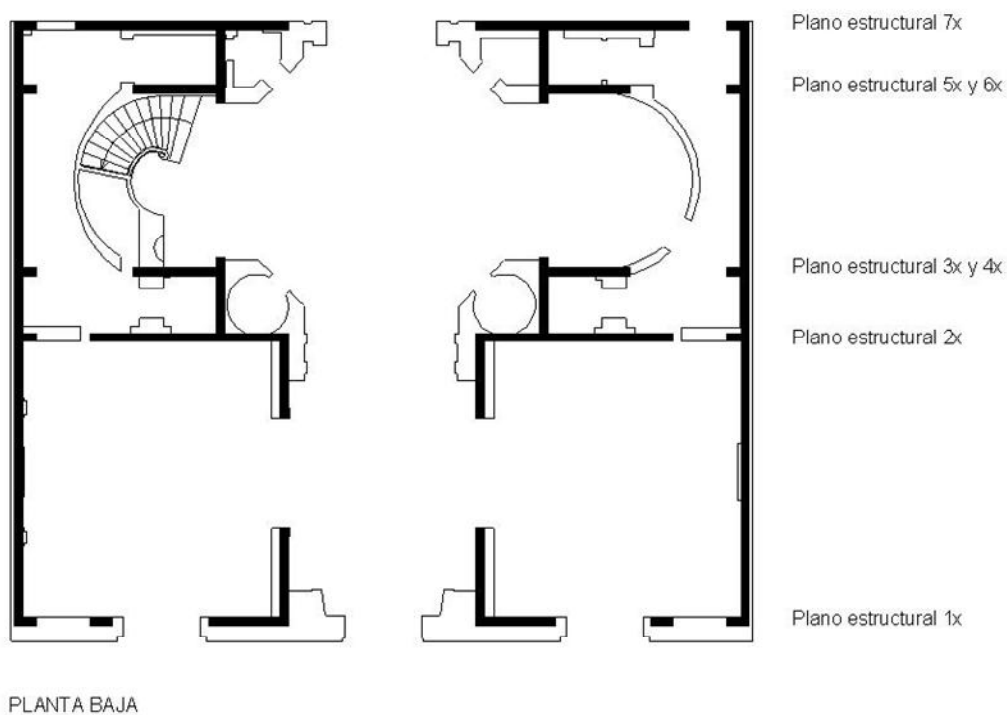
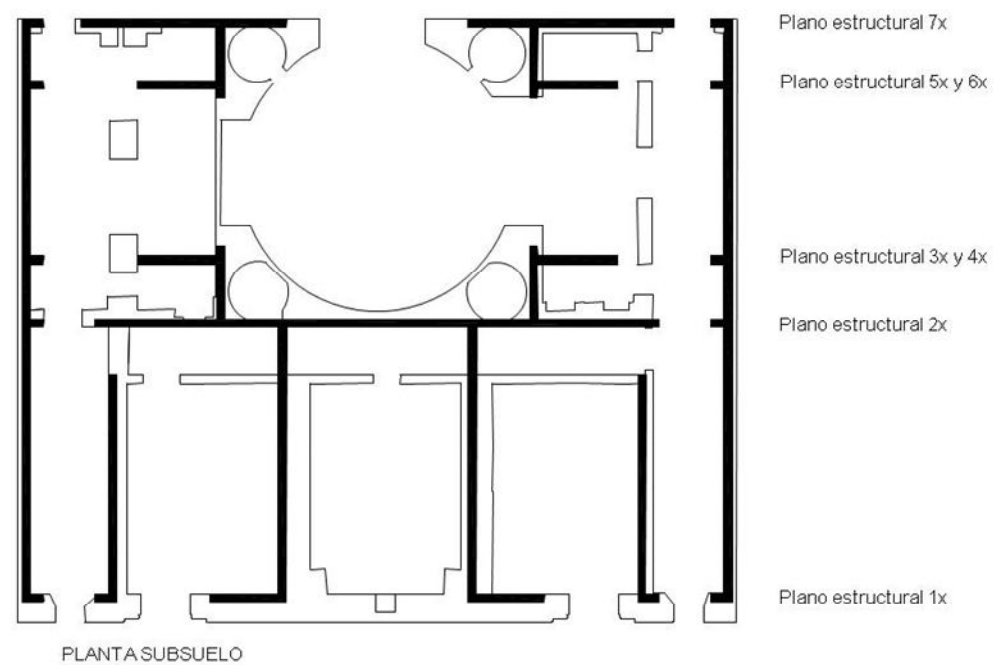


Figura 14: Esquemas de estructura sismorresistente para los distintos niveles del Cuerpo I (subsuelo y planta baja).

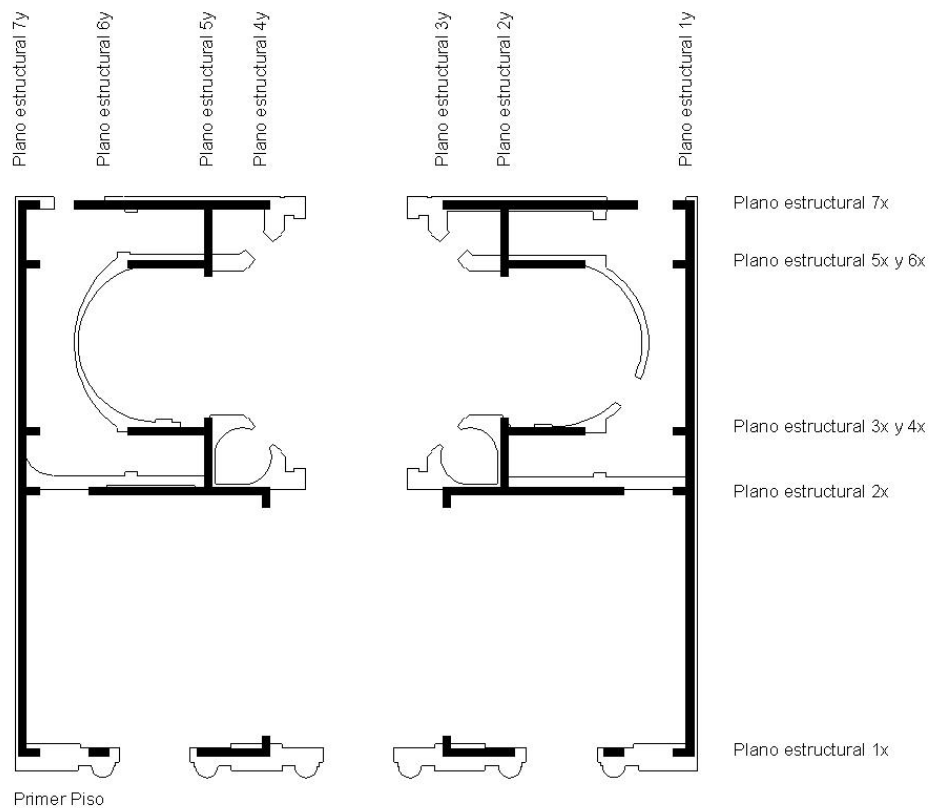


Figura 14: Esquemas de estructura sismorresistente para los distintos niveles del Cuerpo I (primer piso).

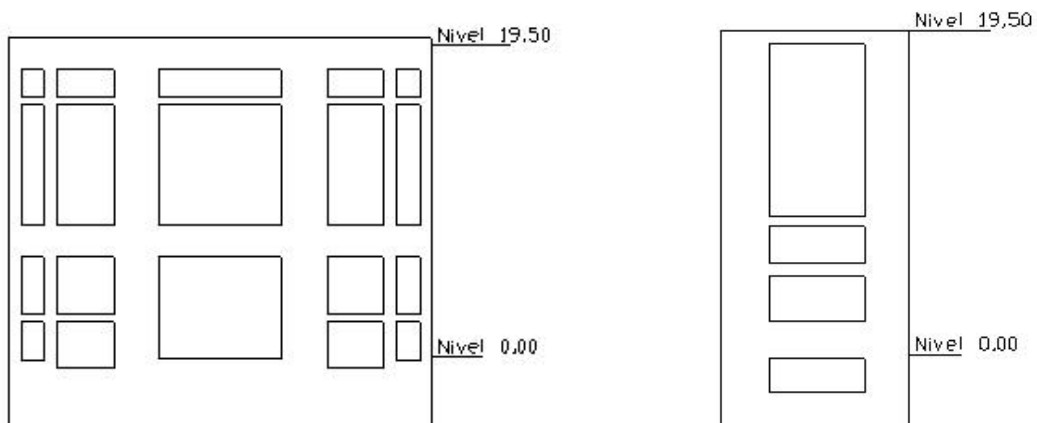


Figura 15: Cuerpo I: Plano estructural 1x (izq.) – Plano estructural 2y-5y (der.)

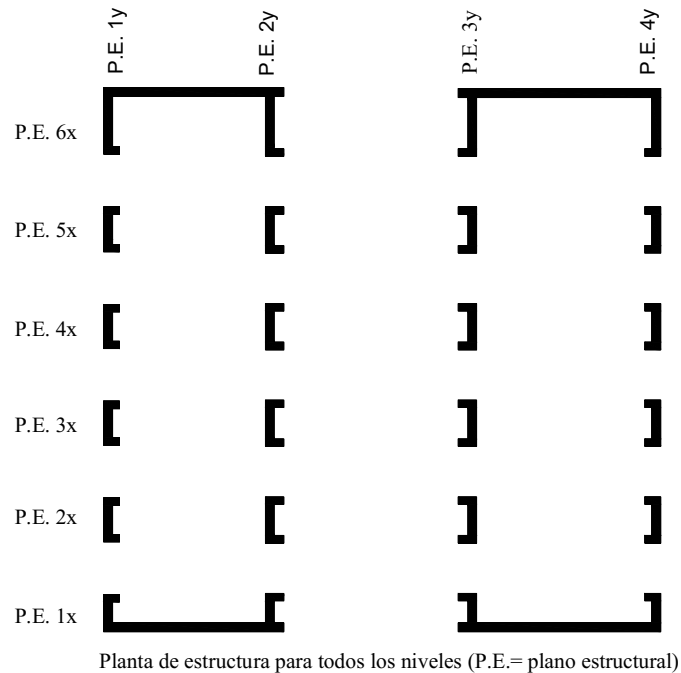


Figura 16: Esquema del planteo estructural sismorresistente para el Cuerpo II.

REFERENCIAS

1. "Concurso Nacional de Anteproyectos para la Recuperación y Refuncionalización del Edificio de la Subsecretaría de Turismo, Ex Jockey Club como Centro de interpretación de Mendoza e Ideas para el Entorno Urbano". Mendoza, 2007. Formato electrónico
2. "Obras y Proyectos", Ministerio de Turismo y Cultura 2004-2007. Mendoza. 2007.
3. INPRES. "Microzonificación sísmica de Mendoza". 1989. Resumen ejecutivo.
4. Gobierno de Mendoza. Código de Construcciones Sismorresistentes de la Provincia de Mendoza. Mendoza, Argentina. 1987.
5. N.G. Maldonado y L.A. Olivencia. "Techniques used to repair seismic-resistant masonry walls". Proceedings Tenth World Conference on Earthquake Engineering - Madrid – España. A.A. Balkema, Netherlands. 1992. Tomo 9 pp. 5384-89.
6. Palencia J.C., Agüera N. "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio educacional". Tesis de grado. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza . 2005. p.120.
7. Maldonado N.G., Michelini R.J. y Olivencia L.A. "Criterios de diseño, construcción y evaluación por capacidad de la mampostería sismorresistente reparada". Memorias de las XVI Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural. Buenos Aires, Argentina. AIE. 1998. pp.1-15.
8. Maldonado N.G.; Michelini R.J. "Rehabilitación de un edificio de mampostería histórica en zona de elevado riesgo sísmico: un caso de estudio". Memorias Congreso de Ingeniería 2000. Buenos Aires, Argentina. 2000. pp. 23-32.
9. DURAR Red Temática XV.B Durabilidad de la Armadura. Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado. CYTED. 1997.p.208.
10. Diario Los Andes. Nota: Refaccionarían el edificio de Turismo para convertirlo en centro cultura. 20 de marzo de 2007. Mendoza, Argentina.
11. FEMA 273. Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings. NEHRP. 1997.p.368.
12. SAP 2000. Computers and Structures. 2000.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha logrado gracias al trabajo interdisciplinario con los arquitectos Fabio Gremienteri, Silvia Salustro, Federico Cohen, Graciela Moretti, Mercedes Castro, Emmanuel Fernández y Mariano Lubowieki de la Dirección de Patrimonio Cultural y personal técnico de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional mediante convenio con el Gobierno de la Provincia de Mendoza.