

Capítulo 9

Construcción del edificio. Obras civiles complementarias. Montaje del sistema de aislamiento. Instrumentación sísmica.

9.1. Introducción

En los capítulos precedentes se ha tratado el diseño arquitectónico y estructural del edificio y también el del sistema de aislamiento sísmico a utilizar en la etapa final de proyecto, es decir, se cuentan con todos los elementos, al menos generales, necesarios para materializar el proyecto final. El presente capítulo tiene como objetivo principal describir las instancias de obras, las tecnologías utilizadas para la construcción del edificio, las obras complementarias y especiales que requiere un edificio con aislamiento sísmico y el montaje del sistema de aislamiento. El proyecto físicamente queda concluido con la colocación de la instrumentación sísmica, aspecto que también será tratado en el presente capítulo.

Las distintas instancias de la construcción del edificio y obras complementarias y especiales para implementar el sistema de aislamiento, serán descritas en sus aspectos generales sin entrar en detalle sobre las tipologías constructivas y estructurales de uso común y frecuente en la provincia y en otras regiones sísmicas del país. El montaje del sistema de aislamiento tendrá un tratamiento especial atendiendo a que el mismo fue colocado durante el proceso de construcción del edificio y no antes del mismo, por lo tanto es convenir sintetizar, a título de experiencia, la técnica utilizada para lograr el objetivo.

9.2. Construcción del edificio. Obras civiles complementarias.

9.2.1. Estructura de Fundación

Las obras de fundación se iniciaron con los trabajos de excavación hasta la cota de fundación proyectada más una altura adicional de 1.50 m. para materializar el subsuelo, por debajo de la losa de planta baja de tal manera de generar un espacio para inspeccionar el sistema de aislamiento sísmico y la central de adquisición de datos (Fig. 9.1). La estructura de fundación está conformada con bases corridas y vigas de fundación incorporadas de acuerdo al detalle descrito en el capítulo 6 (Fig. 9.2)

A nivel de piso del subsuelo, sobre las vigas de fundación de las bases corridas y con el objeto de prever el espacio del futuro sistema de aislamiento sísmico (resortes de muelle + aisladores viscoelásticos), se construyeron cuatro dados de hormigón armado, con sección es de (500 x 500)mm. y altura 500 mm., con el objeto de materializar puntos de apoyo de la torre del edificio durante la etapa de construcción. El edificio fue simplemente apoyado sobre dichos dados y se intercalaron, entre la superficie de apoyo y la superestructura del edificio, láminas de polietileno con el objeto de evitar la adherencia entre ambas superficies. En un futuro los mismos también pueden ser utilizados como elementos estructurales de apoyo ante una eventual reparación o reemplazo, parcial o total, del sistema de aislamiento (Fig. 9.3).



Fig. 9.1: Trabajos de excavación para alojar la estructura de fundación del edificio con aislamiento sísmico (Torre 3)



Fig. 9.2: Disposición de las armaduras de la bases corridas y vigas de fundación incorporadas



Fig. 9.3: Ubicación y armaduras del dado de hormigón armado donde se apoyaría la superestructura del edificio durante la etapa de construcción. Estructura de fundación hormigonada

Los tiempos de fabricación y entrega del sistema de aislamiento no coincidieron con el periodo de construcción del edificio debido a que el citado sistema fue fabricado en Alemania por la firma GERB. Por tal motivo se decidió que el sistema de aislamiento sería montado durante la etapa de construcción, decisión que implicaba levantar el edificio aproximadamente 15 cm. Las técnicas utilizadas para lograr el objetivo citado serán explicada en los puntos siguientes del presente capítulo.

No obstante la decisión comentada, era necesario colocar, en la presente etapa de construcción, las platinas de anclaje tomadas a la estructura de fundación y a la superestructura, para fijar, en ellas el sistema de aislamiento (GCS). Para este objetivo se fabricó un marco metálico que posicionaba, en sus respectivos lugares, a las platinas de anclajes con extrema precisión, mientras que el marco metálico simulaba la presencia del sistema de aislamiento (GCS). Colocada esta estructura metálica en su posición se procedió al llenado de la estructura de fundación (Fig. 9.4).



Fig. 9.4: Montaje de las platinas de anclaje del sistema de aislamiento

El posicionamiento de las platinas de anclaje del sistema de aislamiento fue realizada bajo un estricto control de nivelación, propia de la platina y del conjunto, para lo cual se tuvo en cuenta parámetros relacionados con linealidad y altura (Fig. 9.5). Estas tareas marcaron la necesidad de contar con mano de obra especializada para ejecutar los trabajos con extrema precisión. Ambos aspectos fueron difíciles de conseguir en el medio local debido a la

idiosincrasia del personal dedicado a la construcción de edificios. La incorporación de escasa tecnología a la construcción, afirma una de las motivaciones de la tesis (capítulo: Introducción), todavía se sigue trabajando casi con las mismas técnica de principios del siglo pasado.



Fig. 9.5: Control en obra del posicionamiento del montaje de las platinas de anclaje del sistema de aislamiento

Finalizada la estructura de fundación se construyeron los tabiques perimetrales del subsuelo. Para ello se tuvo en cuenta el espacio necesario para permitir el desplazamiento del edificio frente a la presencia de un movimiento sísmico. Si bien los desplazamiento previstos por el análisis teórico del edificio para el sistema (GCS) no superaban los 200 mm., por razones constructivas se dejaron espacios de 600 mm en sentido norte – sur y de 350 mm. en sentido este – oeste (Fig. 9.6). En la construcción del tabique perimetral del subsuelo fueron previstos los huecos para la acometida de las instalaciones y el box de ingreso (Fig. 9.7). Por otro lado, estos espacios a nivel del piso del subsuelo, permitieron materializar desagües de eventuales líquidos que pudieran ingresar al recinto para ser evacuados a un pozo de absorción ubicado sobre el vértice noreste del edificio (Fig. 9.8).



Fig. 9.6: Disposición de armaduras del tabique perimetral del subsuelo

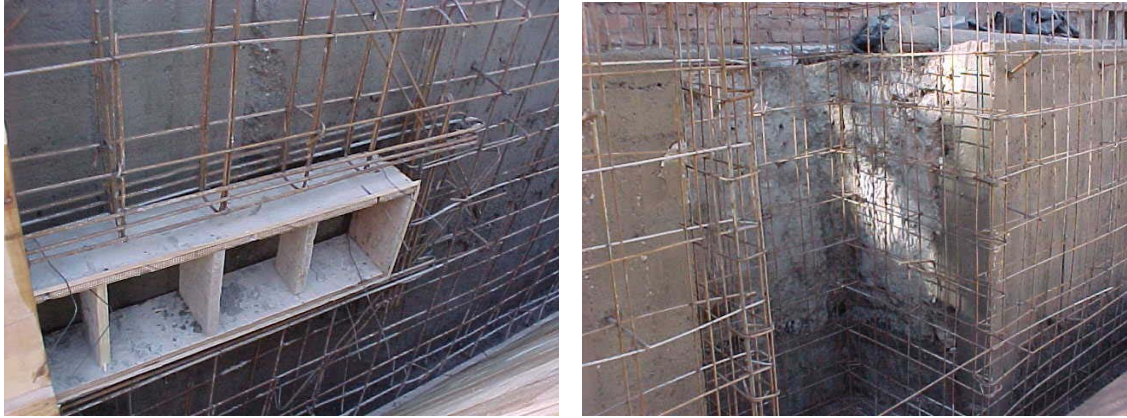


Fig. 9.7: Huecos en el tabique perimetral del subsuelo para el ingreso de instalaciones y box de ingreso



Fig. 9.8: Conducción de desagües de líquidos al pozo de absorción a nivel de piso del subsuelo

9.2.2. Superestructura (Torre 3)

Finalizados los trabajos descritos en el punto anterior, se comenzó con la construcción del edificio. La superestructura de la torre 3 es soportada por vigas ubicadas inmediatamente encima del sistema de aislamiento. Durante esta etapa y hasta el montaje del sistema de aislamiento el edificio se apoyaría transitoriamente en los dados de hormigón armado descritos en el punto anterior. Por lo tanto, los primeros trabajos se centraron en el posicionamiento de las armaduras de las vigas y columnas ubicadas por encima del sistema de aislamiento (Fig. 9.9) . Acto seguido se montaron las placas prefabricadas precomprimidas (Ver Capítulo 6, punto 6.2.2) para materializar la losa del subsuelo, es decir la losa ubicada inmediatamente por encima del sistema de aislamiento y se procedió al colado del hormigón (Fig. 9.10). Esta losa junto a las vigas mencionadas, representan las estructuras adicionales en relación a cualquier edificio con fundación tradicional.



Fig. 9.9: Posicionamiento de las armaduras de las vigas y columnas por encima del sistema de aislamiento.



Fig. 9.10: Vigas, losas y columnas ubicadas inmediatamente por encima del sistema de aislamiento.

Cumplida las etapas descriptas, la construcción del resto del edificio (torre 3) fue realizada con las mismas técnicas utilizadas en las otras dos torres (1 – 2) con las particulares descriptas en el capítulo 6. La construcción de la obra civil avanzó hasta la materialización de la losa de planta baja, la estructura vertical y la mampostería de 1° nivel, instancia en la cual se decidió suspender los trabajos para montar el sistema de aislamiento (GCS). En esta instancia de la

obra el sistema se encontraba disponible para proceder a su posicionamiento. En la Fig. 9.11 se indican, entre otros, trabajos de mampostería, losa del 1º nivel y estructuras verticales.



Fig. 9.11: Trabajos de mampostería, losa 1º nivel y estructura vertical de edificio con aislamiento sísmico (torre 3).

Luego de realizar el montaje del sistema de aislamiento, tema que será tratado en el punto siguiente, se continuaron y finalizaron la totalidad de los trabajos de obra civil con las técnicas descriptas en el capítulo 6. Los trabajos se completaron con las instalaciones, circulaciones verticales exteriores, escaleras de acceso al subsuelo, chapas de cobertura de la

separación entre el edificio y los tabiques perimetrales del subsuelo, revestimientos, carpinterías, vidrios, muebles de cocina, artefactos sanitarios y pinturas. Si bien todos ellos no son la esencia de la presente tesis y su descripción detallada engrosaría innecesariamente el presente capítulo, es oportuno citar algunos aspectos relacionados con las instalaciones, las circulaciones verticales exteriores (escaleras) y la estanqueidad del espacio diseñado entre el edificio y los tabiques perimetrales del subsuelo.

9.2.2.1. Instalaciones

La totalidad de las instalaciones, desagües primarios, secundarios, pluviales, agua y gas se realizaron en su totalidad en forma tradicional y de acuerdo a técnicas de la práctica habitual y del buen arte, de tal manera de cumplir con las reglamentaciones vigentes sobre la especialidad (Fig. 9.12). Las diferencias, con relación a una construcción tradicional, se centran en las acometidas de cada una de ellas. Debido a que el edificio con aislamiento sísmico tiene la posibilidad de desplazamientos horizontales y verticales ante la ocurrencia de un sismo, cada una de las acometidas necesariamente debe acompañar el movimiento del edificio que se encuentra por encima del sistema de aislamiento. Dicho objetivo es fundamental para evitar cualquier tipo de acoplamiento entre las instalaciones y el edificio de tal manera de impedir que el sistema de aislamiento sea inefectivo.

En general, todas las acometidas fueron resueltas con conexiones flexibles, sin embargo y a diferencia de otros sistemas de aislamiento (elastoméricos, friccionales, etc.) para el sistema (GCS) debía pensarse que el edificio no sólo manifiesta movimientos transversales, sino también verticales.

La situación comentada fue relativamente sencilla de resolver para las acometidas de agua y desagües primarios y secundarios (Fig. 9.13) y un poco más complejo para la conexión de gas debido a las reglamentaciones del ente regulador del gas en la Provincia de Mendoza. Este hecho concluyó en el diseño y fabricación (en Buenos Aires) de un dispositivo especial que asegurara su estanqueidad ante la ocurrencia de un terremoto y que acompañase de una manera eficiente los movimientos del edificio. El dispositivo está conformado por un tubo recto con dos fuelles metálicos extremos. Los fuelles extremos cumplen la doble función de permitir desplazamientos verticales y materializar articulaciones en los extremos del tubo para permitir la rotación y liberar el desplazamiento horizontal. La distancia a la cual se ubican los dos fuelles metálicos está asociada al desplazamiento horizontal de la conexión (Fig. 9.14).



Fig. 9.12: Recorrido de las instalaciones de desagües primarios, secundarios, gas y agua a nivel de losa de planta baja (por encima del sistema de aislamiento)



(a)



(a)



(b)



(c)

Fig. 9.13: Conexiones flexibles de instalaciones: (a): desagües primarios y secundarios, (b): suministro de agua, (c): desagües pluviales.

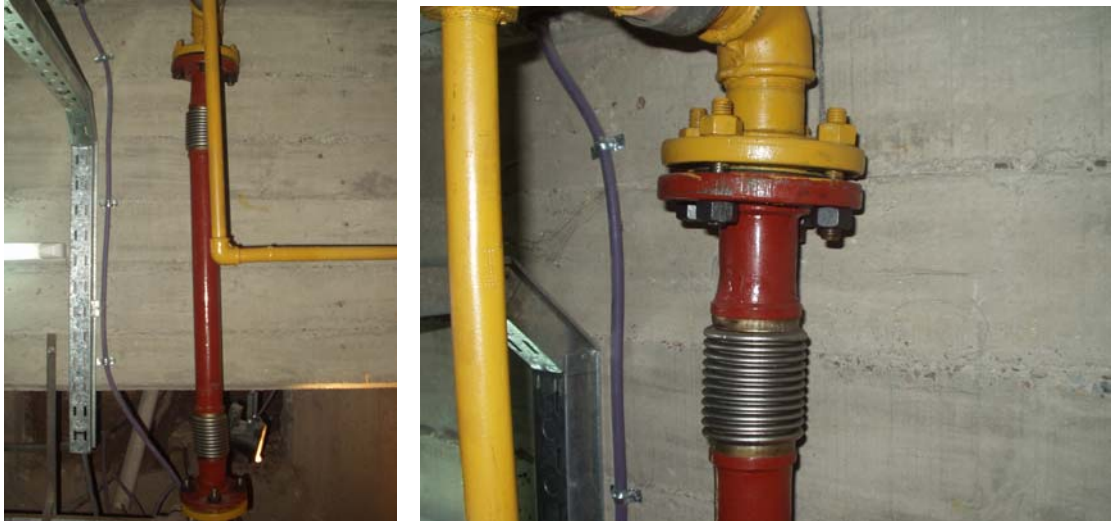


Fig. 9.14: Conexión flexible de la acometida de gas.

9.2.2.2. Circulaciones verticales (escaleras)

Al edificio con aislamiento de base (torre 3) se le adosan dos circulaciones verticales, la primera ubicada sobre el costado oeste y la segunda en la fachada opuesta, es decir la este (Fig. 9.15). Para controlar la interacción de las escaleras con el edificio aislado se han diseñado apoyos y fijaciones de las mismas al edificio para permitir el libre movimiento de la torre (Fig. 9.16). En el anexo “C”, del capítulo 6 se indican los esquemas del diseño de dichos apoyos (Fig. C06-15, C06-16 y C06-17).

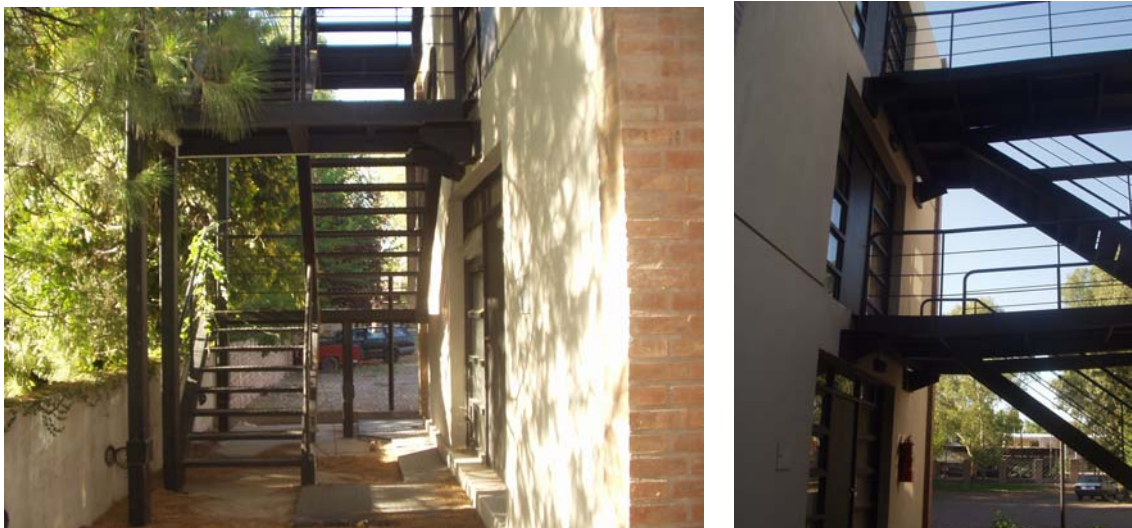


Fig. 9.15: Los dos cuerpos de escaleras (sobre fachada este y oeste) que apoyan sobre el edificio con aislamiento sísmico



Fig. 9.16:Detalle de las ménsulas de apoyo de las escaleras metálicas en el encuentro del edificio con aislamiento sísmico

De acuerdo puede observarse en la Fig. 9.16., el apoyo de la escalera metálica sobre la ménsula fijada al edificio, se realiza sobre una plancha de plomo con el objeto de reducir la fricción y oponer el mínimo de resistencia al desplazamiento horizontal. Tal como se señalara en el punto anterior, las escaleras (en toda su altura) deben acompañar no solamente los movimientos transversales del edificio frente a la ocurrencia de un sismo, sino también al desplazamiento vertical. Esta última componente resulta ser la más difícil de desacoplar precisamente porque es imposible la no presencia de las acciones gravitatorias debidas al peso propio. Ensayos realizados sobre el edificio ⁽¹⁾ indicaron que las escaleras generaban un cierto grado de acoplamiento durante el movimiento del edificio, precisamente porque la componente vertical no había sido liberada del movimiento del mismo. Los registros de aceleraciones obtenidos en dichos ensayos ⁽²⁾ evidenciaron la interacción de las escaleras en la respuesta del edificio, aspecto que motivó una inmediata intervención para corregir su influencia en el libre movimiento del edificio.

-
- (1) En el edificio con aislamiento sísmico se realizaron dos tipos de ensayos a escala real. El primero consistía en provocar una excitación dinámica mediante un mecanismo que poseía una masa variable excéntrica que giraba a distintas velocidades. Es decir con masa y velocidad variable. El mecanismo era fijado en el piso del último nivel y se lo hacía girar a velocidades variable (la masa también podía variarse), de dicho movimiento se obtuvieron registros de aceleración en distintos puntos instrumentados del edificio. El segundo tipo de ensayo fue desplazar el edificio lateralmente con gatos hidráulicos entre 30 y 50 mm. luego de que, el edificio se liberaba bruscamente. Se tomaron registros de aceleración en distintos puntos instrumentados del mismo en oportunidad en que el edificio regresaba a su posición de equilibrio.
- (2) Los registros de aceleración obtenidos de ambos tipos de ensayos permitieron detectar la interacción de las escaleras en la respuesta del edificio con aislamiento sísmico. Luego de las intervenciones indicadas

en la Fig. 9.17., se repitieron los ensayos descritos en segundo orden lo que arrojó una notable mejora en la respuesta del conjunto aislado. Los resultados y conclusiones de los citados ensayos no son presentados en la presente tesis debido a que se encuentran en un proceso de evaluación de resultados y su presentación en este momento (Febrero/2007) sería apresurado. Este material puede formar parte para avanzar y completar futuras investigaciones.

Con el objeto de desacoplar el desplazamiento vertical se cortaron las columnas de las escaleras, se apoyaron libremente los arranques de las vigas metálicas de las mismas sobre la viga de hormigón armado de fundación y se mejoró las separaciones de los umbrales de acceso desde los descansos de las escaleras a los departamentos (Fig. 9.17). La intervención comentada permitió mejorar notablemente la respuesta del edificio con aislamiento sísmico y se minimizó la interacción de las escaleras en el comportamiento de la torre frente a la ocurrencia de un sismo.



Fig. 9.17: Intervenciones post construcción realizadas en obra para desacoplar las escaleras del movimiento del edificio con aislamiento sísmico.

9.2.2.3. Cerramiento entre el edificio y los muros perimetrales del subsuelo

Para asegurar la estanqueidad, a nivel de terreno natural, del espacio diseñado entre el edificio y los tabiques perimetrales del subsuelo, se ha dispuesto un cerramiento de chapa reforzada

fijada solamente sobre el paramento del edificio y totalmente liberado sobre el tabique de hormigón armado del subsuelo, incluso se ha diseñado una junta entre chapa y muro, de tal manera de que el cerramiento no ofrezca resistencia al movimiento del edificio (Fig. 9.18). El mismo cuenta con aberturas de ventilación para controlar la condensación que se manifestaba, en forma frecuente, sobre el paramento inferior de la chapa como consecuencia de los altos gradientes de temperaturas entre el exterior y el local de subsuelo del edificio (Fig. 9.18). Este cerramiento se completa con la puerta trampa, más su respectiva escalera metálica, de ingreso al subsuelo y a la zona de inspección del sistema de aislamiento (Fig. 9.18).



Fig. 9.18: Cerramiento de chapa reforzada entre el edificio y el tabique de hormigón armado del subsuelo.

Por debajo del cerramiento que muestra la Fig. 9.18, y a nivel de subsuelo, se han emplazado los tacos de control de desplazamientos del edificio. Los mismos cumplen la función de limitar el desplazamiento del sistema de aislamiento a valores de diseño de tal manera de proteger el eje vertical y cilindros del amortiguador viscoelástico. Estos dispositivos han sido colocados atendiendo a razones de seguridad y para controlar desplazamientos que podrían inducir terremotos de carácter extraordinarios que puedan ocurrir durante la vida útil del edificio (Fig. 9.19). Han sido diseñados con platinas y caños de acero, uno de sus extremos ha

sido fijado a los tabiques perimetrales de hormigón armado del subsuelo y el otro extremo, sobre el que eventualmente impactaría el edificio, se ha proyectado con un recinto para alojar una goma, espesor 20 mm., de tal manera de amortiguar el impacto (Fig. 9.19). Se han colocado dos de estos dispositivos en cada lado del edificio.



Fig. 9.19: Topes de control de desplazamientos horizontales del edificio con aislamiento sísmico.