

Hospital de Barrio Obrero. Asunción. Paraguay

Barrio Obrero Hospital. Asuncion, Paraguay

José Soriano Martín, Diego Apellániz Quintana, Hugo Corres Peiretti, Eduardo Romero Rey

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Jefe de proyectos. ism@fhecor.es

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Bollinger + Grohmann Ingenieure. dapellaniz@bollinger-grohmann.de

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. hcp@fhecor.es

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Director Departamento Edificación err@fhecor.es

RESUMEN

El nuevo hospital de Barrio Obrero se ubica en la ciudad de Asunción, capital de Paraguay. Se trata de un edificio de geometría singular proyectado por el arquitecto paraguayo Javier Corvalán (Laboratorio de Arquitectura) y se convertirá en el principal hospital del país. La superficie útil del hospital es de unos 35.000m² y cuenta con todo tipo de servicios, desde consultorios y urgencias hasta quirófanos e internación. Así mismo cuenta con un auditorio y una residencia para médicos.

Fhecor Ingenieros Consultores ha colaborado desde la fase de concepción hasta el desarrollo del proyecto constructivo.

ABSTRACT

The new Barrio Obrero hospital is located in the city of Asunción, capital of Paraguay. It is a unique geometry building designed by the Paraguayan architect Javier Corvalán and will become the main hospital in the country. The useful surface of the hospital is about 35,000m². It also has an auditorium and a residence for doctors.

Fhecor Ingenieros Consultores has collaborated from the conception phase to the development of the construction project.

PALABRAS CLAVE: Vigas tubo de hormigón, vigas vierendeel de hormigón, hormigón postesado.

KEYWORDS: Box concrete girders, vierendeel concrete girders, posttension concrete.

1. Proyecto arquitectónico

El hospital de Barrio Obrero será el principal hospital de Asunción. El diseño arquitectónico, además de cumplir con el programa de necesidades, propone un edificio singular que se convertirá en referente en la ciudad.

El hospital se ubicará en el barrio de Tacambú, ubicado al final de la Avenida de Colón, que es una de las principales arterias de comunicación de la ciudad.

El hospital presenta un nivel de sótano, un nivel de planta baja y un nivel de planta primera que ocupan toda la superficie de la parcela. A partir de aquí emergen varios volúmenes. Un volumen circular en la zona norte del hospital, la plaza inclinada en la zona sur que se prolonga a su vez en el lateral Oeste y finalmente el volumen más representativo que se eleva sobre la plaza inclinada.



Figura 1. Vista general del hospital de Barrio Obrero



Figura 2. Imagen de la zona sur del edificio. Volumen elevado sobre plaza inclinada

Por su distinta configuración, e incluso por su distinta tipología, se describen separadamente la zona norte de la zona sur del edificio.

1.1 Zona sur del edificio

La zona sur tiene unas dimensiones aproximadas en planta de 98.00x51.00m. El nivel de sótano se utiliza como aparcamiento. El nivel de planta baja y planta primera situados bajo la plaza inclinada, presentan el acceso principal al hospital con un hall de doble altura

situado en la zona central, que a su vez divide el espacio en dos franjas. En esta zona se ubica la zona administrativa, las zonas de esperas y los consultorios médicos.

Ambas franjas se comunican entre sí y con la zona norte, por medio de dos corredores separados por un sistema de seis zonas ajardinadas y huecos. En estos huecos es precisamente donde se alojan los mega-pilares en forma de “doble T” que soportan el volumen suspendido superior.

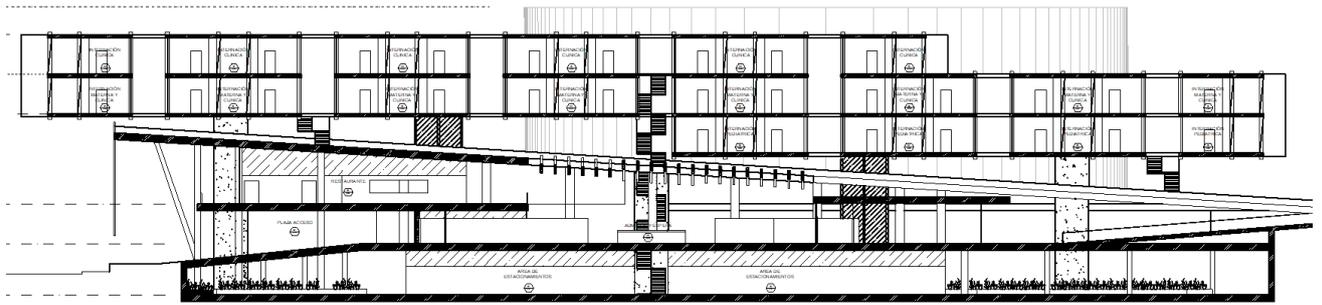


Figura 3. Sección zona Sur. Corte Este-Oeste. Plaza inclinada y volumen suspendido

Por encima de estos niveles se encuentra la plaza inclinada, con inclinación Este Oeste y transitable peatonalmente. Esta plaza inclinada se prolonga en el lado Oeste hacia el norte albergando el auditorio y una residencia para médicos.

por patios interiores de modo que todas las habitaciones son exteriores, así como la extensión del hall de doble altura y un tramo de la planta baja en rampa que termina a la misma cota a la que arranca la cubierta inclinada.

1.2 Zona norte del edificio

La zona norte tiene unas dimensiones en planta de 100.00x92.00m. El nivel de sótano está dedicado a servicios generales (lavandería, cocina, restaurante, almacén) mientras que el nivel de planta baja tiene uso de urgencias y diagnóstico.

En la figura anterior se puede apreciar la particular distribución de espacios del volumen suspendido, donde las habitaciones de internación se agrupan en módulos separados

Sobresale un volumen cilíndrico de aproximadamente 50 metros de “diámetro”, que consta de tres niveles y cubierta, destinado a diagnóstico y quirófanos.

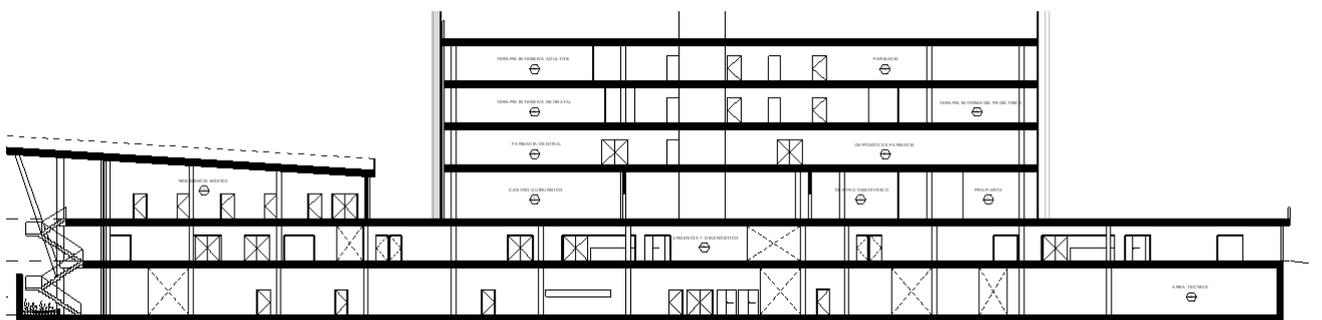


Figura 4. Sección zona Sur. Corte Este-Oeste. Volumen cilíndrico

2. Diálogo arquitectura e ingeniería

Desde la concepción se realiza un trabajo de conjunto entre el estudio de arquitectura

(Laboratorio de Arquitectura) y Fhecor Ingenieros Consultores, así como otras disciplinas.

Se ha tratado desde un inicio dar una solución estructural lógica a los requisitos de diseño planteados por los arquitectos y al

mismo tiempo tener presente un proceso constructivo viable para este edificio tan singular.

El principal elemento de coordinación ha sido el volumen elevado sobre la plaza inclinada.

Los arquitectos plantean para este volumen dos ideas. Por un lado dicho volumen debe apoyar en el menor número de puntos posibles (si es posible tan solo dos en cada lado) y por otro quiere conferir la sensación de que el volumen quede desvinculado en dos partes, de manera que una apoye sobre otra.

Esta idea queda reflejada en la siguiente figura correspondiente a la fase de concepción inicial.

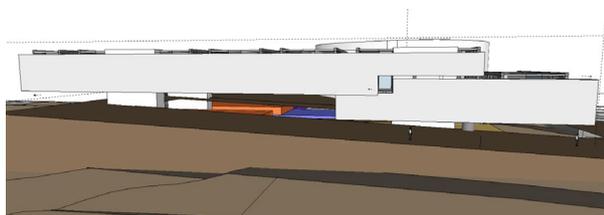


Figura 5. Idea inicial arquitectónica

Una de las partes (la parte inferior) funcionaría como una ménsula empotrada en una pareja de soportes. La otra parte (la parte superior) se sustentaría en la otra pareja de soportes y apoyaría también sobre la parte inferior en ménsula.

Si bien el esquema planteado resulta estáticamente equilibrado, el hecho de generar una zona en ménsula de tal magnitud cuyos soportes deben empotrarse en el terreno resulta una solución muy compleja.

Para resolver el volumen se plantean aprovechando los pasillos laterales unas vigas principales en forma de tubo que apoyan en los soportes.

Entre dichas vigas y dada la ausencia de apoyos intermedios se plantean unas vigas transversales tipo vierendeel aprovechando los

niveles de forjados. La solución más económica sería disponer de unas cerchas metálicas con diagonales si bien la imposibilidad de disponer elementos en diagonal conlleva a la solución de vigas vierendeel en hormigón.



Figura 6. Entrada principal. Viga vierendeel y vigas tubo

Para las vigas principales se solicita un tercer punto de apoyo intermedio en cada uno de los lados. De este modo aunque las vigas queden desvinculadas entre sí, perdiendo el beneficio de la continuidad, cada una de las vigas esté sustentada en dos puntos.

La solución finalmente desarrollada se puede apreciar en la figura 7 y consta de una tercera pareja de apoyos intermedios que resultan casi desapercibidos al coincidir casi en cota con la cubierta inclinada.

Este ha sido el mayor punto de colaboración en la fase conceptual si bien por la singularidad del proyecto han existido numerosos puntos de interacción entre los que pueden citarse la geometría de los soportes del volumen (megapilares) de manera que permitan alojar la comunicación vertical (escaleras y ascensores) y al mismo tiempo respondan a un sistema estructural eficaz, la sustentación de los voladizos del volumen cilíndrico o el esquema resistente de la fachada alrededor de la plaza elevada que queda colgada de la plaza inclinada sin alcanzar el nivel de planta baja.



Figura 7. Volumen de internación sobre plaza elevada. Solución definitiva

3. Proyecto de estructuras

3.1 Cimentaciones

El perfil estratigráfico está constituido por un primer nivel relativamente blando de arenas y arcillas, de unos siete metros de profundidad y a continuación aparece el sustrato competente.

Como todo el edificio presenta un nivel de sótano, se plantea una cimentación superficial sobre zapatas aisladas sobre dicho sustrato competente.

En cuanto a los muros de contención de tierras, se distinguen entre muros de sótano y muros en ménsula, estos últimos situados en algunas zonas a modo de patio inglés.

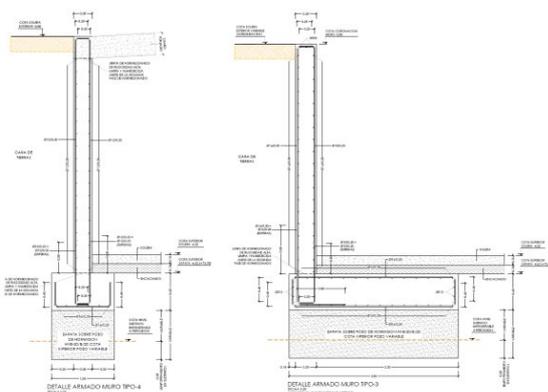


Figura 8. Muros perimetrales de sótano

3.2 Juntas de dilatación

Se dispone una junta de dilatación con objeto de reducir la longitud libre sin juntas del edificio, cuyas dimensiones totales en planta son aproximadamente de 140.00x100.00m, y de esta forma disminuir los efectos de las deformaciones impuestas.

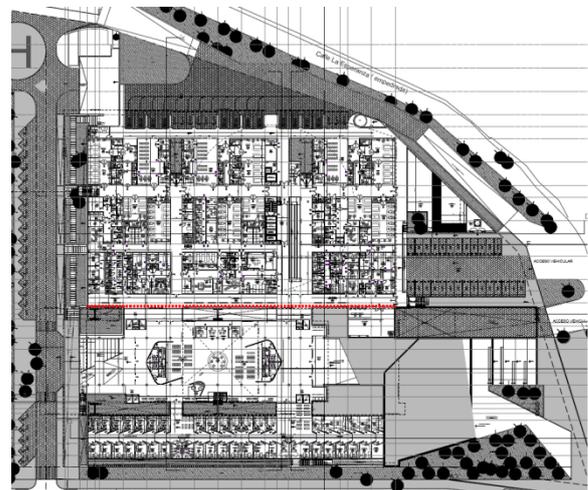


Figura 9. Planta general. Posición junta de dilatación

La junta se materializa mediante pasadores deslizantes.

3.3. Estructura volumen suspendido

El esquema estructural del volumen suspendido consiste en vigas con sección en tubo situadas en los extremos laterales, soportadas por tres mega-pilares de planta doble T. Estas vigas están parcialmente desvinculadas entre ellas.

Los megapilares están separados 38.00m entre sí, resultando para las vigas principales dos luces centrales de 38.00m y dos voladizos en los extremos de 19.00m cada uno.

Estas vigas en tubo alojan en su interior los pasillos longitudinales de comunicación y presentan en sus caras interiores pasos hacia las zonas de internación.



Figura 10. Esquema estructural del volumen suspendido

Debido a su canto pueden ejecutarse como elementos de hormigón armado si bien para evitar la fisuración y deformaciones excesivas a largo plazo de los grandes voladizos se plantean como vigas postesadas.

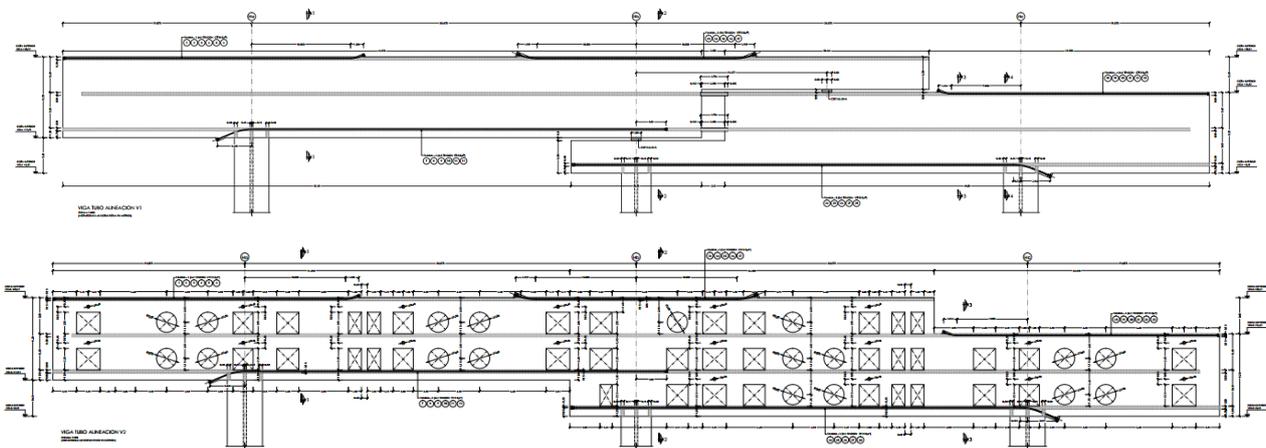


Figura 11. Alzado viga tubo. Arriba cara exterior. Abajo pared cara interior con pasos

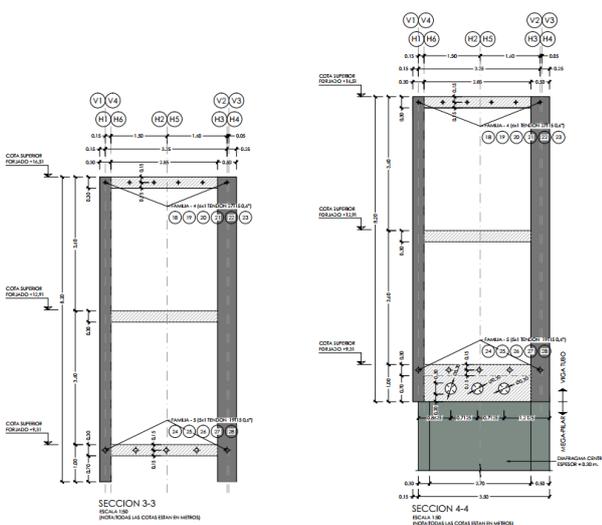


Figura 12. Secciones vigas tubo. Sección dos niveles (derecha) y por apoyo en megapilar (izquierda)

Los niveles de internación se resuelven como forjados unidireccionales (vigüeta y bovedilla) apoyado en vigas vierendeel principales que a su vez apoyan sobre las vigas tubo.



Estas vigas vierendeel funcionan gracias a los nudos rígidos en todas las conexiones de los montantes con los cordones superior e inferior. Además de estos esfuerzos de flexión, el cordón inferior presenta la tracción de la viga por lo que este cordón inferior se plantea también postesado.

En cada módulo de internación se disponen dos vigas Vierendeel en los extremos del módulo (vigas vierendeel de fachadas) y otras dos intermedias, de modo que cada módulo consta de cuatro vigas Vierendeel con

objeto de reducir la luz del forjado unidireccional que se dispone entre las mismas.

El mecanismo resistente del volumen suspendido frente a la acción horizontal del viento difiere entre la dirección longitudinal y la transversal. En sentido longitudinal, el entramado entre los mega-pilares y las vigas tubulares configura un esquema de pórtico. Por otra parte, en sentido transversal, las acciones del viento son resistidas únicamente por los mega-pilares actuando como ménsulas.

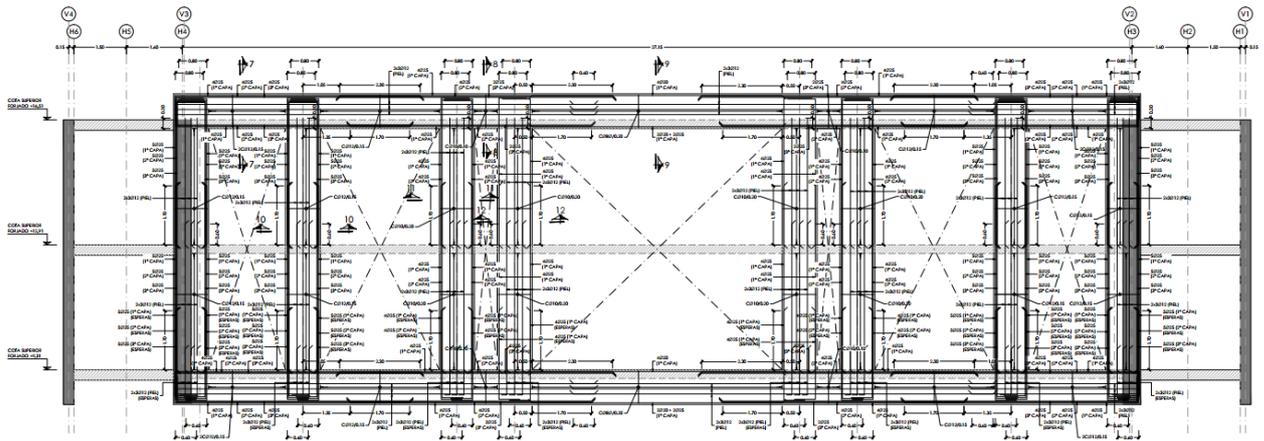


Figura 14. Alzado viga Vierendeel

3.3. Estructura volumen cilíndrico

Dado que en los niveles bajo rasante aparecen unas alineaciones ortogonales de pilares bien definidas, el hecho de presentar una planta circular sobre rasante conlleva necesariamente la aparición de zonas sin apoyos con grandes voladizos.

Allí donde ha sido posible se ha mantenido la estructura de los niveles inferiores formada por vigas in situ en una dirección y forjados unidireccionales entre las vigas. En las zonas de los contornos se han planteado losas in situ del mismo canto que los forjados unidireccionales (0.35m) y además se han dispuesto una serie de tirantes metálicos en los bordes del contorno para evitar voladizos excesivos.

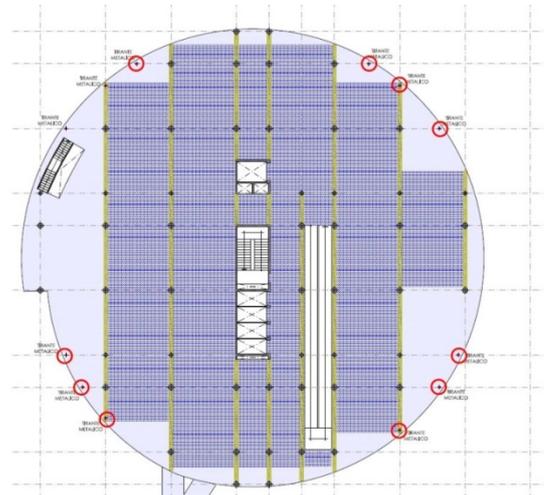


Figura 15. Sistema de atirantamiento en plantas superiores.

La estructura resistente frente a acciones horizontales del volumen cilíndrico está constituida por núcleos verticales de hormigón coincidentes con las escaleras y ascensores.

Consecuentemente en esta zona, los pilares quedan liberados frente a acciones horizontales, recibiendo únicamente axiles de compresión.

Los tirantes metálicos dispuestos en el contorno transfieren su carga a los pilares interiores de hormigón a través de unas cerchas metálicas de transferencia ubicadas en el nivel de cubierta. Estas cerchas se emben en los pilares de hormigón transfiriendo su carga mediante conectores.

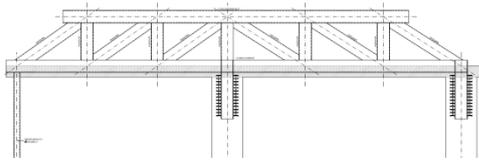


Figura 16. Cerchas metálicas encargadas de recoger los tirantes metálicos.

3.4 Estructura resto del hospital

En general las luces de los forjados en el resto de zonas son moderadas (7.50m o 3.75m) en prácticamente todas las alineaciones de pilares del edificio. Se plantean de forma generalizada forjados unidireccionales sobre vigas descolgadas in situ.

Las vigas de hormigón armado tienen una dimensión de 0.40x0.60m. El canto total del forjado es de 0.35m, de los que 0.25m son ocupados por viguetas y bovedillas y 0.10m corresponden a la capa de compresión.

4 Procedimiento constructivo

Tal y como se ha comentado, desde la concepción inicial se ha tenido presente el establecer un proceso constructivo viable, especialmente en la zona del volumen suspendido sobre la plaza elevada, de gran complejidad constructiva.

Debido a los grandes pesos del volumen suspendido no es posible apuntalar sobre la plaza elevada por lo que debe cimbrarse hasta cimentación.

En primer lugar se ejecutarán las cimentaciones y los megapilares. La siguiente fase consiste en la ejecución de las vigas tubos principales. Dada sus dimensiones y peso se hace necesaria una cimbra apoyada directamente en cimentación.

Tras un primer tesado de estos elementos, que compense su peso propio, es posible la retirada de sus cimbras.

A continuación se procederá con la ejecución de las vigas vierendeel que también se ejecutarán sobre cimbra, que se llevará igualmente hasta cimentación. Una vez hormigonadas se procederá al tesado del cordón inferior de estas vigas como a un segundo tesado de las vigas tubo principal hasta compensar el peso propio de todos los elementos ejecutados hasta el momento. A continuación es posible la retirada de todas las cimbras.

Finalmente se procede con la ejecución de los forjados unidireccionales dispuestos entre las vigas vierendeel. Al final de la colocación de las viguetas y bovedillas y hormigonado de la capa de compresión se procede al tesado definitivo de los cordones inferiores de las vigas vierendeel y vigas tubo y la inyección de todos los cordones de pretensado.