

EDIFICIO DE OFICINAS APOQUINDO 4501

EL ÁRBOL

En la particular propuesta visual del volumen destaca la forma trapezoidal de sus fachadas, soportadas por 48 diagonales de ferroconcreto inclinadas en un ángulo aproximado de 45°, las que trasladan las cargas hacia el núcleo central. La conformación estructural del edificio obligó a superar complejos desafíos técnicos para ejecutar las “ramas” de un árbol que da la bienvenida a la comuna de Las Condes.

PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT

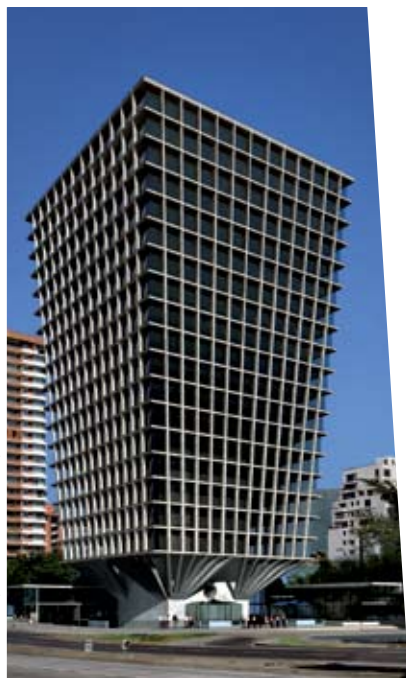
MI OFICINA en el árbol. Tal vez no canten los pájaros ni haya una escalera de cuerda, sin embargo más de una compañía ahora podrá tener su oficina en un árbol. Y no será en un bosque perdido. Para nada. Se ubicará en la entrada a Las Condes. Lea. Se trata de un edificio con una gradiente que aumenta su sección a medida que crece en altura, como si fuera el follaje de un árbol. Lógicamente, la estructura se sustenta en un tronco, es decir, en un núcleo rígido y de puntales perimetrales que se recoge en el fuste sin llegar al suelo. ¿Por qué la forma tan particular? ¿Por qué colocar un árbol en medio de la ciudad? Para liberar el nivel de piso y acoger el alto flujo peatonal que se origina sobre el eje de la estación del metro Escuela Militar.

Su diseño responde a la inspiración y a la creatividad para superar obstáculos. Para cumplir la normativa vigente, el proyecto se circunscribió a una torre de 21 pisos, con una superficie edificable de 18.738 m², plan-

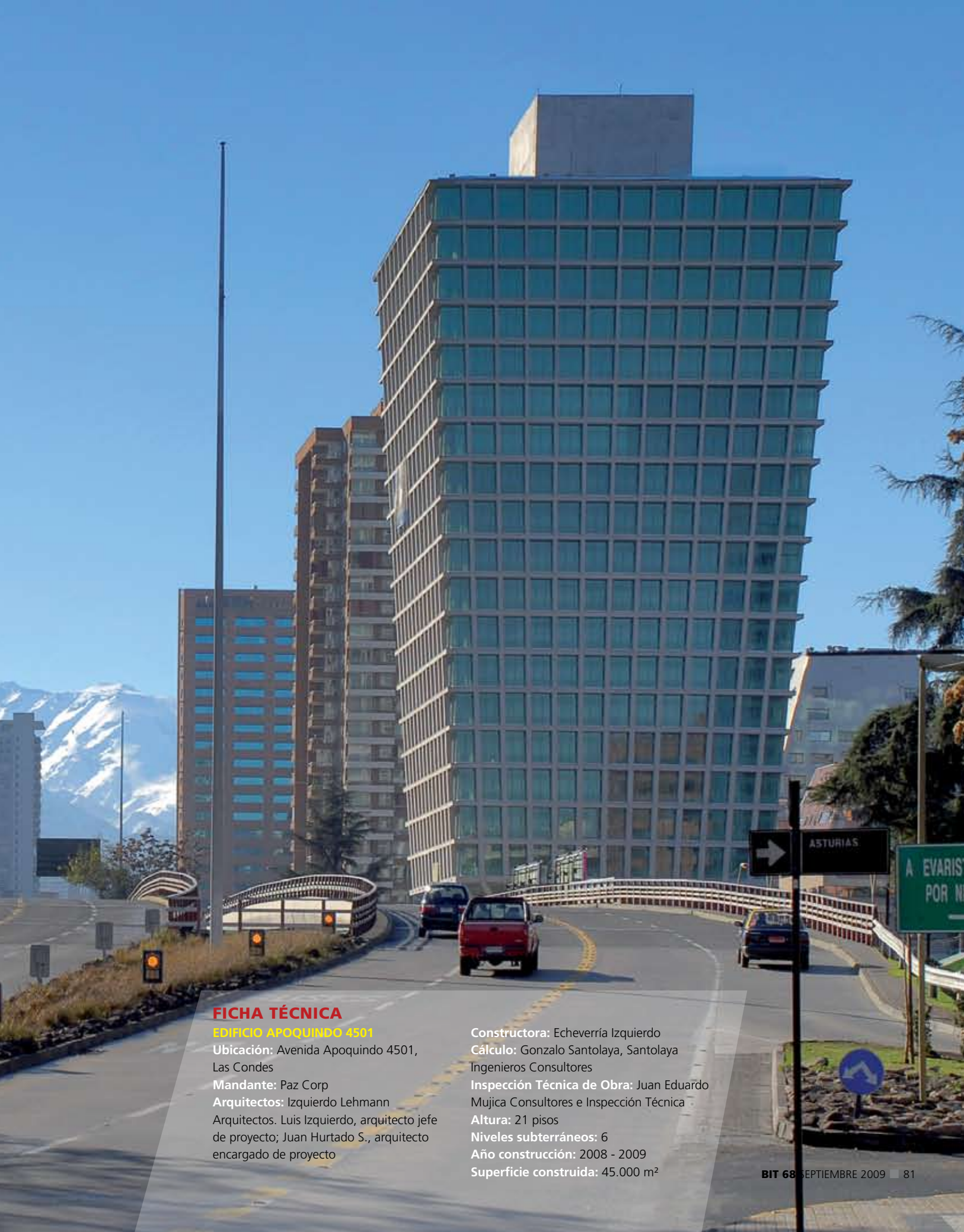
tas cuadradas de aproximadamente 1.000 m² y un núcleo de circulaciones verticales con ocho ascensores, dos cajas de escaleras dobles y servicios, en un área de 15x15 metros. Asimismo, el proyecto incluye una placa comercial de dos pisos de alto, con edificación continua, cuyo espacio para construir, descontados accesos a la torre y subterráneos, era de 4.000 m cuadrados. Por último, cuenta con 600 estacionamientos en una superficie total de 18.000 m², que dividida por el área disponible de terreno, demandaba cinco pisos subterráneos. Así, la volumetría del edificio quedó acotada por lo establecido en la norma.

“Decidimos despejar al máximo el nivel de suelo para liberar espacio ante el alto flujo peatonal de la zona y conformar una esquina de plaza interior”, indica Andrés Paz, gerente general inmobiliario de Paz Corp, mandante del proyecto.

Previo análisis estructural, se optó por distribuir la torre de modo que cayera al suelo solamente el fuste con las circulaciones verticales, siendo soportada la pilarización en fachadas por medio de vigas diagonales que traspasan la carga hacia el núcleo y luego a



GENTILEZA IZQUIERDO LEHMANN ARQUITECTOS



FICHA TÉCNICA

EDIFICIO APOQUINDO 4501

Ubicación: Avenida Apoquindo 4501, Las Condes

Mandante: Paz Corp

Arquitectos: Izquierdo Lehmann Arquitectos. Luis Izquierdo, arquitecto jefe de proyecto; Juan Hurtado S., arquitecto encargado de proyecto

Constructora: Echeverría Izquierdo

Cálculo: Gonzalo Santolaya, Santolaya Ingenieros Consultores

Inspección Técnica de Obra: Juan Eduardo Mujica Consultores e Inspección Técnica

Altura: 21 pisos

Niveles subterráneos: 6

Año construcción: 2008 - 2009

Superficie construida: 45.000 m²



1



2



3



4



5

SECUENCIA DIAGONALES

1. Colocados los puntales de ferroconcreto en el ángulo de 45°, se les coloca enfierradura.
2. Diagonales hormigonadas y apuntaladas para corregir deformaciones.
3. Se apoyan en la losa del segundo piso mediante placas especiales.
4. Funcionamiento de las torres de alzaprimas que soportan estos elementos.
5. Puntales terminados.

Las diagonales

Tenemos una torre de planta cuadrada con un núcleo central. Pero el diseño arquitectónico originó un primer reto. "En todos los edificios

las fundaciones. Además, se redujo la base del volumen (a la altura del tercer piso), y se fueron ampliando los pisos de la torre hacia arriba para conservar la superficie total edificada. Se trató de despejar el nivel de suelo para el uso público peatonal y para ello "sustituimos lo que no se construyó a nivel de placa, por m² destinados a locales comerciales en el zócalo", indica el arquitecto Luis Izquierdo,

las columnas nacen y terminan verticales hasta sus cimientos. Aquí dicha lógica no funciona, porque las fachadas no llegan al piso", señala Andrés Paz. Por su forma trapezoidal, había que resolver cómo apoyar las losas en su contorno perimetral. "Teníamos el fuste central con una serie de apoyos perimetrales, donde la dificultad era cómo caer con ellos. Llegamos a la conclusión de que era posible recogerlos en los pisos inferiores, con diagonales que tomaran la carga directamente sobre el fuste y éste a su vez a las fundaciones, que terminan en el -6 en una losa de 1,5 m de espesor", indica Izquierdo.

socio de Izquierdo Lehmann Arquitectos. Treparamos al árbol.

En la práctica, "se trasladó la carga en un

La educación ONLINE vino para quedarse en Chile



structuralia

formación especializada

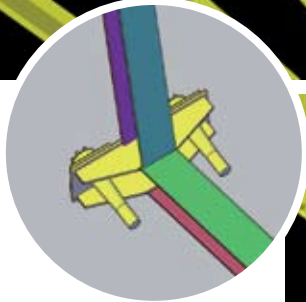
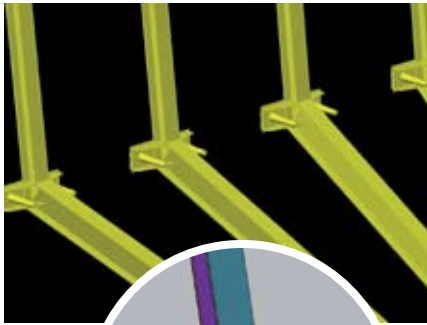
Av. Vitacura 3568 oficina 213
Teléfono 02- 9536430
capacitacionchile@structuralia.com
WWW.STRUCTURALIA.COM

Con una satisfactoria evaluación de su gestión desde el inicio de sus actividades en 2008, Structuralia tiene optimistas proyecciones de cómo se desarrollará su actividad en la segunda mitad del presente año, debido a su oferta educacional de calidad, especializada y ajustada a las necesidades del mercado, como plantea Paulo Lettich, su Gerente General.

En conjunto con nuestros socios estratégicos como la CDT de la Cámara Chilena de la Construcción, el Colegio de Ingenieros de Chile y el Colegio de Arquitectos de Chile,

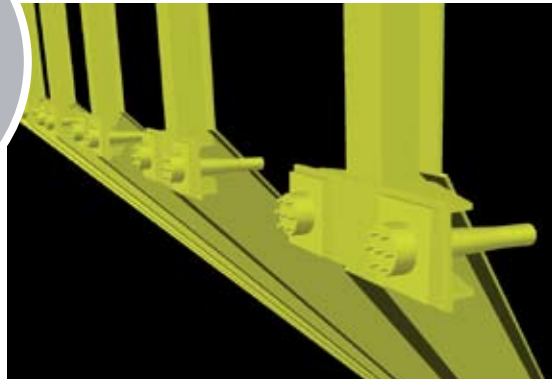
hemos sacado al mercado una atractiva batería de cursos on-line "en abierto", dirigidos especialmente a profesionales, empresas e instituciones del sector de la construcción y las infraestructuras.

Durante el segundo semestre estamos ofreciendo una parrilla de 51 cursos "en abierto", donde se incluyen, a modo de ejemplo, los de Ejecución de Puentes y de Túneles; los de software profesional, tales como Presto 10 y Microsoft Project; y el Master en Administrador de Obra, todos ellos acogidos con éxito en el mercado.



MODELACIÓN DE LOS PUNTALES

Se generaron piezas cuyas llegadas, tanto al núcleo como al anillo del cuarto piso, resultaron ser excesivamente complejas, por lo que se trabajaron en 3D. En las imágenes se aprecia la complejidad geométrica de cada una de ellas, debido a que van tomando tres planos distintos, lo que aumentó la dificultad para conectarlos a las losas de amarre y traspaso.



recorrido de 8,5 m, desde la fachada hasta el núcleo, distancia importante como para intentarlo a través de vigas en volado. El desplazamiento se hizo con el mejor elemento

COMPORTAMIENTO SÍSMICO

Al interior de las vigas y pilares de hormigón armado, se colocaron redes informáticas que nutren de datos a una central que registra el comportamiento del edificio. "Para chequear el movimiento sísmico, se colocó un sistema de sensores para el control de las deformaciones verticales de las fachadas. Como el edificio era un reto estructural y no existían antecedentes previos, deseamos comprobar que su funcionamiento sea el previsto. Por ello, colocamos sensores en las esquinas para verificar las deformaciones reales", señala Santolaya.

posible, una sección en diagonal o puntal que trabaja en forma axial", explica Gonzalo Santolaya, gerente general de Santolaya Ingenieros Consultores.

En total son 48 diagonales, 12 por fachada y seis por arista. Son puntales de ferroconcreto o perfiles metálicos doble H embebidos en hormigón. Tienen 12 m de largo, toman un ángulo de 45° y se componen de dos secciones. El primer tramo corresponde al hombro o arranque, que se inserta al núcleo junto con la losa del segundo piso y de la cual nacen los puntales, quedando asomado 1,5 metros. El tramo superior quedó anclado a la losa del cuarto piso donde se quiebra la fachada.

¿Desafíos? Varios. El primero. "Los molda-



EDIFICIO APOQUINDO

Ubicado en el sector de Escuela Militar en la comuna de Las Condes, es un proyecto de 45.000 m² que consta de 21 pisos, 5 subterráneos y una plaza pública en el primer nivel donde las estructuras son de hormigón visto.



**Encofrados
Andamios
Ingeniería**

www.peri.cl

PERI, prestaciones de ingeniería orientadas al cliente.

Peri Chile Ltda.
Santiago
Fono: 02-444 6000
peri.chile@peri.cl

Peri Centro Costa
Viña del Mar
Fono: 32-687 713
peri.centrocosta@peri.cl

Peri Norte
Antofagasta
Fono: 55-216 193
peri.norte@peri.cl

Peri Sur
Concepción
Fono: 41-231 0808
peri.sur@peri.cl

El éxito es contruir con PERI



A medida que el edificio iba creciendo, el sistema de postensado se iba haciendo paulatinamente piso a piso.

Abajo: Para aminorar el peso del edificio, se construyó un sistema de nervaduras postensadas distribuidas radialmente desde el núcleo central hasta la pilarización perimetral de fachadas.



Izquierda: Los vidrios tienen distintos niveles de serigrafiado dependiendo de la fachada a la que están expuestos. Se espera un ahorro energético del 25% en relación a la energía total consumida por un edificio de muro cortina estándar.



GENTILEZA ECHEVERRÍA IZQUIERDO

jes existentes en el mercado no están diseñados para trabajar en el sentido diagonal, por lo que desarrollamos con la empresa Peri un sistema de andamios reforzados de cinco pisos, consistente en torretas de alzaprimas dispuestas como envoltorio por todo el perímetro del edificio”, expresa Lorena Rodríguez, administradora de obra de Echeverría Izquierdo. Primero se ejecutó el tablero de los fondos de las vigas donde se apoyó la armadura y el alma de acero de las columnas inclinadas. Los moldes laterales y superiores de éstas, se colocaban a continuación, completando el moldaje y luego se hormigonaba mediante la inyección con bombas y el empleo de hormigón autocompactante.

El segundo. Las vigas en diagonal debían construirse antes de concretar la primera losa de la torre en el cuarto piso. Pero mientras ésta no estuviese hormigonada, las vigas eran absolutamente inestables, comportándose como un elemento provisorio en

voladizo. De hecho, cuando se construyeron y hormigonaron, estuvieron apoyadas solamente en las alzaprimas, que nacían en el piso -1 hasta el cuarto. Como era lógico pensar, “y cuando se quiso dar inicio al hormigonado de la losa del piso cuarto o losa de traspaso, reparamos que se desnivelaron los cabezales, más allá de las tolerancias. Esto ocurrió porque sin la losa de amarre, esta estructura es muy flexible y acepta grandes deformaciones en forma elástica”, apunta Gonzalo Santolaya.

Había que recuperarlos a su posición original. Se atrajeron los tirantes de acero, empujándolos horizontalmente desde la plataforma de trabajo, y llevándolos a su posición correcta, controlada con elementos topográficos. Tras ello se ajustaron las torretas de alzaprimado y se mantuvo el tensado mientras se hormigonaba la losa, de manera de controlar la posición exacta del puntal durante el proceso, ya que después sería imposible corregirlo. “Este proceso demandó cerca de un mes y medio, siendo que originalmente se había estimado en dos semanas”, comenta Rodríguez.

A esto se sumó que cada puntal lleva en su cabezal una placa de acero anclada a la losa de traspaso, con dos perforaciones por las que atraviesa el sistema de cables postensados y el pilar que sostiene el piso superior.

El tercer desafío. La complejidad geométrica. “Como las columnas diagonales tienen inclinación en tres planos, para controlarlas se hicieron modelos tridimensionales para cada pieza metálica”, indica Izquierdo. Por cada arista del núcleo parten seis puntales, pero ninguno es igual al otro, ya que dependiendo de su posición toman distintas dimensiones. Los más cercanos a las esquinas poseen un recorrido diferente a aquellos más alejados, teniendo una trayectoria más larga.

Las losas

Casi al paso mencionamos la losa de segundo piso del núcleo y de la losa de traspaso. Atención, ambos elementos son esenciales porque funcionan en conjunto con los puntales. Veamos. Para que el puntal trabaje por fuerza axial, se necesita tener un elemento a nivel de segundo piso, una losa que recibe los puntales que llegan al núcleo y que trabaja con altísimas compresiones. A su vez, a nivel de cuarto piso, donde se quiebra la fachada, se requiere de otra losa postensada capaz de resistir tracciones gigantescas, originadas en este triángulo de fuerzas (puntal, losa traccionada y losa comprimida).

Estamos frente a un nuevo reto. Primero lograr la losa comprimida del segundo piso,

DESAFÍOS E INSPECCIÓN

El mayor reto consistió en materializar la parte estructural del edificio, "debido a que escapa de la arquitectura que normalmente se realiza en proyectos de oficinas, para lo cual se debió tener especial cuidado en la ejecución de la obra gruesa", indica Sergio Cuzmar, jefe de la Inspección Técnica de Obra de la empresa Juan Eduardo Mujica.

En especial destacan dos hitos dentro del soporte de la estructura. Uno es la faena de las diagonales, que "consistió en alzaprimas que sostuvieron una plataforma inclinada y destinada para el arrimo de los pilares inclinados del perímetro del núcleo, llegando hasta la losa del tercer piso. El otro aspecto importante fue el soporte de la estructura a medida que avanzaba la obra", concluye Cuzmar.



Generalmente los estacionamientos giran en torno al núcleo del edificio, en este caso, se accede a un núcleo helicoidal o de doble rampa.

ra. "La solución consistió en colocar un anclaje a cada lado de las columnas, con un sistema de cables postensados multiton (varios cables en un ducto), que fueron tensados en etapas", comenta Roberto Carrillo, gerente comercial de VSL, empresa que suministró dicha solución.

Las fachadas

El árbol crece. La estructura continúa hacia arriba en el perímetro de las cuatro fachadas con una pilarización que facilita plantas libres. Los pilares se unen a cada una de las vigas nacidas en el núcleo central, dando la imagen de un tronco de árbol del cual nacen ramas que sujetan su follaje.

"Terminada la losa de traspaso, empezamos a trabajar con los pisos superiores, donde la dificultad consistió en que todas las plantas son distintas, y crecen cerca de 30 cm por piso", comenta Luis Izquierdo. Para aminorar el peso del edificio, fueron construidas mediante un sistema de nervaduras postensadas distribuidas radialmente desde el núcleo central hasta la pilarización perimetral de fachadas. Así, se lograron luces desde 8,50 m con una planta que tiene poco más de 636 m² en el piso cuarto, hasta 12,50 m en el último con una planta de 1.286 m cuadrados.

Las fachadas no van a plomo, se vuelcan hacia el exterior, llegando en su último piso a tener 4 m de inclinación con respecto al primero. Los ventanales, de piso a cielo, se colocaron en posición vertical retirados 90 cm respecto del borde de losas y pilares, quedando sombreados

o de cielo del primer piso, cuyo espesor es de 60 cm a causa de la pesada carga. Y luego llegar a la losa del cuarto piso, de 40 cm de espesor, donde la estructura perimetral de pilares se recoge a través de las diagonales, soportando las tracciones mediante el tensado gradual del sistema de cables por etapas. "Como existía el riesgo de sobrepasar con el postensado la capacidad de resistencia a la compresión de la losa, se determinó hacer un postensado paulatino, a medida que se construían más pisos y aumentaba la carga", comenta Lorena Rodríguez. El reto en el diseño de la losa resultó complejo por la dificultad de encontrar trayectorias curvas para que los cables fueran continuos de un extremo a otro de la losa, ya que obligatoriamente gran parte de ellos tendían a pasar por los nichos de ascensores y escaleras.

Se necesitaba un sistema de postensado capaz de sujetar cada columna, que a medida que se construyera el edificio las cargas descendieran por el puntal diagonal sin que la losa del cuarto piso se rompie-

Hacemos la DIFERENCIA

PANTÓGRAFO

Nuevo sistema
Limpiafachadas
en Edificio Félix

UNICO EN CHILE



■ SISTEMAS LIMPIAFACHADAS

■ PLATAFORMAS COLGANTES MOTORIZADAS

■ PLATAFORMAS DE TIJERA Y ELEVADORES UNIPERSONALES

■ EQUIPOS DE SEGURIDAD

■ MANTENCIÓN Y SERVICIO TÉCNICO

■ PLATAFORMAS DE CREMALLERAS Y MONTACARGAS

www.inpromas.cl

ARRIENDO Y VENTA
DE EQUIPOS PARA
TRABAJOS EN ALTURA

www.altimax.cl



Una empresa del
Grupo INPROMAS

Los Raulies 700 • Parque Industrial
Aeropuerto, Quilicura • Santiago, Chile.
Tel: (56-2) 979 5200 / Fax: (56-2) 979 5218
Email: info@inpromas.cl / info@altimax.cl

Seguridad en faenas de hormigonado en las columnas diagonales.



SEGURIDAD EN 45°

Las faenas más críticas se concentraron en la construcción de los puntales y el control de las deformaciones de los mismos. Por eso, los andamios se reforzaban y se verificaba su posición en forma permanente. Asimismo, los trabajadores, que parecían verdaderos alpinistas, debido al ángulo de inclinación de la plataforma de trabajo, en todo momento estaban sujetos con cuerdas de vida de amarre y arnés de seguridad”, indica Lorena Rodríguez.



ARTÍCULOS RELACIONADOS
- “Edificio Corporativo DuocUC. Tejido a mano”. Revista BIT N° 65, pág. 86.
- “Edificio Corporativo CorpGroup. Una obra cultural”. Revista BIT N° 62, pág. 108.
- Más información y material multimedia en www.revistabit.cl

por un alero continuo y por la trama de columnas, dejando la estructura manifiesta en el exterior del volumen. Con esta disposición de las superficies vidriadas, más la especificación de cristales con serigrafías y reflectividades diferenciadas de acuerdo a las necesidades térmicas y lumínicas de cada tramo de fachada, se obtiene un ahorro en el consumo de energía cercano al 25% en comparación a los edificios similares de esta zona. Núcleo central, diagonales y fachadas extraplomadas que aumentan su sección. Una estructura creativa. Un nuevo árbol para la ciudad. ■

www.pazcorp.cl

EN SÍNTESIS

El proyecto es un edificio de oficinas que morfológicamente tiene su origen en un árbol. De planta simétrica, su núcleo central es rígido y es el que soporta todo el edificio. De él y a partir del segundo piso nacen una serie de vigas de acero doble H recubiertas en hormigón en diagonal, encargadas de sostener los 21 pisos hacia arriba. Estas vigas son amarradas en su parte superior por una losa de hormigón armado postensado de 40 cm de espesor, donde comienza el primer nivel de oficinas.



APOYOS . IZAJES . JUNTAS . LOSAS . MUROS VSOL
PAVIMENTOS . POSTENSADOS

PRESENTE EN LOS GRANDES PROYECTOS
POSTENSADO DE LOSAS Y PISO DE TRANSFERENCIA en edificio APOQUINDO 4501



VSL Sistemas Especiales de Construcción S. A.
Rosario Norte 530 piso 7, Las Condes. Santiago - Chile Fono: (56 2) 571 6700 / Fax: (56 2) 571 6701 secretaria@vslchile.cl www.vsl.com

VIVIENDAS Acondicionamiento térmico interior

ARIEL BOBADILLA, Director Centro Tecnológico para la Calidad de la Vivienda Universidad del Bio Bio.

ROBERTO ARRIAGADA, Jefe Área Acondicionamiento Ambiental Centro Tecnológico para la Calidad de la Vivienda, Universidad del Bio Bio.

Al sumarse la protección térmica de las viviendas en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, se impulsó el desarrollo de un activo mercado de productos orientados a satisfacer esta nueva necesidad. En la actualidad, en el país se observa una amplia gama de soluciones que, desde el punto de vista físico, apunta a reducir a límites aceptables el intercambio térmico entre el espacio interior protegido por la construcción y el ambiente exterior determinado por el clima de la zona. Así, se busca reducir el consumo de energía para el acondicionamiento ambiental de los recintos, mejorar el confort térmico y la calidad de vida de la población.

En este sentido, se debe destacar que las técnicas de aislamiento de muros perimetrales se diferencian por la distribución, tipo y forma de superposición de los distintos materiales y aislantes que conforman el complejo. La elección en cada caso se determinará por factores técnicos, estéticos, funcionales y la respuesta térmica definida para el proyecto.

El uso de cada edificio obliga a estudiar en detalle su comportamiento térmico para relacionar los sistemas de aislación con las instalaciones térmicas. Esto se aplica especialmente en los proyectos destinados a viviendas, donde la ocupación intermitente requiere un calentamiento rápido. En este caso, y para aprovechar el ahorro que representa apagar la calefacción durante la noche, no se recomienda en una construcción de alta masa disponer la aislación térmica por el exterior. Esto porque la calefacción debería encenderse con varias horas de anticipación para calentar los materiales y lograr que la temperatura media de radiación de los muros sea suficiente.

Un reciente estudio encargado por la empresa Knauf de Chile al Centro Tecnológico para la Calidad de la Vivienda de la Universidad del Bio-Bio, cuantifica el ahorro de energía en calefacción que se logra en viviendas de albañilería

que incorporan revestimiento térmico al interior de muros perimetrales. Esta solución se recomienda para obtener una rápida respuesta térmica.

El estudio, que será publicado próximamente en www.aislaciontermica.cl, contempló la modelación térmica de dos viviendas mediante el software de simulación dinámico "TAS". Una casa convencional sin aislación térmica en sus muros perimetrales con una transmitancia térmica de los muros



de $U: 2,1 \text{ W/m}^2\text{C}$, y otra similar que incorpora revestimiento térmico Polyplac® de 30 mm de espesor por la cara interna de los muros $U: 0,97 \text{ W/m}^2\text{C}$. Ambas ubicadas en la ciudad de Santiago para los efectos de la simulación.

El trabajo concluye que el uso de protección térmica al interior de los muros reduce de 2.903 KWh a 2.208 KWh la demanda de calefacción durante el período invernal, representando un ahorro de 24% (ver gráfico). En términos prácticos el ahorro consiste en que la vivienda sin aislar consumiría 277 lt de Kerosene ó 191 kg de gas licuado, según el método de calefacción. En cambio, en la vivienda aislada los consumos serían de 211 lts de Kerosene ó 145 kg de gas licuado. De esta forma, el ahorro mínimo alcanza los 66 lts y 45 kg, respectivamente.