

# Una singular manera d'aixecar una estructura

Robert Brufau



1



2

### ■ A singular way of building a structure

“Buildings start with the foundations and end with the roof.” How many times have we heard this phrase as justification for the most orderly and prudent attitudes in all fields of life involving a cycle or evolution? Any sequential process has a start that is its base, a period of growth, development and completion. The same goes for building.

Then the day comes when you realize that this is not necessarily the only reasonable course, and that others allow you to reach closure in a different way. This was the case of Hotel Habitat Sky, designed by Dominique Perrault, Virginia Figueras and Activitats Arquitectòniques, which stands at the junction of Carrer Pere IV and Diagonal in Barcelona. The project, developed by Grup Immobiliari Habitat, was designed in 2002, construction began in 2004 and the ceiling has just been completed of the 29th floor of 32 being constructed above grade.

The building is a very slender skyscraper, 120 m tall, with a cross section that is vaguely reminiscent of the form of a very stylized . The main body is divided into three lengthwise stretches of wall, the two outer walls housing the rooms, and the interior wall delimiting the transit zone and the vertical communication shafts (stairs, people and service lifts, installation conduits, etc.). Floors 1 to 8 have just the second and third walls, floors 9 to 24 have all three, and floors 25 to 32 have just the first and second. This means that only the central wall, containing the shafts, exists throughout. The base measures 11 m in width on the first eight floors, 11 m plus a seven-metre projection on the intermediate floors, and three with a projection of seven metres on the top seven storeys. In reality, however, the top floor element is not actually a projection, since it rests by gravity on the projecting metal structure of the central floors.

The block's main volume was built using a large metal mould, with a floor plan of 11x38 m<sup>2</sup>, activated using the sliding elevation (rather than the boring system). All the shafts and walls dividing the rooms were concreted at the same time, and only one floor structure of each six was built in order to raise the structure more quickly. The remaining floor structures were built subsequently in groups of five.

The macro projection that defines the metal structure overlooking Diagonal has an effective structural edge of approximately 60 metres, making it sufficiently self-supporting in its definitive situation and during most of the construction process. Provisional propping, using five 26-m high tubular section props, was only necessary in the front part of the

### ■ Una singular manera de levantar una estructura

“Los edificios se inician por los cimientos y se terminan por el tejado.” Cuántas veces habremos oído esta frase, como justificación de las actitudes más ordenadas y más prudentes, en todos los ámbitos de la vida en que se dé un ciclo o una evolución. Todo proceso secuencial tiene un inicio en el que basarse, un crecimiento, un desarrollo y un desenlace. Y así es como se hace, también, en la construcción.

Pero he aquí que, un buen día, uno se da cuenta de que este no debe ser por fuerza el único camino razonable y de que otros muchos permiten llegar de otro modo al final. Fue el caso del hotel Habitat Sky, diseñado por Dominique Perrault, Virginia Figueras y Activitats Arquitectòniques, que se alza en el cruce de la calle de Pere IV y la avenida Diagonal, en Barcelona. El proyecto, promovido por el grupo inmobiliario Habitat, se inició en el año 2002; la construcción se realizó en 2004 y a fecha de hoy ya se ha finalizado el techo de la planta 29, de las 32 que se levantan por encima del nivel del suelo.

El edificio es un rascacielos muy esbelto, de 120 m de altura, con una sección transversal que recuerda vagamente la forma de un estilizado número 4. El cuerpo singular está sectorizado en tres lienzos longitudinales: los dos exteriores, destinados a ubicar en ellos las habitaciones, y el interior, destinado a zona de paso y de núcleos de comunicación verticales (escaleras, ascensores, montacargas, paso de instalaciones, etc.). De las plantas 1 a 8, sólo existen el segundo y tercer lienzos; de la 9 a la 24 están los tres, y de la 25 a la 32 están sólo el primero y el segundo. Así, pues, únicamente está presente en toda la altura el lienzo central, donde se emplazan los núcleos. La dimensión en anchura de la base es de 11 m en las ocho primeras plantas, de 11 m más un voladizo de 7 m en las intermedias y de 3 m con un voladizo de 7 m en las siete últimas. Realmente, sin embargo, el voladizo de estas plantas superiores no lo es propiamente, ya que se descarga por gravedad sobre la estructura metálica volada de las plantas centrales.

El cuerpo principal de la torre se construyó con un gran molde metálico de 11 x 38 m<sup>2</sup> en planta, que se activaba con elevación deslizante (y no por el sistema de trepa). Se hormigonaban a un tiempo todos los núcleos y muros divisorios de las habitaciones y tan sólo se ejecutaba un forjado de cada seis plantas, con la intención de poder hacer avanzar más rápidamente la subida de la estructura. Posteriormente se construirían los forjados restantes, por grupos de cinco en cinco.

El macrovoladizo que define la estructura metálica que da a la Diagonal tiene un canto estructural efectivo de unos 60 m, lo que hace posible que pueda autoportarse con suficiencia, en

■ “Els edificis es comencen pels fonaments i s’acaben per la teulada.” Quants cops hem sentit aquesta frase, com a justificació de les actituds més ordenades i més prudentes, en tots els àmbits de la vida en què hi hagi un cicle o una evolució. Tot procés seqüencial té un inici en què basar-se, un creixement, un desenvolupament i un acabament. I així es fa, també, a la construcció.

Però vet aquí que, un bon dia, t’adones que aquest no ha de ser l’únic camí raonable i que n’hi ha d’altres que poden permetre arribar al final d’una altra manera. Aquest va ser el cas de l’hotel Habitat Sky, dissenyat per Dominique Perrault, Virginia Figueras i Activitats Arquitectòniques, que s’aixeca a l’encreuament del carrer de Pere IV amb l’avinguda Diagonal, a Barcelona. El projecte, promogut pel grup immobiliari Habitat, es va començar l’any 2002; se’n va fer la construcció al 2004 i a dia d’avui ja s’ha acabat el sostre de la planta 29, de les 32 que s’aixequen per damunt del nivell del terra.

L’edifici és un gratacel molt esvelt, de 120 m d’alçada, amb una secció transversal que recorda vagament la forma d’un 4 molt estilitzat. El cos singular està sectoritzat en tres panys longitudinals: els dos exteriors, destinats a ubicar-hi les habitacions, i l’interior, destinat a zona de pas i de nuclis de comunicació verticals (escales, ascensors, muntacàrregues, pas d’instal·lacions, etc.). Entre les plantes 1 a 8 només hi ha el segon i el tercer panys; de la 9 a la 24 hi són presents tots tres, i de la 25 a la 32 només hi ha el primer i el segon panys. Així, doncs, únicament és present en tota l’alçada el pany central, on s’emplacen els nuclis. La dimensió en amplada de la base és d’11 m a les vuit primeres plantes, d’11 m més un voladís de 7 m a les intermèdies i de 3 m amb un voladís de 7 m a les set últimes. Realment, però, el voladís d’aquestes plantes superiors no ho és pròpiament, ja que es descarrega per gravetat damunt l’estructura metàl·lica volada de les plantes centrals.

El cos principal de la torre es va construir amb un gran motlle metàl·lic d’11 x 38 m<sup>2</sup> en planta, que s’activava amb elevació lliscant (i no pas pel sistema tradicional d’enfilament). Es formigonaven a la vegada tots els nuclis i murs divisoris de les habitacions i només s’executava un forjat de cada sis plantes, amb la intenció de poder fer avançar més ràpidament la pujada de l’estructura. Posteriorment es construirien els restants forjats, per grups de cinc en cinc.

El macrovoladís que defineix l’estructura metàl·lica que afronta amb la Diagonal té un cantell estructural efectiu d’uns 60 m, que fa possible que es pugui autosuportar amb suficiència, en la seva situació final definitiva i durant la major part del procés constructiu. Únicament va caldre un apuntalament provisional —a base de cinc puntals de

1 i 2  
Avançant cap abaix,  
guanyant pam a  
pam la fondària





3

secció tubular, de 26 m d'alçada— al frontal de l'estructura metàl·lica, recolzats damunt del mur pantalla perimetral i rematant la seva altura sota l'extrem inferior del voladís. Quan l'estructura metàl·lica d'aquest ja tenia un cantell d'uns 10 m, els puntales es van retirar.

No és, però, per parlar d'aquesta estructura que escric aquestes ratlles, sinó per exposar el procés constructiu general del conjunt de l'edificació. El projecte també consta de cinc plantes soterrades, que ocupen tot el solar, amb una fondària d'excavació d'uns 18 m. Quan es varen fer els estudis geotècnics, cap a l'any 2000, el nivell freàtic apareixia a una cota de -3,00 m. Quan es va iniciar el projecte executiu, havia baixat dos metres, fins a la cota -5,00 m, la mateixa en què se situava el terra del primer soterrani. Això ens va donar la idea per establir en aquesta cota l'inici de la construcció, tot fent-la servir com a plataforma inicial de treball i atacant l'obra en paral·lel cap amunt i cap avall, al mateix temps. Fins i tot podien fer-ho dues empreses constructors diferents, ja que el pla del forjat de la cota -5,00 delimitava físicament l'espai en dues unitats ben diferenciades i amb dues tècniques constructives, la superior i la inferior, que no tenien res a veure l'una amb l'altra.

Els murs pantalla perimetrals s'havien construït inicialment des de la cota de carrer, amb una fondària d'uns 35 m, i utilitzant una tècnica especial que permetia que els murs estiguessin molt travats i ben encaixats, per reduir el risc d'entrada d'aigua per les juntes verticals. Per configurar la plataforma de treball a la cota -5,00 era fonamental la correcta execució d'aquests elements perimetrals, com així va ser.

El primer problema que s'havia de resoldre era assegurar una correcta transmissió de les càrregues —especialment les de la torre de 32 plantes— cap al subsòl. Això es faria amb un conjunt de més d'un centenar d'estaques de clavament de gran diàmetre, que eren executades des de la cota -5,00 m. Des d'aquest nivell fins a la cota -18,00 del rebaix final, però, les macroestaques no podien quedar en l'estat final, ja que feien inviable un bon aprofitament de les plantes. En conseqüència, només es van omplir amb formigó armat fins a una fondària de -18,00 m i la resta es va completar amb morters pobres. Les càrregues es transmetien mitjançant uns llarguíssims pilars d'acer, d'uns 22 m de longitud, que s'ancoraven entre 3 i 5 m dins de l'estaca de gran diàmetre, amb els connectors oportuns. L'operació de baixar aquests pilars metàl·lics va ser molt exigent, ja que se n'havia de garantir la verticalitat al llarg de tota la longitud. No era acceptable que hi hagués cap desplom, ja que aquests pilars eren definitius i, en l'estat final, després d'haver eliminat el morter d'acompanyament, havien de quedar per sempre encastats a l'interior d'uns pilars mixtos molt més potents, de formigó armat i ànima d'acer.

3  
*Convivint permanentment amb l'aigua del subsòl*

4  
*L'estructura metàl·lica del voladís, recolzada encara damunt de l'apuntament de la línia de façana que posteriorment s'eliminarà*

5  
*Perspectiva de l'obra. Setembre 2006*



4

metal structure, resting on the outer screen wall and peaking beneath the lower edge of the projection. When the metal structure had an edge of about 10 metres, the props were removed.

The aim of this article is not to describe this structure, however, but to explain the general construction process of the overall building. The project also comprises five basement floors, which occupy the whole site, excavated to a depth of 18 metres. When the geotechnical studies were carried out back in 2000, the water table appeared at a level of -3 metres. When the production project began, it had fallen two metres to -5 m, the level of the floor of the first basement. This gave us the idea of starting construction at this level, using it as a platform for the start of work, simultaneously approaching construction upwards and downwards. It was even possible to involve two different construction companies, as the -5,00 m floor level physically delimited the space into two separate units, in which different construction techniques were employed.

The outer screen walls were initially built from street level, with a depth of 35 metres, using a special technique to ensure that the walls joined correctly to reduce the risk of water seepage through the vertical joints. It was fundamental that these perimetric elements be correctly erected to provide a working platform at -5,00 m.

The first issue was how to ensure the correct transferral of loads to the subsoil, especially in the case of the 32-floor tower. This was done using over a hundred large-diameter piles, introduced at -5,00 m. From this level to -18,00 of the final clearance, though, the macro piles could not remain in the final construction, as this would prevent efficient use of the entire floors. Therefore they were only filled with reinforced concrete to the -18,00 level, the remainder being completed with lean-mix mortars. The loads were transferred by very long steel pillars (about 22 m), three to five metres of which were anchored in the large-diameter piles, using the appropriate ties. The operation of lowering these metal pillars was a very exacting process, as they had to be kept vertical throughout. There was no margin for collapse, since these were the definitive pillars and, in their final state, after elimination of the accompanying mortar, they had to remain embedded forever inside far stronger mixed pillars of reinforced concrete with a steel web.

But the most fascinating part was the downward construction process. Once the piles were coupled to the corresponding metal pillars, and the ceiling at -5,00 m complete, leaving free the reinforcement bars (upwards



5

su situación final definitiva y durante la mayor parte del proceso constructivo. Únicamente fue preciso un apuntalamiento provisional —a base de cinco puntales de sección tubular, de 26 m de altura— en el frontal de la estructura metálica, apoyados sobre el muro pantalla perimetral y rematando su altura bajo el extremo inferior del voladizo. Cuando la estructura metálica de éste tenía ya un canto de unos 10 m, los puntales se retiraron.

Sin embargo, no es para hablar de dicha estructura que escribo estas líneas, sino para exponer el proceso constructivo general del conjunto de la edificación. El proyecto consta también de cinco plantas soterradas, que ocupan todo el solar, con una profundidad de excavación de unos 18 m. Cuando se llevaron a cabo los estudios geotécnicos, hacia el año 2000, el nivel freático aparecía en una cota de -3,00 m. Al iniciarse el proyecto ejecutivo, había descendido dos metros, hasta la cota -5,00 m, la misma en la que se situaba el suelo del primer sótano. Eso nos dio la idea de establecer en esta cota el inicio de la construcción, utilizándola como plataforma inicial de trabajo y atacando la obra en paralelo hacia arriba y hacia abajo, al mismo tiempo. Incluso podían hacerlo dos empresas constructoras diferentes, ya que el plano del forjado de la cota -5,00 delimitaba físicamente el espacio en dos unidades bien diferenciadas y con dos técnicas constructivas, la superior y la inferior, que nada tenían que ver una con otra.

Los muros pantalla perimetrales se habían construido inicialmente desde la cota de calle, con una profundidad de 35 m, y utilizando una técnica especial que permitía que los muros estuvieran muy trabados y bien encajados, para reducir el riesgo de entrada de agua por las juntas verticales. Para constituir la plataforma de trabajo en la cota -5,00 era fundamental la correcta ejecución de estos elementos perimetrales, como así se hizo.

El primer problema que había que resolver era asegurar una correcta transmisión de las cargas —en especial, las de la torre de 32 plantas— hacia el subsuelo. Esto se llevaría a cabo mediante un conjunto de más de un centenar de pilotes de gran diámetro, que se ejecutaban desde la cota -5,00 m. Sin embargo, desde este nivel hasta la cota -18,00 del rebaje final, los macro-pilotes no podían quedar en su estado final, ya que así hacían inviable un buen aprovechamiento de las plantas. En consecuencia, sólo se rellenaron con hormigón armado hasta una profundidad de -18,00 m y el resto se completó con morteros pobres. Las cargas se transmitían mediante unos larguíssimos pilares de acero, de unos 22 m de longitud, que se anclaban entre 3 y 5 m dentro del pilote de gran diámetro, con los oportunos conectores. La operación de hacer descender dichos pilares metálicos fue muy exigente, ya que había que garantizar la verticalidad de los mismos en toda su longitud. No era





6

Però la part més fascinant fou el procés descendent de la construcció. Un cop enfonsades les estaques de clavament, amb els pertinents pilars metàl·lics, i executat el sostre de la cota -5,00, tot deixant les armadures d'espera —cap amunt i cap avall— dels pilars definitius de formigó armat, es va començar a buidar les terres —sorres molt humides— de la planta següent, fins a la cota -8,00. A mesura que s'anava baixant, també es trencava el morter que omplia les estaques, amb la qual cosa quedava a la vista el pilar metàl·lic, al qual se li acoblaven les necessàries creus de punxonament. Quan ja s'havien retirat totes les terres d'aquesta planta, es construïa el forjat del sostre del tercer soterrani, deixant novament les armadures d'espera, cap amunt i cap avall, dels pilars dels soterranis segon i tercer. Aleshores es començava el formigonament dels pilars del soterrani segon, al mateix temps que es procedia a excavar les terres per buidar el soterrani -3, amb la qual cosa s'arribava a la cota -11,00. I així successivament.

A la data d'avui (setembre del 2006), només falten tres forjats per coronar l'estructura superior, mentre que ja estan formigonats tots els forjats (cotes -5,00, -8,00, -11,00 i -14,00) de la part inferior, on s'està començant l'excavació de les terres del cinquè soterrani, per tal de procedir tot seguit a l'execució de la llosa de base.

M'hauria agradat rematar totes dues estructures al mateix temps, però la inferior es demorà una mica més, de l'ordre d'unes sis setmanes. La gran quantitat d'aigua subterrània amb què hem hagut de conviure n'és la responsable. Però l'experiència ha estat fascinant i el temps estalviat en el conjunt de tot el procés la justifica plenament.

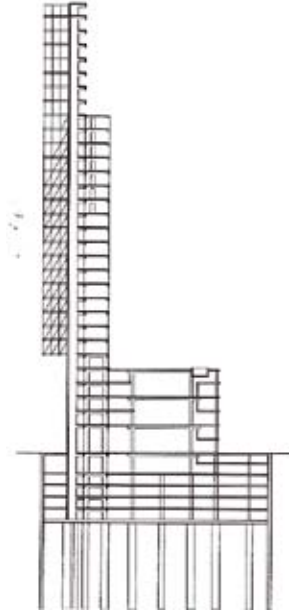
Aquesta proposta estructural de començar l'estructura per la planta baixa, per anar aprofundint les múltiples plantes subterrànies de dalt cap a baix, no és una idea nova, ni molt menys. Sense anar més lluny, a Barcelona, ja fa més de dotze anys es va utilitzar per a la construcció del Palau Nou de la Rambla (dels arquitectes Jordi Frontons, equip MBM i equip Margarit-Buxadé), on es va aprofundir més de 25 m, tot construint l'estructura en sentit descendent. Potser l'originalitat de l'Habitat Sky rau més aviat en el fet que la construcció superior sigui la pròpia d'un gratacel de 32 plantes, extremament esvelt, amb la fita d'assolir el cim al mateix temps que s'enllestia la base. A una escala menor, es pot fer esment de l'ampliació del Museu Thyssen de Madrid (dels arquitectes BOPBAA i M. Baquero), en què vàrem fer servir un sistema similar, i on, com a dada insòlita, una setmana abans que el rei Joan Carles inaugurés les noves plantes d'exposicions, una colla d'obrers estaven formigonant l'últim encepament de fonamentació, a la cota -9,00 m. ♦

Robert Brufau

**6** *Les lloses dels forjats descendents, damunt del tauler fenòlic, sobre un llit de morter damunt del propi terreny que es va rebaixant*

**7** *Secció de l'hotel*

**8** *Una imatge del bloc acabat*



7

and downwards) of the definitive concrete pillars, the process could begin of removing the soil (very damp sands) from the next floor down, as far as -8.00 m. As work descended, the mortar filling the piles was also broken up, revealing the metal pillar, to which the necessary shearing plates were coupled. When all the earth had been removed from this floor, the floor-ceiling structure of the third basement was built, once again leaving free the reinforcement bars (upwards and downwards) of the pillars of basements two and three. Then the pillars on the second basement were concreted, at the same time proceeding to excavate earth to empty out basement three, reaching -11.00 m. And so on...

Now (September 2006), only three floor-ceiling structures remain to crown the upper structure, all the floors in the lower part (levels -5.00, -8.00, -11.00 and -14.00) are concreted, and work is beginning on excavating the earth from basement five, to proceed immediately to the construction of the ground slab.

I would have liked to finish the two structures at the same time, but the lower part will take a little longer, about six weeks. The large amounts of ground water we have had to work with are the reason. It has however been a fascinating experience, and the time saved in the overall process fully justifies the decision.

The structural proposal of starting the structure at the ground floor and working down to the multiple basement floors is far from new. To go no further, in Barcelona, over 12 years ago now, it was used to build the Palau Nou de la Rambla (architects: Jordi Frontons, Equip MBM, Equip Margarit-Buxadé), which involved working to a depth of over 25 metres, building the structure downwards. Perhaps the originality of Habitat Sky lies more in the fact that the upper construction is that of an extremely slender 32-floor skyscraper, with the target of reaching the peak at the same time as the base. To a lesser extent, mention could also be made of the extension of the Thyssen Museum in Madrid (architects: BOPBAA, M. Baquero), in which we used a similar system and where, very unusually, a week before King Juan Carlos opened the new exhibition floors, a team of workers was concreting the final pile cap at level -9.00 m. ♦

**Robert Brufau**  
Translated by Elaine Fradley



8

aceptable desplome alguno, puesto que estos pilares eran definitivos, y, en su estado final, una vez eliminado el mortero de acompañamiento, debían quedar embebidos en el interior de unos pilares mixtos mucho más potentes, de hormigón armado y alma de acero.

Pero la parte más fascinante fue el proceso descendiente de la construcción. Una vez hincados los pilotes, con los pertinentes pilares metálicos, y ejecutado el techo de la cota -5,00, dejando las armaduras de espera —hacia arriba y hacia abajo— de los pilares definitivos de hormigón armado, se empezó a vaciar las tierras —arenas muy húmedas— de la planta siguiente, hasta la cota -8,00. A medida que se iba descendiendo, se rompía también el mortero que llenaba las estacas, con lo cual quedaba a la vista el pilar metálico, al que se acoplaban las necesarias cruces de punzonado. Una vez retiradas todas las tierras de esta planta, se construía el forjado del techo del tercer sótano, dejando nuevamente las armaduras de espera, hacia arriba y hacia abajo, de los pilares de los sótanos segundo y tercero. Entonces se iniciaba el hormigonado de los pilares del sótano segundo, al tiempo que se procedía a excavar las tierras para el vaciado del sótano -3, con lo que se llegaba a la cota -11. Y así sucesivamente.

A fecha de hoy (septiembre de 2006) tan sólo faltan tres forjados para coronar la estructura superior, mientras que están ya hormigonados todos los forjados (cotas -5,00, -8,00, -11,00 y -14,00) de la parte inferior, donde se está empezando la excavación de las tierras del quinto sótano, a fin de proceder, acto seguido, a la ejecución de la losa de base.

Esta propuesta estructural de empezar la estructura por la planta baja, para ir profundizando las múltiples plantas subterràneas de arriba abajo, no es una idea nueva. En Barcelona, ya desde hace más de doce años se utilizó para la construcción del Palau Nou de la Rambla (de los arquitectos Frontons, MBM y Margarit-Buxadé), donde se profundizó hasta más de 25 metros, construyéndose la estructura en sentido descendiente. La originalidad del Habitat Sky reside más en el hecho de que la construcción superior sea la propia de un rascacielos de 32 plantas, extremadamente esbelto, con el objetivo de alcanzar la cúspide al mismo tiempo que se realizaba la base. A una escala menor, puede mencionarse la ampliación del Museo Thyssen de Madrid (de los arquitectos BOPBAA y M. Baquero), en la que utilizamos un sistema similar, y donde, como dato insólito, una semana antes de que el rey Don Juan Carlos inaugurara las nuevas plantas de exposiciones, una cuadrilla de obreros estaba hormigonando el último encepado de cimentación, en la cota de profundidad -9,00 m. ♦

**Robert Brufau**  
Traducido por Esteve Comes i Bergua