



Torre del Reloj, del palacio del Louvre.

Dibujo del arquitecto Roberto Fernández Balbuena.

## LOS ENTRAMADOS METÁLICOS Y LOS DE HORMIGÓN

### NOTAS PARA UN ESTUDIO COMPARATIVO

Desterrados los entramados de madera en la construcción de grandes edificios por razones elementales de todos conocidas, se ha establecido en las grandes construcciones urbanas la competencia entre los entramados metálicos y los de hormigón, que vamos a estudiar (1).

*Entramados metálicos.* — Empezaron a emplearse las columnas de fundición como complemento de los entramados de madera y elemento de transición a entrampado totalmente metálico; constituyan un motivo de decoración, y a pesar de

(1) Los entramados de madera tienen aún adecuada aplicación en edificios de pequeñas dimensiones, sin grandes vanos, y quizás podrían, estudiados de un modo científico, contribuir eficazmente a la solución del problema de las casas baratas.

las dificultades de su empleo como elemento de construcción, por la fragilidad del material y mala unión con los demás, aun se emplean hoy de un modo restringido, pues todas sus ventajas, muy aumentadas, han pasado a los apoyos metálicos, formados con perfiles de acero laminado, y completados, en lo que a su decoración se refiere, merced a los progresos del arte decorativo.

Formando el entramado horizontal con carreras laminadas, o armadas, cosidas a los soportes, y con vigas laminadas cosidas a las carreras, la trabazón es perfecta, y sólo falta el forjado de pisos y el relleno de muros para completar el edificio en su estructura.

Los soportes pueden, en edificios industriales o comerciales, quedar al descubierto, pues construidos con esmero y pintados, su aspecto no desdice del que corresponde a la índole de la construcción de la cual forman parte.

*Entramados de hormigón.* — El entramado vertical se forma, como en los metálicos, con soportes macizos de mayores dimensiones que aquéllos, y que es forzoso revestir con algún decorado si han de quedar a la vista.

El entramado horizontal se hace de dos modos distintos: bien con carreras en una dirección y vigas normales aparentes, como en los metálicos, formando el forjado entre vigas con placas de hormigón, o bien solamente con carreras entre los soportes, según los dos principales ejes de éstos, y una gran placa de hormigón unida por todos sus bordes al polígono formado por las carreras de apoyo, siendo aquélla como el fondo de un depósito cuyas paredes fuesen las carreras mismas.

En el primer caso, a fin de que las vigas no queden aparentes, hay que completar el forjado con un cielo raso, bien de cañizo (de fácil alabeo) o de rasilla (de mala unión a las viguetas), consigiéndose entre el forjado y el cielo raso una capa de aire aisladora. En el segundo caso no precisa cielo raso, aunque el espesor de piso queda reducido al de la placa del forjado, que transmite con facilidad las vibraciones; es sistema de construcción más barato, pero más defectuoso en cuanto al aislamiento de las habitaciones.

Hechos en la forma indicada los entramados de ambas clases, quedan en igualdad de condiciones para proceder a su estudio comparativo.

*Constructibilidad.* — Comparadas ambas clases de entramado, teniendo en cuenta sus condiciones de ejecución, resultan grandes ventajas para el metálico; en él, los elementos quedan tan perfectamente unidos como en el hormigón, conservando, sin embargo, cierta independencia, y las modificaciones y sustituciones que siempre ocurren durante la construcción de los edificios urbanos (públicos o particulares), debidas al cambio de destino o a otras mil causas, se hacen con suma facilidad, con sólo disponer de un taladro eléctrico, tornillos y madera para los apeos; las partes más comprometidas del entramado son sustituidas o reforzadas con suma facilidad y sin alterar de un modo notable la marcha de la construcción.

En los entramados de hormigón estas modificaciones, sustituciones y refuerzos, cuya utilidad conocen cuantos a la construcción se dedican, son de tal dificultad, que casi es imposible el hacerlas y obligan a estudiar el proyecto en todos sus detalles y prevenir cuantas alteraciones puedan producirse en la ejecución y posterior destino del edificio.

La horizontalidad y verticalidad de los distintos elementos es, en general, más fácil de conseguir en el entramado metálico, a menos que en el de hormigón se refuerce extraordinariamente la escuadria de los puntales de sostén de los encofrados, con grave perjuicio del coste total.

Las heladas y agentes atmosféricos tienen una influencia perniciosa sobre el hormigón, que obligan en muchos casos a retrasar la construcción. En el hierro no es sensible esta influencia.

Conviene no olvidar que en construcciones como la torre Eiffel, prodigiosa aplicación de los entramados metálicos, se están de continuo haciendo sustituciones y modificaciones, impuestas por la acción del tiempo o la instalación de nuevos servicios, sin que sufra nada la construcción. De haber sido de hormigón, o habría que haber renunciado a poner la obra en armonía con el progreso, dejándola sin ninguna utilidad más que para admirar lo que fué, o habría que haber gastado en las nuevas obras quizás tanto como en la construcción primitiva, cuyo aspecto es seguro que se habría alterado notablemente.

Algo y muy significativo nos indica también el hecho, constantemente repetido en las construcciones urbanas, de tener que acudir el hierro en ayuda del hormigón en las partes difíciles, sin que ni una sola vez hayamos visto producirse el caso contrario.

El peligro de derrumbamiento es también mayor en los entramados de hormigón, pues no aparecen con la claridad que en el hierro las señales de haberse excedido el coeficiente de trabajo del material. Avisado el peligro, éste amenaza con rapidez a gran parte del edificio de hormigón, en tanto que en el entramado metálico es fácil localizarlo a la pieza defectuosa.

Tiene el hormigón como ventaja constructiva el que, si bien exige gran cuidado en su ejecución, es ello fácil de conseguir con sólo un buen encargado al frente de las obras; por el contrario, el hierro exige, tanto para el trabajo de taller como para el montaje, personal idóneo, y, por tanto, si la obra ha de hacerse en sitio donde no haya casas especializadas en la ejecución de entramados metálicos, las dificultades y el costo de la construcción aumentan grandemente.

*Facilidad y rapidez de ejecución.* — Esta cualidad va intimamente unida a la anterior.

El entramado metálico se hace en el taller, quedando sólo para hacer en la obra el acoplamiento de sus partes; nada impide que durante el montaje de una planta se haga en el taller la siguiente, y que pueda la obra de albañilería, incluso los tabiques, guarneidos y solado, acompañar al entramado con sólo una o dos plantas de retraso. Así, a poco de terminar el montaje puede estar levantado el edificio en todo lo que al relleno de albañilería se refiere.

Es frecuente en Madrid ver subir los edificios, empleando en los de pequeñas dimensiones diez días por planta, y este plazo, teniendo la obra personal suficiente, nunca ha excedido de cuatro semanas aun en los más grandes edificios.

Requiere el entramado metálico una gran precisión en las medidas primeras, y un cierto plazo para su iniciación, que casi nunca excede al necesario para hacer los cimientos. El entramado de hormigón se hace todo en obra. No requiere por

ello gran precisión en las medidas, pues los elementos se fabrican en el sitio de su emplazamiento, y está, en este sentido, exento de errores. Es más rápido en su iniciación, pero mucho más lento en su ejecución, pues aparte del mucho tiempo necesario para hacer los encofrados, el forjado es también más lento que el montaje del hierro. Después de terminado el forjado, para el fraguado se precisan por lo menos cuatro semanas (y aun más en los elementos principales), durante cuyo tiempo hay que conservar el encofrado con su bosque de puntales que impiden en la obra el movimiento de los demás materiales que en ella hayan de intervenir, e impiden igualmente el tomar medidas exactas a los carpinteros, decoradores, etc., que han de trabajar para la terminación del edificio.

Puede decirse, sin temor a pecar de exagerados, que el tiempo de ejecución del entramado de hormigón es, por lo menos, *el doble* del necesario para montar un entramado metálico y hacer simultáneamente los muros y el forjado de pisos.

*Diafanidad.* — En las plantas bajas de los grandes edificios es ésta la cualidad más estimada; la supresión de un apoyo o la disminución en la sección de un soporte o una carrera, pueden aumentar extraordinariamente el valor de un local.

Los soportes metálicos son de bastante menos dimensiones que sus equivalentes de hormigón, en los cuales es preciso aumentarlas por el decorado, y las carreras metálicas puede conseguirse que trabajen como empotradas haciéndolas continuas, y reducir lo que bajan del piso, embrochalándoles la viguería o haciéndolas dobles; siempre se conseguirán carreras de menor altura que sus equivalentes de hormigón.

La armonía y la gracia en las líneas de un entramado metálico no son jamás igualadas por el hormigón; éste es a aquél, en lo que a esbeltez se refiere, lo que un elefante a un caballo: uno es de formas recargadas y torpe en sus movimientos; el otro es de líneas graciosas y movimientos elegantes.

Vemos constantemente en los modernos edificios de hormigón cómo pugna su entramado por adquirir diafanidad y elegancia de líneas, cualidades inherentes al entramado metálico, y de las que no puede desprenderse, si una mano aleve no las mata con una decoración absurda.

*Incombustibilidad.* — Teniendo en cuenta esta cualidad que deben reunir los edificios, las ventajas están de parte del entramado de hormigón con accesorios metálicos.

El hierro, si bien es incombustible, puede adquirir una elevada temperatura en contacto de las llamas producidas por los demás objetos que arden a su alrededor, produciéndose una gran pérdida de resistencia, que puede ocasionar el derrumbamiento de la construcción. Precisa, para evitarlo, revestir el hierro con algún producto cerámico, con preferencia refractario.

El hormigón armado, donde el hierro va rodeado de una capa de cemento, resulta prácticamente incombustible, sin que llegue a perder resistencia en contacto con las llamas.

*Coste de la construcción.* — Estudiemos esta cualidad, decisiva en la mayoría de los casos. Una sola visita a una obra de cada clase de entramado nos dará una primera impresión, que un estudio detenido la hará definitiva.

Asusta la cantidad de madera destrozada para el encofrado del hormigón, las varillas de hierro y los montones de tablas llenas de clavos obstruyendo el paso; los puntales apiñados, las cuadrillas de carpinteros, forjadores y peones; todo, en fin, induce a pensar que aquello ha de ser caro, y si al cabo de varios días se repite la visita, observaremos también que aquello es lento.

Contrasta esta impresión con la que produce la visita a una obra con entramado metálico: los obstáculos son menores; el material, en general, más ordenado, no se opone con insistencia a nuestra marcha; el personal parece mejor distribuido; la obra, con más luz y menos estorbos, da una sensación de ligereza y baratura. Si pocos días después repetimos la visita, seguramente hemos de subir a nuevos pisos si queremos examinar la marcha del trabajo, y sentiremos otra vez la impresión de rapidez y economía, contraria a la sensación de agobio, embarazo y gran costo que el hormigón nos produjo.

Si pedimos un estudio detenido a técnicos competentes, nos demostrarán que, en efecto, puestos en igualdad de condiciones el entramado metálico (incluido el forjado de pisos) y el entramado de hormigón, resulta el coste de éste en los edificios urbanos alrededor de vez y media el de aquél.

Nos hemos procurado datos globales respecto a este coste, y podemos afirmar que en siete obras comparadas (unas terminadas, otras en construcción y otras en proyecto), sólo en una, que es un salón rectangular de grandes cargas (800 kilogramos por metro cuadrado) y con repetición de un mismo elemento del entramado, llega el hormigón casi a igualar al hierro. En las seis restantes, que son casas comerciales y obras para espectáculos, en todas resulta valer el entramado de hormigón *vez y media* lo que el metálico, siendo en algunas mayor esta diferencia. Y consiste que al hacer la comparación sólo hemos cargado en una peseta por metro cuadrado el valor del cielo raso necesario en las obras urbanas de hormigón, contando, en cambio, a 15 pesetas el metro cuadrado del forjado de piso necesario en las obras metálicas.

Las cifras que siguen comprobarán lo que decimos. Se refieren al promedio de varias obras de siete a once plantas, entramadas en su totalidad en el interior, excepto medianería, y sólo en dos plantas de fachada. Son del tipo corriente en la Gran Vía.

Peso medio del total de hierro por metro cuadrado y planta: 32,5 kilogramos.

Valor medio, a 86 céntimos el kilogramo.....	27,95	pesetas.
--	-------	----------

Metro cuadrado forjado de piso .....	15	-
--------------------------------------	----	---

<i>Total por metro cuadrado y planta</i> .....	<u>42,95</u>	pesetas.
--	--------------	----------

Volumen del hormigón armado por metro cuadrado y planta: 0,210 metros cúbicos.

Valor medio, a 296 pesetas el metro cúbico.....	62,16	pesetas.
---	-------	----------

Metro cuadrado de cielo raso.....	1	-
-----------------------------------	---	---

<i>Total de hormigón por metro cuadrado y planta</i> .....	<u>63,16</u>	pesetas.
--	--------------	----------

No se nos oculta que los resultados de la anterior comparación no deben ser generales y aplicables a todas las poblaciones. Quizás en aquellas donde haya que

importar el hierro trabajado y el personal para el montaje, se modifiquen los resultados, que son ciertos para Madrid y otras poblaciones.

Y también conviene conocer que en países como Alemania, donde el hormigón armado estuvo en auge, hoy, por múltiples circunstancias, siendo quizás la principal el coste, tiende a ser sustituido por el hierro en los entramados de edificios urbanos.

*Hipotecas.*— Este dato carece de interés para muchos; pero lo consignamos para que lo tengan en cuenta aquellos a quienes pueda interesar. Los Bancos que se dedican a esta clase de operaciones dan en general mayor cantidad por los edificios con entramado metálico que por los de entramado de hormigón.

*Demolición.*— Aunque a plazo muy largo, también resulta una ventaja en el caso de demolición del edificio el empleo del entramado metálico. La viguería y carreras pueden ser vendidas a buen precio, siendo en los soportes donde se sufrirá mayor pérdida, por ser más difícil hallarles empleo adecuado.

En la demolición del hormigón armado, el aprovechamiento del material resultante exige gastos que casi anulan el valor de dicho material.

*Conclusión.*— Coinciendo con la opinión del distinguido ingeniero Sr. Peña y de otros especialistas en obras de hormigón armado, podemos afirmar que éste no tiene aplicación adecuada en los edificios urbanos.

El hormigón armado aventaja al hierro en la construcción de cierta clase de puentes y obras con grandes cargas que excedan de 800 kilogramos por metro cuadrado, y en donde se repita muchas veces un mismo elemento y no tengan importancia primordial la diafanidad y el decorado. Estas ventajas se acentúan si la obra está junto al mar y el entramado queda al descubierto, pues en estas condiciones los gastos de conservación del hierro aumentan de modo extraordinario.

En edificios urbanos, de planta generalmente irregular, con cargas que rara vez pasan de los 500 kilogramos por metro cuadrado, sujetos siempre a modificaciones en su construcción o en su ulterior destino, y donde tiene una capital importancia la diafanidad y la rapidez de ejecución, el entramado metálico resulta insustituible. Mucho más habida cuenta del perfecto conocimiento que hoy se tiene de las condiciones de trabajo del acero y la facilidad de encontrar buenas casas construcciones para la ejecución del entramado.

Sólo un afán de emulación o un alarde de pretendido snobismo pueden justificar el empleo de estos materiales, cambiando el lugar adecuado para cada uno.

CELSO MÁXIMO,

Ingeniero industrial.