

MADRID ESPACIOS Y CONGRESOS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS
PROYECTO Y EDICIÓN DE ANDRÉS CANOVAS Y FERNANDO CASQUEIRO

PABELLÓN DE CRISTAL CABRERO/LABIANO/RUIZ



Indice

06	Presentación Madrid Espacios y Congresos S. A.	83	Planos de estructura metálica
08	Introducción Gabriel Ruiz Cabrero	88	Fotos serie 2 (obra de acero)
13	Pabellón de Cristal. Palacio de máquinas Gabriel Ruiz Cabrero	123	La modernidad en territorio hostil Antonio Miranda
19	Una burbuja profunda y suspendida Alberto Grijalba Bengoechea	128	Fotos serie 3 (exterior, mayo de 1965)
27	Memoria general del proyecto original	135	La arquitectura en prosa blanca del Pabellón de Cristal de la Casa de Campo de Madrid Fernando Casqueiro Barreiro
35	Planos generales. Anteproyecto	153	Planos estado actual (mayo de 2003)
49	La estructura del Pabellón de Cristal Jaime Cervera	167	Textos republicados Selección de Andrés Cánovas
54	Memoria de la estructura del Pabellón	177	Recorridos, enero de 2007 Miguel de Guzmán
57	Planos de estructura de hormigón	195	Biblioteca de Asis Cabrero Juan Manuel Sánchez la Chica
76	Fotos serie 1 (obra de hormigón)	209	Bibliografía anotada del Pabellón Juan Manuel Sánchez la Chica
		211	Panorámicas, enero de 2007 Miguel de Guzmán



La estructura del Pabellón de Cristal

Jaime Cervera

Cuando consideré por vez primera con algo de despreocupada atención la configuración estructural del Salón de exposiciones de la Casa de Campo, tal y como se encuentra finalmente construido, dos aspectos me llamaron de inmediato la atención y me produjeron un cierto desconcierto; podría decir que me produjeron un cierto desasosiego por lo que suponían de contradicción con la potente y medida solución de la estructura metálica principal. Dos aspectos situados más allá de los inmediatamente evidentes referidos al encuadre tipológico de la solución metálica que soporta simultáneamente cerramiento y cubierta, o a los referidos a las proporciones y ritmos que ordenan las dimensiones de los distintos elementos. Dichas fuentes de inquietud que inicialmente parecían independientes entre sí aparentan tener, finalmente y pese a todo, una íntima relación.

El primer aspecto desconcertante estriba en la elección de la posición de apoyo de la estructura metálica porticada principal¹. Dicha estructura, que es periférica necesariamente puesto que está asociada al cerramiento exterior, a la piel más externa del edificio en cubierta y en fachada, se apoya, sin embargo, no en la periferia del edificio, en cuya vertical se localizan los muros de sótano que constituyen por tanto lugares privilegiados para sostener cargas, sino en voladizos de la estructura interior que soporta la planta principal del edificio. La masiva estructura de pilares de hormigón armado que sostiene dicha planta responde a módulos de 20 por 20 metros con pilares cuadrados huecos de 2,5 m de lado, separados 5 m. del perímetro exterior. Por el contrario, la estructura metálica que soporta el cerramiento exterior –fachada y cubierta– está concebida más bien como una solución continua que adoptó finalmente un ritmo –una separación– de 5 m. entre pórticos. La estructura más bien continua del cerramiento no apoya en la línea continua que arranca en los muros exteriores, sino en voladizos de la estructura discreta interior,

y la diferencia de concepto y de ritmos entre ambas exige necesariamente la interposición de una pesada estructura auxiliar lineal que enlaza los extremos de los voladizos, a 2,5 m de la línea del cerramiento, para permitir ese apoyo continuo. Esta estructura auxiliar lineal, paralela a las fachadas de mayor longitud, está resuelta mediante cerchas metálicas (denominadas en planos M1, M2, M3 y M4), que apoyan sobre las cerchas de planta baja que, a su vez, apoyan en los pilares de hormigón (los planos, por cierto, de dichas cerchas M no constan en la abundante documentación obtenida para informar el proyecto, lo que constituye una buena muestra de la dificultad que supone reconstruir los proyectos de obras pasadas, por más emblemáticas que éstas puedan parecer). Pese a que los primeros dibujos² de los arquitectos son muy explícitos en la forma de constituir la estructura metálica –de cubierta y planta principal– sobre dichos soportes de hormigón interiores, mediante una forma en cajón bien definida, la racionalidad o no de dicha decisión no está siquiera apuntada gráficamente de ningún modo en los esquemas iniciales, y la contradicción de buscar un apoyo continuo al interior, que formalmente es discreto, frente a un apoyo al exterior, de características claramente continuas, deberá haber sido considerada y resuelta en el proyecto final.

El segundo aspecto que llama fuertemente al desconcierto está en la falta de correspondencia entre las formas y módulos de las plantas que se apoyan en los pilares de hormigón, y el ritmo de pórticos de la estructura metálica principal. Pues efectivamente éstos se suceden cada cinco metros, alineándose siempre con la superficie externa de una de las caras del masivo pilar de 2,5 por 2,5, en lo que constituye una inquietante irregularidad modular: las líneas que forman la proyección de los pórticos de cubierta quedan sistemáticamente situadas en posición lateral y descentrada respecto de los ejes definidos por dichos pilares³.

A estos aparentes desajustes fundamentales cuyo descifrado debería aportar cierta luz sobre más de una intención del proyecto se añadían otros dos menores. El primero de ellos es el hecho de que los ejes estructurales de la modulación de la planta principal, y de la estructura de cubierta que sobre ella apoya, no quedan definidos por líneas interiores a la masa de los pilares (o más exactamente a los ejes de las paredes de los prismas de hormigón que conforman tales pilares), sino exactamente por las superficies de las caras externas de éstos, lo que exige unos pesados perfiles de apoyo que trasladen la carga al interior de la masa de los pilares mismos.

Cabe añadir a la lista de desconciertos el producido por la contraposición, frente a un ejercicio formal tan riguroso, de la existencia de una estructura triangulada paralela a los pórticos de cerramiento y cubierta, y establecida con intención de asemejarse a ellos, pero que sólo se alza en la fachada, intercalada cada dos pórticos, y produciendo en la imagen de fachada la apariencia de un ritmo estructural cada 2,5m. mientras que en cubierta el ritmo real de pórticos mantiene el módulo de 5 m.

Frente a estas, al menos aparentes, pérdidas de rigor se sobrepone sin embargo la subyugante potencia del edificio mismo, destacando el limpio despiece de los paños de fachada en cuadrados bipartitos de 2,5 por 2,5 m², así como la direccionalidad que otorga la sucesión de pórticos, tanto los reales como los intercalados y simulados en fachada, direccionalidad que pone en valor al gigantesco mirador a la cornisa de Madrid que se configura en virtud de la solución adoptada para sostener el cerramiento de las fachadas cortas. El vigor y rotundidad de la estructura resulta extremadamente seductor.

La estructura se conforma sobre los pilares huecos de 2,50 x 2,50 m con espesores de pared de 30 y 40 cm, (60 en 4 casos de apoyo sin continuidad), cimentados sobre zapatas formadas por pirámides escalonadas que profundizan hasta un máximo de 5,50 m. La planta inferior se resuelve en solera. La entreplanta se resuelve mediante estructura de hormigón armado, de resistencia característica mínima de 18 MPa (180 kg/cm² según planos) en la que las vigas principales en dos direcciones ortogonales son cajones huecos de 2,00 m de canto

por 2,30, acartelados en su encuentro con los pilares, soportando un emparrillado de 3 x 3 vigas de 160 x 50 cm² que, a su vez, soportan un entonces clásico forjado *Domo 60x45*, de 20+4 cm de espesor, con juntas de dilatación que limitan la máxima longitud a 40 m. Los armados, detallados en forma prolija, se realizan con redondos de acero ¿liso? de diámetros variados, entre los que predominan los de 6 y 7,5 mm –en estribos–, y los 10,5 –auxiliares y armados de piel–, 15 –especialmente en pilares–, y 22,5 mm. –los más usuales en vigas–. A éstos diámetros se añaden los de 9, 12, 13,5, y 16,5 mm usados en forjados (en *Tetracero 42*). La planta baja se segmenta mediante parejas de cerchas metálicas paralelas que apoyan en los pilares, con ejes separados 2,50 m en horizontal, y canto –o mejor brazo, midiendo a ejes– de 2,20 m, tangentes a las caras de los pilares y siguiendo la dirección corta. Se unen entre sí en su cordón inferior con perfiles H120, y no constan los planos en que se definen (según el plano SM 01 serían los planos SM 06 a SM 13). Sobre éstos apoyan, siguiendo la dirección larga, vigas mixtas separadas 1,75 m formadas por IPN 600 y cabeza superior de hormigón armado de 600 x 160 mm². Sobre las vigas se constituye un forjado *Domo L 16/50*, de 16 cm. de canto (1 cm. de hormigón sobre la bovedilla). El conector de las vigas es una hélice soldada al ala superior de paso 240 mm. y trazada sobre un cilindro de diámetro 100 mm. con redondo de diámetro 12 mm. Los huecos en vigas y pilares se prevén para la conducción de aire. Finalmente, sobre los extremos –de voladizo– de las citadas parejas de cerchas se establecen cerchas paralelas a la fachada, separadas de ésta 2,50 m. sobre los que apoyan, mediante rótula, los pórticos de cubierta. No constan los planos que definen dichas vigas (SM 14 y 15). Los pórticos, separados 5 m., están constituidos por formas trianguladas en las que los cordones se forman con pares de UPN250 –200 en algún caso– y los montantes y diagonales con pares emparrillados de UPN, generalmente entre 80 y 160, siendo las piezas mayores los *pilares* –en denominación en planos–, es decir, los cordones interiores de la región de fachada, formados por un pareja de H140. Sobre los pórticos apoyan finalmente correas IPN 120 separadas 1,25 m. y el conjunto se arriostra de forma prolija tanto en planta como en alzado.

El objeto básico de atención es sin duda la sucesión de pórticos que configuran el gran salón, en una solución arquetípica. Y de la potencia de su imagen da cuenta el hecho de que el cielorraso horizontal previsto inicialmente, y para el que se prevén correas (IPN 100 cada 2,5m.) en la cara inferior, no se llegó a construir. Repasar sus dimensiones constituye un interesante ejercicio. Medidas sobre la línea media de las directrices, que se sitúan a mitad de distancia entre los cordones de la triangulación, el pórtico tiene 70 m. de luz aun cuando la excentricidad en los apoyos –mediante rótula en el cordón interior de los elementos de fachada, y no en su exterior, como hemos visto– la reduce en apoyos en 2,5 m. La directriz del pórtico alcanza 9,70 m. de altura en la clave, y posee entre 2,5 y 4,4 m. de canto, con el máximo en la clave. Está construido mediante recuadros triangulados con un ritmo uniforme entre nudos de 2,5 m. Los 10 m. de altura de fachada corresponden a los tres módulos que configuran la altura de los soportes, cuyo *canto* –o dimensión del espacio obstruido visto en el alzado del pórtico– es de un módulo, a los que se añade otro módulo para definir el canto en arranque de la viga, que a su vez salva la luz mediante 27 módulos. El módulo central tiene triangulación diferente a la de los restantes –es en K (tumbada), con vértice en el nudo central superior para equilibrar la componente vertical del cambio de dirección del cordón superior en la clave–. Los módulos laterales se triangulan, en cambio, con diagonales en las direcciones de tracción que, salvo cerca de la clave y por la misma razón ya apuntada para la elección de la K, se orientan de abajo-arriba en la dirección que se encamina hacia la posición de los apoyos. La esbeltez general de la estructura⁴ es cercana a 7, con esbelteces locales⁵ para la región de la viga triangulada del orden de 16,5, aunque si se contabiliza sólo la luz entre puntos de momento global nulo en la viga –cercha– principal, la esbeltez de dicho tramo está en un valor cercano a 12. Como se ve se trata de valores relativamente bajos todos ellos, lo que asegura costes limitados⁶.

Pero volvamos sobre las principales causas del desconcierto descrito al principio. Analizando los planos del anteproyecto, se observa que uno de los aspectos comentados existe desde el origen del proyecto, a saber,

la decisión de apoyar la estructura exterior en voladizos de la estructura interior. Sin embargo no aparece aún ahí la decisión por la que se define el ritmo entre pórticos en los 5 m. que quedará descolocado respecto de los ejes o simetrías del ritmo de la planta de 20 x 20.

La estructura metálica está concebida en origen, en el anteproyecto, como una piel indiferenciada en módulos tanto estructurales como constructivos de 2,5 por 2,5 m, con un *canto* –una obstrucción espacial– de igual dimensión, tanto en fachada como en la región de cubierta que llega a fachada, aunque aumentando hacia el interior por mor de la evacuación de aguas, asegurando un 5% de pendiente, lo que aumenta muy significativamente el *canto* en el centro del vano. De este modo el ritmo se acompasaba bien con las dimensiones de los pilares de la basa. Sin embargo las decisiones tipológicas y constructivas han de considerar también las alternativas de complejidad, y ello especialmente cuando los tamaños crecen. Cuando el tamaño de las soluciones aumenta, deben considerarse y eventualmente admitirse soluciones de mayor complejidad, en las que se producen jerarquías, familias sucesivas. Pues si se analizan las alternativas de solución a un mismo problema comparando la cantidad de materia a disponer y la complejidad en la disposición de ésta, se observa rápidamente que soluciones de mayor complejidad permiten el empleo de menos materia, al costo de una mayor dificultad constructiva y organizativa.

Si no comparan soluciones alternativas según crecen las dimensiones a que se aplican, los costes materiales de las soluciones de menor complejidad crecen mucho más rápidamente que el crecimiento conjunto de costes materiales y de ejecución de las soluciones de mayor complejidad, por lo que éstas pasan necesariamente a ser competitivas en algún punto. Si analizamos además con una mayor profundidad la estructura de costes de las soluciones en competencia, podemos ver que en las soluciones de mayor complejidad hay más coste invertido en remuneración de trabajo humano –no me gusta la expresión *mayor valor añadido* que cabría haber empleado aquí, y que resulta más en boga, por lo que implica de valoración diferenciada y extremadamente desigual de distintas formas del trabajo humano– frente a la mayor incidencia de costes invertidos en el empleo de recursos materiales

y de energía en las soluciones de menor complejidad. Razón por la que si tenemos en mente los objetivos de sostenibilidad a largo plazo en el empleo de los recursos del planeta, la evolución previsible –al menos la deseable– sería la de empleo de soluciones de complejidad creciente y con empleo de recursos decreciente, lo que debería hacer disminuir el tamaño a partir del cual son competitivas las soluciones complejas frente a las sencillas, en una tendencia inversa a la que actualmente marca la insostenibilidad creciente de nuestras prácticas productivas.

Volviendo al argumento del edificio, limitar las dificultades constructivas y organizativas en soluciones complejas aconseja el empleo de organizaciones jerárquicas, de modo que las soluciones de mayor complejidad serán las de más responsabilidad en carga o dimensión, aunque siendo limitadas en número, y se dejarán para familias de complejidad decreciente responsabilidades portantes cada vez más reducidas. Así, una solución de 72,5 m. de luz justifica la adopción de una sección compleja –más bien obliga de modo ineludible a la adopción de dicha complejidad–, pero por el contrario, no se justifica en ningún modo su yuxtaposición lado a lado cada 2,5 m. Una solución continua basada en dicho ritmo –que era el pretendido inicialmente por los arquitectos– como sería una solución *estérea*, habría exigido la preexistencia de soluciones industriales aplicables a estructuras análogas a la que se pretendía construir, o bien la implantación de tal sistema a partir de la estructura propuesta, que sería así un prototipo experimental del sistema, asumiendo por ello los sobrecostes de implantación como inversión inicial en la definición y prueba del sistema, costes a recuperarse en aplicaciones posteriores del mismo. Al no tratarse de nada de esto, en la solución definitiva se establece la sucesión repetida de pórticos que se había imaginado, pero distanciados finalmente 5 m. entre sí, dado que las otras alternativas de partición entera de los 20 m correspondientes al ritmo de plantas inferiores (con separaciones posibles de 4, 5, 6'66 ó 10 m.) hubieran llevado, bien a ritmos incompatibles con el despiece de fachada, –los 4, y 6'66– bien a una dimensión excesiva para la apariencia buscada de piel indiferenciada –en el caso de los 10 m, caso en el que además habría sido difícil eludir la aparición de una familia estructural adicional–.

Es, por tanto, la racionalidad la que pone en su sitio a la idea inicial de establecer una estructura indiferenciada como soporte de una piel con igual carácter.

Ahora bien, la estructura sigue siendo, en relación con la basa, con su masividad y su ritmo, algo muy lineal y ligero. Los 5 m. de separación de pórticos, frente a los 20 m. de intereje de pilares, sigue suponiendo una línea de carga para la estructura inferior: es bien conocido que el comportamiento global de una viga con carga repartida uniformemente es muy semejante al de la misma viga con la misma carga distribuida entre varias –pocas– cargas puntuales equidistantes. De este modo trasladar la línea de carga de los pórticos de cubierta a los ritmos de la planta baja exige una línea de estructura de apoyo para la que es indiferente la posición real de los pórticos de cubierta. El ritmo superior supone meramente una línea de carga para el inferior –de hecho un par de líneas separadas 70 m.– y no hay razón estructural relevante alguna para prefiar la posición de la estructura superior en relación con los ritmos de la estructura inferior. La posición de los pórticos en fachada y cubierta puede establecerse en base a los propios ritmos constructivos de la fachada, sin necesidad de considerar los de la basa del edificio, respecto de los que es indiferente. Esto permite deshacer la sensación de contradicción que supone el desplazamiento entre ejes estructurales de ambas regiones de la estructura y la falta de simetría entre ambos.

Pero persiste la duda: ¿por qué constituir una poderosa línea de carga sobre la estructura interior a 2,5 m. de distancia de los muros de cerramiento y contención del exterior del edificio, que ya son de por sí líneas privilegiadas de apoyo? ¿Por qué ignorar la existencia ineludible de dicha línea de apoyo y establecer otra cercana, que, para llegar a cargar en los soportes debe dar origen a una pesada línea de vigas intercalada en la estructura de la planta principal?

Para resolver la duda es necesario hacerse una idea de la sustancial diferencia en masas –y en cargas– entre ambas regiones del edificio: las cargas a sostener por la cubierta están en órdenes de magnitud que oscilan entre 0,3 y 1,1 kN/m² según situaciones –sin o con nieve– mientras que las cargas que han de apoyar sobre

la planta principal están en valores que oscilarán entre los 3 y los 25 kN/m², en ambos casos sin considerar el peso de la estructura misma. Es decir, la cubierta es de extrema ligereza en relación a las plantas de uso del edificio. Así, su carga puede considerarse como elemento de corrección de la forma de trabajo de la estructura de la planta principal para los estados de carga máxima previsible, lo que queda de manifiesto trazando las gráficas de momentos flectores de la planta principal. Es fácil comprender que, puesto que los pesos de armadura necesarios resultan proporcionales a las áreas de las gráficas de momentos a cubrir, la corrección que aporta el apoyo de la cubierta en el extremo del voladizo a los diagramas de la planta inferior suponen una reducción y una regularización muy importante en dichas áreas, permitiendo así compensar los costes de la estructura lineal necesaria para apoyar la sucesión de pórticos. La otra alternativa posible, es decir, realizar el apoyo en los muros exteriores mientras que simultáneamente se reforman los ritmos de soportes en plantas principales para mantener la regularidad en los diagramas habría exigido cambiar la secuencia de 6,25-20-20-6,25 a una de 12,25-16-16-12,25, o tal vez una de 10-17,5-17,5-10, manteniendo ritmos divisibles por 2,50, en lo que exigiría un cambio bastante sustancial en la organización general de la planta.

De este modo es la decisión de la forma de apoyar la cubierta, considerada como si de un elemento superficial se tratase por ser una sucesión de pórticos separados a distancias cortas en relación a las dimensiones de la estructura de hormigón, la que incorpora en sí los dos supuestos desajustes señalados al revisar los planos, y que resultan no ser tales.

Sí resulta, sin embargo completamente desajustada la solución retenida con alguna de las imágenes o croquis del anteproyecto –los alzados y especialmente las secciones– pues en efecto en éstas los pórticos de fachada y cubierta se cierran en un rectángulo a través de las vigas trianguladas que soportan la planta principal y sobre cuyos vuelos apoyan los pórticos. Y el desajuste estriba precisamente en la radical diferencia en el carácter de las citadas vigas de planta baja que, como hemos visto, soportan –aunque con menores luces– cargas entre 10

y 30 veces superiores a las de la cubierta, por lo que sus secciones –su apariencia o robustez– no pueden ser comparables a las de éstas: la imagen de un gran rectángulo triangulado apoyado en los enormes soportes de hormigón es una cualidad del dibujo del anteproyecto que se aleja ciertamente de la realidad construida.

En todo caso, la forma con que se percibe el espacio desde un recorrido interior cualquiera ratifica la imagen de la estructura de fachada y cubierta como un conjunto continuo, e independiente de la estructura inferior.

Si consideramos los objetivos arquitectónicos generales del proyecto, puede observarse la importante correspondencia que existe entre la intención principal del proyecto, a saber, la de constituir un espacio interior para exposición o difusión de productos en competencia, y por tanto un espacio interior indiferenciado, neutro, sin jerarquías relevantes, correspondiente a la supuesta igualdad radical del espacio de mercado que ha de contener, con la propia materialidad física del proyecto, en la que la documentación estrictamente técnica –y la definición de la estructura resulta ser la parte principal en ésta– constituye el grueso del proyecto. Y es precisamente ésta una de las mejores cualidades del edificio analizado: la inexistencia aparente de retórica alguna, la aparentemente radical asepsia formal y tipológica en la que las decisiones –y las precisiones– técnicas son las que dan forma al conjunto. El espacio democrático interior se corresponde con una pura descripción técnica de la manera de materializarlo, descripción ayuna tanto de consideraciones figurativas, como de intenciones simbólicas: es suficiente la definición técnica necesaria para erigir el edificio, cuyo poderoso carácter simbólico aparece sin necesidad de recurrir a retórica o argumento adicional alguno. Son la poderosa unidad del volumen adoptado y su riguroso despiece constructivo las fuentes de su potencia como referente simbólico, por lo que no requiere discurso adicional alguno.

Cabe en este punto anotar que buena parte de los modos de presentación y representación de la arquitectura reciente se alejan de la contención acorde a los principios adoptados en proyectos como el reseñado. Sería a mi juicio bienvenido un cierto retorno al rigor técnico

propugnado en este proyecto, aun cuando ahora este rigor debe aplicarse no sólo a la definición de todos y cada uno de los componentes del objeto, sino que deberá extenderse a la eficiencia y contención en el empleo de recursos a lo largo de todo su ciclo de vida, desde una perspectiva de sostenibilidad.

1. Ver plano en página 164 de este libro.
2. En páginas 42 y 43 de este libro.
3. Ver páginas 154 a 157.
4. El orden del pórtico está formado, 1 por la geometría de la directriz, 2, por la envolvente –o obstrucción espacial general de la estructura–, definida por las líneas que representan los cordones, y finalmente por las piezas que materializan la triangulación, con sus secciones propias. Así, la esbeltez global es la relación luz/canto global, y se mide en base a la geometría de la directriz, siendo el cociente entre la luz –o máxima distancia horizontal entre los puntos de la directriz– y el canto global –la máxima distancia en vertical entre las resultantes horizontales que equilibran el momento global–, que en el pórtico son la cota del apoyo en la que se sitúa el empuje horizontal, y la cota de la directriz en la clave, en la que se sitúa el contrapeso de dicho empuje. La excentricidad respecto a la directriz da origen al momento flector que podríamos llamar *local*, sobre la viga del pórtico.
5. Relación entre la luz y la separación entre los cordones de la triangulación.
6. Pues en efecto, es sabido –ver Cervera [2001], epígrafe 2.4– que la cantidad de estructura de un sistema que soporta carga gravitatoria en flexión puede expresarse con mucha aproximación mediante el producto de la carga total que soporta el sistema, por la distancia media al apoyo a que se sitúa dicha carga, –que es una fracción definida de la luz total– por la esbeltez global de la estructura, por un término que es igual a la suma de la unidad más el cuadrado del cociente entre la esbeltez óptima del tipo o geometría considerada y la esbeltez elegida, siendo las esbelteces óptimas de la mayor parte de los tipos usuales valores bajos, cercanos al número 4... La cantidad de estructura puede descomponerse en cuatro partes, dividiendo la fracción traccionada y la comprimida, y dividiendo ambas en sus componentes vertical y horizontal. Una importante relación establece que el óptimo entre versiones homólogas de la forma obtenida por cambios afines en el canto global está en el punto en el que la suma de las partes horizontales se iguala a la de las verticales, lo que en esta estructura exigiría multiplicar las dimensiones verticales por el factor 1,505, para ajustar las respectivas componentes, que están en proporción a los valores (en mkN) de 5660, 2105, 5660, y 2895 para las partes traccionada horizontal y vertical, y comprimida horizontal y vertical respectivamente, (16.320 en total) y si se contabilizan dimensiones totales y se carga que correspondería a 1 m de anchura del edificio, aproximando las cargas al valor de 1kN/m².

Bibliografía

Jaime Cervera, 2001: *Forma y esfuerzos estructurales. Cuadernos* del Instituto Juan de Herrera. E.T.S.A. Madrid.