Madrid:
En busca del arco perdido

JOSEP Mª ADELL

Madrid, 2017

© Universidad de Mayores de Experiencia Recíproca
Sede Social: c/ Abada, 2 5º 4-A
28013 Madrid
Depósito Legal: Mxxxxxxxx
Maquetación: A.D.I. Pza. de Argüelles, 7. 28008 Madrid. Telf.: 91542 82 82

Madrid:
En busca del arco perdido

(Conferencia pronunciada por el autor en la universidad de mayores experiencia recíproca el día 15 de septiembre de 2016)

Antiguamente, toda ciudad requería de una protección frente al posible enemigo. Esto se materializaba normalmente con una muralla perimetral. Pero dicho perímetro, a su vez, requería de puntos de entrada y salida para conectar la ciudad con el exterior cuando el enemigo no importunaba.

Las antiguas murallas eran de albañilería, construidas con el material del entorno más resistente: donde sólo había tierra, se construía de adobe, donde había piedra, se empleaba ésta, y así, con gruesos muros de gran altura, se podía combatir desde lo alto de la muralla a los que pretendieran asaltar la ciudad.

En zonas más desarrolladas, además de la mampostería de piedra, se empleaban sillares adecuadamente tallados, como solían hacer los romanos en sus castros, e incluso se empleaba ladrillo (barro cocido) que permitía agilizar el proceso constructivo sin tener que recurrir al esfuerzo de tallar las rocas.

Madrid fue fundada por los árabes en el siglo IX con el nombre de Magerit y sobre la cornisa del Manzanares. Estaba defendida con su correspondiente muralla de mampostería que tenía varias puertas, destacando la Puerta de la Vega, que daba al río al oeste y, por el este, la Puerta de la Almudena ("ciudadela" en árabe) que abría la ciudad a la llanura.

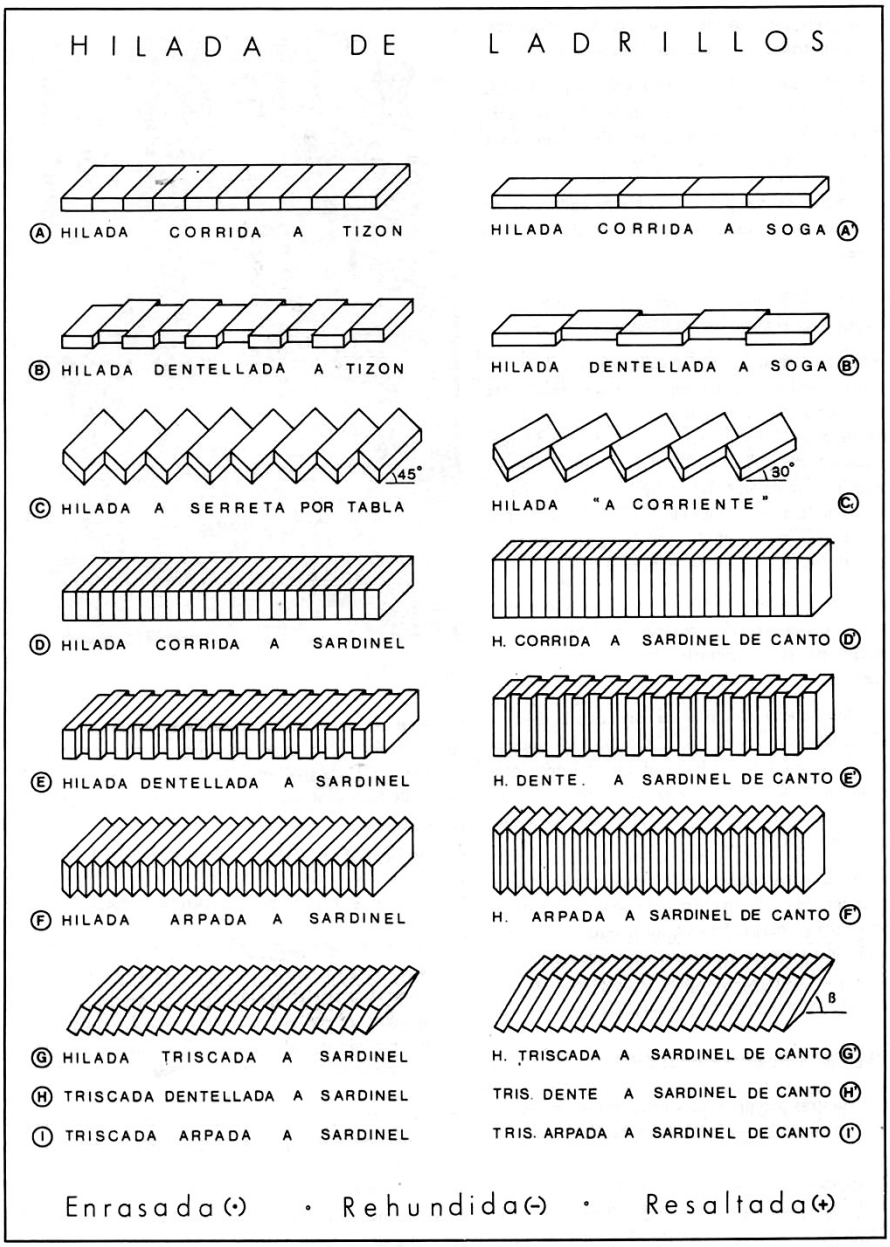
Fueron varias las ampliaciones posteriores sucesivas con nuevas murallas de cierre, pero siempre por el este, pues el río Manzanares lo impedía al oeste.

Siguieron la Puerta de Guadalajara (en la calle Mayor, a la altura del mercado de San Miguel) y la Puerta del Sol, en la actual plaza del mismo nombre, ubicada donde actualmente se sitúa el Oso y el Madroño, al inicio de la calle Alcalá. Puerta de la que no queda ningún vestigio pero se sabe que en la clave del arco había un sol esculpido. Lo que aquí se llega a dudar.

En 1561, Felipe II lleva la capital a Madrid y Herrera hace el Puente de Segovia. Posteriormente, ya con Carlos III, la ciudad se desarrolla mucho más hacia el este, llegando al Retiro, y la Puerta de Alcalá adquiere independencia al no haber murallas. Fue tal la satisfacción del Rey con su significativo y actualizado desarrollo de la ciudad que llegó a decir "De Madrid al cielo y en él un agujerito para verlo".

Llegado el siglo XIX, y con la Revolución Industrial, la industria ladrillera adquirió un gran avance y se desarrolló un estilo arquitectónico propio basado en el juego ornamental del ladrillo, denominado en su momento "arquitectura neomudéjar", aunque estudios posteriores lo ligan a una nueva corriente europea de racionalidad constructiva basada en el juego de los ladrillos contiguos entre sí: "Arquitectura de Ladrillos del siglo XIX" (con la "s" incorporada). Los mejores exponentes de estas obras se encuentran en los barrios de Arguelles, Salamanca y Tetuán. Con estos valores se hizo después la Plaza de la Remonta.

Se retoma la antigua Puerta del Sol con su Arco Perdido, junto con la necesidad de crear un mirador elevado para visualizar la "Diagonal del Sol" de Madrid y el río desde lo alto. Se basa en la evolución histórica del arco, creando un original doble arco postensado alabeado y prefabricado, con un sol en la clave o mirador visitable, como hito urbano (que incorpora una noria a lo largo del arco), lográndose con el "Madrid Arco Solar" el sueño de Carlos III, como un nuevo atractivo turístico internacional o "Puerta España".



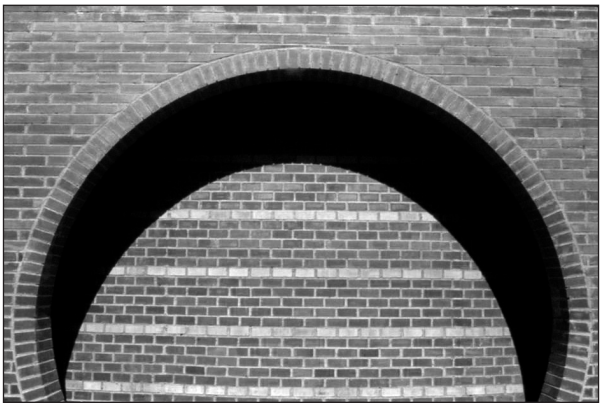
Tipos de hiladas posibles y su denominación, empleados en la Arquitectura de ladrillos del siglo XIX para enriquecer fachadas

Vista lateral de la Plaza de Toros de Las Ventas (Madrid). Muñoz Monasterio y Espelius (1912-1932)

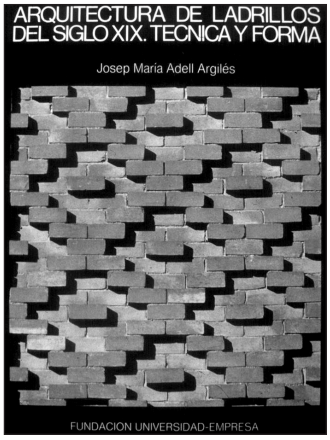
Detalle de la cornisa arpada de la Plaza de Toros

Detalle de ventana horizontal curva del torreón de la Plaza de la Remonta

Edificio en esquina Plaza de la Remonta con paños rectos y curvos con bandas a color. Adell y De la Piedra (1990-1991)



Arco Plaza de la Remonta: paño recto, aparejo a soga; paño curvo, aparejo a tizón con bandas a color (J.M. Adell Arqto.)



Arquitectura de Ladrillos: Paño moldurado con rombos de aparejo a tizón o "a la española" rehundiendo los ladrillos

1. Sobre el arco, la vara y el metro

El arco es lo normal. La recta apenas existe. En cualquier caso, la recta es la curvatura límite del arco de radio infinito.

En la naturaleza, la recta es una excepción. La curva es lo habitual. Incluso la gravedad, como nos descubrió Einstein, deforma el espacio. Es decir, la acción gravitatoria se refleja en la curvatura del espacio-tiempo.

En la tierra, y gracias a su *gravedad*, somos capaces de construir arcos de piedra, precisamente utilizando esta acción de atracción que ayuda a la edificación constantemente a permanecer en pie.

Ya los romanos desarrollaron ampliamente el arco y desde entonces nos beneficiamos de sus ventajas: después de dos mil años, siguen los arcos en pie.

El hombre "hábilmente" se aprovecha de la gravedad para, mediante el truco intermedio de una *cimbra*, engañar a las masas de las piedras de ladrillos, para conformar con ellas arcos o vacíos bajo los cuales poder pasar.

Aunque varíen las medidas a lo largo de la historia (la vara, el metro, el tiempo en recorrer un espacio, etc.), la gravedad sigue permaneciendo inalterable.

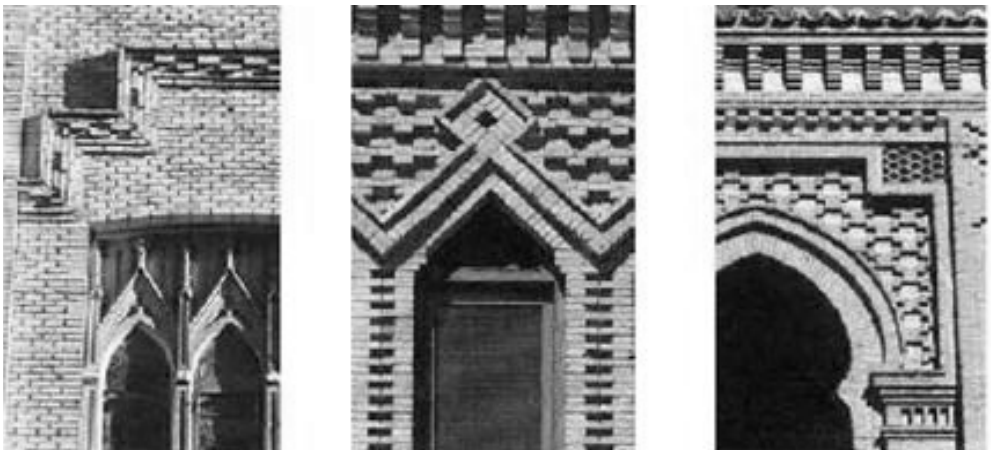
Aunque se trate de la curvatura del espacio-tiempo, al soltar una piedra se nos cae encima de los pies.

La vertical en la tierra se impone por el efecto masivo de la materia y aprovechándola podemos construir arcos que permanecerán siglos en pie por su efecto de compresión propiciada por la atracción de nuestro planeta.

Así pues sólo hay curvas, pero, en su límite, la recta de la vertical no la discute nadie.

Las Ordenanzas del siglo XVIII obligaban proporcionar el ladrillo con la unidad de medida vigente, la vara, fabricándose de un pie de largo y una cuarta de ancho, sin permitir jugar con el aparejo. Con la llegada del metro como medida universal, la vara pasó a tener 845 cm y la pieza pasa a medir un pie de largo por medio pie de ancho (fabricándose de 25 o 30 cm de largo) e imponiéndose el aparejo a tizón, es decir, mostrando sólo la parte estrecha del ladrillo al exterior.

El ladrillo, como pieza de la albañilería de pequeña dimensión, exige construir un arco para poder conformar el cierre superior de cualquier hueco. Inicialmente el arco no era de obra vista (al ser el ladrillo muy tosco), sino que se revocaba, y su proceso constructivo no era, por tanto, afinado en su ejecución, como se observa en la Iglesia de las Trinitarias.



Asilo San Diego y San Nicolás (J.B. Lázaro): Arco tabicado rebajado 9 hojas. Guardapolvos en greca, salidizo y endentado.

Escuelas Aguirre (E. Rdez. Ayuso): Arcos agudos a 45º de roscas con guardapolvo recuadrado. Tímpano a tizón en greca.

Iglesia de Santa Cristina (E.M. Repullés y Vargas): Arco de herradura lanceolado. Tímpano rombal. Guardapolvos arpado.

2. El arco en la Arquitectura de Ladrillos Madrileña (siglo XIX)

En el siglo XIX, se llegó a la culminación del juego de los ladrillos entre sí en la construcción y la piel de la Arquitectura. En Madrid, la Arquitectura de ladrillos destaca frente a todas las europeas por su originalidad y belleza. Barrios enteros muestran en las fachadas de sus edificios el ingenio de los albañiles, maestros de obra, aparejadores, arquitectos, etc., que diseñan y controlan la edificación.

El juego de un ladrillo con su correspondiente colindante, la diferenciación de las formas geométricas de unos arcos respecto de otros, la diversidad de curvaturas de los arcos a partir de pequeños elementos prismáticos y, por tanto, rectilíneos, van trazando el texto escrito de la gramática de la Arquitectura de ladrillos madrileña.

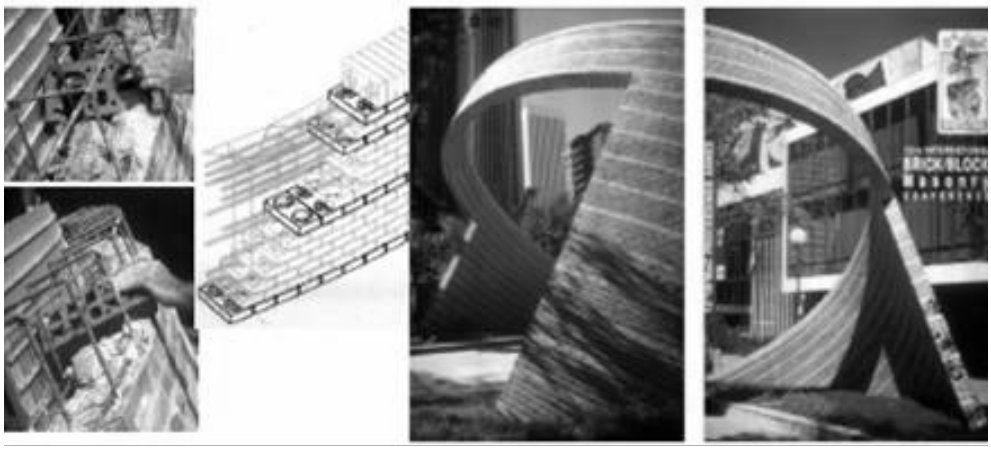
El arco permanece en su *vertical,* gracias al engaño de la *cimbra* interpuesta durante la construcción, y transmite definitivamente las cargas de compresión en horizontal hacia ambos lados del hueco. El paso se ha abierto, el peso se divide

en dos separándose para que entre la luz, pasen las personas, se aprecien las vistas o se ventile el edificio.

La Arquitectura de ladrillos madrileña se esfuerza en enfatizar "artísticamente" todo el proceso constructivo del muro de carga que constituye la fachada de ladrillo visto. Para ello se destacan todas las etapas de la obra con moldurados de ladrillo (entrando o saliendo) o intercambiando piezas de distintos colores.

El lenguaje de los ladrillos entre sí, se aplica a los rombos y arpados de los paños de fábrica ornamentales, a las impostas dispuestas a la altura de los distintos forjados del edificio y a las cornisas que con su característico sobrevuelo rematan el edificio. Pero, sobre todo, en la envolvente del hueco con su arco y alfiz es donde mayor esfuerzo técnico-formal se desarrolla, con todo tipo de geometrías en arco, jugando con el salmer, las dovelas y la clave, así como con las arquivoltas y guardapolvos.

Con la Arquitectura de ladrillos madrileña, que destaca por su mayor ornamentación, se concluye que no se puede obtener más valor artístico a partir de una sencilla pieza de barro cocido, tras las múltiples y variadas disposiciones que el albañil practica, imponiéndose en el Madrid del siglo XIX el aparejo a tizón o "aparejo a la española", que sólo muestra la parte estrecha del ladrillo en contra de lo que ocurre en Europa.



Arco del Milenio: Cilíndrico e inclinado 30º. armado vertical por acceso lateral del Ladriflor quitando las flores in situ (J.M. Adell)

3. El Arco del Milenio de Madrid con *fábrica armada*

El Ayuntamiento de Madrid planteó la Plaza de la Remonta con objeto de revitalizar la Arquitectura de Ladrillos y me invitaron a aportar mi conocimiento especializado con el edificio de esquina. Incorporé un torreón cilíndrico (con aparejo a tizón y bandas a color) que se desenvuelve en las paredes onduladas y huecos horizontales que se entrecruzan con la fábrica tradicional de huecos verticales (con aparejo a soga), creándose así un lenguaje fluido y moderno que actualiza al material cerámico. Este edificio se constituye en el primer laboratorio urbano sobre la *fábrica armada*, cuyas nuevas cualidades técnicas se explotarán posteriormente en toda la edificación española.

Gracias a la incorporación del acero en la construcción con su capacidad a tracción, la imagen formal de la edificación ha cambiado rotundamente; de los macizos y huecos verticales, hemos pasado a los huecos horizontales. Se han abandonado los muros de carga corridos por secuencias de pilares y pórticos estructurales.

El acero ha podido con el arco, la recta aparentemente ha podido con la curva. La horizontalidad de las vigas del pórtico enmascara en su grueso la interior combinación de un arco a compresión de hormigón por encima de otro de acero a tracción, cuya suma resulta ser la horizontal. La fragilidad de la piedra artificial (que es el hormigón) se contrapone con la elasticidad del acero, creando un combinado mágico nacido de un líquido que pasa a sólido, creándose así el hormigón armado capaz de evitar formalmente el arco, aunque lo contenga en el interior de sus vigas o viguetas.

No obstante todo lo anterior, construir un arco de ladrillo, "y poder armarlo", sigue siendo todo un reto, que no se plantea en el líquido del hormigón antes de fraguar que envuelve la ferralla de armaduras.

Solventar este impedimento técnico-constructivo se ha podido lograr en el "Arco del Milenio" con la hábil combinación del Sistema de Albañilería Integral (*SAI*), que incorpora la *fábrica armada* y el uso de piezas o ladrillos especiales armables verticalmente por acceso lateral llamados "Ladriflor". Al armarse en tres direcciones del espacio, el arco ya puede, por primera vez, construirse *fuera de la vertical*, aunque requiere usar *cimbra* durante el fraguado y endurecido del mortero, empleado en vez de hormigón.

En el año 2000, frente al Palacio de Congresos de Madrid, el "Arco del Milenio" puso al más alto nivel internacional la tecnología de la *fábrica armada*, permitiendo crear un arco inclinado semicilíndrico en el aire, donde a las compresiones se sumaban las tracciones cortantes y torsiones que, gracias al acero, con la nueva técnica del SAI y el "Ladriflor", permitieron construir para admiración de los expertos del mundo entero.

La "Puesta de Sol" desde el Arco de la Puerta del Sol en la "Diagonal del Sol" y calle Mira el Sol = calle Alcalá con puesta de sol

4. El arco de la Puerta del Sol de la plaza del mismo nombre

El crecimiento urbano de la ciudad de Madrid, desde el Magerit junto al río hasta la Puerta del Sol, le llevó varios siglos, aumentándose sucesivamente la muralla de cierre hasta quedar delimitado el recinto interior de la ciudad por la Plaza de la Puerta del Sol. Es decir, la plaza donde se abría la muralla hacia el Este, que tenía una puerta que se llamó la "*Puerta del Sol*". Se dice que tenía un sol esculpido en la clave del Arco de la puerta, pero ningún vestigio ha quedado de la forma o geometría de dicho Arco o escultura solar.

Investigaciones recientes parecen demostrar que la supuesta escultura podría ser, más bien, una interpretación idealizada de la realidad, puesto que la precisa ubicación de la Puerta del Sol, según se sale hacia el Este de Madrid, crearía un deslumbramiento solar al salir al amanecer del recinto cerrado, y lo recrearía nuevamente al volver a la *Puesta de Sol* al atardecer entrando por la misma puer-

ta. Referencias equivalentes, que reforzarían esta idea, se encuentran en el paralelismo exacto de la calle Mira el Sol, que especifica en su nombre, todavía con más claridad, el mismo efecto en una calle de la época con la misma orientación geográfica.

La Puerta del Sol ya no existe y su arco se ha perdido, ni siquiera se sabe su geometría, si bien es lógico pensar que fuera de piedra y suficientemente grande (alta y ancha) para dicha apertura principal de la ciudad.

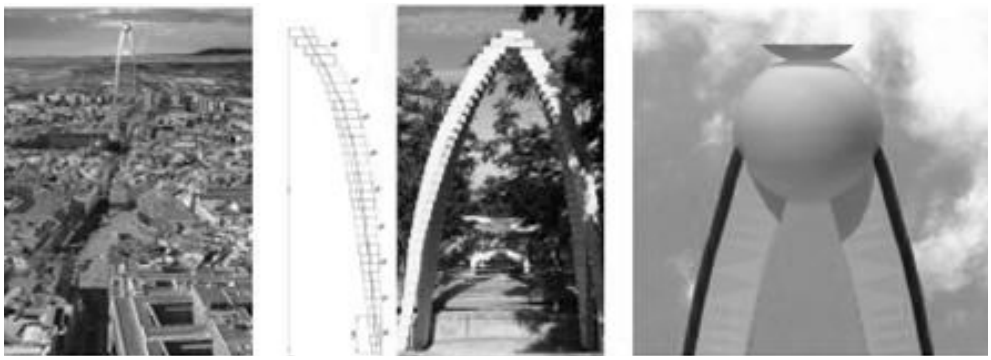
La Plaza de la Puerta del Sol lleva a sorprenderse a todos aquellos visitantes que por primera vez llegan a ella, pues andan literalmente buscando "la puerta" en la plaza, cuando ésta no existe.

Retomar a niveles urbano, interurbano, nacional e internacional "la Puerta del Sol" es la propuesta que, fundamentada en la historia, pretende el "Madrid Arco Solar: MAS".

La imagen visual de la fundación y crecimiento de la ciudad de Madrid es algo que no se puede incorporar en la memoria de los habitantes o visitantes de la ciudad por falta de un mirador adecuado capaz de crear dicha imagen visual en el visitante.

El "Madrid Arco Solar: MAS", basado en la evolución histórica de la ciudad, reinterpreta la antigua Puerta del Sol para que se constituya en un hito de atracción turística de las distintas regiones hacia la capital, identificando nuestra diversidad cultural junto con el idioma español que se ha desarrollado por el mundo entero.

Desde los cinco niveles del sol ubicado en la clave del "Madrid Arco Solar", se podrá apreciar la "Diagonal del Sol" de Madrid constituida por la calle Mayor y la calle Alcalá, y que cruza diagonalmente la plaza de la Puerta del Sol. Esta nueva reinterpretación de la Puerta del Sol, con un arco a escala actual, se ubicará en los solares junto al río para poder ver en línea la muralla, las distintas puertas a lo largo de la calle Mayor, así como la Puerta del Sol, la Cibeles y la Puerta de Alcalá, además del edificio de la Comunidad y del Ayuntamiento.



Madrid Arco Solar en la "Diagonal del Sol"-Río. Arco pretensado alumnos ETSAM-UPM. Mirador esférico en clave de 5 niveles

5. Un Doble Arco Alabeado Postensado de gran tamaño y sin cimbra: el Madrid Arco Solar (MAS) o la "Puerta España" y su innovación

Situado en el río, en el solar existente junto al Puente de Segovia, y de unos 303 m de altura (3 más que la Torre Eiffel de París), se plantea la construcción de un arco parabólico de proporciones muy esbeltas, empleando sólo un tipo de pieza geométrica como si se tratara de un solo tipo ladrillo pero de grandes proporciones.

Este arco tendría dos alzados distintos, uno parabólico, que mira a la ciudad (E-W) y a la Diagonal del Sol (prolongación de las calles Mayor y Alcalá, con los sucesivos monumentos urbanos) y otro triangular, que mira a los jardines de Madrid Río (N-S).

La ventaja del ladrillo para construir un arco está en que con un único tipo de pieza es posible construir cualquier arco de diversas formas y características, lo que no ocurre con los sillares de piedra, que requieren de una precisa geometría y costosa labra. Actualmente, y gracias a la existencia del acero (o las fibras de carbono), se hace posible levantar una esbeltísima estructura con módulos prefabricados de gran tamaño, como si se tratara de grandes ladrillos cuyo tamaño y ligereza permiten una muy fácil ejecución.

Se parte de un prisma metálico de 3x3x12 m aproximadamente (prefabricado 400 veces igual con el fin de abaratar costes de prefabricación), y se puede construir el arco de 300 m con cuatro arranques separados entre sí unos 100 y 80 m respectivamente, llegando cada uno de estos arranques a la clave, después de hacer un recorrido alabeado de 300m de altura, lo que se consigue con un pequeño giro y desplazamiento de los sucesivos módulos entre sí, y que ya incorporan en su interior las escaleras y tecnología apropiada para su montaje sucesivo.

El proceso constructivo, al partir de un solo tipo de módulo que se van apilando entre sí mediante un proceso de *postensado* (una vez colocado), permitirá construir este doble arco alabeado con gran velocidad y economía, *sin cimbras* o medios auxiliares de apoyo.

En la clave del arco, se dispone un *sol*, como *mirador esférico* de unos 25 m de diámetro, para disfrutar de la ciudad con su 5ª fachada de tejas cerámicas, a través de 5 niveles de usos diferenciados: 1. Madrid City; 2. Mirador Autonomías; 3. Servicios Generales; 4. Cafetería Hispanidad; 5. Restaurante del Sponsor: el Cielo de Madrid.

Al arco se podría subir, no sólo por ascensores de alta velocidad, ubicados en el interior de los módulos de las escaleras, sino también mediante una *noria en forma de arco*, que permitiría disfrutar de las vistas de la ciudad durante los 20 minutos de su recorrido.

En la base se ha previsto un Centro Cultural y Comercial necesario para el Madrid Río.

Puerta España / Madrid Arco Solar: Mirador: Madrid City, Autonomías, Servicios, Café Hispanidad y Restaurante Giratorio, Spónsor

Noria en Arco con Ascensores Autonivelantes. Centro Cultural y Comercial "Madrid Río" con garajes y hotel, junto a M-30

6. Conclusión

Con el conocimiento previo de la evolución técnica de los arcos a través de la historia, y gracias a la innovación tecnológica llevada a cabo en el "Arco del Milenio", estamos ahora en disposición de dar un *nuevo salto técnico con el doble Arco Alabeado Postensado* que se plantea como geometría del "Madrid Arco Solar", que rememora el Arco Perdido de la Puerta del Sol a escala internacional, atrayendo el turismo hacia nuestro país.

Se trata de aprovechar las ventajas de construir con un solo tipo de pieza modular, al igual que ya desarrolló en el siglo XIX con la industrialización del ladrillo, pero, en este caso, prefabricando un módulo de grandes proporciones en una industria de automoción con robots para abaratar su coste al repetirse 400 veces para este Arco.

Este *Proyecto Mágico* de Madrid, en doble arco modular, alabeado y pretensado con un sol en su clave visitable, sin cimbras, se convertirá en un *hito sin igual* que superará los símbolos de París y Londres y caracterizará el "*Madrid Arco Solar*" como "*Puerta Iberia*", "*Puerta España*", "*Arco Multicultural*", etc.

Bibliografía del autor sobre el tema

Webs

www.madridarcosolar.es

madridarcosolar.wordpress.com

youtube: josepadell.upm

– *La Diagonal del Sol vista desde el Madrid Arco Solar*. Adell, J.M. Seminario Torroja. Septiembre 2013.

– *Structural analysis of a masonry parabolic and twisted arch*. Adell, J.M.; Mas-Guindal, A.J; Mencías, D. 9th International Masonry Conference 2014. Guimarães (Portugal).

Libros

– *La fábrica armada*. Adell, J.M. Ed. Munilla-Lería. Madrid 2000. ISBN 84-89150-39-7.

– *Arquitectura sin fisuras*. Adell, J. Ed. Munilla-Lería. Madrid 2000. ISBN 84-89150-35-4.

– *Arquitectura de Ladrillos del siglo* XIX. *Técnica y forma*. Adell, J.M. Fund. Univ.Empresa. Madrid 1985. ISBN 84-86227-47-X.

Artículos

– Número Monográfico sobre Fábricas: I. Muros (nº 495); II. Bóvedas (nº 496). Informes de la Construcción. Instituto Eduardo Torroja. CSIC. J.M. Adell, Director y autor. Madrid, Enero-Febrero y Marzo-Abril 2005.

- *Editorial: la Concepción Constructiva de las Fábricas*.
- *La Fachada Contemporánea con Ladrillo: Cerramientos Tipo*.
- *El Sistema de Albañilería Integral Allwall con BHH / BLOC+*.
- *El Arco del Milenio: Diseño y Construcción*.
- *Rogelio Salmona y la Arquitectura con Ladrillo en Colombia*.
- *Carlos Mijares y la Arquitectura Cerámica en Méjico*

- *Eladio Dieste y la Cerámica Estructural en Uruguay*.
- *Luis Moya y las Bóvedas Tabicadas en la Posguerra Española.*
- *Gaudí y las Bóvedas de las Escuelas de la Sagrada Familia*.

– *La importancia de la fábrica armada en fachada cerámica contemporánea*. Adell, J.M. Revista Tectónica: Cerramientos 15. Cerámica (I). ATC. Madrid 2003.

– *Arco del Milenio, albañilería integral para el futuro*. Adell, J.M. Revista Arte y Cemento nº 24. Ed. Elsever Información Profesional. Bilbao 2000.

– *El Arco del Milenio*. Adell, J.M. Revista Bia nº 209. Ed. Colegio Oficial Aparejadores y Arq. Técnicos Madrid 2000.

– *Los cerramientos de fachadas: una construcción mal entendida*. Adell. ASEMAS 1997.

– *Muro cortina de ladrillo*. Adell, J.M. Revista Cercha nº 42. Ed. Consejo de Colegios de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de España. Madrid 1997.

– *La fábrica armada y la fachada contemporánea*. Adell, J.M. Revista NA nº4: *Nueva Arquitectura con arcilla cocida*. Ed. Faenza Editrice Ibérica (Hispalyt). Madrid 96.

– *Razón y ser de la fábrica armada*. Adell, J.M. Revista Informes de la Construcción. Vol. 44. nº 421. Instituto Eduardo Torroja. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid Septiembre/octubre 1992.

– *Edificio singular: viviendas sociales en la Plaza de la Remonta*. Adell, J.M. Revista Bia nº 147. Ed. Colegio Oficial Aparejadores y Arquitectos Técnicos Madrid. 1991.

– *El ladrillo material moderno: El lenguaje del ladrillo en la Arquitectura*. Adell, J.M. Revista Sección ladrillos cara vista. Ed. Hispalyt. Madrid 1988.

Textos y figuras originales del autor.

Breve nota biográfica

El autor, Josep Mª Adell, es Doctor Arquitecto, Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Responsable de la Asignatura Troncal "Construcción I" de la carrera de Arquitectura Técnica Superior, Profesor de la Asignatura Optativa "Seminario de Arquitectura de Fábrica", Profesor de la Asignatura de Doctorado: "Nuevas técnicas de edificación en arquitectura de fábrica", Responsable del Grupo de Investigación TISE (Técnicas Innovadoras y Sostenibles de Edificación) UPM, Director del grupo de alumnos de Arquitectura del "Team Spain" del Solar Decathlon, Washington 2009, Coordinador del BIM Lab. del DCTA-ETSAM-UPM, Director Técnico del estudio AIA Arquitectura s.XXI, Director Técnico de la comercial AllWall Systems, S.L., Autor de varios libros sobre Arquitectura de Fábrica y Energía Solar, Autor de varias Patentes de Invención en diversos campos de Arquitectura y Asesor Técnico de las fachadas de fábrica de múltiples edificios de Arquitectura con el Sistema "AllWall".