



Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Arquitectura

LOS HUESOS DE FISAC
LA BÚSQUEDA DE LA PIEZA IDEAL

TESIS DOCTORAL

Fermín González Blanco. Arquitecto

Madrid, 2010



Miguel Fisac con las piezas prefabricadas del Centro de Estudios Hidrográficos. 1961. Archivo Fundación Miguel Fisac. Ciudad Real.

LOS HUESOS DE FISAC LA BÚSQUEDA DE LA PIEZA IDEAL

Fermín González Blanco. Arquitecto

Madrid, 2010

Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Departamento de Construcción y
Tecnología Arquitectónicas

Tutores.

D. Ricardo Aroca Hernández-Ros

D. Joaquín Fernández Madrid

Tribunal de tesis

Presidente.

Jose Antonio Torroja Cavanillas

Catedrático ETSICCP Madrid

Andrés Albalat Lois

Catedrático ETS Arquitectura UDCoruña

Pepa Cassinello Plaza

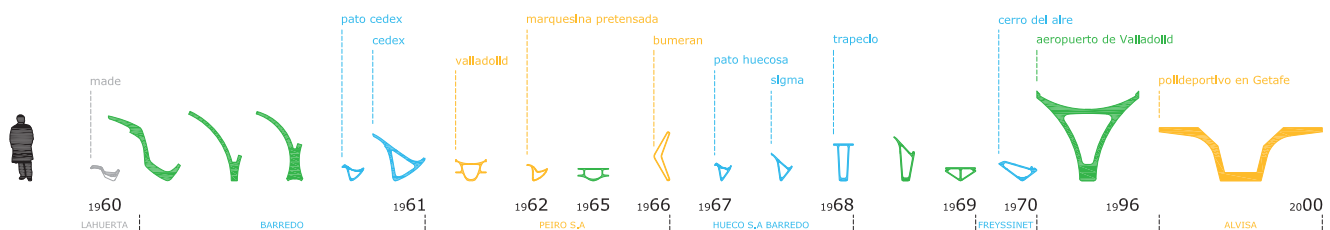
Profesora titular. ETSArquitectura UPMadrid

Jose Benito Rodríguez Cheda

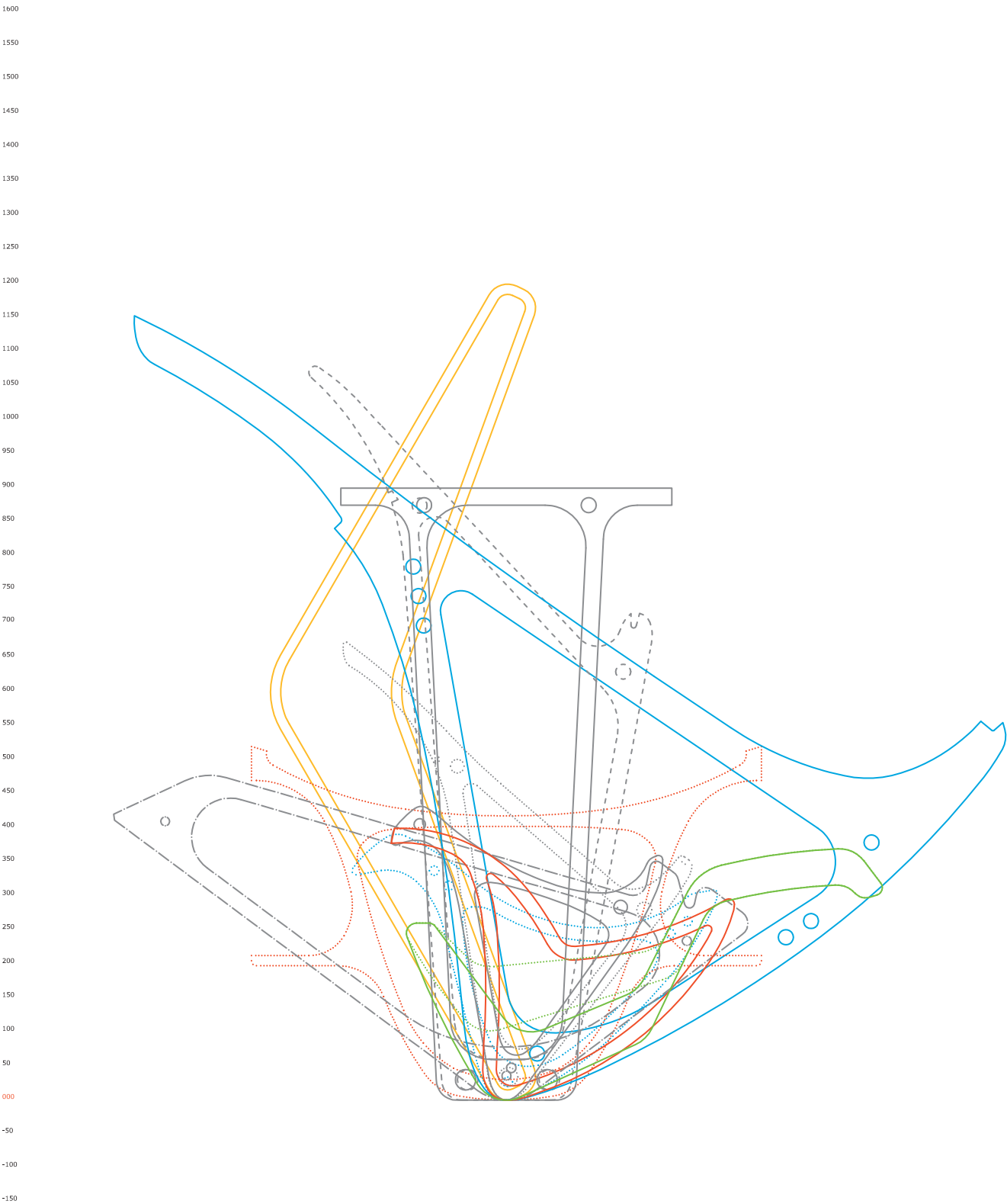
Catedrático ETS Arquitectura UDCoruña

Bernardo Perepérez

Catedrático ETS Arquitectura Valencia



Superposición de las diferentes vigas-hueso en comparativa a la misma escala



		hormigón armado	1960	
		BARREDO postensado	1960-63 1964	
		BARREDO postensado	1960-63 1964	
		PEIRO SA pretensado *	1961 1962-64 1962-64 1965-71 1965 1966-67 1965-68	patente 304812 1964 modelo utilidad 1964 109367
		PEIRO SA pretensado *	1962 1962 1962 1967-68	modelo utilidad 1964 109366
		pretensado	1965	patente 316297 1965
		PEIRO SA pretensado	1966-67	
		HUECO.S.A. BARREDO postensado	1967-68 1968-69 1968 1968 1968-69	patente 351077 1968
		HUECO.S.A. BARREDO postensado	1968 1971	
		HUECO.S.A. BARREDO postensado	1968-71	
		HUECO.S.A. BARREDO postensado	1968	modelo utilidad 1968 148811
		HUECO.S.A. BARREDO postensado	1967-68 1968-69 1968-69 1968 1970 1971	
		postensado	1968	patente 353168 1968
		pretensado	1969	patente 373829 1969
		FREYSSINET postensado	1970	patente 373829 1969

Inventario de vigas-hueso.

Los huesos de Fisac. La búsqueda de la pieza ideal

Los denominados ***huesos de Fisac***, piezas huecas de hormigón pretensado con formas similares a estructuras óseas, forman parte de una búsqueda obsesiva por encontrar la pieza ideal, aquella que resuelva todas las funciones constructivas, estructurales y arquitectónicas en una solución única. Su historia abarca un amplio periodo temporal y su génesis y posteriores conclusiones se extienden a lo largo de la dilatada carrera profesional del arquitecto. Sin embargo la producción e investigación sobre estas piezas se acota temporalmente en una década, los años sesenta del siglo XX, época de pioneros, de técnicas en desarrollo y de impulso económico.

Posteriormente investigaciones del arquitecto en el campo del encofrado, harán madurar y evolucionar estas piezas hasta llegar a su última patente, *Arquitectura Vertida*, auténtico refundido de toda la trayectoria profesional de seis décadas de trabajo. La *Arquitectura Vertida* es el “hueso del siglo XXI”.

Es una nueva etapa en una búsqueda interminable, cuando las grúas y medios auxiliares han evolucionado, la mano de obra profesional escasea y los costes de transporte lo hacen posible, el *hueso* se transforma en panel prefabricado y con todos sus componentes incluidos para abaratar el montaje en obra y ganar calidad final.

¿Será esta última propuesta el camino hacia la pieza ideal? El tiempo decidirá sobre el mayor o menor recorrido de esta última patente. En cualquier caso es el refundido y el legado de un maestro que demostró, a través de su trayectoria vital, un modo muy personal y singular de ejercer la profesión.

La presente tesis profundiza de modo crítico en una de las épocas más singulares en la creación del arquitecto Miguel Fisac. Pretende entender la viga-hueso a partir de su condición de pieza constructiva para así asimilar toda la filosofía profesional que encierra y el objetivo universal a que está dirigida.

INDICE

Introducción

- 0.1. Hipótesis de trabajo
- 0.2. Metodología de la investigación
- 0.3. El estado de la cuestión
 - 0.3.1. Tesis Doctorales
 - 0.3.2. Publicaciones
 - 0.3.3. Metodología para la documentación
- 0.4. *Los huesos de Fisac*. La búsqueda de la pieza ideal

Capítulo 1. Una época, una técnica

- 1.1. Años experimentales
 - 1.1.1. De la autarquía a los tecnócratas
 - 1.1.2. La Ingeniería del momento
- 1.2. El Instituto Técnico de la Construcción y el Cemento. Eduardo Torroja
 - 1.2.1. La Institución y su fundador
 - 1.2.2. La evolución del hormigón pretensado 1928-1961
 - 1.2.3. Una Institución vinculada a la investigación y difusión
- 1.3. El marco internacional

Capítulo 2. Miguel Fisac, teoría y práctica. Los huesos

- 2.0. Concepción y construcción de edificios desde el punto de vista del arquitecto
- 2.1. El Centro de Estudios Hidrográficos. Ricardo Barredo
 - 2.1.1. El Centro de estudios Hidrográficos
 - 2.1.2. Colaboración con Javier Lahuerta
 - 2.1.3. Pieza Made
 - 2.1.4. El Sistema Barredo o "Sistema Español"
 - 2.1.5. Pieza CEDEX
 - 2.1.6. Pieza Marquesina: Pato CEDEX
- 2.2. La Pieza Valladolid. Vicente Peiró
 - 2.2.1. Vicente Peiró
 - 2.2.2. Pieza Valladolid
 - 2.2.3. Marquesina Pretensada
 - 2.2.4. Pieza Bumeran
 - 2.2.5. Intervenciones en las piezas pretensadas
- 2.3. HUECOSA. Un intento de industrialización
 - 2.3.1. HUECOSA: El caso catalán
 - 2.3.2. Fabricación de las piezas
 - 2.3.3. Montaje de las vigas
 - 2.3.4. Pieza Sigma. H1
 - 2.3.5. Marquesina: Pato HUECOSA. H2
 - 2.3.6. Pieza Trapecio. H3
 - 2.3.7. Intervenciones en las piezas de HUECOSA
- 2.4. Cerro del Aire.
 - 2.4.1. La última viga-hueca
 - 2.4.2. Listado resumen de realizaciones con vigas huecas
- 2.5. Fracaso Comercial. Un punto y seguido

Capítulo 3. Actualidad y vigencia de los principios

- 3.1. Rehabilitación del Centro de Estudios Hidrográficos. ALVISA
 - 3.1.1. Sustitución de la cubierta de la Nave de Modelos
 - 3.1.2. Sustitución de la marquesina de acceso
 - 3.1.3. ALVISA
- 3.2. Las Patentes de Prefabricación Integral.
 - 3.2.1. Patentes no ejecutadas. La vivienda colectiva
 - 3.2.2. Intervencionismo industrial. Una comparativa singular; De la Sota- Fisac
 - 3.2.3. El panel prefabricado
- 3.3. Arquitectura Vertida
 - 3.3.1. Una patente para el futuro
 - 3.3.2. El hueso del siglo XXI
 - 3.3.3. Estado de la patente

Capítulo 4. Conclusiones

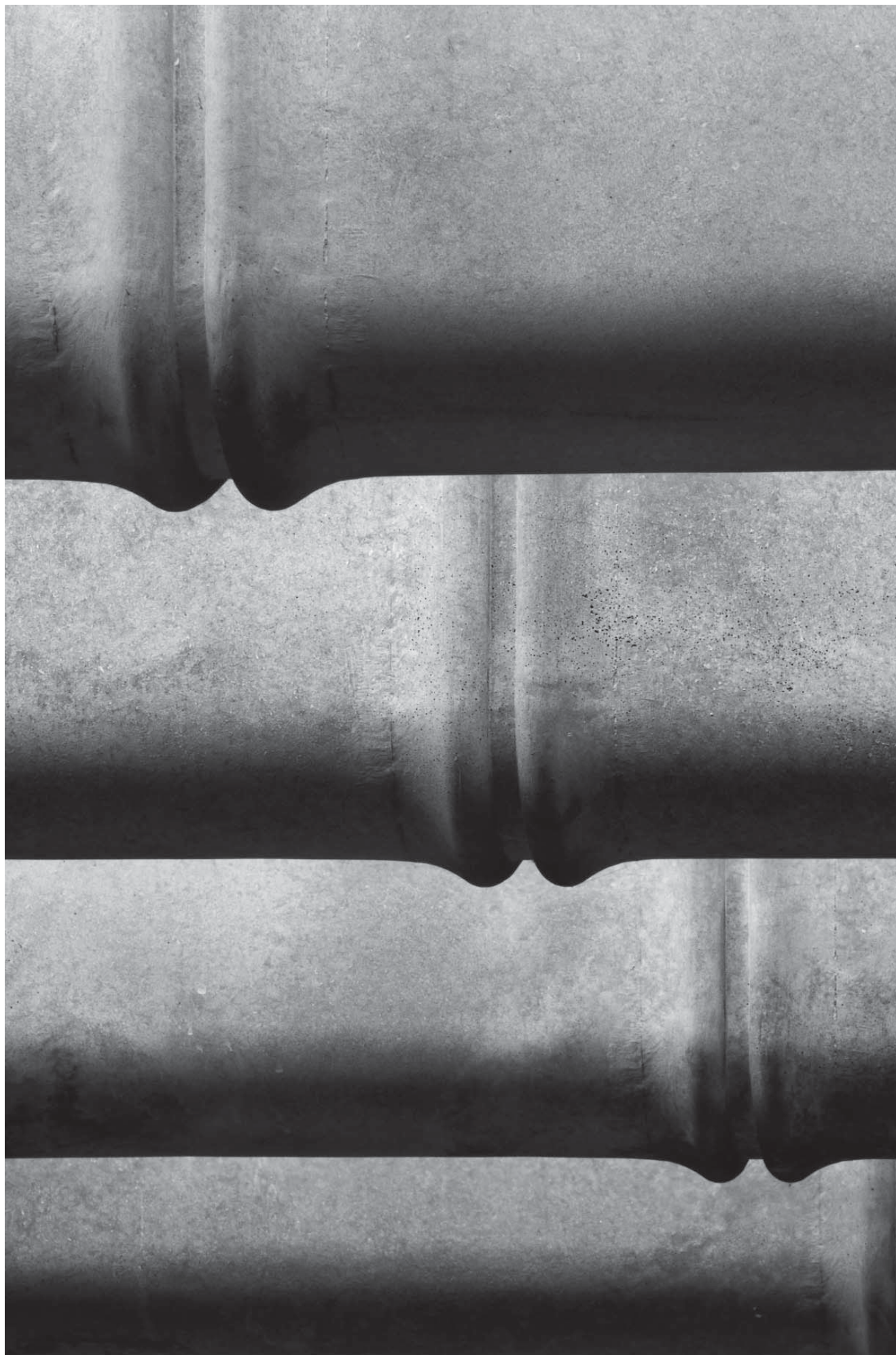
- 4.1. El Origen de los *huesos*
- 4.2. Evolución de las piezas
- 4.3. La extinción de la viga hueca
- 4.4. Valoración crítica del producto
- 4.5 Un último intento. Arquitectura vertida

Anexos

- 5.1. P.F.T. Vivienda experimental en Gronzo
- 5.2. Informes de Laboratorio
- 5.3. Plataforma OSSOS

Biografía de Miguel Fisac
 Listado de patentes
 Glosario de términos
 Bibliografía

Agradecimientos



METODOLOGIA

La presente tesis doctoral ha sido desarrollada en diferentes fases complementarias, lo que dota al trabajo de rigor y también de un alto nivel gráfico.

FASE DOCUMENTAL

La primera fase es documental, basada en un recorrido por todas las obras existentes y también por los archivos dónde encontrar fuentes originales. La gran dispersión geográfica de obras y archivos supone un recorrido por gran parte de la geografía nacional; Madrid, Coruña, Valladolid, Valencia, Jerez, Mallorca, Vic, Barcelona, Ciudad Real, Daimiel, Pamplona... La recopilación de este material ha dado origen a un archivo fotográfico inédito, caracterizado por su alto interés histórico sobre el tema a tratar y también en ocasiones por una alta calidad artística de las imágenes.

Las visitas a las obras en su estado actual han sido realizadas en compañía del fotógrafo Alex del Río. Fruto de estas visitas surge el archivo fotográfico que ilustra esta tesis doctoral.

De igual modo también se ha obtenido material audiovisual parte del cual aun está inédito.

En términos generales la investigación se basa en los aspectos prácticos de la realización de estas estructuras, el paso de la idea patentada a la ejecución final. Es por eso que gran parte de los archivos se corresponden con los fabricantes, ingenieros, prefabricadores, empresas constructoras... En este ambiente de trabajo grupal e interdisciplinar, la figura del arquitecto queda en ocasiones diluida entre inventores, ingenieros o prefabricadores.

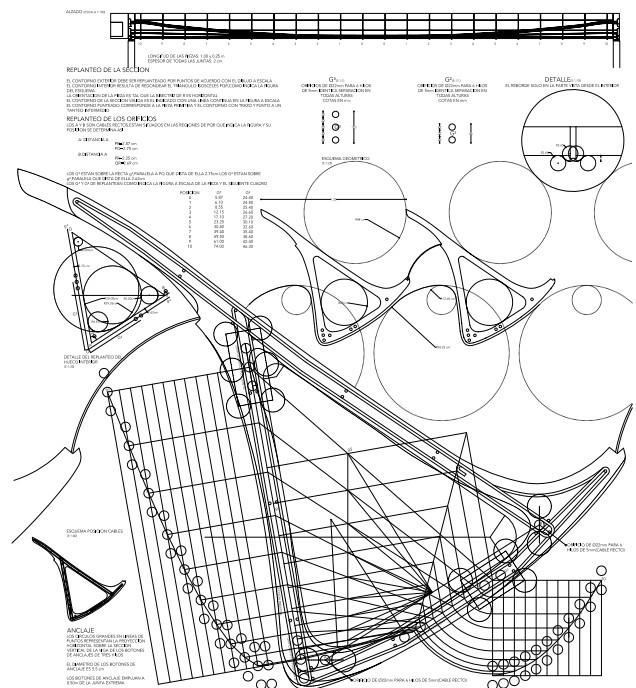
FASE GRÁFICA

A la fase documental le sigue una segunda gráfica, con el redibujado de todos los planos y detalles constructivos. Esto se realiza con un mismo criterio gráfico. El redibujado de todos los planos y esquemas gráficos permitirá una comparativa final en la fase crítica.

El estudio se ha realizado partiendo desde la propia pieza, su geometría, los armados, los detalles constructivos, para posteriormente pasar a la arquitectura que genera el uso de estas piezas. Esto se repite para cada tipo de pieza lo que sirve como estructura general del capítulo.

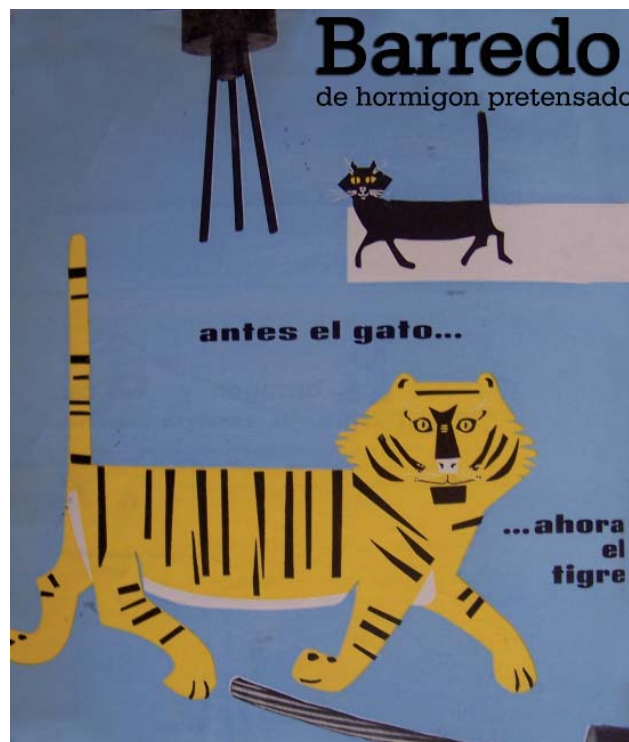
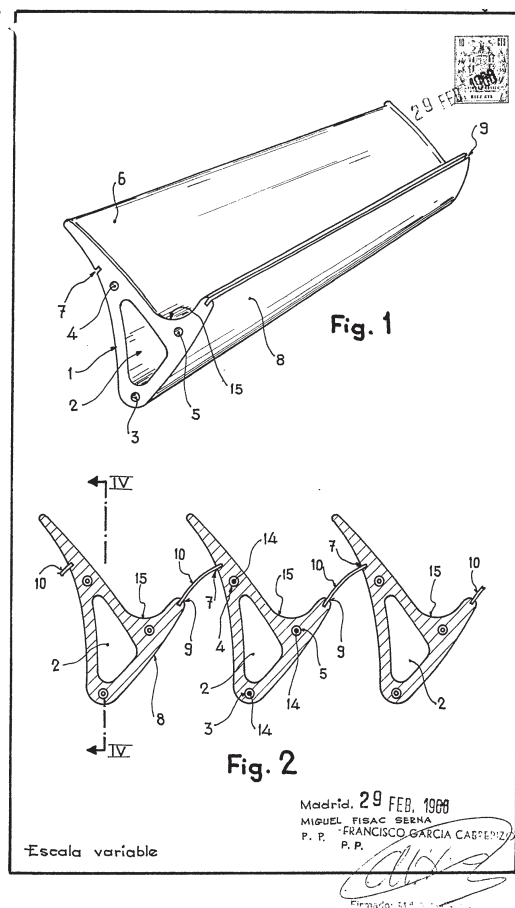
FASE CRÍTICA

La tercera fase es una fase crítica, puramente académica dónde se estudian las diferentes patentes e inventos del arquitecto para analizar su evolución. Esto nos lleva a su última patente aun vigente que desencadena la última fase. Como si de un epílogo se tratase, la tesis finaliza con la aplicación práctica de la última de las patentes de Miguel Fisac, auténtico refundido de toda una trayectoria profesional. La que él bautiza como Arquitectura Vertida será "el hueso del siglo XXI".



En la parte superior ejecución de la vivienda Barredo (1955) mediante avance de dovelas en voladizo con postesado de las mismas técnica utilizada posteriormente en la pieza del CEDEX (1960). En la imagen inferior colocación de la pieza Valladolid en Moratalaz (1965) ejemplo de ejecución de la segunda familia de vigas pretensadas continuas.





Imágenes procedentes del archivo de la familia Barredo, fabricante e inventor del sistema de postesado que lleva su nombre y cuya participación en la primera viga-hueso es crucial. Una estrecha colaboración entre la técnica y la arquitectura preside toda la experiencia. El sistema Barredo o sistema español será el primer sistema de postesado nacional que competirá con el internacional de Freyssinet.



Los huesos de Fisac.

¿Para qué, donde, cómo ... y cuánto?

Miguel Fisac, es un arquitecto atípico. Su vida y obra se tiñen en ocasiones de tintes literarios que lo convierten en un personaje atractivo para su estudio. Vida y obra a menudo se confunden, así como los límites de su ejercicio profesional, en ocasiones inventor, generalmente mal empresario, declarado constructor y siempre arquitecto siguiendo una manera muy personal de interpretar la profesión.

De entre sus realizaciones destacan los llamados huesos por abarcar una parte importante de su trayectoria profesional y también por los enigmas que encierran. El presente texto es un refundido de las conclusiones de la tesis doctoral "Los huesos de Fisac; la búsqueda de la pieza ideal". La tesis profundiza en estas piezas, analizándolas a través de su lógica constructiva para, a partir de ahí entender toda la filosofía que encierran. Construcción, estructura, economía y arte se dan la mano en una historia de pioneros, de técnicas en desarrollo, de éxito de crítica y fracasos comerciales.

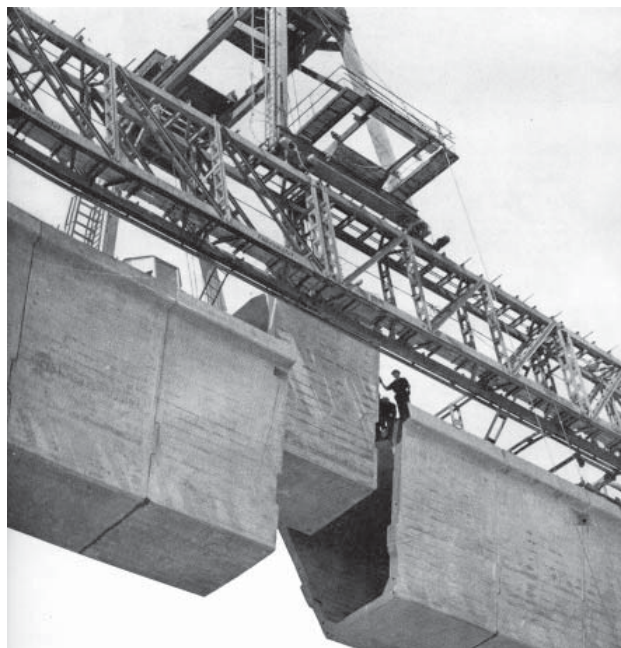
Tras la fase documental se plantea un recorrido crítico a través de la comparativa entre piezas tratando de entender el hueso como pieza constructiva, su origen, su evolución y la explicación a su aparente desaparición. Como si de arqueología se tratara, el estudio de estas formas casi escultóricas, desde luego singulares y reconocibles, exige una explicación sobre su origen y también sobre su evolución y posterior extinción.

Pero sobre todo se pretende llegar a un entendimiento del hueso como búsqueda de una utopía, la búsqueda de la pieza ideal, aquella que resuelva todos los requerimientos de la construcción en una solución única.

Esto ha llevado a una estructuración en tres grandes capítulos cuyas conclusiones pueden resumirse a continuación.

El origen de los huesos.

Dentro de la trayectoria profesional del arquitecto Miguel Fisac, los huesos surgen como investigación personal respondiendo a las necesidades de un encargo concreto; la cubierta de 22 metros de luz del laboratorio de Hidráulica del Centro de Estudios Hidrográficos (1960). Sin embargo obras previas del arquitecto dan pistas sobre el nacimiento de la viga hueca. Proyectos no construidos como la Escuela Apostólica de Misioneros del Espíritu Santo en Calahorra o el Centro Parroquial de San Esteban Protomártir de Cuenca, y otros ejecutados, como los laboratorios MADE, inciden en el uso del hormigón armado como material estructural y en tipologías de cubierta complejas donde estructura y cerramiento



La ejecución de puentes mediante dovelas prefabricadas de hormigón se generalizó en España en la década de los años sesenta, aún en la actualidad empresas como FCC o Ferrovial mantienen la técnica.



La coincidencia temporal con el desarrollo de la técnica del hormigón pretensado, (donde España toma un protagonismo especial) será fundamental para entender el origen de la viga-hueso de Miguel Fisac.

se alían en solución única. Solución que tenderá a incrementarse a lo largo de la década de los años sesenta mediante las diferentes vigas huecas y el uso cada vez más generalizado de cerramientos con muros portantes de hormigón visto.

Para llegar a esta primera pieza, Fisac desarrolla un proceso analítico donde justifica las formas como respuesta directa a las diferentes funciones a desempeñar, todo ello explicado de modo racional, tratando así de justificar la solución alcanzada de modo directo y lógico. Explicación que peca de simplista pero que el arquitecto ejecuta dando origen a la primera de las vigas-huecas.

La pieza resultante consigue resolver los requerimientos planteados, es estructuralmente capaz de salvar la luz de 22 metros, evacúa el agua de lluvia a través del canalón de su parte superior todo ello favorecido por la impermeabilidad de la pieza comprimida tras el postesado, posee iluminación natural cenital y un parasol que evita la incidencia de luz directa. Las piezas sirven además como acabado y sus formas dotan al interior de una acústica apropiada. (Fisac 1964).

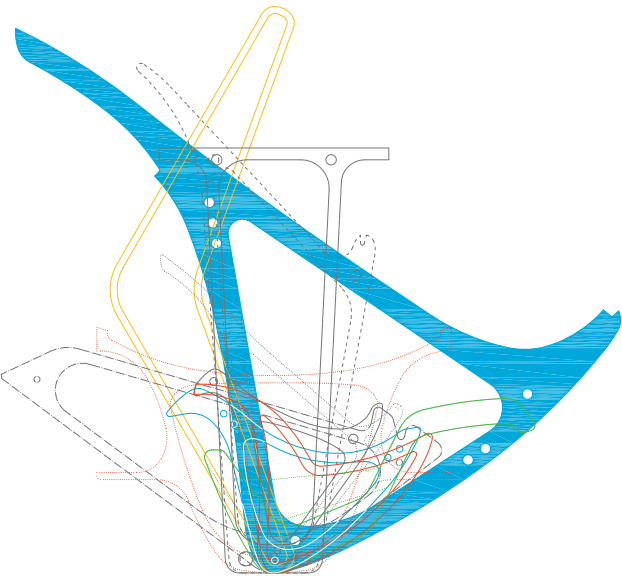
Siendo una búsqueda personal, la sección definitiva no puede sin embargo entenderse sin la participación de figuras decisivas como Priego y Montesinos autores del cálculo y solución estructural, de Ricardo Barredo para su ejecución o de Javier Lahuerta y Vicente Peiró en el caso de las vigas pretesadas. Todo este grupo de técnicos tienen un nexo común, su interés por la construcción en sus diversas facetas: cálculo estructural, fabricación o proyecto y puesta en obra. Su ámbito de relación será el Instituto Técnico de la Construcción y el Cemento (Itcc). (Fisac 1963).

Por ello en el plano nacional la viga hueca debe rastrear-se en el entorno del Itcc, hoy Instituto Eduardo Torroja. Las secciones de vigas de hormigón pretesadas que desarrollan los ingenieros en la época y el empuje dado desde el Instituto suponen el respaldo definitivo al uso del hormigón. Asociaciones como la AEP (Asociación Española del Pretensado) surgidas en el propio Centro, dotarán de los medios y la divulgación necesaria para dar impulso a una técnica entendida como vanguardia y símbolo de los nuevos tiempos. (Fisac 1967).

A diferencia de los ingenieros mas preocupados por los aspectos estructurales ligados a la ejecución de puentes, Fisac como arquitecto debe dar respuesta a las necesidades propias de habitabilidad. El intento de dotar a estas estructuras de cualidades que las hagan meramente arquitectónicas es lo que le mantiene obsesionado durante estos años convencido de haber encontrado la vía correcta de investigación.

Este trasvase de conocimientos entre diferentes disciplinas no es algo ajeno a la práctica profesional de la época ni tampoco al marco internacional. La comparativa, que

Pieza Cedex. Ficha de características.



Cada viga-hueso ha sido sometida a un estudio gráfico y técnico para actualizar los datos con métodos actuales de medición y cálculo. Esto ha permitido crear un nuevo prontuario actualizado.

PERIODO DE FABRICACION	1960-63	ASIMETRICA	
TIPO DE HORMIGON	POSTENSADO	USO	CUBIERTA
ILUMINACION	SI	INTEREJE	1.25 m
LUZ MAXIMA	22 m	LONGITUD DE DOVELAS Y JUNTAS	1.00/0.02 m
TIPO DE ARMADURA	CABLE TRENZADO	TRAYECTORIA ARMADURAS	RECTA/PARABOLICA
PESO DE LA PIEZA (kg/ml)	350	ESPESOR MINIMO	0.0535 m
EL CALCULO DE LA SECCION SE REALIZO SIN EL PARASOL SUPERIOR TAL Y COMO MUESTRAN LAS SECCIONES DEL ESQUEMA (SI BIEN LAS PROPIEDADES DE LA DOVELA CORRESPONDEN A LA TOTALIDAD DE LA SECCION) LAS TRAYECTORIAS PARABOLICAS DE LOS CABLES CORRESPONDEN CON LOS CONJUNTOS DE DOS Y TRES TALADROS MIENTRAS QUE EL RESTO SON RECTAS. (ACTUALMENTE LA PIEZA ORIGINAL HA SIDO SUSTITUIDA POR UNA REPLICA PRETENSADA)			
AREA	0.1666/0.1889 m²	PERIMETRO	5.4298/6.2209 m
RECTANGULO DELIMITADOR		X0.0000 Y0.0000	0.9867 0.9169 X0.0000 Y0.0000 1.2814 m 1.1535 m
CENTRO DE GRAVEDAD		X0.4173 Y0.4389	X0.6316 Y0.5061 m
MOMENTOS DE INERCIA		X0.0419 Y0.0413	X0.0647 Y0.0933 m⁴
PRODUCTO DE INERCIA			XY0.0276 XY0.0694 m³
RADIOS DE GIRO		X0.5017 Y0.4978	X0.5852 Y0.7028 m
MOMENTOS PRINCIPALES Y DIRECCIONES X-Y		I0.0079 (0.8316,-0.5554) J0.0142 (0.5554,0.8316)	I0.0081 (0.7385,0.6742) J0.0262(-0.6742,0.7385) m³



Bocetos iniciales de Miguel fisac, primeros acercamientos a la viga-hueso.

se extiende desde los años cuarenta hasta 1970, muestra ejemplos que en ocasiones sorprenden por la proximidad entre soluciones basadas en planteamientos muy diferentes. Los croquis para soluciones de cubierta de figuras internacionales de la época podrían por su similitud confundirse entre la documentación gráfica del Centro de Estudios Hidrográficos, reproduciendo en ocasiones mimeticamente las secciones aquí estudiadas.

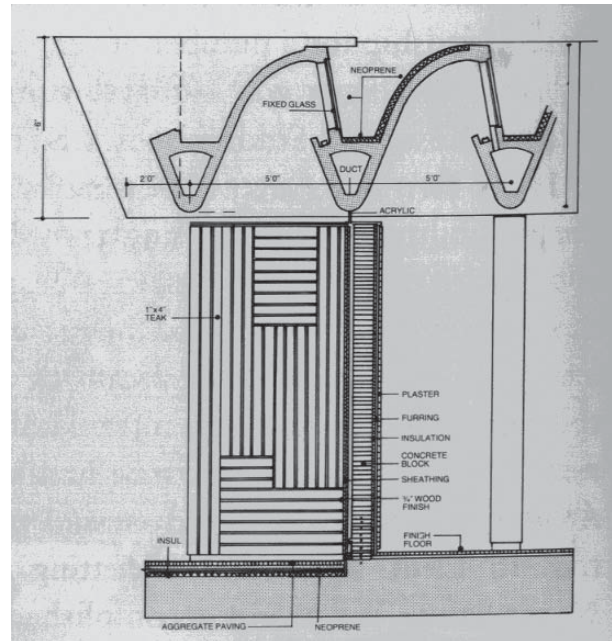
Digamos pues que el nacimiento del hueso no surge exclusivamente como idea genial ni revolucionaria en el pensamiento del arquitecto sino como germen dentro de un ambiente propicio. Ambiente meramente técnico, donde teoría y práctica se unen indisolublemente. La imagen final del hueso no debe llevar a equívoco, es el propio Fisac quién reiteradamente explica que la denominación de hueso se hace casi de modo anecdótico, incluso humorístico, no premeditado. (Fisac 1982). Fisac no persigue la búsqueda de una forma sino de una solución constructiva.

No encontramos en la investigación sobre los huesos biólogos, ni anatomistas que puedan justificar esas líneas de investigación, sólo ingenieros de caminos, industriales, aeronáuticos, prefabricadores, agentes de propiedad industrial... Todo ello da idea del camino seguido por el propio Fisac en el desarrollo de sus piezas, independientemente de que las formas finales puedan aproximarse en mayor o menor medida a las estructuras de la naturaleza.

Evolución de las piezas.

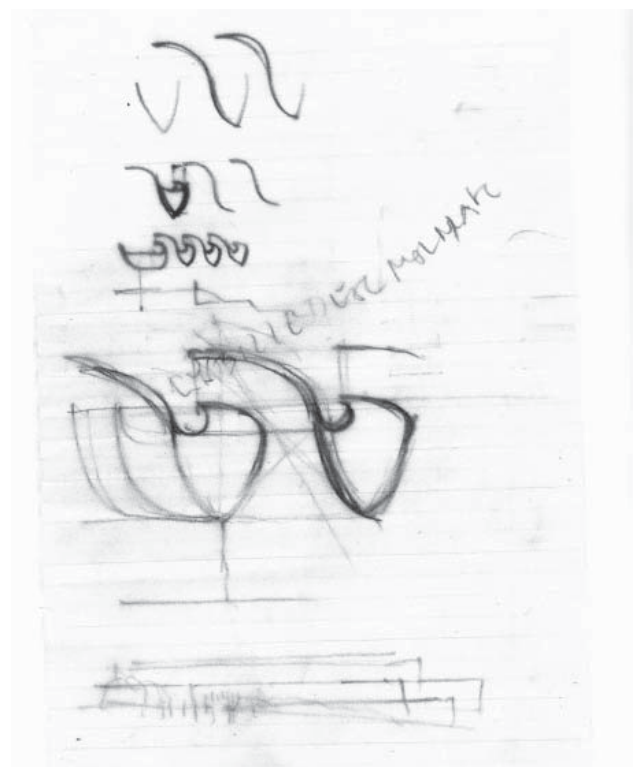
Una vez ejecutada la primera viga, en este caso para la cubierta del CEDEX (1961), Fisac ya ha logrado los objetivos perseguidos, a partir de ahí los distintos huesos representan una búsqueda por evolucionar y sobre todo abaratar el invento, para hacerlo rentable industrialmente.

Fisac no sólo inventa un producto sino que pretende introducirlo en el mercado. Trata de rentabilizar la sección para, de la mano de los industriales generalizar su uso compitiendo con las tipologías estructurales tradicionales que a partir de la cercha tradicional evolucionan de modo paralelo a través del pórtico bi o triarticulado a lo largo de los años sesenta y setenta hasta las vigas pretensadas doble T, más comercializadas en la década de los años ochenta. Hasta comienzos de los años sesenta, el pretensado en edificación no pasaba de la vigueta para las luces habituales de vivienda y si bien la ingeniería desarrolla algún que otro ejemplo su uso no se generalizará en España hasta dos décadas después.



Harrison. Biblioteca de Historia y Ciencias Sociales en el Instituto de Estudios Avanzados. Princeton, New Jersey. 1965.

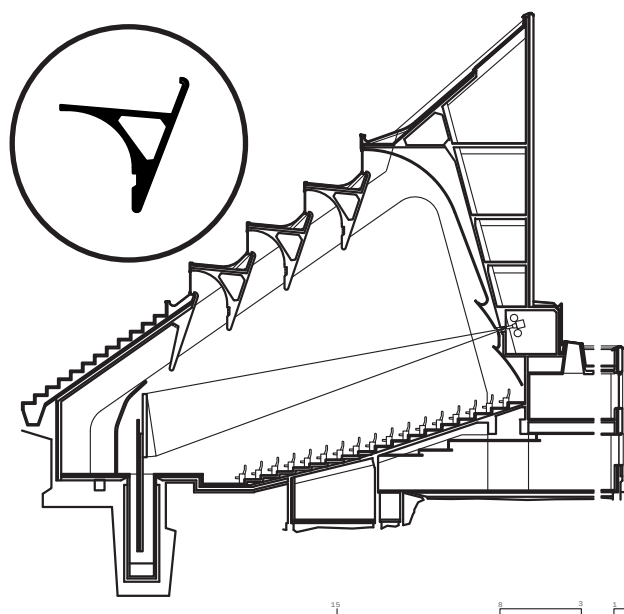
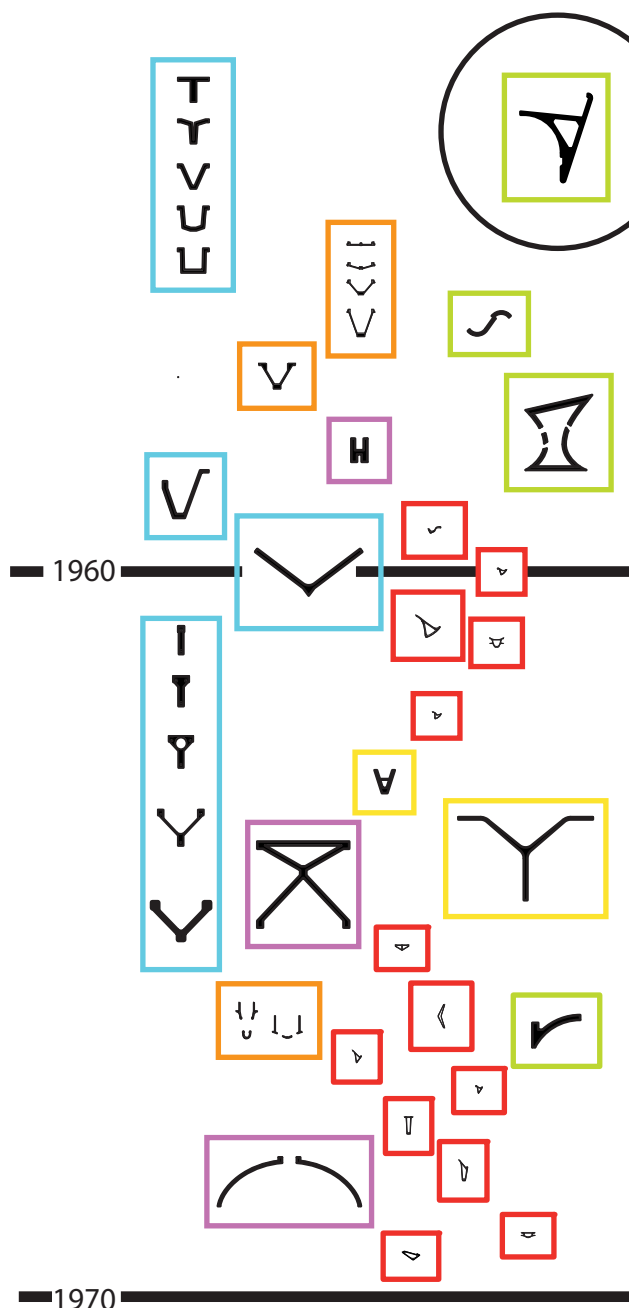
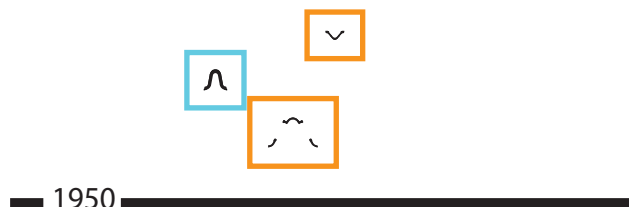
La sección de la viga reproduce fielmente las necesidades apuntadas por Fisac en el CEDEX. Dimensiones de la pieza: Canto 1,57 m, Ancho 1,70 m



Los bocetos de Utzon, recuerdan en gran medida a los realizados por Fisac en el CEDEX años antes. Proyecto no ejecutado para la Universidad de Berkeley (1965). Archivo de la Fundación Utzon Center . Aalborg.

Cuadro resumen con las piezas analizadas en el capítulo internacional, piezas de Alvar Alto, Nervi, Le Corbusier, Harrison, Utzon, Mangiarotti, Kahn, Sverre Fehn...

Todas las piezas están dibujadas a la misma escala y ordenadas cronológicamente. Amarillo (Nervi), Azul (Utzon), Verde (Aalto), Rojo (Fisac), Violeta (Kahn).



EL MARCO INTERNACIONAL

En ocasiones la búsqueda de soluciones desde diferentes programas, técnicas y realidades geográficas sirve para llegar a soluciones muy próximas. Destacan de entre todas, ellas aquellas que han llegado a construirse pero también aquellas otras de las que no se tienen más datos por quedarse en el plano del proyecto, en este último sentido destacan los croquis del arquitecto Jorn Utzon, sus dibujos para las vigas de cubierta de la universidad de Berkeley en 1965, bien podían ser las propias de Fisac para el Centro de Estudios Hidrográficos.

De igual modo el "hueso" de Alvar Aalto en Otaniemi, el de Harrison en Princeton, New Jersey para la cubierta de la biblioteca del Instituto de Estudios Avanzados, de 1965, los métodos constructivos de la ópera de Sydney o la experiencia americana de Kahn y Komendant en el uso de piezas prefabricadas y postesadas de hormigón hablan de diferentes modos de acercamiento a un mismo tema.



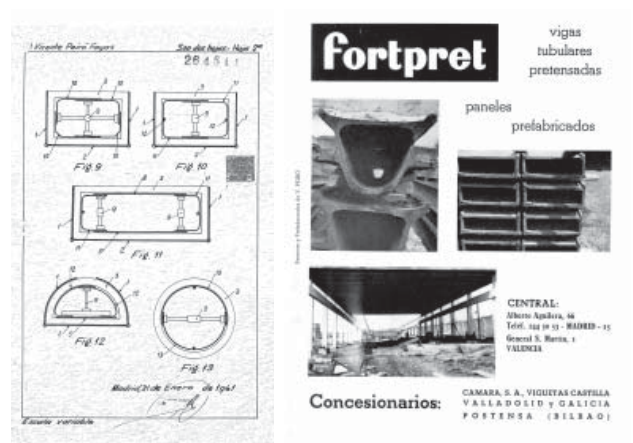
Desde 1960 Fisac proyecta edificios en los que utilizará de modo continuado este tipo de vigas en cubiertas de grandes luces. Durante gran parte de la década (hasta 1967) la pieza más utilizada es la denominada Valladolid (1962). Esta pieza será fruto de la colaboración con Javier Lahuerta y Vicente Peiró, surgirá así una familia de vigas ejecutadas mediante pretesado por adherencia. La colaboración de Fisac con Peiró consistirá en adaptar las geometrías rectangulares de la viga FORTPRET a las funciones arquitectónicas máximas, y forzar las luces de 14 metros utilizadas por Peiro en edificación residencial hasta los 20 metros para edificios de oficinas, educativos, laboratorios o religiosos.

A finales de la década de los años sesenta un industrial del curtido Don Andreu Colomer posibilitará a Fisac la industrialización de estas piezas. La empresa se denominará HUECOSA (1967-1971) y tendrá su sede social en Vic, Barcelona. Esta experiencia será corta en el tiempo pero muy intensa y productiva, más de 30.000 metros cuadrados de naves industriales se ejecutarán utilizando estas piezas.

En conjunto durante una década Miguel Fisac proyecta una serie de piezas huecas de las cuales nueve fueron llevadas a la práctica. Tres corresponden con vigas para marquesina, una (Bumerán) es un sistema de fachada no portante, y las otras cinco son vigas para cubiertas de gran luz (hasta 25 m).

El resumen de las diferentes piezas ordenadas cronológicamente aparenta una cierta evolución técnica en las piezas, sin embargo esta evolución es sólo parcial. Las dos grandes familias de vigas- las pretesadas (amarillas) y las postesadas (azules)- se diferencian entre sí por dicha propiedad estructural y además cada una de ellas está fabricada y comercializada por una empresa distinta. Las condiciones de comercialización difieren. La pieza Valladolid es una posibilidad dentro de un catálogo de soluciones pretesadas existentes, patentadas a nombre de Vicente Peiró, (de ahí su condición de Modelo de Utilidad), las piezas postesadas de HUECOSA son patentes en sí mismas a nombre de Miguel Fisac.

Ambas técnicas, variantes de una misma familia, son aptas para su utilización, la elección de una u otra técnica obedece a múltiples variantes. Estructuralmente el cambio del sistema pretesado por adherencia o postesado no penaliza ni favorece las secciones simétricas como las piezas de Valladolid o Trapecio. Por otro lado el uso del postesado puede justificarse técnicamente en el caso de las secciones asimétricas, tales son los casos de la pieza Sigma o los Patos de marquesina favoreciendo el control de la torsión mediante el tesado independiente. También se justifica su uso en el caso del CEDEX por el trazado curvo de los tendones. Las luces utilizadas con posterioridad al CEDEX podrían solucionarse con ambas familias de vigas indistintamente.



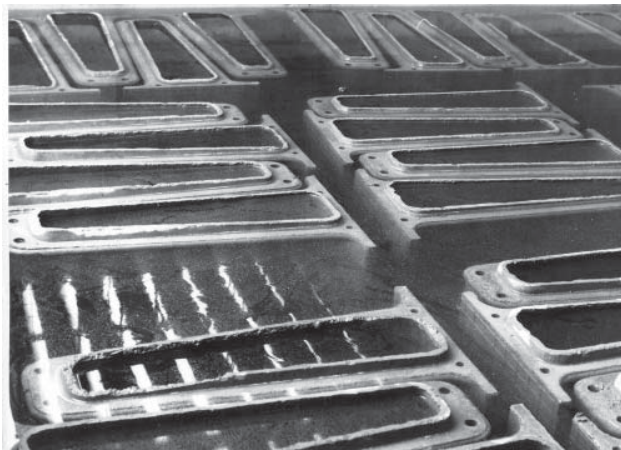
Patente a nombre de Vicente Peiró para la ejecución de vigas huecas (1961). La colaboración con Peiró será fundamental en la creación de la familia de *huesos* pretesados por adherencia (color amarillo).



Pieza Valladolid (PEIRO) en el centro parroquial de Moratalaz (1965) Foto Fundación Miguel Fisac y en el Colegio de Santa M^a del Mar en Coruña. Foto Alex del Río. (2006).



HUECOSA es el verdadero intento de industrializar los *huesos*. Diferentes imágenes del proceso de fabricación y montaje de vigas-hueso en Vic, Barcelona. En la imagen lateral Miguel Fisac comprobando los procesos de fabricación de las dovelas de HUECOSA. Archivo Arumí.



Sin embargo llegada la oportunidad de industrializar el sistema a través de la empresa HUECOSA, Fisac se decide por el postesado y recurre nuevamente a Barredo. ¿Cuáles son las causas que justifican esta elección? ¿Son meramente técnicas o criterios comerciales influyen en estas decisiones?

El uso del postesado y por tanto el apoyo en Procedimientos Barredo para la experiencia empresarial de HUECOSA a fines de la década no se debió a temas estrictamente técnicos sino empresariales. El “encargo” procede de Construcciones Barredo con lo cual no existen dudas sobre el sistema a seguir. El montaje de vigas se realiza mediante dovelas postesadas de un metro de longitud. Las piezas de HUECOSA no representan una evolución respecto a las pretensadas ejecutadas por Peiró sino unas variantes en postesado y el uso de las dovelas en un momento donde los medios auxiliares ya han evolucionado no justifican su uso para este tipo de vigas.

No ocurre lo mismo con la pieza Sigma (1968) en cuyo caso si se mejora la original del CEDEX (1960) por ligereza y fabricación al utilizar cordones rectos y de resultante equilibrada en el centro de gravedad de la sección, (descontando la visera parasol). El uso de tendones rectos también permitiría su ejecución mediante pretesado por adherencia.

La última de las piezas huecas ejecutadas, la proyectada para su propio estudio en Cerro de Aire (1970) también puede entenderse como una evolución, en este caso de la pieza Valladolid (1962) tratando de mejorar la estanqueidad mediante la sección asimétrica que solapa la junta. De hecho en un intento por resolver la debilidad en la junta entre dovelas éstas se hacen dobles (de dos metros de longitud) minimizando el número de juntas. Este extremo había tratado de mejorarse en HUECOSA mediante la ejecución de juntas machihembradas y no a tope como el caso del CEDEX, sin embargo la longitud de la dovela de sólo un metro genera tantos puntos delicados en la sección longitudinal de la viga como juntas entre dovelas.

La extinción de la viga hueca.

Las causas del fracaso comercial de HUECOSA no pueden achacarse exclusivamente a aspectos técnicos. Cierto es que las vigas, especialmente las compuestas por piezas Sigma, nunca llegaron a funcionar correctamente desde un punto de vista de impermeabilidad. El exceso de confianza en la junta entre el poliéster y la muesca de hormigón en un punto crítico dónde circula la evacuación de agua deriva en una constante lucha contra las goteras que bien recuerdan los equipos de mantenimiento tanto de Osona como de Jerez. Lo mismo puede decirse de los problemas de condensación producidos por la falta de niveles adecuados de aislamiento.



Vivienda Jose Vicente Barrera. Madrid. Foto Alex del Río.



Colegio Asunción Cuesta Blanca. Madrid. Foto Alex del Río.



Sede IBM . Madrid. Foto Alex del Río.

De igual modo, es de justicia reconocer el perfecto estado de las vigas en voladizo de los Patos de marquesina o las piezas Trapecio tanto en Vic como en Jerez.

Antonio Casacuberta director jefe de la oficina de proyectos de Colomer en Vic, figura clave del repentino final de la experiencia HUECOSA, recuerda todos estos aspectos al tiempo que reconoce los errores que derivan en las patologías aparecidas. Este ingeniero aeronáutico, de mentalidad práctica, no duda en haber conseguido evolucionar el producto introduciendo mejoras en la junta. Avances que nunca fueron desarrollados por desavenencias con Colomer, que terminarán por hacer desaparecer la experiencia HUECOSA y por tanto los "huesos catalanes".

Alejado de las tormentosas relaciones entre Casacuberta y Colomer, Fisac piensa en desarrollos y mejoras a través de nuevas piezas. Rotos los lazos empresariales con HUECOSA, investiga una solución a los problemas de los huesos.

Fisac busca soluciones porque es consciente de los problemas y las patologías, de necios sería negarlo, ve claramente en las juntas un peligro potencial si bien aun no han transcurrido años suficientes como para que las patologías ataquen a la viga en las juntas entre dovelas como ocurrirá posteriormente en el CEDEX y como de hecho ocurrió con gran parte de los puentes de época ejecutados con esta técnica. Hecho éste propio de una técnica en evolución.

En estos momentos Fisac achaca estas patologías a las tolerancias de fabricación. Son esas diferencias dimensionales fruto de la fabricación las que hacen que no pueda medirse con exactitud el despiece y derive en continuos errores en obra. Sin embargo su confianza ciega en la prefabricación como medio para mejorar la calidad de la construcción le empujan hacia nuevas ideas en este campo.



Interiores de las bodegas Garvey en Jerez y centro parroquial en Moratalaz, Madrid. Exterior vivienda Alonso Tejada. Foto Alex del Río. 2006.



Así surge el "SISTEMA FISAC" (1970) como figura en la documentación de época, todo ello patentado en diferentes países, en otro intento de universalizar el invento.

El sistema permite una serie de soluciones ligadas a la prefabricación y a la viga hueca que podría entenderse como una evolución respecto a la pieza Valladolid. Agonizante HUECOSA, Fisac plantea su nuevo sistema, en principio pretesado a un grupo empresarial vinculado a la entidad financiera Banco Pastor, la pieza resultante la aplicará en su propio estudio en Cerro del Aire. Sin embargo diferentes circunstancias que el arquitecto siempre achaca a sus cada vez más difíciles relaciones con el Opus Dei hacen inviable la operación.

Intereses a parte, Jose Fernando del Tiempo, ingeniero encargado del estudio de mercado del producto, aclara que si bien técnicamente no ofrecían dudas estructurales, el marcado carácter personal de las piezas ya muy identificables por entonces con la figura del arquitecto dificulta su entrada en el mercado. La viga hueca necesita de mayor carga de anonimato como cualquier producto de la construcción. La imposibilidad de penetración en el mercado lleva a la viga hueca a su extinción.

Fisac arquitecto-inventor dice inventar aquello que el mercado no le ofrece. (Fisac 1970). Como buen inventor no inventa si no hay motivo, necesita soluciones que el mercado no le suministra y por tanto las inventa, según testimonios del propio autor "...En ocasiones yo he hecho una lista con todo lo que tenía que inventar, tengo que inventar esto, esto, y esto...."

Fisac siempre deja su huella en el diseño. Cuando se enfrenta a la viga hueca no se conforma con la que Peiró le ofrece, su viga FORTPRET rectangular de cantos achaflnados, completamente anónima e industrial, apta para ser apropiada por cualquier proyectista, como Sota haría con HORPRESA por ejemplo. No es el caso de Fisac, que decide intervenir directamente en la pieza industrial, redondear sus formas, jugar con ellas hasta que termine por semejar a una vértebra. Afina la parte superior y engorda la inferior para dejar sitio a los alambres de pretesado requeridos, de modo que consigue una pieza especial, ya no es una pieza más dentro del catálogo. Su moldeado es más difícil que la FORTPRET, lo mismo ocurre con el Búmeran. (Pieza de fachadas de la sede de la empresa IBM en Madrid).

De igual modo los resaltes previos a las juntas en las piezas Sigma y CEDEX que tanto las asemejan a huesos o a cañas de bambú no dejan de ser pequeños gestos que hablan a las claras de este intervencionismo en el diseño de la pieza industrial.

Atraído por estas formas Fisac eleva el diseño industrial a planteamientos estéticos dónde se siente cómodo proyectando y apropiándose de la pieza.

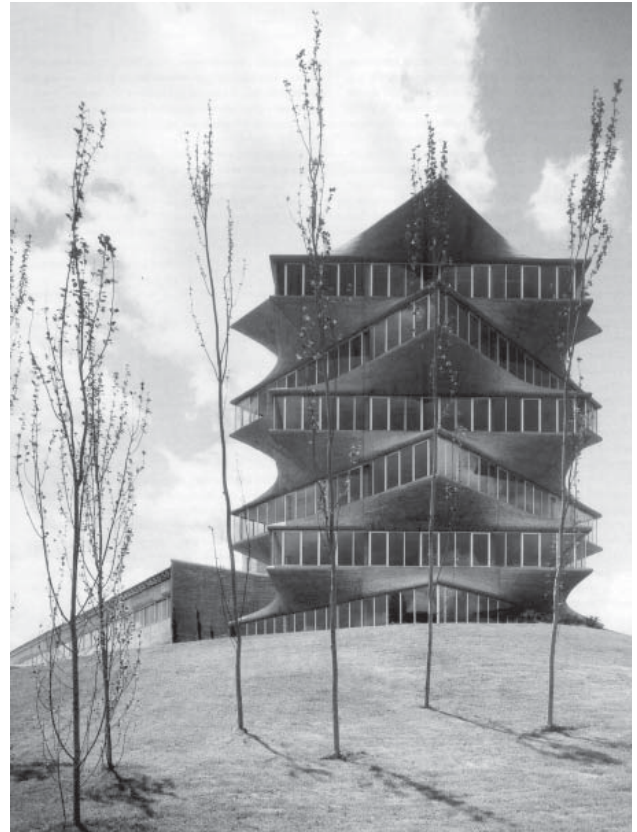
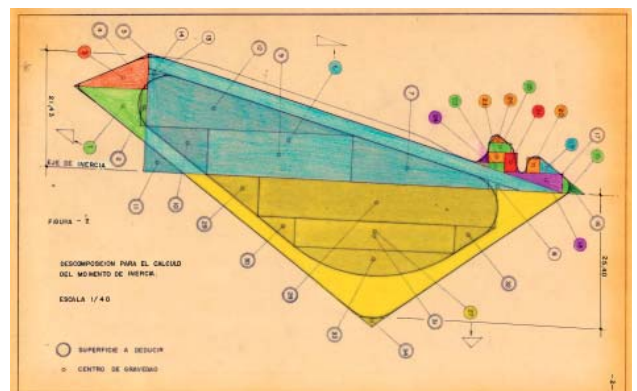
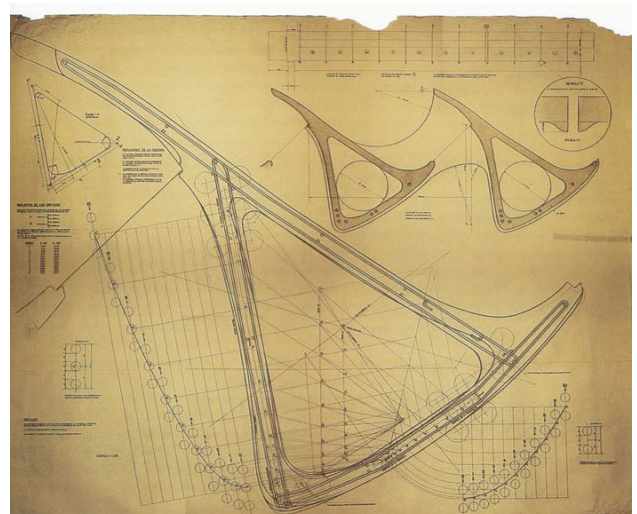


Imagen de la desaparecida Pagoda. Laboratorios Jorba. Madrid.



Planos originales de la primera y la última de las vigas-hueso. La imagen superior se corresponde con la pieza CEDEX. (1960). En la inferior cálculo del centro de gravedad de la pieza Cerro del Aire (1970).

Es por eso que incluso las piezas rescatadas de la demolición de Vic, en algunos casos rodajas de 15 cm de viga-hueso, siguen siendo reconocibles y bellas. Una porción que nos evoca un todo, la unidad mínima en que podemos descomponer un edificio y aún mantiene la esencia del arquitecto.

Confiado en haber logrado un nuevo sistema constructivo y apoyado por una tecnología “revolucionaria”, Fisac no dudó en proclamar a los cuatro vientos su descubrimiento.

Una década después sin embargo los talleres de prefabricación dejaron de producir los huesos y Fisac cansado y decepcionado reorienta sus investigaciones al estudio de los encofrados, tratando de dotar al hormigón “de un lenguaje propio” según sus propias palabras. (Fisac 1982, 2007). Fase ésta que tampoco tuvo una gran aceptación entre la crítica, sobre todo a medida que sus encofrados se fueron haciendo más barrocos y el hormigón de las fachadas de sus edificios parecía derretirse.

Un último intento. Arquitectura Vertida.

A mediados de los años setenta fracasado el intento de introducir el SISTEMA FISAC en el mercado tanto nacional como internacional, desmantelado HUECOSA y cerradas las fábricas de Peiró y Barredo, la historia de la viga hueca ha llegado a su fin.

Transcurridas más de dos décadas desde la extinción de la viga hueca, será como consecuencia de la aparición de patologías en la primera de las obras, cuando la dirección del CEDEX (1994), decida la sustitución de las vigas de cubierta. Este hecho, que se hace sin el consentimiento del arquitecto, será clave en el renacer de los huesos. Alvisa, empresa encargada de la sustitución, ejecuta unas réplicas adaptadas a las nuevas normativas y medios auxiliares disponibles. Las exigencias de respeto a la obra original obligan a los técnicos a elaborar complejos sistemas de fabricación y encofrados para tratar de igualar las secciones originales. El resultado evita definitivamente las temidas juntas transversales entre dovelas mediante una viga continua pretensada por adherencia, y mejora la junta entre el poliéster y la viga con una unión elástica, demostrando que la intención original es posible evolucionando la junta poliéster-hormigón.

Aislados interiormente, los nuevos huesos responden adecuadamente a los requerimientos térmicos. Sin embargo el exceso de celo en la réplica lleva a los técnicos de ALVISA a una mimesis excesiva tratando incluso de igualar las juntas redondeadas entre las dovelas ya inexistentes. Una farsa constructiva pero que habla a las claras de la potencia empresarial de quién la ejecuta.



Inauguración de la Exposición Fisac: Huesos VariOs en el Colegio de Arquitectos de Barcelona, Mayo 2007. Foto Alex del Río. Comisario. Fermin González Blanco. Las piezas expuestas proceden de una demolición en Vic. Anónima Lanera del grupo Colomer última de las obras derribadas con vigas-hueso. Con motivo de estas demoliciones se crea el colectivo OSSOS para la defensa del patrimonio arquitectónico en la comarca de Osona que figura como anexo de la tesis.



Interior de la Nave de Modelos del Centro de Estudios Hidrográficos, Madrid. Foto Alex del Río. (2006). Tras la rehabilitación de ALVISA, las vigas fueron sustituidas por las réplicas actuales.

Cuando Fisac, invitado por la dirección del Centro visita la obra, no puede sino sorprenderse por la capacidad de la empresa, y si bien afligido por la sustitución no duda en tratar de colaborar con Alvisa en una serie de proyectos que suponen un auténtico renacer de los huesos.

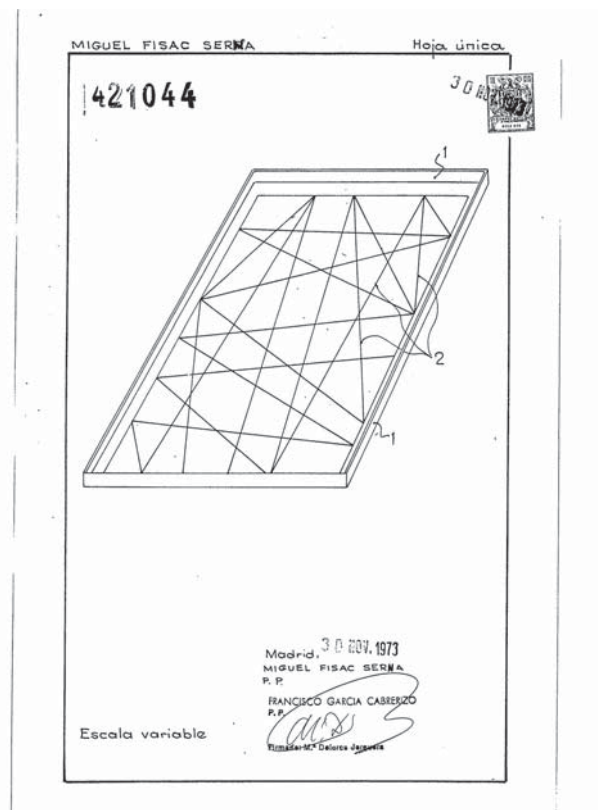
Estos últimos huesos, serán principalmente los proyectados para la terminal del aeropuerto de Valladolid, (concurso no adjudicado al arquitecto), y para el finalmente ejecutado polideportivo de la Alhóndiga en Getafe. Si bien en el primero de los casos Fisac aún se mantiene fiel a la sección hueca, los costes de encofrado unidos a los criterios estructurales hacen inviable estas secciones que pasarán a soluciones tipo viga artesa, donde la evacuación de agua se efectúa por la parte superior en virtud de la contraflecha, (en Getafe incluso forzada), y la iluminación natural cenital mediante lucernarios continuos de policarbonato entre vigas. El pretesado de la parte inferior de la sección resuelve estructuralmente las luces de más de cincuenta metros de sus últimas grandes vigas.

En Getafe no sólo se actualiza la viga-hueso sino que los cerramientos se ejecutan con paneles prefabricados de hormigón tratados con encofrados flexibles que dotan las fachadas de ese brillo satinado que tanto gusta a Fisac.

Su obsesión por el encofrado eleva a Fisac casi a nivel de "escultor industrial" para llegar a crear esas formas tratando de rentabilizarlas económicamente a base de repetirlas de modo indefinido en sus proyectos. El encofrado que Peiró inventa para conseguir vigas huecas y que Fisac moldeará durante años buscando soluciones a los huesos, se transforma en encofrado flexible como solución estética y a la larga deriva en Arquitectura Vertida como sistema.

Tras años utilizando el encofrado para rentabilizar sus soluciones de vigas huecas, será al final de su trayectoria cuando Fisac invierta el sentido de sus investigaciones y utilice el encofrado como pieza terminada e industrializada, dejando el hueco libre para rellenar en obra.

Un sistema "ligero" donde lo pesado, el hormigón de vertido, se transporta en hormigoneras a obra al modo tradicional, pero dónde se reducen los costes en virtud de un ahorro de tiempo y operarios. Donde se trabaja desde dentro sin andamios y donde la estructura es al tiempo acabado y aislamiento... Tratando de lograr nuevamente una solución total a las distintas solicitudes de la construcción. Es una respuesta en forma de producto industrial, hueco, en hormigón y prefabricado.



Patente a nombre de Miguel Fisac, 1973, "Sistema de encofrados flexibles para hormigón". Y su realización práctica en los paneles de cerramiento de Getafe. ALVISA.



Imagen de Fisac paseando por el interior de la viga de Getafe (2002).

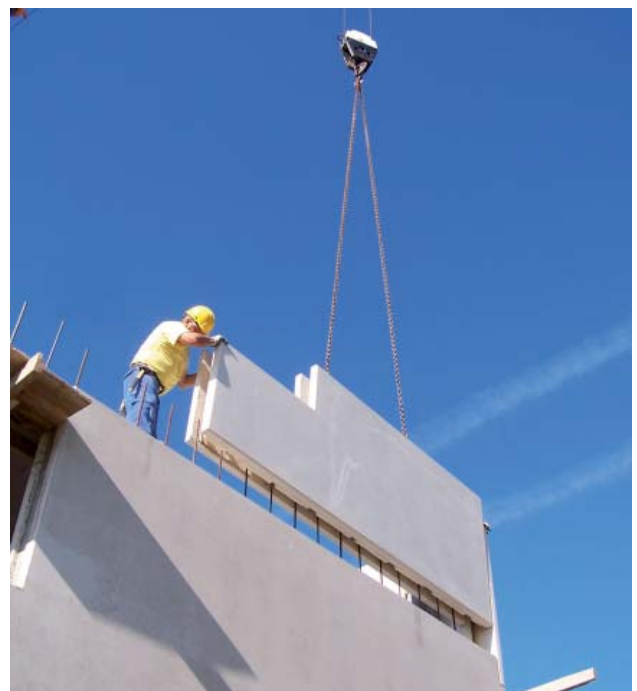
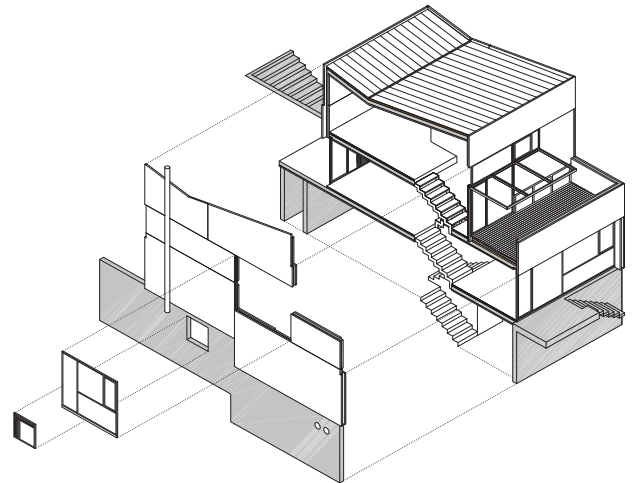
Arquitectura Vertida es el hueso del siglo XXI, es un nuevo capítulo en una búsqueda interminable, cuando las grúas y medios auxiliares han evolucionado, la mano de obra profesional escasea y los costes de transporte lo hacen posible, el hueso se transforma en panel prefabricado y con todos sus componentes incluidos para abaratar el montaje en obra y ganar calidad final. ¿Será esta última propuesta el camino hacia la pieza ideal?

El tiempo decidirá sobre el mayor o menor recorrido de esta última patente, en cualquier caso es el refundido y el legado de un maestro que demostró a través de su trayectoria vital un modo muy personal y singular de ejercer la profesión.

El presente texto profundiza en una de las épocas más singulares en la creación del arquitecto manchego, pretende entender la viga-hueso a partir de su condición de pieza constructiva para así asimilar toda la filosofía profesional que encierra y el objetivo universal a que está dirigida.

Miguel Fisac acostumbraba a explicar su acercamiento al proyecto con respuestas a preguntas como si de un método se tratara. ¿Para qué, dónde, cómo y al final un no se qué... un toque artístico que debe llegar resueltas las primeras cuestiones y nunca antes porque de lo contrario el proyectista caería preso de la forma y la imagen. En momentos como los actuales el discurso de Fisac parece fortalecerse incluso tal vez podríamos abrir nuevas preguntas que de alguna manera Fisac también se hacía aunque no incluía en su método tal vez por ser consecuencia de las anteriores ¿Cuanto?

La pieza ideal es tal vez una quimera, los tiempos hacen cambiar las circunstancias, los materiales, los medios... Cada época necesita de una respuesta y al tiempo existen conceptos universales que no cambian, Fisac apuntaba al final de sus días hacia los plásticos, tal vez ellos abran el camino hacia otras posibilidades (Fisac 1997). La historia de los huesos es la historia de Fisac, y de todos aquellos que creen en la posibilidad de cambiar el rumbo de las cosas a través del empeño y el trabajo sincero. El hueso no ha descubierto una tipología estructural ni ha modificado el rumbo de la construcción en España ni en Europa, pero el ejemplo de quienes han participado de esta historia no puede dejarnos indiferentes.



GZ/10 es un prototipo de vivienda unifamiliar ejecutado aplicando la patente de Arquitectura Vertida. Los paneles huecos dejan pasar las instalaciones y el hormigón de vertido se aloja en el interior. El panel-encofrado sirve de acabado al exterior e interior, incluye el aislamiento y es estructural. Es al tiempo el refundido de toda una trayectoria vital, la trayectoria de Miguel Fisac. Proyecto y dirección de obra Fermin González Blanco.

