

QUADERNS D'ESTRUCTURES


Editorial 
Editorial

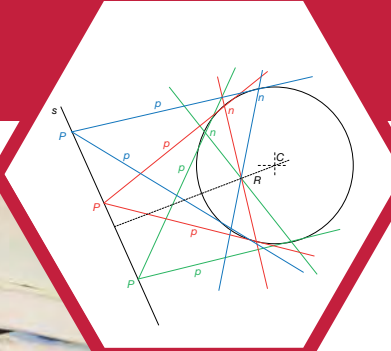
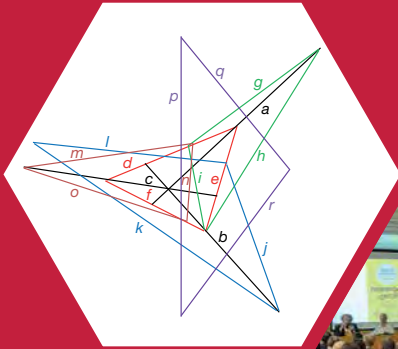
Una nueva metodología para entender
y calcular mejor las estructuras 

Una estàtica recíproca 

Entrevista a Josep Baquer 

Miscel·lània 
Miscelánea

Lista de membres de l'associació 
*Listado de miembros
de la asociación*



DESEMBRE 2019
Preu: 9,00 €



67

ESPECIALISTES EN PATOLOGIES ESTRUCTURALS



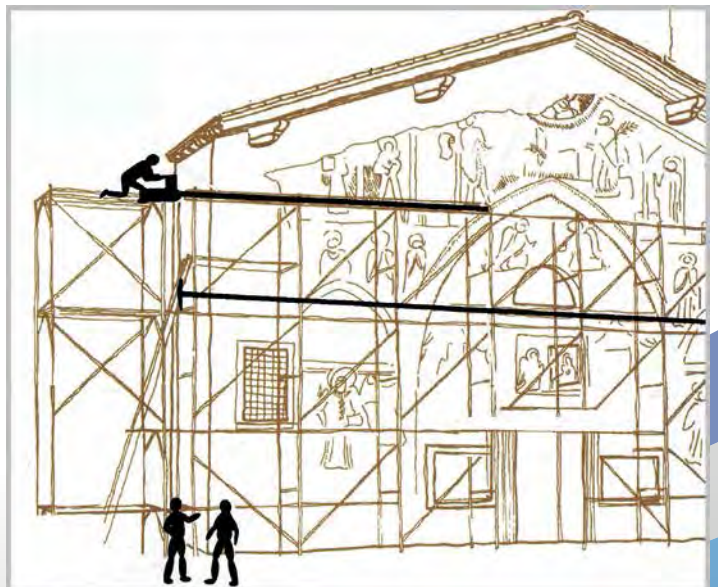
» HUMITATS CAPIL·LARITAT EN PLANTES BAIXES



» FILTRACIONS D'AIGUA EN SOTERRANIS



» TRACTAMENT ANTI-TÈRMITS
» REFORÇ AMB FIBRA DE VIDRE
» REFORÇ AMB FIBRA DE CARBONI



» ATIRANTAT D'ESTRUCTURES
» RESTAURACIÓ DE FORMIGÓ

EDITA

Associació de Consultors d'Estructures (ACE)

Quaderns d'Estructures (Dijous a l'ACE)

Número 67

Desembre 2019

Preu de l'exemplar: 9,00 €

JUNTA DIRECTIVA

President

Enric Heredia Campmany-Gaudet

Vicepresident

Josep Baquer Sistach

Secretari

Jorge Blasco Miguel

Tresorer

Xavier Mateu i Palau

Àrea Qualitat

Martí Cabestany Puértolas

Àrea Comunicació

Xavier Mateu i Palau

Àrea Formació

Amparo Lecha Gargallo

Àrea Tècnica

Cesc Aldabó Fernández

Àrea Professional

Oriol Palou Julián

Àrea Interior

Jorge Blasco Miguel

Àrea Exterior

Josep Baquer Sistach

Àrea Tecnològica

Miquel Rodríguez Niedenföhr

Administració

Mercedes Sierra Callejo

Equip de Redacció

Xavier Mateu i Palau

Publicitat

Ana Usea i Garí

Tel. 93 459 33 30

Col·laboradors d'aquest número

Albert Albareda Valls, Josep M. Genescà Ramon,

Enric Heredia Campmany-Gaudet, Maria Leach,

Jordi Maristany i Carreras

Maquetació i producció

Baber scp

Núm. d'exemplars 750

Impressió: EGS. Rosari 2. Barcelona

Dipòsit legal: B. 28347-2000



Redacció i Administració

Plaça Eusebi Güell, 6, edifici Vèrtex, planta baixa

08034 Barcelona

tel. 93 401 18 88

e-mail: administracio@aceweb.cat

web: www.aceweb.cat

Horaris d'oficina:

dilluns a divendres (9 a 14 hores)

ÍNDEX

Editorial **5**

Editorial

Enric Heredia Campmany-Gaudet

Una nueva metodología para entender **11**

y calcular mejor las estructuras

Albert Albareda Valls - Jordi Maristany i Carreras

Una estàtica recíproca **25**

Josep M. Genescà Ramon

Entrevista a Josep Baquer **48**

Maria Leach

Miscel·lània **63**

Miscelánea

Llista de membres de l'associació **68**

Listado de miembros de la asociación

La redacció de la revista
no es fa responsable de les opinions,
textos i imatges dels autors dels articles.

KIT TENSOR

Evita futuras deformaciones en las viguetas de madera y aumenta su rigidez

La eliminación de tabiques en reformas de interiores conlleva redistribuciones de cargas y deformaciones inesperadas en los forjados. El KIT TENSOR HERMS es la solución más fiable y fácil de instalar para evitar y controlar dichas deformaciones no previstas en las viguetas de madera.

- Fácil instalación (previa a la eliminación de tabiques)
- Sin soldaduras ni morteros
- Rápido, limpio y económico
- Seguridad y resistencia

Mínima pérdida de altura

 T. 934 313 500 - herms@herms.es
C. Fisas, 1. 08028 Barcelona - www.herms.es



SGS

SGS es líder Mundial en Inspección, Verificación, Ensayos y Certificación

Fundado en 1878, SGS está considerada como principal referente mundial en calidad e integridad. Con más de 85.000 empleados, SGS opera a través de su red de 1.800 oficinas y laboratorios por todo el mundo.

El núcleo de sus actividades lo constituyen los servicios de inspección y supervisión del comercio internacional de productos agrícolas, minerales, petróleo y petroquímicos, equipos industriales y bienes de consumo. A lo largo de los años, SGS ha ampliado sus actividades hacia campos no dependientes del comercio,

como son la certificación de calidad y la gestión industrial.

Establecido en España desde 1929 dentro de su sector de actividad de control del tráfico de mercancías, SGS se constituye en **el mayor grupo empresarial en el sector de calidad.**

En la actualidad, el Grupo SGS España cuenta con más 3.700 profesionales, que son su principal activo. Está presente en todas las Comunidades Autónomas a través de sus 131 oficinas y laboratorios (entre fijos y móviles).

NUESTROS PRODUCTOS

- Organismo de Control Técnico.
- Asistencia Técnica en la Edificación.
- Geotecnia (Estudios y Asesorías).
- Edificación (Estructuras, Instalaciones, Acabados, Patologías, Due Diligence...).
- Monitorización de Estructuras de Edificación y Obra Civil.
- Obra Civil (Asistencia Técnica en Proyectos y Obras).
- Laboratorio de Materiales de Construcción.



Edificio SGS en Barcelona.

DATOS DE LA EMPRESA

Nombre: **SGS**

Fecha de creación: **1878**

Delegaciones en España: **en todas las Comunidades Autónomas**

N.º de trabajadores en España: **3.700**

Oficinas en Barcelona:

SGS

**c/ Lluís 95-97, 5.ª planta
08005 Barcelona**

Tel.: +34 93 320 36 17

Fax: +34 93 320 36 20 / 21

www.sgs.es



SOLUCIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN QUE GENERAN CONFIANZA

MÁS PROFUNDO MÁS ALTO MÁS LEJOS



PILOTES Y OBRAS S.A.

CIMENTACIONES ESPECIALES

Pilotes y Obras es una empresa líder en **Cimentaciones Especiales** con una posición destacada en la Obra Civil. Gracias a la capacidad de sus equipos humanos y su tecnología de última generación puede ofrecer soluciones específicas a cada proyecto, especialmente en megaestructuras y en condiciones extremas.

Su actividad se desarrolla en todo el territorio nacional pero también ha llevado a cabo intervenciones en el extranjero. En sus más de tres décadas de trayectoria, se ha consolidado también en el sector de edificación, recalces y rehabilitaciones de cimentaciones.



Pilotes de barrena continua CFA hasta 41 m monitorizada

Viaducto de Fornells de la Selva



Micropilotes para apeo de muralla medieval

Mercat de Sant Antoni, Barcelona



Anclajes para amarre de transatlánticos

Puerto de Ciutadella



Bulones de fibra e inyección monitorizada.

Túnel de Glòries, Barcelona

www.pilotesyobras.com

EDITORIAL EDITORIAL

ENRIC HEREDIA CAMPMANY-GAUDET

Benvolguts socis, companys i amics,

Com és sabut per molts de vosaltres, el passat 13 de juny del 2019 es va celebrar una assemblea extraordinària de l'ACE, amb l'objectiu principal de tancar una etapa de dues legislatures de la presidència d'en David Garcia (2011-2015, 2015-2019), i iniciar-ne una de nova amb mi com a president de l'ACE.

Segurament no sóc la persona més apropiada per fer un balanç objectiu de l'etapa anterior, no ho sóc a l' haver estat particip en primera persona de totes les accions aprovades en junta, en la qual he col·laborat tan bonament com he pogut; primer en l'àrea professional i seguidament en l'àrea de formació des que en David em va donar confiança l'any 2011.

El que sí que és objectiu i palpable és com s'ha enfortit l'ACE al llarg d'aquests anys tan durs de crisi. Com diu en David en l'entrevista de la nostra revista *Quaderns d'estructures* número 65: «Vam rebre una associació fantàstica i hem aconseguit que tingui una potència extraordinària».

Abans de parlar dels plans de futur de l'ACE, deixeu-me explicar el perquè de la meva presidència.

L'ACE celebra de forma ordinària 10 + 1 juntes l'any. A l'agost no se celebra cap junta i al juliol se'n celebra una d'especial amb una durada de dos dies. A la junta del juliol del 2016, en la que no vàrem deixar de fer la voluntària sortida matinal de córrer pels paratges del Montseny, vaig coincidir amb en Xavier Mateu, i de forma aparentment casual em va preguntar: «Tu et veus de president de l'ACE?». Li vaig contestar de forma immediata i rotunda: «No».

La conversa no va anar a més, però en aquell moment vaig intuir quelcom que s'ha anat cuinant a foc lent. Pocs dies abans de la junta especial del juliol del 2017, en David Garcia em va venir a veure al despatx a Castelldefels i va formalitzar la proposta. No puc dir que no sospités res, malgrat tot, no em va deixar de sorprendre que ell, la junta i el consell assessor format pels pesos pesants de l'ACE, volguessin que jo fos el pròxim

Estimados socios, compañeros y amigos:

Como es sabido por muchos de vosotros, el pasado 13 de junio de 2019 se celebró una asamblea extraordinaria de la ACE, con el objetivo principal de cerrar una etapa de dos legislaturas de la presidencia de David Garcia (2011-2015, 2015-2019), e iniciarse una nueva conmigo como presidente de la ACE.

Seguramente no soy la persona más apropiada para hacer un balance objetivo de la etapa anterior, no lo soy al haber sido participe en primera persona de todas las acciones aprobadas en junta, en la que he colaborado tan buenamente como he podido; primero en el área profesional y seguidamente en el área de formación desde que David me dio su confianza el año 2011.

*Lo que sí es objetivo y palpable es cómo se ha fortalecido la ACE a lo largo de estos años tan duros de crisis. Como dice David en la entrevista de nuestra revista *Quaderns d'estructures* número 65: «Recibimos una asociación fantástica y hemos conseguido que tenga una potencia extraordinaria».*

Antes de hablar de los planes de futuro de la ACE, dejadme explicar el porqué de mi presidencia.

La ACE celebra de forma ordinaria 10 + 1 juntas al año. En agosto no se celebra junta y en julio se celebra una especial con una duración de dos días. En la junta de julio de 2016, en la que no dejamos de hacer la voluntaria salida matinal de correr por los parajes del Montseny, coincidí con Xavier Mateu, y de forma aparentemente casual me preguntó: «¿Tú te ves de presidente de la ACE?». Le contesté de forma inmediata y rotunda: «No».

La conversación no fue a más, pero en ese momento intuí algo que se ha ido cocinando a fuego lento. Pocos días antes de la junta especial de julio de 2017, David Garcia me vino a ver al despacho en Castelldefels y formalizó la propuesta. No puedo decir que no sospechara nada, a pesar de todo, no me dejó de sorprender que él, la junta y el consejo asesor formado por los pesos pesados de la ACE, quisieran que yo fuera



president de l'ACE. Guanyant temps, li vaig contestar que no li deia que no, i que m'ho pensaria amb tranquil·litat. Aquell estiu vaig travessar els Alps per la ruta «E-5», partint d'Alemanya fins a Itàlia, passant per l'extraordinàriament endreçada Àustria, tota la travessa amb una motxilla d'uns 15 kg a l'esquena, però ni de bon tros va ser el que més em va pesar. El pes de la motxilla no era res en comparació amb començar a pensar en el pes d'assumir la responsabilitat de la presidència de l'ACE. Finalment vaig arribar a Itàlia després de 6 dies fantàstics, i vaig començar a assumir la presidència de l'ACE, després de més de 25 anys de gaudir de la nostra professió i passió per les estructures, passió transmesa de forma magistral pel meu mestre i amic, Josep Maria Genescà.

En la junta de juliol del 2018 ja no tenia més excuses i finalment, el «no et dic que no», es va transformar en «sí». Un sí consegüent i recolzat per una magnífica junta que m'acompanya: Josep Baquer, Xavier Mateu, Jorge Blasco, Martí Cabestany, Miquel Rodríguez, Oriol Palou, Amparo Lecha i en Cesc Aldabó, i tres col·laboradors molt propers amb tasques molt precises. En Laureà Miró, nou secretari de la nostra fundació d'estudis estructurals IEE; en Xavier Falguera, reforçant l'àrea de comunicació; i en Marcel Cruells, com a nou cap de la comissió de rehabilitació.

És evident, i admirable i admirat, que a l'ACE tot és qüestió d'equip i col·laboració desinteressada.

La nova junta manté la direcció presa des dels orígens de l'ACE, en la recerca del reconeixement de la professió sobre la base de la qualitat, per no dir de l'excel·lència, de la nostra feina. Tenint molt present que la qualitat és la base des de la que podem desenvolupar la feina amb uns honoraris justos, que permetin realitzar les tasques amb la dedicació que es mereixen.

Ara sí que puc explicar breument quines són les directrius de futur: ho faré enumerant les principals fortaleses, mancances, oportunitats i amenaces que tenim per l'ACE els pròxims 4 anys.

Fortaleses, és a dir, tot allò que tenim dins de l'ACE i ens fa forts: més de 30 anys d'èxits ens avalen. Som un col·lectiu cohesionat i ben avingut. La qualitat i ètica professional ha estat i ha de seguir essent excel·lent. Disposem d'un reconeixement professional i institucional notable. Tenim una capacitat creadora admirable (publicacions, jornades, congressos, etc.; tot tramitat des de la nostra fundació IEE). Ser i voler ser, el col·

el próximo presidente de la ACE. Ganando tiempo, le contesté que no le decía que no, y que me lo pensaría con tranquilidad. Aquel verano atravesé los Alpes por la ruta «E-5», partiendo de Alemania hasta Italia, pasando por la extraordinariamente ordenada Austria, toda la travesía con una mochila de unos 15 kg en la espalda, pero no fue lo que más me pesó. El peso de la mochila no era nada en comparación con empezar a pensar en la responsabilidad de asumir la presidencia de la ACE. Finalmente llegué a Italia después de 6 días fantásticos, y empecé a asumir la presidencia de la ACE, tras más de 25 años de disfrutar de nuestra profesión y pasión por las estructuras, pasión transmitida de forma magistral por mi maestro y amigo, Josep Maria Genescà.

En la junta de julio de 2018 ya no tenía más excusas y finalmente, el «no te digo que no», se transformó en un «sí». Un sí consecuente y apoyado por una magnífica junta que me acompaña: Josep Baquer, Xavier Mateu, Jorge Blasco, Martí Cabestany, Miquel Rodríguez, Oriol Palou, Amparo Lecha y Cesc Aldabó, y tres colaboradores muy cercanos con tareas muy precisas. Laureà Miró, nuevo secretario de nuestra fundación de estudios estructurales IEE; Xavier Falguera, reforzando el área de comunicación; y Marcel Cruells, como nuevo responsable de la comisión de rehabilitación.

Es evidente, admirable y admirado, que en la ACE todo es cuestión de equipo y colaboración desinteresada.

La nueva junta mantiene la dirección tomada desde los orígenes de la ACE, en la búsqueda del reconocimiento de la profesión sobre la base de la calidad, por no decir de la excelencia, de nuestro trabajo. Teniendo muy presente que la calidad es la base desde la que podemos desarrollar nuestro trabajo con unos honorarios justos, que permitan realizar las tareas con la dedicación que se merecen.

Ahora sí que puedo explicar brevemente cuáles son las directrices de futuro: lo haré enumerando las principales fortalezas, carencias, oportunidades y amenazas que tenemos para la ACE los próximos 4 años.

Fortalezas, es decir, todo lo que tenemos dentro de la ACE y nos hace fuertes: más de 30 años de éxitos nos avalan. Somos un colectivo cohesionado y bien avenido. La calidad y ética profesional ha sido y debe seguir siendo excelente. Disponemos de un reconocimiento profesional e institucional notable. Tenemos una capacidad creadora admirable (publicaciones, jornadas, congresos, etc.; todo tramitado desde nuestra fundación



lectiu dels millors ens ha fet el que som. La transversalitat de titulacions acadèmiques, sols avaluant coneixements sense més etiquetes, ens fa un col·lectiu molt coherent amb els nostres principis. Les noves generacions, que puguen amb força, ens faran més forts en el futur, etc.

Debilitats, és a dir, tot allò que tenim dins de l'ACE que ens fa menys forts: estem vivint un inevitable relleu generacional que hem de saber gestionar. La professionalització de l'ACE en alguns aspectes encara és millorable, la dignificació de la professió, malgrat haver guanyat molt, pensem que encara no està a l'alçada. La desvinculació emocional d'aquells socis que no han tingut la sort de veure com uns pocs vam ser capaços de crear quelcom tan gran i es relacionen amb l'ACE d'una forma menys emotiva. La manca de paritat de gènere en la participació activa de l'ACE, que ara com ara encara no es reflecteix amb la realitat de paritat en els despachos.

Amenaces, és a dir, tot allò que sorgeix en la societat i no ens afavoreix. Un mercat variat i banalitzat que malauradament es pateix en molts sectors i el nostre no queda fora; nous despachos desvinculats de l'ACE; i noves organitzacions amb els mateixos objectius.

Oportunitats, és a dir, tot allò que la societat ens ofereix i podem donar-li servei: la demanda de bons professionals és un valor segur, la demanda de major protagonisme dels socis protectors que veuen en l'ACE quelcom més que una associació. Ells, des de fora, veuen uns potencials que hem de saber aprofitar. Disposem i encara disposarem més d'una formació de prestigi, i disposem d'una projecció de l'ACE fora de Catalunya que no és menyspreable.

Per concloure, tan sols dir que iniciem una nova etapa amb totes les forces renovades, amb molta il·lusió i ganas de donar el millor de cada un de nosaltres a l'ACE.

IEE). Ser y querer ser, el colectivo de los mejores nos ha hecho lo que somos. La transversalidad de titulaciones académicas, solo evaluando conocimientos sin más etiquetas, nos hace un colectivo muy coherente con nuestros principios. Las nuevas generaciones, que suben con fuerza, nos harán más fuertes en el futuro, etc.

Debilidades, es decir, todo lo que tenemos dentro de la ACE que nos hace menos fuertes: estamos viviendo un inevitable relevo generacional que debemos saber gestionar, los fundadores y pioneros de la ACE ya no disponen de tanta energía. La profesionalización de la ACE en algunos aspectos todavía es mejorable, la dignificación de la profesión, a pesar de haber ganado mucho, pensamos que todavía no está donde deberíamos. La desvinculación emocional de aquellos socios que no han tenido la suerte de ver cómo unos pocos fueron capaces de crear algo tan grande, y se relacionan con el ACE de una forma menos emotiva. La falta de paridad de género en la participación activa de la ACE, que a día de hoy todavía no se refleja de la realidad de paridad en los despachos.

Amenazas, es decir, todo lo que surge en la sociedad y no nos favorece. Un mercado variado y banalizado que desgraciadamente se sufre en muchos sectores y el nuestro no es una excepción; nuevos despachos desvinculados de la ACE; y nuevas organizaciones con los mismos objetivos.

Oportunidades, es decir, todo lo que la sociedad nos ofrece y podemos darle servicio: la demanda de buenos profesionales es un valor seguro, la demanda de mayor protagonismo de los socios protectores que ven en la ACE algo más que una asociación. Ellos, desde fuera, ven unos potenciales que debemos saber aprovechar. Disponemos y aún dispondremos además, de una formación de prestigio, y disponemos de una proyección de la ACE fuera de Cataluña que no es despreciable.

Para concluir, solo decir que iniciamos una nueva etapa con todas las fuerzas renovadas, con mucha ilusión y ganas de dar lo mejor de cada uno de nosotros a la ACE.

HILTI

HILTI PROFIS ENGINEERING.

Los diseños pueden ser complicados. Tu software no debería serlo.

Disponible en enero 2018

Cálculos de barandillas | Cálculos de placas de anclaje | Exportar a CAD/BIM | Versión offline/online (nube) | Interface Dlubal RSTAB/RFEM | Listado de materiales | y mucho más.

www.hilti.es
<http://www.blog.construyehilti.com/>



ISCHEBECK[®]

IBÉRICA

Equipos de vibración



Encofrados



Tablestacados



Cimbras



Entibaciones



Geotecnia

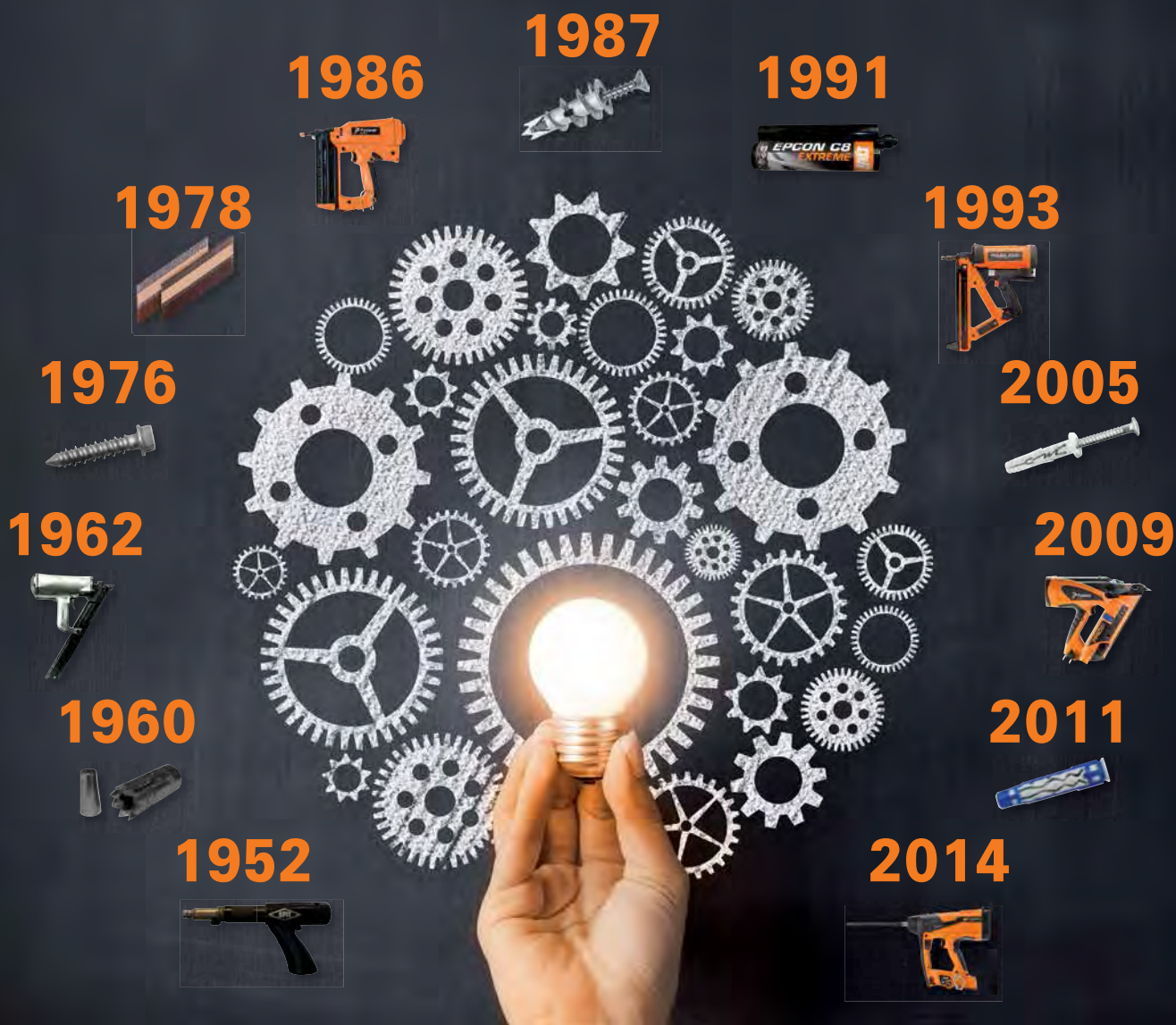


La construcción cambia el mundo.

¡Nosotros cambiamos el mundo de la construcción!

Innovaciones de Ennepetal utilizadas en todo el mundo.

ISCHEBECK IBÉRICA, S.L.
Pol. Ind El Oliveral Calle S n 25
Riba-Roja de Túria, E-46394 Valencia
www.ischebeck.es



Certificado sismica C1 y C2
www.spitxtrem.com

En el pasado liderando la **creatividad**,
 y hoy descubriendo el **futuro**



FIX Z XTREM

Fijación perno de expansión por atornillado para aplicaciones críticas



TRIGA Z XTREM

Fijación con camisa de refuerzo de alto rendimiento



EPCON C8 XTREM

Fijación química epoxi puro para varilla roscada y barra corrugada



B-LONG XTREM

Fijación plástica universal con test sísmico



TAPCON XTREM

Fijación de alto rendimiento y versatilidad, adecuado para hormigón fisurado y amplia gama de cabezas



UNA NUEVA METODOLOGÍA PARA ENTENDER Y CALCULAR MEJOR LAS ESTRUCTURAS

ALBERT ALBAREDA VALLS

Profesor Lector en la UPC.
Universidad Politécnica de Catalunya (UPC).
Albert.albareda@upc.edu

JORDI MARISTANY I CARRERAS

Doctor arquitecto. A lo largo de 45 años ha simultaneado la docencia y el ejercicio profesional desde su despacho de cálculo de estructuras.

A nivel docente ha dado clases durante más de 40 años en el Departamento de Estructuras en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (UPC). Puntualmente ha impartido cursos en las Universidades de Lille (Francia) y Skikda (Argelia).

Actualmente participa en Proyectos de Investigación Europeos juntamente con sus compañeros Albert Albareda y Albert Ledesma.

Como profesional liberal ha intervenido en la ampliación de la Terminal 2 del Aeropuerto del Prat, en la planta de la Seat de Martorell, en el IMAX, en el Museo de la Ciencia de Santa Cruz de Tenerife y en el Museo de Arte Contemporáneo de Santiago de Compostela.

También ha dirigido la rehabilitación de la Estación del Norte (Barcelona) y el edificio Nexus.

El proyecto de las 105 viviendas de P. O. de la Ciutadella (Tiana), del que es uno de los tres autores, tiene un significado especial para él desde el punto de vista social.

La historia del cálculo y el posterior dimensionado de las estructuras portantes de los edificios ha ido siempre en paralelo a la búsqueda constante de un modelo estructural que pudiese reflejar lo más fielmente posible el comportamiento real de cada una de ellas.

Acertar en la elección del modelo, en muchos casos, no es nada fácil. El error que se comete a la hora de escoger el modelo puede llegar a ser verdaderamente importante^[1].

La «buena práctica constructiva» nos permite ofrecer importantes garantías acerca de la bondad de los procedimientos habitualmente empleados en el levantamiento de estructuras de hormigón armado. Sin embargo, son muy pocos los estudios que posibilitan

la predicción de los estados tensionales a los que el entramado puede verse sometido, tanto en fase de construcción, como durante toda la vida útil del edificio¹.

Es como si calculásemos teniendo de modelo una *foto finish* en lugar de considerar que el edificio y, por ende, la estructura, evoluciona también con el tiempo, como si se tratara de un «vídeo» con multitud de situaciones distintas.

A modo de ejemplo, en este estudio, nos centraremos en estudiar cuál puede ser la influencia del método de construcción empleado en la obtención de los esfuerzos producidos en las distintas barras de un entramado estructural de jácenas y pilares de un edificio en fase de servicio.

PALABRAS CLAVE: puntales, cargas de construcción, módulo elástico del hormigón, proceso constructivo, edad del hormigón.

¹ Según las distintas normativas nacionales, el arquitecto debe «garantizar siempre» la idoneidad de la estructura durante toda su vida útil, no solo en un momento concreto de su existencia, que normalmente es cuando se acaba de construir el edificio.



INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

Normalmente, en la práctica, una estructura de pórticos ortogonales de hormigón armado se considera, para el cálculo, como un entramado constituido por barras horizontales (jácenas reales o virtuales) y verticales (pilares reales o virtuales), unidas por nudos habitualmente rígidos, y solicitado por un conjunto de cargas exteriores, más los pesos propios de los elementos de la misma estructura, de actuación simultánea. A partir de este punto, ya sea mediante el empleo de métodos exactos o aproximados, se obtienen los esfuerzos generados en los miembros que, en último término, serán los que posibiliten la evaluación del dimensionado.

En el Estado Límite último, el cálculo admite un margen de inseguridad a partir de los valores habitualmente establecidos para los coeficientes ponderadores de las acciones externas y coeficientes reductores de las tensiones características de los materiales, claramente especificados en las actuales ordenanzas y normativas en vigor, que no siempre cubren las simplificaciones anteriores.

Existen dos simplificaciones en concreto que se asumen sin problemas y que no somos conscientes, con frecuencia, de cómo pueden alterar sensiblemente los resultados que obtenemos. A saber:

- Se asume una proporcionalidad directa entre tensiones y deformaciones, de acuerdo con la ley de Hooke, lo que aplicado, por ejemplo, al caso del hormigón armado, es una auténtica entelequia.
- Se considera el comportamiento de una estructura como algo independiente del tiempo.

Sobre el primer punto ya se ha hablado extensamente en otros foros, con la incongruencia que representa el considerar una distribución elástica para la obtención de los esfuerzos en las barras al mismo tiempo que se asume un cálculo elasto-plástico (método de cálculo en rotura, etc.) para obtener las tensiones producidas en los materiales en las distintas secciones.

En este estudio nos centraremos exclusivamente en el análisis del segundo punto.

Las estructuras se calculan como si se construyesen a la vez y no paulatinamente, independientemente de la variable «tiempo». Es decir como si la estructura no «envejeciese», como si las distintas cargas que se aplican sobre la misma lo hicieran todas al unísono y como si los métodos de construcción empleados (léase sistemas

de encofrado, generación de sobrecargas coyunturales de magnitud no prevista, etc.) no influyesen en la distribución inicial de esfuerzos dentro de la propia estructura.

Si se parte de la hipótesis de que las estructuras se construyen de forma secuencial, cuanto más «vieja» sea la parte de la estructura analizada, más rígida será, menos se deformará y, consecuentemente, mayor esfuerzo absorberá.

Es cierto que, desde hace tiempo, han ido apareciendo estudios y programas especializados donde se trata, de forma simplificada, este tema, con el objetivo último de detectar cuáles son las plantas más cargadas y comprobando la idoneidad de los puntales que se utilizarán en la obra.

Pero en ningún lugar hemos visto estudios detallados que nos permitan abordar plenamente el cálculo y posterior dimensionado de una estructura obteniendo previamente los esfuerzos en las diferentes barras de que se compone.

A tal efecto, téngase en cuenta que, debido a la importante magnitud de los márgenes de seguridad que habitualmente se emplean en el cálculo, una serie de «vicios ocultos», de entidad nada despreciable en muchos casos, podrían no llegar a ponerse de relieve en una primera instancia, alterando, en cambio, la capacidad de respuesta de la estructura ante situaciones inhabituales, como serían las relativas a la actuación de cargas de viento o acciones sísmicas de la magnitud de las que se contemplan en la normativa vigente.

Para concretar, vamos a analizar a continuación la repercusión del método de construcción empleado en un edificio concreto de hormigón armado de varias plantas en la distribución de los esfuerzos en las distintas barras en fase de servicio.

CONSIDERACIÓN DEL CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA TENIENDO EN CUENTA EL TIEMPO COMO UNA VARIABLE

Sostenemos que existen variables dependientes del tiempo que modifican y —en muchos casos, de forma sensible— el estado tensional de una estructura, por lo que no es posible despreciarlas sin ninguna consideración previa. Así:



Tipología del entramado en función del método de construcción

Tal como hemos comentado, la estructura se va construyendo durante la construcción de forma secuencial. Primero se construye la primera planta, luego la segunda, etc. (fig. 1).

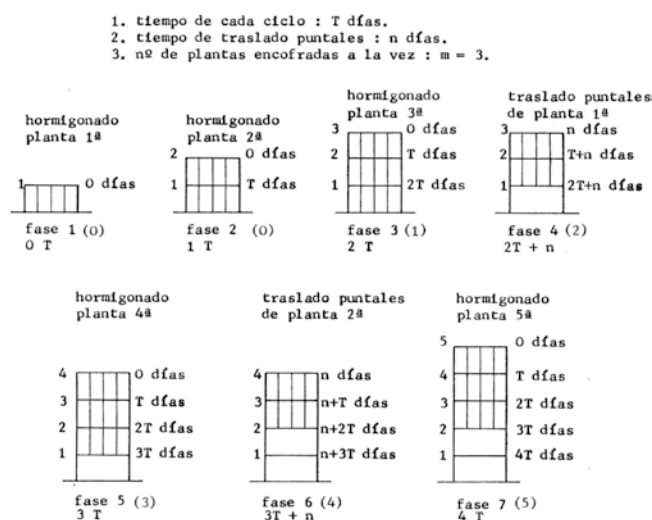


Figura 1. Secuencia de construcción de un entramado.

La diferencia entre ellas radica en el número de plantas construidas en cada etapa y en el número y localización de las plantas encofradas y apuntaladas en un momento determinado.

Este proceso responde fundamentalmente a dos únicas operaciones básicas, que se van realizando alternativamente:

- Hormigonado de la planta superior.
- Traslado de los puntales (y del resto del encofrado) desde la planta inferior encofrada a la superior, para que pueda volverse luego a efectuar la operación I). Las únicas excepciones a este proceso constituyen, por un lado, las primeras fases, en las que siempre se aplica la operación I) (tantas veces como plantas se plantea encofrar a la vez) y, por otro, las últimas fases, en las que solo se utiliza la operación II) (también tantas veces como plantas encofradas haya).

Si en el cálculo se consideran los puntales como barras doblemente articuladas en sus extremos, las características del encofrado empleado pueden incidir definitiva-

mente en la configuración y reparto de los esfuerzos, tensiones y deformaciones de las situaciones intermedias a tener en cuenta, tanto en lo concerniente al emplazamiento de estos elementos de posición variable con el tiempo, como por lo relativo a su propia definición resistente.

Cargas

No es lo mismo considerar las cargas que debe soportar una estructura mientras se está construyendo, que considerar las cargas que tendrá que soportar una estructura una vez finalizada, la cual deberá tener en cuenta las cargas que se prevea tendrá que soportar durante toda su vida útil.

Durante su proceso de construcción se consideran normalmente como cargas muertas el peso propio del hormigón vertido en los forjados más el peso propio de todo el encofrado².

Como cargas vivas se entienden todas las posibles sobrecargas que pueden llegar a aparecer durante la ejecución de la obra y dentro del término se pueden incluir: la carga de personal, vías de circulación, material de hormigonado, almacenamiento de materiales de obra, efectos dinámicos, cerramientos, peso de las instalaciones y pretensados.

Se han tomado en concreto los valores que recomienda el ACI americano al considerar un valor genérico total de $2,40 \text{ kN/m}^2$.

Para estructuras normales de edificación, el ACI 347-04 también contempla la posibilidad práctica de adjudicar un único valor a la suma de las cargas debidas al peso propio de la estructura y a las posibles sobrecargas de construcción, sin diferenciar los porcentajes en que estas contribuyen al valor total. Para el caso en que se prevea la utilización de vehículos rodados dentro de la obra, el valor total recomendado para las cargas (siempre sin mayorar) es de $6,00 \text{ kN/m}^2$, que se convierte en $4,80 \text{ kN/m}^2$ para los demás casos.

Finalmente, Taylor establece un coeficiente de seguridad (mayoración) de cargas, para cubrir una posible negligencia debida al almacenamiento de materiales, que fija en $K = 1,25$.

² Para casos normales de edificación, el C.E.B. fija la cantidad de $0,50 \text{ kN/m}^2$, en cambio Grundy y Kabayla aconsejan tomar un 10% del pp del forjado.

Una vez construida la estructura que es el momento y la tipología sobre la que se realizan habitualmente los diferentes cálculos y comprobaciones estructurales.

Durante TODA la vida útil de un edificio (del orden de 50 años según normativa en viviendas) se deberán tener en cuenta otro tipo de cargas como, por ejemplo, la sobreposición de un nuevo pavimento, un cambio de los tipos de las barandillas, etc.

En resumen: se tendrán que comprobar la bondad de las estructuras en tres estadios distintos:

- Durante su construcción, y teniendo en cuenta la colaboración en el reparto de esfuerzos de los puntales.
- Al finalizar su construcción (*foto finish*).
- En periodo de servicio a lo largo de toda su vida útil marcada por la Instrucción³.

RESISTENCIAS

Cuantiosos ensayos, suficientemente contrastados por la práctica, demuestran que el hormigón, el material más comúnmente usado en la construcción, tiene unas características (deformabilidad, resistencia, etc.) que no se pueden considerar independientes del factor tiempo, y que, por tanto, varían en función de su «edad».

Cuando decidimos realizar las comprobaciones y los cálculos de la estructura sobre una única tipología *foto finish* estamos suponiendo erróneamente que las características mecánicas de los materiales resistentes no cambian con el tiempo y esto, en el caso particular del hormigón, no se ajusta a la realidad.

Como sabemos, el hormigón de corta edad tiene unos valores de resistencia f_{cd} y módulo elástico E_c muy pequeños, valores que se va incrementando con el tiempo para alcanzar, a los 28 días de edad según normativa, una resistencia característica con la que operamos normalmente para dimensionar las estructuras.

Pero no es cierto que a esta edad la resistencia se estabilice, sino que sigue una progresión ascendente, normalmente de menor intensidad que antes, lo que nos permite suponer que, a mayor antigüedad, el material resistirá mejor (fig. 2a).

³ Es importante recordar la responsabilidad del arquitecto en viviendas durante la construcción del edificio pero también a lo largo de un tiempo una vez construido el edificio (decenal).

Este factor, que normalmente nos permite operar con unos mayores coeficientes de seguridad, también influye a la hora de obtener las cuantías mínimas mecánicas que son función de la resistencia del hormigón. Veamos:

Según reza en el articulado de la Instrucción:

«Se limitará la armadura a tracción por la necesidad de evitar que, debido a la insuficiencia de dicha armadura para asegurar la transmisión de los esfuerzos en el momento en que el hormigón se fisura, pueda romperse la pieza sin previo aviso (rotura agría) al alcanzar el hormigón su resistencia a tracción.»

Así, para secciones rectangulares de h.a. trabajando a flexión simple⁴, será:

$$A_s \geq 0,04 A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

Y, para secciones sometidas a compresión simple o compuesta:

$$A'_{s1} f_{yc,d} \leq 0,5 f_{cd} A_c$$

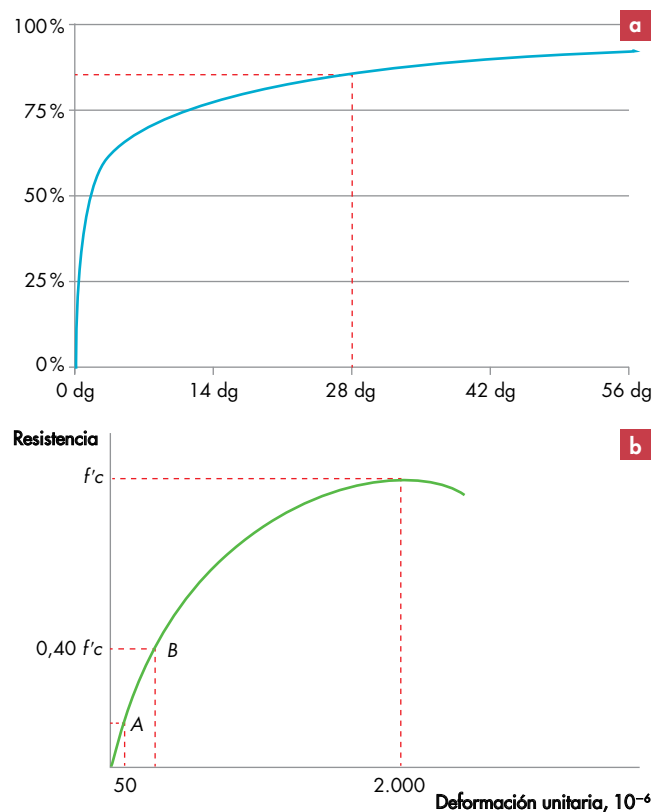


Figura 2. a) Diagrama de resistencia en $f(t)$. b) Diagrama real de tensión-deformación.

⁴ Según el artículo 42.3.3. de la EHE-08.

Es decir, para mayores valores de la resistencia del hormigón con la que se trabaja, también serán mayores los requerimientos de la armadura mínima. Así, según la formulación anterior, podría darse el caso que, para pequeñas tensiones, el armado con cuantía mínima no cumpla con este requisito, o lo que es lo mismo, nos obligará a aumentar la cuantía del acero A_s para que este cumpliera con lo que establece nuestra Instrucción.

MÓDULOS ELÁSTICOS

En lo referente a la deformabilidad del hormigón, las distintas normativas estudiadas coinciden en definir el valor del módulo de Young (relación entre la tensión creada y la deformación producida) como una función del parámetro tiempo (fig. 2b). Ello, evidentemente, incide en la deformabilidad de los distintos miembros constituidos por este material y, consecuentemente, en la distribución de esfuerzos debidos a las cargas exteriores y pesos propios. Para una estructura «completa» en condiciones de servicio, con una vida más o menos larga, no tiene demasiada importancia, ya que la diferencia entre los módulos de elasticidad de las distintas barras constitutivas de la misma es prácticamente insignificante (y, por tanto, su deformación relativa también).

En cambio, sí puede tenerla para el caso de un edificio en construcción o recientemente construido. Al hormigón más «joven» de dicho edificio le corresponderá un módulo de deformación más bajo, los miembros en los que se integra detentarán una menor rigidez, a lo que corresponderá una menor capacidad para absorber los esfuerzos inicialmente previstos, para un estado de deformación predeterminado.

Esto es especialmente importante en las primeras fases constructivas cuando el valor del módulo elástico varía con más intensidad.

ESTADO DEL ARTE

Al principio, el personal con las escasas herramientas de que disponía para dimensionar las estructuras de los edificios se las ingeniaba utilizando métodos de cálculo con un grado de simplificación muy elevado (método de Cross, estática gráfica, etc.).

Con el paso del tiempo y con la ayuda de los ordenadores, el mundo del cálculo dio un vuelco espectacular

permitiendo combinar multitud de hipótesis distintas y consiguiendo unos resultados mucho más afinados.

Así, cuanto más precisos fueran los modelos simplificados escogidos, menores serían los errores cometidos. Ello permitía optimizar, lógicamente, el coste de la construcción, vía reducción de los márgenes de seguridad a emplear o, bien, trabajar con mayores garantías, al poder disponer de unos márgenes de seguridad de mayor amplitud.

Cuantas más variables se tuvieran en cuenta en el cálculo, más aproximado sería también el modelo escogido. Es entonces cuando se introduce el concepto de «proceso de construcción» como elemento a considerar.

Como sucede con cierta frecuencia en el diseño estructural, los primeros estudios llevados a cabo dentro de esta línea tuvieron lugar, no tanto como consecuencia de procesos de investigación de índole teórica, si no como respuesta a unos casos concretos que presentaban ciertas dudas sobre la posibilidad de utilización de procedimientos constructivos habituales. Esto ha dado lugar a que la información que actualmente se dispone sobre la cuestión aparezca muy pormenorizada, para unas situaciones específicas, dándose tan solo síntomas de generalidad para los casos de algunos esquemas elementales, cuyos resultados presentan notables dificultades de generalización. Véanse al respecto los trabajos de J. K. Nielsen^[2], P. Grundy y A. Kabayla^[3], R. K. Agarwal^[4], etc.

Así, la gran mayoría de los primeros estudios llevados a cabo sobre el particular, se apoyaban en unas hipótesis básicas, cuya elección ha dependido de su posibilidad de máxima generalización, de la fiabilidad de los resultados obtenidos mediante su aplicación y de la simplicidad de los procesos de cálculo instrumentales a partir de su consideración.

A continuación, se enumeran, a grandes rasgos, dichas hipótesis:

1. La estructura está formada por pórticos planos de hormigón armado (se desprecia, por tanto, el efecto de las torsiones).
2. Solo se consideran estructuras de un solo vano, sin voladizos.
3. Las longitudes y secciones de todas las barras horizontales (léanse jácenas o forjados) son siempre iguales.

4. La retracción y la fluencia del hormigón se desprecian, con lo que la estructura puede suponerse trabajando elásticamente.
5. No se considera la deformación vertical de los soportes (muros y pilares).
6. Los puntales se comportan como barras doblemente articuladas en sus extremos.
7. Las uniones de las barras horizontales con las verticales se contemplan como empotramientos perfectos (caso de Nielsen) o como simples apoyos.
8. El suelo sobre el que se apoya la estructura es infinitamente rígido.
9. Los puntales que soportan los encofrados, que a su vez aguantan a los forjados, se consideran como apoyos continuos. Es decir, que la reacción que provocan dichos puntales sobre las distintas plantas puede considerarse como una carga uniformemente repartida.
10. Los ciclos de construcción son regulares. Es decir, el tiempo que se tarda en construir cada planta «T» es siempre el mismo.
11. Se definen como factores relevantes para la obtención de resultados los llamados «factores de carga», o porcentajes máximos de la carga final que soporta cada planta.

Posteriormente han surgido métodos y programas más precisos, como el «Procedimiento Simplificado de Calderón et al.^[5] (2011)» que ha adoptado empresas del sector actualmente, siempre basados en hipótesis elásticas, que permiten mejorar la discretización de la estructura permitiendo, por ejemplo, diferenciar entre paneles de borde o centrales, pero siempre adoptando simplificaciones importantes en la discretización y sin entrar a particularizar los esfuerzos y tensiones en barras (solo en puntales).

Y finalmente, a día de hoy, están apareciendo estudios más depurados, habitualmente soportados por programas de MEF que nos permiten deducir los máximos valores de las cargas soportadas en periodo de construcción y las repercusiones de las deformaciones de las estructuras a corto y largo plazo, una vez construido el edificio pero centrando siempre el análisis dentro del rango del Estado Límite de Servicio (E.L.S.)^[6].^[7]

De ahí la necesidad de contar con una metodología que se apoye en un programa lo más versátil posible

que nos permita analizar con garantía los efectos en el tiempo de una estructura de un edificio no solo en E.L.S. sino, sobre todo, en Estado Límite Último (E.L.U.).

PRESENTACIÓN DEL PROGRAMA «CONSTRUC»

Descripción del programa

El estudio que aquí se presenta se basa en la ejecución de un nuevo programa que hemos bautizado como «CONSTRUC»^[8] (fig. 3), y que permite, a diferencia de los anteriores:

- Diseñar estructuras de varios vanos.

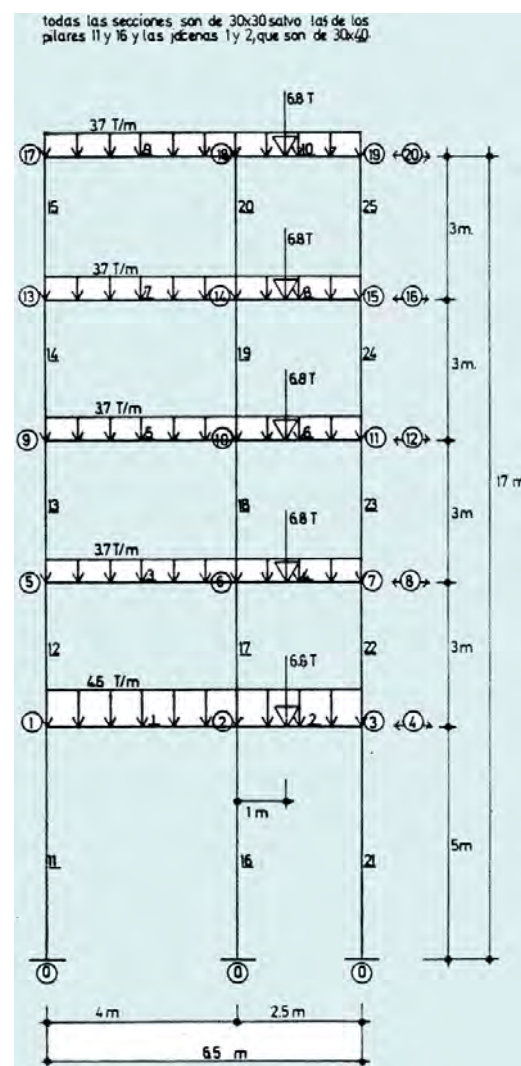


Figura 3. Ejemplo de tipología del programa «CONSTRUC».



Figura 4. Diagrama de flujo del programa «CONSTRUC».

- Posibilidad de análisis de pórticos con características diferenciales entre las distintas plantas (altura de pilares, luces de jácenas, momentos de inercia, etc.).
- Admisión de cargas de distintos tipos: uniformemente distribuidas, puntuales, etc.
- Fijación, por parte del analista, de las características de los enlaces entre las diferentes barras.
- Consideración de las reacciones de los puntales como cargas puntuales, y no como uniformemente repartidas, tanto en el apuntalado como en el desapuntalado del encofrado.

Su objetivo sería el de ampliar las prestaciones que actualmente satisface un programa cualquiera de cálculo de esfuerzos en estructuras bidimensionales de pórticos planos ortogonales, sometidas a cargas estáticas, efectuando de una forma totalmente automática, el análisis de todas las situaciones (fases) por las que atraviesa una estructura durante su ejecución, atendiendo, en cada una de ellas, a todos los parámetros que la definen (edad de cada planta, altura alcanzada, número de plantas encofradas, número de puntales, etc.)⁵.

⁵ El programa permite la evaluación de esfuerzos en estructuras utilizando los métodos habituales de cimbrado-descimbrado (CD) pero no contempla la aplicación de otros métodos alternativos de apuntalamiento más recientes (CRD - CCD).

El programa se diseña, tal como puede verse en el diagrama de flujo (fig. 4), en una estructura de árbol que llama en cada fase a un programa cualquiera de cálculo de barras, basado en nuestro caso en el método de Cholesky o de las deformaciones.

Aplicación del programa «CONSTRUC» a una estructura concreta

Como edificio base a analizar, y dado el carácter de máxima simplicidad de procedimientos que se ha querido dar, se ha adoptado una construcción de cinco plantas de altura y un solo vano, en el que se plantean tres puntales por planta. Los datos de secciones y estado de carga son los indicados en la figura 5, y con ellos se consigue una notable simplificación en la exposición de resultados, aunque sus conclusiones son extensibles a otro tipo de geometrías.

Se han adoptado como esfuerzos, base de comparación:

- En jácenas: los **flectores** (positivos y negativos) así como los **cortantes**.
- En pilares: los **flectores** (superiores e inferiores) y las **axiles**.

Estos son los valores que, normalmente, se tienen en cuenta en el dimensionado final de una estructura.



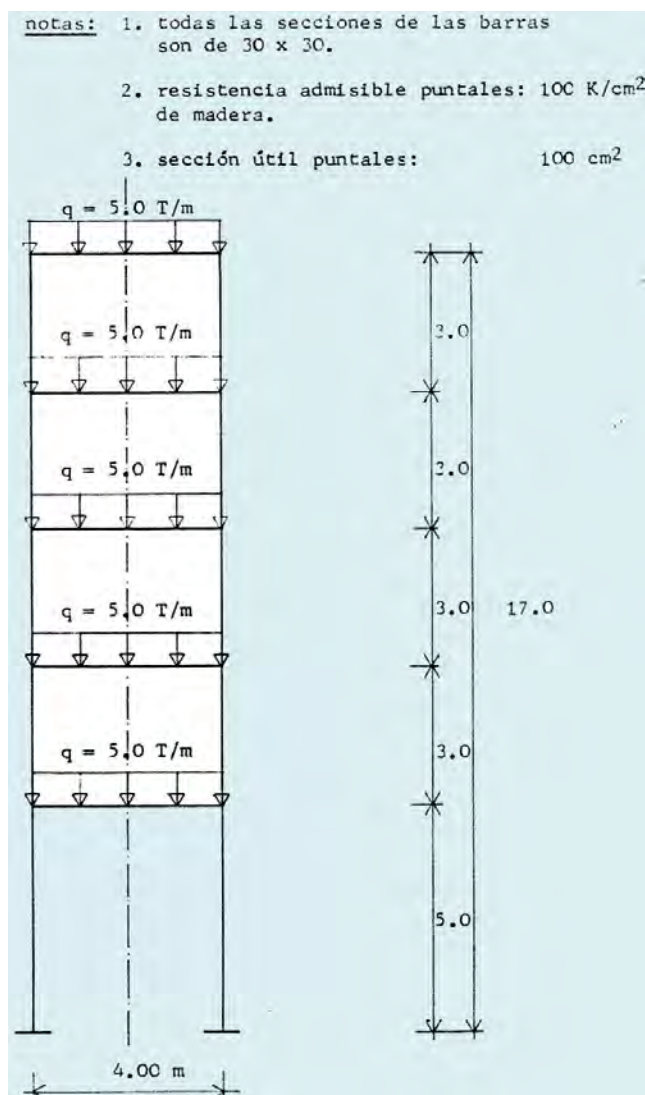


Figura 5. Esquema del pórtico.

Como módulo elástico del material, necesario para el cálculo de las deformaciones, se ha tomado el valor correspondiente al módulo instantáneo de deformación longitudinal (pendiente de la secante). En cambio, cuando aplicamos el programa tradicional de cálculo, podemos considerar las cargas exteriores como de actuación permanente, con lo que interviene el fenómeno de la fluencia y las deformaciones aumentan, con lo que disminuye fuertemente dicho valor.

Como algoritmo de variación del módulo elástico E_c con el tiempo, hemos adoptado la antigua fórmula de Weber (j en días)^[9]:

$$\frac{E_{cj}}{E_{28}} = 1,0605 \times 1,155^{-\frac{3}{j^{0,6}}}$$

Para posibilitar la formación de una idea acerca de la diferencia que puede comportar, a nivel de esfuerzos, el análisis de una estructura a partir de programas que tengan en cuenta el proceso de construcción («CONSTRUC») con respecto a los métodos tradicionales de cálculo (programa matricial convencional), a continuación se comparan los resultados obtenidos mediante ambos programas aplicados al mismo entramado.

- ESTRUC-0 resultados del programa convencional «STRAPP».
- ESTRUC-1 resultados del programa «CONSTRUC»⁶.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante el proceso de construcción

Flectores y cortante en jácenas

Por lo que respecta a las jácenas desapuntaladas, los resultados (tanto en lo concerniente a los positivos como a los negativos) no difieren entre sí excesivamente. Quizás, se puede apreciar un ligero aumento de los positivos y una disminución, en la misma proporción, de los negativos.

Donde, lógicamente, se produce mayor variación y en consonancia con estudios anteriores, es en las jácenas apuntaladas (incluyendo las jácenas inferiores que soportan puntales).

En las jácenas superiores, al actuar los puntales como apoyos provisionales (con una cierta capacidad de desplazamiento vertical), los momentos flectores, tanto los positivos de centro del vano, como los negativos de apoyo, disminuyen de valor en los resultados del «CONSTRUC», para ir aumentando a medida que descendemos a las plantas inferiores, llegando a la primera planta apuntalada, donde se localizan los máximos.

Flectores en pilares

En consonancia con lo anterior, y para las plantas apuntaladas, el flector aumenta en las inferiores.

⁶ Aunque los resultados son generalizables, para el ejemplo se han tomado los siguientes valores: t (tiempo que transcurre entre el hormigonado de dos plantas sucesivas) = 7; n (tiempo de traslado de puntales) = 5, m (máximo número de plantas encofradas a la vez) = 2.

Axiles en pilares

Lógicamente, los axiles acumulados de todas las plantas serán inferiores en los resultados, aplicando el programa «CONSTRUC» y, como máximo, cuando hayan sido construidas todas las plantas, el factor de carga será igual a la unidad.

En fase de servicio (resultados finales)

Comparando los resultados entre el cálculo instantáneo «STRAPP» y el cálculo considerando la evolución en el tiempo del edificio «CONSTRUC», los valores de los **axiles** en pilares de las plantas tipo son similares y curiosamente en una primera aproximación en los **cortantes** en jácenas también; no así en lo que respecta a los **flectores** que se analizan a continuación.

Flectores en pilares

Dichos esfuerzos resultan mucho mayores a partir de la utilización del programa «CONSTRUC», en las secciones superiores de todos los pilares (hasta del orden del 40%), y mucho menores, aproximadamente, en la misma proporción anterior, en las inferiores de los mismos elementos (salvo los de la planta baja, donde no sufren alteración) (fig. 6).

El motivo de estas grandes diferencias fundamentalmente hay que buscarlo en el proceso de fases empleado en el programa «CONSTRUC».

Al construir la planta «n», el momento producido por las cargas que gravitan en dicha planta solo se distribuye entre dos barras, la horizontal, donde se aplica la carga, y el pilar de dicha planta.

En cambio, cuando aplicamos el programa tradicional sobre toda la estructura completa, los momentos ya se distribuyen entre las tres barras que confluyen en el nudo en cuestión.

La suma de dichos flectores, a lo largo de todas las plantas del pórtico y para todas las fases, provoca que la distribución de esfuerzos finales obtenida se encuentre a medio camino entre la estructura analizada y una estructura hipotética, que tuviese todos sus pilares articulados en sus bases, tal como puede contemplarse en la figura 7.

Flectores en jácenas

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, los flectores positivos, utilizando el programa «CONSTRUC»,

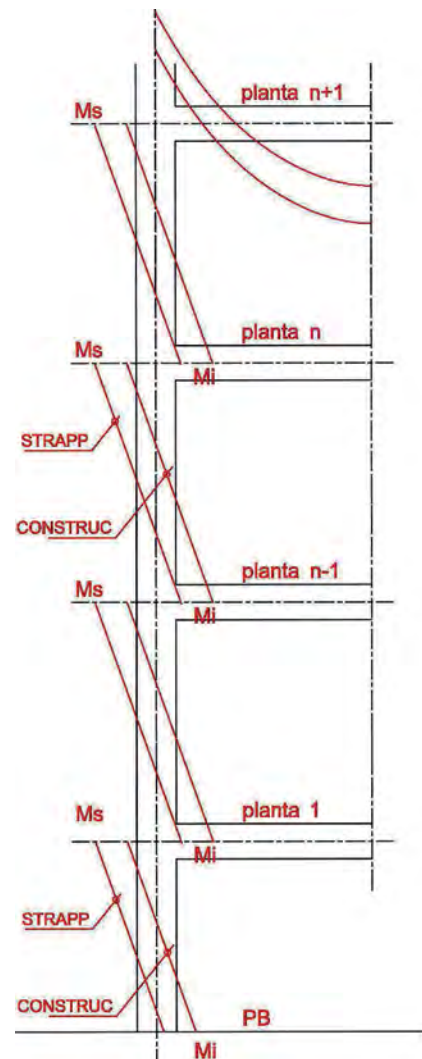


Figura 6. Diferencia de los flectores.

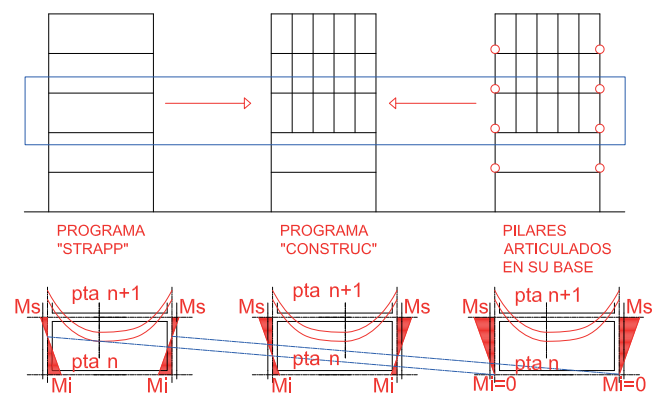


Figura 7. Proceso de cálculo y reparto de esfuerzos.

son algo mayores. En consecuencia, como el momento isostático debe ser igual, en cualquier caso al valor de

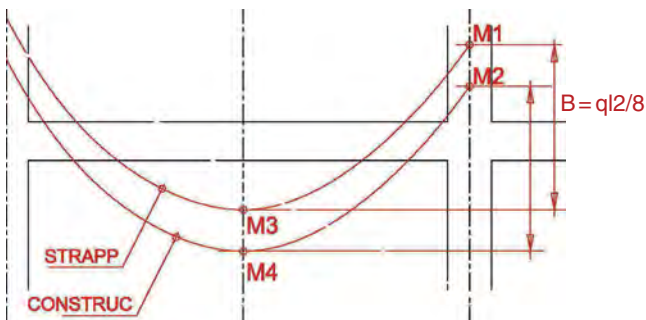


Figura 8. Diferencias de las flectores en jácenas.

$ql^2/8$, los momentos negativos serán, consecutivamente, algo menores, tal como puede verse en la figura 8.

BREVE RESUMEN DE LAS CONCLUSIONES MÁS IMPORTANTES

Aunque sabemos que el hormigón armado se comporta como un material elasto-plástico con redistribución de esfuerzos entre las distintas barras de una retícula portante en función de la ductilidad/rigidez de los nudos y barras, es habitual en primera instancia considerar un comportamiento elástico de análisis de barras como el anterior, lo que nos permite obtener una buena imagen de cómo, originalmente, tienden a repartirse los esfuerzos dentro del modelo escogido.

En este marco, el proceso de levantamiento de una estructura de hormigón armado comporta una redistribución de esfuerzos, tensiones y deformaciones, en las distintas secciones de las barras que la componen que, en la gran mayoría de los casos, no es correcto despreciar.

- Debido al desarrollo por fases, la estructura en periodo de construcción tiende a comportarse como si los pilares estuviesen semi-articulados en sus bases, lo que modifica la distribución de esfuerzos y su correspondiente estado tensional, con respecto al modelo clásico de análisis de entramado final.
- Se confirma que, comparando ambos casos, especialmente en las jácenas y forjados inferiores que soportan puntales solamente debidos a las cargas de construcción, se pueden producir esfuerzos que pueden superar ampliamente los producidos en fase de servicio, lo que obliga a definir previamente el sistema de apuntalado a realizar.

- Todo ello, sin contar con la posible disminución de la resistencia del hormigón para edades de desapuntalado inferior a los 28 días, lo que repercutirá desfavorablemente en su capacidad portante.

Un resumen puede contemplarse en la tabla 1 que se anexa.

Miembros	Esfuerzos	Tipo	Durante la construcción (valores extremos)	Resultados finales
Jácenas	Flectores	Positivos	△△△	△
		Negativos	△△△	▽
	Cortantes	—	△△△△	=
Pilares	Flectores	Secciones superiores	△△ (salvo PB)	△△ (salvo PB)
		Secciones inferiores	▽▽ (salvo PB)	▽▽ (salvo PB)
	Axiles	—	▽	=
Puntales	Axiles			—

LEYENDA

- = idénticas
- △ ligeramente mayores ~5-10%
- ▽ ligeramente menores ~5-10%
- △△ bastante mayores >20%
- ▽▽ bastante menores >20%
- △△△ mucho mayores >50%

Tabla 1. Resumen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bordón de Benito, Gerant Y.; Prats Barqué, Gloria. Estudio comparativo de la eficacia de los diferentes métodos de cálculo de estructuras por ordenador.
- Knud, E. C.; Nielsen, J. K. «Loads on Reinforced Concrete Floor Slabs and their Deflections during Construction». The Royal Institute of Technology, Swedish Cement and Concrete Research Institute. 1952.
- Grundy, P.; Kabayla, A. «Construction Loads on Slabs with Shored Formwork in Multistory Buildings», *Journal of ACI*, 1963. Pp. 1729-38.

- [4] Agarwal, R. K. «An Experimental Investigation of Shoring Systems for High-Rise Flat-Slab Structures», Thesis Doctoral. Ottawa, 1972.
- [5] Calderón, A.; Albarado, Y.; Adam, N. «A new simplified procedure to estimate loads on slabs and shoring during the construction of multistory buildings». Engineering Structure. Vol. 33, 2011, pp. 1565-1575.
- [6] Alvarado Vargas, Yezid Alexander; Buitrago, Manuel; Gasch, Isabel; Domínguez, María N.; Cipagauta, Miguel A. «Short- and long-term deflections of RC building structures influenced by construction processes». Structural Engineering and Mechanics, Vol. 64, N.º 2 (2017), 173-181.
- [7] Alvarado, Yezid A.; Buitrago, Manuel; Gasch, Isabel; Prieto, Camilo A.; Ardilla, Yesenia A. «Stage of Construction: An essential consideration in designing reinforced concrete building structures». Structural Concrete (2017), 1-9.
- [8] Maristany, J. «Factores que influyen en el diseño de la estructura de un edificio de varias plantas, al considerar su proceso de construcción». Programa CONSTRUC. Cap. 3.1. Tesis Doctoral. Barcelona UPC, 1984. Pp. 225-339.
- [9] Weber, J. W. «Empirical Formulas for describing the Strength Development of the Modulus of Concrete», Betonwerk+Fetigteil-Technik Journal, Heft 12, 1979.



Alsina
SOLUCIONS EN ENCOFRATS

/ Edificació
/ Obra Civil
/ Aigua
/ Enginyeria
/ Seguretat

Grup Alsina

T: +34 935 753 000

E: alsinainfo@alsina.com

W: www.alsina.cat

You Tube   

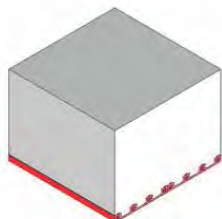
ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification
Encofrados J.Alsina, S.A. 



La Solución de KNAUF
al Poliestireno frente al fuego

KNAUFINDUSTRIES

LOS FORJADOS ALIGERADOS CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
Comportamiento al fuego y nuevas soluciones adaptadas al Código Técnico



Más información:

www.knauftherm.es

MASTER®
BUILDERS
SOLUTIONS



NECESSITO UNA
PROTECCIÓ ADEQUADA
CONTRA LA CORROSIÓ

Existeixen varis fabricants que ofereixen productes classificats com a inhibidors de corrosió i que en moltes ocasions no són més que simples impregnacions superficials d'eficàcia qüestionable. En conseqüència, quan es pretén especificar un tractament amb un inhibidor de corrosió es imprescindible tenir garanties de la seva efectivitat. MasterProtect 8000 CI és l'agent inhibidor de corrosió de BASF i actualment és l'únic producte del mercat d'aquestes característiques avalat per un certificat DIT-Plus pel Instituto Eduardo Torroja, que verifica i confirma la seva eficàcia a llarg termini com a tractament anti-corrosió pel formigó armat. BASF ofereix el servei de diagnòstic d'estructures amb mesures in situ de corrosió per tal d'identificar de forma prematura aquesta patologia i permetre l'aplicació, amb aplicadors homologats, de tractaments preventius amb l'agent inhibidor de corrosió certificat MasterProtect 8000 CI. Més informació a www.master-builders-solutions.basf.es

BASF
We create chemistry



ESPECIALISTES en la
diagnosi de patologies
en estructures de fusta



Determinació de la **classe
resistent** per ultrasons.

Determinació de la
degradació mitjançant
anàlisi resistogràfic.

Determinació de la
densitat mitjançant
extractor de cargols.

Identificació de l'**espècie**
de fusta.

Detecció visual i acústica
d'activitat de **xilòfagues**.

Prescripció i valoració
d'actuacions de
sanejament i conservació.

sanite.es
diagnosisdelamadera.com



T. 933 362 024
tecnic@sanite.net

DÓVELAS con FIBRAS metálica DRAMIX®



- Refuerzo multidireccional (alta resistencia al desconchamiento)
- Reducción de costes
- Más espacio (no hay armaduras en stock)
- Cálculo conforme con las normas vigentes
- mayor sostenibilidad
- Más ecológico (menos CO2 liberado)



BEKAERT Industrias Del Ubierna
Travessera de Gràcia, 30, 2ºCD
08021 BARCELONA - SPAIN
T+34 93 241 90 06
M+34 606 993 922

UNA ESTÀTICA RECÍPROCA

JOSEP M. GENESCÀ RAMON

Consultor d'estructures i geòmetre.

L'extraordinària influència que les estàtiques gràfiques de Culmann i Ritter van tenir posteriorment en el càlcul d'estructures no s'entendria sense la col·laboració d'uns personatges savis. Van ser fonamentalment tres: Rankine, Maxwell i Cremona. Contemporanis, però desvinculats entre ells, amb dedicacions professionals i acadèmiques en les quals l'enginyeria estructural és marginal, coincideixen exposant una filosofia geomètric-estructural amb criteris de reciprocitat. Això permet un desenvolupament ràpid dels mètodes gràfics de càlcul estructural. Després d'una introducció en què es clarifica el significat de l'estàtica reciprocista, tant des del punt de vista geomètric com estàtic, s'exposaran aquí, de forma exclusivament gràfica, les investigacions dels autors abans indicats amb la intenció de clarificar i col·locar en el seu context històric una qüestió tan important com poc estudiada.

The extraordinary influence that Culmann and Ritter's graphic statics had later on the calculation of structures would not be understood without the collaboration of some wise characters. There were basically three of them: Rankine, Maxwell and Cremona. Contemporaries but unconnected, with professional and academic interests where structural engineering is marginal, they coincided by stating a geometric and structural philosophy with reciprocity criterion. This allows a quick development of the graphic methods of structural calculation. Following an introduction where the meaning of the reciprocist statics is clarified from the geometric as well as from the static point of view, the research from the above mentioned authors will be explained exclusively in a graphic way, with the intention of clarifying and putting in its historic context such an important and hardly studied question.

CONTEXT HISTÒRIC

La història ens ensenya que enfront d'una demanda social, econòmica o d'altre tipus, la ciència intenta donar resposta a aquesta demanda. Per exemple, els mètodes iteratius per resoldre estructures hiperestàtiques apareixen quan es dona l'erupció del formigó armat. De la mateixa manera, l'extraordinari desenvolupament del ferrocarril a la primera meitat del segle XIX obliga a resoldre uns problemes amb urgència. La topografia d'alguns indrets, especialment les depressions i els rius, obligava a la construcció de ponts que s'havien prèviament de projectar i calcular. Ja es disposava del material, el ferro. Però era necessari un instrument que permetés, d'una manera compatible amb la urgència social de l'època i esquivant els plantejaments analítics complicats i laboriosos, el dimensionament dels diversos elements que els formaven. D'aquesta manera

van sorgir Rankine, Maxwell i Cremona amb una proposta reciprocista que es convertia en l'instrument més apreciat a mitjans del segle XIX. Es van alimentar intel·lectualment, per una part, de la geometria descriptiva de Gaspar Monge i dels coneixements grafostàtics de Jean Poncelet i van establir amb els seus estudis sobre figures recíproques els criteris fonamentals perquè Karl Culmann pogués donar a l'estàtica gràfica en primer lloc, i al polígon funicular posteriorment amb Wilhelm Ritter, tota la dignitat intel·lectual necessària.

INTRODUCCIÓ

Es diu que una figura és recíproca d'una altra quan entre les dues es pot establir una relació biunívoca de relacions o propietats.



El Diccionari de la Llengua Catalana defineix 'Reciprocitat' com «Fet per dos l'un a l'altre, donat i rebut alhora per cadascun de dos», altres diccionaris aposten per identificar la reciprocitat amb la bilateralitat. Matemàticament, si a i b són dos números i es dona que $a \cdot b = 1$, és a dir, que recíprocament els dos números executen la mateixa acció sobre l'altre, cadascun per l'altre es dirigeixen a la unitat i formen un conjunt de recíprocs. El terme 'Reciprocitat' o els seus sinònims o antònims (correspondència, intercanvi, permuta, correlació, etc.) són utilitzats en diversos camps expressant diversos conceptes segons la matèria a la qual vagi dirigit el terme. Per exemple, en química inorgànica es parla de 'Poliedres recíprocs', també s'utilitza la reciprocitat en antropologia cultural i en psicologia i altres qüestions com la reciprocitat de veus o temes relacionats amb el llenguatge. Però fixem l'atenció en les matèries que parlen de reciprocitat més o menys relacionades amb l'arquitectura o les estructures.

En geometria es diu que 'Poliedres recíprocs' són aquells en què els vèrtexs d'un coincideixen recíprocament amb les cares de l'altre. A la figura 1, el cub i l'octaedre són recíprocs.

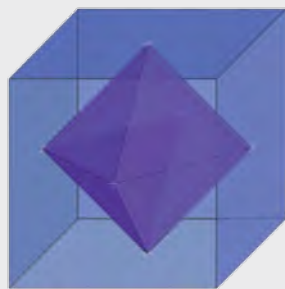


Figura 1.

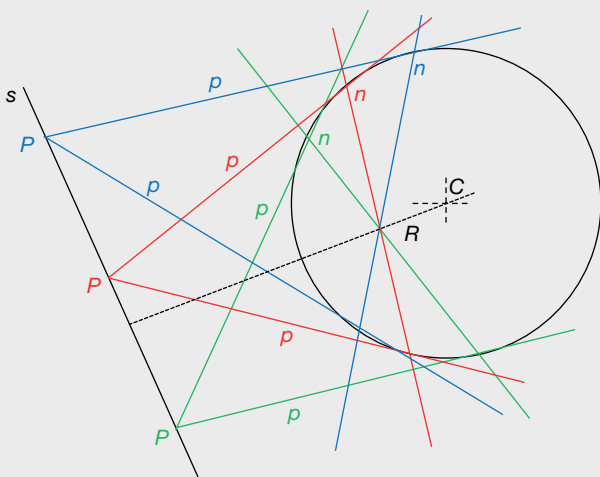


Figura 2.

Simplificant, per exemple, en el cas de figures en el pla (però també en l'espai), es dirà que són recíproques si una d'elles és un polígon tancat i l'altra, construïda

Gaspard Monge (1746-1818) en la *Géométrie Descriptive* de 1798 parla d'un concepte molt interessant, la 'Reciprocitat polar'. Si es té una circumferència de centre C i des d'una recta qualsevol s es llancen des dels punts $P_i (P, P, P...)$ tangents a la circumferència ($p, p, p...)$ i unim els punts de tangència ($n, n, n...)$ amb rectes, aquestes es troben en un sol punt R i es dona que la prolongació de la recta $C-R$ és perpendicular a s . Si els punts P_i estan a la polar de R , recíprocament R està a la polar dels punts P_i (fig. 2).

James Maxwell (1831-1879) publica al 1864 l'anomenat 'Teorema dels desplaçaments recíprocs' on s'anuncia que, si una sol·licitació actua en un punt A d'un cos elàstic, la deformació que es produeix en un altre punt B del mateix cos és igual, recíprocament, a la que es produiria en A si la sol·licitació es dona en el punt B .

Una 'Estructura recíproca' és un muntatge en l'espai on els elements que la formen se suporten mútuament, o es necessiten mútuament, de manera recíproca, per aconseguir l'equilibri. Perquè això sigui possible és necessària l'existència d'un estat de fregament entre les peces. El menor nombre d'elements és tres i cadascun d'ells s'entrega en el següent fins que l'últim coincideix amb el primer. La reciprocitat a les estructures està estudiada des de fa molt de temps, atès que permet realitzar cobertes de forma relativament fàcil i econòmica (fig. 3).

El març de 2017 Jorge Blasco, membre de l'ACE, pronuncia un conferència il·lustrativa i rigorosa sobre el tema.

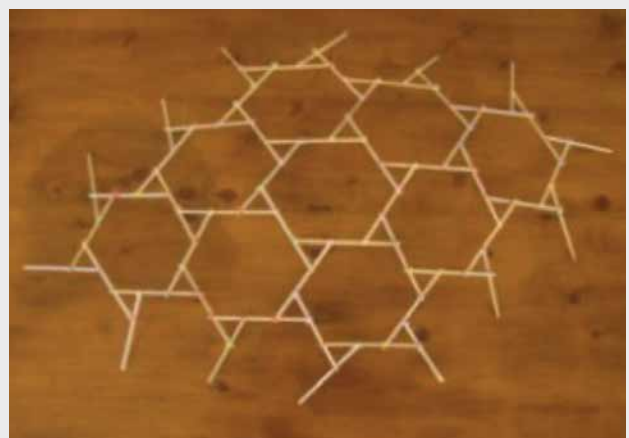


Figura 3.

amb les paral·leles (o perpendiculars) a la primera, coincideixen en un punt O (reciprocitat geomètrica) (fig. 4).

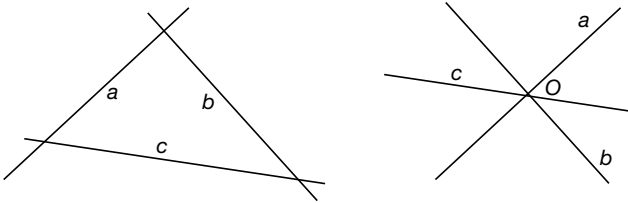


Figura 4.

El conjunt de dues figures recíproques més elemental és el triangle o una figura composta per triangles (fig. 5).

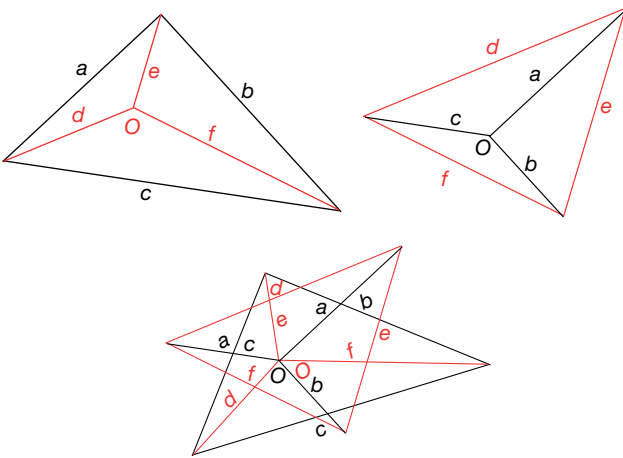


Figura 5.

Les figures recíproques poden complicar-se tant com es vulgui. A la figura 6 es realitza un procés de complexitat creixent que es concreta assignant un color diferent per a cada dualitat recíproca. Per exemple, el punt format per la trobada de les línies *g-h-i* es reproduïx amb triangles recíprocs a partir de la segona construcció.

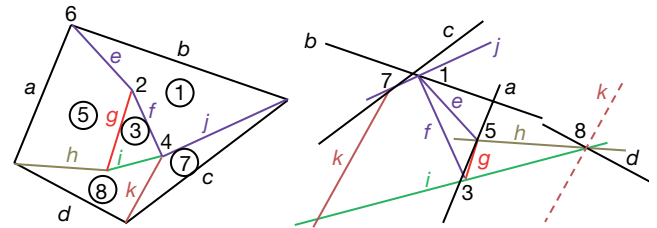


Figura 7.

No totes les figures tenen la seva recíproca. A la figura 7, tancada i amb 11 línies, s'aconsegueix la reciprocitat als set primers temptejos però és a la vuitena on el polígon tancat *d-h-i-k*, designat amb el número 8, no té reciprocitat, atès que les línies *d*, *h* i *i* es troben en un punt, designat de la mateixa forma amb el número 8, però es dona la impossibilitat que la línia *k* coincideixi amb les altres tres, ja que forma també part del triangle *c-j-k* i del punt 7 a la figura recíproca.

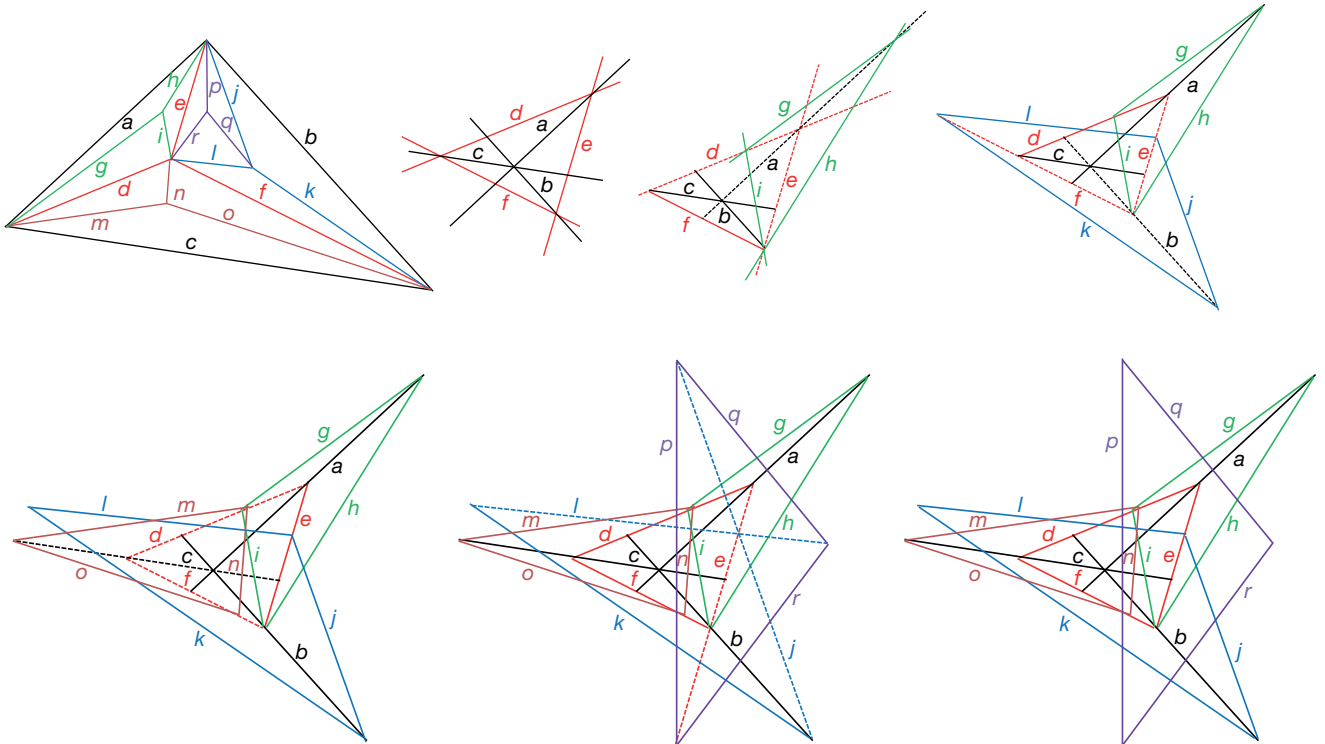


Figura 6.



Esbrinem quin significat estàtic pot tenir aquest concepte geomètric de reciprocitat. O com la geometria i l'estàtica poden compartir una reciprocitat. Si suposem que les línies coincidents en el punt O (fig. 8) són barres, en principi coplanàries i sense pes propi, aleshores aquest punt de coincidència pot ser un nus estructural. Sobre les barres que el formen es poden transmetre forces de determinada intensitat i sentit.

Aquestes forces poden equilibrar o no el nus. Per comprovar l'equilibri podem senzillament aplicar la llei del paral·lelogram amb les forces F_a i F_b i la resultant a la següent F_c i així successivament i amb l'ordre que es consideri oportú fins obtenir la resultant $F_a + F_b + F_c$ que comprovem té la mateixa intensitat i sentit contrari que F_d . En aquest cas el nus està en equilibri (fig. 9).

Però era el cas d'una estructura molt senzilla. En altres casos, aquesta composició de forces es pot complicar excessivament.

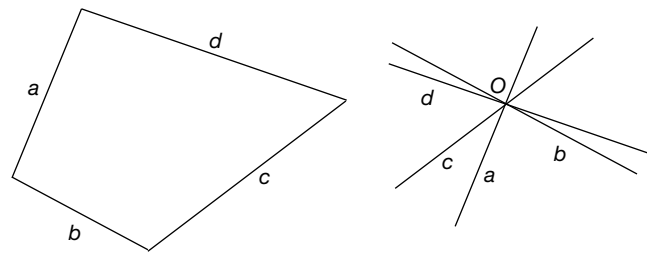


Figura 8.

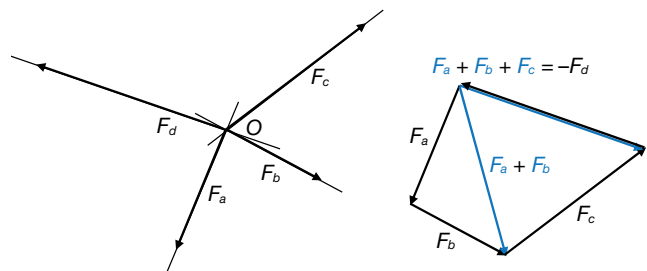


Figura 9.

Per il·lustrar la complexitat que l'aplicació de la llei del paral·lelogram té en alguns casos, observem el següent exemple. En aquesta estructura (fig. 10) es pot comprovar que la utilització de la llei del paral·lelogram per resoldre estructures compostes per barres en el pla i isostàtiques és extraordinàriament difícil. Primerament, amb l'ajut del polígon funicular, s'han calculat les reaccions R_A i R_B . Començant pel nus compost per les barres 1-2-3 s'ha anat avançant fins arribar a la barra 9 on les dificultats gràfiques es fan excessives. Però en tot cas és possible resoldre estructures d'aquest tipus sense recórrer a les qüestions recíprocistes, tot i que amb molta paciència. La contradicció de l'exemple és que s'ha utilitzat el polígon funicular per trobar les reaccions, que és un procediment recíprocista, per a continuació intentar resoldre els esforços a les barres amb la llei del paral·lelogram.

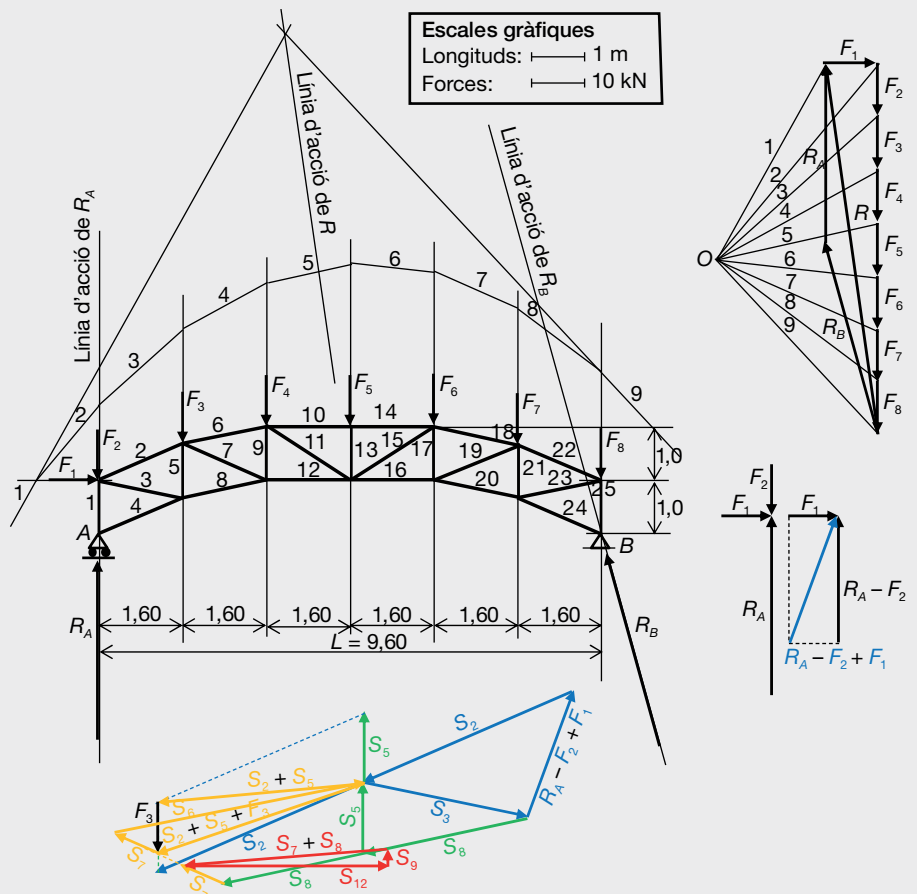


Figura 10.

Si representem les forces aplicades a cada barra de la figura 9 en una altra figura a base de col·locar, una darrere de l'altra, les paral·leles de les forces del nus, tindrem un polígon de forces. Si l'origen de la primera força F_a coincideix amb el final de l'última F_d , direm que el nus O està en equilibri i que les dues figures, el nus i el polígon de forces, són figures recíproques (fig. 9). A més, es comprova que polígons tancats a partir del traçat de línies paral·leles al nus són infinits, tant si es tracta de figures homotètiques ($F'_a...F'_d$) (fig. 12) o no ($F''_a...F''_d$) (fig. 13).

Evidentment, si el polígon no queda tancat (R produeix el desequilibri) no es dona l'equilibri i, a més, les dues figures formades no són estàticament recíproques (fig. 14).

Aquí s'ha pogut comprovar la relació estàtica entre figures recíproques. La reciprocitat es dona no solament de forma geomètrica sinó també, i això és el que realment interessa, de forma estàtica. Per tant, de les dues figures recíproques, una representa geomètricament l'estructura i, l'altra, el conjunt de forces que permeten que la primera es trobi en equilibri.

Tornem a la figura complexa exposada anteriorment a la figura 6 i la considerem una estructura formada per les barres $a...r$ en el pla i afectada de diverses forces en cadascuna d'elles. Aquestes forces es poden pre-dimensionar col·locant-les en el seu lloc i adoptant el nom de la barra on actua sense determinar la seva intensitat (fig. 15).

El polígon de forces ens donarà, per a cada barra i pel triangle corresponent, una de les infinites forces en la qual s'aconsegueix l'equilibri (fig. 16). Finalment, aquestes forces es poden traslladar a l'estructura inicial per obtenir l'estructura en equilibri amb la sol·licitació a cadascuna de les barres (fig. 17). Per exemple, les forces F_p, F_q i F_r que es troben en un nus a l'estructura (fig. 17) formen un triangle en el polígon de forces (fig. 16).

D'igual manera, en l'espai, es poden reproduir les mateixes disposicions recíproques.

L'estructura composta per triangles, treballada anteriorment, es pot considerar com la projecció ortogonal d'un poliedre irregular o piràmide en què el punt O és

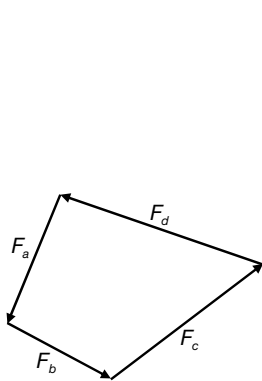


Figura 11.

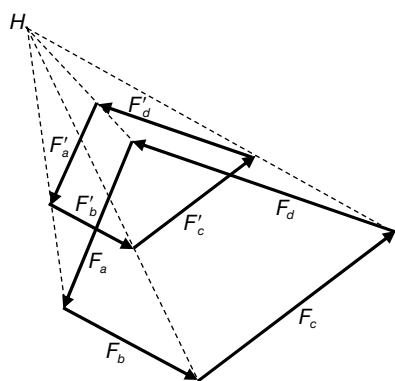


Figura 12.

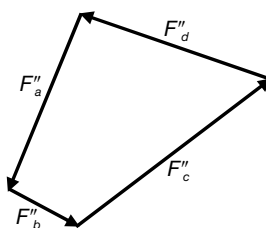


Figura 13.

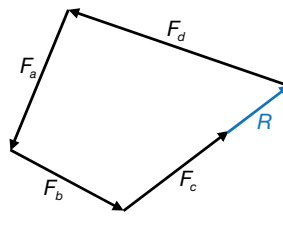


Figura 14.

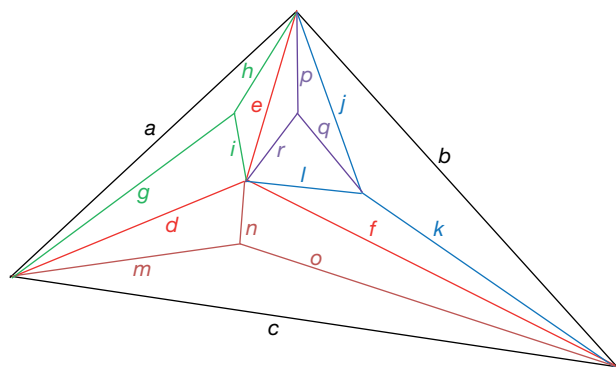
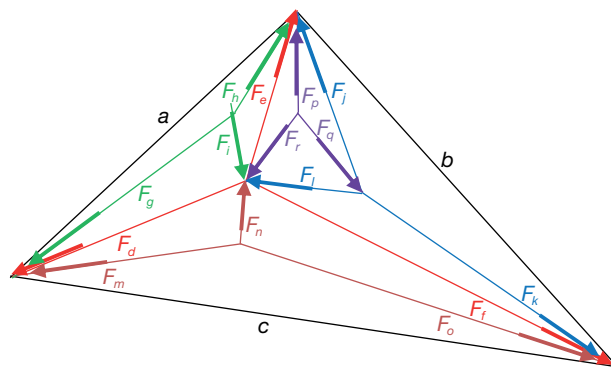


Figura 15.



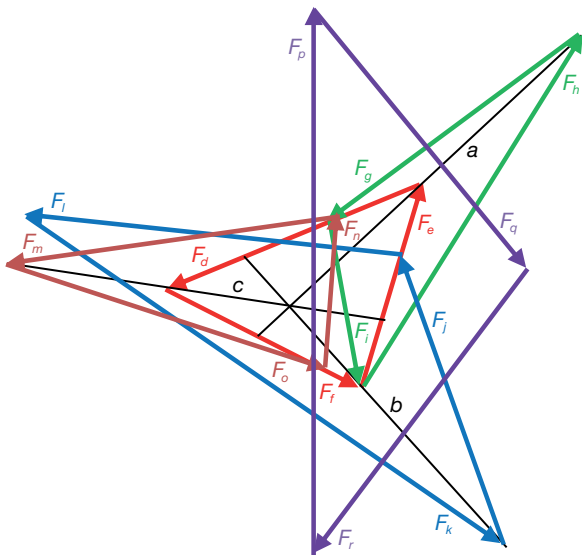


Figura 16.

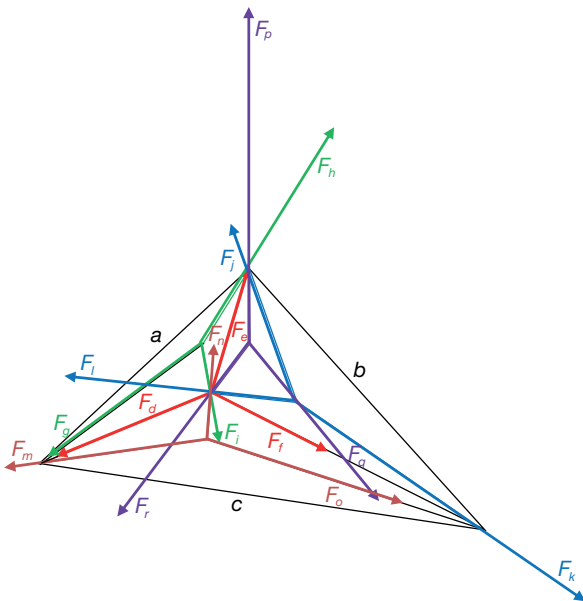


Figura 17.

la projecció, en el pla de la base a, b i c , del vèrtex del poliedre (fig. 18).

Col·locada en un espai de tres dimensions, a la figura determinada pel poliedre se li pot assignar una altra figura recíproca a base de transformar en punts les cares triangulades del poliedre i en cares o triangles, les arestes de la figura original. D'aquesta manera, els triangles o cares de la figura original $a-b-c$, $e-f-c$, $f-d-a$ i $e-d-b$, en l'espai a la figura 19, es transformen, projectant-se ortogonalment i respectivament en els punts M, Q, P i R (en color negre les que es mantenen en el pla

$x-y$ i en color blau les que són projeccions en el pla $x-y$) (fig. 20). De la mateixa manera, els triangles $b-c-e$, $a-c-f$, $a-b-d$ i $e-f-d$ de la figura construïda com recíproca es converteixen respectivament en els punts C, A, B i O de la figura original.

Es tracta, a continuació, d'aixecar el punt M que es troba en el pla de $x-y$ a l'alçada que es cregui convenient,

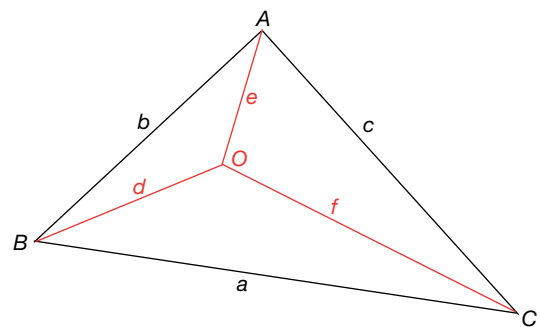


Figura 18.

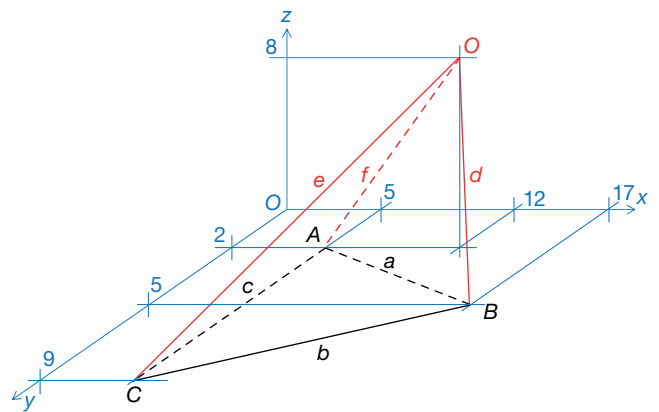


Figura 19.

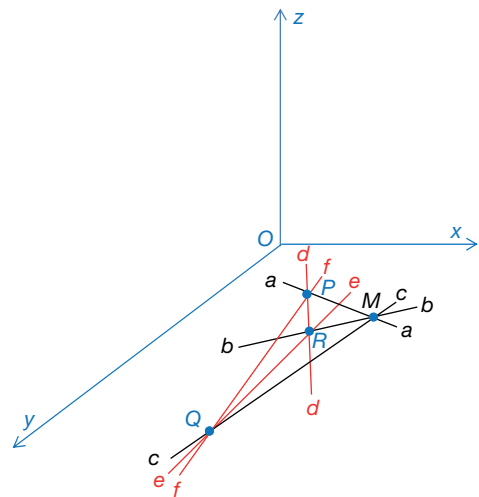


Figura 20.

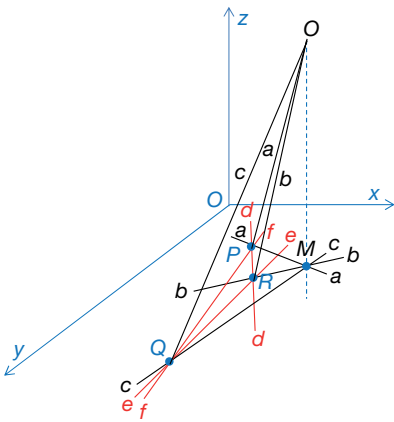


Figura 21.

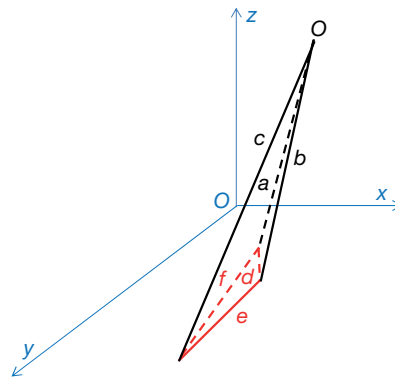


Figura 22.

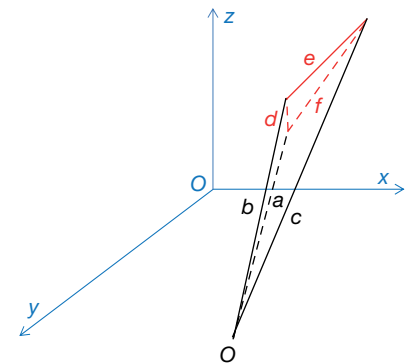


Figura 23.

per exemple, el punt O (fig. 21). A qualsevol alçada es conserva el criteri de reciprocitat de forma que es poden trobar infinites figures recíproques a l'original. La figura 22 n'és una d'elles. A la figura 23 es fa coincidir el punt O en el pla $x-y$ explicitant la reciprocitat de manera més gràfica.

Per tant, es poden aconseguir infinites figures recíproques a l'original i a cada figura li correspondrà un equilibri de forces diferent. Sembla lògic, en conseqüència, tantejar una figura que permeti un estat de forces que sigui apte per a les necessitats en què es trobi la figura original o, en aquest cas, l'estructura original. D'aquesta manera, l'equilibri en el nus O (fig. 24) es dona per l'equilibri de forces en el triangle F_e, F_d i F_f de la figura recíproca, mentre que l'equilibri en el nus O (fig. 25) de la figura recíproca es dona per l'equilibri de forces F_a, F_b i F_c de la figura original. És un exemple de dualitat estructural aconseguida per reciprocitat geomètrica.

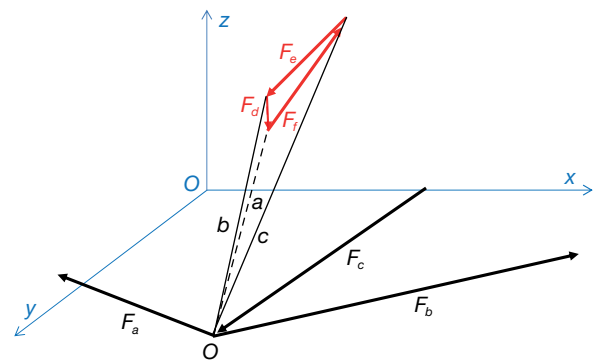


Figura 25.

Maxwell en *On Reciprocal Figures, Frames, and Diagrams of Forces* cita dues vegades a Rankine per ressaltar la seva proposta del poliedre de forces en el *Philosophical Magazine* de febrer de 1864. Rankine anuncia que si a les cares d'un poliedre se li associen forces perpendiculars a les esmentades cares i proporcionals a les seves superfícies, aquestes es troben en un punt i, per tant, estan en equilibri.

A continuació, es fa un resum de les aportacions que tant Rankine com Maxwell i Cremona fan a l'estàtica recíproca¹. Es veurà que, en el fons, les aportacions

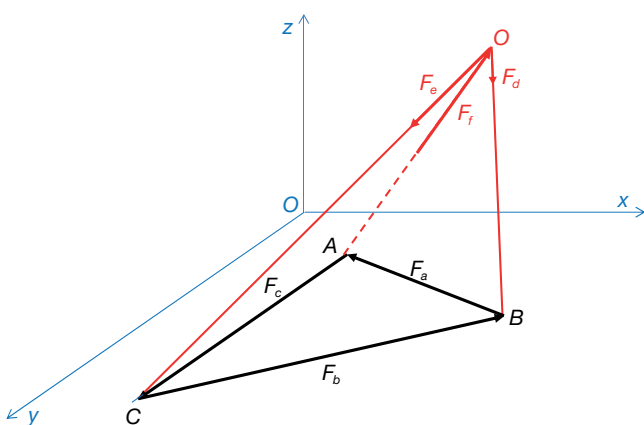


Figura 24.

¹ No és fàcil llegir els seus escrits. En primer lloc, el lèxic és diferent i, en no existir la 'Resistència de Materials' com a tal, les paraules poden induir a error. Per exemple, s'utilitza la paraula 'dual' com a sinònim de 'recíproca' quan en realitat ambdues expressen conceptes diferents. També la dificultat d'impressió dels textos, en allò que es refereix als dibuixos, fa que hagin d'explicar amb paraules allò que fàcilment s'expressaria amb un dibuix, tot i que les planxes al final dels llibres intenten clarificar (de forma absolutament romàntica) aquestes coses. Tampoc el poc domini (o el meu poc domini) de les geometries de l'època, com la geometria projectiva, facilita les coses. Els tres savis estudien les forces estàtiques en l'espai. Com era d'esperar, Maxwell ho fa de manera analítica en un desenvolupament intricat, contràriament a allò que deia Culmann, que els mètodes gràfics permeten resoldre qüestions estructurals de forma gràfica, és a dir, sense haver de recórrer a grans plantejaments analítics. Aquesta era la idea fins al primer quart del segle XX.



són molt similars entre els tres, les diferències són de matís. Per facilitar les coses s'utilitzaran estructures i figures que, sempre que es pugui, siguin repeticions.

RANKINE

William John Macquorn Rankine va néixer a Edimburg el 1820 i va morir a Glasgow el 1872. És el més jove dels investigadors que tractem en aquest estudi, tot i que entre ell i el més gran (Maxwell) es porten només 11 anys. Es pot afirmar, doncs, que es tracta de contemporanis. Va ser matemàtic, enginyer i físic. Però com tots els grans personatges d'aquella època, va estudiar pràcticament tots els temes científics al seu abast. Tot i que la seva salut de nen i adolescent no li permetia una educació ordenada i completa va assistir a classes a l'Escola Superior de Glasgow i a l'Escola Naval, però va sortir de la Universitat d'Edimburg el 1838 sense cap grau. Finalment va ser catedràtic d'Enginyeria Civil i Mecànica a la Universitat de Glasgow. Apart dels estudis sobre història i filosofia natural estudia la teoria ondulatoria de la llum, dissenya vaixells, com també dona a conèixer el 'Mètode de Rankine' per al traçat de corbes de ferrocarril. Però on s'identifica més és en els estudis de termodinàmica per al funcionament de la màquina de vapor 'Cicle de Rankine' i en l'estudi de mecànica del sòl, especialment de les sorres. En allò que es refereix a la resistència de materials, el 1843 dona a conèixer una teoria de ruptura per fatiga dels eixos dels ferrocarrils, també una teoria de fallida sota càrrega estàtica i la plasticitat en estat límit coneguda com 'Corba de Rankine' i 'Estat de Rankine' respectivament. En el seu llibre *Manual of applied Mechanics* estudia el polígon funicular sense donar-li encara la rellevància històrica i pràctica que li donaria Culmann, però està clar que, encara que els seus estudis sobre estàtica no arriben a l'alçada ni de Maxwell ni de Cremona, no deixen de ser significatius. Rankine, de petit, tenia una gran tirada per la música, cosa que el va fer dubtar si dedicar-se a la matemàtica o a la música. Per això, i al llarg de la seva vida, es va dedicar a la música tant com va poder. Va ser cantant, pianista i violoncel·lista. De la mateixa manera que Maxwell va ser poeta i va editar la seva obra literària. Una manera absolutament rankineana de mesclar l'amor amb les integrals es troba en la novel·la *The Mathematician in Love*.

Rankine fa una proposta recíprocista conceptualment semblant a la que fa Cremona però de forma abstrac-

ta, amb poca aplicació pràctica, i almenys en els papers que ens han arribat, presentant els problemes al contrari d'allò a què estem acostumats.

Suposem tres forces formant un triangle en equilibri F_1 , F_2 i F_3 (fig. 26). Es tracta de forces abstractes desvinculades de qualsevol estructura. Des d'un punt qualsevol O tracem les línies a , b i c als vèrtexs del triangle de forces A , B i C (fig. 27).

Si per reciprocitat tracem paral·leles a aquestes línies tindrem el triangle a , b i c (fig. 28). Si transformem aquest triangle en una estructura composta per barres indeformables, situada en el pla i de nusos articulats, aplicant-li les forces F_1 , F_2 i F_3 de tal forma que F_1 , a i b formin per reciprocitat F_1 , a i b , i el mateix amb les forces F_2 i F_3 , tindrem que l'estructura a , b i c estarà en equilibri atès que F_1 , F_2 i F_3 també ho estan. Hem aplicat la reciprocitat tant a la geometria com a les forces. Els esforços que aquestes forces produeixen a les barres de l'estructura F_a , F_b i F_c són les distàncies, a escala de forces, de les línies a , b i c (fig. 29).

Quant al signe de les sol·licitacions a l'estructura: mirem, per exemple, el triangle F_1 , a i b de la figura 27 que es transforma per reciprocitat en el punt F_1 , a i b

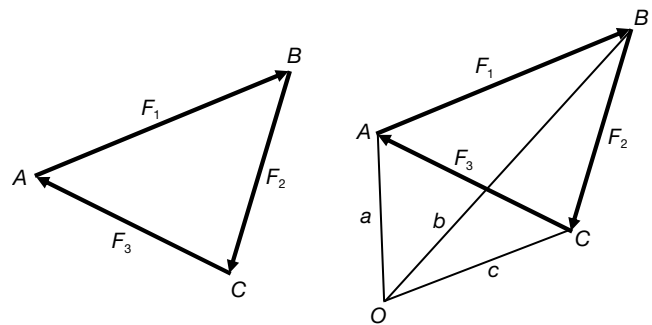


Figura 26.

Figura 27.

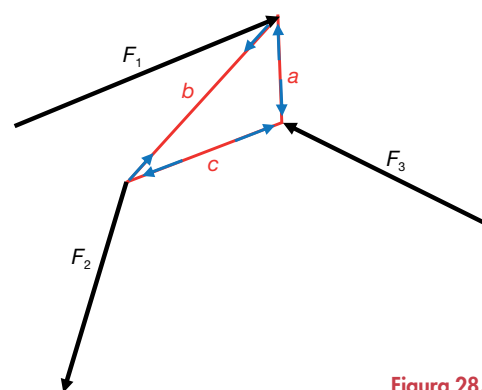


Figura 28.

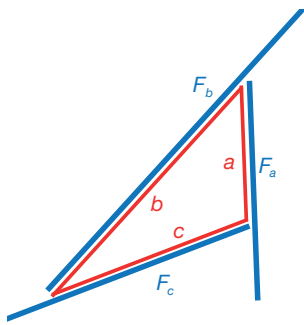


Figura 29.

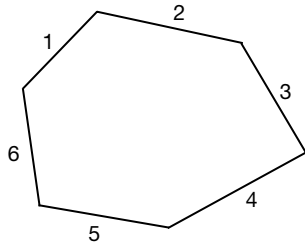


Figura 30.

de la figura 28. El sentit de F_1 ens donarà el de F_b i el de F_a . En aquest cas, la barra a es troba comprimida i la b traccionada². Igual podem operar amb les altres barres, tal com es veu a la mateixa figura 28.

Si volem generalitzar les teories de Rankine, considerem una estructura composta per barres 1...6 en el pla i amb nusos articulats, com la que es veu a la figura 30. Si des d'un punt qualsevol O tracem paral·leles als costats de l'estructura, tindrem la primera reciprocitat, atès que en el punt O es troben les línies 1...6 (fig. 31). Entre dues línies amb vèrtex comú de l'estructura, per exemple, la 1 i la 2 i que en el polígon recíproc s'identifiquen com 1 i 2, tanquem el triangle amb una força qualsevol com F_1 . Efectivament, F_1 , 1 i 2 formen una figura recíproca de la de F_1 , 1 i 2 (fig. 31) amb la força F_1 aplicada en el nus que formen a l'estructura les barres 1 i 2. Continuem traçant forces (de qualsevol magnitud i direcció) a partir de la F_1 seguint l'ordre imposat per les paral·leles a l'estructura original 1...6 i de forma que el final de l'última força F_6 coincideix amb l'origen de F_1 . D'aquesta manera, tin-

² El sentit de les forces a les barres d'una estructura és marginal en la reciprocitat, però en tot cas, per observar el sentit de les forces que transcorren per les barres, es tindrà en compte que aquest sentit el dona l'equilibri dels nusos. Des d'aquest punt de vista, el sentit de les forces en una figura tancada sempre ha de ser el mateix (amb altres paraules, les fletxes o finals de les forces sempre van en el mateix sentit) i aquest és el que s'ha de traslladar a l'estructura. En aquesta, quan dos punts extrems d'una mateixa barra tendeixen a juntar-se, direm que la barra està traccionada, i al contrari, quan aquest dos punts tendeixen a separar-se, direm que està subjecta a una compressió. A la figura 39 es grafia el sentit de les forces d'un triangle segons una regla donada per Maxwell.

drem un polígon tancat de forces (qualsevol) en equilibri.

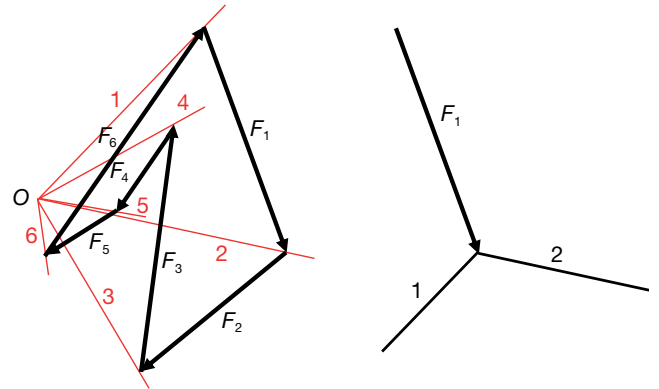


Figura 31.

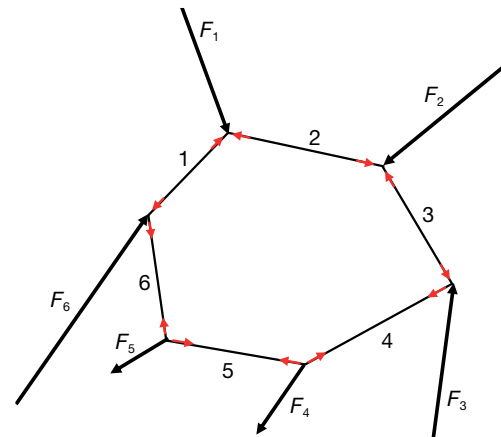


Figura 32.

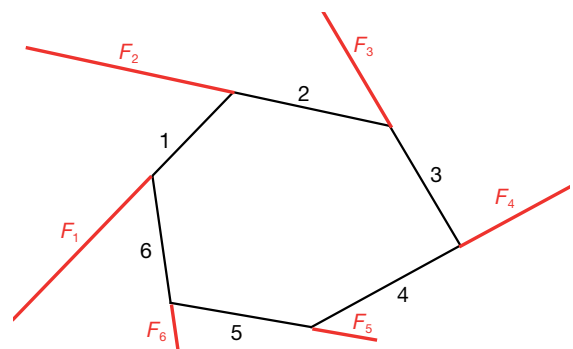


Figura 33.

La intensitat i el signe de les forces que actuen en les barres de l'estructura queden definits per les distàncies entre el punt O i la magnitud de les línies 1...6, a escala de forces (fig. 33), i per l'inevitable equilibri que es dona entre els nusos (fig. 32). Observi's que l'equilibri es dona per a qualsevol combinació de les



forces $F_1...F_6$ amb l'única condició que formin un polígon tancat i respectin l'ordre imposat pel polígon recíproc a l'estructura.

MAXWELL

James Clerk Maxwell va néixer a Edimburg el 1831 i va morir a Cambridge el 1879. Va ser matemàtic i físic teòric. També catedràtic de Física i Astronomia a la King's College de Londres i de Física Experimental a la Universitat de Cambridge. Tota la seva vida està impregnada d'una profunda fe religiosa. La fita més important de la seva recerca teòrica es troba a les 20 equacions diferencials 'Equacions de Maxwell' on d'alguna manera unifica les lleis bàsiques del magnetisme i l'electricitat amb la llum i determina les línies mestres de la 'Teoria de la Relativitat' d'Einstein i de mecànica quàntica. Per cert, Einstein deia que Maxwell va fer l'aportació a la física més important des de Newton. Però a part d'aquesta recerca, Maxwell investiga la teoria cinètica dels gasos, la termodinàmica, les qüestions electròniques, l'equilibri dels sòlids elàstics, la percepció del color i la geometria pura. I encara li va quedar temps per estudiar la filosofia natural, la filosofia moral i la filosofia de la ment. Sense oblidar la passió que sentia pel dibuix i la geometria. Igual que Rankine, però amb no tanta intensitat, també canta i toca la guitarra. Igualment, compon poemes que van ser publicats. El seu poema 'El cos rígid canta' és un dels més famosos.

Com s'ha pogut comprovar a les línies precedents, la aportació de Maxwell a l'estàtica és totalment marginal en comparació a les altres matèries tractades. I en comparació amb Rankine i Cremona, és el més teòric i analític dels tres.

Tenim una estructura situada en un pla, de nusos articulats, composta per sis barres rectes i sense pes propi $a...e$, formada per quatre triangles i quatre nusos $O-A...D$ i dibuixada a una certa escala de longituds. Suposem que està en equilibri. L'estructura està sol·licitada exteriorment per forces al llarg de les barres d , e i f i aplicades en els nusos A , B i C encara sense definir els seus valors (fig. 34).

La figura recíproca a l'estructura és la que es dibuixa a continuació (fig. 35). Amb el mateix nom, però en color vermell, es dissenyen les paral·leles a l'estructura original. En aquesta figura recíproca se li dona forma de polígon de forces, és a dir, que a cada barra se li associa una força en la qual encara no queda defi-

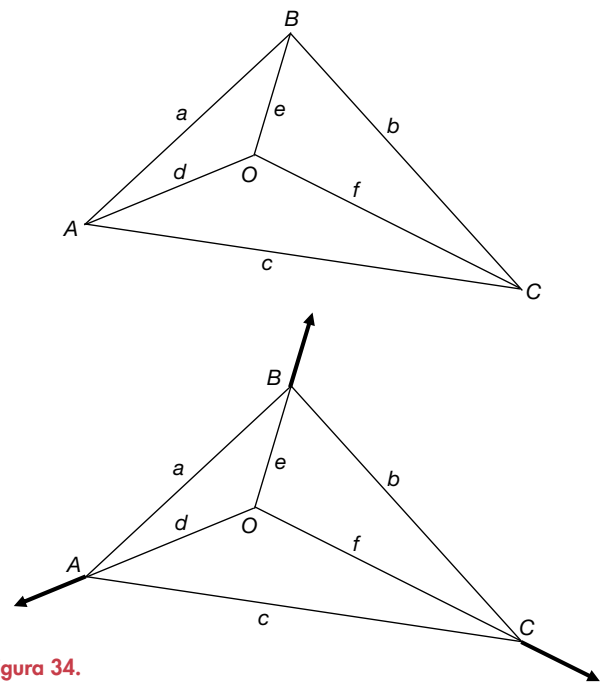


Figura 34.

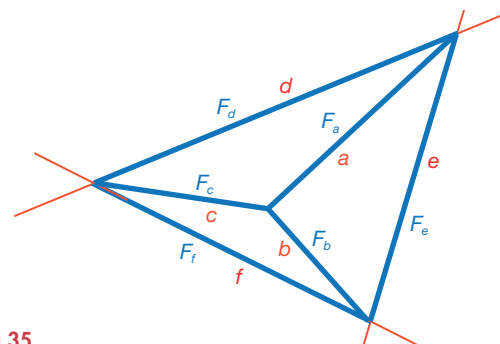


Figura 35.

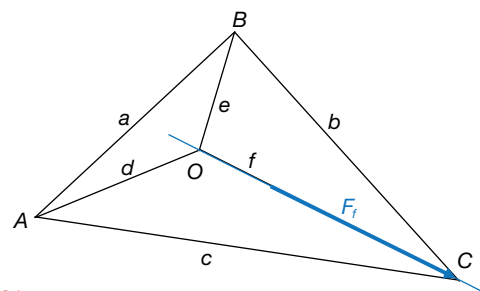


Figura 36.

nida ni la seva intensitat ni el seu sentit. Precisament, aquesta definició és l'objectiu de la construcció que s'exposarà tot seguit.

De les tres forces que actuen en els nusos exteriors, considerem primerament la força de valor F_f segons la barra f aplicada en el nus C i dibuixada a una certa escala de forces (fig. 36). També podríem haver co-

mençat per qualsevol de les forces aplicades a les barres d o e .

Es tracta primerament de trobar l'equilibri en el nus O de les tres forces sollicitants.

La força aplicada en el punt O per la barra f té el valor F_f però en sentit contrari que l'aplicada en el punt C , ja que la barra f com a tal ha d'estar també en equilibri. Colloquem-nos a la figura recíproca ubicant, a escala de forces, el valor de F_f (fig. 37). Observi's que el triangle d, e i f té unes dimensions en correspondència al valor de F_f . La figura recíproca ens donarà el valor de F_d i F_e (fig. 38).

Ja s'ha creat la primera reciprocitat entre el nus O de trobada geomètrica de les tres barres d, e i f i les forces F_d, F_e i F_f que formen un triangle tancat en el polígon de les forces. Coneixem la intensitat de les forces, però ens fa falta el seu sentit.

Tot i que, en aquest cas, sigui molt simple observar el sentit de les forces perquè es doni l'equilibri, Maxwell dona un criteri molt senzill i fàcilment aplicable.

Consisteix en col·locar un punt a la línia f i fer-lo córrer a través del polígon, en aquest cas un triangle, amb el sentit donat per F_f tal com s'indica a la figura, aconseguint el sentit de les forces F_d i F_e (fig. 39).

Fins ara, hem prestat atenció a la barra f en el seu extrem O de l'estructura. Analitzem ara l'altre extrem

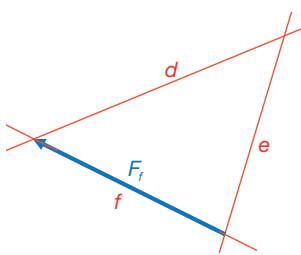


Figura 37.

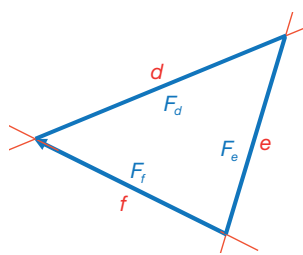


Figura 38.

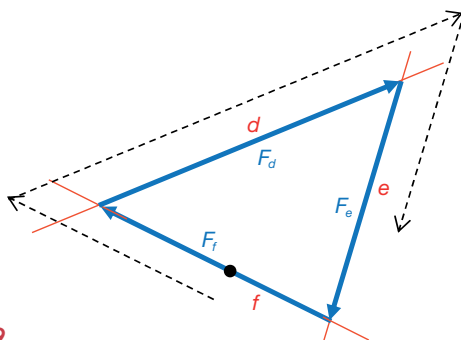


Figura 39.

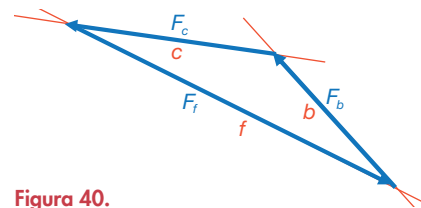


Figura 40.

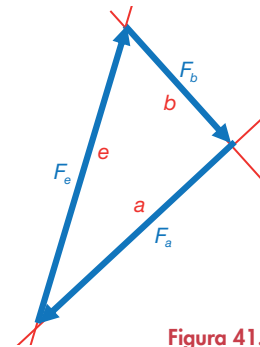


Figura 41.

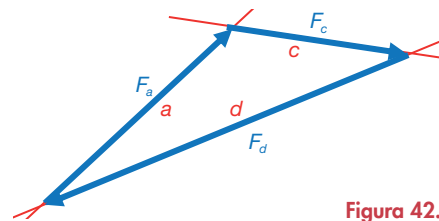


Figura 42.

de la barra f , que té la seva representació recíproca en el triangle c, b i f . Si la força F_f és coneguda, el triangle ens donarà els valors de F_c i F_b segons les barres c i b .

Per tant, una vegada aconseguit l'equilibri en el nus O , la figura recíproca expressada en el seu polígon de forces ens ha donat l'equilibri en el nus C (fig. 40).

De la mateixa manera, obtenim l'equilibri en el nus B i l' A utilitzant els triangles a, b i e i el a, d i c respectivament de les figures recíproques. Tal com es veu a les figures 41 (nus B) i 42 (nus A).

D'aquesta manera, l'estructura queda resolta. Tots els nusos de l'estructura estan en equilibri i, per tant, també la pròpia estructura en el seu conjunt. Es coneixen les forces que actuen en cadascuna de les barres i el seu sentit. El polígon de forces, com a recíproc de l'estructura original, ens ha donat aquests valors de forma automàtica. Observi's que, en cap moment, s'ha utilitzat el mètode del paral·lelogram.

Traslladant els sentits de les forces del polígon de forces a l'estructura original tindrem el següent esquema, on les barres a, b i c es troben traccionades i les d, e i f



comprimides (fig. 43). Una forma intuïtiva de conèixer el sentit de les forces és suposar que l'estructura és la projecció horitzontal d'un poliedre de base A, B i C i vèrtex O elevat amb referència al pla horitzontal. Si considerem el vèrtex O inicialment en el pla horitzontal i intentem elevar-lo, ens trobarem amb les barres que conflueixen al punt O comprimides i les del pla horitzontal traccionades.

Hem estudiat el que passa als voltants de la barra f i com els punts d'intersecció de barres en els nusos O i C s'han convertit per reciprocitat en els triangles de forces F_f, F_d i F_e i F_f, F_b i F_c .

Observem, a continuació, la mateixa barra f com un costat comú als triangles AOC i BOC .

Per la pròpia definició de reciprocitat, el recíproc de la figura $AOBCA$ (inclosa la barra OC) no és un punt, i per tant, les forces que transiten per aquesta figura no estan en equilibri (fig. 44). D'aquesta manera, per exemple, el costat c en el polígon de forces, s'haurà de dibuixar a partir de les paral·leles a les barres f i d i no a partir de les a i b . D'igual manera passa amb la construcció de les línies a i b del polígon de les forces. En tot cas, com es veu a la figura 45, no pot ser que dos triangles diferents tinguin la mateixa figura recíproca.

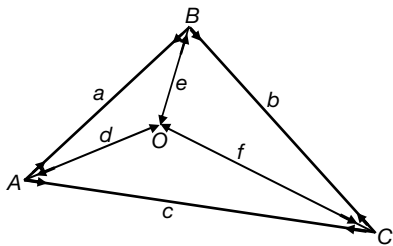


Figura 43.

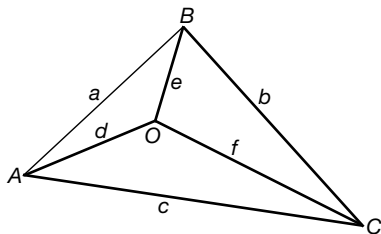


Figura 44.

Estem ara en condicions d'exposar el següent teorema geomètric de Maxwell, que donarà com a vàlides les condicions de reciprocitat exposades fins ara. Seguint el mateix esquema de figures: si les barres a, b i c partint dels nusos A, B i C es troben en un punt O , i d, e i f formen un triangle construït a base de traçar paral·le-

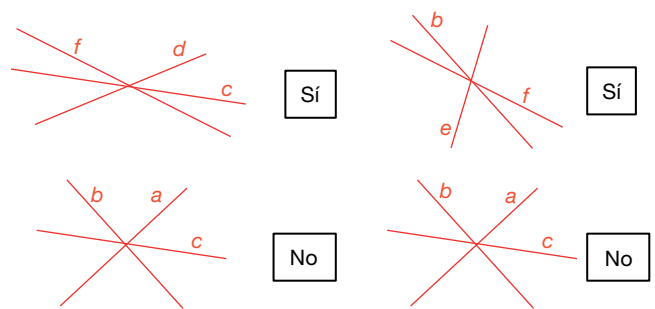


Figura 45.

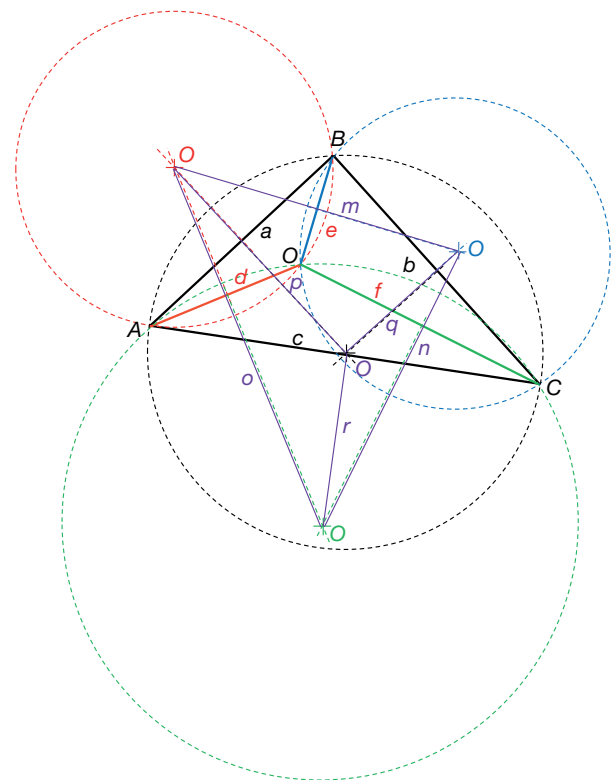


Figura 46.

les a les barres d, e i f , aleshores les línies a, b i c del polígon de forces es trobaran també en un punt (figures 34 i 35).

En efecte³, trobem els cercles circumscrits dels triangles ABO, BCO, ACO i ABC , aconseguits a base de traçar mitjanes als costats corresponents, i sobre elles trobarem els circumcentres dels cercles circumscrits de posició O, O, O i O (fig. 46). Si unim amb rectes els centres dels cercles, obtindrem les línies m, n, o, p, q i r

³ És condició suficient per demostrar un teorema d'un context gràfic o geomètric comprovar que, efectivament, el teorema té recíproc o, en altres paraules, si un teorema té recíproc no cal demostrar-lo.

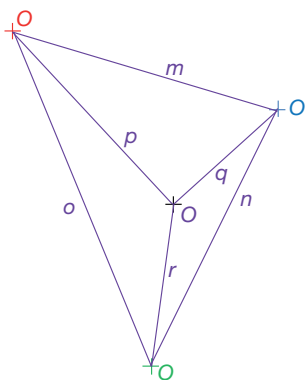


Figura 47.

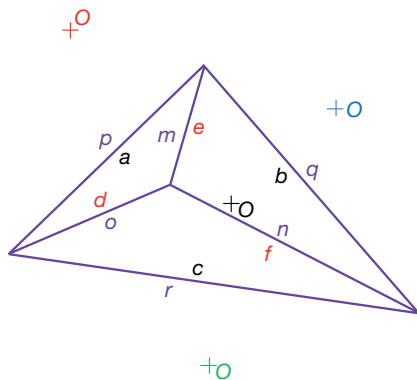


Figura 48.

(fig. 47). Cadascuna d'aquestes línies són perpendiculars a la de l'estructura original. Les línies m, n, o, p, q i r són, per tant, perpendiculars respectivament a e, f, d, a, b i c . Les línies creades a partir dels circumcentres han resultat perpendiculars a les línies de l'estructura original. Si les girem 90 graus, les línies de la figura resultant són paral·leles a l'estructura original (fig. 48). I es dona, a més, que les línies m, n i o es troben en un punt. A més, la figura obtinguda és idèntica a la figura original però recíproca de la que uneix els circumcentres.

CREMONA

Antonio Luigi Gaudencio Giuseppe Cremona neix a Pavia el 1830 i mor a Roma el 1903. Matemàtic. Degut al seu neguit nacionalista va combatre a la guerra contra l'exercit austríac. Quan va acabar la guerra, les institucions dominades pels austríacs li van posar obstacles, per exemple, per entrar de docent a la universitat, cosa que va determinar que el seu inici a la vida acadèmica i de recerca es retardés fins als trenta anys.

Obté el doctorat amb una tesis sobre mecànica clàssica. Catedràtic de geometria superior a la Universitat de Bolonya i professor al Politècnic de Milà. Dirigeix l'escola d'enginyers de la Universitat de Roma. Va introduir l'estàtica gràfica i la geometria projectiva (és una branca de la matemàtica) a les escoles secundàries i superiors italianes. Estudia les transformacions de corbes i superfícies tridimensionals i fa moltes publicacions, especialment tractats de geometria. El seu prestigi arriba a Europa i el fan membre de la Royal Society de Londres. El 1879 és nomenat senador i deixa l'activitat acadèmica. És per això que la dedicació a la recerca de Cremona és relativament curta.

Dels tres investigadors que tractem en aquest estudi, Cremona és l'únic que té un llibre dedicat exclusivament a les figures recíproques *Le figure reciproche nella Statica Grafica*, llibre que tindria una influència molt significativa a les posteriors promocions d'enginyers.

Disposem de l'estructura plana composta de barres 1...6 i nusos articulats sol·licitada per un conjunt de forces $F_1...F_6$ amb unes línies d'acció que es troben en el punt O (fig. 49). Si l'estructura es troba en equilibri, les paral·leles a les forces col·locades correlativament han de formar un polígon tancat (fig. 50).

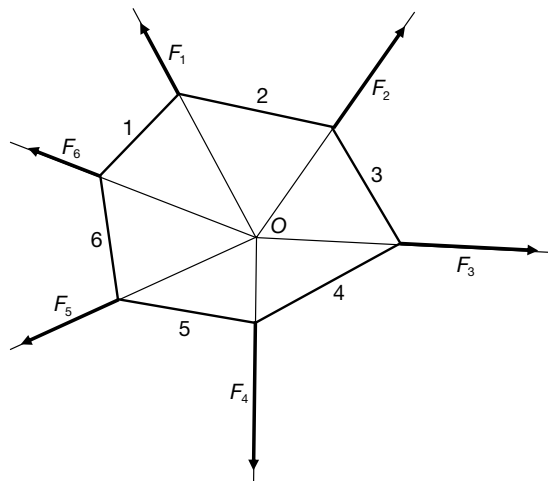


Figura 49.

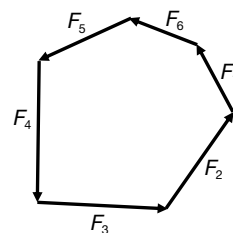


Figura 50.



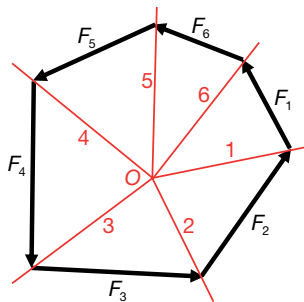


Figura 51.

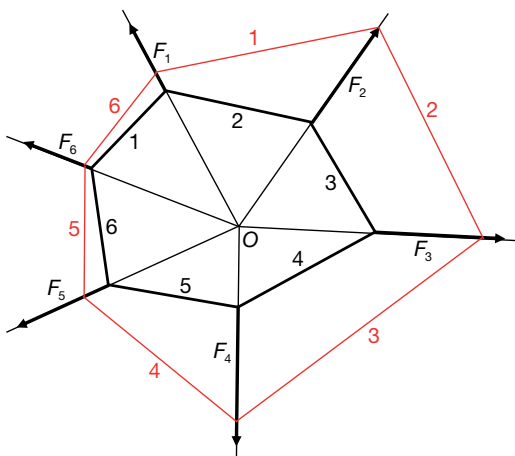


Figura 52.

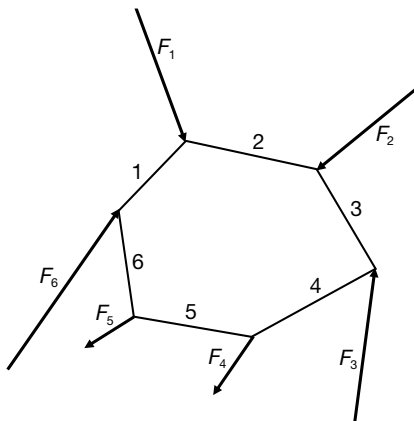


Figura 53.

Si des d'un punt qualsevol interior (o exterior) al polígon de forces O tracem línies a l'origen i final de totes les forces $1...6$ (fig. 51) i aquestes línies les traslladem a l'estructura, tindrem el polígon tancat $1...6$ (fig. 52). D'aquestes construccions es pot dir: les dues figures formades són recíproques o bé, donant-li un aspecte espacial com indicava Cremona, les projeccions ortogràfiques dels dos poliedres de vèrtexs O i \circ són recíproques. Per exemple, el triangle $1-6-F_1$ del polígon de forces (fig. 51) té la seva correspondència recípro-

ca a l'estructura amb la coincidència que formen les línies $1-6-F_1$ (fig. 52), i al mateix passa amb les diferents línies de les dues construccions.

Generalitzarem la mateixa estructura anterior de la figura 49 amb forces $F_1...F_6$ que no es troben en un punt (fig. 53).

L'estructura està sol·licitada per un conjunt de forces $F_1...F_6$ que no coincideixen en un punt però que, tal com es veu a la figura 54, estan en equilibri ja que les seves paral·leles col·locades per ordre i, una a continuació de l'altra, formen una figura tancada.

Des d'aquest conjunt de forces en equilibri marquem dos punts o pols \circ i \circ qualssevol i des d'aquests tracem línies $1...6$ i $1...6$ als extrems de les forces. Des de dos punts qualssevol de les forces de l'estructura tracem paral·leles consecutives, tal com es veu a la figura 55, obtenint les figures tancades $1...6$ i $1...6$. Això és així perquè les forces es troben en equilibri. La prolongació de les línies del mateix número de cada figura ens donen uns punts de coincidència que anem nomenant com p a la trobada de les línies 1 i 1 i, finalment, v a la trobada de 6 i 6 , tot i que alguns d'aquests punts es fan no visibles per disponibilitat del paper. D'aquesta construcció de Cremona es fan les següents consideracions.

1. A la figura 54 es representa la projecció ortogràfica de dos poliedres de vèrtexs \circ i \circ , respectivament, i que es representen en l'espai a la figura 56. Es vol fer palesa la interrelació entre les dues i tres dimen-

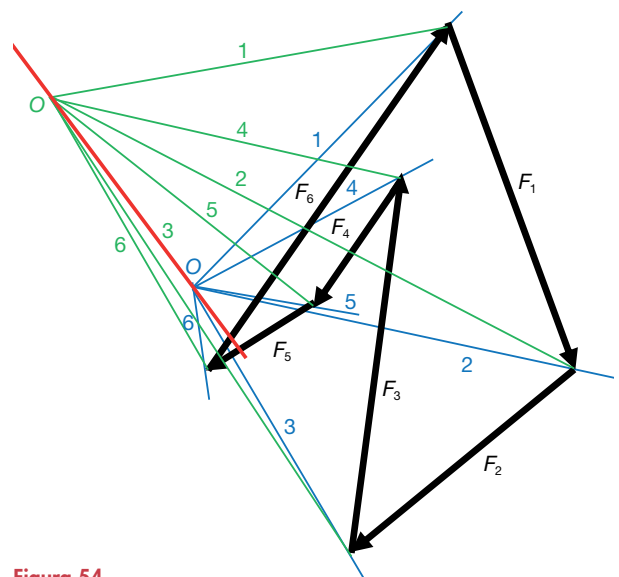


Figura 54.

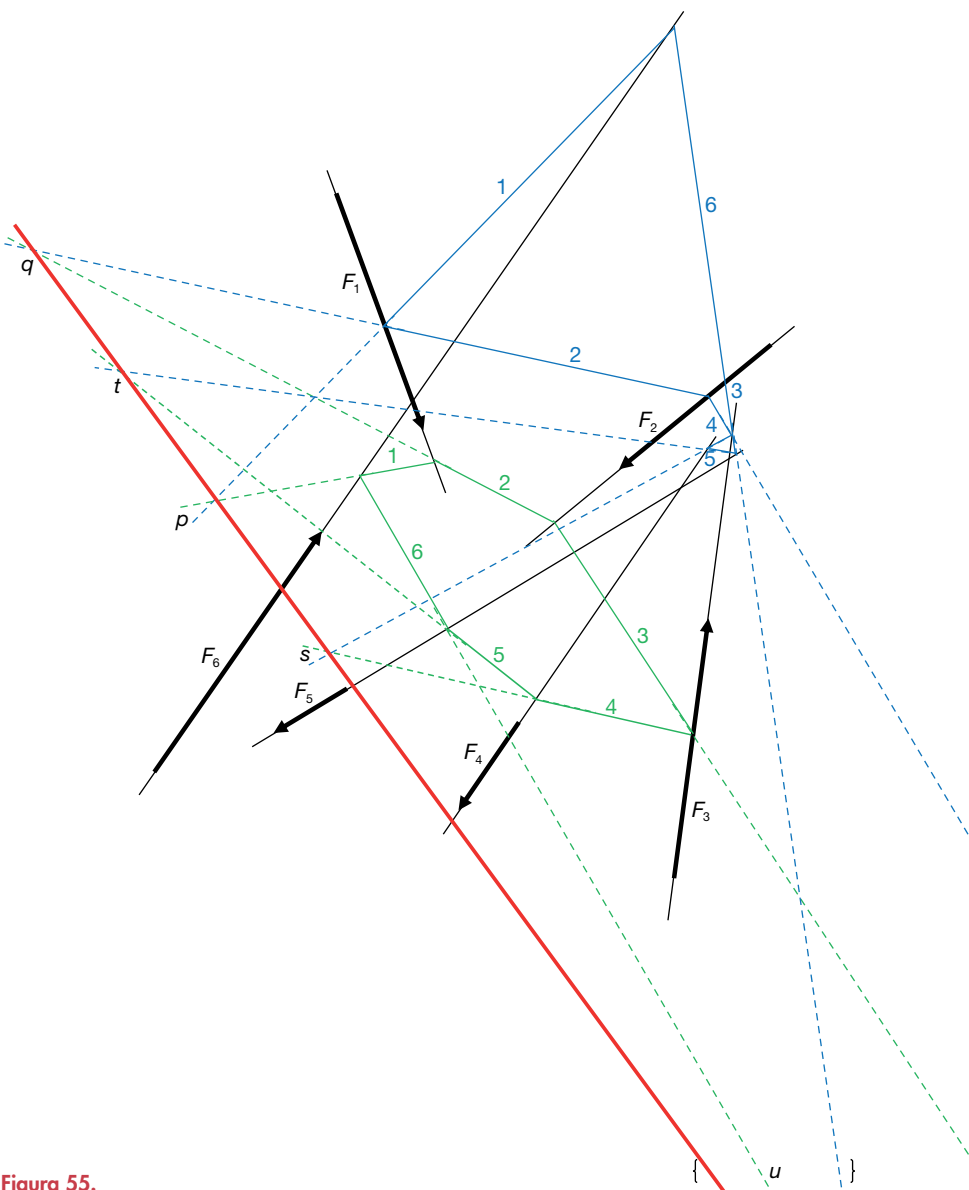


Figura 55.

sions. A més, la línia $\bigcirc-\bigcirc$ per on corren els vèrtexs dels poliedres és la conjugada de la línia $q...u$.

2. Les línies 1...6, arestes del poliedre i que es troben en el vèrtex \bigcirc de la figura 54, són recíproques de les paral·leles a aquesta en la figura 55 i formen una figura tancada. De la mateixa manera passa amb les línies 1...6 de vèrtex \bigcirc .
3. La línia que uneix els dos pols \bigcirc i \bigcirc de la figura 54 és paral·lela a la línia $q...u$ de la figura 55.
4. La línia $q...u$ és allò que es coneixeria com 'Eix de Culmann'. És el lloc geomètric de les interseccions dels costats dels polígons funiculars, en els quals

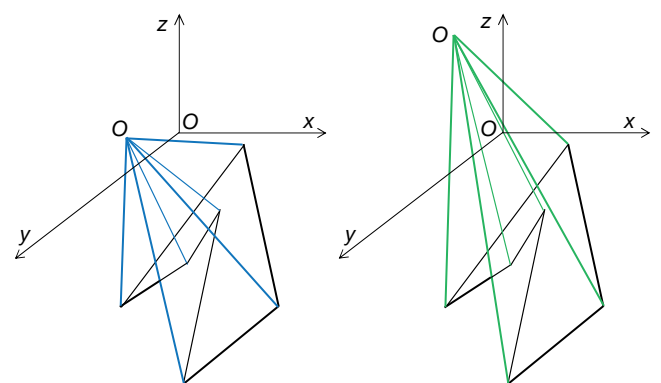


Figura 56.



els pols es mouen segons la línia $\bigcirc-\bigcirc$. Culmann utilitzaria aquesta propietat com, per exemple, entre altres coses, per fer passar un polígon funicular per tres punts. Però Cremona dona a aquesta línia simplement un valor recíproc, és a dir, per exemple, les línies 1, 1 i $q...v$ de la figura 55 coincideixen en el punt p , mentre que les línies 1, 1 i $\bigcirc-\bigcirc$ de la figura 54 formen un triangle. I el mateix es pot dir de les altres línies construïdes entre les figures 54 i 55.

- Per conèixer els esforços a què estan sotmeses les barres de l'estructura s'ha de realitzar un altre exercici de reciprocitat. A qualsevol força, per exemple la F_1 , observem el nus on actua i la vinculació amb les barres 1 i 2. Si tracem les paral·leles a F_1 i a les barres 1 i 2 des de l'extrem de F_1 tindrem definit el pol O que ens subministra les forces a què estan subjectes les barres (fig. 57). Quan des d'aquest pol tracem les altres línies a les forces col·locades una darrera de l'altra per ordre, aquestes línies definiran, a escala de forces, les sol·licitacions a les quals cadascuna de les barres està subjecta. La figura 58 indica simplement el signe de les sol·licitacions a les diferents barres.

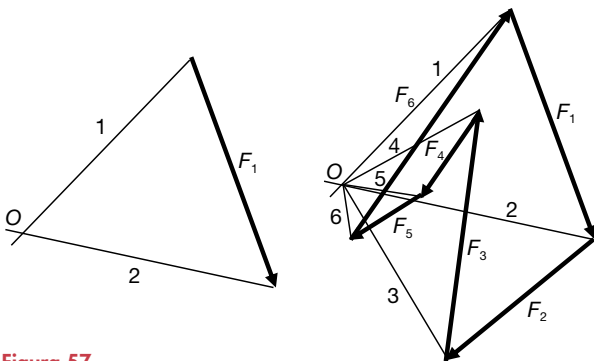


Figura 57.

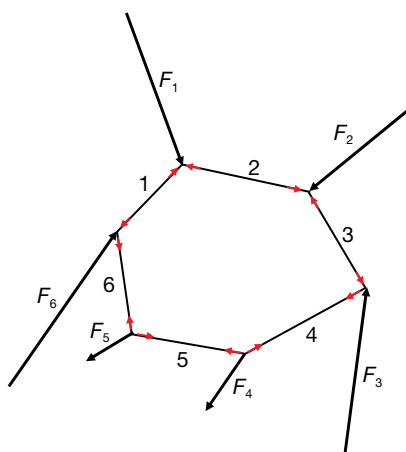


Figura 58.

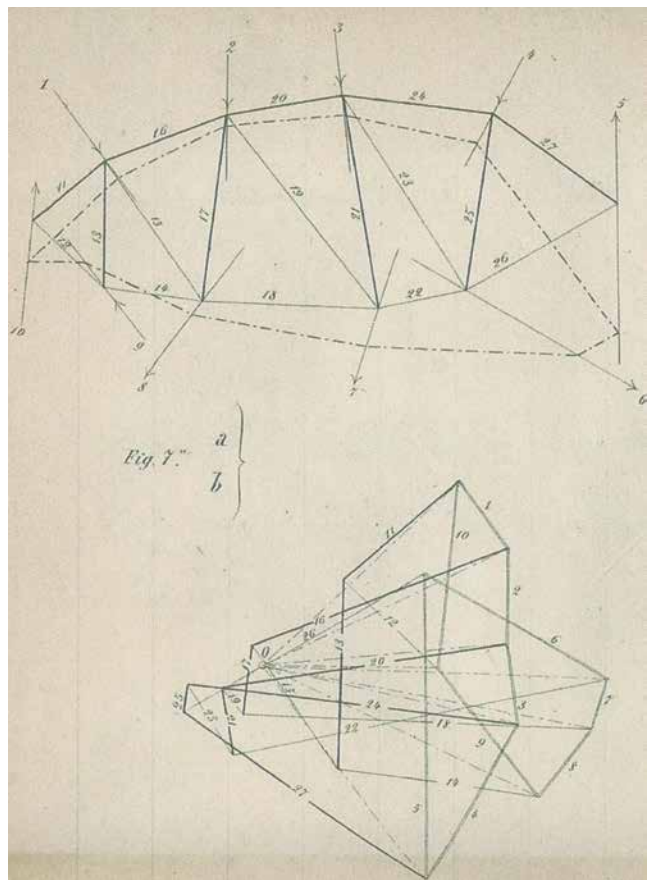


Figura 59.

La sublimació de l'estàtica reciprocista es troba en el 'Mètode de Cremona' per a la resolució d'estructures isostàtiques en el pla, compostes per barres i amb els nusos articulats. La gran quantitat de barres de què poden estar compostes aquestes estructures les fa complexes. Cremona, basat en la superposició de figures recíproques, resol el problema de forma relativament simple. Observem el següent exemple, extret de la figura 7 de la planxa que es troba al final del llibre *Le figure reciproche nella Statica Grafica* (fig. 59). Cremona explica en poques línies el funcionament d'aquesta estructura basat en el seu propi mètode. Intentarem esbrinar el fort contingut reciprocista d'aquest exemple.

Suposem una sèrie de forces F_1 a F_{10} qualssevol amb línies d'acció no coincidents i situades en un pla (fig. 60). L'única condició, però la més significativa, és que s'obligi a què aquestes forces estiguin en equilibri, tal com s'observa en la figura 61, on efectivament les paral·leles a les forces col·locades correlativament al final de la força F_{10} coincideixen amb l'origen de la força F_1 .

Des d'un punt o pol qualsevol O , tracem línies a l'origen i al final de les forces, obtenint les línies 1...11 (fig. 62). Traçant paral·leles a aquestes línies en el sistema de forces obtenim el diagrama tancat de la figura 63.

D'aquests diagrames s'extreuen les següents conclusions:

1. Les figures dibuixades en color verd dels dos diagrames són recíproques.

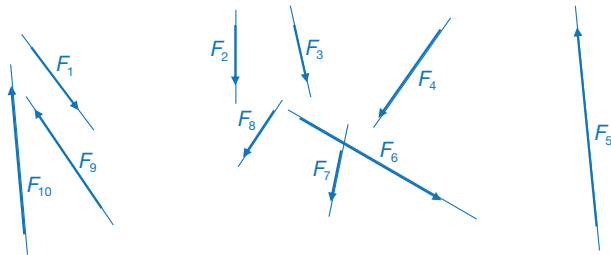


Figura 60.

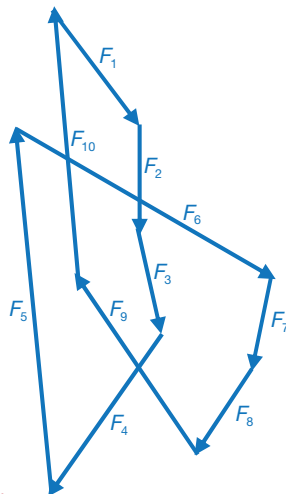


Figura 61.

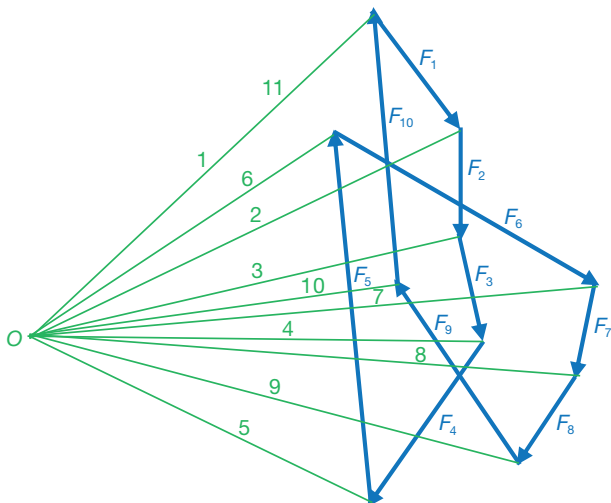


Figura 62.

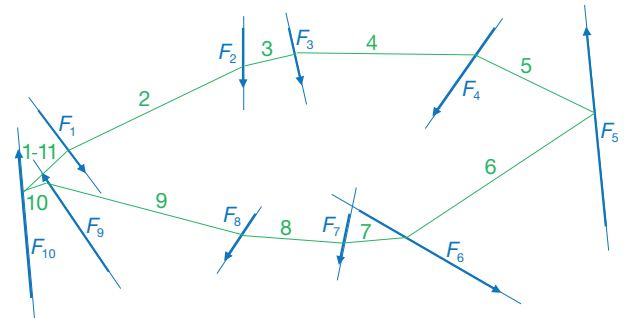


Figura 63.

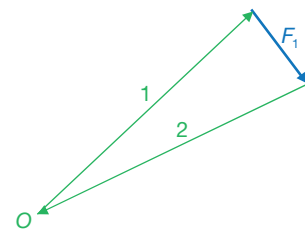


Figura 64.

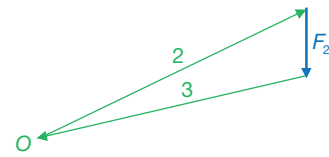


Figura 65.

2. Els radis de la figura 62, polígon de forces, expressen forces. Per exemple, el triangle format per F_1 , 1 i 2 indica que les forces que transiten per les línies 1 i 2 equilibren la força F_1 .
3. Observem del mateix polígon els triangles formats per F_1 , 1 i 2 i F_2 , 2 i 3. La força generada a la línia 2 de la figura 64 és anul·lada per la força generada a la mateixa línia de la figura 65.

Per tant, la forma obtinguda a la figura 63 (una de les infinites que es poden tenir en funció de la posició del punt O) no té res més que un significat geomètric. Per dir-ho en altres paraules, una forma similar a l'obtinguda podria ser una estructura composta per barres en el pla. Per aquestes barres circularien forces amb uns certs valors que les comprimirien o traccionarien. Amb aquests esforços i triant un material, es podrien dimensionar estructures, de tal manera, que fossin estables i amb suficient seguretat.

Cremona proposa el següent esquema, que recorda la disposició de la figura 63 (una cosa semblant a una encavallada) sol·licitada per les mateixes forces de la figu-



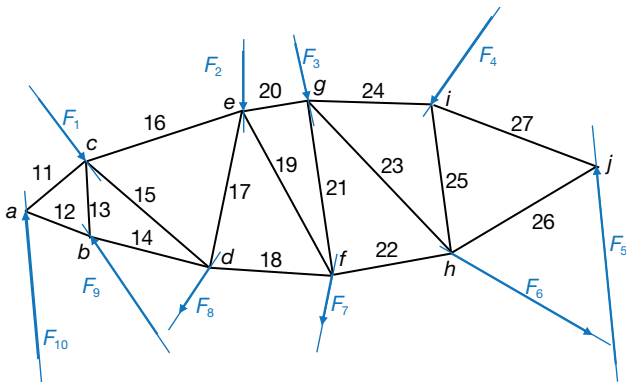


Figura 66.

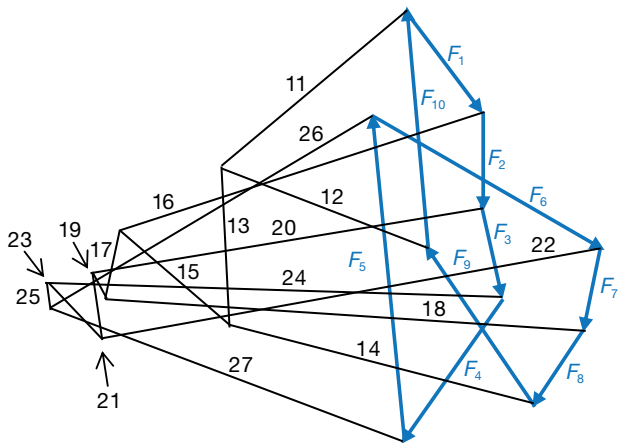


Figura 67.

ra 60 (fig. 66). Es tracta d'una estructura isostàtica⁴ en el mateix pla que el de les forces. Composta per 17 barres 11...27 i 10 nusos a...j. Articulada, de tal manera, que en les barres no es pot generar altra cosa que compressions o traccions.

Sobre aquesta estructura, Cremona aplica el seu mètode per trobar les sol·licitacions a què es troben subjectes les barres (fig. 67) i podem indicar les següents qüestions:

1. A cadascun dels nusos de l'estructura es dona la reciprocitat en el diagrama de Cremona. Per exemple, en el nus c les barres 11-13-15-16 i F_1 formen una figura tancada en el diagrama de Cremona.
2. Cremona avança en el sentit que es cregui més oportú, però de forma que les incògnites en cada nus no siguin més que dos. En el nostre cas, avancem en l'ordre alfabètic indicat en els nusos.

⁴ Perquè una estructura composta de barres sigui isostàtica, s'ha de complir la següent relació: $2 \cdot n - b = 3$. Sent n el nombre de nusos i b el nombre de barres. En el nostre cas és $n = 10$ i $b = 17$, que compleix la relació.

3. Una vegada resolt un nus en el diagrama, s'avança, de tal manera que les línies del diagrama se superposen. Aquesta és la propietat fonamental del 'Mètode de Cremona'. Per exemple, la barra 12 del nus a és també la barra 12 del nus b.
4. L'esforç a cadascuna de les barres ve determinat al diagrama de Cremona mesurant les longituds de les línies a escala de forces.
5. Cremona exposa un criteri per a la determinació dels signes una mica complicat. Maxwell, que no es tan didàctic com Cremona, exposa, no obstant, el seu criteri de signes de forma més fàcil i intuïtiva, com es comprova a la figura 39. Maxwell, com s'ha vist, va estudiar les figures recíproques potser amb més intensitat que Cremona, però es deu a aquest l'operativitat del mètode. Per això, es diu a vegades el 'Mètode de Cremona-Maxwell'.
6. A la figura 68 es dona la reciprocitat en tots els nusos (excepte el nus j, on el seu equilibri ve donat pels seus nusos veïns) que formen l'estructura.

CONCLUSIÓ

Les teories reciprocistes han donat dos fruits que es consideren de gran importància en el càlcul estructural. D'una banda, el polígon funicular, que permetrà traçar, en primer lloc, les línies de pressió dels arcs, però també d'ajuda a allò que podríem anomenar l'estàtica elemental: centres de gravetat, moment de inèrcia, etc., sense oblidar les aplicacions en el formigó armat, escalars, etc. D'altra banda, el mètode de Cremona per al càlcul d'estructures de barres isostàtiques en el pla ha estat ensenyat a generacions d'enginyers i el servei prestat ha estat immens.

BIBLIOGRAFIA

Rankine

A la pàgina 137 del llibre *Manual of applied Mechanic* (1858, Charles Griffin & Company) Rankine estudia les figures recíproques aplicades al polígon funicular quan a aquest encara no se li havia donat l'alçada intel·lectual proclamada per Culmann. Existeix una traducció al francès del mateix llibre, *Manuel de Méchanique*

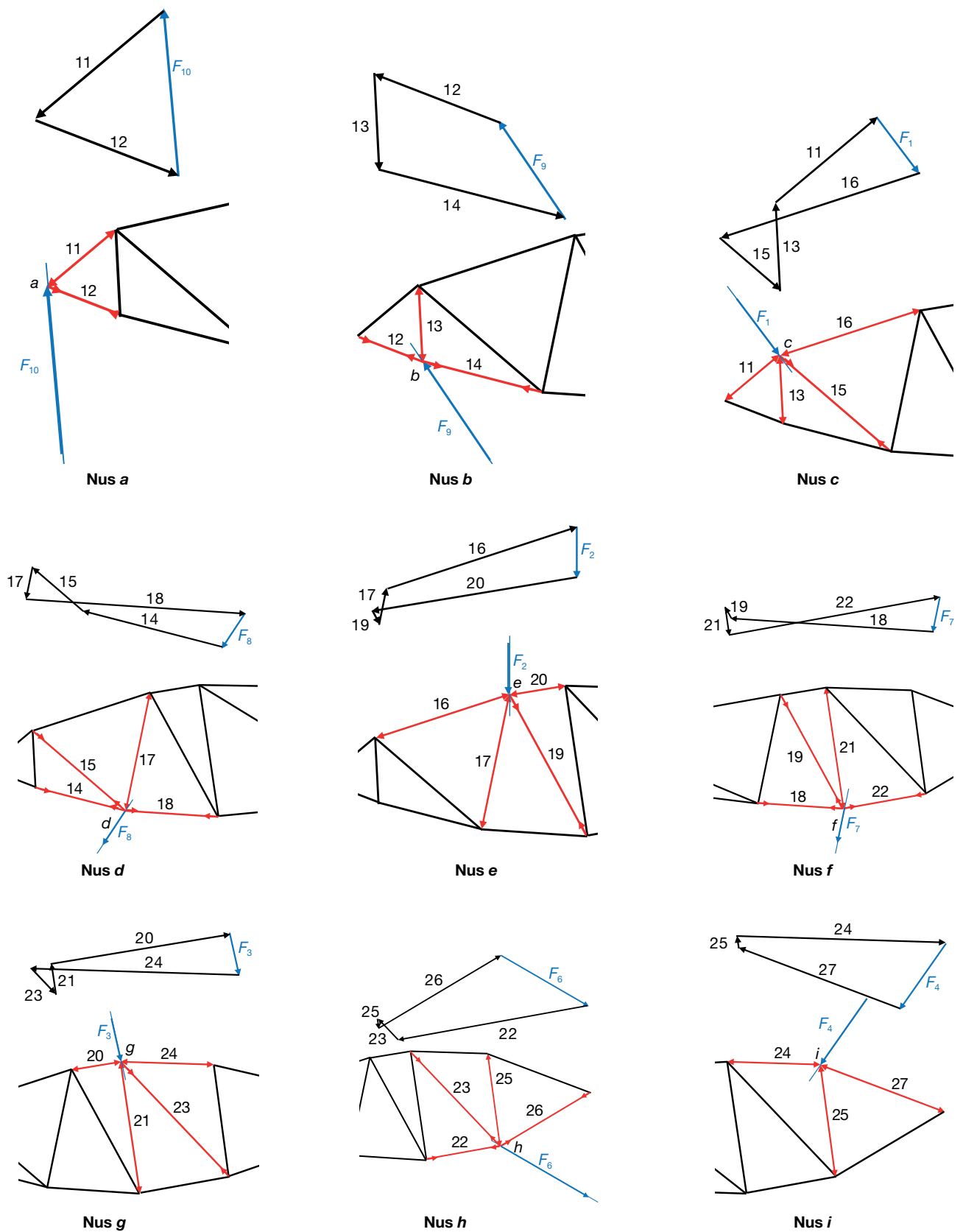


Figura 68.



Applieé (1876, Dunot Editeur, Paris). Els dos llibres, gairebé complets, poden consultar-se per internet.

En el *Philosophical Magazine* de febrer de 1864 Rankine anuncia aspectes de la reciprocitat de figures en l'espai.

També es poden consultar qüestions relacionades amb la reciprocitat a *Frames of roofs* de 1872 en el volum 33 de la publicació *The Engineer*.

Maxwell

Les consideracions de Maxwell sobre reciprocitat no es troben editades en cap llibre. Només es coneix un article publicat en el volum XXVI de 'Transactions of the Royal Societe of Edinburgh' el 1870 titulat *On Reciprocal Figures, Frames, and Diagrams of Forces*.

En el *Philosophical Magazine* d'abril de 1864 i a la *British Association* de setembre de 1867, Maxwell torna a la càrrega sobre mètodes per dibuixar figures re-

cíproques a partir de la teoria dels polars recíprocs. També estudia la reciprocitat en l'espai.

Cremona

Cremona escriu llibres sobre matemàtiques i geometria projectiva però, on s'exposa el contingut de les figures recíproques, és a *Le figure reciproche nella Statica Grafica* (Milà, 1885). També existeix una traducció a l'anglès de Thomas Hudson Beare de 1890 *Graphical statics. Two treatises on the graphical calculus and reciprocal figures in graphical statics*.

Altres publicacions o llibres consultats són els següents:

- *La Estática Gráfica instrumento para el conocimiento estructural intuitivo y el diseño de los arquitectos*. Juan Gómez Acosta. Universitat Politècnica de València. 2013.
- *Polígono funicular. Una aproximació a Karl Culmann*. Josep M. Genescà Ramon. IEE Institut d'Estudis Estructurals. Barcelona, 2018.



CULLERÉ I SALA
ESTRUCTURES
METÀLIQUES

SOLUCIONS PER L'EDIFICACIÓ I LA CONSTRUCCIÓ INDUSTRIAL

Projecte, disseny i realització d'estructures i tanca-ments metàl·lics pel sector industrial i d'edificació

culleresala.
com



ESTRUCTURANT AMB QUALITAT

✓ ESTRUCTURES DE FORMIGÓ

ASSAIGS AMB FORMIGÓ FRESC

- Presa de mostra per assaigs de compressió, assentament, densitat, flexotracció, tracció indirecta (Brasiler), contingut de fibres, contingut de ciment, etc.
- Formigons autocompactables amb determinació del temps d'escorrimment amb presència de barres (l'anell japonès, embut en V i caixa en L).

FORMIGONS ENDURITS

- Extracció de mostres testimoni per assaigs mecànics i químics.
- Assaigs no destructius i d'informació amb estudis escleromètrics i amb ultrasons.
- Proves de càrrega.

ARMADURES PASSIVES

- Verificació de les característiques geomètriques i mecàniques.
- Comprovació d'ancoratges.

ARMADURES ACTIVES

- Verificació del tesat.

ASSAIGS EN FONAMENTACIONS PROFUNDES (pilots i pantalles)

- Verificació de la integritat (Sònic, Cross Hole).
- Assaigs amb llots (densitat, viscositat, estabilitat, variació de volum,...)

✓ ESTRUCTURES METÀL·LIQUES

- Assaigs END en unions soldades (líquids penetrants, partícules magnètiques i ultrasons).
- Verificació del moment d'estrenyiment en unions cargolades.
- Assaigs per determinar les resistències mecàniques en xapes i perfils.
- Assaigs amb ultrasons per determinar espessors i defectes en xapes.
- Verificació dels gruixos i de l'adherència dels revestiments de protecció al foc.

✓ PATOLOGIES ESTRUCTURALS

- Informes de danys en estructures.
- Informes de seguiment.
- Localització d'armadures mitjançant escàner.
- Assaigs químics i físics per determinar el grau d'afectació d'una estructura.

✓ ESTUDIS GEOTÈCNICS I GEOLÒGICS

- Per qualsevol construcció o patologia.

✓ ESTUDIS DE CONTAMINACIÓ DE SÒLS I AQUÍFERS



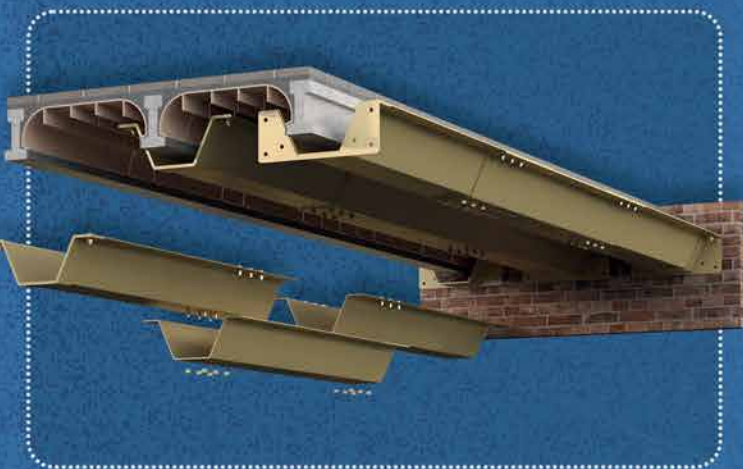
C/Pirineus - Polígon Industrial
17460 Celrà • Tel. 972 49 20 14
cecam@cecam.com

www.cecam.com



MECANOVIGA

Empresa líder en rehabilitación de forjados desde 1992



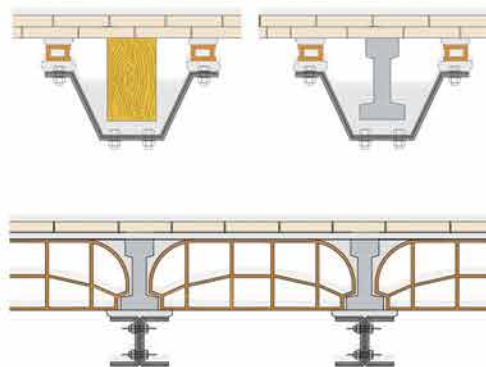
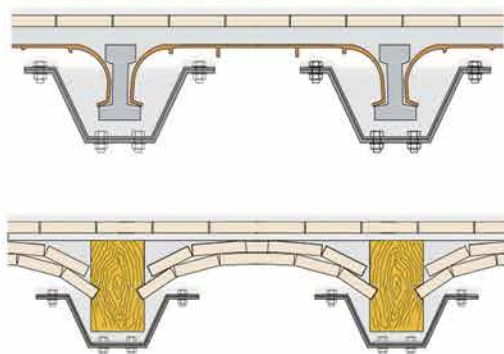
SISTEMA MVV



SISTEMA MVH

¿Aluminosis, termitas, pérdida de sección o carbonatación?

MECANOVIGA ES LA SOLUCIÓN



MVV



MVH

Ventajas implícitas del sistema:

- Único sistema con chapa de acero de 4 y 6 mm: Auténtica sustitución funcional.
- Uniones totalmente atornilladas: evitamos los riesgos de la soldadura.
- Las empresas de rehabilitación pueden montar el sistema.
- Sistema extensible telescópico.
- Máxima seguridad y garantía.
- No disminuye la altura libre.
- Sistema de fácil montaje.
- Excelente soporte técnico.

Socio colaborador

ASOCIACIÓ DE CONSULTORS D'ESTRUCTURES





CONTRACTA

25 ANYS

Fem senzilles les obres complexes

Fa 25 anys que aportem innovació i tecnologia a les obres, amb un equip tècnic que planifica i supervisa amb rigor cada projecte.



Rehabilitació d'edificis

Donem servei a comunitats i propietaris d'immobles en la cura del seu manteniment, rehabilitació, i ampliació dels seus edificis.



Edificació

Nova construcció, rehabilitacions i manteniments per empreses i institucions.



Indústria

Construcció i edificació per a la indústria

Gran Via de les Corts Catalanes, 645, 2n 2a 08010 Barcelona T. +34 93 634 51 90 contracta.net



Fijaciones metálicas para proyectos de ingeniería y construcción



Consultoría y servicio técnico

www.fator.es

comercial@fator.es



Certificación CE para pernos estructurales de alta resistencia para precarga EN 14399-1
Certificación CE para pernos estructurales sin precarga EN 15048-1

ENTREVISTA A JOSEP BAQUER

Text: MARIA LEACH

Fotos: JORDI TOST



«Una bona estructura ha de ser harmònica. És l'esquelet i la musculatura de l'arquitectura.»

Josep Baquer

«Aquí estic la mar de bé, la finestra del meu despatx dona a tot aquest parc ple de xiprers immensos. És l'enveja de molts!». Són les primeres i alegres paraules que em dedica el consultor d'estructures Josep Baquer quan arribo al Centre Borja de Sant Cugat del Vallès. I no m'estranya pas que se'l noti ple de joia. Aquesta comunitat jesuïta ubicada al peu de Collserola és la llar d'en Josep des del 2011 i resulta ser un dels indrets amb més pau i tranquil·litat que he trepitjat mai. No serà l'única sorpresa que em proporcionarà aquesta entrevista. Passejant pels passadissos d'aquest imponent edifici inaugurat fa setanta anys, descobriré a un home fascinant,

pou de saviesa i experiències vitals, que gaudeix de la feina amb una energia i curiositat extraordinàries. Així mateix, durant les pròximes dues hores, xerraré amb un religiós modern i compromès amb la societat, enamorat de la bicicleta, la música i la muntanya a parts iguals.

Sempre has viscut a Sant Cugat?

No, no, això és nou per mi. He viscut a molts llocs diferents i hi ha hagut èpoques de la meva vida que m'he mogut molt per Espanya i també per Amèrica. A Barcelona, sempre he estat a barris de tipus popular: Bellvit-



ge, la Torrassa, Hostafrancs... col·laborant a diferents comunitats de jesuïtes. M'agrada viure en mig de la gent i estar en contacte amb la realitat. Al Centre Borja em vaig instal·lar farà uns vuit anys, quan el Provincial de la Companyia de Jesús a Catalunya m'hi va destinar per formar un equip de pastoral en aquest municipi, entre altres activitats i serveis per a la comunitat.

Per un amant de l'arquitectura deu ser un orgull viure en aquest edifici tan bonic...

Absolutament. No tothom té un despatx en un edifici així! És obra d'en Santiago Balcells i aquest devia de ser un dels seus primers projectes en acabar la carrera, l'any 1949. És un gran exemple de l'esquema que seguien les construccions en aquella època, amb una composició senzilla i simètrica. Per dur-lo a terme, es va fer una bòbila dins de la mateixa finca a fi de fabricar els totxos... encara se'n conserva la xemeneia! Per dins, és un edifici ple de modulacions, prefabricats amb pedra artificial, arcs... però és auster, eh? Al final tot són parets de càrrega i bigues metàl·liques.

S'ha conservat molt bé!

Molt! Jo n'he fet algunes intervencions i millores, però petites. Vam repassar els estucs de la façana amb calç,

tal com són originalment, i he anat arreglant les zones que estaven més atrotinades. També em van demanar que fes una sala de reunions nova, ben àmplia, on es poguessin fer seminaris o tallers de treball. Està batejada com a «Sala Borja».

«Acostumo a llevar-me molt d'hora, cap a les sis, i així tinc temps de fer una bona estona de silenci i pregària.»

Com és un dia normal teu?

Acostumo a llevar-me molt d'hora, cap a les sis, i així tinc temps de fer una bona estona de silenci i pregària. A les vuit tenim eucaristia a la comunitat i molts dies la celebren jo. Abans de les nou ja estic treballant al despatx i, si no tinc cap visita d'obra, m'hi quedo fins a l'hora de dinar. A les quatre hi torno. Com que estic sol, els horaris van com van, i al vespre és habitual que se'm faci bastant tard!

Com compagines l'activitat professional amb la pastoral?

De manera molt natural. Tot ho faig al mateix despatx, que em serveix d'espai polivalent i on puc fer tot el que





calgui. Sempre he de preparar coses, rebre a gent... També baixo a Barcelona bastant, especialment si tinc junta o alguna activitat de l'ACE.

Com va ser la teva infància?

Vinc d'una família de cinc germans i, al contrari del que deia en Gila, quan vaig néixer, la meua mare sí que era a casa! De petit, vivia al carrer Velázquez i vaig anar a un parvulari de monges concepcionistes. Més endavant vaig entrar al Sant Ignasi de Sarrià, on vaig fer de «prepa» fins a preu. A preu, vaig començar a preparar-me per a la carrera d'arquitectura, aprenent a dibuixar estàtues amb carbonet a l'Acadèmia Baixas, però llavors vaig decidir ser jesuïta. Vaig ajornar els estudis d'arquitectura i vaig marxar a fer el noviciat a Raimat, Lleida, durant dos anys.

Com acaba un jesuïta especialitzant-se en càlcul d'estructures?

Donant moltes voltes! Primer, vaig estudiar dos anys d'espiritualitat, després dos anys d'humanitats a la facultat d'Aranjuez i, a continuació, dos anys més de filosofia, en aquest mateix edifici, quan era la facultat de Sant Francesc de Borja. Llavors, aquesta universitat tenia molt bona reputació i els passadissos i les habitacions estaven plenes d'estudiants: d'aquí, de l'Índia, de molts llocs del món! En acabar filosofia, vaig fer arquitectura tècnica a la UPC i, tan acostumat estava a estudiar, que la vaig acabar en només tres anys quan la mitjana eren sis o set...

A arquitectura tècnica també s'estudiava estructures?

Hi havia assignatures com resistència de materials i càlcul d'estructures, però no vaig ser gens afortunat amb els professors. A diferència de la carrera de lletres que jo havia fet, els docents eren molt dolents, sospito que alguns estaven «enxufats» pel franquisme i, per tant, t'havies d'espavilar tu. Llegia molts llibres sobre el tema i estudiava pel meu compte perquè m'agradava.

«Quan encara no tenia ni el títol de la carrera, vaig entrar a L35 Arquitectes, on vaig aprendre la gramàtica de la construcció.»

I quan vas començar a treballar?

Quan encara no tenia ni el títol, vaig entrar a L35 Arquitectes. Els primers anys vaig portar la part tècnica d'una empresa constructora, filial d'aquest estudi, on vaig aprendre la gramàtica de la construcció. Jo era cap d'obra i portava molts projectes, un equip de gent... Ah! I les nits i els caps de setmana em treia la carrera de teologia.



I et va tocar viure l'expansió de la ciutat recent graduat.

Em vaig trobar amb un bon embolic, sí. Corria l'any 1972, s'estaven fent tots els grans barris de Barcelona i a L35 van arribar alguns projectes increïbles, com els habitatges de La Mina, el Polígon Constantí de Tarragona, la Universitat Politècnica de València... Hi

havia moltes obres en marxa i era una mica «campi qui pugui».

Vas aprendre a calcular a L35?

D'estructures jo ja en sabia força perquè era el meu hobby des de la carrera i a l'empresa constructora ens arribaven els projectes bàsics i ja es donava per suposat que nosaltres els resoldríem l'estructura. La veritat és que he estat molt autodidacta. L'any 1977, quan vam tancar l'empresa constructora a causa de la crisi del petroli —un procés bastant costós, per cert— vaig passar a encarregar-me del departament de càlcul de L35, on hi vaig treballar al voltant de vint-i-cinc anys. En aquest estudi sempre fèiem obres força grosses, jo anava molt de bòlit.

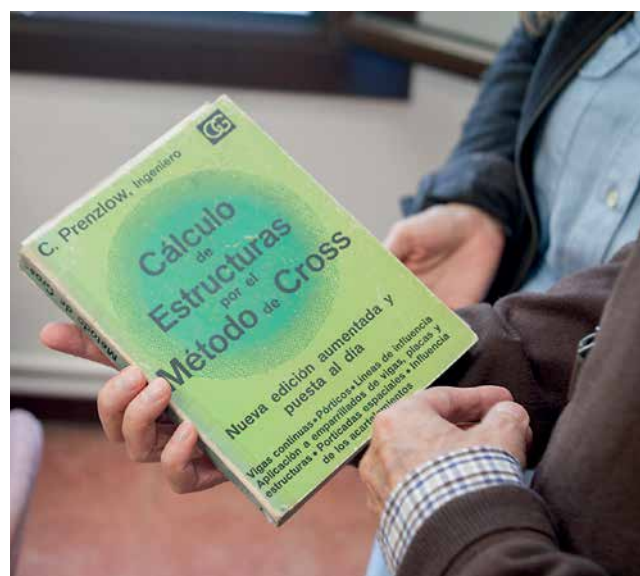
Vau fer el primer centre comercial d'Espanya.

Sí, cap el 1978, el mateix any que em vaig ordenar, vam començar amb els centres comercials. El primer va ser el de Baricentro. Jo vaig estar al projecte executiu i dirigia l'obra amb en Jos Galán, un arquitecte fantàstic. L'estructura la va calcular en Rafel Casals, gran cervell de l'època, en qui jo em fixava molt. Però quan vam acabar aquesta obra, que va ser una bestialitat, em vaig agafar una mena d'any sabàtic i me'n vaig anar a Colòmbia, a la universitat Javeriana, perquè m'interessava fer uns cursos de teologia pastoral i conèixer la realitat latinoamericana.

«El mateix any que em vaig ordenar, vaig dirigir l'obra de Baricentro, el primer centre comercial d'Espanya.»

Quines obres destaquen al teu currículum?

Sens dubte els centres comercials. A més de Baricentro, vaig fer Montigalà, Glòries, La Roca Village, Les Arenes de Terrassa, dos a València, un a Marbella... També he fet poliesportius, habitatges, hospitals com el de Vielha i oficines com el cub de La Caixa de l'Avinguda Diagonal. Té dotze plantes, però la gent no s'imagina que sota terra n'hi ha vuit més! I una de les obres que m'han fet més il·lusió es remunta a l'època de la transició entre la regla de càlcul i la calculadora, fa quaranta anys. Em refereixo al Centre d'Estudis Joan XXIII de Bellvitge.



«He calculat poliesportius, habitatges, hospitals com el de Vielha i oficines com el cub de La Caixa de l'Avinguda Diagonal.»

Et va costar passar de calcular a mà a fer-ho mitjançant la tecnologia?

No, perquè ens hi vam posar molt ràpid. A la carrera tot ho fèiem amb regla de càlcul, no existien ni tan sols les calculadores! Llavors utilitzàvem tota una sèrie de sistemes, com el mètode Cross, de Cremona i de pòrtics virtuals mitjançant els quals fèiem una modelització de les estructures a partir de les possibilitats que teníem. Els primers edificis els vaig calcular amb aquests mètodes.

Recordes el primer ordinador?

Sí, el vam comprar a L35 i ja incorporava programes per calcular pòrtics. Deixaves l'ordinador calculant tota la nit i, si tenies sort, l'endemà et trobaves els papers que sortien plegats de la impressora amb totes les dades. Però, si durant la nit havia fallat la impressora, podies trobar la teva feina reduïda a un paper rebregat i tacat de negre... tocava tornar a començar! En el meu cas, de seguida que vaig poder, em vaig comprar la primera HP programable. Amb aquesta calculadora em vaig fer els meus propis programes de càlcul i, si et soc sincer, de tant en tant, encara l'utilitzo perquè funciona la mar de bé.





«De seguida que vaig poder, em vaig comprar la primera calculadora HP programable i, de tant en tant, encara l'utilitzo!»

Qui sap més d'estructures, l'home o la màquina?

El veritable criteri pertany a l'home. Els consultors fem primer uns predimensionats dels resultats d'un càlcul i, si l'ordinador no dóna quelcom semblant, vol dir que hi ha un error humà, com una equivocació entrant les



dades. Un ha de saber analitzar els resultats de l'ordinador.

«El veritable criteri del càlcul d'estructures pertany a l'home, no als ordinadors.»

Quan va arribar el teu primer contacte amb l'ACE?

En aquella època, ja establert un altre cop a Barcelona, l'Enric Xercavins em venia al darrere perquè em fes de l'associació. En Xercavins havia sigut un dels seus primers associats i tenia despatx propi on desenvolupava els projectes de Filigranbau, que era una empresa de prefabricats de la construcció. Malgrat la seva insistència, jo em resistia. L35 era el meu món i no veia cap avantatge en la proposta. Al final, l'Enric em va convèncer i, gràcies a ell, vaig entrar a l'ACE, on vaig descobrir molts més companys i de seguida em van fitxar per diverses tasques.

Quins papers has ocupat a l'associació?

Vaig començar sent vocal, després secretari i, enguany, serà el meu cinquè any com a vicepresident: vaig ser-ho quatre amb en David Garcia i ara estic amb l'Enric Heredia. A més, he estat molt de temps portant la comissió de rehabilitació que ha funcionat força bé, he organitzat congressos, m'he dedicat al tema de les publicacions, monogràfics, cursos...

«A l'ACE he estat molt de temps portant la comissió de rehabilitació, he organitzat congressos, he coordinat publicacions, monogràfics, cursos...»

Escriure és una de les teves grans aficions.

M'agrada molt! De temes de teologia i espiritualitat he publicat diversos articles en revistes i fulletons, com «L'examen i la revisió de vida segons els Exercicis de Sant Ignasi». També he participat en llibres escrits en equip dirigits als Catecumenats universitaris i darrerament he estat ficat en la problemàtica de la homosexualitat a l'església. Acabo de treure «La parella humana», un llibre bastant crític amb l'església vers aquest assumpte. De temes tècnics també n'he escrit uns quants



d'articles i monografies. Ara mateix estem preparant la segona edició de «La Fibra de carbono en refuerzo de estructuras de hormigón» a través de l'Institut d'Estudis Estructurals de l'ACE, al temps que estem intentant engegar un manual semblant sobre geotècnia amb els geòlegs des de l'associació.

Què creus que ha aportat el teu perfil a l'ACE?

Jo sóc molt líder, no ho puc evitar! I per això crec que he aportat una mica el lideratge necessari perquè es fessin coses, sobretot a la comissió de rehabilitació, motivant i movent a la gent però sense imposar-me mai. Que jo sàpiga, la gent s'ha trobat bé amb mi alhora que jo m'hi he trobat bé fent equip. Tinc molta capacitat per cohesionar persones i fer-ho de bon rotllo.

«Crec que he aportat el lideratge necessari perquè es fessin coses a l'ACE, motivant i movent a la gent, però sense imposar-me mai.»

La teva formació humanística també s'ha de notar...

I sempre em fan broma al respecte! Quan s'ha d'escriure un text, està clar que seré jo qui revisarà l'estil. Tam-

bé crec que, en certs moments puntuals, he aportat una mica de seny, que sempre va bé. I, a nivell de representació de l'ACE, he donat un punt d'experiència i prestigi, tenint en compte la meua edat i la quantitat d'obres realitzades.

A tu en què et va ajudar l'ACE?

A L35 em vaig formar, vaig aprendre, però no estava gens relacionat amb el món de les estructures, especialment l'acadèmic. L'ACE em va ajudar a obrir-me horitzons com a professional més enllà de L35. Com que la imatge que jo tenia dels docents de la universitat era bastant deplorable, a l'ACE vaig conèixer professors de gran categoria, vaig contactar amb molta gent del sector i vaig guanyar grans amistats. L'amistat és el millor que hi ha a la vida. Per mi el factor relacions humanes és el més important.

«L'ACE em va obrir horitzons com a professional, em va permetre conèixer professors de categoria, contactar amb gent del sector i guanyar grans amistats.»

Compensa, doncs, tota la feina desinteressada que comporta l'associació?

I tant! Pel primer que compensa ser membre de l'ACE és per les relacions fantàstiques que s'hi han creat. A nivell tècnic, per exemple, ens recolzem molt entre nosaltres. Ens truquem sovint per fer-nos consultes, col·laborar i donar-nos consells. Pot semblar curiós però, a dins de l'ACE, no hi ha competència. Ens hem ajudat a resoldre projectes i és una pràctica habitual recórrer a qui té més experiència en determinats temes tècnics. Cada cop tinc més clar que «el savi no és el que sap molt, sinó el que sap a qui ha de preguntar».

«El primer que compensa de ser de l'ACE és per les relacions fantàstiques que s'hi han creat entre els membres.»

Quines creus que han estat les grans fites de l'ACE?

Des del principi, la gran fita va ser dignificar el càlcul d'estructures, una professió que quedava amagada darrere l'arquitecte i que, en canvi, resultava absolutament

imprescindible. Abans, de fet, les estructures es calculaven a les mateixes constructores i el càlcul no valia res! Es demanava als contractistes o a les empreses que subministraven les biguetes o els cassetons i no se li donava cap valor. Però, clar, això era fals, perquè sí que hi havia professionals qualificats fent aquesta feina i cobrant molt poc. El reconeixement, a més, s'havia de traduir també en honoraris més alts, cosa que a Catalunya s'ha assolit en bona mesura. Estem ben enfocats, però encara cal avançar més.

Què més queda per fer?

Hem d'aconseguir que tots els associats participin. Fem molta feina, però el motor de l'associació es redueix a un grup relativament petit. A més, cal que ens ocupem de què els socis protectors, més enllà de tenir un paper financer, se sentin acollits i amb protagonisme dins de l'ACE. Ja hi estem col·laborant, però hem de treballar encara més aquestes relacions i fer equip amb ells, aprofitant el potencial dels seus productes i dels tècnics i enginyers de les seves empreses. També m'agradaria que la gent jove estigués més present i que hi hagués més paritat entre homes i dones. A la junta, per exemple, només hi ha una dona i en aquest moment n'hi podria haver més.



«Hem d'aconseguir que tots els associats participin. Des dels socis protectors fins als més joves. També m'agradaria que hi hagués més paritat.»

Com és que les dones sempre han estat minoria a l'ACE?

Perquè gairebé el cent per cent dels empresaris sempre han estat homes. És ara que comença a haver moltes noies que es dediquen a les estructures. Algunes encara són molt joves, però la qüestió seria que s'impliquessin a l'associació des de la seva entrada al món laboral. Ja no cal dir que les seves qualitats són iguals o superiors a les dels homes.

Per sortir!

En relativament poc temps, el panorama ha fet un gir radical. Quan jo vaig començar la carrera, només hi havia una noia a la classe. Així mateix, a la feina, si passava una noia per l'obra, tothom deixava el que estava fent i es formava un aldarull ple de xiulets i floretes. No exagero! Fins i tot m'havia de posar serio com a cap d'obra perquè parés. Ara, la situació és una altra, hi ha moltes dones caps d'obra, arquitectes...

No hi ha rèpliques de l'ACE fora de Catalunya?

En temps de l'Antoni Massagué i del David Garcia vam fer una gran feineda per aconseguir que hi haguessin associacions anàlogues a la nostra arreu d'Espanya. Òbviament, ens interessava la dignificació de la professió també a la resta del territori, però, per molts esforços que hi vam dedicar, no ens en vàrem acabar de sortir.

Què va fallar?

Suposo que a la resta d'Espanya no hi ha la cultura associacionista que tenim aquí. I, clar, això els perjudica molt. Un consultor a Andalusia cobrarà menys que a Catalunya per molt que el càlcul realitzat sigui exactament igual. En aquest sentit, l'ACE ha jugat un paper essencial.

A la junta actual, quina és la línia de treball?

Més o menys seguim fent el mateix que amb en David, no hi ha grans canvis. A través de l'Institut d'Estudis

Estructurals estem pensant d'engegar una sèrie de mòduls per preparar a la gent per ser consultors d'estructures. I és que, apart de saber calcular, un ha de saber portar una empresa, relacionar-se a nivell comercial, gestionar les finances... En fi, aprendre tot el que comporta l'ofici. Una altra cosa que voldríem és captar socis de fora de Catalunya, en especial socis acadèmics, i projectar-nos més cap a fora.

Què és per a tu una bona estructura?

Ha de ser una cosa totalment harmònica amb l'arquitectura. No es pot pensar un projecte arquitectònic al marge de l'estructura i, en edificis antics com aquest [Centre Borja], això s'aprecia molt bé. Les parets, els arcs... tots els elements que s'hi troben són estructurals. En els edificis actuals cal coordinar més l'arquitectura amb l'estructura. S'assembla al paper de l'esquelet i la musculatura en el cos humà. Oi que són imprescindibles per pensar un cos? L'estructura és l'esquelet i la musculatura de l'arquitectura. Tu després ja faràs que el rostre sigui més bonic o més lleig, però ha de ser un tot harmònic.



Són bons els arquitectes catalans a l'hora de coordinar estructura i arquitectura?

Sí, perquè a Catalunya sempre hi ha hagut una cultura de formar bé en temes d'estructures als arquitectes.

L'Elías Rogent, l'Antoni Gaudí i tot aquest grup ja van tenir com a mestre el Joan Torras, expert en estructures metàl·liques i càlculs de resistència de materials. En el cas de Gaudí, tot i que òbviament no podia accedir als coneixements tècnics que hi ha avui, sabia molt de grafostàtica. Ell dominava la representació gràfica de les estructures i així ho aplicava als seus projectes.

I a la resta d'Espanya?

A la resta d'Espanya, sobre tot a Madrid, el càlcul d'estructures ha estat molt capitalitzat pels enginyers de camins. Abans, aquesta carrera només es podia estudiar a la capital, on hi havia l'única facultat del país. Si eres català i volies ser enginyer de camins havies de marxar allà. En el meu cas, tot i que m'hagués agradat, era una opció que no es podia plantejar perquè els meus pares no m'ho haurien pogut costejar.

«L'estructura és una filosofia, una manera de concebre les coses, una forma de funcionar. I, després, són números, però no a l'inrevés.»

Els estudis d'humanitats i filosofia ajuden a calcular?

L'estructura és una filosofia, és una manera de concebre les coses, una forma de funcionar. I, després, són números, però no a l'inrevés. Jo, que venia d'una formació clàssica de lletres en què t'ensenyaven a pensar, a llegir i a escriure, tot això t'ajuda molt en una carrera tècnica. I tens una complementarietat que molts no tenen en aquest aspecte. Potser des d'un punt de vista tècnic no he arribat tan amunt com d'altres que han dedicat tota la vida a les estructures. Val a dir que he estudiat moltes altres coses, he fet cursos, seminaris... i encara estic en procés d'aprenentatge!

Mai no es deixa d'aprendre?

Em passo la vida aprenent i estudiant. Hi ha moltes coses que no les saps i que les has d'estudiar a través de les noves investigacions que surten. Recordo un cop que jo estava molt capficat en un tema de les voltes a la catalana i el treball de la fàbrica de ceràmica i em trobava en un atzucac. Buscant i raonant vaig trobar-me amb una tesi doctoral de feia dos anys que em va resoldre el problema. O quan vam fer la guia de la fibra de carboni, un dels monogràfics de l'ACE que vaig coordinar, vam haver de llegir una gran quantitat d'articles i



opinions per poder-ne fer una bona síntesi. Mantenir-se actualitzat és mantenir-se motivat. També per les classes m'he de preparar bé, llegir, escriure...

*«Em passo la vida aprenent i estudiant.
Mantenir-se actualitzat és mantenir-se motivat.»*

A on imparteixes classe?

Al màster d'arquitectura de La Salle dono estructures i també sóc professor de teologia i espiritualitat a la Universitat Ramon Llull a la Fundació Vidal i Barraquer.

La veterania també ha de tenir els seus avantatges!

L'experiència, la intuïció i la rapidesa. Hi ha coses que les resolc en un tres i no res perquè de seguida sé què s'ha de fer. I cal sumar-hi la seguretat: com que ja suposo quin resultat m'hauria de donar, no dubto gens. Això només t'ho donen els anys d'experiència.

*«Ser veterà aporta intuïció, rapidesa
i seguretat a l'hora de treballar.
Això només t'ho donen els anys d'experiència.»*

Per qui ve de fer càlculs a mà, això és més fàcil que per un consultor actual...

Aquest és un dels problemes que es troben les noves generacions, que moltes vegades no tenen criteri o es pensen que no cal estudiar a fons perquè amb un progra-

ma ja ho tenen tot solucionat. Els que s'hi volen dedicar, si tenen bons professors com en David Garcia, Jorge Blasco, Jordi Maristany, Carles Romea... sortiran ben formats en aquest sentit.

Ja que estem parlant del futur, avancem cap a una arquitectura sostenible?

Malauradament, avui en dia hi ha bastants exemples d'arquitectura no sostenible, edificis amb uns voladissos brutals que no serveixen per res i encareixen el preu de l'estructura tres o quatre vegades. A sant de què hem de gastar tant en acer? Només per quedar bé a la foto? Els consultors podem calcular-ho tot, però ha de tenir un sentit. La sostenibilitat, per mi, és racionalitzar les coses i posar els materials que calgui però sense malgastar. El que passa és que, quan les grans marques i firmes s'hi fiquen pel mig, tot es malbarata.



*«Els consultors podem calcular-ho tot,
però ha de tenir un sentit. La sostenibilitat
és racionalitzar els projectes i posar
els materials que calgui sense malgastar.»*

Quins projectes estàs portant actualment?

Estic amb varies rehabilitacions de coses relativament petites i una que em fa molta gràcia: la nova parròquia de Sant Rafel a Nou Barris. Aquest projecte m'ha arribat a través de l'arquitecte del patrimoni de l'Arquebisbat de Barcelona i em fa especial il·lusió perquè és tot sota terra.

N'has fet gaire obres d'aquest estil?

Moltes! M'encanta la geotècnia. Vaig gaudir molt calculant les quatre plantes subterrànies del Centre Glòries. És com un vaixell de trenta dos mil metres quadrats —l'equivalent a tres illes de Barcelona— forçat a establir-se deu metres sota l'aigua, amb una força cap amunt de deu tones per metre quadrat. Imagina't! Esperem que no floti! Una altra obra sota terra que em va agradar fer va ser Piscines i Esports. El sostre del primer soterrani era pràcticament de vidre i aigua!

*«M'encanta la geotècnia.
Vaig gaudir molt calculant les quatre plantes
subterrànies del Centre Glòries.»*

Segueixes fent obres grans?

De moment he dit a L35 que no em passin més projectes. Estic a punt de fer 73 anys i vull estalviar-me una mica d'estrès. Ara em diverteixen les obres de rehabilitació perquè es tracta d'un treball més semblant a l'artesanía, d'esforçar-se per trobar el procediment més adient. També he fet estudis teòrics sobre la volta catalana i fins i tot he dedicat temps a intentar trobar solucions pels perfils d'ala estreta de molts edificis de Barcelona i en general de Catalunya.

*«Les obres de rehabilitació
em diverteixen perquè es tracta d'un treball
més semblant a l'artesanía.»*

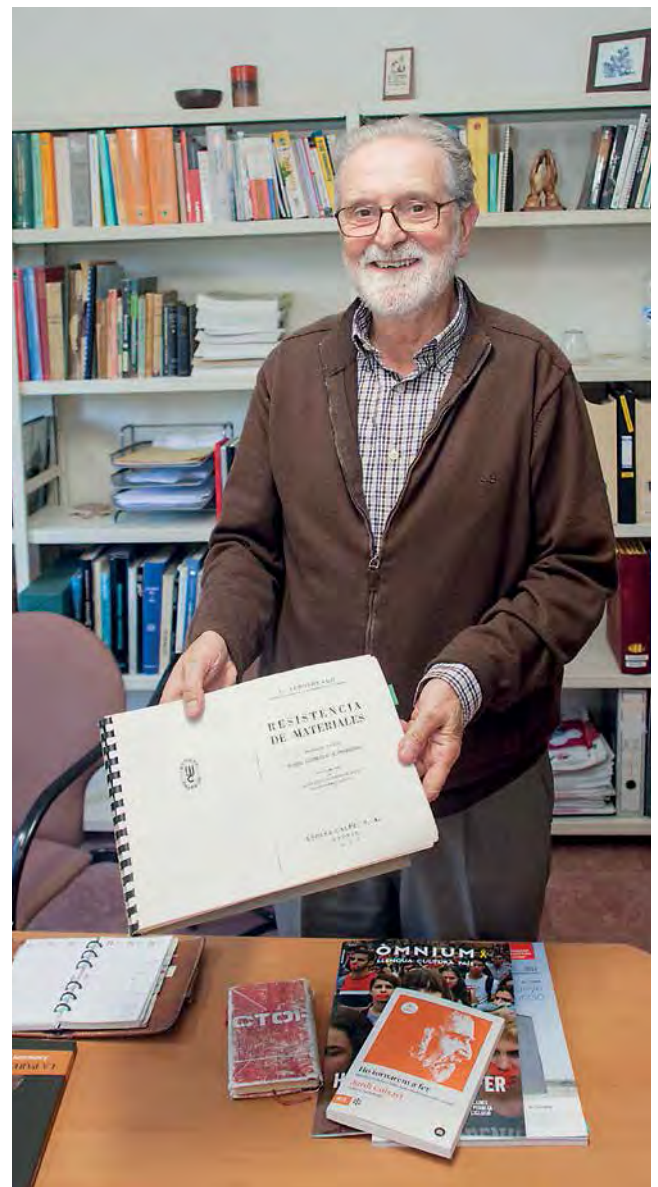
Es podria dir que ets un home reptes!

M'atrauen molt. *«Intellectus apretatus discurrit»* que deien els llatins! I és veritat que, quan tens un repte al davant, s'aguditza l'enginy. Fer un bloc d'edificis amb uns forjats i uns pilars no té cap misteri. A mi m'agrada allò que passa quan un company et truca perquè està bloquejat i vol que l'ajudis amb un dubte de càlcul o bé a l'inrevés. Ara, per exemple, he estat amb un problema d'un mur de contenció d'una urbanització que no s'ha anat a terra de miracle i que, a més, dona a una escola. He estat pensant, m'ho he estat mirant, tothom proposava solucions complicadíssimes... i, al final, se m'ha acudit un sistema molt senzill per resoldre-ho i molt més econòmic. Això és el més bonic!

Calcular estructures és sobretot pensar?

Sí. Tu deixes els problemes al disc dur, que aquest vagi treballant, i la solució pot arribar fins i tot quan estàs dormint. Més d'una vegada m'he despertat a mitja nit, he fet un croquis i he seguit dormint! L'estona de pregària dels matins també ajuda a fer higiene mental. Tenir espais de silenci per a tu és fantàstic.

*«M'atrau resoldre coses complexes.
"Intellectus apretatus discurrit" que deien
els llatins!»*



Per això t'agrada la muntanya, tan silenciosa com és?

Sóc molt aficionat a la muntanya! N'he fet moltíssima... Si t'expliqués a l'època del franquisme! Com que coneixia moltes rutes, ajudava a la gent perseguida a creuar a l'altra banda. Els jesuïtes, acostumats a ficar-nos en tots els saraus, participàvem en diverses activitats clandestines i de vegades ens tocava córrer davant dels grisos! Quan vull fer un descans de la feina, m'aixeco de la cadira i contemplo el mapa topogràfic i amb relleu dels Pirineus que tinc penjat a la paret.

Quina ha estat la muntanya més alta que has pujat?

El Mont Blanc! El vam pujar amb tres amics per celebrar els meus quaranta anys. Va ser difícil, eh? Tot i que potser el lloc més alt en què he estat ha sigut a Bolívia, on passes en cotxe pels 5.000 metres!

També t'agrada molt la bicicleta...

Procuo moure'm sempre pedalant! Sovint, per anar a algunes visites d'obra o, si he de baixar a Barcelona, fico la bicicleta al tren. De tant en tant, puc pedalar fins a la platja! Agafo el carril bici que segueix la riera de Sant Cugat pel parc de Cerdanyola, travesso Montcada i baixo per tot el Besòs. En total són uns 17 kilòmetres, una hora i deu minuts.

...I la música!

De petit estudiava música i cant amb els futurs alumnes de l'Escolania de Montserrat. Finalment, no hi vaig anar però em va quedar el sentit musical. Havia arribat a dominar bastant la flauta dolça, toco la guitarra, m'agrada cantar i he fet cantar a molta gent. Quan no he d'estar molt concentrat, sempre em poso música al despatx, especialment clàssica. Aquest any, per exemple, m'he dedicat molt a escoltar en Mahler. Sóc un inquiet de mena!



PAREX

TRATAMIENTO INTEGRAL DE LA CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

En **PAREX** ofrecemos soluciones integrales para la protección frente a la corrosión de estructuras de hormigón armado.

LANKO 761 STEEL es la solución certificada para el tratamiento de la corrosión del armado, tanto en fase de incubación, cuando sus efectos todavía no son visibles en superficie, como en fase de propagación, cuando el daño o lesión es apreciable en el hormigón.



LANKO 761 STEEL
Efectividad verificada a largo plazo



Nº 636/18

El Documento de Idoneidad Técnica establece un dictamen favorable, que avala y confirma la efectividad del inhibidor de corrosión

LANKO 761 STEEL.

PAREXGROUP MORTEROS, S.A.U.

C/ Italia, 13 - 21 - Pol. Ind. Plà de Llerona · 08520 Les Franqueses del Vallès
Barcelona (Spain) · Tel. 937 017 200 · Fax 937 017 248 · www.parex.es

“Amb l'experiència de més de 25 anys oferint un servei de qualitat en els camps de l'Enginyeria Geològica, la Geologia del Medi Ambient i els reconeixements geotècnics en general”

SONDEIGS

- Perforació a rotació amb extracció de mostra contínua.
- Geòleg a peu de sondeig.

ESTUDIS GEOTÈCNICS

- Qualitat i rigor.
- Ajustats a les necessitats del projecte.
- Supervisió geològica en fase d'obra.

HIDROGEOLOGIA

- Estudis per a l'excavació de soterranis sota el nivell freàtic.
- Instal·lació de piezòmetres de control.

ESTUDIS DE CONTAMINACIÓ DE SÒLS I AIGÜES CARTOGRAFIES GEOTEMÀTIQUES

PIEZOCONS, ASSAIGS CPTU, VANE-TEST I DMT

L'assaig CPTU és un dels més sofisticats i fiables que es poden fer “in situ”, especialment en terrenys argilosos poc compactes i en sediments sorrencs sota el nivell freàtic.

L'assaig Vane-Test “in situ” ens permet obtenir un registre automàtic i informatitzat de la cohesió no drenada de sòls cohesius.

L'assaig DMT Marchetti facilita el mòdul de deformació.



BAC & VENTAYOL GEOSERVEIS, S.L.



C/ Àvila, 138, 3ª Planta
 08018 Barcelona
 Tel. 93 540 85 42
 info@baciventayol.com
 www.baciventayol.com



FONAMENTS ESPECIALS EN PETITS ESPAIS

Treballem en condicions
 molt estrictes d'espai



Certificat núm. ES11/9905 de compliment dels requisits de la Norma ISO 9001:2008.



Membre protector de l'associació de consultors d'estructures.



Màxima classificació com a contractista d'obra per l'administració amb categoria K02E de “Sondeos inyecciones y pilotajes”, i la categoria K01D de “Cimentaciones especiales”.

Visita'ns a www.2pe.biz

93 763 26 99 / 660 484 072. Mail: 2pe@2pe.biz
 Av. Maresme 9. 08396 Sant Cebrià de Vallalta.



ibertrac

DES DE 1977

TRACTAMENT D'ESTRUCTURES

ESTUDI ACTIVITAT XILÒFAGS

ESTUDI DANYS EN ESTRUCTURES

SANEJAMENT I RECONSTRUCCIÓ DE BIGUES DE FUSTA

CONTROL TÈRMITS EN CASES I EDIFICIS



IBERTRAC AMB MÉS DE 30 ANYS REALITZANT SERVEIS PER A LA PROTECCIÓ I CONTROL DE PLAGUES. AMB TRES DEPARTAMENTS DIFERENCIATS:

- 1 SALUT AMBIENTAL.
- 2 DIAGNÒSTIC, PROTECCIÓ I CURACIÓ DE LA FUSTA.
- 3 PROTECCIÓ D'EDIFICIS CONTRA AUS-PLAGA.



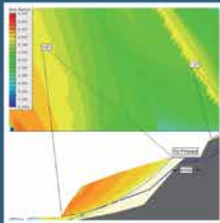
ibertrac.com / termitas.net

Tel 93 439 31 04 • 93 430 43 01

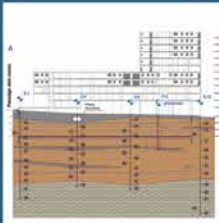
Fax 93 444 10 42

ibertrac@ibertrac.com

C/Loreto 13-15 D 08029 Barcelona



Estudis geotècnics per obra civil



Estudis geotècnics per edificació



Sondejos amb tecnologia Sonic



Sondejos i perforacions



Execució de micropilots



Estudis medi ambientals i contaminació de sòls



Topografia



Laboratori de geotècnica propi



www.geoplanning.es
geoplanning@geoplanning.es

Pioners en perforació amb tecnologia Sonic

Avinguda Can Noguera 11, Nau 1
(Polígon Industrial Barcelonès)
08630 Abrera (Barcelona)
Tel: +34 93 773 87 40

Carrer Bisbe Ruano, 17 - Entreplanta 4
25006 Lleida
Tel: +34 973 27 29 98

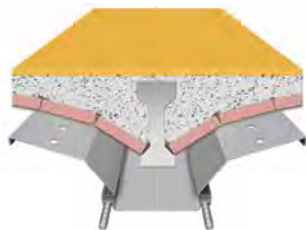
RECUPERACIÓ DE TOT TIPUS DE SOSTRES



COINTECS

Tel.: 93 308 83 85 • www.cointecs.com • ingenieros@cointecs.com

ÚNIC SISTEMA AMB:



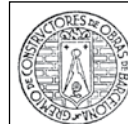
- ▶ TRABAT I RECOLZAMENT EXCLUSIU EN MURS (patentat)
- ▶ SUBSTITUCIÓ FUNCIONAL ACTIVA I EFECTIVA
- ▶ ENGINYERIA AL SEU SERVEI
- ▶ SENSE SOLDADURES
- ▶ ADAPTAT AL SOSTRE



Nº 276R/14



ISO 9001



Distinció
Gremi
Constructors

CTE
CÓDIGO TÉCNICO
DE LA EDIFICACIÓN

MISCEL·LÀNIA MISCELÁNEA

PRESENTACIÓ DEL LLIBRE

«JIMÉNEZ MONTOYA ESENCIAL: HORMIGÓN ARMADO»

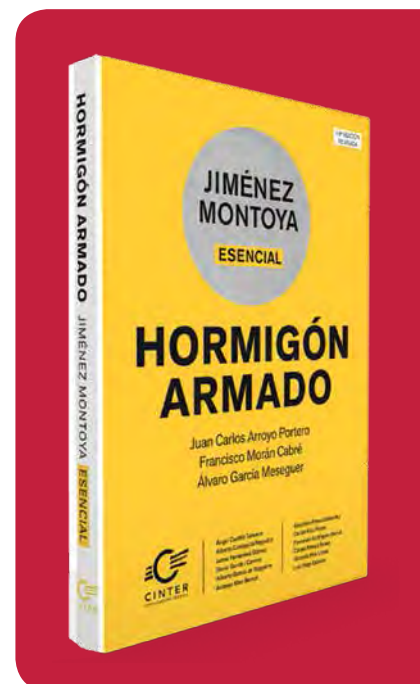
La jornada, organitzada per l'ACE amb el patrocini de PROPAMSA, PROMSA i MAPEI, va comptar amb l'assistència dels autors i col·laboradors d'aquesta nova edició del clàssic.

Es tracta, indubtablement, d'un material que desperta passions entre els professionals que ens hi dediquem al món de les estructures i de la construcció en general. Però si hi ha algun apassionat del formigó a la sala, amb permís de tots els presents, aquest és el Juan Carlos Arroyo, un dels protagonistes de la jornada que l'ACE va organitzar el passat 10 d'octubre al Campus Nord de la UPC.

A l'Aula Màster del recinte van reunir-se desenes de persones per conèixer tots els detalls relacionats amb el llibre *Jiménez Montoya Eencial: Hormigón Armado*, una nova edició —la 16a, més concretament— del clàssic escrit fa més de 50 anys per Montoya i considerat bíblia i obra de referència de moltes càtedres de formigó.

L'acte va comptar amb l'assistència destacada de **Valentín Alejandre**, editor de l'obra, dels autors de l'obra: **Juan Carlos Arroyo**, **Francisco Morán Cafré**, i els col·laboradors: **Carles Romea Rosas**, **Antonio Mari Bernat** i **David Garcia Carrera** en la tasca d'escriure la nova versió del «MONTOYA».

L'esdeveniment resultà tot un èxit, no només d'assistència sinó de contingut. Va estar un plaer escoltar com va estar el procés de creació d'aquesta «nova» obra, la lectura de la qual us recomanem ferventment.



PRESENTACIÓN DEL LIBRO: «JIMÉNEZ MONTOYA ESENCIAL: HORMIGÓN ARMADO»



La jornada, organizada por la ACE con el patrocinio de PROPAMSA, PROMSA y MAPEI, contó con la asistencia de los autores y colaboradores de esta nueva edición del clásico.

Se trata, sin lugar a dudas, de un material que despierta pasiones entre los profesionales que nos dedicamos a las estructuras y a la construcción en general. Pero si hubo algún apasionado del hormigón en la sala, con el permiso de todos los presentes, este es Juan Carlos Arroyo, uno de los protagonistas de la jornada que tuvo lugar el pasado 10 de octubre en el Campus Nord de la UPC.

En el Aula Máster del recinto se reunieron decenas de personas para conocer todos los detalles relacionados con el libro **Jiménez Montoya Esencial: Hormigón Armado** (una nueva edición, la 16.ª) del clásico escrito

hace más de 50 años por Montoya y considerado la biblia y obra de referencia de muchas cátedras de hormigón.

El acto contó con la asistencia destacada de **Valentín Alejandre**, editor de la obra, de los autores de la obra: **Juan Carlos Arroyo**, **Francisco Morán Cafré**, y los colaboradores: **Carles Romea Rosas**, **Antonio Marí Bernat** y **David García Carrera** en la tarea de escribir la nueva versión del «MONTOYA».

El acto fue todo un éxito, no solo de asistencia sino de contenido. Un placer escuchar cómo se desarrolló el proceso de creación de esta nueva obra, la lectura de la cual os recomendamos.



Donem la benvinguda als nous socis adherits a la nostra associació fins al novembre de 2019.

Damos la bienvenida a los nuevos socios adheridos a nuestra asociación hasta noviembre de 2019.

Socis protectors: / *Socios protectores:*

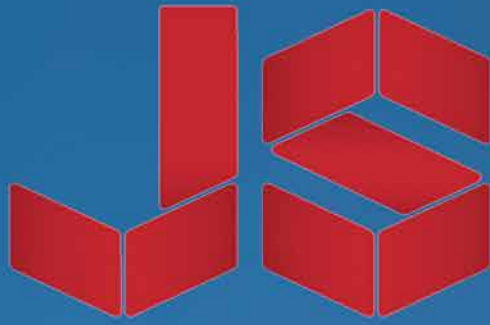
- Fischer Ibérica, S.A.U.



Socis numeraris: / *Socios numerarios:*

- Marc Sanabra Loewe
- Quantika Arquitectura & Ingeniería
- Gemma Muñoz Soria
- Marcel Cruells Castellet
- Consultor d'Estructures en Edificació JFG, S.L.P.

JFG CONSULTORS
Consultor d'estructures en edificació JFG, S.L.P.



Metallic Solutions

CONSTRUIMOS EL FUTURO

**"CONSUMAMOS LA IDEA, EL CONCEPTO,
EN UNA REALIDAD TANGIBLE."**

J. Sagalés

T +34 938 897 066

comercial@ems-js.com

www.ems-js.com



No Reemplace Repárelo in situ con FX-70®

Sistema de reparación y protección de estructuras para ambientes agresivos

El sistema de reparación y protección FX-70® fue la primera solución de reparación in situ para pilotes de hormigón, acero y madera deteriorados cuando se aplicó en 1970. Más recientemente se ha aplicado en el Paseo Marítimo de Castro Urdiales y en el muelle de la Marina de Hondarribia.

Para obtener más información, llame al +34 91 802 31 14 o visite sp-reinforcement.es



A Simpson Strong-Tie® Company

Inaugura seu a Saragossa



Construcció i Rehabilitació 4ARK, empresa barcelonina, ha inaugurat recentment la seva seu a Saragossa. Ubicada al cèntric Paseo de la Independencia, la nova delegació gestiona els projectes i obres que la companyia desenvolupa a la capital aragonesa. L'objectiu és aplicar, en aquest procés d'expansió, els mateixos mètodes de treball, rigor i vocació de servei que han caracteritzat la seva tasca al mercat català, amb la confiança que és un model exportable a altres zones geogràfiques.

Des del punt de vista estratègic, aquesta fita a la trajectòria de 4ARK suposa



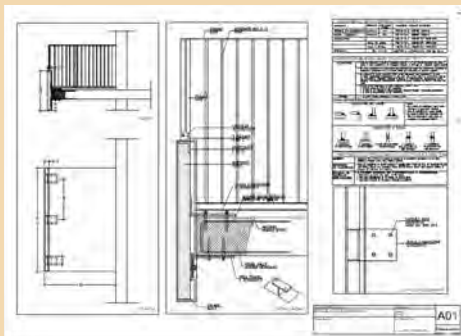
un pas endavant en una trajectòria consolidada, de la qual es van complir deu anys el passat 2017. En aquest període, 4ARK s'ha convertit, avui, en una companyia reconeguda, que manté un creixement sostingut, avalada per la classificació empresarial K7, que executa obres rellevants d'alt nivell qualitatiu. La satisfacció dels clients és la fita; l'enfocament creatiu que aporta solucions intel·ligents és el camí.

Els serveis que ofereix abasten la rehabilitació i la restauració, els reforços estructurals, l'eficiència energètica, el manteniment integral d'edificis, la diagnosi de patologies i l'interiorisme.

ELS REPTES DE FUTUR

Juntament amb la seva decidida implantació en nous mercats, l'empresa encara els reptes de futur amb una ferma aposta per les noves tecnologies i la necessitat d'optimitzar recursos, resultats d'una nova visió empresarial que acull les necessitats del client, l'entorn patrimonial i el medi ambient.

En aquesta línia de treball destaca el projecte de rehabilitació de l'emblemàtic edifici de la Plaça del Mar, 1-4 de la Barceloneta, que actualment es troba en la primera fase. S'està duent a terme sota la direcció facultativa de Ricard Camps i l'assessorament d'estructures d'Avac Arquitectes Associats. En aquesta fase s'han produït i desenvolupat els nous frontals de balcons, el projecte i càlculs d'estructures pel dimensionat del nou prototip mitjançant panells amb estructura interna d'acer inoxidable, nucli de poliuretà i capa de resines i gelcoat. Tot revestit finalment de gresite.



Càlcul estructural dels nous frontals de balcons.
Plaça del Mar, 1-4
(Barcelona)



LLISTA DE MEMBRES DE L'ASSOCIACIÓ

LISTADO DE MIEMBROS DE LA ASOCIACIÓN

SOCIS D'HONOR

Antonio Aguado de Cea
Dr. Enginyer de Camins, Canals i Ports (UPC)

Ramón Argüelles Álvarez
Dr. Ingeniero de Montes (UPM)

Francesc Bassó i Birulés †
Dr. Arquitecte

Robert Brufau Niubó
Dr. Arquitecte

Carles Buxadé i Ribot
Arquitecte

José Calavera Ruiz
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (UPM)

Rafael Casals i Bohigas †
Dr. Enginyer Industrial

Félix Escrig Pallarés †
Dr. Arquitecto

José María Fornons García
Enginyer Industrial

Manuel García Cabrera
Enginyer Industrial

Josep M. Genescà i Ramon
Arquitecte Tècnic

Enrique González Valle
Dr. Enginyer de Camins, Canals i Ports

Fructuós Mañá i Reixach
Dr. Arquitecte

Joan Margarit Consarnau
Dr. Arquitecte

Antoni Mari i Bernat
Dr. Enginyer Camins, Canals i Ports

Julio Martínez Calzón
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Juan Bautista Pérez Valcárcel
Dr. Arquitecte

Florentino Regalado Tesoro
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Gerardo Rodríguez i González
Enginyer de Camins, Canals i Ports

Ramon Sastre i Sastre
Dr. Arquitecte

Antoni Torrent i Marqués
Enginyer civil

José Antonio Torroja Cavanillas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

SOCIS PROTECTORS



4P. SGS TECNOS, S.A.
4P.1. Daniel Lascorz Gómez
Llull, 95-97, 5a planta
08005 BARCELONA
daniel.lascorz@sgs.com
www.sgs.es



7P. SISTEMAS DE CIMENTACIÓN, S.A.
7P.1. Manuel Bertran Mariné
Via Augusta, 13-15
08006 BARCELONA
sc@sistemasdecimentacion.es
www.sistemasdecimentacion.es



11P. PROPAMSA, S.A.U.
11P.1. Manel Soler Caralps
Camí de Ciments Molins, s/n
08620 SANT VICENÇ DELS HORTS
msoler@propamsa.cemolins.es
www.propamsa.es



14P. ENCOFRADOS J. ALSINA, S.A.
14P.1. José Caballero Ruiz de Azcárraga
Camí de la Font Freda, 1
Polígon Industrial d'en Coll
08110 MONTCADA I REIXAC
alsina@alsina.es
www.alsina.es



17P. CENTRO CATALÁN DE GEOTECNIA, S.L.
17P.1. Teodoro González López
Passatge Arrahona, 4, nau 3
08006 BARCELONA
administracion@geotecnia.biz



27P. KNAUF MIRET S.L.
27P.1. Daniel Miret Bausili
Calafell, 1
08720 VILAFRANCA DEL PENEDÈS



28P. CYPE INGENIEROS, S.A.
28P.1. Bernabé Farré i Oro
Almogüvers, 66, 2n A
08018 BARCELONA
bernabe.farre@cype.com
www.cype.com



29P. SIKA
29P.1. Mònica Sangil García
Travessia Industrial, 13
08907 L'HOSPITALET DE LLOBREGAT
sangil.monica@es.sika.com
www.sika.es



30P. VSL CONSTRUCTION SYSTEMS, S.A.
30P.1. Pedro Ossó Rebull
Avda. de la Gran Via, 179
08908 L'HOSPITALET DE LLOBREGAT
pedro.osso@vsl.com
www.vsl.com



32P. BASF CONSTRUCTION CHEMICALS ESPAÑA, S.L.
32P.1. Carles Reguera
Carretera del Mig, 219
08907 L'HOSPITALET DEL LLOBREGAT
carles.reguera@basf.com
www.master-builders-solutions.basf.es





35P. EUROPERFIL, S.A.

35P.1. Lluís Paguera Sánchez
Avda. de la Gran Via, 179
08908 L'HOSPITALET DE LLOBREGAT
lluis.paguera@europeref.com
www.europeref.com



37P. HILTI ESPAÑOLA, S.A.

37P.1. Artur Bernat Barberá
Avda. del Maresme, 10
08940 CORNELLÀ DE LLOBREGAT
Artur.Bernat@hilti.com



39P. SISTEMA NOU BAU, S.L.

39P.1. Antoni Agudé Vila
Edifici @SantCugat
Via Augusta, 15-25
08174 SANT CUGAT DEL VALLÈS
noubau@noubau.com
www.noubau.com



43P. 2PE PILOTES

43P.1. Núria Sauleda i Serna
Avda. Maresme, 9
08396 SANT CEBRIÀ DE VALLALTA
2pe@2pe.biz
www.2pe.biz



44P. MAPEI SPAIN, S.A.

44P.1. Joan Lleal
València, 11, Pol. Ind. Can Oller
08130 SANTA PERPÈTUA DE LA MOGODA
joanlleal@mapei.es
www.mapei.es



45P. TORNILLERÍA INDUSTRIAL, S.A.

45P.1. Daniel Valls Fonoll
Catalunya, 11, Pol. Ind. Can Oller
08130 SANTA PERPÈTUA DE LA MOGODA
danifonoll@tindsa.com
www.fator.es



47P. IBERTRAC, S.L.

47P.1. Víctor Rubio Monsant
Loreto, 13-15, D
08029 BARCELONA
vrubio@ibertrac.com
www.ibertrac.com



49P. CONSTRUSOFT

49P.1. José Coscolluela Millas
Doctor Vila, 3, local 2
08740 SANT ANDREU DE LA BARCA
albert.jimenez@construsoft.com
www.construsoft.com



50P. GERB, S.A.

50P.1. Tomás López de Uralde Gines
Juan Bruil, 2, 1.º
50001 ZARAGOZA
tomas.lopez@gerb.com.es
www.gerb.com



51P. HERMS, S.A.

51P.1. Anna Herms Fontquerni
Fisas, 1
08034 BARCELONA
herms@herms.es
www.herms.es



52P. CONTRACTA, OBRES I TECNOLOGIA DE LA REHABILITACIÓ, S.L.

52P.1. Josep Antoni Martínez
Gran Via de les Corts Catalanes, 645, 2n 2a A
08010 BARCELONA
administracio@contracta.net
www.contracta.net



62P. ENCOFRADOS CASTELL, S.L.

62P.1. Hilario García Mata
Camí Can Ferran, 13-15
08403 GRANOLLERS
encofradoscastell@ecastell.com
www.ecastell.com



63P. MANEJO INTEGRADO PLAGAS Y PATOLOGÍAS, S.L.U.

63P.1. Francisco Domínguez
Modern, 12, local 1
08902 L'HOSPITALET DE LLOBREGAT
tecnic@sanite.net
www.sanite.es



65P. TECNIFUSTA INGENYERIA, S.L.

65P.1. Jordi Figueras Figueras
Closa d'en Llop, 110, apt. 213
17130 L'ESCALA
info@tecnifusta.com
www.tecnifusta.com



66P. BAC & VENTAYOL GEOSERVEIS, S.L.

66P.1. Albert Ventayol Lázaro
Àvila, 138, 3a planta
08018 BARCELONA
aventayol@baciventayol.com
www.baciventayol.com



68P. URETEK SOLUCIONES INNOVADORAS, S.L.U.

68P.1. Rubén Galisteo del Río
Príncipe de Vergara, 126
28002 MADRID
uretek@uretek.es
www.uretek.es



71P. SOCIÉTÉ DE PROSPECTION ET D'INTERVENTION TECHNIQUES S.A.S. (SPIT)

71P.1. Sergi Alzuria
Murcia, 58, Nave C,
Pol. Ind. Can Calderón
08830 SANT BOI DE LLOBREGAT
sergi.alzuria@spit.es
www.spitpaslode.es



73P. GEOSEC ESPAÑA, S.L.

73P.1. Marcos Leal Menéndez
Av. Fuentemar, 43, nave D3
28823 COSLADA (MADRID)
info@geosec.es
www.geosec.es





76P. GEOMAR INGENYERIA DEL TERRENY, S.L.P.

76P.1. Joan Martínez Bofill
València, 1, subsòl local 12
08015 BARCELONA
estudis@geomar.cat
www.geomar.cat



78P. COINTECS CONSTRUCCIÓ E INGENYERIA DE FORJADOS, S.L.

78P.1. Martí Mas Maimo
Marroc, 93
08020 BARCELONA
ingenieros@cointecs.com
www.cointecs.com



79P. CECAM, S.L.U. CENTRE D'ESTUDIS DE LA CONSTRUCCIÓ I ANÀLISI DE MATERIALS, S.L.U.

79P.1. Ignaci Capella Sala
Pirineus, s/n, Pol. Ind.
17460 CELRÀ
geotecnia@cecam.com



83P. INDUSTRIAS DEL UBIERNA, S.A.

83P.1. Ramón Badell Osuna
López Bravo, 94
09006 BURGOS
Traversera de Gràcia, 30, 3è C
08021 BARCELONA
ramon.badell@bekaert.com



86P. CONSTRUCCIÓ I REHABILITACIÓ 4ARK, S.L.

86P.1. Verónica Giró Ceballos
Gran Via de les Corts Catalanes, 684,
entl. 1a
08010 BARCELONA
veronicagiro@4ark.es
www.4ark.es



87P. EGOIN, S.A.

87P.1. Néstor Piris i Bernal
Ullastre, 7
08017 BARCELONA
nestorpiris@gmail.com
www.egoin.es



88P. CULLERÉ I SALA, S.L.

88P.1. Jordi Romañà Ribé
Sardenya, 229, 5è 4a
08013 BARCELONA
romanya@culleresala.com
www.culleresala.com



90P. PANTALLAX, S.L.U.

90P.1. Juan José Villanueva Inarejos
Ciutat de Melilla, 4, bajo
46017 VALENCIA
tecnicos@pantallax.es
www.pantallax.es



91P. PILOTES Y OBRAS, S.A.

91P.1. Ferran García Hernández
Velázquez, 53, 2.º izq.
28001 MADRID
pyo@pilotesyobras.com
Av. Dels Vents, 9-13,
esc. B, 4r 1a
08917 BADALONA
j.cortizo@pilotesyobras.com
www.pilotesyobras.com



93P. GEOPLAST - DALIFORMA, S.L.

93P.1. Jorge de Mas Fernández
Tuset, 19
08006 BARCELONA
info@daliforma.com
www.daliforma.com



94P. ESTRUCTURES, MUNTATGES I SOLDADURES JS, S.L.

94P.1. Jordi Segales Farres
Sant Pere de Casserres, 3
Pol. Ind. Malloles
08500 VIC
info@ems-js.com
www.ems-js.com



95P. ISCHEBECK IBÉRICA, S.L.

95P.1. Àlex Giménez Jiménez
S, 25 - Pol. Ind. El Oliveral
46394 RIBA-ROJA DE TÚRIA
alex.gimenez@ischebeck.es
www.ischebeck.es



96P. MECANOVIGA, S.L.

96P.1. Armando Lalmolda
Garraf, 16
08759 VALLIRANA
mecanoviga@mecanoviga.com
www.mecanoviga.com



97P. REHABILIT, S.L.

97P.1. Ramon Mestre Viver
Padilla, 240, interior
08013 BARCELONA
rehabilit@rehabilit.com
www.rehabilit.com



99P. GRUPO PUMA, S.L.

99P.1. María Capilla Huertas
Conrado del Campo, 2, 1.º
Pol. Ind. Trevenez
29590 CAMPANILLAS
mcapilla@grupopuma.com
www.grupopuma.com



100P. S&P REINFORCEMENT SPAIN, S.L.

100P.1. Iván Carracedo Cabadas
Carlos Jiménez Díaz, 17
28806 ALCALÁ DE HENARES
ivan.carracedo@sp-reinforcement.eu
www.sp-reinforcement.eu



- 101P. PAREX GROUP MORTEROS, S.A.U.**
101P.1. Daniel Ruiz Bouché
 Italia, 13-21
 Pol. Ind. Pla de Llerona
 08520 LES FRANQUESES DEL VALLÈS
 daniel.ruiz@parex-group.com
 www.parex.es



- 102P. GEOPLANNING, S.L.**
102P.1. Ramon Codina Gual
 Av. Can Noguera, 11
 08630 ABRERA
 r.codina@geoplanning.es
 www.geoplanning.es



- 103P. CIFREAT, S.L.**
103P.1. Daniel Lasalle Borrás
 Plaça del Mil·lenari, 3, local 2
 08160 MONTMELÓ
 d.lasalle@cifreat.com
 www.cifreat.com



- 104P. 3S' TECH, S.L.**
104P.1. Miquel Llorens Sulivera
 Pic de Peguera, 4
 Edifici Jaume Casademont
 Parc Científic i Tecnològic de la UG
 17003 GIRONA
 mk@3stech.eu
 www.3stech.eu



- 105P. PROMOTORA MEDITERRÀNEA-2, S.A. (PROMSA)**
105P.1. Jorge Altet Torné
 Carretera Nacional, 340 km 1242.3
 08620 SANT VICENÇ DELS HORTS
 jaltet@promsa.cemolins.es
 www.promsa.es



- 106P. PORTNEO BILIM VE YAPI TEKNOLOJILERI, A.S.**
106P.1. Güzide Aslankaya
 Sant Pere més Baix, 80
 08003 BARCELONA
 guzide@portneo.com
 www.portneo.com



- 107P. FISCHER IBÉRICA, S.A.U.**
107P.1. José María Guillén
 Klaus Fischer, 1
 43300 MONT-ROIG DEL CAMP
 jose.guillen@fischer.es
 www.fischer.es

SOCIS NUMERARIS PROFESSIONALS



- 10. BBG ESTRUCTURES RECERCA I REHABILITACIÓ S.L.P.**
10.1. Robert Brufau Niubó
10.2. Joan Ramon Blasco Casanovas
10.3. Sergi Díaz Valdivia
 Hercegovina, 25, entl. 4a
 08006 BARCELONA
 bbg@bbg.cat
 www.bbg.cat
 Data últim control: 13/07/17



- 13. INDUS INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, S.L.**
13.1. Cesc Aldabó Fernández
13.2. Luis Chóliz del Junco
13.3. Miguel Ángel Carbonell Larrosa
 Via Augusta, 4, àtic
 08006 BARCELONA
 jpedrrol@indus-eng.com
 www.indus-eng.com
 Data últim control: 06/04/17



- 14. PBX CENTRE DE CÀLCUL, S.L.**
14.1. Enric Xercavins i Valls
14.2. Josep Xercavins Batlló
 Can Xercavins, Apartat de correus 359
 08191 RUBÍ
 pbx@pbx.cat
 www.pbx.cat
 Data últim control: 05/10/16

18. Jesús Pérez i Lluch

Gran Via de les Corts Catalanes, 339, 1r
 08014 BARCELONA
 Data últim control: 28/09/07



- 20. STATIC INGENIERÍA, S.L.**
20.1. Gerardo Rodríguez i González
20.2. Miquel Rodríguez Niedenführ
20.3. Lluís Cortés Mínguez
 Pg. d'Amunt, 18, entl. 1a
 08024 BARCELONA
 static@static-ing.com
 www.static-ing.com
 Data últim control: 08/05/19



- 21. CABEZAS, GÓNGORA & MORENO, S.L.P.**
21.1. Francisco Cabezas i Cabello
21.2. Juan José Moreno Cabrera
 San Fructuós, 80, baixos
 08004 BARCELONA
 cyg@cygsl.com
 www.cgmstructures.com
 Data últim control: 14/03/19

30. Pere Sobré i Massagué

Borrell, 2B, 1r 2a
 08202 SABADELL
 p.sobre@telefonica.net
 Data últim control: 08/06/17



- 35. BLÁZQUEZ-GUANTER, S.L.P.**
35.1. Antoni Blázquez i Boya
35.2. Lluís Guanter i Feixas
35.3. Rosa M. Buadas Brujats
 Sant Josep, 3
 17004 GIRONA
 info@bg-arquitectes.com
 www.bg-arquitectes.com
 Data últim control: 10/03/16



37. L3J, S.L.P.

37.1. Jaime Pastor i Sánchez
Països Catalans, 7, local 8
08980 SANT FELIU DE LLOBREGAT
jaimepastor@eletresj.com
www.eletresj.com
Data últim control: 06/04/11

38. Jordi Padró i Quintana

Pg. Comte d'Egara, 10
08221 TERRASSA
jordi.padro@caireconsultors.com
Data últim control: 06/04/17

39. R.M. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

39.1. Raúl Montes Usategui
Suïssa, 13
08023 BARCELONA
rm-calculo@coac.net
Data últim control: 06/04/17



44. TRANSMETAL, S.A.

44.1. Lucindo Lázaro i Rico
44.2. Ricardo Neira Navarro
Pol. Ind. «Les Argelagues»
08185 LLIÇÀ DE VALL
transmetal@transmetalsa.com
www.transmetalsa.com
Data últim control: 06/04/17



45. ESTRUCTURAS NAVAS, S.A.

45.1. Josep Lluís Sánchez i Sánchez
Rambla Solanes, 14
08940 CORNELLÀ DE LLOBREGAT
tecnica@grupo-navas.com
www.grupo-navas.com
Data últim control: 09/01/14



47. VALERI CONSULTORS ASSOCIATS

47.1. Josep Maria Valeri i Ferret
47.2. Mercè Ramos i Ortiz
47.3. Fruitós Mañà i Reixach
47.4. Ramon Costa i Farràs
Bailèn, 7, 2n 2a
08010 BARCELONA
valeri@valericonsultors.net
www.valericonsultors.net
Data últim control: 12/07/18

48. AGW CONSULTORS ESTRUCTURES, S.C.P.

48.1. Ferran Anguita de Caralt
48.2. José Luis Galindo Rubio
Concili de Trento, 36-40, baixos
08018 BARCELONA
f.anguita@coac.es
Data últim control: 08/06/17

49. Josep M. Masanés i Meseguer

Ermengarda, 32, local 3
08014 BARCELONA
jmmsm@coac.net
Data últim control: Exced.



51. TECTUM ENGINEERING, S.L.P.

51.1. Xavier Mateu i Palau
Autonomia, 2, local C
08225 TERRASSA
x.mateu@coac.cat
Data últim control: 17/09/15

52. Josep Baquer Sistach

Domènech, 6, 3r 6a
08172 SANT CUGAT DEL VALLÈS
jbaquer@apabcn.cat
Data últim control: 29/09/19

53. GWAMBA CONSULTORIA D'ESTRUCTURES, S.L.P.

53.1. Raül Núñez i Lacarra
Avet, 6
08186 LLIÇÀ D'AMUNT
arquitectura@gwamba.cat
Data últim control: 06/11/08

55. MANUEL ARGUIJO Y ASOCIADOS, S.L.

55.1. Manuel Arguijo Vila
Marina, 63, local 3
08005 BARCELONA
arguijo@coac.net
Data últim control: 11/07/12

56. GMK ASSOCIATS, S.L.

56.1. Miquel Llorens i Sulivera
56.2. Josep Bellés Gea
Joan Alsina, 5, entl.
17003 GIRONA
gmk@gmkgrup.com
Data últim control: 11/04/19

58.1. Xavier Falguera Valverde

58.2. Israel García Nadal
Bolívia, 91, 8è 1a
08018 BARCELONA
xavier.falguera@upc.edu
Data últim control: 10/03/16

59. Martí Cabestany i Puértolas

Craywinckel, 22, 2n
08022 BARCELONA
martins@arquired.es
Data últim control: 13/07/17

60. Jordi Oliveras i Reder

60.1. Jordi Oliveras i Reder
Dos de Maig, 280, àtic A
08025 BARCELONA
j.oliveras@coac.net
Data últim control: 08/04/10

61. Eduard Doce Goicoechea

Avda. La Miranda, 28
08950 ESPLUGUES DE LLOBREGAT
eduard.doce@coac.net
Data últim control: 13/02/14

62. Jaume Vizcarro i Pedrol

Avda. Mistral, 8, escala C, despatx 5
08015 BARCELONA
jaumevizcarro@menta.net
Data últim control: 12/07/18



63. BIS STRUCTURES

63.1. David García i Carrera
63.2. Esther Muñoz Gavilán
63.3. Marta Farrús Cassany
63.4. Marina Vilà Pau
63.5. Amparo Lecha Gargallo
63.6. Maite Ramos Martínez
63.7. Marta Solé Arbués
63.8. Laia Picarín Macías
63.9. Carles Padrós Sallés
63.10. José Antonio Sevillano López
63.11. Ariadna Grau Llinares
63.12. Miguel Mira Díaz
63.13. Daniel Granyena Pelegrín
Plaça Pau Vila, 1,
Ed. Palau de Mar,
sector D, 3a planta
08039 BARCELONA
davidg@bisstructures.com
www.bisstructures.com
Data últim control: 11/04/19

64. LAND PLANIFICACIÓ I PROJECTES

64.1. Miquel Capdevila i Bassols
Pare Roca, 4
17800 OLOT
land@coac.net
Data últim control: 09/05/13

66. Oriol Marron i Puigdueta
Gelabert, 15, 2n 2a
08029 BARCELONA
marronriba@marronriba.com
Data últim control: 12/11/15

67. Emma Planas Ferrer
Entença, 259, 1r 2a
08029 BARCELONA
eplanasf@gmail.com
Data últim control: 11/07/12



68. NOVALTRA
68.1. Enric Heredia Campmany-Gaudet
68.2. Josep Sala Arnau
Indústria, 90
08860 CASTELDEFELS
info@novaltra.com
www.novaltra.com
Data últim control: 10/10/13

69. Eduard Palao Aguilar
Dr. Martí i Julià, 13
08820 EL PRAT DE LLOBREGAT
e.palao@coac.net
Data últim control: Exced.



70. FORBACSA
70.1. Ferran Teixidó Martínez
70.2. Ramon Caralt Delcor
Balmes, 23, 4t
25006 LLEIDA
forbacsas@forbacsas.com
www.forbacsas.com
Data últim control: 09/04/15

75. KUBIC CONSULTORIA TÉCNICA, S.L.
75.1. Miquel Flequé i Melé
Costa Magdalena, 2, 4t B
25007 LLEIDA
kubic@kubic3.com
Data últim control:



76. ESTUDI m103, S.L.P.
76.1. Jorge Blasco Miguel
Avda. Madrid 103-105, entf. 2a
08028 BARCELONA
jorge.blasco@m103.es
Data últim control: 05/10/16

81. ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN LA INGENIERÍA, S.L.
81.1. José Falcón López
Ronda Europa, 60, 5è 4a
Edifici Eurocentre
08800 VILANOVA I LA GELTRÚ
esin@esin-ingenieros.com
Data últim control: 14/03/19



82. ENGIPROJECT, S.L.
82.1. David Rodríguez Santás
82.2. Enric Font Mendiola
Almogàvers, 66, 1r B
08018 BARCELONA
drs@engiproject.com
www.engiproject.com
Data últim control: 09/11/18



83. PL2 INGENIERIA D'ESTRUCTURES I FONAMENTACIONS, S.L.
83.1. Bernabé Farré i Oró
Almogàvers, 66, 2n
08018 BARCELONA
enginyeria@pl2.es
Data últim control: 11/03/10



89. 2BMFG ARQUITECTES, S.L.P.
89.1. Ramon Ferrando Ríos
89.2. Carles Gelpí Arroyo
89.3. Eduard Reus Plana
89.4. Marcel Saurina Eudaldo
Pl. Joaquim Pena, 8, baixos
08017 BARCELONA
estudi@2bmfmg.com
www.2bmfmg.com
Data últim control: 10/01/19

91. Josep Maria Cots Call
Rambla d'Aragó, 14, 6è 1a
25002 LLEIDA
info@josepcots.com
Data últim control: 05/11/15



92. Emma Leach Cosp
Reina Victòria, 4, baixos
08021 BARCELONA
emmleach@coac.net
Data últim control: 17/09/15



93. Laureà Miró Bretos
Pl. Josep Tarradellas, 21-27, 3r 2a
08340 VILASSAR DE MAR
laurea@laureamiro.com
www.laureamiro.com
Data últim control: 05/11/15



94. BELLAPART, S.A.U.
94.1. Francesc Arbós Bellapart
Ctra. de la Parcel·lària, 32
17178 LES PRESES
farbos@bellapart.com
www.bellapart.com
Data últim control: 11/05/17



97. CAMPANYÀ I VINYETA SERVEIS D'ARQUITECTURA, S.L.
97.1. Carles Campanyà i Castelltort
Joaquim Molins, 5, 5è 3a
08028 BARCELONA
cvarq@cvarq.com
www.cvarq.com
Data últim control: 09/05/13

98.1. Pere Castelltort Sales
98.2. Josep Lluís Ortega Blanco
Saragossa, 108, baixos
08006 BARCELONA
castelltort@coac.es
Data últim control: 12/07/18



101. ESKUBI-TURRÓ ARQUITECTES, S.L.P.
101.1. Juan Ignacio Eskubi Ugarte
Girona, 62, baixos, local b
08009 BARCELONA
esk-nur@coac.net
www.eskubiturroarquitectes.com
Data últim control: 14/03/19



102. CALTER INGENIERÍA, S.L.
102.1. Juan Carlos Arroyo Portero
Doctor Santero, 7
28039 MADRID
calter@calter.es
www.calter.es
Data últim control: 13/07/17





103. BERNUZ FERNÁNDEZ ARQUITECTES, S.L.P.

- 103.1. Manuel Fernández Pérez
103.2. Jordi Bernuz Bertolin
Doctor Trueta, 154, baixos
08005 BARCELONA
estudijb@coac.es
estudimf@coac.es
Data últim control: 03/10/19



104. SUSTENTA

- 104.1. Oriol Palou Julián
Feliu i Codina, 2, 1r 2a
08031 BARCELONA
estructura@coac.net
www.sustenta.eu
Data últim control: 12/07/18



106. INARGEST, S.L.

- 106.1. Juan Ramón Aurrekoetxea Aurrekoetxea
Cr. Bilbao-Galdako 6A, of. 2B
Edificio Metroalde
48004 BILBAO
inargest@inargest.com
www.inargest.com
Data últim control: 10/04/14



107. INGENIERIA REVENTÓS, S.L.

- 107.1. Manuel Reventós Rovira
Pere IV, 363-381, 1r local 15
08020 BARCELONA
info@ereventos.com
www.ereventos.com
Data últim control: 16/04/08

110. Marta Torras Isla

Segrià, 26, altell esquerra
25006 LLEIDA
mtorras@eines-arquitectura.cat
Data últim control: 20/07/11

111. Juan José Rosas Alaguero

Sant Quintí, 52-68
08041 BARCELONA
juanjose.ra@telefonica.net
Data últim control: 12/07/18



112. ESTUDIO DUARTE Y ASOCIADOS, S.L.P.

- 112.1. Francisco Duarte Jiménez
Diego Angulo Iñiguez, 14, 1.º A
41018 SEVILLA
paco@duarteasociados.es
Data últim control: 01/12/11



113. WINDMILL STRUCTURAL CONSULTANTS, S.L.P.

- 113.1. José Ramón Salé Marzo
Sant Pere, 7, baixos
43004 TARRAGONA
administracion@windmill.com.es
www.windmill.com.es
Data últim control: 06/04/17



114. THINK INGENYERIA, S.L.P.

- 114.1. Jordi Parés Massagué
114.2. Jordi Velasco Saboya
114.3. Ernesto Blasco Coll
114.4. Jorge Villar Frexedas
Esteve Terradas, 17, baixos 1a
08023 BARCELONA
info@thkng.com
www.thkng.com
Data últim control: 08/05/19



115. MODELA ESTRUCTURAS, S.L.

- 115.1. Héctor Faúndez Velasco
Colombia 11, oficina 39
03010 ALICANTE
hector.fandez@modelaestructuras.com
Data últim control: 09/04/15



116. MASALA

- 116.1. Miquel Àngel Sala Mateus
Hercegovina, 25, entll. 4a
08006 BARCELONA
masala@masalaconsultors.com
Data últim control: 03/12/15



117. DIMARK ESTRUCTURAS EN LA ARQUITECTURA, S.L.P.

- 117.1. Diego Marín Sáiz
Gazteluzarra, 12, planta baja
48993 GETXO
diego@dimarkestructuras.com
www.dimarkestructuras.com
Data últim control: 14/03/19

118. Jordi Arredondo Corts

Comte d'Urgell, 230
08036 BARCELONA
jarredondo@nyn.es
Data últim control: 10/11/16



119. ESTUDIO P ARQUITECTO

- 119.1. Pedro Álvarez Ramos
Jardines de los Poetas, 43, 1.º, 16
41014 SEVILLA
calculos@estudioparquitecto.es
www.estudioparquitecto.es
Data últim control: 10/12/16



120. TAIDO

- 120.1. Vicente Ferreruela Legua
Diputació, 29
08100 MOLLET DEL VALLÈS
info@taidoplus.com
www.taidoplus.com
Data últim control: 07/09/17



121. JORDI PAYOLA LAHOZ

C/ de l'Estació, 9, 2n 2a
08184 PALAU-SOLITÀ I PLEGAMANS
info@jordipayola.com
www.jordipayola.com
Data últim control: 30/11/17

122. KMOD, INGENYERIA EN FUSTA, S.L.

- 122.1. Albert Admetlla Font
Sant Roc, 20, 1r 1a
08340 VILASSAR DE MAR
enginyeriaenfusta@gmail.com
Data últim control: 25/10/2018



- 123. AREN CONSULTORS, S.L.P.**
123.1. Josep Maria Burgues Solanes
 Comerç, 38, entresòl 4a
 25007 LLEIDA
 administracio@arenconsultors.es
 www.arenconsultors.net
 Data últim control: 08/11/2018



- 124. D'ARA ARQUITECTES, S.L.P.**
124.1. Francesc Monfort Mulet
 Sanchís Guarner, 6, local 2
 03730 XÀBIA
 Plaça Poeta Vicente Gaos, 6 B p12
 46021 VALÈNCIA
 monfort@ara-arquitectes.com
 www.ara-arquitectes.com
 Data últim control: 08/11/2018



- 125. MANUEL MARTÍN VERTEDOR**
 Monar, 2, baixos 5
 17006 GIRONA
 mmartin@estructurasparaarquitectos.com
 www.estructurasparaarquitectos.com
 Data últim control: 08/11/2018



- 126. BEST COSTALES JAÉN, S.L.P.**
126.1. Ignacio Costales Calvo
126.2. Carles Jaén González
 Passeig del Born, 17, 2n 5a
 08003 BARCELONA
 admin@bestbcn.net
 www.bestbcn.net
 Data últim control: 08/11/2018

- 127. Rubén Sánchez Anguera**
 Sant Isidre, 2, 1r 1a
 08230 MATADEPERA
 rsanguera@coac.net
 Data últim control: 14/03/2019

- 128. Marc Sanabra Loewe**
 Av. Sarrià, 129, baixos 3
 08017 BARCELONA
 msanabra@masayarquitectura.com
 www.masayarquitectura.com
 Data últim control: 03/10/2019

129. QUANTIKA ARQUITECTURA & INGENIERÍA

- 129.1.** Ricardo Olmo Criado
 Av. Via Europa, 149, esc. 5, 2n 1a
 08303 MATARÓ
 info@quantika.es
 Data últim control: 03/10/2019

130. Gemma Muñoz Soria

- 130.1.** Gemma Muñoz Soria
 Via Augusta, 120, 1-2, despatx 11
 08006 BARCELONA
 gemma@argamassa.eu
 www.argamassa.eu
 Data últim control: 07/11/2019

131. Marcel Cruells Castellet

- 131.1.** Marcel Cruells Castellet
 Duke Ellington, 7, bxs. 2a
 08181 SENTMENAT
 marcelcruells@hotmail.com
 Data últim control: 07/11/2019

JFG CONSULTORS

Consultor d'estructures en edificació JFG, S.L.P.

132. CONSULTOR D'ESTRUCTURES EN EDIFICACIÓ JFG, S.L.P.

- 132.1.** Joan Francesc García Beltrán
 Sant Antoni Maria Claret, 24, 3a planta
 08037 BARCELONA
 jfg@jfgconsultors.com
 www.jfgconsultors.com
 Data últim control: 07/11/2019

SOCIS EMÈRITS

Rafael Bellmunt i Ribas
 r.bellmunt@coac.net

Manel García Cabrera

Juan Ramon Goitia Blanco
 estrugobi@gmail.com

Eduard Hernando i Talo

Juan José Ibáñez i Acedo
 jji@arrakis.es

Antoni Massagué i Oliart
 antoni.massague@area5.cat

Josep Palau i Grau
 josep_palau@coac.net

José Luis Pedraza i Llanos
 efarre@apabcn.ictnet.es

José María Ramos Mezquita

José Luis Vázquez i Baanante
 joseluisvazquezb@gmail.com

Jaume Avellaneda Díaz-Grande
 jaume.avellaneda@upc.edu

Jordi Pedrerol Jardí
 jpedrerol@indus-eng.com

Josep M. Genescà i Ramon
 genes@coac.net

SOCIS ACADÈMICS

- AD3. Xavier Ferrés Padró**
 Regàs, 3, baixos
 08006 BARCELONA
 xferres@ferresarquitectos.com

- AD4. Ramon Sastre i Sastre**
 ETS ARQUITECTURA DEL VALLÈS
 Pere Serra, 1-15
 08190 SANT CUGAT DEL VALLÈS
 ramon.sastre@upc.edu

- AD7. David Lladó Porta**
 Gran Via Carles III, 58-60, «B» local
 08028 BARCELONA
 dllado@dacarquitectura.com

- AD10. César Díaz Gómez**
 ETSAB
 Avda. Diagonal, 649, 3a planta
 08028 BARCELONA
 cesar.diaz@upc.edu

- AD11. Javier López-Rey Laurens**
 ETSAB
 Avda. Diagonal, 649, 3a planta
 08028 BARCELONA
 javier.lopez-rey@upc.edu

- AD13. Laura Valverde Aragón**
 ETSAB
 Avinguda Diagonal 649, 3a planta
 08028 BARCELONA
 lvalverde@coac.net

- AD14. Félix Ruiz Gorrindo**
 EPSECCPB
 Jordi Girona, 1
 08034 Barcelona
 felix.ruiz@upc.edu

- AD15. Carles Romea Rosas**
 ZIGURAT GLOBAL INSTITUT OF TECHNOLOGY
 Almogàvers, 66, 2n
 08018 BARCELONA
 carles.romea@e-zigurat.com



**SOCIS ASPIRANTS
PROFESSIONALS**

- A4. Ramon Freixes Capdevila**
Travessera de Gràcia, 66, 3r 2a
08006 BARCELONA
rfc1309@yahoo.es
- A12. Bernat Nadal Martí**
Plaça de l'Església, 3
07350 BENISSALEM
bernat@axilconsulting.com
www.axilconsulting.com
- A16. Ana Andrade Cetto**
IDOM INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A.
Gran Via Carles III, 97, baixos
08028 BARCELONA
aacetto@hotmail.com
- A20. Esther Viladrich Granda**
EUROPEA INGENIEURBURO, S.L.
TUTOR: GERARDO VIDAL PUEYO
Pi i Maragall, 21, 4t
25004 LLEIDA
europea@ing-europea.com
- A29. Ricard Monge Zaragoza**
ESTRUCTURAS MONGE
Avda. Ramón y Cajal, 57, 7 E
43005 TARRAGONA
r.monge@estructurasmonge.com
- A30. Olga Mateos Jiménez**
Joaquim Vayreda, 63, 11-3a
17001 GIRONA
olgamateosj@yahoo.es
- A36. Josep Agustí de Ciurana**
Tejería, 28, 4.º derecha
31011 PAMPLONA
josepagusti@arquired.es
- A40. Xavier Reina Vázquez**
XAVIER REINA-ARQTEC, S.L.
Rambla Llibertat, 16-18, 2D
17834 PORQUERES
xreina@aparellador.org
- A41. César Vázquez Valcárcel**
Armónica, 60, 5.º
27002 LUGO
cesar@indutecingenieros.com
- A47. Iván Florencia Vasallo**
Ciudad Jardín IV, esc. A, 2n 1a
07813 Puig d'en Valls (IBIZA)
ivan.florencia@gmail.com
- A48. Marc Bàrbara Sirera**
ARQUITECTES I CONSULTORS S4, S.L.P.
Llull, 47, 5è 4a
08005 BARCELONA
info@s4arquitectes.com
- A50. Roger Senís López**
Pg. del Congost, 187, 3r 1a
08530 LA GARRIGA
rsenis@coac.net
- A51. Rodrigo Martín Sáiz**
Camí de la Creu, 14, 3r 2a
08172 SANT CUGAT DEL VALLÈS
rodrigomartinsaiz@yahoo.es
- A55. Nuria Ayala Mitjavila**
D'AURA ARQUITECTURA
Francesc Carbonell, 34, baixos B
08034 BARCELONA
tecnica@dauraestudio.com
- A58. Josep Picarín Macías**
TUTOR: ROBERT BRUFAU NIUBÓ
Comte Borrell, 183
08015 BARCELONA
jpicarín@hotmail.com
- A60. César Cano Almon**
Avda. Indústria, 9, 3r B
08960 SANT JUST DESVERN
ccano@ccano.net
- A62. Xavier Botet Campderós**
Ganduxer, 136, 1r 2a
08022 BARCELONA
xavier.botet@coac.net
- A65. Iñigo Mujika Onandia**
Pau Ferran, 5, 3r 1a
08023 BARCELONA
potoko.21@gmail.com
- A68. Juan Domingo Amores**
Avda. Llibertat, 22, 1r C
08100 MOLLET DEL VALLÈS
juandomingo@coac.net
- A69. Antonio Lara Silva**
Raset, 34, baixos
08021 BARCELONA
als@most.cat
- A71. Juan José Cots Pérez**
Vallfogona, 14, entresòl 1a
08012 BARCELONA
jcotsp@gmail.com
- A72. Arantazu España Roch**
TUTOR: INDUS INGENIERIA
Y ARQUITECTURA, S.L.
Via Augusta, 4
08006 BARCELONA
aespana@indus-eng.com
- A73. Regina Serrat Orri**
TUTOR: INDUS INGENIERIA
Y ARQUITECTURA, S.L.
Via Augusta, 4
08006 BARCELONA
rserrat@indus-eng.com
- A74. Nuno Rocha Cima Gomes**
TUTOR: BIS ARQUITECTES
DAVID GARCIA, S.L.P.
Plaça Pau Vila, 1
Edifici Palau de Mar, sector D, planta 3
08039 BARCELONA
ngomes@bisstructures.com
- A75. Eduardo Sola Bernal**
TUTOR: BIS ARQUITECTES
DAVID GARCIA, S.L.P.
Plaça Pau Vila, 1
Edifici Palau de Mar, sector D, planta 3
08039 BARCELONA
esola@bisstructures.com
- A76. Xiomara Márquez Rodríguez**
TUTOR: BIS ARQUITECTES
DAVID GARCIA, S.L.P.
Plaça Pau Vila, 1
Edifici Palau de Mar, sector D, planta 3
08039 BARCELONA
xmarquez@bisstructures.com
- A77. David Corrales**
TUTOR: BIS ARQUITECTES
DAVID GARCIA, S.L.P.
Plaça Pau Vila, 1
Edifici Palau de Mar, sector D, planta 3
08039 BARCELONA
dcorrales@bisstructures.com
- A78. Maralba Sanoja Flores**
TUTOR: BIS ARQUITECTES
DAVID GARCIA, S.L.P.
Plaça Pau Vila, 1
Edifici Palau de Mar, sector D, planta 3
08039 BARCELONA
msanoja@bisstructures.com

A79. Sergio Borrero Sánchez
 TUTOR: BIS ARQUITECTES
 DAVID GARCIA, S.L.P.
 Plaça Pau Vila, 1
 Edifici Palau de Mar, sector D, planta 3
 08039 BARCELONA
 sborrero@bisstructures.com

A80. Jordi Pont Gassó
 Joan Llimona, 3, 2n 1a
 08700 IGUALADA
 djior@dijor.net

SOCIS ASPIRANTS ESTUDIANTS

AE29. Irene Pérez Concepción
 TUTOR: ANTONI BLÁZQUEZ BOYA
 iringepc@gmail.com

AE30. Raúl Adell Argentó
 TUTOR: MIQUEL RODRÍGUEZ NIEDENFÜRT
 adell.raul@gmail.com

AE44. Adrián Trujillo Hernández
 TUTOR: DAVID GARCIA CARRERA
 adriantrujilloarq@gmail.com

AE46. Nadia Güell Fernández
 TUTOR: DAVID GARCIA CARRERA
 mgell69@hotmail.com

AE47. Francisco Escribano Garrigós
 TUTOR: LAUREÀ MIRÓ BRETOS
 fegarrigos@aparejadoresalbacete.es

AE48. Sebastián Santa Cruz
 TUTOR: MARTÍ CABESTANY PUÉRTOLAS
 sebastiansantacruz2101@gmail.com

AE49. Juan Román Corchado Mesa
 TUTOR: MARTÍ CABESTANY PUÉRTOLAS
 jurcome@hotmail.com

AE50. Juan Párima Ramírez
 TUTOR: MARTÍ CABESTANY PUÉRTOLAS
 juanandresparima@gmail.com

AE51. Daniel Eduardo Gómez Urias
 TUTOR: MARTÍ CABESTANY PUÉRTOLAS
 dany-ar01@hotmail.com

AE52. Davi José Assis Bemon
 TUTOR: MARTÍ CABESTANY PUÉRTOLAS
 davibemon123@hotmail.com

AE53. Adrián Herrera Batista
 TUTOR: MARTÍ CABESTANY PUÉRTOLAS
 aherrerabatista@gmail.com

AMICS DE L'ACE

1. Josep Pugibet Martí
 josep.pugibet@gmail.com
2. Minerva Embuena Aparicio
 m.embuena@apabcn.cat
3. Josep Ferrés Pérez
 josepferresperez@gmail.com
5. Frederic Casals i Domingo
 fcasals@coac.net
6. José Antonio Muñios Acuña
 estrucalc@gmail.com
7. Xavier Alberola i Criado
 xavier.alberola@gmail.com
8. Jaume Alsinet Aparicio
 jalsinet.a@movistar.es
9. Antonio Barrio Bondia
 abarriobondia@me.com
10. Antoni Paricio Casademunt
 antparicio@coac.net
11. Jordi Maristany Carreras
 jordi.maristany@upc.edu



LLISTA D'ESPECIALITZACIONS DE SOCIS
LISTADO DE ESPECIALIZACIONES DE SOCIOS

INFORMES, DICTÀMENS I PERITATGES D'ESTRUCTURA INFORMES, DICTÁMENES Y PERITAJES DE ESTRUCTURA

10.	BBG Estructures, recerca i rehabilitació	Robert Brufau	bbg@bbg.cat	www.bbg.cat
13.	Indus Ingeniería y Arquitectura, S.L.	Jordi Pedrerol Jardí	ipedrerol@indus-eng.com	www.indus-eng.com
14.	PBX Centre de Càlcul, S.L.	Josep Xercavins Batlló	pbx@pbx.cat	www.pbx.cat
63.	Bis Structures	David Garcia i Carrera	davidg@bisstructures.com	www.bisstructures.com
76.	Estudi m103, S.L.P.	Jorge Blasco Miguel	jorge.blasco@m103.es	
89.	2BMFG Arquitectes, S.L.P.	Ramon Ferrando Ríos	estudi@2bmf.com	www.2bmf.com
93.	Laureà Miró Bretos	Laureà Miró Bretos	laurea@laureamiro.com	www.laureamiro.com
97.	Campanyà i Vinyeta Serveis d'Arquitectura, S.L.	Carles Campanyà i Castellfort	cvarq@cvarq.com	www.cvarq.com
102.	Calter Ingeniería, S.L.	Juan Carlos Arroyo Portero	calter@calter.es	www.calter.es
104.	Sustenta	Oriol Palou Julián	estructura@coac.net	www.sustenta.eu
117.	Dimark Estructuras en la Arquitectura, S.L.P.	Diego Martín Sáiz	diego@dimarkestructuras.com	www.dimarkestructuras.com
121.	Jordi Payola	Jordi Payola Lahoz	info@jordipayola.com	www.jordipayola.com
131.	Marcel Cruells Castellet	Marcel Cruells Castellet	marcelcruells@hotmail.com	
132.	Consultor d'Estructures en Edificació JFG, S.L.P.	Joan Francesc García Beltrán	jfg@jfgconsultors.com	www.jfgconsultors.com

ESTRUCTURES PRE I POSTESADES ESTRUCTURAS PRE Y POSTESADAS

13.	Indus Ingeniería y Arquitectura, S.L.	Jordi Pedrerol Jardí	ipedrerol@indus-eng.com	www.indus-eng.com
14.	PBX Centre de Càlcul, S.L.	Josep Xercavins Batlló	pbx@pbx.cat	www.pbx.cat
20.	Static Ingeniería, S.L.	Miquel Rodríguez	static@static-ing.com	www.static-ing.com
35.	Blázquez-Guanter, S.L.P.	Antoni Blázquez i Boya	info@bg-arquitectes.com	www.bg-arquitectes.com
63.	Bis Structures	David Garcia i Carrera	davidg@bisstructures.com	www.bisstructures.com
89.	2BMFG Arquitectes, S.L.P.	Ramon Ferrando Ríos	estudi@2bmf.com	www.2bmf.com
97.	Campanyà i Vinyeta Serveis d'Arquitectura, S.L.	Carles Campanyà i Castellfort	cvarq@cvarq.com	www.cvarq.com
102.	Calter Ingeniería, S.L.	Juan Carlos Arroyo Portero	calter@calter.es	www.calter.es
117.	Dimark Estructuras en la Arquitectura, S.L.P.	Diego Martín Sáiz	diego@dimarkestructuras.com	www.dimarkestructuras.com
121.	Jordi Payola	Jordi Payola Lahoz	info@jordipayola.com	www.jordipayola.com
132.	Consultor d'Estructures en Edificació JFG, S.L.P.	Joan Francesc García Beltrán	jfg@jfgconsultors.com	www.jfgconsultors.com



ESTRUCTURES D'ACER I MIXTES ESTRUCTURAS DE ACERO Y MIXTAS

10.	BBG Estructures, recerca i rehabilitació	Robert Brufau	bbg@bbg.cat	www.bbg.cat
13.	Indus Ingeniería y Arquitectura, S.L.	Jordi Pedrerol Jardí	jpedrerol@indus-eng.com	www.indus-eng.com
14.	PBX Centre de Càlcul, S.L.	Josep Xercavins Batlló	pbx@pbx.cat	www.pbx.cat
20.	Static Ingeniería, S.L.	Miquel Rodríguez	static@static-ing.com	www.static-ing.com
35.	Blázquez-Guanter, S.L.P.	Antoni Blázquez i Boya	info@bg-arquitectes.com	www.bg-arquitectes.com
63.	Bis Structures	David Garcia i Carrera	davidg@bisstructures.com	www.bisstructures.com
89.	2BMFG Arquitectes, S.L.P.	Ramon Ferrando Ríos	estudi@2bmf.com	www.2bmf.com
97.	Campanyà i Vinyeta Serveis d'Arquitectura, S.L.	Carles Campanyà i Castellort	cvarq@cvarq.com	www.cvarq.com
102.	Calter Ingeniería, S.L.	Juan Carlos Arroyo Portero	calter@calter.es	www.calter.es
117.	Dimark Estructuras en la Arquitectura, S.L.P.	Diego Martín Sáiz	diego@dimarkestructuras.com	www.dimarkestructuras.com
121.	Jordi Payola	Jordi Payola Lahoz	info@jordipayola.com	www.jordipayola.com
132.	Consultor d'Estructures en Edificació JFG, S.L.P.	Joan Francesc García Beltrán	jfg@jfgconsultors.com	www.jfgconsultors.com

ESTRUCTURES DE FUSTA ESTRUCTURAS DE MADERA

10.	BBG Estructures, recerca i rehabilitació	Robert Brufau	bbg@bbg.cat	www.bbg.cat
13.	Indus Ingeniería y Arquitectura, S.L.	Jordi Pedrerol Jardí	jpedrerol@indus-eng.com	www.indus-eng.com
14.	PBX Centre de Càlcul, S.L.	Josep Xercavins Batlló	pbx@pbx.cat	www.pbx.cat
20.	Static Ingeniería, S.L.	Miquel Rodríguez	static@static-ing.com	www.static-ing.com
35.	Blázquez-Guanter, S.L.P.	Antoni Blázquez i Boya	info@bg-arquitectes.com	www.bg-arquitectes.com
63.	Bis Structures	David Garcia i Carrera	davidg@bisstructures.com	www.bisstructures.com
76.	Estudi m103, S.L.P.	Jorge Blasco Miguel	jorge.blasco@m103.es	
89.	2BMFG Arquitectes, S.L.P.	Ramon Ferrando Ríos	estudi@2bmf.com	www.2bmf.com
97.	Campanyà i Vinyeta Serveis d'Arquitectura, S.L.	Carles Campanyà i Castellort	cvarq@cvarq.com	www.cvarq.com
104.	Sustenta	Oriol Palou Julián	estructura@coac.net	www.sustenta.eu
117.	Dimark Estructuras en la Arquitectura, S.L.P.	Diego Martín Sáiz	diego@dimarkestructuras.com	www.dimarkestructuras.com
121.	Jordi Payola	Jordi Payola Lahoz	info@jordipayola.com	www.jordipayola.com
122.	Kmod, Ingeniería en Fusta, S.L.	Albert Admetlla Font	enginyeriaenfusta@gmail.com	
132.	Consultor d'Estructures en Edificació JFG, S.L.P.	Joan Francesc García Beltrán	jfg@jfgconsultors.com	www.jfgconsultors.com



CÀLCUL I AVALUACIÓ FRONT A FOC CÁLCULO Y EVALUACIÓN FRENTE AL FUEGO

14.	PBX Centre de Càlcul, S.L.	Josep Xercavins Batlló	pbx@pbx.cat	www.pbx.cat
20.	Static Ingeniería, S.L.	Miquel Rodríguez	static@static-ing.com	www.static-ing.com
63.	Bis Structures	David Garcia i Carrera	davidg@bisstructures.com	www.bisstructures.com
76.	Estudi m103, S.L.P.	Jorge Blasco Miguel	jorge.blasco@m103.es	
89.	2BMFG Arquitectes, S.L.P.	Ramon Ferrando Ríos	estudi@2bmfg.com	www.2bmfg.com
121.	Jordi Payola	Jordi Payola Lahoz	info@jordipayola.com	www.jordipayola.com
132.	Consultor d'Estructures en Edificació JFG, S.L.P.	Joan Francesc García Beltrán	jfg@jfgconsultors.com	www.jfgconsultors.com

CÀLCUL I AVALUACIÓ FRONT A SISME CÁLCULO Y EVALUACIÓN FRENTE AL SISMO

14.	PBX Centre de Càlcul, S.L.	Josep Xercavins Batlló	pbx@pbx.cat	www.pbx.cat
20.	Static Ingeniería, S.L.	Miquel Rodríguez	static@static-ing.com	www.static-ing.com
35.	Blázquez-Guanter, S.L.P.	Antoni Blázquez i Boya	info@bg-arquitectes.com	www.bg-arquitectes.com
63.	Bis Structures	David Garcia i Carrera	davidg@bisstructures.com	www.bisstructures.com
89.	2BMFG Arquitectes, S.L.P.	Ramon Ferrando Ríos	estudi@2bmfg.com	www.2bmfg.com
102.	Calter Ingeniería, S.L.	Juan Carlos Arroyo Portero	calter@calter.es	www.calter.es
117.	Dimark Estructuras en la Arquitectura, S.L.P.	Diego Martín Sáiz	diego@dimarkestructuras.com	www.dimarkestructuras.com
132.	Consultor d'Estructures en Edificació JFG, S.L.P.	Joan Francesc García Beltrán	jfg@jfgconsultors.com	www.jfgconsultors.com

FONAMENTS I CONTENCIONS ESPECIALS CIMENTACIONES Y CONTENCIONES ESPECIALES

10.	BBG Estructures, recerca i rehabilitació	Robert Brufau	bbg@bbg.cat	www.bbg.cat
13.	Indus Ingeniería y Arquitectura, S.L.	Jordi Pedrerol Jardí	jpederrol@indus-eng.com	www.indus-eng.com
14.	PBX Centre de Càlcul, S.L.	Josep Xercavins Batlló	pbx@pbx.cat	www.pbx.cat
20.	Static Ingeniería, S.L.	Miquel Rodríguez	static@static-ing.com	www.static-ing.com
35.	Blázquez-Guanter, S.L.P.	Antoni Blázquez i Boya	info@bg-arquitectes.com	www.bg-arquitectes.com
63.	Bis Structures	David Garcia i Carrera	davidg@bisstructures.com	www.bisstructures.com
76.	Estudi m103, S.L.P.	Jorge Blasco Miguel	jorge.blasco@m103.es	
89.	2BMFG Arquitectes, S.L.P.	Ramon Ferrando Ríos	estudi@2bmfg.com	www.2bmfg.com
97.	Campanyà i Vinyeta Serveis d'Arquitectura, S.L.	Carles Campanyà i Castelltort	cvarq@cvarq.com	www.cvarq.com
102.	Calter Ingeniería, S.L.	Juan Carlos Arroyo Portero	calter@calter.es	www.calter.es
117.	Dimark Estructuras en la Arquitectura, S.L.P.	Diego Martín Sáiz	diego@dimarkestructuras.com	www.dimarkestructuras.com
121.	Jordi Payola	Jordi Payola Lahoz	info@jordipayola.com	www.jordipayola.com
132.	Consultor d'Estructures en Edificació JFG, S.L.P.	Joan Francesc García Beltrán	jfg@jfgconsultors.com	www.jfgconsultors.com



AUDITORIES DE PROJECTES D'ESTRUCTURA AUDITORÍAS DE PROYECTOS DE ESTRUCTURA

10.	BBG Estructures, recerca i rehabilitació	Robert Brufau	bbg@bbg.cat	www.bbg.cat
13.	Indus Ingeniería y Arquitectura, S.L.	Jordi Pedrerol Jardí	jpedrerol@indus-eng.com	www.indus-eng.com
14.	PBX Centre de Càlcul, S.L.	Josep Xercavins Batlló	pbx@pbx.cat	www.pbx.cat
20.	Static Ingeniería, S.L.	Miquel Rodríguez	static@static-ing.com	www.static-ing.com
63.	Bis Structures	David García i Carrera	davidg@bisstructures.com	www.bisstructures.com
76.	Estudi m103, S.L.P.	Jorge Blasco Miguel	jorge.blasco@m103.es	
89.	2BMFG Arquitectes, S.L.P.	Ramon Ferrando Ríos	estudi@2bmfmg.com	www.2bmfmg.com
97.	Campanyà i Vinyeta Serveis d'Arquitectura, S.L.	Carles Campanyà i Castelltort	cvarq@cvarq.com	www.cvarq.com
102.	Calter Ingeniería, S.L.	Juan Carlos Arroyo Portero	calter@calter.es	www.calter.es
104.	Sustenta	Oriol Palou Julián	estructura@coac.net	www.sustenta.eu
117.	Dimark Estructuras en la Arquitectura, S.L.P.	Diego Martín Sáiz	diego@dimarkestructuras.com	www.dimarkestructuras.com
121.	Jordi Payola	Jordi Payola Lahoz	info@jordipayola.com	www.jordipayola.com
132.	Consultor d'Estructures en Edificació JFG, S.L.P.	Joan Francesc García Beltrán	jfg@jfgconsultors.com	www.jfgconsultors.com

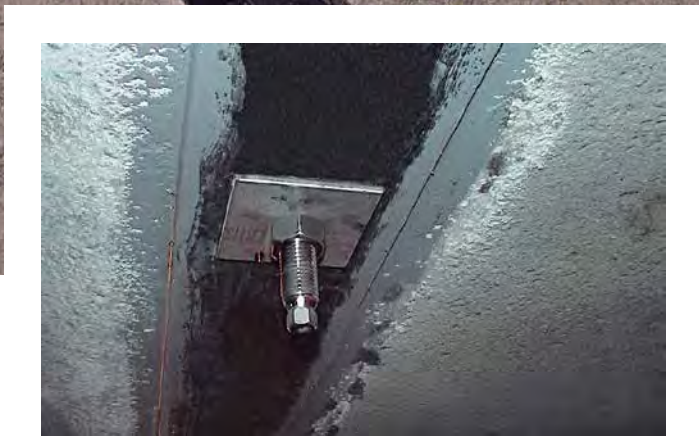
REHABILITACIÓ ESTRUCTURAL REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL

10.	BBG Estructures, recerca i rehabilitació	Robert Brufau	bbg@bbg.cat	www.bbg.cat
13.	Indus Ingeniería y Arquitectura, S.L.	Jordi Pedrerol Jardí	jpedrerol@indus-eng.com	www.indus-eng.com
14.	PBX Centre de Càlcul, S.L.	Josep Xercavins Batlló	pbx@pbx.cat	www.pbx.cat
20.	Static Ingeniería, S.L.	Miquel Rodríguez	static@static-ing.com	www.static-ing.com
35.	Blázquez-Guanter, S.L.P.	Antoni Blázquez i Boya	info@bg-arquitectes.com	www.bg-arquitectes.com
63.	Bis Structures	David García i Carrera	davidg@bisstructures.com	www.bisstructures.com
76.	Estudi m103, S.L.P.	Jorge Blasco Miguel	jorge.blasco@m103.es	
89.	2BMFG Arquitectes, S.L.P.	Ramon Ferrando Ríos	estudi@2bmfmg.com	www.2bmfmg.com
93.	Laureà Miró Bretos	Laureà Miró Bretos	laurea@laureamiro.com	www.laureamiro.com
97.	Campanyà i Vinyeta Serveis d'Arquitectura, S.L.	Carles Campanyà i Castelltort	cvarq@cvarq.com	www.cvarq.com
102.	Calter Ingeniería, S.L.	Juan Carlos Arroyo Portero	calter@calter.es	www.calter.es
104.	Sustenta	Oriol Palou Julián	estructura@coac.net	www.sustenta.eu
117.	Dimark Estructuras en la Arquitectura, S.L.P.	Diego Martín Sáiz	diego@dimarkestructuras.com	www.dimarkestructuras.com
121.	Jordi Payola	Jordi Payola Lahoz	info@jordipayola.com	www.jordipayola.com
131.	Marcel Cruells Castellet	Marcel Cruells Castellet	marcelcruells@hotmail.com	
132.	Consultor d'Estructures en Edificació JFG, S.L.P.	Joan Francesc García Beltrán	jfg@jfgconsultors.com	www.jfgconsultors.com



Refuerzo de estructuras con fibra de carbono

PROPAM® CARBOCOMP



PROPAM® CARBOCOMP PLUS

es un sistema basado en el empleo de laminados **multidireccionales** de fibra de carbono (CFRP) de gran resistencia mecánica a la tracción que permiten su pegado y bulonado, para el refuerzo de estructuras de hormigón, acero y madera.



Nº 603/13

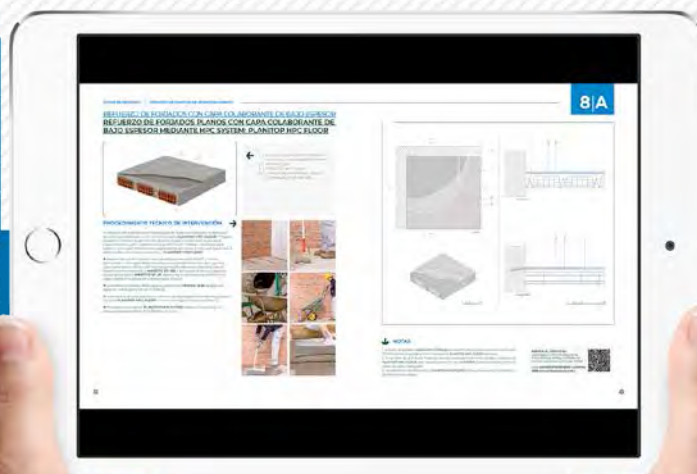
Nuestra familia de PROPAM® CARBOCOMP está certificado en el **Documento de Idoneidad técnica.**

REFUERZO ESTRUCTURAL



Descárgalo aquí

www.refuerzo-estructural.es



NUEVO MANUAL DE REFUERZO ESTRUCTURAL MAPEI

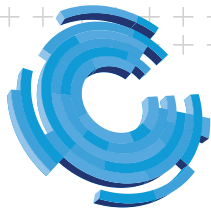
El nuevo manual de refuerzo estructural Mapei contiene las principales tecnologías de refuerzo, especificando para cada una de ellas los campos de aplicación, las ventajas y la experimentación científica que las acompaña. También detalla las aplicaciones prácticas de cada una de las tecnologías, en función de la tipología estructural, con el objetivo de enfatizar los aspectos más importantes de la aplicación.

www.mapei.es



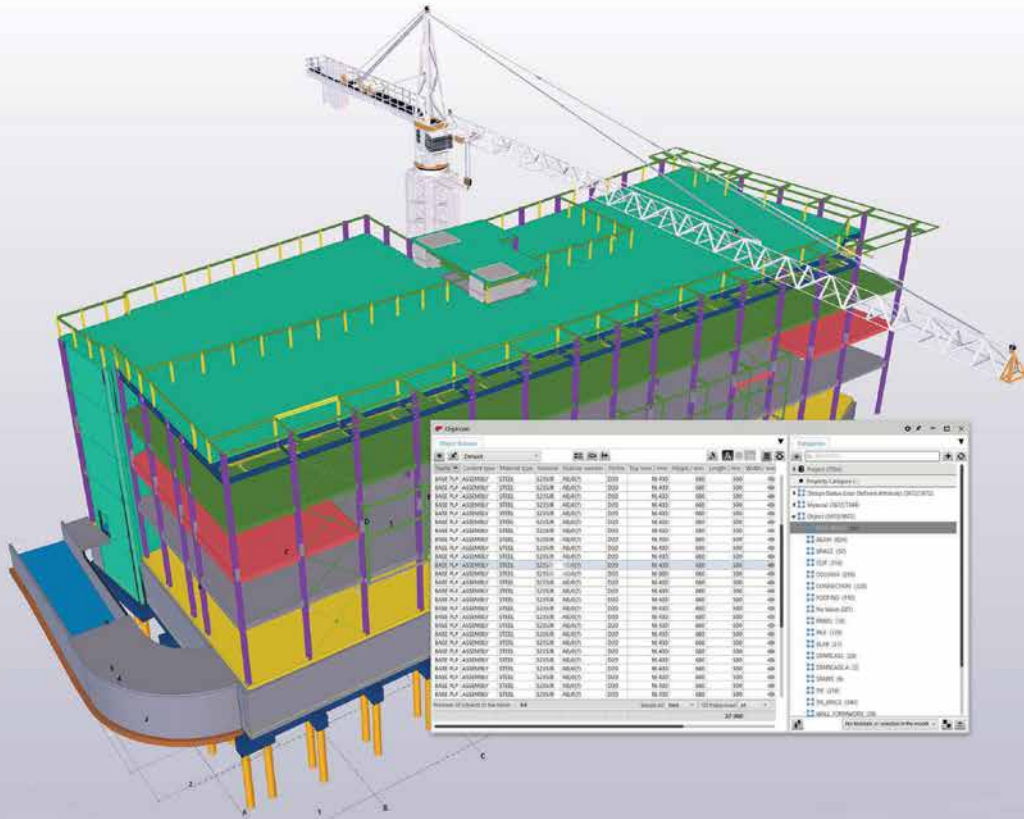
www.mapei.es
MAPEI
ADHESIVOS • SELLADORES • PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN





CONSTRUSOFT

TU PARTNER EN SOLUCIONES BIM



DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO



DISEÑO 3D MODELO BIM

CÁLCULO Y OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL

PLANIFICACIÓN Y COSTES 4D, 5D

FABRICACIÓN

GESTIÓN DE PROYECTOS

MÁS DE 20 AÑOS DE EXPERIENCIA OFRECIENDO SOLUCIONES, SOFTWARE Y FORMACIÓN BIM

SOFTWARE



Descubre nuestro amplio y completo portafolio tecnológico para cubrir todas tus necesidades BIM.

SOLUCIONES BIM



Asesorías, implementación, personalización del software, atención de consultas y formación online y presencial.

FORMACIONES



Conoce nuestra amplia gama de cursos online y presenciales.

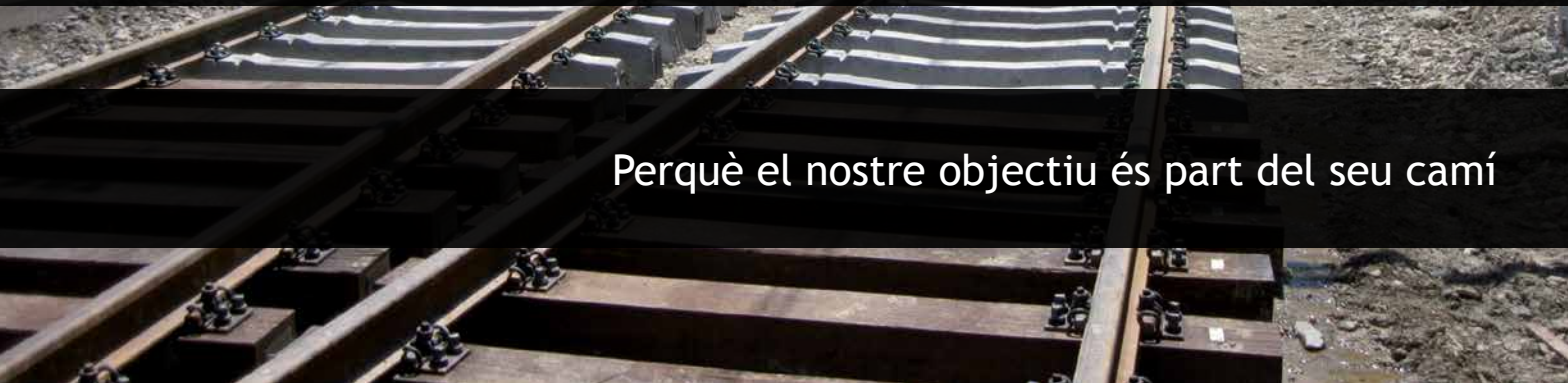
WWW.CONSTRUSOFT.COM

Empresa especializada en software BIM para la construcción

Oficinas en: Barcelona | Madrid | Santiago de Chile | Bogotá | Lima



Vol saber per què les més importants firmes
d'arquitectura confien en nosaltres?



Perquè el nostre objectiu és part del seu camí

CENTRO CATALÁN GEOTECNIA

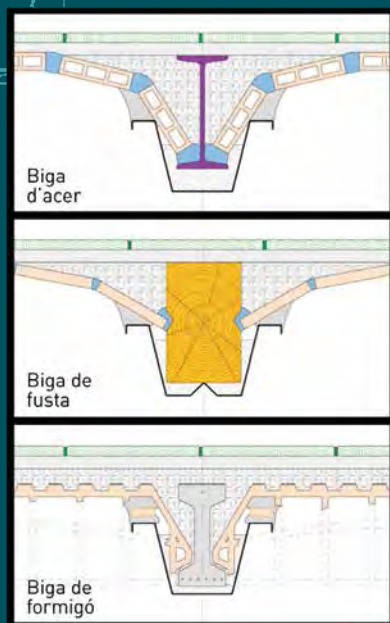
La clau de la nostra companyia
no és que tinguem les màquines
més modernes del mercat,
sinó que disposem del millor equip
de professionals per a aconseguir
els resultats més rigurosos i fiables.

- Assessorament en geotècnia i geologia.
- Estudis geològics, geotècnics, hidrogeològics, mediambientals, contaminació de sòls.
- Sondeigs a rotació de testimoni continu, helicoidal i penetromètrics (DPSH i Borros).
- Estudi de patologies del terreny.
- Depressió del nivell freàtic.
- Micropilots, pilots, injeccions, ancoratges, bulons.
- Direcció d'obra.

La solució a tots els problemes dels sostres

NOU\BAU

El sistema de renovació de sostres



No abaixa el sostre

La biga NOU\BAU s'encasta totalment dins el sostre vell. D'aquesta manera, el nou sostre queda pràcticament a la mateixa alçada que l'anterior.

És un sistema de reforç actiu

Gràcies al preflaixat, la biga NOU\BAU descarrega la biga vella des del primer moment i elimina futures fletxes i esquerdes.

És l'única substitució funcional efectiva

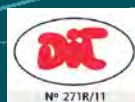
La biga NOU\BAU suporta directament els revoltos. Així, no cal preocupar-se de la biga vella; encara que desaparegués del tot, no passaria res.

El millor suport tècnic

ABANS de l'obra: col·laborem en la diagnosi i el projecte.

DURANT l'obra: realitzem el muntatge amb equips especialitzats propis i sota un estricte control tècnic.

DESPRÉS de l'obra: certifiquem el reforç realitzat.



Distribuidor exclusiu de:

TECNARIA[®]
Connectors per a forjats mixtes

Tel. 93 796 41 22 - www.noubau.com