

PUENTES DE MADERA

DEFINICIÓN

En primer lugar habría que distinguir los puentes y las pasarelas, cuyas definiciones de acuerdo con la definición de la Real Academia Española son:

- Puentes: construcción de piedra, ladrillo, madera, hierro, hormigón, etc., que se construye y forma sobre los ríos, fosos y otros sitios, para poder pasarlos.
- Pasarela: puente pequeño o provisional. Puente para peatones, destinado a salvar carreteras, ferrocarriles, etc.

HISTORIA

La madera es un material tradicional en la construcción de puentes, su historia y desarrollo se puede dividir en 4 períodos en función del grado de sofisticación de los mismos que van en paralelo con la evolución industrial.

- desde la prehistoria hasta la Edad Media (1.000 d.C)
- desde la Edad Media hasta el siglo XVIII (1.000 - 1.800)
- el siglo XIX (1.800 - 1.900)
- el siglo XX y XXI

Desde la prehistoria hasta la Edad Media (1.000 d.C)

Desde la prehistoria los puentes se construían utilizando árboles caídos o cortados. La idea de los puentes colgantes surgió, probablemente en las regiones subtropicales, al utilizar lianas y fustes de pequeñas dimensiones, que posteriormente pasarían a ser de cuerdas y cada vez de diseños más sofisticados. Uno de los puentes más antiguos de los que se tiene noticia es por la descripción que hace Julio César en La Guerra de las Galias del puente construido por los galos en las montañas de Savor (Italia). Otro es el propio Puente de César sobre el Rin, donde se aprovechaba el empuje del río para reforzar las uniones, un puente con 400-500 metros de longitud. Los romanos construyeron en efecto grandes puentes de madera. Además del mencionado que era un puente

de caballetes provisional, son muy conocidos los del Támesis y Danubio (104 D.C.), conocido como Puente de Trajano que consta de 20 pantalanos de 45 metros de altura, unidos entre sí por un arco de madera y una luz de 52 metros.

Desde la Edad Media hasta el siglo XVIII (1.000 - 1.800)

Las referencias bibliográficas hasta el siglo XV son muy escasas e incompletas. Por ejemplo en el siglo XII se tienen referencias del puente normando de Wye en el Chepstow.

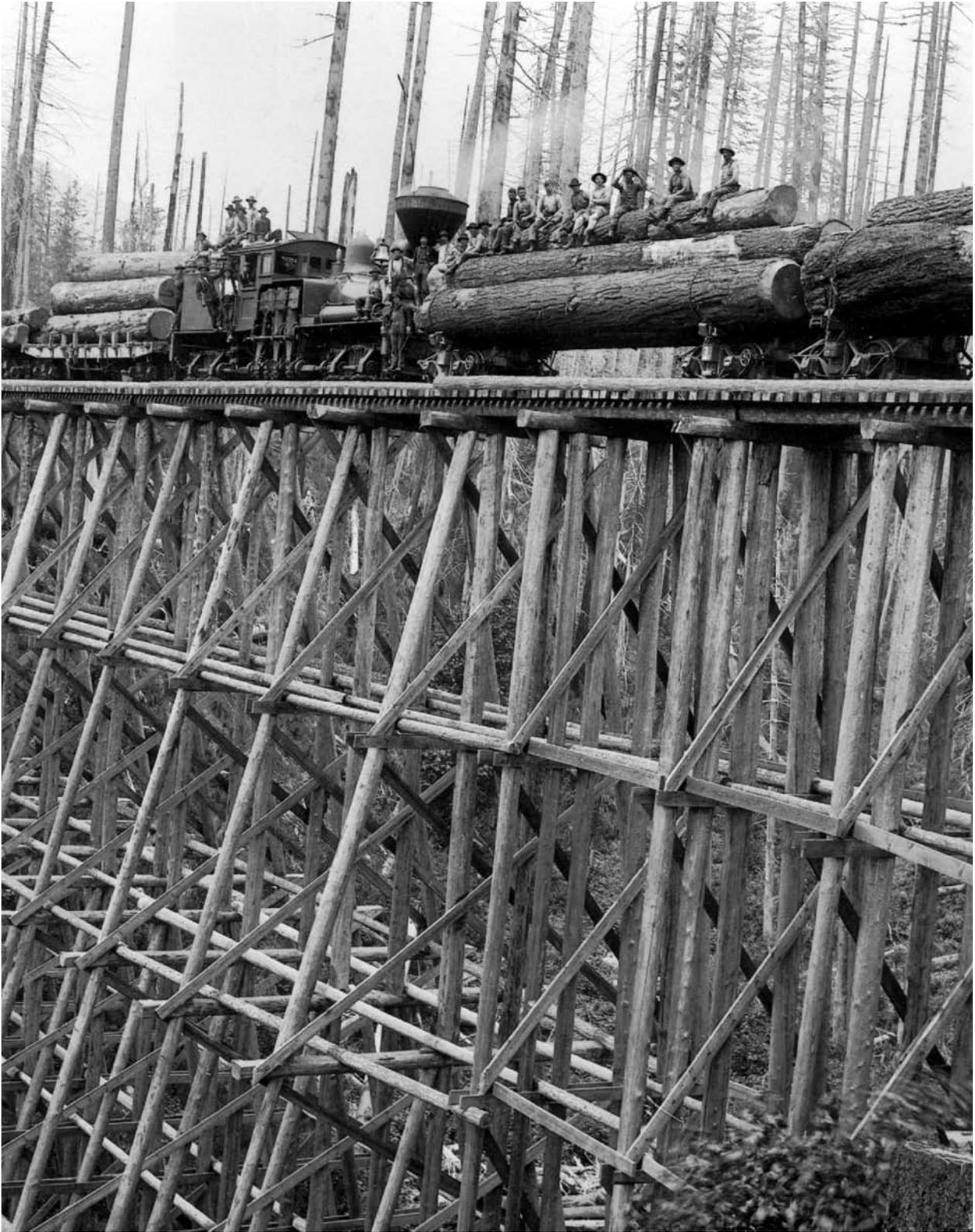
También el gran Leonardo Da Vinci (1452 - 1519) esbozó una serie de ingeniosos puentes de madera, algunos de los cuales se han construido en la actualidad siguiendo sus dibujos. Entre sus escritos aparecen puentes giratorios, de construcción rápida, etc.

En el Renacimiento y durante los siglos XVI, XVII y XVIII, se prodigó la construcción de puentes debido a la necesidad de mejorar el intercambio de mercancías.

La comprensión de los principios de la resistencia de materiales facilitó la construcción de estructuras más avanzadas y nuevas técnicas constructivas, que incluían arcos, cerchas y elementos colgantes. Los puentes más antiguos que quedan en pie en Europa datan de los siglos XIV y XVI. El simple hecho de que fueran puentes cubiertos ha facilitado su conservación. Es el caso de los puentes Kapell y Spreuer, en Lucerna, que cruzan el río Reuss. Otros puentes cubiertos de gran valor están también en Suiza (Berna) y fueron construidos en el siglo XVI. Entre ellos destacan el de Neubrugg (1532), Gummenen (1555), Wagen (1559) y Aarberg (1568); muchos se encuentran en buenas condiciones y en uso (algunos incluso para tráfico pesado).

En el siglo XVIII se produce el gran auge de los puentes de madera. En esa época se reconoce la titulación académica de los ingenieros civiles. Los franceses destacaron por sus puentes largos, con luces de 20 a 46 metros, a base de arcos de madera rebajados de madera laminada empernada. Entre los puentes europeos se destacan por países los siguientes.

Alemania: el puente cubierto de Schaffhausen en 1758 diseñado por Hans Ulrich Grubenmann y el puente



Puente forestal en Seattle (EEUU)

sobre el río Wittingen, de un solo vano de 120 metros.

Inglaterra: el puente Putney que cruzaba el Támesis. Con 26 arcos, estuvo operativo desde 1726 hasta 1870.

Estados Unidos, aunque el despegue se produjo en 1.800, se tienen referencias de los siguientes puentes: el "Great Bridge" construido en 1660 que unía Cambridge con Brighton, cerca de Boston; el puente sobre el río York en Maine, construido en 1761 por Samuel Sewell (tenía 52 metros de largo y una anchura de 7,6 metros, con una ligera curva que permitía el paso de embarcaciones, estaba apoyado sobre 13 pilares); el puente Piscataqua en Portsmouth - New Hampshire, construido por Timothy Palmer en 1794 (un puente muy ingenioso con una luz de 719 metros y una anchura de 11 metros. En su época el puente estaba considerado como una maravilla y una obra maestra de la arquitectura, que se conocía como "El gran Arco").

China: el desarrollo de caminos y canales de agua durante la época imperial (617-1644) requirió una gran demanda de puentes: de entramado de madera, de voladizos, suspendidos pero destacan sobre todo los de arcos de piedra.

Japón: el puente Kintai sobre el río Nishiki en la ciudad de Iwakuni tiene una longitud de 210 metros.

El siglo XIX (1.800 - 1.900)

La industrialización provocó una gran evolución por el mejor conocimiento de las estructuras y por utilizar herrajes metálicos (pernos, conectores, puntas, etc.), con uniones solapadas en vez de uniones de caja y espiga propios de la carpintería de armar en madera. La triangulación en los sistemas estructurales y la aparición de normas de diseño y cálculo ofreció una mayor fiabilidad.

En Europa durante 1802-1807 el ingeniero bávaro Wiebeking desarrolla el laminado horizontal para la construcción de puentes y en 1809 construye el primer puente de madera laminada encolada en Altenmarkt. Mientras en Gran Bretaña, Isambard Kingdom Brunel construye viaductos para los ferrocarriles del sureste de Inglaterra y sur de Gales con sofisticados conceptos de diseño y empleando madera tratada en autoclave. En el terreno de los puentes cubiertos hay que mencionar en Alemania el de Hasle-Rüegsau con un arco de 60 metros de longitud y el de Schüpbach de 1839 en Signau y cubre una luz de 43,4 metros con un arco

de madera.

En Norteamérica la madera jugó un importante papel en el desarrollo económico para favorecer el comercio a través de puentes de madera con grandes luces. Los ingenieros competían entre sí para realizar los proyectos más arriesgados y mayores incidiendo también en los aspectos de protección, lo que dio lugar a multitud de puentes cubiertos.

El primero fue el "Waterford Bridge" (1804), que cruza el río Hudson en Nueva York. Fue construido por Theodore Burr con madera de pino amarillo. Se cubrió en el año 1814 y todavía se mantiene en uso, consta de 4 arcos con luces de 47, 49, 53 y 55 metros.

El ingeniero Lewis Wernwag (1770 - 1843) construyó 29 puentes en 27 años. El más importante es el Colosus de 1812 sobre el río Schuylkill, Pensilvania, con una luz de 102 metros.

A partir de 1820 los puentes dejan de construirse con arcos. Con la patente de cerchas reticulares de Ithiel Town, se produjo un salto conceptual. Patentes posteriores de Col Stephen H. Long (1830), William Howe (1840), Thomas W. y Caleb Pratt (1844) posibilitaron la construcción más eficaz y económica de puentes de madera.

A partir de 1830 la madera tuvo que empezar a competir con los puentes metálicos en la expansión del ferrocarril los cuales repetían al principio los diseños empleados en madera.

Los puentes colgantes son muy antiguos pero los primeros que se conocen en Europa son los de China gracias a las fotos realizadas por el escocés Forrest en el siglo XIX.

Los primeros diseños de grandes luces se obtienen precisamente gracias al desarrollo de cables de acero que sujetan el tablero de madera. Uno de los más antiguos en uso es la pasarela peatonal de Ojuela (México) construido en 1892 con una luz de 278 metros.

El siglo XX y XXI

Los sistemas reticulados y las cerchas se introdujeron en Norteamérica en puentes cubiertos particularmente el sistema reticular Town and Howe.

Se avanza en el campo de los protectores de madera y de los sistemas de tratamiento con autoclave.

Se desarrollan nuevos y mejores adhesivos, que han desembocado en la madera laminada encolada.

Se perfeccionan los herrajes para resolver las uniones.

De 1936 en Sioux Narrows, Kenora (Ontario, Canadá) un impresionante puente de Pino Oregón tratado



Pasarela peatonal en Thuringen (Alemania)

con creosota y cerchas tipo Howe; durante muchos años fue el puente de madera más largo (64 metros) utilizado como carretera de doble sentido. Desde entonces el desarrollo de puentes de madera ha tenido un desarrollo continuo que se ha intensificado en los últimos años tras un intervalo de 40-50 años en que dominaban completamente los metálicos y hormigón (normalmente pretensado o postensado).

APLICACIONES

Los puentes de madera pueden utilizarse tanto para el paso de vehículo (vehicular) y de personas (peatonales), como de personas con un uso ocasional para vehículos como los de los campos de golf y parques naturales (los puentes para el paso de ciclistas, que cada vez se utilizan más, se clasifican en un grupo aparte).

CLASIFICACIÓN

Se pueden definir dos grandes tipos de puentes según su estructura:

1_ De placas de madera:

Estructuras construidas por elementos formando placas. Tienen como limitación la luz máxima que puede alcanzar, salvo que se combinen con otros tipos estructurales.

2_ De barras de madera:

La estructura principal se realiza con piezas lineales (o barras) con luces variables dependiendo del tipo estructural:

- de vigas de madera maciza o laminada, con luces de 3 a 24 metros. Se basa en vigas en V invertida, generalmente triarticuladas.

- de viga reticulada o vigas planas organizadas por barras lineales creando un sistema triangulado. Existen diferentes disposiciones de retículas o cerchas y elementos de unión, siendo el tipo principal la Howe. Sus luces varían de 9 a 45 metros.

- en arco triarticulado de madera laminada encolada. El arco normalmente es una parábola, un círculo o una línea sinusoidal. Se emplean para grandes luces, desde 12 a 70 metros.

- colgante: donde el tablero está sujeto por cables de acero atados a uno o dos (o más) mástiles. La incorporación de apoyos intermedios permite aumentar las luces.

- de apertura donde el tablero del puente está compuesto por dos piezas independientes que pueden izarse dejando libre el paso o bien deslizarse lateralmente. La luz máxima recomendada es de 24 metros.

MATERIALES

Los materiales que se pueden utilizar son madera aserrada o en rollo, madera laminada encolada y otros productos estructurales compuestos o composites (perfiles estructurales de madera microlaminada LVL, de chapas de madera ("PSL, Parallel Strand Lumber), de virutas de madera laminadas ("LSL", Laminated Strand Lumber), de macro-virutas de madera orientadas ("OSL" Oriented Strand Lumber), etc.

DURABILIDAD Y PROTECCIÓN DE LA MADERA

No hay que olvidar que todos los materiales que intervienen en los puentes de madera (tirantes, herrajes, etc.) deben someterse a un mantenimiento. A veces los altos costes de éstos constituyen una oportunidad para los puentes de madera especialmente los que emplean nuevos productos compuestos de madera.

Durabilidad natural de la madera y tratamiento
Existen especies de maderas con una gran durabilidad natural y que, en ciertas condiciones, pueden superar a los metales y a la fábrica de ladrillo, piedra y hormigón. Cuando su durabilidad natural sea insuficiente se realiza un tratamiento en profundidad con autoclave. La durabilidad natural de las distintas especies de madera está definida en la norma EN 350.

MANTENIMIENTO

Además del tratamiento en profundidad se requiere una protección superficial de la madera frente a las inclemencias atmosféricas, principalmente frente al sol y la lluvia. La decisión final del producto a utilizar depende, básicamente, del comportamiento del producto durante el tiempo que protege superfi-



Pasarela peatonal, diseño original de Leonardo Da Vinci en una carretera de Noruega

cialmente a madera y de la facilidad para realizar su mantenimiento o renovación.

DETALLES CONSTRUCTIVOS

Los detalles constructivos están enfocados a aumentar la durabilidad de la madera, y a reducir la clase de uso. Entre las partes del puente más conflictivas desde el punto de vista de su durabilidad hay que destacar las testas o extremos de las piezas, las caras o superficies superiores de elementos expuestos a la intemperie, las uniones de carpintería de elementos (principalmente en las barandillas, guardamanos, parapetos, etc.), el tablero del puente, la unión entre el tablero y las vigas, las uniones y anclajes de elementos verticales estructurales (pilares, etc.).

CÁLCULO ESTRUCTURAL

En el Eurocódigo 5 "Cálculo de estructuras de madera", parte 2 Puentes se detalla la forma de calcular los puentes de madera.

SUMINISTRADORES

HERRAJES PARA ESTRUCTURAS Y PUENTES

ROTHO BLAAS, SRL
Via dell'Adige 2/1. I-39040 Cortaccia (BZ) Italia
Tel. +39 335 617 80 82 Fax +39 0471 81 84 84
espana@rothoblaas.com www.rothoblaas.com

SIMPSON STRONG-TIE
Z.A.C. des 4 chemins 85400 Sainte Gemme La Plaine,
Francia
Tel. 00 33 251 28 44 00 K 00 33 251 28 44 01
commercial@strongtie.com www.simpson.fr

SFS INTEC E. y F., S.A.
c/ La Fragua, 1, ofc. 2105 28933 Móstoles (Madrid)
Tel. 916 142 514 Fax 916 146 228

es.mostoles@sfsintec.biz
T y T AGINCO, S.L.
González Tablas 6, 1º izda. 31004 Pamplona (Navarra)
Tel. 948 236 871 Fax 948 151 291
tyt@telefonica.net tytaginco@infonegocio.com

INGENIERÍA

MADERGIA
Centro Europeo de Innovación de Navarra Pol Ind Mocholí Pza CEIN 5, Nave A14 31110 Noáin (Navarra)
Tel. y Fax 948 312 986
madergia@madergia.com www.madergia.com

INGENIERÍA, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE MADERA Y PUENTES

HOLTZA, S.A.
Polg. Ind. de Gojain C/ Padurea, 2B 01170 Legutiano Alava
Tel. 945 465 508 Fax 945 465 570
eperea@holtza.es www.holtza.es

ARENAS Y ASOCIADOS INGENIERIA DE DISEÑO S.L.
Hernán Cortés, 19 1º Dch., 39003 Santander (Cantabria)
Tfno: 942 319 960 - Fax: 942 319 961
info@arenasing.com # www.arenasing.com

CARAMES SEOANE, S.L.
Lugar de Muruxese s/n Rodeiro. 15386 Oza dos Rios (A Coruña)
Tel. 902 200 380 Fax 981 786 554
www.carames.com carames@carames.com

FARGEOT, S.A.
Aurora, 79 2ª-1º 08700 Igualada Barcelona
Telf. 938 055 678 Fax 938 052 559
fargeot.igualada@wanadoo.es www.fargeot.fr

FIGUERAS TECNIFUSTA, S.L.
Glossa d'en Llop nº 109 17130 L'Escala (Gerona)
Tel. 972 770 066-770 220 Fax 972 770 066
www.tecnifusta.com info@tecnifusta.com



Puente entre San Panaleón y Erla (Austria)

GRUPO POLANCO
Ctra. Cádiz-Algeciras, Km. 9,5 11130 Chiclana Cádiz
Tel. 956 491 111 Fax 956 531 111
polanco@polanco.net www.polanco.net

LAMINOR, S.A.
Polígono Industrial A Liceira 32500 Caraballíño Ourense
Tel. 988 275 199 Fax 988 275225
laminor@laminor.com www.laminor.com

MEDIA MADERA INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
Avd. Juan Carlos I, 1 ofc. 3 33212 Gijón Asturias
Tel. 985 308 700 Fax 985 308 383
admon@mediamadera.com www.mediamadera.com

NARMER 7, S.L.
Carretera A-6050 Km. 0,430 23194 Jaén Tel. 953 234 931 Fax 953 234 919
narmer7@narmer7 www.narmer7.com

TRC, S.L.
Pº de la Acacia, nº 7. Polg. Ind. La Mora 47193 La Cistèrniga Valladolid
Tel. 983 403 023 Fax 983-40.30.27
trc@trcsl.es www.trcsl.es

YOFRA, S.A. Ctra. a Elechas, s/nº 39792 Gajano Cantabria
Tel. 942 502 273 Fax 942 503 064
yofra@yofra.com www.yofra.com

ZURTEK, S.L.
Carretera Yurre-Dima, s/n 48141-DIMA (VIZCAYA)
Tel. 946 311 747 Fax 946 315 467
info@zurtek.net www.zurtek.net

INGENIERÍA Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE MADERA Y PUENTES

HOLTZA, S.A.

Polg. Ind. de Gojain C/ Padurea, 2B 01170 Legutiano Alava
Tel. 945 465 508 Fax 945 465 570
eperea@holtza.es www.holtza.es

JESFER DECORACIONES, S.L.

Pablo Neruda, s/nº Polg. Canal de Monegros 22270

Almudevar Huesca
Tel. 902 231 342 Fax 974 250 385
jesfer@jesfer.com www.jesfer.com

DEMADERA A.E.T., S.L.
Solar, s/nº 33213 Gijón Asturias
Tel. 985 328 926 Fax 985 329 955
administracion@demaderaestructuras.com www.demaderaestructuras.com

EGOIN, S.A.
Cº Astei. 48284 Natxitua-Ea (acceso por Ereño)
Tel. 946 276 000 Fax 946 276 335
ea@egoin.es www.egoin.es

ESMADER GALICIA, S.L.
Ribadeo 18, entlo. 1º. 27002 Lugo
Tel. 982 240 880 Fax 982 240 880

FRONDA INGENIERIA Y SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN EN MADERA
Corrida, 5 Bis Ofc. 3 33206 Gijón Asturias
Tel. 985 176 666 Fax 985 176 999
info@frondaonline.com www.frondaonline.com

MADERA Y ARQUITECTURA, S.A. MARQUISA
Muelle Tomás Olabarri 3, 1º izda. 48930 Las Arenas (Bizkaia)
Tel. 944 804 044 Fax 944 804 444
comercial@marquisa.es www.marquisa.es

MEDIA MADERA-INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
Polígono Industrial Tabaza II Parcelas, 16 - 17 33430 Carreño (Asturias)
Tel. 985 516 916 Fax 985 516 919
admon@mediamadera.com www.mediamadera.com

MONTAJES C.I.A.B., S.L.
Plaza Paz Novoa, 3 Pta. 10 32003 Ourense Ourense
Tel. 988 392 204 Fax 988 392 081
montciab@teleline.es

OTMO, S.L.
Moliné, 9 08006 Barcelona
Tel. 932 019 482 Fax 932 019 354
otmo@otmo.net www.otmo.net

REY NUÑEZ INGENIEROS, S.L.
La Llomba, 8 - Caldone 33391-Gijón (Asturias)
Tel. 985 137 232 Fax 985 876 470
info@reyn-ingenieros.com www.reyn-ingenieros.com



Pasarela peatonal en Isla Cristina (Cádiz)