

EL MUELLE CARGADERO DE MINERAL DE LA RIO TINTO COMPANY LTD.

JOAQUÍN BARBA QUINTERO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Fue en un artículo publicado en el año 1955 por Michael Rix, investigador de la Universidad de Birmingham, donde, al parecer, se acuñó la expresión “Arqueología Industrial”, que hacía referencia inicial y básicamente al estudio de los métodos, los emplazamientos y las máquinas utilizados por la Industria en la Revolución Industrial, especialmente en Inglaterra.

La “Arqueología Industrial” es hoy mucho más, es una ciencia pluridisciplinar que trata de leer nuestro pasado en los restos de estructuras, de máquinas, de fábricas o de construcciones de todo tipo; nos permite comprender la génesis y la evolución de procesos productivos hoy ya desaparecidos; se ocupa de estudiar nuestra historia, de cómo interactuaron las fuerzas del trabajo y del capital de tal manera que produjeron cambios socioeconómicos profundos y acelerados en la forma de vivir de gran parte de la humanidad. Nos acerca, analizando las demandas que las generaron, a las grandes obras de ingeniería, a la evolución de los procesos productivos, al descubrimiento y aplicación de nuevas fuentes de energía, pero también abarca la historia de las máquinas y energías domésticas: la llegada del gas, del alcantarillado, de la electricidad al interior de las casas ..., en definitiva, de los artefactos que aportaron al ámbito del hogar las fuerzas y los métodos que habían cambiado el mundo.

En este ambiente, la explotación de los yacimientos mineros situados en la mitad norte de la provincia de Huelva atrae a inversores extranjeros, que aportan los últimos avances tecnológicos de la Europa Industrial. La influencia de los nuevos dueños o concesionarios sobre las comarcas en las que se asientan se hace sentir no solamente en los aspectos puramente comerciales o en los ámbitos estrictamente laborales, de hecho se adoptan por los nativos modos y costumbres adaptados a las nuevas circunstancias ya que el modelo social que se implanta incluye la construcción de viviendas agrupadas en barrios y la creación y sostenimiento de escuelas y otros servicios sociales para los trabajadores. El poder y las decisiones quedan prácticamente en manos de los administradores de las nuevas compañías en detrimento de los Ayuntamientos, no en balde son los dueños del territorio, de la mayoría de las viviendas, son los que proporcionan el agua y la energía



Archivo Sección de Arqueología

eléctrica gratuitamente o a precios simbólicos, los que rigen las escuelas, los que construyen consultorios y hospitales. Para la explotación de las minas se importan las tecnologías más avanzadas a fin de extraer las materias primas de la forma más rápida y económica posible, realizándose obras de ingeniería muy notables en su época, que han llegado hasta hoy, algunas de ellas incluso en condiciones de explotación, pero que también tienen su reflejo en el vivir diario de los ciudadanos, que se benefician de los adelantos tecnológicos con antelación respecto a comarcas situadas fuera de la influencia de las compañías mineras.

En este contexto y como parte de su proyecto para la explotación de los yacimientos piríticos, la *Río Tinto Company Ltd.* tiende una línea férrea que une las minas de Río Tinto con un cargadero de mineral, también expresamente construido, en el Puerto de Huelva. Ambas realizaciones constituyen una muestra muy relevante del desarrollo socioeconómico que se inicia en una buena parte de la provincia de Huelva a mediados del siglo XIX, consecuencia de la implantación de compañías de capital extranjero que se asientan en la zona para explotar su riqueza minera.

El Muelle Cargadero de Mineral de la *Río Tinto Company Ltd.*

En el mes de Marzo de 1876 entró en servicio el Muelle Cargadero de Mineral de la *Río Tinto Company Ltd.*, lo que constituyó la culminación del sistema de transporte combinado que había concebido la compañía que acababa de comprar las Minas de Río Tinto al Estado Español y que estaba compuesto por este muelle y la línea férrea que lo conectaba con la explotación minera.

Unos cinco años antes, la *Compañía de Azufre y Cobre de Tharsis* había construido también una línea férrea desde la localidad que le da nombre hasta la margen derecha de la Ría del Odiel, y un cargadero de mineral, con idénticos objetivos referidos a las minas de Tharsis, que los perseguidos por la *Río Tinto Company Ltd.* en sus nuevas propiedades. La implantación de estas dos compañías de capital extranjero, juntamente con otras más pequeñas, también extranjeras, va a generar un cambio radical en las condiciones socioeconómicas y culturales de buena parte de la provincia de Huelva.

En el Censo del año 1857, la provincia de Huelva aparece con 174.391 habitantes, de los que 8.519 correspondían a la ciudad de Huelva y unos 21.000 se concentraban en la comarca minera situada en el área Valverde - Nerva - Campofrío - El Cerro

- Cabezas Rubias - Alosno. Su situación geográfica y su conexión con el resto de la Península Ibérica, que se reduce a algunos caminos de herradura, agrava aun más la situación de depresión económica y atraso. Pero la provincia cuenta con una riqueza potencial de primer orden en aquellas fechas, las piritas, de las que se podían extraer azufre y cobre, materias primas esenciales para las industrias europeas en plena revolución industrial. La explotación de las minas de la franja pirítica por compañías extranjeras hizo posible que se aplicasen los últimos avances, entre otros, de la ingeniería civil en la provincia de Huelva y dentro de este contexto hay que situar la construcción del Muelle Cargadero de Mineral de la *Río Tinto Company Ltd.*, obra portuaria de primera magnitud tanto desde el punto de vista de su explotación como desde el puramente estructural.

La construcción del Cargadero de Mineral tal y como hoy lo conocemos es el resultado de la conjunción de circunstancias especiales de muy diversa naturaleza, siendo quizá las de influencia más directa las que siguen:

- La venta de las Minas de Río Tinto como solución de emergencia a la precaria situación económica de España. Se abre la puerta al capital y a la tecnología europea del momento.
- El desarrollo del ferrocarril en Europa y en España.
- La visión de los nuevos dueños de las explotaciones mineras, que comprendieron desde el primer momento que, para extraer toda su riqueza potencial, era necesario abordar importantes obras de infraestructura aplicando los conocimientos más avanzados, aun cuando ello representaba la necesidad de fuertes inversiones iniciales.
- Los avances tecnológicos de la siderurgia, que posibilitan la construcción de grandes estructuras gracias a las mejoras de las propiedades de las aleaciones de hierro.
- El estado de los conocimientos teóricos y de la experiencia en materia de construcción de importantes estructuras, que se benefician de los constantes e importantes avances en la producción y mejora de las propiedades de los materiales siderúrgicos.
- La elección de figuras de reconocida capacidad profesional y prestigio mundial para diseñar y dirigir las obras de construcción de la línea férrea y del cargadero.

La venta de las Minas de Río Tinto

En el año 1868 cuando el Gobierno Provisional se hace cargo del poder, se ve obligado a afrontar el cúmulo de problemas que arrastraba la Hacienda Pública derivados de planteamientos erróneos que habían llevado a España a una práctica bancarota. En la Crisis de 1848, el Gobierno no pudo hacer frente al pago de los sueldos de los funcionarios públicos, las pensiones y otros compromisos. Al año siguiente, los tenedores ingleses de Deuda Pública Española requirieron al Gobierno Español para que hiciese frente al cumplimiento de sus obligaciones exteriores. Se entra así en una dinámica de continua reconversión de la deuda pública, en una espiral que provocó la caída de precios de los títulos españoles. Desde 1851 las Bolsas de Londres y de Amsterdam habían suspendido la cotización de los títulos españoles, tanto privados como públicos; la Bolsa de París adoptó la misma medida en 1862.

El Ministro de Hacienda del gobierno del General Prim, Laureano Figuerola, en mayo de 1870, presenta a las Cortes la *Memoria Relativa al Estado General de la Hacienda* en la que ponía de manifiesto el déficit crónico presupuestario y advertía sobre la imperiosa necesidad de restablecer las finanzas nacionales para evitar la bancarota y la ruina. En el año 1868 el endeudamiento que devengaba intereses ascendía a la cantidad de 4.348.692.000 pesetas (26.136.165,30 □). Esta cifra a finales de 1875 se había convertido en 10.300.923.685 pesetas (61.909.798,21 □), es decir, en siete años la deuda se había multiplicado por casi dos veces y media.

Puede comprenderse que la situación económica era angustiosa, y que era perentorio lograr la afluencia de capitales extranjeros. En este contexto, se promulgan la Ley de Desamortización y la Ley de Ferrocarriles, ambas en 1855, y las leyes del Banco de Emisión y Sociedades de Crédito en enero de 1856. La primera de ellas abre la puerta para la posterior enajenación de las Minas de Río Tinto, toda vez que aparecen incluidas en su ámbito de aplicación. La Ley de Ferrocarriles, que tan directamente influye en la venta, ofrecía garantías especiales a los inversionistas extranjeros: subvenciones gubernamentales, exenciones arancelarias y privilegios a la hora de acometer expropiaciones de terrenos.

Para evitar la bancarota del Tesoro Público, desde octubre de 1868 a diciembre de 1870 se realizaron tres emisiones de títulos de cuantías importantísimas: de la primera emisión de 625 millones nominales, emitida en octubre de 1868 en Bonos del Tesoro por suscripción pública, tan sólo se cubrieron 136 millones; en noviembre del

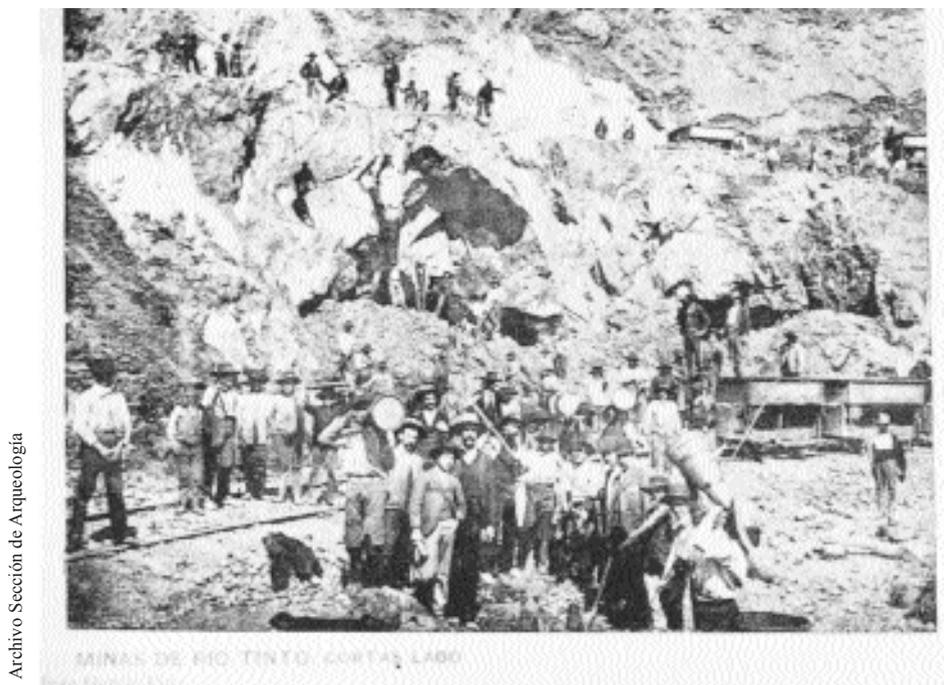
mismo año se firma un empréstito con la Casa Rostchild de París y Londres por 100 millones de pesetas efectivas; y por último en abril de 1869 se obtiene un préstamo del Banco de París por 250 millones de pesetas efectivas. Pero la situación seguía siendo crítica y por ello, el 15 de Marzo de 1870, por el Ministro de Hacienda, con la conformidad del Consejo de Ministros y carácter de urgencia, se presenta a las Cortes Constituyentes un proyecto de Ley que en su artículo 5º plantea "... *el Gobierno queda facultado para vender las Minas de Río Tinto y realizar una operación de crédito sobre las Minas de Almadén y las Salinas de Torreveja*". Se inicia así el proceso de enajenación de las Minas.

Es interesante conocer, aunque sólo sea de pasada, que ya se habían producido intentos de compra de las minas en los años 1851 y 1856. Estos intentos fueron rechazados por Las Cortes, pues por su interés estratégico las Minas de Río Tinto, juntamente con las de Almadén y Linares y las Salinas de Torreveja, tenían atribuido el carácter de establecimientos nacionales y habían sido declarados de carácter reservado en todas las enajenaciones de bienes nacionales realizadas hasta 1870.

En este contexto, con la revolución industrial en Europa, que demanda cada vez más azufre para fabricar ácido sulfúrico, los capitales extranjeros tenían puestas sus miras en la franja pirítica del suroeste de la Península Ibérica. Desde comienzos del siglo XIX la práctica totalidad de la producción de azufre provenía de Sicilia, que de alguna forma imponía sus precios por su situación de privilegio. La posibilidad de poder explotar una fuente de suministro alternativa con costes de extracción relativamente bajos, con ventajosa situación geográfica con respecto a las explotaciones africanas o americanas y de la que además podía extraerse cobre, oro y plata, hicieron de las Minas de Río Tinto un objetivo de primera magnitud para los inversores extranjeros, que esperan y presionan con el apoyo de sus propios países, para lograr una coyuntura favorable a sus propósitos de hacerse con el control de estas fuentes de materia prima. Esta coyuntura se vislumbraba como muy posible a corto plazo, a la vista del estado de las finanzas nacionales y de los continuos y un tanto traumáticos cambios políticos.

Por otra parte, los beneficios de la explotación de las minas eran sobradamente conocidos por los gobernantes españoles gracias a diversos estudios de gran valor redactados por ingenieros españoles, que preconizaban, en la mayoría de los casos, una explotación racional por parte del propio Estado español, para lo que se necesitaba abordar una fuerte inversión inicial. Merece mencionarse la idea plasmada en los estudios del

ingeniero Monasterio Correa consistente en la construcción de un ferrocarril Logosán-Mérida-Zafra-Zona Minera-Huelva para transportar fosforita desde el origen de la línea, manganeso y piritas desde las minas de la zona de Río Tinto y cal desde Niebla concentrándolas en Huelva, hasta donde llegaría la sal y el carbón por vía marítima. Se crearía así un complejo industrial químico que podría haber alcanzado gran importancia incluso a nivel europeo, en contraposición de las pretensiones del capital europeo, cuya meta era extraer la materia prima, de la forma más rápida y económica posible, y exportarla como tal a otros puntos de Europa por vía marítima. Vemos que la idea del Polo de Promoción Industrial de Huelva ya tuvo un antecedente en el último tercio del XIX y que, por las circunstancias políticas y económicas de España en aquellos momentos, se malogró desafortunadamente.



Entre el 15 de Marzo de 1870 y el 14 de junio del mismo año, en que se promulga la Ley sobre la Enajenación de las Minas de Río Tinto se produjo, como no podía ser de otra forma, un amplio debate, tanto en el seno de las propias Cortes como en los periódicos de más difusión del país (*Revista de España, La Época, El Tiempo,*

El Puente de Alcolea, El Imparcial ...) desbordando los ámbitos puramente técnicos o financieros. La Ley citada estableció que las minas se enajenarían mediante pública subasta, transfiriéndose a perpetuidad el suelo, el subsuelo y los bienes existentes en su término, debiéndose nombrar una Comisión de Valoración para fijar el precio base o de salida en la subasta prevista, así como realizar la correspondiente delimitación del territorio enajenado.

La subasta, que tuvo lugar el 30 de Noviembre de 1870, quedó desierta, al no presentarse ningún licitador. Se hizo una segunda convocatoria con vencimiento en el 23 de Noviembre de 1872, en las mismas condiciones que la anterior y con una rebaja del tipo de salida del diez por ciento. Esta convocatoria, que también quedó desierta, puso de manifiesto la importancia que los posibles licitadores concedían a la construcción de una línea férrea desde Río Tinto hasta el Puerto de Huelva pues durante el periodo de información se formularon diversas consultas a embajadas españolas en el extranjero sobre la concesión de los terrenos necesarios para la construcción del ferrocarril hasta el Puerto de Huelva y su declaración de utilidad pública. Este planteamiento enlaza con el hecho de que la línea férrea Río Tinto - Huelva había sido otorgada en concesión con anterioridad a Mr. C. Lamiable, lo que constituía un serio obstáculo para los interesados en la explotación de las Minas de Río Tinto, que querían garantizarse la titularidad y explotación de la concesión del ferrocarril como requisito inexcusable incluido en las condiciones de la subasta y sin tener que adquirirla a su titular en aquellos momentos. Aflora aquí, con toda su fuerza, la ligazón de la explotación de las minas a los medios de transporte necesarios para la exportación de su producción hacia Europa a través del Puerto de Huelva.

A la vista del fracaso en los dos intentos anteriores, la Ley de Presupuestos de 26 de Diciembre de 1872 autorizó al gobierno para negociar la venta sin los trámites de la subasta, sobre las mismas bases de las licitaciones previas, y sometiendo posteriormente a Las Cortes su enajenación definitiva.

Mr. Hugh Matheson, hombre de negocios de origen escocés y afincado en Londres, en unión de un grupo de inversores todos ellos extranjeros (Sundheim, Doetsch, Quentell, Taylor, Dyes, Clark, Schroeder ...) pero también concedores de las minas de Río Tinto, decidieron abordar las negociaciones para adjudicarse el contrato. En medio de las revueltas de 1872, de la guerra de Cuba, del comienzo de las

guerras carlistas, con las consecuencias del asesinato de Prim, en los estertores del efímero reinado de Amadeo I, se desarrollan las negociaciones que culminan en una propuesta de acuerdo que es elevada a Las Cortes. El 11 de Febrero de 1873 abdica Amadeo I y se proclama la Primera República Española que es presidida por D. Estanislao Figueras. Las Cortes no fueron disueltas, constituyéndose en Asamblea Nacional, lo que permitió que tres días más tarde, el 14 de Febrero, D. José Echegaray, Ministro de Hacienda, firmase el contrato de venta y lo sometiese a la aprobación de la Asamblea Nacional. El 17 del mismo mes es aprobado por la Asamblea con rango de Ley.

La llegada del ferrocarril

Las comunicaciones constituyen uno de los ejes vertebrales necesarios para el desarrollo. Nos encontramos a mediados del siglo XIX ante una región situada al límite suroeste de la Península Ibérica, de riqueza natural importante pero aislada del resto de la Península y unida a ella tan sólo por malos caminos de herradura. Si miramos al Norte nos encontramos con la Sierra de Aracena, que constituye un considerable obstáculo para las comunicaciones con Extremadura; por el Oeste el río Guadiana se encarga de establecer una barrera a los intercambios con Portugal; por el Sur, el océano Atlántico, con el Puerto de Huelva como única puerta abierta por la que empieza a salir el mineral en cantidades crecientes hacia Europa, pero por la que apenas se reciben sus influencias; y por el Este, en su tercio más próximo a la costa, la campiña y la única y deficiente comunicación terrestre con Sevilla y el resto del territorio nacional.

El ferrocarril, que era ya utilizado en la minería en Gran Bretaña desde 1807, empieza su andadura para el transporte de viajeros en 1825. La primera línea de ferrocarril en España, que no se construye en la Península sino en Cuba, se inaugura en el año 1837. En el territorio peninsular, la primera concesión se otorga en 1829 para un trayecto entre Jerez y los muelles de El Portal, con el objetivo de dar salida a la producción vinícola. La necesidad de exportar por vía marítima es el motor de esta iniciativa, que no llegó a consumarse por falta de inversores interesados, como ocurrió también con otras concesiones en distintos puntos de España. En octubre de 1848, veintitrés años más tarde que en Gran Bretaña, entra en servicio la línea que unía Barcelona con Mataró. Las condiciones que regirían esta concesión y las posteriores fueron establecidas en la Real Orden de diciembre de 1844, y en ella se fijó el ancho de vía en 6 varas castellanas (1,674 m) lo que constituyó una decisión de capital importancia que ha condicionado el posterior desarrollo de la red ferroviaria española y su conexión con el exterior, hasta nuestros días.

La elección del ancho de vía citado no fue debida a razones de estrategia militar como medida de seguridad para dificultar hipotéticas invasiones desde Francia, como alguna vez se ha escrito, sino que obedeció a planteamientos de carácter puramente técnicos. Así resulta que en el informe sobre construcción y explotación de ferrocarriles, redactado por los ingenieros Subercase y Santa Cruz y que sirvió de base para la redacción de la R. O. de 1844, se sustentó la tesis de que el aumento del ancho de vía sobre el valor ya comúnmente aceptado internacionalmente no incrementaba excesivamente el gasto de primer establecimiento, teniendo ventajas desde el punto de vista de la estabilidad y permitiendo además el uso de las locomotoras de mayor potencia requeridas por los tendidos españoles debido a las difíciles condiciones orográficas de nuestro país.

Hasta la promulgación de la Ley General de Ferrocarriles en 3 de junio de 1855, las concesiones de nuevas líneas de ferrocarril se otorgaban al primer solicitante. La nueva Ley establece el sistema de subasta para su adjudicación, fija el plazo de vigencia en noventa y nueve años y prevé la revisión de tarifas cada cinco años. Crea un nuevo marco más reglado, estableciendo las condiciones necesarias para que se despierte el interés de los inversores por abordar la construcción y explotación de nuevos itinerarios. Sin embargo, ni esta Ley ni la R.O. de 1844 establecen la obligación de respetar el ancho de vía de las seis varas castellanas para cualquier construcción de línea ferroviaria, sea de la clase que sea.

Desde agosto de 1843, en que se construye la primera línea en la península entre Barcelona y Mataró, hasta noviembre de 1852 en que se culmina la que une Barcelona y Zaragoza, último tramo acogido a la R. O. de 1844, el total de kilómetros de línea férrea existente en España es de 927,95. De ellos, 365,70 Km. correspondían al itinerario Barcelona - Zaragoza, y del resto, el 20 % se construyeron en Cataluña y el 41% en el Reino de Valencia. En el entorno de la capital de España únicamente se tendieron los 49,0 Km (8,71%) de vía de Madrid a Aranjuez y en Andalucía sólo los 27,2 Km. (4,84%) de la línea Jerez - Trocadero.

En la provincia de Huelva, en la segunda mitad del siglo XIX, se produce una clara dicotomía en el desarrollo de las comunicaciones por ferrocarril. De una parte aparecen los ferrocarriles mineros, y de otra las líneas de tipo comercial, concretamente los trayectos Sevilla - Huelva y Huelva - Zafra que se ejecutan con retraso con respecto a las primeras. Las nuevas líneas mineras surgen como respuesta a la demanda de medios de

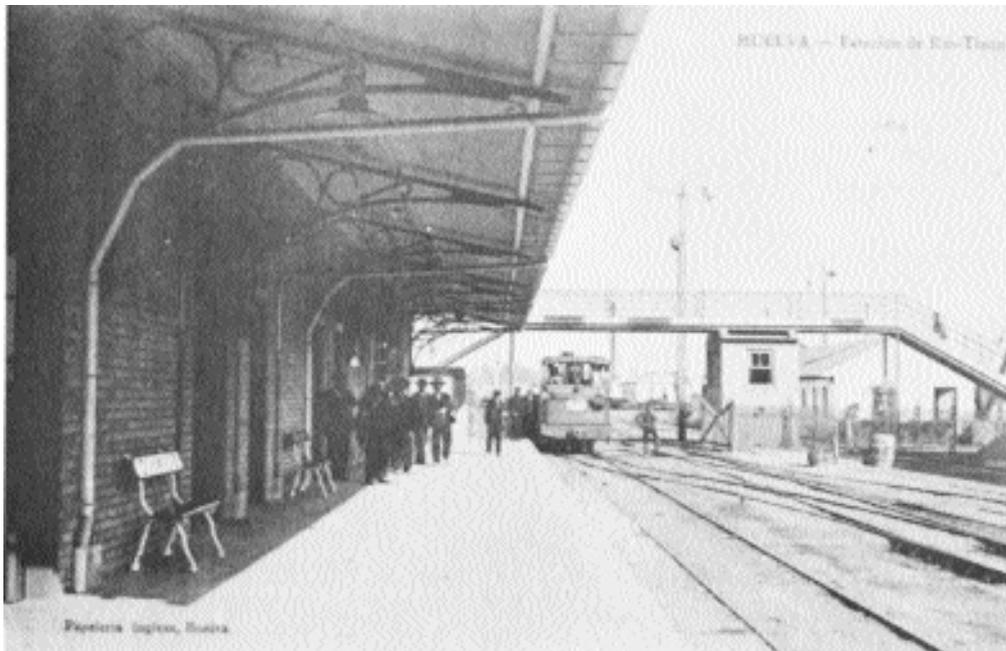
transportes adecuados a la conveniencia de los nuevos propietarios de las minas, y aportan la aplicación de sus propias tecnologías, no exentas de una cierta autosuficiencia, con utilización de anchos de vía diferentes al adoptado en España. La falta de uniformidad en el ancho de vía denota que en todo momento se está considerando únicamente la exportación del mineral por vía marítima, sin ningún tipo de posible conexión a la red ferroviaria comercial española, e incluso sin ninguna interrelación entre los tendidos de compañías en competencia.

Son los ferrocarriles mineros los primeros en aparecer, con la importación de la tecnología, de los materiales y del capital de la Europa Industrial. Se construyeron 315 Km entre 1870 y 1888, de los que destacan cuatro de ellos por su verdadero carácter de vías primarias de salida de materias primas hacia el extranjero, además de por su longitud e importancia.

El primero de ellos, inaugurado en 1870 entre S. Juan del Puerto y El Buitrón (48,8 Km), es, cronológicamente, el tercer ferrocarril de vía estrecha de los construidos en España. Los vagones cargados de mineral procedentes de las minas de Castillo del Buitrón, La Poderosa, Concepción, Sotiel, El Soldado y otras eran trasvasados en San Juan del Puerto a gabarras hasta una grúa flotante situada en el estuario del Tinto y el Odiel, donde se embarcaban para su transporte marítimo en barcos del porte adecuado.

El segundo en el tiempo es el construido por *The Tharsis Sulphur & Coper Co. Ltd.* que fue inaugurado en 1871. Además de tener el record de haber sido el último en dejar de prestar servicio como ferrocarril minero (31/12/1999) tiene una curiosidad: su ancho de vía es de 1.220 mm, igual al de los tranvías de Glasgow, frente al ancho de vía inglés de 1.067 mm o al ancho adoptado en España de 1.674 mm. Pone esto de manifiesto, una vez más, la importancia de la experiencia propia de cada compañía y sus técnicos frente a la adopción de medidas estándares que ya se consolidaban en Europa, pero también un cierto grado de autosuficiencia y quizá de orgullosa independencia frente a la competencia. Este ferrocarril tenía su origen en las minas de La Zarza, La Lapilla, Lagunazo y otras de la Compañía y terminaba en el Muelle de Tharsis (47,0 Km.), construido también por la misma Compañía en la margen derecha de la Ría del Odiel.

El tercero en ser inaugurado fue el Ferrocarril de Río Tinto a Huelva, de vía estrecha, que comienza a prestar servicio el 28 de Julio de 1875. Es el más importante



Archivo Sección de Arqueología

desde el punto de vista del tonelaje transportado a lo largo de su vida útil y discurre entre las Minas de Río Tinto y el Cargadero de Mineral construido en el Puerto de Huelva por la propia compañía propietaria de las minas (83,7 Km). Su trazado se ajusta al curso del Río Tinto, cruzándolo varias veces, lo que si bien resolvió el problema planteado por la limitación de las pendientes admisibles en los trazados de vías férreas, obligó a la construcción de puentes, 8 mayores, además de múltiples pasos y pequeñas obras de fábrica. También fue necesaria la perforación de cinco túneles. Construido en tiempo record de 24 meses, es una muestra en muchos aspectos de la aplicación de técnicas avanzadas y de soluciones constructivas brillantes, concebidas y puestas en práctica por profesionales que pusieron de manifiesto tanto su gran experiencia como la brillantez de sus razonamientos.

Por último y con mucha menos importancia, la línea férrea entre Minas de Herrería y el Puerto de la Laja en el Guadiana (32 Km) empieza a funcionar en 1888. La limitación de calado en la barra de Ayamonte no permitía el uso de buques de tonelaje suficiente, lo que le restó operatividad.

De las líneas convencionales, con ancho de vía español, la primera en construirse es la que cubre el trayecto Sevilla - Huelva que comienza a prestar servicio en

marzo de 1880. Habían transcurrido 55 años desde que el primer pasajero tomó un tren en Gran Bretaña, 43 desde que en Cuba se puso en marcha la primera locomotora y 32 años desde que Barcelona y Mataró quedaran unidas por el tren. La concesión fue otorgada a Mr. Carlos Lamiable en agosto de 1869, pero también Mr. Guillermo Sundheim obtuvo la concesión del mismo tramo, planteándose una lucha legal que culminó con la fusión de ambas concesiones y su transferencia a la compañía *M.Z.A.* (Madrid - Zaragoza - Alicante) en octubre de 1887.

La segunda línea comercial es la que cubre el itinerario Zafra - Huelva, que fue otorgada en concesión por R. O. de 20 de Agosto de 1881 a la sociedad *Sundheim & Doetsch* que la traspasa tres años después a la *Compañía del Ferrocarril Zafra - Huelva*, de capital mayoritariamente británico.

Este ferrocarril entró en servicio en dos fases: la primera desde Huelva a Valdelamusa en 1886; la segunda amplió el recorrido hasta Zafra en 1889. Esta línea tuvo también importancia para las explotaciones mineras pues con ella enlazaban cinco ramales mineros de vía estrecha y otro más de vía ancha. De alguna forma, se plasmaban las ideas expuestas hacia 1870 por el Ingeniero Monasterio Correa, aunque sólo con una pequeñísima parte de las consecuencias beneficiosas que para la región hubiese tenido la puesta en práctica de sus estudios, ya que el complejo industrial por él preconizado, que hubiese podido ser el auténtico motor de la revolución industrial en el Suroeste de España, nunca llegó a construirse.

La aparición del hierro y el acero como material de construcción

El hierro, que como es sabido no se encuentra en estado puro en la naturaleza, se obtiene a partir de sus óxidos, hidróxidos y carbonatos, minerales de los que se extrae mediante procesos metalúrgicos. La siderurgia, que es la metalurgia del hierro, persigue la reducción, mediante combustión con carbón, de los óxidos de hierro en los altos hornos. Las propiedades del hierro producido en el proceso siderúrgico dependen fundamentalmente del contenido de carbono, aunque la presencia y contenido de otros elementos (manganeso, silicio, fósforo, azufre, etc.) influyen también de forma importante en ellas. Básicamente, cuando el contenido de carbono supera valores del orden del 2,5% el material es conocido como fundición, y no admite forja o laminación; con contenidos inferiores el producto obtenido es el acero, que se puede forjar y temprar. Esta distinción, que

es esencial a la hora de utilizar las aleaciones de hierro como material de construcción, es determinante en las primeras aplicaciones en obras de ingeniería civil. A medida que se descubren métodos de fabricación que permiten reducir el porcentaje de carbono en el producto acabado, se progresa en la consecución de nuevos retos tanto en la industria como en la construcción de puentes o estructuras de acero con luces cada vez mayores, con alturas crecientes, con capacidades de carga cada vez mayores. Sin entrar en otros ámbitos, el progreso de la ingeniería civil, con especial incidencia de las infraestructuras del transporte, aparece ligado indisolublemente a la evolución de la siderurgia y al descubrimiento de tratamientos térmicos y aleaciones que hacen que las propiedades del acero se adapten mejor a las necesidades de cada circunstancia.

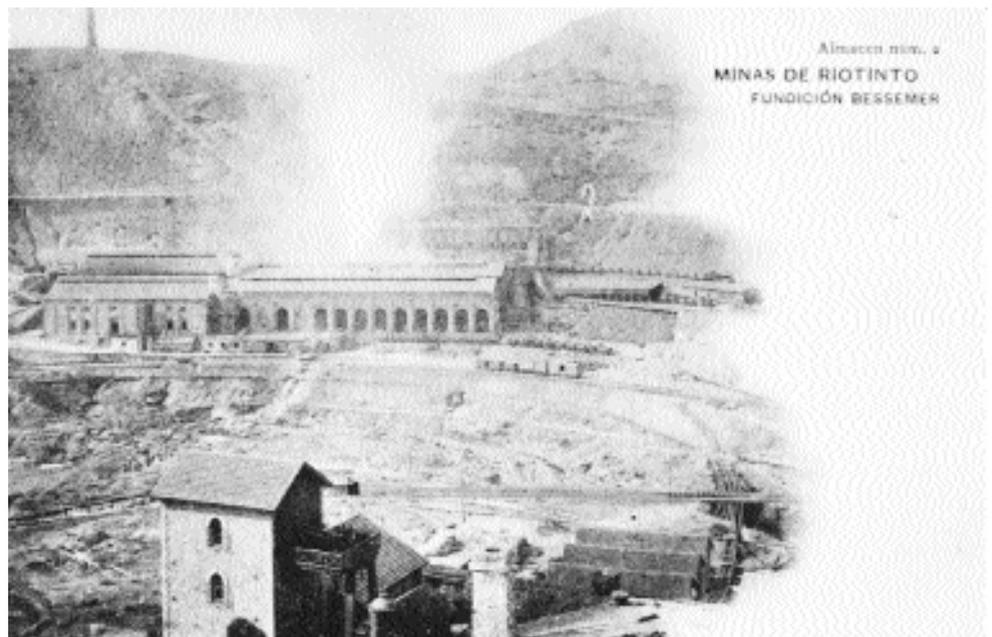
La utilización del hierro por el hombre parece iniciarse casi con los orígenes de la actividad minera de la humanidad. Se han encontrado amuletos en Egipto atribuidos a las primeras civilizaciones y se considera que los Hititas, en Asia Menor, fueron los primeros operadores siderúrgicos. En la Edad del Hierro los minerales se fundían en fraguas sopladas con fuelles de vejiga, procedimiento que perduró con algunas modificaciones hasta la Edad Media. El hierro se utiliza en la confección de algunos utensilios, pero, sobre todo, sus aplicaciones son esencialmente usadas en la fabricación de armas. La demanda de hierro crece de forma importante al extenderse y generalizarse, en los siglos XV y XVI, el uso de la pólvora en las armas de fuego. A principios del siglo XVIII se recurre al carbón mineral para la producción de hierro en hornos de cuba, pero el paso decisivo se da con la utilización del coque para la producción del hierro por fundición.

Muchos historiadores de la Revolución Industrial hacen coincidir su nacimiento con la invención del “pudelado” por Henry Cort, que lo patentó en 1784. El pudelado consistía en fundir el hierro aislándolo del carbón, afinándolo para favorecer la descarburación mediante agitación enérgica que se realizaba manualmente con una maza de hierro. El resultado era un hierro forjado con un contenido de carbono más bajo que el de la fundición. El proceso evoluciona poniéndose a punto la fundición de hierro, utilizando coque en lugar de carbón vegetal, en horno alto, que tras el proceso de pudelado, permitía su laminación y forja.

En 1856 el ingeniero inglés Bessemer patenta su convertidor, lo que representa un avance decisivo en el desarrollo siderúrgico, hasta tal punto que es fácil encontrar referencias a este hecho citándolo como el inicio de la “Edad del Acero”. Con el *conver-*

tidor de Bessemer se conseguía un producto de gran calidad, el acero, aunque con limitaciones aún, pues dependiendo del mineral de origen, el producto obtenido tenía restricciones para su aplicación. El problema principal radicaba en la imposibilidad de eliminar el fósforo cuando el mineral de origen lo contenía, con lo que el producto resultante era quebradizo. La aportación de Siemens con la colaboración de Martin, que ponen a punto el horno Siemens-Martin y de Thomas en Inglaterra, que consigue un método para eliminar el fósforo, nos lleva hasta el año 1878. Se entra ya en una fase de producción de acero en grandes cantidades, de buena y uniforme calidad.

Archivo Sección de Arqueología



La concepción y posterior construcción del Cargadero de Mineral de la Compañía de Río Tinto coincide, en el tiempo, con la radical evolución de las propiedades de los productos siderúrgicos y con sus aplicaciones en construcciones de puentes de ferrocarril, que son ya numerosos y totalmente similares desde el punto de vista estructural. Se utilizó para las columnas-pilotes la fundición, con un contenido de carbono de un 3,5% aproximadamente, y el resto de la estructura se construyó con hierro pudelado, con bajo contenido en carbono y fabricado por reducción con escorias. Sin embargo, la trasposición de las experiencias y de los conocimientos más avanzados del momento requerirán,

además, importantes aportaciones originales que son imprescindibles para su adaptación a las condiciones físicas del emplazamiento previsto para el Muelle, que plantea, como principal dificultad, severos problemas de cimentación debidos a la escasa capacidad portante del lecho de la Ría del Odiel.

Los conocimientos teóricos-prácticos

A pesar de lo limitado tanto de los conocimientos teóricos como de los medios para la construcción, desde finales del siglo XVIII y, sobre todo, a lo largo del XIX se construyen puentes metálicos con luces considerables incluso para la tecnología actual. El primer puente metálico importante se ejecutó, con hierro fundido, en 1.775-1.779 sobre el río Severn en Inglaterra, con una luz de 30 m. Se puede obtener una idea del nivel alcanzado por los constructores de puentes con algunos ejemplos representativos: en 1826 se construye un puente colgante de 176 m de luz en el estrecho de Menai, en Gales; en 1852 se terminó el Puente de Triana, en Sevilla, con cuatro arcos de 45 m de luz formados con dovelas de fundición; en 1861 se proyectó el viaducto de la calle Segovia de Madrid, formado por tres vanos de 40 m+50 m+40 m; y en 1889 se construye cerca de Edimburgo un puente, no colgante, de 521 m de luz.

La construcción de puentes metálicos en Europa y Estados Unidos pasó a ser algo natural al hilo del desarrollo de las comunicaciones por ferrocarril, pero era la práctica, la intuición y la experiencia de los ingenieros la que iba por delante, la que forzaba a nuevos desarrollos teóricos y a nuevos métodos de cálculo. De hecho, hasta bien entrado el siglo XX, la evolución de la Resistencia de Materiales y del Cálculo de Estructuras ha ido siempre por detrás de la construcción y avanzando a impulsos, que en la mayoría de las ocasiones eran consecuencia de accidentes o fracasos.

Ya a principios del siglo XIX se habían empezado a imponer nuevos criterios en la concepción de las grandes obras de ingeniería. Las formas dejan de ser determinadas por normas académicas o estilísticas y comienzan a dar respuesta a las exigencias funcionales y estructurales. Se impone una nueva concepción de la construcción, que pasa a basarse en los nuevos conocimientos mecánicos, en la utilidad y en la economía. El nuevo concepto de solidez origina también una nueva idea de monumentalidad, de forma que “lo monumental” no está ya ligado a los materiales pétreos o a los órdenes clásicos.

Es también en los primeros años del XIX cuando nace la *Ciencia de la Elasticidad*, tal como la denominaban los ingenieros de la época. La *École Polytechnique de París* se convierte en el núcleo de científicos y técnicos insignes, de la talla de Lagrange, Monge, Legendre, Lamé o Clapeyron entre otros, que hacen continuas aportaciones al conocimiento del comportamiento elástico de los materiales, pero su enfoque, esencialmente teórico, no permitía su inmediata aplicación práctica.

Navier, ingeniero francés, profesor de la *École des Ponts et Chaussées* de París, publicó en 1826 un texto que puede considerarse el origen de la moderna ciencia conocida como *Resistencia de Materiales*. Ya había hecho notables aportaciones teóricas a la Academia de las Ciencias de París, como los estudios sobre deformaciones elásticas en medios continuos de tres dimensiones, pero demuestra que también es capaz de convertirse en ingeniero pragmático y desarrolla un método de trabajo que, basado en la teoría de la elasticidad e introduciendo notables simplificaciones, se convierte en el paso decisivo que permitirá aplicar los nuevos conceptos al proyecto de las nuevas estructuras en general, y a las metálicas de forma muy particular. En las formulaciones de Navier aparecen los postulados esenciales de la resistencia de materiales, conocidos universalmente como “las hipótesis de Navier”, que siguen siendo válidos al día de hoy en el cálculo de estructuras en régimen elástico.

A partir de este momento, las aportaciones de Lamé, Saint Venant, y Bresse permiten aplicaciones prácticas sobre cualquier estructura de tipo lineal y más tarde, con las aportaciones en el último tercio del siglo de Clapeyron, Mohr y Castigliano, se establecen métodos de cálculo que aún hoy son útiles. No obstante, existe un importante desfase temporal desde que las últimas teorías y aplicaciones desarrolladas son presentadas, discutidas y aceptadas, casi todas ellas, en el *sancta sanctorum* de la Academia de las Ciencias de París y su aplicación práctica en el día a día del proyectista y del constructor, debido a la dificultad de transmitir los nuevos conocimientos y hacerlos llegar a los “ingenieros de pie de obra” para su aplicación, y ello sin contar con la inercia que siempre produce la aplicación de innovaciones teóricas sobre técnicas y prácticas probadas por la experiencia.

Frente a la tendencia francesa de aplicar lo más rigurosamente posible los nuevos desarrollos teóricos, los ingleses aplican métodos empíricos basados en la intuición y la experiencia. Ejemplo paradigmático de esta tendencia es la concepción del Puente Britannia sobre el Estrecho de Menai, que separa Bangor de la Isla de Anglesey en

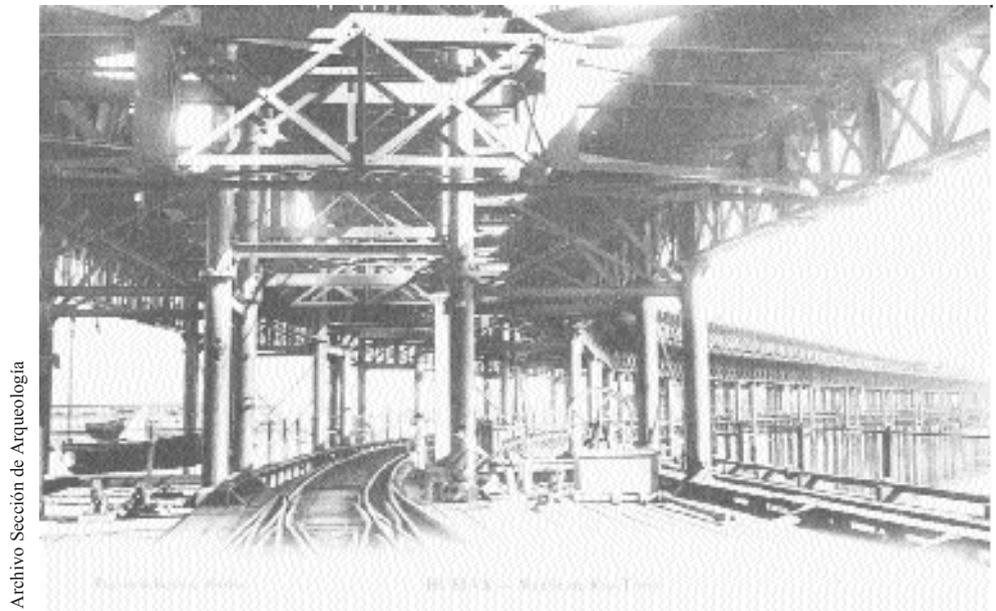
el norte de Gales. Diseñado y construido en 1850 por el ingeniero Robert Stephenson, su autor realizó previamente un modelo a escala y lo cargó hasta su rotura, estableciendo correlaciones mediante sencillas fórmulas entre las luces, las cargas y las características de los elementos.

Los procedimientos basados en modelos a escala reducida dan lugar a que en 1850 otro insigne ingeniero, Rankine, introduzca un nuevo concepto que también sigue vigente en la ingeniería actual: el coeficiente de seguridad, que no es otra cosa que establecer relaciones entre los valores de las cargas, esfuerzos o tensiones que provocarían el colapso de la estructura o de sus componentes y los valores que se alcanzan en su utilización en las condiciones más desfavorables.

La experiencia conduce a la aplicación de dos tipologías estructurales que llegan a imponerse de forma absolutamente dominante a partir de la mitad del siglo: las Celosías o Entramados y las Estructuras Arco-Cuerda (conocidas como *bow-string*, su nombre anglosajón). Los puentes colgantes fueron siendo abandonados debido a algunos fracasos y también porque su falta de rigidez los hacía inadecuados como puentes de ferrocarril, y la tipología de viga recta tubular cayó en desuso debido a que se la consideró en desventaja económica con las celosías.

Por lo que tiene de primer intento de redactar una Instrucción o Norma aplicable a la construcción de Puentes Metálicos, vale la pena citar el *Report on the application of Iron Railway Structures* desarrollado por una comisión de ingenieros en Inglaterra en 1847 en el que se informaba sobre los aspectos técnicos de los nuevos puentes metálicos para ferrocarril, recomendando el uso del hierro fundido solamente para estructuras en arco, proponiendo la tipología Arco-Cuerda para luces grandes y en el que, curiosamente, la comisión se declara incompetente para emitir un juicio sobre puentes de entramado.

Con este estado de cosas, es habitual que se patenten ciertos tipos de elementos estructurales, nacidos como fruto del estudio y la experiencia de sus autores. De 1841 es la patente de la viga Howe, que utiliza el hierro forjado en los montantes verticales, y la viga Pratt (1844) que lo usa en las diagonales en cruz de San Andrés, ambas americanas, o la europea por excelencia, la viga Warren (1848) con seis diseños diferentes que esencialmente diferían en la distribución del hierro forjado y la fundición en sus cabezas y



diagonales. Hacia 1865 empieza el predominio de celosías a 45° conocidas en España como celosías múltiples.

En la década de 1850 a 1860 se hace ya usual en la práctica recurrir a fórmulas empíricas para dimensionar las vigas portantes y comprobar algunas secciones por métodos analíticos. En estas fechas los ingenieros proyectistas de puentes aún no han conseguido resolver, mediante cálculos teóricos, cuestiones de tanta importancia como:

- Cálculo de esfuerzos en las vigas y en cada una de sus partes. Sólo había soluciones analíticas o empíricas para vigas en “doble T” pero no para entramados.
- Determinación de las reacciones en los apoyos en vigas continuas apoyadas en más de dos puntos.
- Desconocimiento de los esfuerzos portantes y de cómo evaluarlos.
- Comportamiento de la estructura debido a la continuidad de las vigas en puentes de varios vanos.
- Efectos debidos a cargas dinámicas y móviles y cálculo de reacciones y esfuerzos en estos casos.

En el último tercio del siglo se imponen los métodos gráficos de cálculo, “Grafostática”, que requieren menores conocimientos matemáticos frente a los métodos analíticos basados en las teorías elásticas.

El Cargadero de Mineral de la Compañía de Río Tinto

Las exigencias y necesidades que dan lugar a la construcción del Cargadero de Mineral de Río Tinto son claras: para conseguir enviar a Inglaterra y al resto de la Europa industrializada las materias primas extraídas de las minas de forma masiva y económica era imprescindible contar con una infraestructura de transporte adecuada. Era necesaria la construcción de una línea férrea, factor que fue decisivo en las negociaciones de la compra de las minas por la Compañía, para sustituir a las carretas que venían utilizándose, siendo imprescindible también crear las infraestructuras portuarias precisas para cargar directamente los buques del mayor porte posible, en sustitución del proceso de carga que se venía utilizando, a base de barcazas de escaso calado y posterior transbordo a buques más grandes fondeados en la ría. En definitiva, los nuevos propietarios fueron conscientes de la necesidad de implantar las modernas tecnologías desarrolladas en la Europa industrial en aras de modernizar la explotación de las minas recién compradas, reduciendo los costes de transporte drásticamente y poniéndolas en rentabilidad lo antes posible.

El Consejo de Administración de la *Río Tinto Company Limited*, constituida el 23 de Marzo de 1873 con la finalidad de subrogarse los derechos y obligaciones contraídos por las personas físicas que adquirieron las Minas de Río Tinto, se reúne por primera vez en Londres el 31 de Marzo y en esta sesión, con Mr. Matheson de presidente, se contrata al Ingeniero Director, al Secretario de la Compañía y a su Contable y se confirma como consultor de ferrocarriles a Sir George Barclay Bruce y como consultor de ingeniería minera a Mr. David Forbes. Ambos ingenieros habían acompañado a Mr. Matheson hasta Huelva mientras se desarrollaban las negociaciones entre el consorcio capitaneado por dicho señor y el Gobierno Español.

Sir George Barclay Bruce había nacido en 1821 en Newcastle, ciudad rodeada de minas de carbón, donde pronto se empezaron a construir ferrocarriles mineros para conectarlas con el puerto existente en el río Tyne. Además, en esta ciudad se fabricaban locomotoras y todo tipo de material ferroviario. Con 21 años ingresa como ingeniero resi-

dente en la construcción de los ferrocarriles de Newcastle a Darlington y en el de Northampton a Peterboro. Trabajó con Robert Stephenson y Thomas E. Harrison, que lo designaron ingeniero residente en la construcción de un puente de ferrocarril, el *Royal Border Bridge*, de 700 m. de longitud, que salvaba el río Tweed con una altura sobre el lecho de 42 m. A la conclusión de estos trabajos presentó una memoria en la *Institution of Civil Engineer* (I.C.E.) que mereció la “Telford Medal”. En 1850 ingresa como miembro de la I.C.E., trasladándose a la India donde trabajó en el tendido del ferrocarril *East Indian Railway* en la zona de Calcuta. Desde 1853 a 1856 fue ingeniero jefe del *Madrás Railway* dedicado también al tendido de unos mil kilómetros de nuevas vías. De vuelta en Inglaterra publica nuevos artículos en la I.C.E., entre los que se encuentra la descripción de los trabajos de cimentación de un puente en suelos blandos sumergidos utilizando pozos de ladrillo. Estos pozos se ejecutaron con buzos y servían como basamento de las columnas de fundición del viaducto. Su experiencia y prestigio lo convierten en consultor de alto nivel al que recurren las compañías *Indian Railways*, *East Argentine Railways*, *Buenos Aires Grand National Transways* así como varias compañías de la India, de Sudamérica y de Sudáfrica. Su prestigio se extiende, y termina algunas obras iniciadas por Stephenson a su muerte. Es invitado a los foros internacionales y realiza un extenso y documentado estudio sobre los ferrocarriles americanos a petición de una revista especializada de gran difusión y prestigio: *Minutes of Proceedings*. Sus trabajos se extienden por Alemania, Rusia y prácticamente toda Europa. Llegó a ser Presidente del Council del I.C.E., siendo nombrado Caballero por la Reina Victoria en el año 1889 y, en el mismo año, Caballero de la Legión de Honor por el Presidente de la República Francesa.

Pues bien, cuando en los primeros meses de 1873 Mr. Hugh Matheson viaja hasta Huelva, se hace acompañar por Sir George Barclay Bruce, como consultor de ferrocarriles, para concebir el mejor trazado de la nueva vía férrea desde Río Tinto hasta el Puerto de Huelva y para ver sobre el terreno las condiciones que permitiesen el mejor diseño del Cargadero de Mineral de la futura Compañía de Río Tinto. El prestigioso ingeniero recibe el encargo de proyectar la línea férrea, con sus puentes y túneles, y el cargadero de mineral.

Cuando se decide la construcción del nuevo cargadero en el Puerto de Huelva, la primera cuestión que se plantea es el sistema de explotación más conveniente. Ya existía en Europa experiencia suficiente sobre ventajas e inconvenientes de los tres procedimientos básicos que eran usuales:



- Descarga de los vagones a barcazas y de éstas a los buques fondeados en aguas más profundas.
- Descarga de vagones y carga a buques mediante grúas; bien mediante cajas metálicas, dos o tres por vagón, que se transportaban en vagones plataforma, o bien volcando los vagones-tolva directamente. Este último sistema era el utilizado en el Muelle Cargadero de la Compañía de Tharsis que acababa de entrar en servicio en la misma Ría del Odiel, unos meses antes.
- Sistema de embarque por gravedad, consistente, en esencia, en construir varios niveles de vías, de forma que los trenes se internan en el muelle por un acceso central en rampa hasta alcanzar una altura adecuada. A partir de ese punto de máxima altura, la rampa se transforma en pendiente y los vagones se deslizan por gravedad hasta un escape con cambio de agujas situado al final del cargadero desde donde volvían en sentido contrario, también por gravedad, pero ya por el borde del muelle, deteniéndose sobre unas tolvas situadas a la altura de los atraques de los buques y descargando por el fondo del vagón.

De los tres procedimientos, el primero se descartaba por su ineficiencia, bajos rendimientos y elevados costes de explotación. De entre los otros dos, la elección debía basarse en los costes de primer establecimiento y de explotación de cada solución. El sistema de grúas comportaba menor importe de la inversión de primer establecimiento, puesto que sólo requería la construcción de una plataforma única de vías, mientras que para la solución de gravedad era necesario la construcción de rampas ascendentes y descendentes que aumentaban notablemente la envergadura de la estructura. Por contra, los costes de explotación del sistema de gravedad resultaban mucho menores, al eliminar el parque de grúas y sus costes de explotación y conservación. También los rendimientos eran mucho mayores, al no depender de los movimientos de las grúas, lentas en sus maniobras, y tenía la ventaja adicional de sacar el máximo partido a cada locomotora, que al producirse el movimiento de descarga de vagones por gravedad, podía dejarlos en el punto alto del cargadero y volver a la mina transportando el anterior porte con vagones vacíos, para reiniciar el ciclo. En definitiva, se eliminaban periodos de inactividad de la tracción que era costosa de adquisición y siempre escasa.

Las consideraciones anteriores más la experiencia personal del ingeniero Bruce, y, de una forma importante, el profundo conocimiento de los muelles del río Tyne en Newcastle, su tierra de nacimiento y de formación, hicieron que propusiese y fuese aceptada la solución de muelle de carga por gravedad. Los muelles del Tyne, obra de Thomas E. Harrison con quien Sir George Bruce había trabajado anteriormente en la construcción del citado *Royal Border Bridge*, se terminaron en 1859 y llevaban años en explotación, lo que permitía contrastar la bondad del sistema y presentaban analogías importantes con el cargadero a proyectar. Estaban contruidos en zona de marismas con características comparables a las existentes en el emplazamiento previsto en Huelva y también afectados por la oscilación del nivel del agua debido a las mareas. En ellos se había resuelto el problema que planteaba, a las tolvas y canaletas de descarga, la variación de la altura de la cubierta de los buques con respecto al muelle a lo largo de la onda de marea. Los muelles de Tyne, cuatro en total, eran bastante mayores que el previsto para el puerto de Huelva. Cada uno de ellos era capaz de cargar diez barcos simultáneamente. Con estos antecedentes, la propuesta de Bruce fue aceptada por la Compañía de Río Tinto.

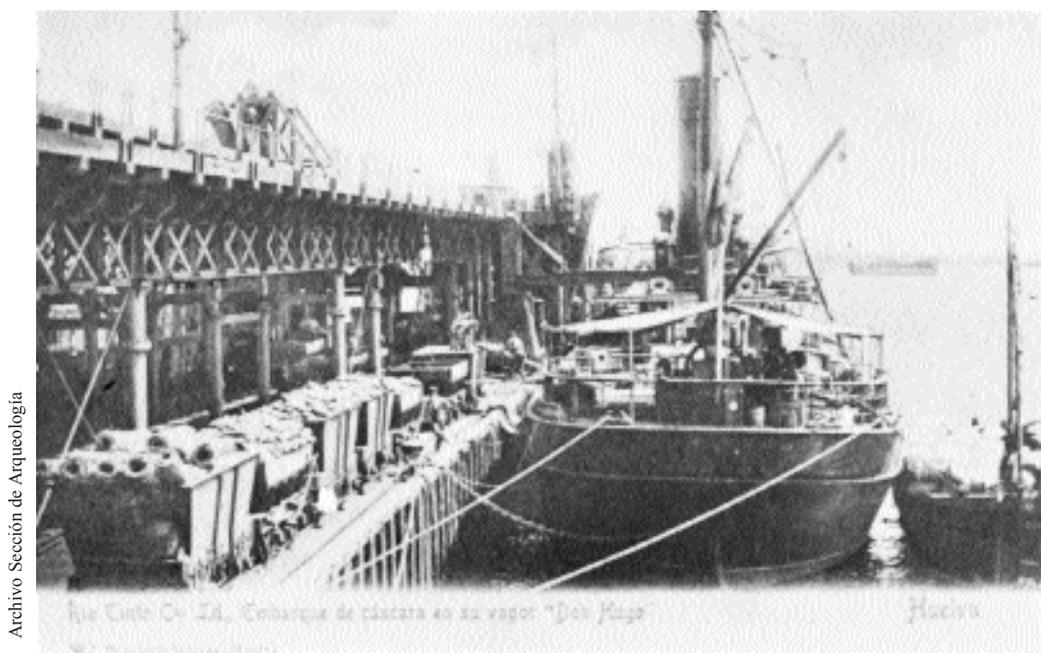
En el caso del Cargadero del Puerto de Huelva, la propiedad añadió un requerimiento adicional: el muelle, además de cumplir su función básica de carga de buques con

mineral, debería servir también para carga y descarga de mercancía general y de pasajeros. Se estaba previendo que el tráfico de todo tipo de maquinaria y materiales necesarios para la explotación de las minas tendría su origen, en su inmensa mayor parte, en Inglaterra y por ello sería mucho más fácil y rápido utilizar la vía marítima antes que las conexiones terrestres que ligaban a Huelva con el resto de la península.

Tan pronto como los nuevos propietarios de las Minas de Río Tinto tomaron posesión de ellas, se iniciaron las obras consideradas imprescindibles para rentabilizarlas: la construcción del ferrocarril y del cargadero. Para ello, con el asesoramiento de Bruce, autor de los proyectos, se contrató a Mr. Thomas Gibson como ingeniero director de las obras, con residencia en Huelva. Este ingeniero, que había colaborado con su mentor en la construcción del *Reneought Bridge* de Newcastle, tenía además una gran experiencia en construcciones portuarias y en cimentaciones similares a las previstas para el nuevo cargadero. Había utilizado pilotes-columna de fundición con hélices en sus puntas en el Muelle de Madrás, de la *Madrás Railway*, en los muelles de Londres y en otros puertos ingleses. Gibson, que también llegó a ser miembro del I.C.E. y era 23 años más joven que Bruce, comenzó su vida profesional en la India, en la *Madrás Railway*, y de vuelta a la metrópolis, ejerció su profesión esencialmente en Inglaterra, hasta su contrato con la *Río Tinto Company*. Volvió a Inglaterra, pero no perdió ya su contacto con España, pues fue contratado por la empresa que construyó el ferrocarril Sevilla-Huelva para el proyecto de doce puentes, incluyendo el del *Patrocinio* sobre el Guadalquivir y, más tarde, en 1888, para el proyecto del nuevo puente *Salomón* en la línea férrea Río Tinto-Huelva después de la destrucción del existente por una riada.

Además del director de las obras, se seleccionó al contratista que debía ejecutarlas. Para la construcción del ferrocarril se había contratado a *Clark & Punchard Company*, empresa inglesa de amplia experiencia en tendidos ferroviarios, a la que, llegado el momento de iniciar la construcción del Cargadero, se le ofreció el contrato. Pero esta empresa, tras analizar el proyecto de Bruce, renunció hacerse cargo de las obras aduciendo falta de experiencia en la ejecución de muelles. Como consecuencia de ello, en Julio de 1874 aparece por primera vez en Huelva Mr. John Dixon, con quien Mr. Matheson se había puesto en contacto en Londres, para preparar la construcción del muelle por la empresa propiedad del citado señor. En los primeros días del mes de septiembre del dicho año se iniciaron los trabajos de lo que sería el futuro Cargadero de Mineral de la Compañía de Río Tinto.

El primer problema a resolver para la construcción de la nueva obra era el de su cimentación. Mr. Dixon, en agosto de 1874, realiza unos sondeos sobre el lecho de la ría, pudiendo comprobar que la capacidad portante del suelo era aún menor de la ya exigua contemplada en el proyecto, estimada en 0,34 Kg/cm². Las pilas-pilotes de fundición proyectadas tenían una longitud hincada prevista de unos 10,50 m, un diámetro de 40,6 cm con espesor de pared de 3,13 cm y llevaban calados en su extremo inferior una hélice de dos volutas de 1,50 m de diámetro. De acuerdo con los datos obtenidos por Dixon, con las previsiones de hinca del proyecto se podría soportar solamente el peso propio de la estruc-



tura, pero no sería posible soportar las cargas debidas a los trenes. Ante esto, Gibson hizo nuevas comprobaciones que le permitieron deducir que incluso aumentando la longitud hincada hasta unos 25 m no se lograba mejora sensible en la capacidad portante del suelo, pues la potencia de la capa de fangos blandos era superior a tal medida. Ante esta realidad, una posible solución, que fue analizada por Bruce y Gibson conjuntamente, hubiese sido aumentar el número de pilotes reduciendo las luces de los vanos, con lo que cada pilote vería reducida la carga que debía transmitir. Pero ambos ingenieros optaron por una solución revolucionaria de la que no se conocían antecedentes, consistente en mantener

los 10,50 m previstos inicialmente para la longitud de pilote hincado y construir en cada uno de ellos una plataforma de madera al nivel de la superficie del terreno que descargaría a esta cota parte de la carga a transmitir al suelo. Con ello se ponía en contribución la capacidad portante del terreno a dos niveles, en su superficie, mediante las plataformas de traviesas y a unos 10 m de profundidad, mediante las hélices de fundición. La construcción de estas plataformas sumergidas constituyó en sí misma una tarea penosa y lenta, que requería el trabajo de buzos y que presentaba la dificultad adicional de hundir la madera hasta colocarla en el fondo del lecho de la ría.

La secuencia de construcción de la cimentación del muelle fue la siguiente: en primer lugar se hincaban unos pilotes de madera formando recintos, que servían como guías de los pilotes de fundición y creaba una mínima zona de trabajo. A continuación se hincaban los pilotes a torsión, para lo cual y de forma previa se calaban 8 radios de 5 metros de longitud en la cabeza de la columna, que eran movidos por hombres, cuyo número oscilaba entre 16, al inicio de la operación, momento en el que el pilote bajaba del orden de 15 a 20 cm por vuelta, y 112 operarios, 14 en cada radio, en la hinca de los últimos metros de los pilotes más alejados de tierra, con un avance del orden de 1 cm por vuelta. Al hacer girar la columna, esta se “atornillaba” al suelo bajando hasta la profundidad prevista. La necesidad de aumentar el número de personas a medida que se profundizaba en la hinca da idea de la ganancia que se producía en la capacidad de carga del pilote, que en algún caso llegó a requerir el empleo de agua a presión por dentro de la columna para facilitar su penetración en el terreno. La operación era compleja pues la dificultad de graduar el esfuerzo humano sobre las aspas producía a veces la rotura a torsión de la columna. Una vez situado el pilote a la profundidad proyectada, los buzos procedían a colocar las plataformas de madera formadas por tablones a tope de 30 cm de espesor rigidizadas por largueros del mismo material de 45 cm de lado que se lastraban, para provocar su asentamiento, con lingotes y raíles, hasta alcanzar un peso sobre ellas del orden de 400 veces las cargas de proyecto. Se procedía al control diario del hundimiento de las plataformas lastradas, que en algún caso llegó a alcanzar hasta 1,65 m y cuando se consideraba que el asentamiento estaba estabilizado, se colocaban los collarines, cartelas y placas de fundición para unir las a las columnas y conseguir así la transmisión de las cargas.

El sistema de cimentación ideado por Bruce y Gibson era totalmente inédito, de forma que en la presentación que Gibson hizo en el I.C.E. de las obras de construcción del Cargadero de Río Tinto, el sistema fue ampliamente discutido. En la discusión se

plantearon objeciones basadas en el riesgo de adoptar una solución absolutamente innovadora, a lo que Gibson argumentó que previamente a su ejecución definitiva se habían estudiado la capacidad portante de las maderas y del lecho del río, y así había sido en realidad. Para analizar el comportamiento de las maderas a colocar en el fondo, se contrató a un especialista, el ingeniero inglés Mr. Kirkaldy, que ensayó a rotura las traviesas de pino tea y pino rojo del Báltico disponiéndolas sobre dos apoyos en sus extremos y aplicando cargas en el centro de las piezas. Los valores deducidos resultaron ser bastante superiores a los que se daban como válidos en la literatura especializada de la época y con los que se habían dimensionado las empalizadas submarinas. En cuanto al comportamiento del lecho del río, expuso la toma de datos previos realizados antes de decidir la solución constructiva, examinando su concordancia con el control de hundimientos realizado y con los resultados obtenidos. El sistema despertó el elogio de buena parte de los componentes del Instituto, llegándose a proponer por algún miembro que dicho método se propugnase como recomendable para la cimentación de puentes y otras estructuras en suelos blandos y compresibles.

La estructura del muelle es modular y está concebida de forma que las columnas de fundición se agrupan en núcleos, de ocho en ocho, en dos filas de 4 elementos separadas 4,60 m perpendiculares al eje del muelle y paralelas entre sí. Los núcleos de ocho pilotes distan 15,25 m, cada columna se construye mediante la unión de tramos de longitudes comprendidas entre 3,70 y 4,70 m, con discos fundidos en sus extremos atornillados entre sí, con superficie de contacto en forma cóncavo-convexa con objeto de poder aplomar los pilares sin tensiones parásitas en la estructura. Los pilares del núcleo se unen a su vez en varios niveles mediante vigas de celosía, tanto longitudinales como transversales, y entre los núcleos se montan también vigas de celosía en sentido longitudinal, a distintos niveles, para salvar los 15,25 m de distancia existentes entre ellos, arriostrándose transversalmente estas vigas con elementos tanto de alma llena como también de celosía. El resultado es una estructura hiperestática en la que las vigas de celosía longitudinales funcionan como continuas gracias al sistema ideado para la conexión entre ellas, capaces de transmitir a los pilares únicamente los esfuerzos verticales, para evitar esfuerzos de flexión en la fundición de las columnas.

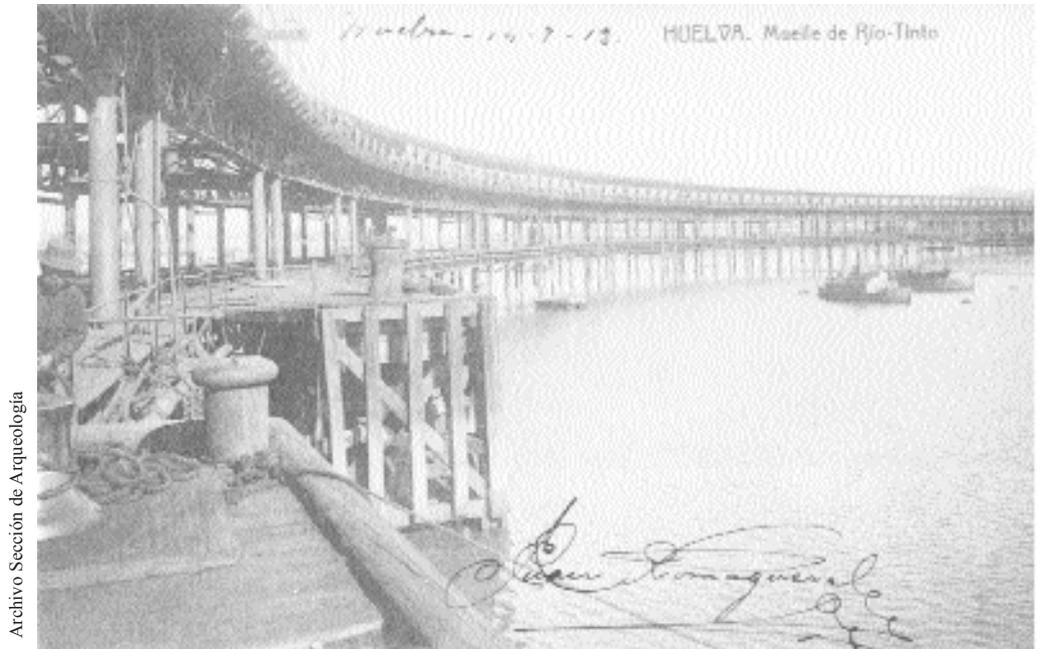
Las celosías, construidas con acero pudelado, estaban formadas por dos cordones, uno superior y otro inferior, constituidos por dos piezas en “L” adosadas en sus lados verticales, que a su vez recibían entre ellas las pletinas con que se formaban las diagona-

les a 45° y los montantes verticales lo que da al conjunto un aspecto global de cuadrados yuxtapuestos con sus dos diagonales. Por último, es a las vigas longitudinales de 1,23 m de canto a las que se transmitían las cargas de los trenes mediante durmientes de madera, que a su vez recogían el sistema de vías y traviesas correspondientes. Puesto que para conseguir que los vagones circularan por gravedad era necesario que las vías se construyesen con pendiente, se adoptó la solución de ir colocando los durmientes de madera a distintas alturas en el canto de la viga, duplicando los montantes verticales cuando ello era preciso.

En su conjunto, la estructura está plagada de soluciones ingeniosas y cargadas de sentido común con las que se resuelven, de una forma sencilla y eficaz, los detalles de uniones, arriostramientos, transmisión de cargas y todos los elementos necesarios en una estructura de esta envergadura, toda ella roblonada y atornillada, en la que se emplearon 1.863 Tm de fundición de hierro, 1.606 Tm de acero pudelado y 6.109 m³ de madera.

La estructura metálica construida era capaz de soportar las cargas verticales debidas al peso propio y a las producidas por la explotación del muelle en sus diversas utilidades, pero los esfuerzos horizontales producidos por el atraque de los buques y por el tiro de sus amarras mientras estaban atracados no podían ser absorbidos por la estructura tal y como estaba concebida, dado que los esfuerzos de flexión que estas acciones producían sobre los pilares de fundición rebasaban, con mucho, su capacidad para soportarlos. Para resolver este aspecto del problema, cabían dos alternativas: reforzar el sistema de pilotes, aumentando su número, hasta lograr que el reparto de cargas horizontales pudiese ser absorbido y transmitido al suelo por la estructura trabajando a flexión, o crear una estructura independiente para esta función concreta; fue esta última la solución adoptada, siguiendo la experiencia de los muelles ingleses.

El embarcadero, que constituye el muelle propiamente dicho en términos portuarios, estaba formado por una estructura de madera completamente independiente de la metálica. Los pilotes que lo sostenían eran de madera, cuadrados, de 33 cm de lado, hincados en el contorno de la estructura y en el interior del entramado metálico formando una cuadrícula. Sobre los pilotes de madera se construyeron vigas en celosía, también de madera, con largueros de 30x15 cm que arriostaban el conjunto por debajo del muelle de hierro. Para reforzar la estructura de madera se hincaron algunos pilotes de fundición cada 18 m aproximadamente. La zona de muelle estaba formada por dos plataformas, una superior para mineral y otra inferior para mercancías, construidas ambas con tablas clavadas



a tope sobre unos largueros paralelos al eje del muelle, que cargaban a su vez sobre otros perpendiculares a ellos y, por tanto, transversales a la directriz de la estructura principal. En cuanto a la zona de atraque propiamente dicha, estaba formada por un paramento de tablas de madera de 15 cm fijadas a tope sobre una retícula que, a su vez, quedaba firmemente atornillada a los pilotes. En la construcción de la estructura de madera se empleó el pino tea y el pino rojo del Báltico y se embrearon todas las piezas como tratamiento de protección.

El muelle de madera constituía, en consecuencia, una estructura absolutamente independiente, elástica, hiperestática y muy flexible, de forma que los empujes laterales debidos a la operación de los buques eran absorbidos por el entramado casi en su conjunto, debido a la fuerte trabazón existente entre todos los elementos componentes de la estructura. Este concepto de estructura flexible, cuyo diseño y construcción respondían a la experiencia de los ingenieros de la época, mantiene hoy toda su vigencia en la ingeniería portuaria, si bien, como es lógico, haciendo uso tanto de los materiales que la tecnología actual ha puesto a disposición de los ingenieros como de los modernos métodos de cálculo y simulación con utilización de la cibernética.

La vida útil del cargadero de mineral comenzó en el mes de marzo de 1876, cargándose el último buque noventa y nueve años después, en el mes de mayo de 1.975, debido a la entrada en servicio de un nuevo cargadero de mineral construido por el Puerto de Huelva. Se estima que se embarcaron del orden de ciento cincuenta millones de toneladas a lo largo del periodo de explotación. La perspectiva de poder operar en el nuevo muelle, con un sensible abaratamiento de los costes del transporte de mineral al permitir éste dar servicio a buques de hasta 35.000 Tm, hizo que la compañía titular del cargadero de mineral redujese las tareas de conservación a los mínimos indispensables, por lo que el deterioro en los últimos años de explotación fue grande.

Entre los años 1.975 y 1.980 el Cargadero queda totalmente abandonado. La renuncia de la Compañía concesionaria, que hubiera conllevado automáticamente la demolición del cargadero si no se hubiese adoptado por el Excmo. Ayuntamiento de Huelva y el Puerto de Huelva la decisión de conservarlo, hizo que éste quedase sin un titular responsable y, como consecuencia, que no se abordasen ni las mínimas tareas de conservación imprescindible, lo que agravó el proceso de deterioro de la estructura.

A partir de 1.980 se dan los primeros pasos para abordar la conservación y posible reutilización del muelle, para lo que el Instituto Nacional de Arquitectura y Vivienda encomendó al Instituto Nacional para la Calidad en la Edificación (INCE) un estudio sobre el estado del muelle. El resultado del trabajo reseñado, de gran amplitud y minuciosidad, juntamente con algunas contribuciones adicionales de otros profesionales, constituyeron la base de la convocatoria del “Concurso de Ideas para la Reutilización del Muelle Embarcadero de Río-Tinto y Adecuación de su Entorno”. La idea seleccionada nunca fue llevada a la práctica. En Octubre de 1990, por los Servicios Técnicos de la Empresa Municipal de Aguas de Huelva S.A y en cumplimiento del encargo del Excmo. Ayuntamiento de la ciudad, se redactó el proyecto de “Rehabilitación del Muelle Cargadero de Mineral de Río Tinto”. En la realización de este estudio se contó con las aportaciones de la Universidad de Sevilla, mediante el oportuno convenio suscrito al efecto, y cuyos informes permitieron definir las obras a proyectar. El compromiso del Ayuntamiento de Huelva con la conservación del Muelle se está materializando en actuaciones por fases. Así, en Noviembre de 1.991 se inició una primera etapa de la restauración del cargadero, que fue concluida en Marzo de 1.993 y que permitió resolver los problemas debidos al fuerte deterioro de las zonas más dañadas, situadas en el tramo de muelle que actualmente penetra en la ría. Una segunda fase de la restauración está actualmente en eje-

cución, afectando en esta ocasión al tramo que actualmente queda en tierra, al este de la Avda. Francisco Montenegro.

Quedará aún, para fases sucesivas, la restauración de los niveles superiores del tramo de agua, ya que la primera actuación se circunscribió a lo necesario para detener su ruina, pero que requieren la ejecución de nuevas obras para poderlos habilitar como zonas visitables.

Huelva, Abril de 2002



Jesús Fernández Jurado

El muelle cargadero aún en funcionamiento, en diciembre de 1973

Bibliografía

ALZOLA, P.

1994 *Historia de las Obras Públicas en España*, Colección *Ciencias, Humanidades e Ingeniería*, Colegio Nacional de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid.

COMÍN COMÍN, F. y otros

1998 *150 Años de Historia de los Ferrocarriles Españoles*, Fundación de los Ferrocarriles Españoles - Ed. Anaya, Madrid.

ELIADE, M.

1986 *Herreros y Alquimistas*, Alianza Editorial, Madrid.

FLORES CABALLERO, M.

1981 *La Venta de las Minas de Río Tinto*, Instituto de Estudios Onubenses Padre Marchena, Diputación Provincial de Huelva.

GONZÁLEZ VILCHEZ, M.

1978 *El Muelle de Riotinto*, Instituto de Estudios Onubenses Padre Marchena, Diputación Provincial de Huelva.

MENDIZÁBAL, D.

1953 "Evolución de los tramos metálicos en España", *Revista de Obras Públicas*, número extraordinario del centenario.

NADAL, J.

1975 *El Fracaso de la Revolución Industrial en España*, Editorial Ariel, Barcelona.

NAVIER, L.M.H.

1990 *Resumè des leçon dones a l'Ecole des Ponts et Causseés sur l'application de la Mécanique a l'establissement des Constructions et des Machines*, facsímil publicado por el Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC, S.A.).

PECHARROMÁN SACRISTÁN, J.P.

1997 *Evolución Histórica de las Estructuras de Hierro*, Lección de Apertura del Curso 1997-1998, Escuela Universitaria de Ingeniería Industrial de Madrid.

PINEDO VARA, I.

1963 *Piratas de Huelva. Su Historia, Minería y Aprovechamiento*, Ed. Summa, Madrid.

WAIS, F.

1974 *Historia de los Ferrocarriles Españoles*, Editora Nacional, Madrid.

ARCHIVO DEL PUERTO DE HUELVA

Documentación relacionada con el Cargadero de Mineral de Río Tinto y otras concesiones.

CAJASUR

1995 *Historia de Andalucía*, Murcia.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

1912 “Los Métodos de Cálculo de Estructuras derivados del Trabajo Elástico”, *Revista de Obras Públicas*, p. 513, Madrid.

1913 “Los Métodos de Cálculo de Estructuras derivados del Trabajo Elástico”, *Revista de Obras Públicas*, p. 1.913, Madrid.

INSTITUTO NACIONAL DE ARQUITECTURA Y VIVIENDA

1.980 *Documentación del Concurso de Ideas para la Reutilización del Muelle Embarcadero de Río-Tinto y adecuación de su Entorno*, Ministerio de Fomento, Madrid.

INSTITUTO NACIONAL PARA LA CALIDAD EN LA EDIFICACIÓN (INCE)

1980 *Informe sobre el estado actual del Cargadero de Mineral de Río-tinto*, Ministerio de Fomento, Madrid.

PICARD, Ediciones

1990 *Les Ponts Modernes 18e-19e siècles*, Paris.