

ESTUDIOS PREVIOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN INTEGRAL DEL CARGADERO DE DÍCIDO,  
CASTRO URDIALES (CANTABRIA)

INFORME FINAL DE DIAGNÓSTICO, CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN. ED.01

ANEJO 1. RESEÑA HISTÓRICA

## ANEJO 1 – RESEÑA HISTÓRICA





## ÍNDICE

<b>1 LA HISTORIA DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS.....</b>	<b>1</b>
<b>2 EL CASO ESPAÑOL .....</b>	<b>3</b>
<b>3 EL CARGADERO DE DÍCIDO DE CASTRO URDIALES .....</b>	<b>8</b>





## 1 LA HISTORIA DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS

En 1779 se construyó el primer puente de hierro fundido en Occidente: el de Coalbrookdale sobre el río Severn, en Inglaterra, un arco de 30 metros de luz. Se fabricó en la fundición de los Darby, muy cerca del puente.

Abraham Darby III, el fundador del puente era nieto de Abraham Darby I, el iniciador de la producción industrial del hierro, gracias entre otros inventos, a la utilización del carbón de coque en el proceso de fundición del mineral de hierro; e hijo de Abraham Darby II que mejoró e industrializó su producción, creando los primeros altos hornos que luego se impusieron en el proceso de obtención del hierro; con ello se consiguió producir cantidades industriales a precio barato.

Inglaterra tuvo durante muchos años una capacidad de fabricación de hierro muy superior a los demás países y con un costo de fabricación mucho menor. En Inglaterra se inventaron la mayoría de las nuevas técnicas y de los procesos industriales que dieron lugar a dicha revolución, entre ellas la construcción metálica.

Si bien es verdad que no es Coalbrookdale donde se empleó el hierro en los puentes por primera vez (los primeros puentes colgantes se construyeron con cadenas de hierro), marcó el principio de una nueva era en los puentes, entre la construcción del puente de Coalbrookdale, un arco de medio punto de 30 metros de luz y la construcción del puente del Firth of Forth, constituido por dos vanos de 521 metros de luz, terminado en 1890, transcurrieron poco más de 100 años.

El rápido desarrollo a principios del siglo XIX de los puentes metálicos se debió básicamente a dos causas fundamentales:

- a) En primer lugar, el nuevo material tenía muchas más posibilidades que los anteriores, porque su capacidad resistente era mucho más alta.
- b) En segundo lugar, se empezó a conocer con cierto rigor el comportamiento resistente de las estructuras, lo que permitió, a la hora de proyectar un puente, dimensionar sus distintos elementos cuantificando su grado de seguridad, y con ello ajustar al máximo sus dimensiones.

El progreso de la ingeniería de las estructuras se ha debido en gran parte a la evolución de estos dos factores; por un lado, los materiales han ido mejorando sus características en etapas sucesivas, y por otro, cada vez se ha ido conociendo mejor el comportamiento resistente de las estructuras.

Los materiales derivados del hierro que se han utilizado sucesivamente en la construcción han sido, la fundición, el hierro forjado o pudelado, y el acero; entre ellos hay diferencias de composición y de fabricación, y ambas han tenido influencia en la configuración de las estructuras y los puentes metálicos.



El empleo del hierro significó una transformación radical en la construcción en general, y por ello se produjo un desarrollo muy rápido de las estructuras metálicas, que pronto superaron en dimensiones a todas las construidas anteriormente.

La Revolución Industrial se inició en la década de 1780, a raíz de la invención del pudelado o hierro forjado por Henry Cort, cuya patente está fechada el 13 de febrero de 1784. Henry Cort ideó un sistema que consistía en fundir el hierro aislándolo del carbón. El proceso se llamó pudelado, porque el hierro se afinaba agitando enérgicamente la fundición de un modo manual con una maza de hierro para favorecer su descarburación. Así se obtenía el hierro forjado con un contenido más bajo de carbono que la fundición. Hasta la aparición del acero la producción de hierro se regía por el método inventado por Cort. En el alto horno se fundía el hierro con coque y, posteriormente, se sometía al pudelado para conseguir un material apto para forjar y laminar. Durante ese período, hubo mejoras que repercutieron en la calidad del material, en el rendimiento energético (Rastrick, 1827, y Nilson, 1828), así como en la aplicación de la máquina de vapor a la forja, que permitió fabricar grandes piezas, (Nasmish, 1839).

Pero la invención más revolucionaria fue la de H. Bessemer en 1856 con su procedimiento de fabricación de un material de gran calidad: el acero. Para ello reducía el hierro fundido sometiéndolo a una segunda fusión en un horno de crisol, inyectando aire a través del hierro. El procedimiento Bessemer tenía un defecto: no podía eliminar el fósforo cuando el mineral lo contenía y el producto resultante era quebradizo y no se podía forjar. Este problema se resolvió en 1879 por medio de un método ideado por S.G. Thomas que consistía en recubrir el procedimiento Bessemer con una base que reaccionaba con el fósforo y lo eliminaba.

El ciclo de innovaciones industriales que dio lugar a la obtención de acero de calidad se completa con el método Siemens-Martín. En 1857, C.W. Siemens desarrolló un horno regenerador que recuperaba calor y reducía el consumo de combustible. Martín colaboró con Siemens perfeccionando el sistema que se conoce como Siemens-Martín.

El siglo XIX, quizá el más brillante de la historia en el desarrollo de la ingeniería de estructuras, es el siglo de los puentes metálicos, porque los de hormigón no se desarrollaron hasta el siglo XX. El espectacular desarrollo que tuvieron durante la primera mitad de ese siglo fue debido en gran parte a los ingenieros ingleses. Hubo también aportaciones significativas de los ingenieros de Estados Unidos, muy importantes en los puentes colgantes y en las vigas trianguladas. En la segunda mitad del siglo XIX fueron fundamentales las aportaciones de la Europa continental, especialmente las de los franceses, gracias a los ingenieros de la categoría de Gustave Eiffel y su equipo y a empresas como la Five-Lille, Batignolles o Cail.



## 2 EL CASO ESPAÑOL

En 1894 Ribera, con ocasión del proyecto del puente del Pino sobre el Duero en Zamora, hizo un estudio muy completo de los materiales metálicos para estructuras de puente con el fin de elegir la mejor alternativa entre el hierro forjado y el acero para su arco de 120m. Ribera propuso, finalmente, a la Junta Consultiva de Caminos el empleo del acero. En su estudio, Ribera realizó una encuesta en el mercado nacional e internacional de ambos materiales. Cuando se publicó su informe había seis factorías en España que producían acero: la Maquinista Terrestre y Marítima (Barcelona, Bessemer-Martín Siemens), la Vasco Belga (Bilbao. Bessemer-Martín Siemens); la Vizcaya (Bilbao. Bessemer-Martín Siemens); Duro y Cia. (Asturias. Martín Siemens); Mieres (Asturias. Martín Siemens); y Altos Hornos (Bilbao. Bassemer-Siemens)

PUENTES METÁLICOS - CARRETERAS DEL ESTADO (Anteriores a 1925)			PUENTES METÁLICOS - FERROCARRILES VÍA ANCHA (Anteriores a 1925)		
Luces (m)	Número de vanos	Tanto por ciento	Luces (m)	Número de vanos	Tanto por ciento
< 10	169	24,3	< 10	2.632	65,8
< 20	116	16,6	< 20	518	12,9
<30	190	27,3	<30	257	6,4
<40	103	14,8	<40	248	6,2
<50	65	9,3	<50	178	4,4
>50	52	7,4	>50	166	4,1
	<b>695</b>	<b>100</b>		<b>3.999</b>	<b>100</b>

PUENTES METÁLICOS - CARRETERAS DE ESTADO (Posteriores a 1925)			PUENTES METÁLICOS - FERROCARRILES VÍA ANCHA (Posteriores a 1925)		
Luces (m)	Número de vanos	Tanto por ciento	Luces (m)	Número de vanos	Tanto por ciento
< 10	-	-	< 10	216	29,7
< 20	-	-	< 20	214	29,4
<30	2	7,4	<30	154	21,1
<40	6	22,2	<40	56	7,7
<50	3	11,1	<50	46	6,3
>50	16	59,2	>50	31	4,2
	<b>27</b>	<b>100</b>		<b>727</b>	<b>100</b>

Figura nº 1: Puentes metálicos en las líneas férreas y carreteras del estado antes y después de 1925.

Fuente. El puente moderno en España 1850-1950. Autor. José Navarro Vera

Durante el siglo XX y, especialmente, su segunda mitad, en que aumentó su demanda, la industria de hierro estructural no garantizaba una calidad homogénea en sus productos, lo que, unido a la poca experiencia en el empleo de este material, llevaba a la Administración a ser muy cauta a la hora de fijar cargas de rotura y trabajo para los hierros y aceros. En España, a finales de siglo, todavía se pensaba que la vida media de una estructura metálica no superaba los cuarenta o cincuenta años.

Marv, en su Mecánica Aplicada, una de las obras de su clase más completas de autor español publicadas en el siglo XIX, asignaba unos coeficientes de seguridad que iban de 4 a 6



para el hierro forjado, de 8 a 9 para la fundición, y en torno a 4 para el acero. Como consecuencia, las cargas de trabajo o tensiones máximas de cálculo que se aplicaban en los proyectos de puentes eran conservadores y variaban mucho según los ingenieros y los proyectos.

En España los primeros puentes metálicos que se proyectaron admitían como cargas de trabajo en hierro forjado de 6 y 8 Kg/mm<sup>2</sup>, pero se carecía de una normativa a la que ajustar los proyectos. Cuando entre 1905 y 1910 Domingo Mendizábal dirigió la revisión de todos los tramos metálicos de la compañía M.Z.A. encontró que la carga de rotura estaba en torno a 30 kg/mm<sup>2</sup> para puentes que habían sido construidos entre 1850 y 1870.

En 1894, en la Memoria del proyecto del puente de la Barca, Luis Acosta, su proyectista, justificaba la elección del hierro forjado frente al acero, en que este último es más caro que el hierro y aunque su comportamiento estructural es más favorable, se decide por el hierro forjado porque las factorías metalúrgicas españolas tienen más experiencia en este tipo de material metálico para puentes y únicamente Altos Hornos de Bilbao fabricaba acero. Pero su producción estaba entonces destinada a un importante pedido de la Marina, por lo que si elegía este material debería importarlo. El puente de la Barca en Pontevedra consta de un tramo metálico formado por dos arcos biarticulados de 72 metros de luz, arriostrados en cruces de San Andrés, en la actualidad sustituidas por dos arcos de hormigón.

Se puede decir que entre 1850 y 1900 la mejora de la calidad de los hierros estructurales fue en aumento, con incrementos de sus características resistentes superiores a los que se produjeron a lo largo de los primeros decenios del siglo XX. Entre 1850 y 1900, de los 6Kg/mm<sup>2</sup> de tensión de trabajo en las estructuras de hierro forjado, se pasó a casi el doble (11Kg/mm<sup>2</sup>) en la Instrucción Española de 1902, análoga a la que se podía obtener con el acero y en este caso esa cifra era conservadora. En 1925 la tensión de trabajo máxima del acero (proscrito ya el hierro forjado) era de 12,5 Kg/mm<sup>2</sup>. En términos medios, las cargas máximas de trabajo de los aceros no aumentaron sensiblemente durante la primera mitad del siglo XX, sí en cambio aumentó el límite elástico. La tensión de rotura para el acero del proyecto del Viaducto del Pino (1897) era de 40 Kg/mm<sup>2</sup>, y el límite elástico entre 20 y 26 Kg/mm<sup>2</sup>, y en 1941, en el puente de Tortosa, la tensión de rotura era de 43,90 Kg/mm<sup>2</sup>, mientras que el límite elástico oscilaba entre 43,9 Kg/mm<sup>2</sup> y 44,18 Kg/mm<sup>2</sup>.



TENSIONES MÁXIMAS DE TRABAJO EN MATERIALES METÁLICOS ACEPTADAS POR LA PRÁCTICA O EN LAS DIFERENTES INSTRUCCIONES EN ESPAÑA (Kg/mm<sup>2</sup>)

Año	Tracción			Compresión		
	Fundición	H. Forjado	Acero	Fundición	H. Forjado	Acero
1850	1-3	6-8	---	5	6	---
1878 (1)	3	6,5	---	5	6,5	---
1888 (2)	2-5	5-9	9-12	6-12	5-9	9-12
1893 (3)	---	6,5-9	9-12	---	6,5-9	9-12
J. E. Ribera (4)	---	6-8	8-10	---	6-8	8-10
1902 (5)	1,5-2,5	8,5-11	8,5-11	6	8,5-11	8,5-11
1925 (6)	---	---	8-12,5	---	---	8-12,5

Figura nº 2: Tensiones de trabajo en puentes metálicos. Fuente. El puente moderno en España 1850-1950. Autor. José Navarro Vera.

A continuación, se recogen diferentes tablas recopilatorias donde se enumeran las tensiones de trabajo propuestas para los materiales metálicos junto con las características mecánicas principales de los mismos. Este trabajo se encuentra magníficamente tratado en el libro “El puente moderno en España 1850-1950”. Autor. José Navarro Vera.

INSTRUCCIONES DE PUENTES METÁLICOS PARA FERROCARRIL

Instrucciones	Materiales	Tensión de rotura Kg/mm <sup>2</sup>	Alargamiento	Tensiones de Trabajo	
Francesa, 1877	Hierro	---	---	6,00 Kg/mm <sup>2</sup>	
Austriaca, 1887	Hierro	36	12%	Luces Hasta 40 m	7 Kg/mm
				De 40 a 80 m	7,8 "
De 80 a 120 m				8,4 "	
De 120 a 160 m				8,8 "	
Mayor de 160 m				9 "	
	Hierro	32	8%	Luces Hasta 30 m	6,5 "
				Mayor de 30 m	8,5 "
Francesa, 1891	Acero	42	22%	Luces Hasta 30 m	8,5 "
				Mayor de 30 m	11,5 "
	Hierro	32	8%	Pisos	4 "
Española, 1902	Acero	40	22%	Luces Hasta 20 m	8,5 a 9 "
				De 40 a 80 m	9 a 10 "
				De 80 a 120 m	10 a 11 "
				Pisos	7,5 "
Española, 1935	Acero	40	25%	Según efectos combinados	11 "
					11,5 "
					14 "

Figura nº 3: Tensiones de trabajo en puentes metálicos en diferentes países. Fuente. El puente moderno en España 1850-1950. Autor. José Navarro Vera.



CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS PARA LOS MATERIALES METÁLICOS (Kg/mm <sup>2</sup> )							
	Modulo de Elasticidad	Rotura	Trabajo	Límite elasticidad	Rotura	Trabajo	Límite elasticidad
<b>H. Forjado</b>							
Palastro	18.000/20.000	30/40	5/9	15/20	30/40	5/9	15/20
Alambre	---	---	---	---	70	12	---
<b>Acero</b>							
Acero extradulce para construcción	20.000/22.000	40/50	9/12	22/30	40/50	9/12	22/30
Alambre de acero	---	---	---	---	100/110	---	---
<b>Fundición</b>							
Fundición ordinaria	9.500	50/110	6/12	14/24	9/15	2/3	4/8
Fundición tenaces	---	---	---	24/40	24/37	4/5	8/12
Fundición maleables	---	---	---	---	30/40	5/7	---

Figura nº 4: Características mecánicas para materiales metálicos. Fuente. El puente moderno en España 1850-1950. Autor. José Navarro Vera.

INSTRUCCIÓN DE PUENTES METÁLICOS DE 1902		
Material	Luces (m)	Tensión de trabajo (Kg/mm <sup>2</sup> )
Fundición	--	1,5 (Tracción) 2,5 (Flexión) 6 (Compresión simple)
Aceros y hierros fundidos (Vigas Principales)	< 20 20/50 50/100	8,5 - 9 9 - 10 10 - 11
Aceros y hierros fundidos (Elementos del Piso)	---	7,5
INSTRUCCIÓN DE 1925. MENDIZÁBAL		
Material	Tensión de trabajo (Kg/mm <sup>2</sup> )	Observaciones
Acero laminado	11	Flexión / Compresión
Acero para remaches	8	---
Acero fundido	11	Compresión
Acero forjado	8	Flexión
	12,5	Flexión / Compresión

Figura nº 5: Tensiones de trabajo para materiales metálicos. Fuente. El puente moderno en España 1850-1950. Autor. José Navarro Vera.



**ESTUDIOS PREVIOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN INTEGRAL DEL CARGADERO DE  
DÍCIDO, CASTRO URDIALES (CANTABRIA)**  
**INFORME FINAL DE DIAGNÓSTICO, CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN. ED.01**  
**ANEJO 1. RESEÑA HISTÓRICA**

**RIBERA. RESUMEN DE SU ESTUDIO SOBRE ACEROS PARA PUENTES**

	Tensión de rotura Kg /mm <sup>2</sup>	Límite de elasticidad Kg /mm <sup>2</sup>	Tensión de trabajo del acero. Kg /mm <sup>2</sup>		
			Vigas principales	Viguetas y celosías	Roblones
<b>Fábricas Francesas:</b>					
Batignolles . . . . .	45 a 50	---	10 a 12	---	
Eves Lille . . . . .	45 a 50	---	10 a 12	9	
Creusot . . . . .	42 a 45	24	---	---	
Caix . . . . .	45	24	12	---	
Terre-Noire . . . . .	42 a 45	22 a 25	10	10	4 a 5
<b>Fábricas Españolas:</b>					
La Felguera . . . . .	38 a 40	22 a 24	10 a 12	---	6
Mieres . . . . .	38 a 40	22 a 24	8,50 11,50	7,50	7
La Vizcaya . . . . .	40 a 45				
Altos Hornos . . . . .	42 a 46		10		
Maquinista de Barcelona . . . . .	42	21 a 28	11,50-8,50	7,50	
Vasco-Belga de Miravalles . . . . .	45	28	9		
<b>Puentes construidos:</b>					
Lyon . . . . .	47	24	10		
Ferrocarril de Tours a Sargé . . . . .	44 a 4	24	10		
Rouen . . . . .	50	22			
Gitarorio de Caen . . . . .	50	25	10		
Plattsmouth y Bismark . . . . .			10,80		
Puente de Forth . . . . .	47 a 58		11,80		
Cernadova (Danubio) . . . . .	42 a 48				
Ferrocarril de Valladolid a Ariza . . . . .	45	22			
<b>Informe de 1888 del Consejo general de Puentes y Calzadas de Francia . . . . .</b>					
	42 a 45	24	12	9	7
<b>Board of Trade (oficina inglesa) . . . . .</b>					
			10,50		
<b>Reglamento francés de 1891 . . . . .</b>					
	42	21 a 28	8,50 11,50	7,50	6
<b>Real orden española de 1893 . . . . .</b>					
			9 a 12	6 a 9	3
<b>Condiciones propuestas para el puente de Pino (proyecto) . . . . .</b>					
	40	20 a 26	10	8	5

Figura nº 6: Propiedades de los materiales metálicos en función de su acería. Fuente. El puente moderno en España 1850-1950. Autor. José Navarro Vera



### 3 EL CARGADERO DE DÍCIDO DE CASTRO URDIALES

El cargadero de mineral de Dícido que se conserva hoy es el tercero construido en el mismo lugar. El primer cargadero de Dícido se remonta al año 1880, el segundo es del año 1896 (destruido en 1937 durante la Guerra Civil). El tercero es del año 1938, fue construido por la Compañía Anónima Basconia y por Gortazar Hermanos y montado por la empresa Altos Hornos de Vizcaya.

En 1873, se empieza a explotar la mina Anita (Pico de Aro). En un principio, el transporte se realizaba por medio de carretas hasta el puerto de Castro Urdiales para posteriormente dar paso al tranvía aéreo con la consiguiente construcción de un muelle-embarcadero de carga en la ensenada de Dícido en 1886. Este nuevo cargadero consistía en dos plataformas de 8 m de altura, una de 161,58 m y la otra de 73,2 m de longitud que se apoyaban sobre pilotes de rosca de 152 mm de diámetro hincados en el lecho del mar, por la que circulaban vagonetas de la cadena flotante.

Este sistema cargadero funcionó hasta 1894, año en el que el cargadero fue destruido por un vendaval.



Figura nº 7: Vista del primer cargadero de Dícido



Este suceso fue subsanado por la empresa “Dícido Iron Ore Limite” en febrero de 1896 con la inauguración de un nuevo cargadero. Un cantiléver de 94,5m de longitud apoyado en una pila de sillería. La parte metálica se componía de dos vigas principales, distantes 6,0 m entre ejes con 14m de altura sobre la pila, quedando formado el conjunto con 21 tramos de 4,5 m de anchura; 10 en la parte volada y 11 en la parte anterior.

La parte inferior era horizontal y la superior tenía una inclinación aproximada de 26,4 º, siendo la altura del tramo extremo de la parte volada 3,70 m.

La unión de las vigas principales se haría con viguetas, las cuales formaban dos pisos distintos.

La pila, de forma cilíndrica, se levantó sobre un banco de roca dura previamente limpiado y preparado el lecho con mortero de cemento Portland. Su base tenía 9,50 m de diámetro y 8,0 m en su coronación, con una altura de 13,0 m que dividía el Cantiléver en partes iguales de 45 m de luz cada una, sin tener en cuenta los 4,5 m que se apoyaban en la ladera para su empotramiento. Se componía de mampostería en su interior y sillería en el exterior con una losa en su coronación para el buen asiento de la estructura metálica.



Figura nº 8: Vista del segundo cargadero



En agosto de 1929, el ferrocarril de cadena del piso superior fue sustituido por una cinta transportadora, alimentada por una tolva construida en la costa, a la cual se transportaba el mineral mediante el ferrocarril de cadena. Este cambio aumentó la productividad de 220 T/h embarcadas a 1000 T/h.

El 13 de agosto de 1937, durante la retirada de las tropas republicanas en la Guerra Civil Española, esta segunda estructura fue volada, quedando en pie únicamente la pila.

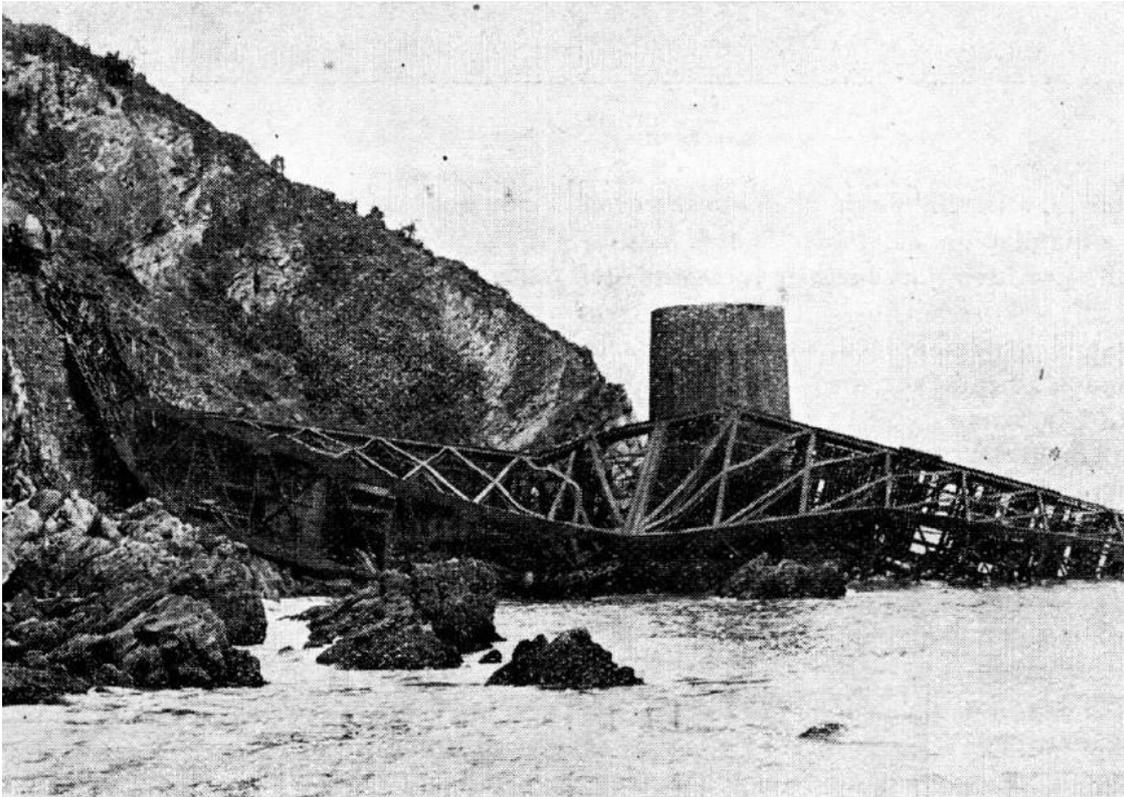


Figura nº 9: Destrucción del segundo cargadero

Tras el segundo acontecimiento ocurrido sobre el Cargadero de Mineral de Dícido de Castro Urdiales, la empresa “Altos Hornos de Vizcaya”, que en ese momento era propietaria de “Dícido Iron Ore Limited”, encargó la construcción del nuevo cargadero a la empresa “Basconia y Gortazar Hermanos”.

Finalizado el cargadero en junio de 1938, comenzó su actividad el 14 de julio de ese mismo año. La nueva instalación, que actualmente se conserva, suprimía el nivel inferior con el que contaba el segundo cargadero, por lo que fue necesario recrear la pila de apoyo de sillería.

En 1989 el cargadero de Mineral de Dícido pasó a ser propiedad del Ayuntamiento de Castro Urdiales, fecha en la que fue comprado a la empresa “Derivados de Flúor”.



*ESTUDIOS PREVIOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN INTEGRAL DEL CARGADERO DE  
DÍCIDO, CASTRO URDIALES (CANTABRIA)  
INFORME FINAL DE DIAGNÓSTICO, CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN. ED.01  
ANEJO 1. RESEÑA HISTÓRICA*

Desde la última construcción, el cargadero no ha tenido ninguna actuación importante que haya alterado el mecanismo principal y su fisionomía.



