

# **PANELES**

## **EXPOSICIÓN**



ANDRÉS CIDONCHA

---

## CONTENIDO DEL CARTEL

En la isla Inujima (Okayama, Japón) del mar interior de Seto se encuentra situado el Museo de Arte Seirenscho Inujima. Antes del museo, fue una antigua cantera de granito, y posteriormente en 1909 una refinería de cobre. Pasados diez años, la refinería fue cerrada y cien años después, sus ruinas fueron declaradas “Patrimonio de la Modernización Industrial”. El arquitecto Hiroshi Sambuichi, diseñó un museo con un impacto mínimo en el medio ambiente y rehabilitó la zona para el turismo. El nuevo edificio aprovecha elementos de la antigua refinería: chimeneas (imagen del museo y además sirven para regular la temperatura del interior del edificio de forma natural), las ruinas históricas, y ladrillos Karami (un subproducto del proceso de refinación); y obtiene energía de diferentes formas: energía solar para calentar las salas, geotermia para enfriar el aire de las salas, y la purificación del agua mediante plantas para reducir la carga sobre el medio ambiente. Un proyecto basado en el reciclaje, como modelo de revitalización de la zona, a través del patrimonio industrial, la arquitectura, el arte y el medio ambiente.

## LA ENERGÍA DE LA ARQUITECTURA

ALICIA ABELL, LINDA GAGGIA  
FILIPIA INFANTELLI - KIMMO ARQUITECTURA CFOPM Plus 4%



En la zona de Salinas Grandes, junto al mar interior de San Sebastián, Chile, se encuentra ubicado el Museo de Sal de San Sebastián.

Antes del museo, fue una antigua salinera de granito y posteriormente en 1965 una refinería de cobre. Después de casi 40 años de abandono, la refinería fue cerrada y casi 40 años después, sus ruinas fueron declaradas "Patrimonio de la Humanidad Industrial".

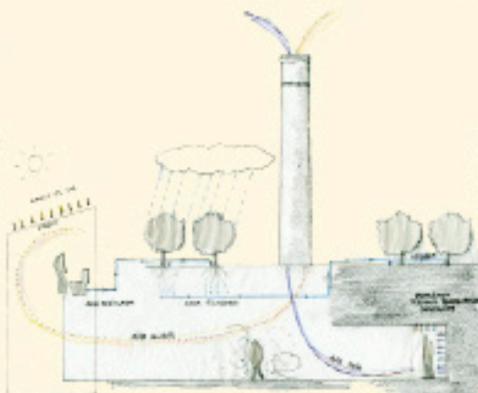
El arquitecto Álvaro Siza, diseñó un museo con un lenguaje moderno en el medio ambiente y rehabilitó la zona para el turismo.

El nuevo edificio aprovecha elementos de la antigua refinería: conserva líneas del museo y además sirven para regular la temperatura del interior del edificio de forma natural: las salas subterráneas y las pilas Kanari con subproducto del proceso de refinación y obtienen energía de diferentes formas: energía solar para calentar las salas subterráneas para enfriar el aire de las salas y la purificación del agua mediante plantas para reducir la carga sobre el medio ambiente.

De proyecto basado en el reciclaje, como modelo de revitalización de la zona e historia del patrimonio industrial, la arquitectura, el arte y el medio ambiente.



Reserva la energía solar, pero no se permite que las salas subterráneas estén demasiado calientes por medio de la circulación de agua que recoge el calor en el subsuelo de una forma natural creando una especie de efecto (inversado al efecto invernadero) de una forma natural.

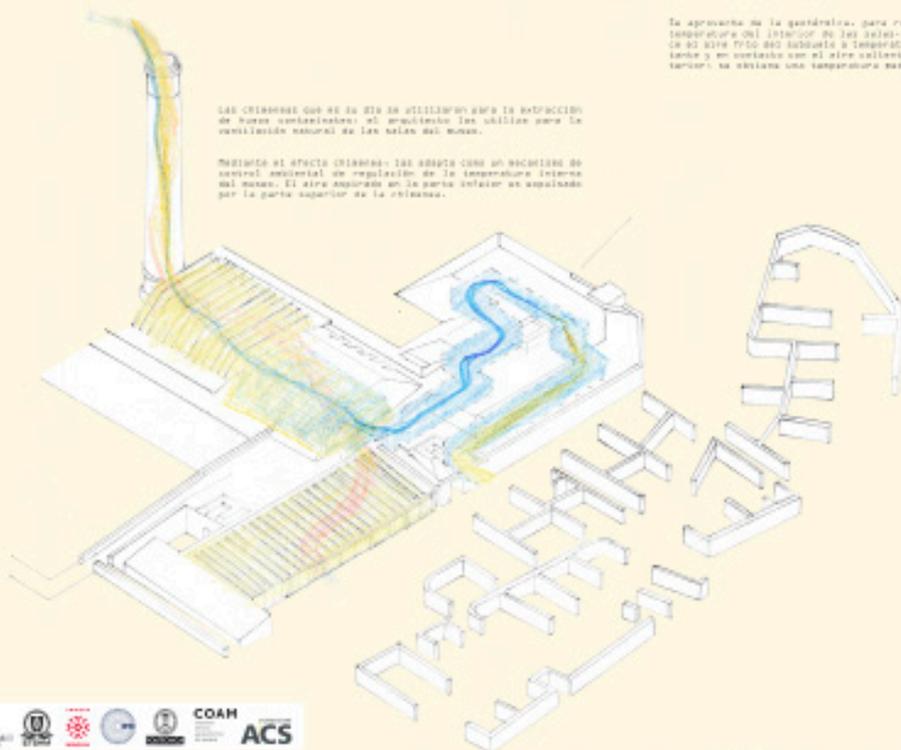


Para el reciclaje de las aguas residuales generadas en el edificio, se utiliza un sistema de captación de las aguas mediante el filtrado de agua por medio de plantas y posteriormente sirven para regar y abonar las huaceras locales plantadas.

Se aprovecha de la geometría, para regular la temperatura del interior de las salas: introducir el aire frío del subsuelo a temperatura constante y en contacto con el aire caliente del exterior, se obtiene una temperatura más ideal.

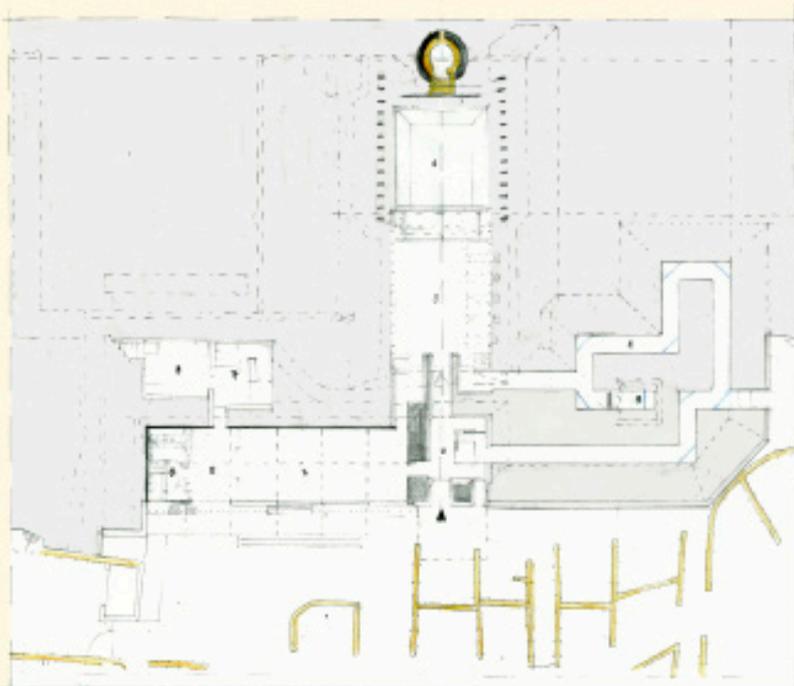
Las chimeneas que se le dio un uso para la extracción de humos contaminados, al momento las utilizan para la ventilación natural de las salas del museo.

Mediante el efecto chimenea, las salas como un mecanismo de control ambiental de regulación de la temperatura interna del museo. El aire frío en la parte inferior es aspirado por la parte superior de la chimenea.



# LA ENERGÍA DE LA ARQUITECTURA

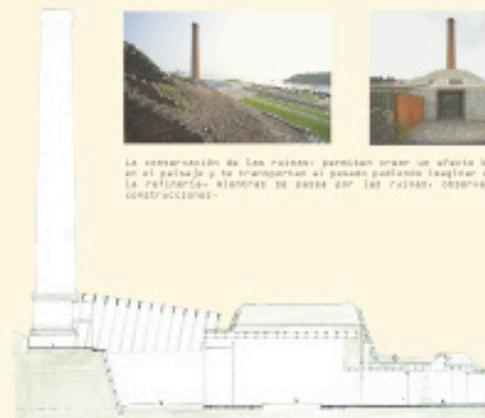
AUTOR: ANDRÉS CERRONA BASAGÓN  
 FUNDICIÓN: INSTITUCIÓNAL + estudio arquitectura CERRONA +



Miruzhi Sababchi pretende volver a 300 años atrás con un estilo de arquitectura tradicional, una arquitectura para el lugar donde se ubica, utilizando los recursos de energía naturales del entorno y las técnicas modernas de la zona.

Con estas premisas, el arquitecto consigue "mejorar" casas o edificios más antiguos y adaptarlos con el medio ambiente.

- |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| 1. MALL | 2. MALL | 3. MALL | 4. MALL |
| 1. MALL | 2. MALL | 3. MALL | 4. MALL |
| 1. MALL | 2. MALL | 3. MALL | 4. MALL |
| 1. MALL | 2. MALL | 3. MALL | 4. MALL |



La conservación de las ruinas permitió crear un espacio histórico en el paisaje y se transformó en un espacio público, logrando con eso la integración, al menos de forma con las ruinas, creando sus construcciones.

1. MALL  
 2. MALL  
 3. MALL  
 4. MALL

El arquitecto, para construir el edificio del museo, utilizó los materiales que se encontraban en la zona, incluyendo la arquitectura de las ruinas y los materiales de desecho de la refinería y la sideria.

En este museo se han relacionado elementos siempre con el patrimonio industrial de arquitectura de arte y el medio ambiente. Aplicando una idea de integración y utilización de un mismo lenguaje se ha conseguido crear una solución única.



En el museo se muestra la obra de arte de un artista de forma permanente. Pero en este museo se ha expuesto las obras en las paredes más allá, como que se relaciona el diseño arquitectónico con el contenido artístico.



# ANDRÉS CIDONCHA

Actualmente cursando PFC en la ETSAM. Durante sus estudios de arquitecto, realizó intercambios anuales en Moscow Architectural Institute (MARHI) y en la Accademia di Architettura Mendrisio (USI). Delineante. Arquitecto Técnico y Graduado en Ciencia y Tecnología de la Edificación (UAH). Máster Universitario en Profesorado de ESO y Bachillerato, FP y EOI (UCAV). Ha presentado ponencias en diferentes conferencias en España y el extranjero. Ha publicado artículos en diferentes libros y revistas de arquitectura en España y Rusia.



ROCIO PIQUERAS

---







# Javier Hernández

---

ESTADO ACTUAL DEL RAMAL FERROVIARIO ENTRE LA FUENTE DE SAN ESTEBAN Y VEGA TERRÓN (LA FREGENEDA, SALAMANCA) Y LA ACTUACIÓN DE LA ASOCIACIÓN DE FRONTERA TOD@VÍA

La propuesta de la Asociación de Frontera Toda@vía, por una Vía Sostenible, para el ramal ferroviario entre La Fuente San Esteban y Vega Terrón (La Fregeneda, Salamanca), declarado Bien de Interés Cultural con categoría de Monumento en el año 2000, es VÍA NATURAL: naturaleza + monumento + movilidad sostenible. Se trata de dar un futuro al “camino de hierro imposible” de la estratégica vía del Duero, que unió a Oporto con España y el resto de Europa a través de la provincia de Salamanca, durante casi un siglo de servicio (1887-1985).

**RAMAL FERROVIARIO LA FUENTE DE SAN ESTEBAN - VEGA TERRÓN (LA FREGENEDA, SALAMANCA)**  
*\* Cerrada al tráfico en 1985 y declarada Bien de Interés Cultural con categoría de Monumento en el año 2000*

**tod@vía**  
 ASOCIACIÓN DE FRONTERA POR UNA VÍA SOSTENIBLE  
 www.todaviasostenible.org  
 todaviasostenible@gmail.com

**UN BIC MONUMENTAL EN LAS ARRIBAS SALMANTINAS DEL DUERO**

**UN ENORME POTENCIAL TURÍSTICO PARA UNA ZONA DESFAVORECIDA**

**UNA OFERTA DIFERENTE PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE**

**VÍA NATURAL**

RECUPERA UN MONUMENTO BIC  
 RECUPERA UN MONUMENTO BIC  
 RECUPERA UN MONUMENTO BIC

GENERACIÓN DE EMPLEOS  
 GENERACIÓN DE EMPLEOS  
 GENERACIÓN DE EMPLEOS

NOVEDAD TECNOLÓGICA  
 NOVEDAD TECNOLÓGICA  
 NOVEDAD TECNOLÓGICA

COMPARTICIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE  
 COMPARTICIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE  
 COMPARTICIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE

APERTURA DE UN RECURSO NATURAL  
 APERTURA DE UN RECURSO NATURAL  
 APERTURA DE UN RECURSO NATURAL

LABORES COOPERATIVAS ASOP  
 LABORES COOPERATIVAS ASOP  
 LABORES COOPERATIVAS ASOP

EXPERIMENTACIÓN ADMINISTRACIONES PÚBLICAS  
 EXPERIMENTACIÓN ADMINISTRACIONES PÚBLICAS  
 EXPERIMENTACIÓN ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

MANUTENIMIENTO  
 MANUTENIMIENTO  
 MANUTENIMIENTO

INICIACIÓN DE UN NUEVO MODELO TECNOLÓGICO  
 INICIACIÓN DE UN NUEVO MODELO TECNOLÓGICO  
 INICIACIÓN DE UN NUEVO MODELO TECNOLÓGICO

IMPULSO ECONÓMICO  
 IMPULSO ECONÓMICO  
 IMPULSO ECONÓMICO

**BIC NO UTILIZADO**

Toda@vía actúa de forma directa en la conservación de la infraestructura, ejecutando proyectos de mantenimiento de bajo coste económico, experimentando con vehículos ligeros, y abriendo nuevas rutas peatonales alternativas, seguras y compatibles con el disfrute de la vía.

Un proyecto cuyo objetivo final es el desarrollo de pueblos en un desierto demográfico fronterizo mediante la explotación turística, deportiva y cultural de todo su patrimonio.

**MOVILIDAD SOSTENIBLE**  
 Utilización de vehículos de bajo peso y velocidad reducida.  
 Transformación de estaciones en alojamientos, bares, restaurantes, tiendas de productos artesanales locales o Aulas de interpretación de la naturaleza.  
 Parques temáticos de ingeniería y oficios ferroviarios...

¿Toda@vía no es una vía?

# Javier Hernandez

- Premio Nacional “Humanidad y Medio” del Ayuntamiento de Camargo por el proyecto “ENtrenANDO”.
- Premio Nacional de “Mejor Actuación de Energías Renovables 2013” de la Asociación de Agencias de Energía (ENERAGEN).
- Proyecto “Hacer VI(d)A” financiado por la Fundación Telefónica.



# Omar Romero

---

CATALOGO DEL PATRIMONIO MINERO INDUSTRIAL DE LA MINA NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA (LINARES DE LA SIERRA, HUELVA).

En el entorno de Aracena o Linares de la Sierra las explotaciones mineras fueron de reducido tamaño pero su paisaje no fue óbice para que a lo largo siglos XIX y XX experimentasen cambios producidos por la industrialización primero y desindustrialización después. Este trabajo presenta nuestra investigación sobre este paisaje histórico minero en correspondencia especialmente a su arquitectura asociada. Actualmente la explotación de Nuestra Señora de Fátima a la que dedicamos este trabajo se encuentra en abandono y desmantelados los elementos reaprovechables, pero aún se puede realizar un rastreo de su materialidad a través de los elementos conservados. La investigación se ha llevado a cabo en tres fases, recopilación de la información disponible tanto bibliográfica, archivística como gráfica, prospección de la zona de estudio y toma de datos y fotografías y descripción de los elementos materiales conservados a partir de lo anterior.

**CATALOGO DEL PATRIMONIO MINERO INDUSTRIAL DE LA MINA NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA**  
 LINARES DE LA SIERRA, HUELVA | Dirección de la Dirección Provincial de Patrimonio Cultural | Huelva

**INFRAESTRUCTURAS Y PATRIMONIO INDUSTRIAL**  
 EL DISEÑO DE LAS INFRAESTRUCTURAS DEL PATRIMONIO INDUSTRIAL, 16 DE FEBRERO DE 1916. ESTACIÓN DE LA L. A. DE ARACENA A LINARES DE LA SIERRA (PATRIMONIO INDUSTRIAL Y MINERO)

**CONTENIDO**

**1. INTRODUCCIÓN**

**2. RESUMEN HISTÓRICO**

**3. CATALOGO**

**4. CONCLUSIONES**

**5. BIBLIOGRAFÍA**

**6. FUENTES DOCUMENTALES**

**2\_ INSTALACIONES MINERAS**

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

# Omar Romero

Licenciado en Historia por la Universidad de Sevilla. Máster en Arqueología por la Universidad de Sevilla. Doctorando en el programa de doctorado Análisis Metodológico del Patrimonio por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla. Curso Superior de Documentación del Patrimonio Cultural del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH).



# **MENCIONES A PREMIOS**

II Premio Aula G+I\_PA1



DESMANTELAMIENTO DE  
LA CENTRAL NUCLEAR DE  
VANDELLÒS-I : ESTRATE-  
GIAS DE RECICLAJE  
INDUSTRIAL

# ABSTRACT

---

We argue in the paper some strategies and passive methodologies in order to decommissioning while providing a new use to the second oldest Nuclear Power Plant in Spain. This industrial area placed next to the sea has suffered several accidents and normal wear over the years, which involved its closure before planned date. Its location was fundamental during the construction and operation, but it has had a direct involvement in the development and future of the landscape since its useful life ended.

That effort needs to be complemented by a theory on how to reuse its over 20 hectares encouraging the value of the technology, evolution, landscape and scale. Sense and sensibility to the surrounds and critical sense with existing structures are studied in this issue in order to offer a suitable new use according to the specific characteristics of the plant. The main objectives of this study are: optimization of decommissioning costs, reuse of wastes, integration of different types of trees for absorbing the CO<sub>2</sub> produced during the development process and finally a temporary control of all these actions to make more efficient the full process.

Economic data, schedule, and decommissioning process are used from other similar plant in Spain, José Cabrera Nuclear Power Plant (Zorita, Guadalajara) in order to develop the actual study on Vandellòs-I. Both plants are alike on technical, geometric and site characteristics. Based on technical information provided by ENRESA, public company entrusted with the nuclear decommissioning in Spain, we propose a change of use of it. An alternative use to the nuclear energy production is proposed once its useful life ends. The new use has to be linked with people and especially with the proprieties of this kind of energy plants.

Proton Therapy Research Center is the new use suggested for this old used nuclear plant. It is a technique in the fight against cancer. Despite the real demand, Spain has not a similar installation for patient treatment due to its high cost of construction and maintenance. Specific features in protection against radioactivity are the main reason for the elevated cost for this kind of centers. Similar physical characteristics are only repeated on a nuclear power plant, for instance: high-resistance concrete walls, protected areas and its location outside of inhabited settlements. For all these reasons, we present this study in order to contribute to

the economical, technical and energetical viability on recycling this equipment for sanitary purposes.

Keywords: Vandellòs-I Nuclear Power Plant, decommissioning, proton therapy research center, landscape, energy, reuse.

## RESUMEN

~~En este estudio planteamos estrategias y metodologías pasivas para~~ desmantelar y al mismo tiempo dotar de un nuevo uso a la segunda central nuclear más antigua de España. Este equipamiento industrial situado al lado del mar ha sufrido a lo largo del tiempo un desgaste y un incidente que implicó su cierre antes de la fecha prevista. El emplazamiento fue clave a la hora de la construcción y el funcionamiento, pero una vez finalizada la vida útil, ha tenido una implicación directa en el desarrollo del territorio, afectando negativamente al funcionamiento y a la actividad de su entorno.

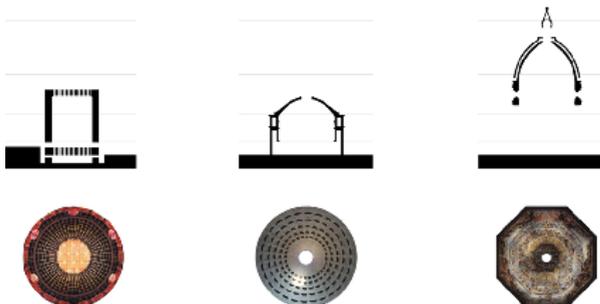
Ante tales consecuencias, se plantea un ejercicio teórico de cómo reciclar las 20 hectáreas potenciando su valor tectónico, histórico y paisajístico. Se trata de dar un sentido sensible al entorno inmediato y una actitud constructiva para acometer el reciclaje de las estructuras existentes, ofreciendo un uso que esté vinculado a las características de la central. Los principales objetivos que se desarrollan en este proceso de transformación son los siguientes: optimización del coste económico, aprovechamiento de los residuos generados, incorporación de mecanismos vegetales que permitan una compensación de CO<sub>2</sub> y un control temporal de estas acciones para que el rendimiento sea mayor durante el proceso de desmantelamiento. Para realizar el análisis, partimos de los datos económicos, temporales y de ejecución de obra aplicados al desmantelamiento que se está llevando a cabo en la Central Nuclear de José Cabrera (Zorita, Guadalajara, España). Estas dos centrales nucleares tienen características técnicas, geométricas y de emplazamiento similares. A partir de la información técnica facilitada por ENRESA, empresa pública encargada de desmantelar instalaciones nucleares en España, se plantea un cambio de uso. Una vez finalizada su vida útil, se propone un programa alternativo a la producción energética, que esté vinculado con las características de estas

infraestructuras. El nuevo uso que se propone es un centro de investigación y tratamiento con Protonterapia. Se presenta como una técnica en la lucha contra el cáncer. En España existe una demanda elevada de este tipo de tratamiento. No obstante no existen instalaciones de este tipo debido al elevado coste de construcción y mantenimiento. Se debe a que estos centros requieren de características concretas en la protección radiactiva que solamente se repiten en una central nuclear, como pueden ser sus pesados muros de hormigón pesado, grandes superficies construidas protegidas y también por la situación fuera de núcleos habitados. Por todo lo anterior, presentamos un estudio de viabilidad económica, constructiva y energética para aprovechar un equipamiento en desuso con fines sanitarios.

Palabras clave: Central Nuclear Vandellòs-I, desmantelamiento, centro de protonterapia, territorio, energía, cambio de uso.

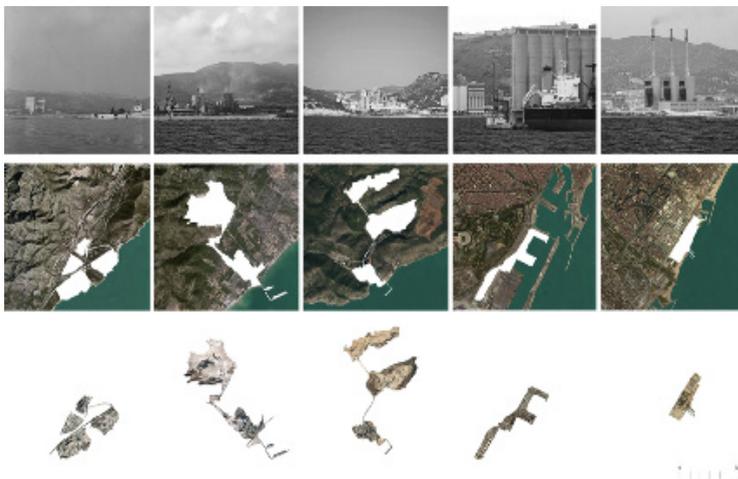
## ESTADO DE LA CUESTIÓN

Es conocido, que en el territorio existen construcciones industriales que han quedado obsoletas a lo largo del tiempo y que actualmente se encuentran en abandono. Esto se debe por un lado al final de la vida útil y por otro lado, a la posición de los Gobiernos en políticas energéticas y de desarrollo. Concretamente, las Centrales Nucleares han polarizado [1] (57.179 GWh, 21,41% de la producción energética de España en el año 2014) junto con otros tipos de productores, como centrales de carbón (46.264 GWh, 17,32%) o parques eólicos (51.439 GWh, 19,26%), la mayor parte del sector energético en España. En esta última década se observa una degradación de la mayor parte del sector energético, quedando estas infraestructuras obsoletas y en desuso. La Central Nuclear de Vandellòs-I está situada en la línea de costa del municipio de l'Hospitalet de l'Infant (Tarragona). Fue la segunda central nuclear construida en España en la década de los 60. A pesar de que este tipo de industria suele tener una vida útil de unos 40 años, ésta tuvo que cerrar antes de lo previsto a causa de un incidente producido en su sistema de refrigeración en el año 1989 [2], solamente 17 años después desde su puesta en servicio. La primera fase del desmantelamiento se llevó a cabo entre los años 1998 y 2003. El coste fue de 94.600.000 € y se generaron más de 15.000 toneladas de residuos convencionales [3]. Está previsto que el desmantelamiento finalice en el año 2028 [4], completando el derribo de las estructuras que todavía quedan en pie. Por ello, se prevé que, seguirá aumentando la cantidad de recursos empleados para su demolición completa: económicos y energéticos con la repercusión ecológica que esto implica. Por todo lo anterior, se analiza el potencial que tienen este tipo de infraestructuras industriales, para su puesta en valor (Figura 1). Se propone la posibilidad de reciclar este complejo industrial y dotarlo de un nuevo uso.



*Mostramos a modo de esquemas la escala volumétrica que tiene la Central Nuclear en comparación con otros edificios históricamente singulares. De izquierda a derecha: Reactor nuclear de Vandellòs-I (1968 - 1972); Panteón de Agripa (118 - 125) y Santa María del Fiore (1296 - 1418). (Fuente fotográfica: Archivo Municipal Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant, Panoramio Google Maps)*

“(…) La Central Nuclear de Vandellòs-I se conectó por primera vez a la red eléctrica el 6 de marzo de 1972. El 19 de octubre de 1989 ocurría un incidente en la planta nuclear, un incendio originado en el segundo grupo turboalternador, aunque el suceso no tuvo implicaciones radiológicas, supuso el cese de actividad por la suspensión del permiso de explotación por orden ministerial, Vandellòs-I cesó su actividad después de 17 años de servicio. (...) La planta de la central nuclear, hoy se encuentra en proceso de desmantelamiento. (...) Concluido este periodo de latencia, en el año 2028, dará comienzo el último nivel de desmantelamiento, en el que se retirará el cajón del reactor y sus estructuras internas, liberándose así la totalidad del emplazamiento (...)” [5] En Europa encontramos experiencias consolidadas similares que han reciclado algunas estructuras en fase de abandono. A modo de ejemplo se citan tres proyectos: Duisburg-Nord Park (1990-2002), diseñado por Peter Latz en una planta de producción de carbón y acero en Duisburg; Zollverein Park (2001-2010), cuyo arquitecto fue Rem Koolhaas que intervino en un complejo industrial de la mina del carbón en la ciudad de Essen; y finalmente la Tate Modern (2000) diseñada por Herzog & de Meuron en una central de energía de Bankside en Londres. En la costa mediterránea española existen instalaciones industriales similares a las citadas anteriormente, concentradas en su mayoría, en las provincias de Tarragona y Barcelona y que están pendientes de demolición o a punto de agotar su vida útil en los próximos años. Valga de ejemplo, la Central Térmica del Besós Fecsa-Endesa en Barcelona, la cementera de CEMEX Vallcarca en Sitges o la cementera CEMEX de Alcanar en la provincia de Tarragona (Figura 2).



*Patrimonio industrial de la costa mediterránea española; de izquierda a derecha: Central Nuclear de Vandellòs-I (Fuente fotografía: Archivo Municipal Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant), Cementera de Alcanar, Cementera de Sitges, Silo del Puerto de Barcelona y Central Térmica del Besós (Fuente fotografías: Pano-ramio Google Maps).*

## PROPUESTA : METODOLOGÍAS DE INTERVENCIÓN

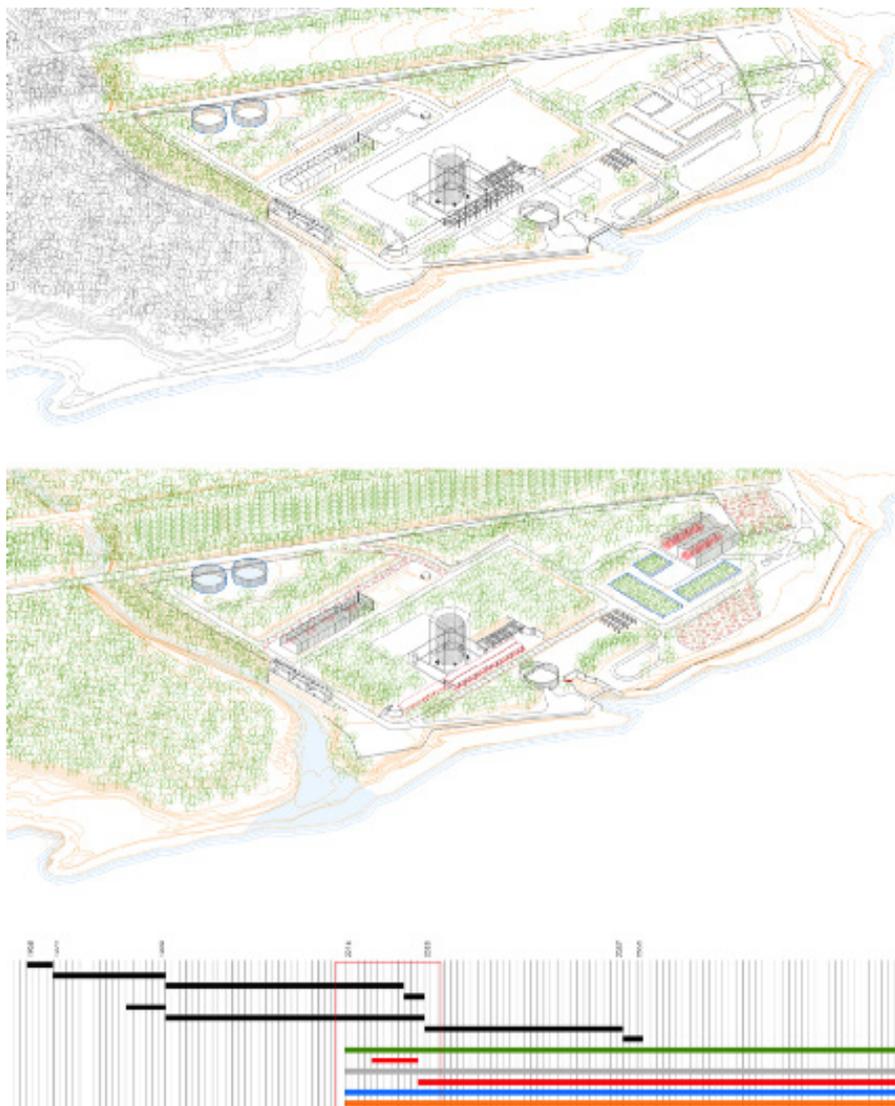
Como ya se ha apuntado, en este trabajo se presenta un estudio detallado que plantea estrategias para la puesta en valor de la Central Nuclear de Vandellòs-I, como representación de una etapa industrial en España. Al mismo tiempo que se desmantela, se propone un nuevo uso, una vez agotado el periodo actual de latencia.

### 2.1 Descripción de los recursos existentes:

A continuación se enumeran los recursos existentes, tanto materiales como naturales, en el ámbito de la central que permitan entender este ámbito como un lugar de oportunidad. Estos recursos se utilizarán para el desarrollo de una propuesta de desmantelamiento “a largo plazo” más detallada y precisa que permita reciclar todas las estructuras, en lugar de plantear su demolición completa para el año 2028.

- Recursos naturales de la unidad del paisaje [6]:
  - o Superficie unidad: 8.131,00 hec (100,00%),
  - o Espacio construido: 366,70 hec (4,51%),
  - o Cubierta vegetal: 7.230,90 hec (88,93%),
  - o Espacio agrícola: 513,87 hec (6,32%)
  - o Cordillera prelitoral: 716 m de distancia desde la línea de costa,
  - o Pico máximo: 728 msnm (el Molló Puntaire),
  - o Morfología litoral y láminas de agua: 19,51 hec (0,24%),
- Recursos materiales C.N. Vandellòs-I (elaboración propia):
  - o Ocupación: 20,00 hec (0,25% de la superficie de la unidad)
  - o Superficie asfaltada: 44.740,00 m<sup>2</sup>,
  - o Restos de pavimentos: 5.620,00 m<sup>2</sup>,
  - o Bordillo con rigola: 5.720,00 m,
  - o Verja metálica: 14.836,00 m<sup>2</sup>,
  - o Estructura de hormigón: 189.042,00 tn,
  - o Estructura de acero: 32.901,00 tn,
  - o Chapa metálica: 375,00 tn,
  - o Superficie útil disponible: 21.098,00 m<sup>2</sup>,
  - o Volumen útil cubierto: 143.707,00 m<sup>3</sup>.

## Metodologías de intervención:



(Superior) Axonometría del estado actual de la C.N.Vandellòs-I 2016, (inferior) Axonometría propuesta centro de investigación y tratamiento con Protonterapia para 2028 y desarrollo de las fases (1965 – 2100) del reciclaje industrial propuesto. Ámbito de estudio propuesto 2016 - 2028. (Verde: vegetación, naranja: topografía, azul: agua, gris: urbanización, negro: obra existente, rojo: propuesta de ocupación).

En esta sección se exponen los pasos que forman parte del proceso teórico de transformación del ámbito de la central nuclear de Vandellòs-I en un nuevo centro de tratamiento e investigación con Protonterapia. A partir del análisis de los materiales y estructuras disponibles se encuentra este programa análogo que necesita unas condiciones en la protección radiactiva

similares a las de la central nuclear. Por lo tanto, todas las acciones que se llevarán a cabo entre 2016 y 2028 servirán para la transformación y adaptación de esta central en un centro de Protonterapia (Figura 3). La primera fase de intervención contempla la transformación del ámbito nuclear. Hacerlo accesible, adaptar el sistema viario a las nuevas necesidades y eliminar el límite actual entre el interior y el exterior. A partir de 2028, cuando las edificaciones sean accesibles se comenzará la fase de ocupación. “(...) La Arquitectura Moderna ha apostado por la eterna juventud. La tersura de una piel sin manchas ni arrugas parece ser el objetivo de la imaginería contemporánea. Pero el tiempo pinta con el pincel de la lluvia y el color de la suciedad. Lo que se deposita siempre es porquería, pero si subraya el carácter del edificio, la forma del elemento constructivo o la incidencia de la luz, le llamamos pátina. (...) Hay que saber envejecer (...)” – Ignacio Paricio [7]

1. Tratamiento de límites: La construcción de estas infraestructuras se impone sobre el territorio. Es decir, no existe ninguna relación entre el ámbito interior de estas construcciones y el entorno. La primera acción que se lleva a cabo es para fomentar una relación recíproca que permita a este recinto responder al entorno. Supone el derribo de la doble verja metálica perimetral que la rodea actualmente para hacerlo accesible, como sucede en ejemplos ya apuntados anteriormente de Duisburg-Nord Park o Zollverein Park. Con esta operación se dota a este lugar de un carácter público que a día de hoy no lo tiene.

2. “Despavimentar”: El sistema viario actual cuenta con una superficie asfaltada de 44.740 m<sup>2</sup>. Un 70% del sistema se aprovecha; por ello, se estudia la posibilidad de debilitarlo con el paso del tiempo. Se propone realizar una serie de cortes cada 5 metros. Estas nuevas juntas permitirán que el asfalto vaya deteriorándose con la vegetación que le rodea y también por los agentes atmosféricos [8]. Por otro lado, el 30% restante se propone la plantación de árboles al tresbolillo cada 6 metros. Se seleccionan especies autóctonas, como por ejemplo el *Pinus Pinea*, por las características de sus raíces. Junto con un riego superficial permitirá quebrar lentamente el asfalto considerado.

“(...) Las raíces forman un complejo multiestratificado potente, compuesto de una raíz principal muy gruesa que aborta pronto y raíces secundarias laterales que se desarrollan en el plano horizontal. El sistema radical, además del imprescindible anclaje al suelo, está adaptado para extraer el agua que necesita el árbol a partir de una notable profundidad (...)” [9]

3. Ocupación: La propuesta de intervención (Figura 4) debe tener el mínimo impacto sobre el entorno y las estructuras existentes. A partir del análisis realizado de las estructuras disponibles (Figura 3 - superior) se concluye que no es necesaria la construcción de edificios de nueva planta. Se aprovechan todas las estructuras disponibles. Con 21.098 m<sup>2</sup> de superficie útil se garantiza la construcción del nuevo centro de investigación y tratamiento. A partir de las estructuras de hormigón armado disponibles, se propone intervenir con una estructura ligera de madera de pino superpuesta a la estructura existente con uniones en seco. Otras estrategias constructivas que también se desarrollan en esta intervención son:

a. Disminución de la demanda material: optimizando las soluciones constructivas empleadas para utilizar menos materiales por m<sup>2</sup> útil.

b. Aumento de la eficiencia: utilizando materiales de menor mochila ecológica, energía, residuos y emisiones en la producción. Se elige la madera de pino como material para realizar todas las intervenciones sobre las estructuras de hormigón existente: empresillado de jácenas de madera en pilares de hormigón para realizar apoyos para nuevos forjados a partir de piezas prefabricadas de madera ó cerramientos verticales con paneles laminados encolados.

c. Naturaleza reversible: de los materiales que se incluyen en la propuesta. El 96,42% de los materiales utilizados se podrá reutilizar una vez finalizado el uso propuesta. El 3,58% restante será fácilmente reciclable en centros de tratamiento de materiales.

d. Aprovechamiento de recursos del lugar: analizando los materiales disponibles para transformarlos en nuevos componentes para la construcción del centro. Respecto el 100,00% de nuevos materiales que se emplearían en un edificio de nueva planta, en este proyecto es del 7,63%. Estos materiales reciclados son: áridos para la elaboración de hormigón “reciclado” [10] a partir del fresado de todas las superficies; la trituración in-situ de restos convencionales para la transformación en zahorras [11] ó la fundición de restos de pavimento de asfalto [12] para obtener el nuevo pavimento interior.

e. Reciclaje de las estructuras existentes: proponiendo un cambio de uso en función de la tipología estructural que disponen, las necesidades del nuevo uso y de su emplazamiento dentro del “Masterplan”. Algunas de las edificaciones en las que se actúa son:

3. Ocupación: La propuesta de intervención (Figura 4) debe tener el mínimo impacto sobre el entorno y las estructuras existentes. A partir del análisis realizado de las estructuras disponibles (Figura 3 - superior) se concluye que no es necesaria la construcción de edificios de nueva planta. Se aprovechan todas las estructuras disponibles. Con 21.098 m<sup>2</sup> de superficie útil se garantiza la construcción del nuevo centro de investigación y tratamiento. A partir de las estructuras de hormigón armado disponibles, se propone intervenir con una estructura ligera de madera de pino superpuesta a la estructura existente con uniones en seco. Otras estrategias constructivas que también se desarrollan en esta intervención son:

a. Disminución de la demanda material: optimizando las soluciones constructivas empleadas para utilizar menos materiales por m<sup>2</sup> útil.

b. Aumento de la eficiencia: utilizando materiales de menor mochila ecológica, energía, residuos y emisiones en la producción. Se elige la madera de pino como material para realizar todas las intervenciones sobre las estructuras de hormigón existente: empresillado de jácenas de madera en pilares de hormigón para realizar apoyos para nuevos forjados a partir de piezas prefabricadas de madera ó cerramientos verticales con paneles laminados encolados.

c. Naturaleza reversible: de los materiales que se incluyen en la propuesta. El 96,42% de los materiales utilizados se podrá reutilizar una vez finalizado el uso propuesta. El 3,58% restante será fácilmente reciclable en centros de tratamiento de materiales.

d. Aprovechamiento de recursos del lugar: analizando los materiales disponibles para transformarlos en nuevos componentes para la construcción del centro. Respecto el 100,00% de nuevos materiales que se emplearían en un edificio de nueva planta, en este proyecto es del 7,63%. Estos materiales reciclados son: áridos para la elaboración de hormigón “reciclado” [10] a partir del fresado de todas las superficies; la trituración in-situ de restos convencionales para la transformación en zahorras [11] ó la fundición de restos de pavimento de asfalto [12] para obtener el nuevo pavimento interior.

e. Reciclaje de las estructuras existentes: proponiendo un cambio de uso en función de la tipología estructural que disponen, las necesidades del nuevo uso y de su emplazamiento dentro del “Masterplan”. Algunas de las edificaciones en las que se actúa son:

| Uso actual         | Superficie (m2) | Uso propuesto                      |
|--------------------|-----------------|------------------------------------|
| Reactor nuclear    | 7.866           | Área tratamiento con Protonterapia |
| Oficinas           | 1.160           | Laboratorios                       |
| Control de acceso  | 548             | Punto de reunión                   |
| Almacén 1          | 1.700           | Residencia de pacientes            |
| Almacén 2          | 2.320           | Zona colectiva de talleres         |
| Estación de bombeo | 1.130           | Sala polivalente y auditorio       |
| Silo de grafito    | 526             | Aulario                            |
| Usos auxiliares 5  | .848            | Depósitos, depuración, ...         |

Tabla 1: Propuesta de ocupación estructuras disponibles.

4. Sumideros: para garantizar que las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas durante el proceso de transformación tiendan a ser nulas. Por ello, se propone la reforestación de nuevas superficies. Primero, se cuantifica cuánto CO<sub>2</sub> emite cada una de las intervenciones realizadas (Tabla 5-6, Apartado “Justificación de recursos empleados”). Seguidamente, se detecta que las especies autóctonas, como el *Pinus Pinea* (0,17 tn/año), *Quercus Coccifera* (0,13 tn/año), *Rosmarinus Officinalis* (0,08 tn/año) ó *Cistus Creticus* (0,01 tn/año) no tienen la capacidad suficiente de absorción. Por ello, se propone la plantación de nuevas especies que sean compatibles con las especies autóctonas, como por ejemplo *Salix Alba* (0,90 tn/año) o *Populus Alba* (0,67 tn/año).

“Un sumidero es todo proceso o mecanismo que hace desaparecer de la atmósfera un gas de efecto invernadero. Un reservorio dado puede ser un sumidero de carbono atmosférico si, durante un intervalo de tiempo, es mayor la cantidad de carbono que entra en él que la que sale de él.” [13]

5. Cronología: El proceso de reciclaje de la central nuclear forma parte de un periodo de tiempo más amplio. Inició en el año 1967 con la construcción de la central y finalizará en 2100, una vez el nuevo uso haya finalizado. A partir de entonces, se deja en manos de los elementos naturales y el paso del tiempo el desmantelamiento final de la central. Para obtener a largo plazo los resultados previstos, es necesario el desarrollo de unas fases claras que lo

garanticen. Se propone la organización en el tiempo de todas las intervenciones explicadas anteriormente, desde el año 2016 hasta el 2028 (Figura 3 - Cronología).



(Izquierda) Fotografía aérea del estado actual de la Central Nuclear de Vandellòs-I (Autor fotografía: Lagerev Vladimir, en: Panoramio Google Maps), (Derecha) Imagen explicativa de la implantación (Elaboración propia).

## RESULTADO DE LA INTERVENCIÓN

Una vez haya finalizado el periodo de latencia en el año 2028, se propone aprovechar la totalidad de las estructuras para el desarrollo del centro de investigación y tratamiento con terapia de protones.

Se presenta la Protonterapia [14] como un tipo de tratamiento con radiación contra el cáncer. Este tratamiento permite una liberación más precisa y localizada de la radiación en el tumor. Esto conlleva una mejor distribución de la dosis en el tejido tumoral y una mayor preservación del tejido sano circundante [15]. En España no hay ninguna instalación de este tipo, pese que la demanda real sea muy elevada [16]. Según los cálculos que se muestran a continuación serían necesarios más de 7 centros para satisfacer la demanda actual. Un total de 11.064 pacientes podrían tratarse con este tratamiento cada año. Los tipos de tumores más comunes que se tratarán son el cáncer de próstata (4.186 pacientes/año), cáncer de páncreas (1.357) ó cáncer vesical (1.271), entre otros.

Factores Unidades de medida

|                      |  |
|----------------------|--|
| Sesión               | Cada sesión dura 30 minutos al día,              |
| Salas de tratamiento | Cada centro tiene como máximo 5 salas,           |
| Horas día            | Se cuentan 2 turnos diarios de 7 horas cada uno, |
| Días habil           | 260 días de trabajo al año                       |
|                      | Un total de 36.400 sesiones/año                  |

Tabla 2: Sesiones anuales disponibles en un centro de tratamiento tipo.

Si cada paciente necesita una media de 25 sesiones, se cuantifican 1.456 pacientes cada año. Si dividimos la demanda actual de 11.064 pacientes por año y la capacidad que tendrían, como máximo, cada centro se obtiene que en España serían necesarios más de 7,59 centros. En el año 2006, el Instituto de Física Medica del Hospital de Valencia (IFIMED) [17] hizo una ante propuesta para construir el primer centro de investigación y tratamiento con Protonterapia. El elevado coste de ejecución y mantenimiento lo hizo inviable. Estos centros técnicos están presupuestados entre 94M€ y 158M€, además de un mantenimiento anual superior a los 24M€ por centro.

Por otro lado, desmantelar una central nuclear oscila entre 135M€ y 334M€. Por ello, se estudia la viabilidad de incluir un centro con Protonterapia en Vandellòs-I, con la reducción de recursos utilizados que ello implicaría.

Las condiciones técnicas que se requieren en estos centros médicos son las mismas que se disponen en una central nuclear. Por ejemplo, los muros de hormigón pesado superiores a 2,50 metros de espesor (resistencia: 50 kg/m<sup>3</sup>, densidad: 2.800 kg/m<sup>3</sup>), los espacios destinados a bunkers (superior a 900 m<sup>2</sup>) y también por situarse alejados de los núcleos habitados. Únicamente se repiten en el interior de un reactor nuclear.



(Fotografía izquierda) Construcción del sótano de la Central Nuclear de Vandellòs-I (Fuente fotografía C.N. Vandellòs-I: ENRESA, Archivo Municipal Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant). (Fila superior) Proceso de construcción de un centro de protonterapia: Encofrado de muros de hormigón, construcción del búnker anti radiactivo y colocación del ciclotrón. (Fila inferior) Centro de Protonterapia en funcionamiento : Sala del ciclotrón en servicio, línea de haz de distribución de energía a las diferentes salas y sala de tratamiento con un gantry móvil (Fuente fotografías Protonterapia: The Perelman Center for Advanced Medicine, Hospital of the University of Pennsylvania)

#### 4. JUSTIFICACIÓN DE RECURSOS EMPLEADOS

En este apartado se desarrolla la justificación de recursos utilizados en las hipótesis de desmantelamiento y propuesta. La metodología que se ha aplicado para ambas hipótesis ha sido la siguiente:

- Levantamiento de la central a partir de mediciones in-situ (elaboración propia),
- Cuantificación de materiales a partir de dibujos previos (elaboración propia),
- Utilización de base de datos BECEC-ITEC [18] para consultar las medidas unitarias de las partidas consideradas. La información que este banco facilita es para precios, residuos, consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub>,
- Comput total para cada una de las partidas consideradas.

Por un lado, la hipótesis de desmantelamiento contempla el derribo completo de la central nuclear y el transporte de los escombros convencionales a vertederos controlados en 2028. Por otro lado, la hipótesis propuesta plantea un presupuesto más ajustado de todas las acciones que se han explicado anteriormente en el apartado “Metodologías de intervención”. A continuación se muestra un presupuesto simplificado con todos los recursos utilizados en las dos hipótesis planteadas: Coste económico (€), residuos generados (tn), consumo energético (Kwh) y emisiones de CO<sub>2</sub> (tn). Se desglosa en dos grupos, “Trabajos de urbanización” y “Trabajos en la edificación”.

#### 5. CONCLUSIONES

El reciclaje programático y funcional que se ha desarrollado en la Central Nuclear de Vandellòs-I viene de una estrategia territorial que se ha perfeccionado a lo largo del litoral mediterráneo español.

La hipótesis del desmantelamiento completo de la central nuclear consumiría una cantidad elevada de recursos, superior a la que supondría reciclarla. Los cálculos que se han desarrollado en el apartado anterior “Justificación de recursos empleados” son únicamente de “Ejecución de obra”. Para cuantificar el resto de partidas que serían necesarias para el desmantelamiento total, como por ejemplo de descontaminación o seguridad, se realiza una

comparación con el presupuesto que se está llevando a cabo en la C.N. José Cabrera (C.N. Referencia) [4].

Comparando las partidas de “Ejecución de obra” de las dos centrales se obtiene el factor de conversión (x 1,52) que nos permite hacer una estimación económica del resto de procesos. De esta manera, se logra una valoración aproximada para las dos hipótesis planteadas. Por un lado, el desmantelamiento completo supondría un coste aproximado de 206.141.860,74€, mientras que su reciclaje funcional y programático descendería hasta los 126.019.336,90€, con lo que supondría la reducción de todos los recursos empleados.

| Proceso C.N. Referencia (€) | C.N. Vandellòs-I (€) | Propuesta (€)                 |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Ejecución de obra           | 56.900.000,00        | 86.884.976,86 6.762.452,51    |
| Descontaminación            | 13.500.000,00        | 20.614.186,07                 |
| Ingeniería                  | 22.000.000,00        | 33.593.448,42                 |
| Supervisión                 | 30.000.000,00        | 45.809.302,39                 |
| Caracterización             | 9.500.000,00         | 14.506.279,09                 |
| Otros trabajos              | 3.100.000,00         | 4.733.627,91 4.733.627,91     |
| TOTAL                       | 135.000.000,00       | 206.141.860,74 126.019.336,90 |

Tabla 8: Comparativa de presupuestos con C.N. de referencia e hipótesis (desmantelamiento y propuesta) (4).

La intervención sobre las estructuras existentes se realiza con sistemas constructivos de junta seca. De esta manera, en el año 2100, se podrán desmontar las nuevas estructuras y dejar, únicamente, la estructura original de hormigón. Este hormigón expuesto a los agentes atmosféricos y al paso del tiempo se irá ensuciando y desgastando. Será una parte más del

entorno natural.

El análisis ha consistido en estudiar todos los elementos que componen el ámbito nuclear y los recursos disponibles, y con ello plantear estrategias que permitan dismantelar “a largo plazo” la central. Estas acciones las hemos delimitado temporalmente entre 2016 y 2028, obteniendo como resultado el nuevo centro de Protonterapia. Este análisis nos permite cambiar la percepción que popularmente tenemos sobre este lugar y sobretodo, nos permite creer en que este cambio es técnicamente y económicamente viable. A día de hoy, este equipamiento es conocido por ser un punto propenso a ser un condicionante y causante de enfermedades oncológicas; sin embargo, este trabajo presenta este lugar como una oportunidad potencialmente viable a convertirse en un centro que curará este tipo de enfermedades.

## REFERENCIAS

[1] Red Eléctrica de España. “Balance eléctrico, potencia instalada y red de transporte” en: El sistema eléctrico español – Avance del informe de 2014. pp. 7, Madrid, 2014.

[2] Diario ABC. “El Parlamento catalán aprobó por unanimidad que la Central Nuclear de Vandellòs-I no vuelva a funcionar”. pp. 20, Barcelona, 18 de Noviembre de 1989.

[3] ENRESA. “El desmantelamiento en cifras” en: Memoria del Desmantelamiento 1998-2003, Central Nuclear Vandellòs-I. 4ª edición, pp. 69-69, Madrid, 2013.

[4] ENRESA. “Desmantelamiento y Clausura Central Nuclear José Cabrera” en: XVI Reunión Comité Información CN José Cabrera. Almonacid de Zorita, 2015.

[5] Juan Fernando Ródenas et Al. “Antonio Bonet. El poblado de Hifrensa (1967-1975) y el desmantelamiento de la central nuclear de Vandellòs-I en proceso de transformación”. Actas del II Congreso Internacional sobre Permanencia y transformación en conjuntos históricos: 13, 14, 15 y 16 de febrero de 2012, Valencia.

[

6] Observatori del Paisatge. “Unitat de Paisatge 14 : Muntanyes de Tivissa – Vandellòs” en:

Catàleg de paisatge del Camp de Tarragona. Tarragona, 2012.

[7] I. Paricio. Pátina o suciedad. Editorial Bisagra, 2002.

[8] F. González. Meteorologia i climatologia a l'entorn del municipi de Vandellòs I l'Hospitalet de l'Infant. Ajuntament de Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant, 1998.

[9] AA.VV. "Generalidades" en: El Pino Piñonero en Andalucía : Ecología, distribución y selvicultura. Andalucía, 2004: Andalucía, consejería del Medio Ambiente, pp. 13.

[10] AA.VV. "Rheology of fresh concrete with recycled aggregates" en: Construction and Building Materials. Vol. 73, pp. 407-416, 2014.

[11] Asociación Española de Gestores de RCD (GERD). "Áridos reciclados como material granular en firmes" en: Guía española de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición. pp. 268, 2014.

[12] Asociación Nacional del Asfalto Fundido (ASNAFU). "Componentes, clasificación y espesor usual de los asfaltos fundidos" en: Prescripciones y técnicas comunes a los asfaltos fundidos. Edición 1, pp. 7-8, 2010.

[13] AA.VV. Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono. Versión 2, Madrid, Abril 2015.

[14] J. Bernabéu. "El IFIMED: Investigación en Imagen y Aceleradores aplicada a la Medicina" en: Coloquios IFIC. Valencia, 2007.

[15] M. Solans, C. Almazán, J.A. Espinàs. La Protonterapia en el tratamiento del cáncer. Barcelona: Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya, 2014.

[16] I. Petschen. "Estudio epidemiológico" en: IFIC Protonterapia. Valencia, 2006.

[17] AA.VV. “Memoria Científico-Técnica” en: Instituto de Física Médica: Investigación en Imagen y Aceleradores aplicada a Medicina. Valencia: IFIC, Junio 2007.

[18] Base de datos ITEC. Parámetros utilizados (Precios : Tarragona, Fecha: Enero 2015, Tipo de obra: Urbanización PEM 4,004 M€; Pliego de condiciones: Cataluña).

## AUTORES

Carlos Gonzalvo (Zaragoza, 1991) es estudiante en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universitat Rovira i Virgili, en Reus. Miembro de los Grupos de investigación “Geometría Aplicada” y del “Centro de Análisis Integral del Territorio”. Socio fundador de Arquitectura Beta, blog de Arquitectura sin construir. Actualmente está realizando el proyecto final de carrera en la propia Central Nuclear de Vandellòs-I, objeto de este estudio.



# MENCIÓN DE CALIDAD I LAS “FRICHES” INDUSTRIA- LES COMO OPORTUNIDA- DES TERRITORIALES PARA LA DENSIFICACIÓN DE LAS CIUDADES.

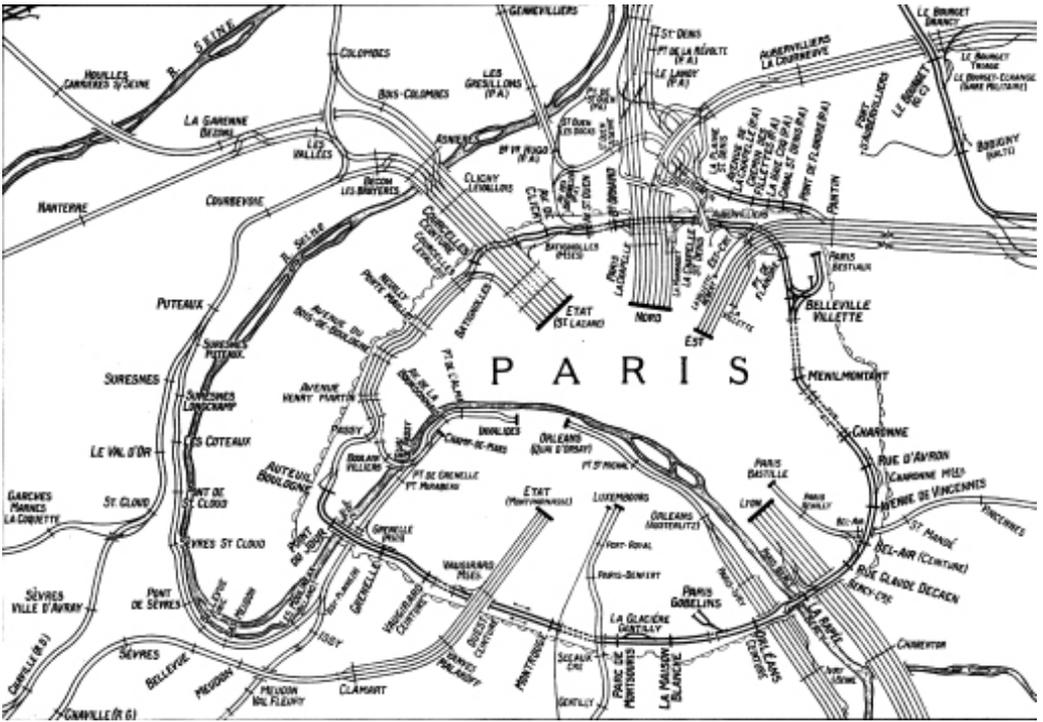
EL CASO DE LA “PETITE CEINTURE DE PARÍS” (PARÍS, FRAN-  
CIA) BROWNFIELDS AS TERRITORIAL OPPORTUNITIES FOR  
CITIES DENSIFICATION THE CASE STUDY OF THE “PETITE  
CEINTURE” FROM PARIS (PARIS, FRANCE)

ELENA CORREDOR TAMUREJO - ESCUELA TÉCNICA SUPE-  
RIOR DE ARQUITECTURA DE GRANADA



# LAS “FRICHES” INDUSTRIALES COMO OPORTUNIDADES TERRITORIALES PARA LA DENSIFICACIÓN DE LAS CIUDADES.

El caso de la “Petite Ceinture de París” (París, Francia)  
BROWNFIELDS AS TERRITORIAL OPPORTUNITIES  
FOR CITIES DENSIFICATION



Plano de la París amurallada con sus "Gares" y las de la "Petite Ceinture". Fuente: Revista "The railway magazine" nº329. Noviembre de 1924.

# ABSTRACT

---

With the evolution of cities and the need of more space due to their densification, the question of what to do with these industrial spaces located on the periphery of cities arises, as they have been abandoned after their industrial use and have become empty spaces requiring decontamination by the use of heavy materials or asbestos in their constructions.

This brief article shows the process of transformation that has suffered throughout its history and old railway line with a metropolitan character: the “Petite Ceinture” from Paris. First, we will study the characteristics that these abandoned industrial spaces have, how they are classified, how they are formed, the problems they entail and databases that comprehend them (mainly in France) to finally proceed to analyze in depth this railway, where some sections have been reused as green spaces, becoming a key element in the Parisian green ensemble.

Lastly, it invites to reflection on the reuse of these derelict industrial and territorial opportunities for cities densification, thereby evolving towards more sustainable cities.

Key words: railway, metropolitan, brownfield sites, brownfield reuse, cities densification, sustainable cities.

# RESUMEN

---

Con la evolución de las ciudades y la necesidad de un mayor espacio debido a su densificación se plantea qué hacer con estos espacios industriales que se encuentran en la periferia de las ciudades, ahora que tras su uso en la época industrial han caído en el abandono y se han transformado en espacio vacíos necesitando, por lo general, una descontaminación por el uso de materiales pesados, o amiantos en sus construcciones.

Este breve artículo pretende mostrar el proceso de transformación que ha sufrido a lo largo de su historia una antigua vía de tren con carácter metropolitano: la “Petite Ceinture” de París. Para ello estudiaremos en primer lugar las características que presentan estos espacios industriales abandonados, cómo se clasifican, cómo se forman, los problemas que éstos acarrearán y las bases de datos que los engloban (principalmente en Francia) para, finalmente,

proceder a analizar en profundidad esta vía férrea, hoy reutilizada en algunos de sus sectores como espacios verdes, llegando a convertirse en un elemento clave en la trama verde parisina. Por último, se invita a la reflexión acerca de la reutilización de estos espacios industriales abandonados como oportunidades territoriales para la densificación de las ciudades, evolucionando con ello hacia ciudades más sostenibles.

Palabras clave: ferrocarril, metropolitano, “friches” industriales, reutilización de espacios industriales abandonados, densificación de ciudades, ciudades sostenibles.

En las ciudades europeas del ciclo XX, las trazas de la pasada industrialización subsisten todavía, presentando lo que podríamos considerar como nuevos potenciales para la ciudad. Tras una treintena de años, las zonas industriales han pasado a convertirse en nuevos espacios a conservar y en los que invertir. La ciudad de hoy en día se redibuja cada vez más a partir de lo existente, en su expansión acelerada y su falta de espacio, provocando que la noción de transformación y desarrollo de las mismas se encuentre en el centro de las preocupaciones no solamente culturales y sociales sino también urbanas.

A lo largo de los años 70 numerosos espacios, símbolos de una era industrial, mercantil o militar, acabaron por encontrarse sin su razón de ser al haber perdido su función original. Desde entonces, algunos de estos espacios han sido reutilizados, reconvertidos y reciclados. Se trata, pues, de un proceso antiguo, mas la realidad nos muestra que no todos estos espacios han podido correr la misma suerte y permanecen abandonados: espacios vacíos en una ciudad cambiante.

Cada “friche”<sup>1</sup> tiene sus propias singularidades y problemas a la hora de plantearse su reutilización y la reestructuración de su territorio, presentando además dificultades relativas a la protección y conservación en el caso de no ser utilizadas, algo que en la mayoría de los casos queda por realizar.

Actualmente en Francia, la “Agence de l’Environnement et la Maîtrise de l’Energie” estima que entre 300 000 y 400 000 solares merecen la calificación de “friche industrielle”

Pero, ¿qué podemos definir como “friche”?

Definición de “friche”

Una “friche” puede ser definida como un terreno abandonado tras la parada de la actividad que en él se ejercía, no siendo sin embargo necesaria que conserve la apariencia de la zona industrial en particular, pudiendo presentar distintas naturalezas: el terreno puede estar contaminado o no, tener una superficie muy variable, contener edificios inutilizados o no, o estar situada en cualquier parte de la ciudad o de su periferia.

El número de “friches” industriales abandonadas ha aumentado a lo largo de las últimas décadas por el cese de numerosas actividades industriales (como en el norte y este de Francia), la reubicación de las mismas (como la actividad del automóvil en la región parisina) y el importante gasto a invertir para la viabilidad de ese tipo de terreno, gasto que las colectividades locales no están dispuestas a asumir.

## Clasificación de las “friches” [1]

En la actualidad, las zonas industriales no son los únicos territorios a los que nos referimos cuando hablamos de “friches”: podemos también encontrar “friches” urbanos, militares, o incluso agrícolas.

Dado que cada una se forma en un territorio y siguiendo diferentes procesos, también mostrarán intereses diversos.

---

“Friche”: Zona, terreno o propiedad sin ocupación humana activa, encontrándose por lo tanto sin cultivar, tratar o tener siquiera la posibilidad de ser productiva.

---

Las “friches” industriales.

Proviene normalmente de espacios que han sido previamente utilizados por la industria pesada, en particular por la actividad metalúrgica, energética, o ligada a la industria química. A causa de esas actividades, pueden presentar a veces problemas particulares de peligrosidad y contaminación. Su aparición resulta del cambio progresivo en sus actividades a lo largo del tiempo. Se encuentran situadas en su mayoría en las zonas industriales o en la periferia de las ciudades.

Un ejemplo de reutilización de las mismas es el Parque ecológico de la Fundidora en Monterrey, México, reutilizando una antigua fábrica siderúrgica.

- Las “friches” urbanas.

Se forman principalmente en espacios urbanos creados en relación a una actividad industrial que con el tiempo pasa a ser espacio urbanizado abandonado tras el fin de la misma. Ejemplo de una de sus reconversiones es la del espacio ligado a la antigua fábrica de bobinas y cables telefónicos OTELO, en Conflans-Sainte- Honorine.

- Las “friches” militares.

Corresponden a espacios y edificios abandonados tras la partida del ejército.

Estas “friches” pueden englobar grandes espacios, y se forman principalmente en el centro de aglomeraciones urbanas, en el momento en el que los edificios que allí se encuentran (almacenes, hospitales y otros) no tienen capacidad de expansión en su entorno próximo, y son abandonados progresivamente. Para ilustrar este tipo podemos ver la reconversión realizada en el solar militar de Sourdun (Seine- et-Marne), transformándose en granja solar. Proceso

de formación de una “friche”

Son varias las razones que pueden llevar a la posible formación de las “friches”. He aquí algunos ejemplos:

- Razones ligadas al contexto económico o al mercado inmobiliario: Los territorios que presentan una gran concentración de actividades y que, además, son zonas industriales, se encuentran más expuestos a los ciclos de la economía, sobre todo en el contexto actual de ralentí económico.

- Razones ligadas a las características del territorio en cuestión: Una de ellas son las dificultades de accesibilidad tanto al sitio, barrio, zona de actividad, y solar en general, suponiendo una restricción fuerte para el mantenimiento de las actividades.

Además, el costo del tratamiento necesario para la descontaminación del terreno es otra razón que puede disuadir a algunos compradores potenciales.

- Razones ligadas a las diferentes estrategias de los actores: Las estrategias de diferentes actores institucionales (como la RFF o las municipalidades) respecto a este patrimonio territorial e inmobiliario los empujan a veces a abandonar ciertos lugares.

Otra razón pueden ser los cambios efectuados a lo largo de las revisiones de los documentos de urbanismo que conllevan una modificación del uso prescrito del terreno.

Reconocimiento de las “friches”. Inventarios y bases de datos en Francia. [2]

La diversidad de lo que definimos como “friche” y la de su territorio nos muestran la dificultad de aproximación a este tema, especialmente desde que el censo de estos sitios industriales no se encuentra aún completo en el conjunto del territorio francés.

Con la finalidad de localizarlos más fácilmente, ciertas colectividades han comenzado a desarrollar poco a poco bases de datos y cartografías especializadas. Las bases de datos BASIAS y BASOL, localizan y precisan la naturaleza de un gran número de actividades en curso, o terminadas, en todo el territorio francés departamento a departamento, y el Sistema de Información Geográfica o SIG.

BASIAS (Base de los Antiguas Zonas Industriales y Actividades de Servicio), creado en 1998, recoge y conserva la memoria de antiguas zonas industriales y actividades de servicio

(abandonadas o no) susceptibles de haber dejado sus instalaciones o sus suelos contaminados o no. Es desarrollada por la Oficina de Investigación Geológicas y Mineras (BRGM) por el Ministerio de la Ecología del Desarrollo Sostenible y de la Energía. En 2007, BASIAS censaba alrededor de 180 000 lugares que habían acogido en el pasado una actividad industrial o de servicio de los 300 000 o 400 000 sitios potencialmente contaminados por la industria o actividades de servicio en Francia.

Adicionalmente, la base de datos BASOL para los sitios y suelos contaminados (o potencialmente contaminados) por contaminaciones químicas o radioactivas, llama a una acción por parte de los poderes públicos a título preventivo o curativo. Pertenece al mismo tiempo al Ministerio de la Ecología del Desarrollo Sostenible y de la Energía bajo la Dirección General de la Prevención de Riesgos.

Problemas ligados a las “friches”

Un gran número de antiguas zonas industriales se convierten en sitios difíciles de tratar, habiendo sido degradados por las actividades que acogían, necesitando por regla general, una descontaminación.

Un sitio contaminado, en su definición, es un sitio que, por haber sido depósitos de desechos o haberse producido infiltraciones de sustancias contaminantes, presenta una contaminación susceptible de provocar molestias o un riesgo perenne en la salud de las personas o el medio ambiente.

Estas situaciones son por regla general debidas a las antiguas prácticas de eliminación de desechos, así como a las fugas o pulverización de productos químicos, accidentales o no.

Existe de la misma manera alrededor de ciertas zonas, contaminaciones debidas al impacto de vertidos durante un tiempo prolongado (años, décadas), con una frecuencia elevada y en un área pequeña.

Cabe diferenciar esa contaminación de la contaminación difusa, tales como las debidas a las prácticas agrícolas, o a la contaminación del tráfico rodado cerca de los grandes ejes viarios. Los problemas más conocidos ligados a las “friches” son los siguientes:[3] - Las secuelas ambientales.

(abandonadas o no) susceptibles de haber dejado sus instalaciones o sus suelos contaminados o no. Es desarrollada por la Oficina de Investigación Geológicas y Mineras (BRGM) por el Ministerio de la Ecología del Desarrollo Sostenible y de la Energía. En 2007, BASIAS censaba alrededor de 180 000 lugares que habían acogido en el pasado una actividad industrial o de servicio de los 300 000 o 400 000 sitios potencialmente contaminados por la industria o actividades de servicio en Francia.

Adicionalmente, la base de datos BASOL para los sitios y suelos contaminados (o potencialmente contaminados) por contaminaciones químicas o radioactivas, llama a una acción por parte de los poderes públicos a título preventivo o curativo. Pertenece al mismo tiempo al Ministerio de la Ecología del Desarrollo Sostenible y de la Energía bajo la Dirección General de la Prevención de Riesgos.

Problemas ligados a las “friches”

Un gran número de antiguas zonas industriales se convierten en sitios difíciles de tratar, habiendo sido degradados por las actividades que acogían, necesitando por regla general, una descontaminación.

Un sitio contaminado, en su definición, es un sitio que, por haber sido depósitos de desechos o haberse producido infiltraciones de sustancias contaminantes, presenta una contaminación susceptible de provocar molestias o un riesgo perenne en la salud de las personas o el medio ambiente.

Estas situaciones son por regla general debidas a las antiguas prácticas de eliminación de desechos, así como a las fugas o pulverización de productos químicos, accidentales o no.

Existe de la misma manera alrededor de ciertas zonas, contaminaciones debidas al impacto de vertidos durante un tiempo prolongado (años, décadas), con una frecuencia elevada y en un área pequeña.

Cabe diferenciar esa contaminación de la contaminación difusa, tales como las debidas a las prácticas agrícolas, o a la contaminación del tráfico rodado cerca de los grandes ejes viarios. Los problemas más conocidos ligados a las “friches” son los siguientes:[3] - Las secuelas ambientales.

Éstas son diferentes dependiendo del paisaje y contexto, pero hay sitios específicos, como aquellos para el tratamiento de superficie de metales, donde los materiales peligrosos u ocultos (metales pesados, cianuros, etc.) son comúnmente olvidados.

- Los costes.

El diagnóstico y la descontaminación de las zonas industriales son costosas. Un primer problema es la responsabilidad y la transferencia de ésta cuando hay una venta. Normalmente la responsabilidad no puede ser claramente establecida, por lo que el principio “de quien contamina paga” no se aplica, ya que puede haber desaparecido, o no es resoluble.

- Los impactos sobre el agua. Las “friches” son más numerosas en los bordes de los canales, vías férreas, zonas mineras y cuencas petroleras, así como en los puertos.

Las empresas a menudo tenían filtraciones o fugas internas, incluso vertidos, que favorecieron un contacto directo de los contaminantes con el agua.

- Pérdida de memoria. Es frecuente que todo o una parte de los archivos de las fábricas o talleres convertidos en “friches” hayan sido destruidos o perdidos. En el caso de Francia, hasta 2007 estas zonas necesitaban una evaluación simplificada de riesgos (ESR) antes de su rehabilitación, y en ese caso, una costosa evaluación en profundidad de los riesgos. Una misma “friche” podría haber sido estar ocupada por más de una decena de empresas sucesivas con actividades variadas. Los contaminantes y las secuelas ambientales pueden entonces interactuar de manera compleja.

Las incertidumbres, la gestión de los residuos o la falta de dinero para la rehabilitación son los problemas más corrientes en contra de la reconversión de “friches” hacia la agricultura, alojamientos, o zonas de ocio... cuando la demanda de suburbanización aumenta.

Sin embargo, en los últimos años cada vez se está apostando más por reutilizar y sacar a la luz todo el potencial que nos pueden ofrecer estos espacios. Grandes ejemplos, como el “SESC Pompeia”, en Sao Paulo, el “Center for Green Cities”, en Toronto, el “Victor Civita Parc” en Sao Paulo o “Les Halles Almston” en Nantes, nos muestran otra rama de la Arquitectura sensibilizada no sólo por la propia reurbanización, sino también por el medio ambiente. Este es el caso de la “Petite Ceinture” de París que, tras décadas de abandono, actualmente se encuentra en plena transformación hacia un espacio público que protege sus características morfológicas y biodiversidad, para disfrute de todos los parisinos.

## LA “PETITE CEINTURE” DE PARÍS

La “Petite Ceinture”, es un circuito férreo de 33 kilómetros de longitud que rodea París a 400 metros de la circunvalación parisina, el “Péripherique”, vecina de alojamientos de bajo coste y población modesta, perteneciente a la RFF2.



*Plano de la París amurallada con sus “Gares” y las de la “Petite Ceinture”. Fuente: Revista “The railway magazine” nº329. Noviembre de 1924.*

---

## 2 Réseau Ferrés de France.

---

Creada en el siglo XIX y siempre ligada a la evolución de la industria vio su luz por tres motivos: - Comercial, para unir las distintas industrias en la periferia de París, creando a su vez su patrimonio, las “Gares” (En adelante, estaciones).

- Militar, para asegurar el aprovisionamiento y transporte de mercancías.
- Social, para el posterior transporte de pasajeros.

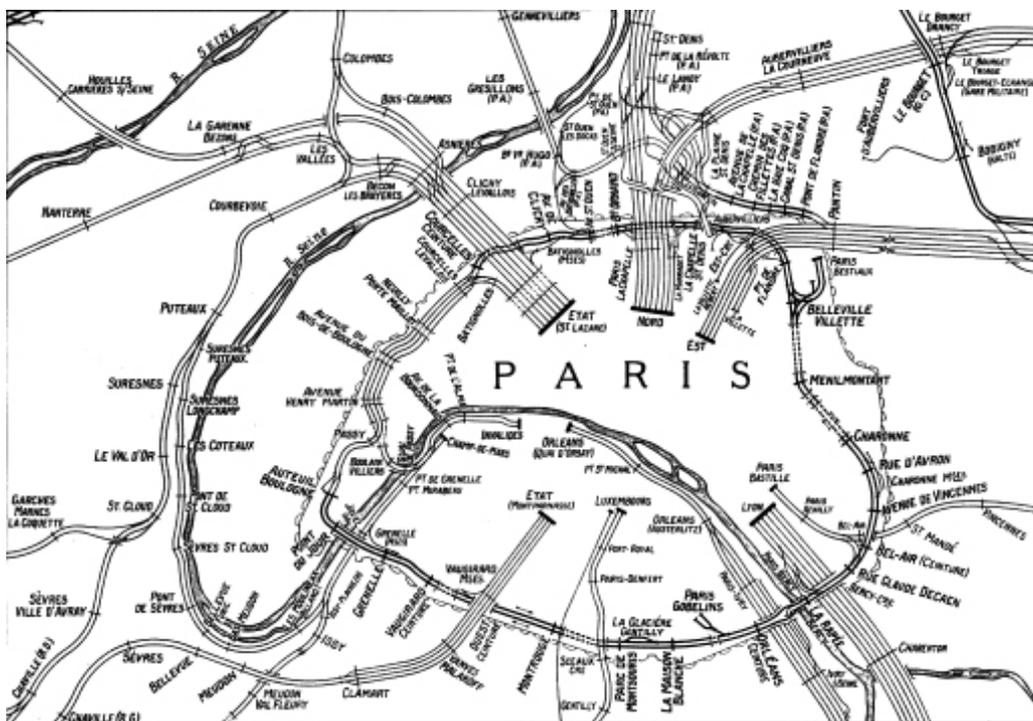
En sus inicios, esta vía tomaba la forma de un circuito cerrado, atravesando nueve distritos de la capital, con una morfología discontinua adaptándose al terreno, pero en el momento en el que su función deja de ser útil, será abandonada, cortada, cubierta a tramos o privada de sus distintas Gares.

A lo largo de los años la “Petite Ceinture” ha sido objeto de gran polémica por el desaprovechamiento de este “territorio” o “cicatriz” en el interior de la ciudad, por la imposibilidad de compra por parte del Ayuntamiento de París para su transformación en espacio público al estilo High Line de Nueva York, debida a la poca predisposición de la RFF en venderlo, pretendiendo en un futuro poder reutilizarla para otros fines.

Sin embargo, en este tira y afloja, el Ayuntamiento París ha tenido la oportunidad de ir comprando progresivamente varias de sus Gares y algún que otro tramo, transformándolas en espacios verdes, zonas peatonales, restaurantes o incluso universidades.

## Historia de una “vía” hacia el abandono

A finales del siglo XIX en respuesta a la Revolución Industrial, la economía favorable facilitó el desarrollo de las industrias en la periferia de París. La capital (por entonces fortificada) tenía necesidad de aprovisionamiento. Es por ello que el gobierno decidió enlazar las “Gares” existentes a través de una red circular siguiendo la muralla fortificada y sus puertas. La “Petite Ceinture”, vía férrea que rodea París, será entonces concebida, con el fin de aprovisionar los puntos estratégicos de la ciudad en el caso de ser asediada, trabajando como si lo hiciera una Vía Provincial, y permitiendo además a los habitantes de los suburbios llegar con una mayor rapidez a sus trabajos en las fábricas.



Plano de la París amurallada con sus “Gares” y las de la “Petite Ceinture”. Fuente: Revista “The railway magazine” n°329. Noviembre de 1924.

Tras su desmantelamiento completo en la década de los 90, la “Petite Ceinture” se convirtió en una auténtica “friche” urbana a la escala de la ciudad, sin ningún tipo de acceso al público. Pese a ello, los parisinos fueron poco a poco apropiándose de la misma, reivindicando la revalorización de este “territorio” y su posible reconversión en espacio público.

Fue así que ciertas organizaciones vieron la luz, las más destacadas la ASPCRF<sup>3</sup> y el GEPC<sup>4</sup> por realizar grandes labores de investigación y de difusión, haciendo llegar múltiples publicaciones y artículos a los ciudadanos y por realizar labores de presión mediática con fines a su reaprovechamiento, siempre mediante el respeto a su identidad y biodiversidad.

No será hasta 2009 que la RFF decida facilitarle ciertos tramos al Ayuntamiento de París, para beneficio de los ciudadanos.

---

3 Association Sauvegarde Petite Ceinture.

4 Groupement d'Étude pour la Petite Ceinture.

---

“Vía” temporal

9 de diciembre de 1851-Publicación del Pliego de Condiciones Técnicas del proyecto y comienzo de la construcción de la “Petite Ceinture”.

1851-1854- Se concluyen los diversos tramos del margen derecho del río Sena, y por tanto, la mitad norte de la ciudad.

El tráfico de pasajeros y de mercancías comienza en los tramos Batignolles / Clichy (distritos 17- 8), y La Rapée/ Bercy (distrito 12).

1862- El bucle es cerrado, conteniendo 33 km de vía férrea.

25 de marzo de 1869- El tráfico de pasajeros aumenta a los 5 millones de personas anuales.

1878- El tráfico de pasajeros aumenta a 30 millones de personas anuales.

1899- El tráfico de pasajeros aumenta a 39 millones de personas anuales.

1900- Exposición Universal de París. La primera línea de metro es creada y la “Petite Ceinture” toma el rol de catalizador para la Expo.

1927- El tráfico de pasajeros desciende a 7 millones por la utilización del metro.

7 de junio de 1931 El trazado de la Petite Ceinture no corresponde a ningún flujo de viajeros urbanos importante [...] Las relaciones puramente periféricas que proporcionaba esta línea

toman una importancia secundaria [...] Finaliza, por lo tanto, por ser un mero “extra” en el conjunto de las líneas de transportes urbanos de París. [4]

1 de abril de 1934- El Sindicato de Transportes Parisinos es autorizado para suprimir el servicio de trenes de pasajeros por razones financieras.

23 de julio de 1934- Sustitución del servicio de trenes por 43 autobuses divididos en dos líneas: la PC1 y PC2, siguiendo el trazado de la “Petite Ceinture”.

1960- Se interrumpe todo el tramo sureste por la demolición de un viaducto ferroviario en el distrito 16. 1988- El tramo oeste es transformado para albergar el RER C5

1988 en adelante- Los tramos norte y sur serán inutilizados con el tiempo. Concluye el tráfico de mercancías. Finales de la década de los 90- Comienza la polémica y la valoración de la “Petite Ceinture”, abandonada, como un posible espacio público. La RFF, principal interlocutor en el debate, pretende mantener la infraestructura ferroviaria restante en el caso de una posible reactivación del tráfico ferroviario, rechazando la posible compra de la línea por parte del Ayuntamiento de París.

1999- La Agencia de Urbanismo de la Ville de París<sup>6</sup> publica “La Charte de la Petite Ceinture”, para resaltar el interés de este espacio y establecer unos principios que se respeten en una posible intervención futura. Prevé, pues, reevaluar el Plan Local de Urbanismo (“PLU”) en las zonas afectadas.

El objetivo es que los trabajos que realice esta comisión desemboquen en un gran proyecto que, incluso mediante equipamientos simples [...] hagan revivir la “Petite Ceinture” en beneficio de todos los parisinos [...] [5]

2006- Se firma un protocolo entre el Ayuntamiento de París y la RFF respondiendo a la petición de apertura al público de ciertos tramos, hasta entonces sin uso, con la condición de mantener la infraestructura férrea intacta para un hipotético proyecto de reactivación de la actividad ferroviaria, debiendo tratarse, por lo tanto, de un proyecto reversible. Este proyecto se enfoca hacia la creación de un posible paseo natural y sostenible,

---

5 RER C: Línea C del “Réseau Express Régional”, sistema de trenes de cercanías suburbanos.

6 Atelier Parisien d’Urbanisme, en adelante, APUR.

---

teniendo como prioridad el mantenimiento de la vegetación espontánea, su aspecto natural y su biodiversidad, a la imagen de la “Coulée Verte”<sup>7</sup>.

2007- Se publica el Plan de movilidad de París<sup>8</sup> como continuación del protocolo de 2006, pero los proyectos planteados siguen sin ver la luz, quedando en el ámbito político. Descomposición de la “Petite Ceinture” en zonas Oeste, Sureste, Sur, Norte y Noreste.

2009- Ante el riesgo de involucrarse penalmente por su responsabilidad en la creación de una “friche” urbana y los problemas de seguridad que generaban las vías abandonadas como tales, la RFF comunica al Ayuntamiento de París que está dispuesta a reabrir el debate de la “Petite Ceinture” permitiéndole que este último pueda comprar tanto las estaciones como grandes tramos de vía férrea dentro del protocolo establecido.

2009-2011- El APUR publica “Situation et perspectives de la place de la nature à Paris”, un estudio plurianual en el que se muestra el papel que juega la naturaleza en una ciudad densa como es París, las prácticas sociales que se desarrollan en la misma, la regulación de los efectos adversos de la ciudad sobre el medio ambiente y la forma sostenible de mejorar la calidad de vida urbana.

En este estudio se muestran los 6 proyectos de espacios urbanos planteados en los tramos de la “Petite Ceinture” que el Ayuntamiento de París ha adquirido: “Petite Ceinture” Sur (tramos en los distritos 13, 14 y 15 respectivamente), Este (un tramo en los distritos 12- 20 y otro en los distritos 18-19-20), y Norte (tramo en los distritos 17-18).

2013- Comienzan las obras en una primera fase de actuación.

Actualmente- Se encuentran ya abiertos al público tres tramos reconvertidos en paseos naturales ecológicos enfocados a la apreciación de su biodiversidad. Una “presencia” urbana  
La “Petite Ceinture” se caracteriza por su peculiar infraestructura.

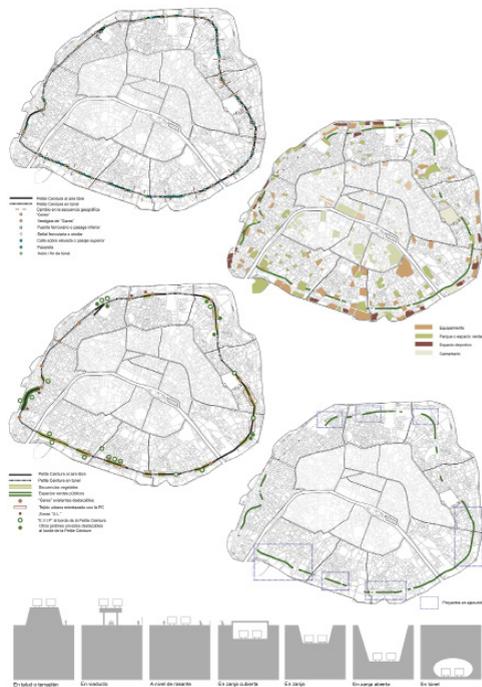
En un principio ésta no fue concebida como un proyecto unitario, sino como un conjunto de tramos con una función de enlace. Posteriormente, dado que la ciudad no se construyó al mismo ritmo que la “Petite Ceinture”, sino que lo hizo alrededor de la misma en su expansión, ésta quedó contenida en ella, dando lugar a una morfología muy particular. La mayor parte de su trazado se encuentra con un cierto desnivel con respecto al del espacio público permitiéndonos apreciarla a nivel de la rasante, en talud o terraplén, en viaducto, sobre zanja abierta, en túnel, o sobre zanja cubierta.



Morfología de la "Petite Ceinture". Realización: Elena Corredor Tamurejo. Fuente: APUR

Es por ello que, pese a que en un primer momento pueda parecer que su presencia se ha diluido completamente en el tejido de la ciudad, su identidad como territorio urbano permanece intacta todavía.

Esquemas metropolitanos de arriba abajo: Esquema del estado urbano actual de la "Petite Ceinture", esquema de equipamientos existentes actualmente en la "Petite Ceinture", esquema del estado actual de vegetación en la "Petite Ceinture" y esquema de proyectos actuales en vías de construcción por la Mairie de Paris en la "Petite Ceinture". Realización: Elena Corredor Tamurejo. Fuente: APUR. Secciones características de la "Petite Ceinture". Realización: Elena Corredor Tamurejo. Fuente: "Le livre blanc de la Petite Ceinture" por Guez Alain.



---

7 La “Coulée Verte” o “Promenade Plantée” es un proyecto de reconversión en espacio público de un tramo de las antiguas vías ferroviarias que unían Bastilla con Opera, cuyo tráfico cesó en 1969. Se sitúa en el distrito 12 de París.

8 “Plan de déplacement de París”.

---

Del mismo modo que los puentes (metálicos o en piedra) y las barreras arquitectónicas muestran el recorrido, los edificios que bordean la “Petite Ceinture” tienen una arquitectura característica al responder a la misma, destacándose cuatro fases [6]:

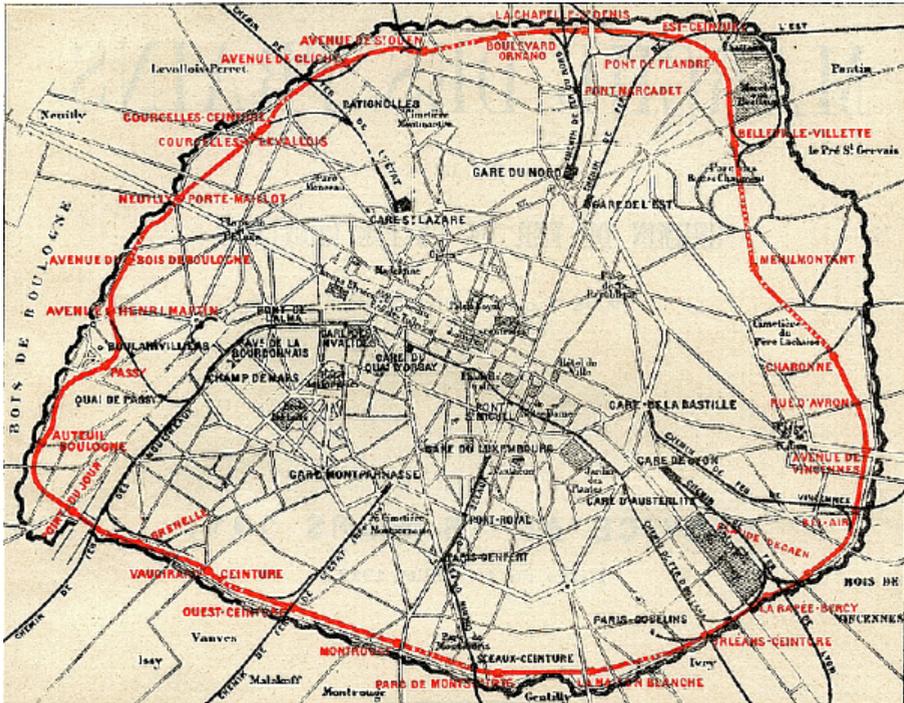
- Los edificios construidos antes de 1934. La arquitectura se aleja de la “Petite Ceinture” dado que el paso de trenes es aún muy frecuente y genera molestias de ruido y vapor. Un margen es dejado libre entre los edificios y las vías.

- Edificios construidos hasta 1954: Dado que ya no hay tráfico férreo, las vías están en desuso. A partir de ese momento los edificios construidos se orientan hacia la “Petite Ceinture” por su espacio verde. - Edificios construidos hasta 1974: Los edificios toman independencia con respecto a la parcelación y se benefician del espacio libre. Continúa la orientación hacia la “Petite Ceinture”.

- Edificios construidos a partir de 1974: Los edificios deben seguir el nuevo Reglamento de Urbanismo: el Plan de Ocupación del Suelo<sup>9</sup> que define la “Petite Ceinture” como “zona ferroviaria no construible”.

El patrimonio “Petite Ceinture”: Las “gares” 10

Entender la “Petite Ceinture” en términos de patrimonio es, en definitiva, integrar su valor en el desarrollo urbano de la ciudad. Esta realidad se evidencia no solo por su propio circuito ferroviario, sino también por sus estaciones, las cuales eran reflejo de la Arquitectura de la época.



“Gares de la Petite Ceinture” 1911. Fuente :ASPCRF

Existían 35 estaciones de las cuales 18 han sido demolidas, una gran parte permanecen abandonadas, otras han sido reutilizadas para albergar el RERC y una pequeña parte han sido rehabilitadas y reutilizadas para diferentes actividades socio económicas. [7]

Dado que la “Petite Ceinture fue puesta en servicio en distintas etapas, las creación de sus estaciones varía entre 1852 y 1907.

Entre esas fechas, son destacables la urbanización creciente alrededor de la “Petite Ceinture” y las Exposiciones Universales sucesivas de 1867, 1878, 1889 y 1900 como catalizadores de la modernización tanto de las líneas en sí mismas como de la arquitectura de las estaciones, siendo estas Exposiciones determinantes en la progresiva apertura de nuevas estaciones de pasajeros.

Los proyectos actuales

Dado que su patrimonio ferroviario es patente, en los últimos años el uso de la “Petite Ceinture” había quedado de la siguiente manera [8]:

- Su tramo oeste estaba siendo utilizado por el RERC.

- Su tramo norte entre la “Gare du Nord” y la “Gare de l’Est” era afectado por circulaciones técnicas o de mercancías ocasionales.

---

9 “Plan d’Occupation des Sols”.

10 “Gares”: Estaciones ferroviarias.

---

- El tráfico en el tramo este entre la “Gare Saint-Lazare” y la “Gare du Nord” fue interrumpido en el año 2000.

- Y el resto de tramos, 23km en su totalidad, no estaba abierto al tráfico ferroviario, quedando además prohibido su acceso al público.

A través de sus décadas en abandono, la “Petite Ceinture” pudo desarrollar una vegetación autóctona propia (mayoritariamente salvaje) así como el desarrollo de ciertas especies animales, gracias en primer lugar a la ausencia de tráfico ferroviario, y en segundo lugar, a la relativa ausencia de frecuencia humana en las proximidades de las vías. Es por ello que la “Petite Ceinture” ha pasado a ser un elemento clave más en la trama verde parisina: su configuración lineal y la proximidad con los bosques, grandes parques, el río Sena, los canales, y las vías férreas ha favorecido la propagación de una fauna y una flora que pone en relación los espacios naturales de París en una continuidad ecológica.

Los proyectos que se están llevando a cabo pretenden, por lo tanto, encontrarle un sitio a esta infraestructura funcional en una ciudad densificada que carece de espacios verdes. Estos proyectos varían entre:

-Prolongación del tranvía T3 en el margen derecho del río Sena, comunicando los distritos 12 y 13.

- Prolongación del tranvía T2 reutilizando un tramo de la “Petite Ceinture” en “Porte de Versailles”.

- Reutilización de tramos con el fin de interconectar varias estaciones (ejemplo: conexión “Gare du Nord” y “Gare de l’Est”.

- Una línea turística de carril bici en continuación con la “Promenade Plantée”.

- Tramos destinados a espacio público natural.

- Carriles bici.

## CONCLUSION: HACIA UNA RECONVERSION

Cuando investigamos la densificación de las ciudades de hoy en día, debemos antes de todo ser conscientes de que debemos utilizar el máximo espacio posible ya equipado, y estas zonas industriales representan, entre otros, un espacio ideal para favorecer la inserción de nuevos usos en un sitio preexistente. Estas “friches” nos dan, por un lado, la oportunidad de descontaminar espacios en los cuales hay presentes riesgos ya no sólo ambientales, sino para los propios ciudadanos, debido a las potenciales intoxicaciones, electrocuciones o incendios que pueden llevarse a cabo en esos lugares. Por otro lado, al estar normalmente situados en emplazamientos estratégicos, bien sea en el corazón de las ciudades o en su periferia, éstos nos ofrecen la posibilidad de densificar el tejido urbano y de realizar una labor de unificación en la ciudad, siendo aquí donde esta reconversión comienza a tener un rol determinante en el tejido urbano actual.

Además evitaría la acelerada expansión urbana con la que contamos actualmente a modo de “mancha de aceite” que acelera la desaparición de espacios agrícolas y naturales, con su consecuente ahorro en costes por infraestructuras y en emisiones.

En definitiva, el tener en cuenta la transformación de las zonas industriales abandonadas es sin duda una evolución hacia una ciudad sostenible. En este sentido, la sostenibilidad será necesariamente un pilar clave en el desarrollo de cualquier proyecto que se lleve a cabo en todas sus escalas y ámbitos, volviéndose protagonistas la buena gestión de los nuevos flujos, la inserción de una conexión con la naturaleza y, ante todo, la calidad arquitectónica y paisajística.

## BIBLIOGRAFÍA :

[1] L'actualité professionnelle du secteur de l'environnement. [www.actu-environnement.com](http://www.actu-environnement.com)

[2] BASIAS, Inventaire historique de Sites Industriels et Activités de Service [www.basias.brgm.fr](http://www.basias.brgm.fr) + BASOL, Base de données Basol sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif [www.basol.developpement-durable.gouv.fr](http://www.basol.developpement-durable.gouv.fr)

- [3] Reconversion des friches industrielles : quels enjeux ? Debate en Groupe Caisse des Dépôts. [www.caissedesdepots.fr](http://www.caissedesdepots.fr)
- [4] Traducción de un extracto del libro “La Petite Ceinture de Paris” de Jean-Pierre Rigouard, pág. 102. 2009
- [5] Traducción de un extracto de “La Charte de la Petite Ceinture”. APUR. 2000.
- [6] Le livre blanc de la Petite Ceinture”. Guez Alain. 1996.
- [7] Artículo La Petite Ceinture ferroviaire de Paris et ses gares. Un patrimoine disponible pour les enjeux du XXIème siècle. Bruno Bretelle.+ Association Sauvegarde Petite Ceinture ASPCRF [www.petiteceinture.org](http://www.petiteceinture.org). + “Les Gares de la Petite Ceinture”. APUR. Octubre 2002.
- [8] Paris.fr, site officiel de la ville de Paris (Mairie de Paris) [www.paris.fr](http://www.paris.fr)



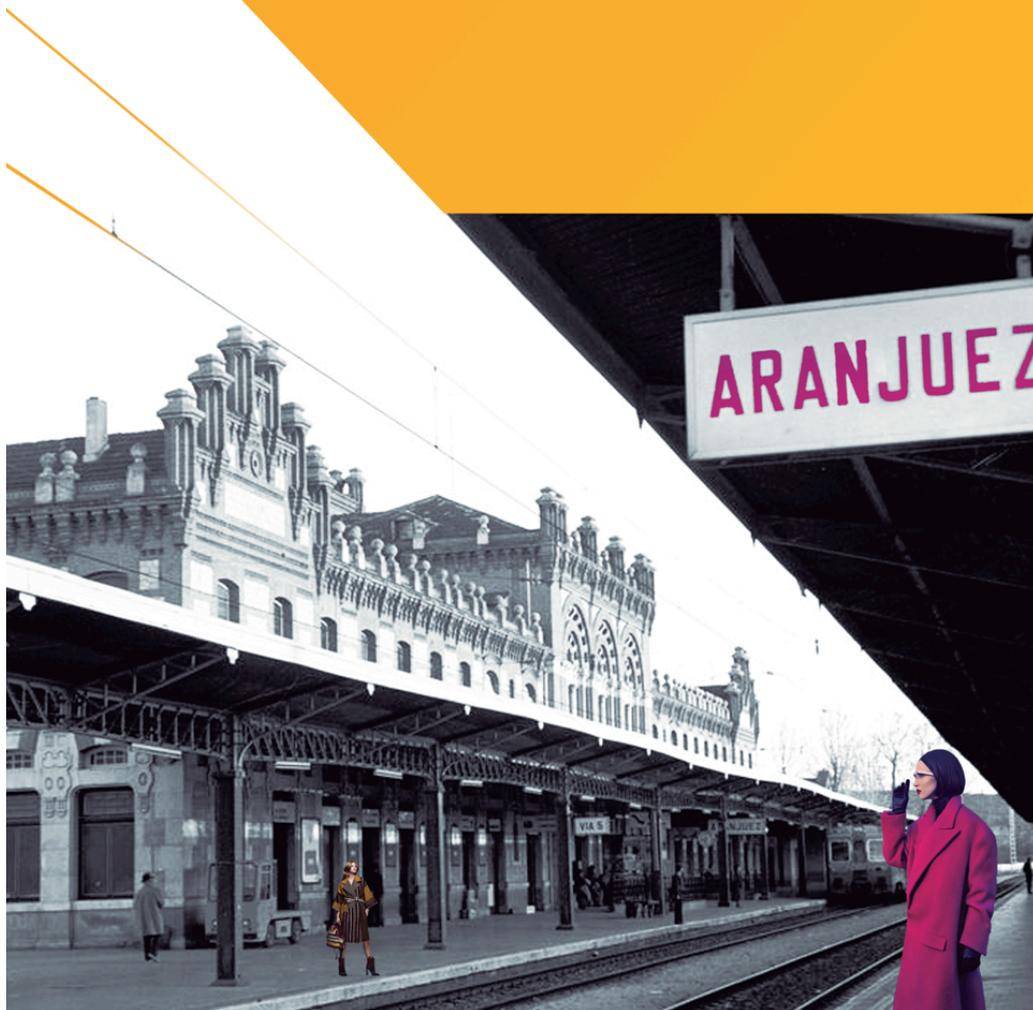
# Rehabilitación de la Estación de Aranjuez

Juan González Miralles de Imperial

Estudiante de Grado en Arquitectura ETSAM – UPM | [juan.gonzalezmi@hotmail.es](mailto:juan.gonzalezmi@hotmail.es)

Rosa Pérez Resino

Estudiante de Arquitectura (PFC) ETSAM – UPM | [rosaperezresino@hotmail.com](mailto:rosaperezresino@hotmail.com)



# ABSTRACT

---

The industrial railway heritage in this country includes numerous pieces of great architectural interest. The study of these icons allows for a recuperation of constructive techniques that have gradually become obsolete over time. As a part of the “Royal Site of Aranjuez’s Catalogue”, and declared a “World Heritage Cultural Landscape” by UNESCO, the Aranjuez Railway Station is undoubtedly an ideal example of these emblematic buildings. In order to rescue the Station from its current state of deterioration and restore its past splendor, ADIF decides to promote the rehabilitation of the complex, appointing the project to INECO, which forms a multidisciplinary team with their own technicians and the support of the architect Javier Contreras Plaza in all those aspects related to twentieth-century technical processes and the restoration of the constructive systems. The works are being financed with Cultural Funds of the Ministries of Development and Culture. The project managers are technicians of INECO, being CONACON- Hermanos Campano S.L. Joint Venture the builder.

The platform canopies are one of the most affected parts due to deterioration, and require the riveting technique for the restoration. The use of this forgotten technique is indispensable in order to maintain the Railway Station’s original character. In this article, the rejuvenation process of the canopies will be presented. During this process both the structural repair and recovery of the constructive system were achieved. We hope that this project can set precedent for further industrial heritage interventions, and manifest the importance of recuperating constructive systems.

Keywords: canopy, bolting and riveting, Aranjuez, station, rail

# RESUMEN

---

El patrimonio industrial ferroviario de nuestro país cuenta con numerosas piezas de gran interés arquitectónico. El estudio de estos iconos permite un acercamiento a técnicas constructivas que paulatinamente han ido quedando obsoletas. Formando parte del Catálogo Monumental del Real Sitio de Aranjuez y declarado Paisaje Cultural Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO desde 2001, la Estación de Aranjuez es, sin duda, un ejemplo ideal de estos edificios emblemáticos. Para rescatarla del estado de deterioro actual y devolver a la Estación todo el esplendor de tiempos pasados, ADIF decide promover la rehabilitación de este complejo, encargando el proyecto a INECO, que a su vez forma un equipo multidisciplinar con técnicos propios apoyados por el arquitecto Javier Contreras Plaza para definir todos aquellos aspectos vinculados a los procesos tecnológicos del s. XIX y a la restauración de los sistemas constructivos. Las obras se están realizando financiadas con fondos del 1% Cultural, otorgados a ADIF por los Ministerios de Fomento y Cultura. El equipo responsable de la Dirección Facultativa de las obras está formado por técnicos de la empresa INECO, siendo la empresa contratista una UTE formada por las empresas CONACON y Hermanos Campano S.L..

Las marquesinas de los andenes son una de las partes más deterioradas de esta obra, requiriendo la técnica del roblonado en su restauración. Ésta técnica, olvidada en la actualidad, será indispensable para mantener el carácter original de la Estación. A través de este artículo, se expondrá el proceso de rejuvenecimiento al que se han sometido las marquesinas. De esta manera se ha conseguido no solo la reparación estructural, sino también la recuperación del sistema constructivo. Esperamos que esta actuación sirva para sentar precedente en cuanto a intervenciones sobre el patrimonio industrial, y ponga de manifiesto la importancia de recuperar los sistemas constructivos.

Palabras clave: marquesina, roblonado, Aranjuez, estación, ferroviario.

## INTRODUCCIÓN

Una de las principales motivaciones que nos han llevado a la realización de este artículo ha sido, afortunadamente, el hecho de que ambos autores hemos tenido la oportunidad de ser estudiantes en prácticas en la Oficina Técnica de la Dirección de Patrimonio y Urbanismo de ADIF, lo que nos ha permitido tener acceso de primera mano al Proyecto de Restauración de las Marquesinas de los Andenes 1 y 2 de la Estación de Aranjuez, así como poder visitar dicho recinto ferroviario y conocer personalmente al equipo humano y técnico responsable de este proyecto, sin cuya ayuda y asesoramiento este artículo no habría visto la luz.

Sin duda, la formación adquirida en la Escuela de Arquitectura de Madrid (UPM), especialmente en relación con el Patrimonio Arquitectónico, nos hizo pensar que este artículo podía suponer una herramienta para poner de relieve la recuperación de técnicas constructivas actualmente casi en desuso en España, como lo es el Roblonado en Estructuras Metálicas. Nos parecía interesante, más si tenemos en cuenta el importante legado patrimonial del que disponemos en este país y las numerosas estructuras metálicas fijadas con este tipo de uniones, poder destacar las particularidades y curiosidades que la recuperación y puesta en marcha de esta técnica constructiva ha supuesto dentro del proyecto.

Es por ello que, el presente artículo se centrará en describir las actuaciones llevadas a cabo para la Rehabilitación y Mejora de las Marquesinas de los Andenes 1 y 2 de la Estación Ferroviaria de Aranjuez, intervención enmarcada dentro del Proyecto Constructivo de Rehabilitación de la Estación de Ferrocarril de Aranjuez (Fase II), realizado entre octubre de 2012 y enero de 2016.

## SITUACIÓN

La Estación Ferroviaria de Aranjuez está situada en la Plaza de la Estación [40° 02' N, -3° 37' W], en Aranjuez, dentro de la Comunidad Autónoma de Madrid. Las primeras instalaciones ferroviarias de Aranjuez se empezaron a construir en 1851 para la línea Madrid - Alicante, popularmente conocida entonces como “Tren de la Fresa”, denominación que hoy se ha

recuperado para el servicio turístico actual. La estación pertenece a la línea C3 de Cercanías Madrid-Aranjuez. Se trata de la segunda instalación ferroviaria más antigua de España, formando, como decíamos al comienzo de este artículo, parte del patrimonio cultural de Aranjuez. Además, la Estación y el conjunto ferroviario del que forma parte, constituyen uno de los vestigios más representativos de la era industrial del s. XIX en España.

## AUTORÍA

Aunque existía un edificio primigenio anterior al edificio actual, se puede decir que, el primer proyecto, germen del edificio que hoy en día conocemos fue realizado por el ingeniero Ramón Perioncel y posteriormente continuado por el también ingeniero Domingo Murguruza, ambos pertenecientes a la Compañía de los Ferrocarriles de Madrid a Zaragoza - Alicante (MZA).

El proyecto definitivo fue aprobado en 1922 por el Ingeniero Jefe de Vía y Obras, Francisco Barón Blanco, y aunque el nombre del arquitecto no aparezca en ninguno de los documentos del proyecto(algo común en las construcciones ferroviarias), se sabe por diferentes fuentes que su autor artístico fue Narciso Clavería, arquitecto del Taller de Vía y Obras de la Primera Sección de Alicante (al igual que lo fue de la Estación de Toledo, con la que presenta notables similitudes estéticas y formales).

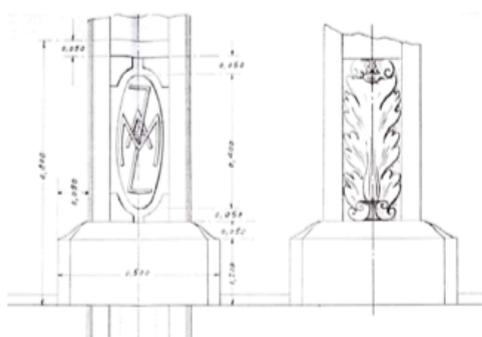
El diseño de las marquesinas, pertenece al cuerpo de ingenieros de la MZA (sin una autoría concreta), dentro de un proceso corporativo de estandarización e implantación de este tipo de estructuras, a otras estaciones de la red ferroviaria.



Fig. 01 | Introducción de la Estación

Introducción de la estación de Aranjuez

## LAS MARQUESINAS DE LA ESTACIÓN DE ARANJUEZ



El proyecto de la estación actual de Aranjuez se completó en el año 1851 con la instalación de las marquesinas en contacto con el edificio de viajeros y que se prolongaba por el sur con una cubierta a cuatro aguas para englobar el edificio de aseos, y dos marquesinas para los andenes intermedios, siendo reformadas hacia 1980 para

adaptarlos a los trenes y normativa del momento.

La instalación de estas marquesinas fue un trabajo que se llevó a cabo entre tres empresas distintas:

- El Taller Central de Vía y Obras de Villaverde Bajo, encargado de la estructura metálica.
- La Casa de Juan Donate y Franco, que proporcionó el vidrio de los lucernarios.
- Uralita S.A., encargada de proporcionar las planchas de uralita de la cubierta.



Fig. 02 | Proceso Histórico de Producción de las Marquesinas

No contamos con el Proyecto original de las marquesinas, ni con la Memoria; pero a través de documentación complementaria hemos podido reconstruir el proceso en la medida de lo posible. Las estructuras de hierro salieron del Taller de Villaverde, el cual no había teni-

do una gran capacidad de producción hasta la fecha y sólo había podido asumir pequeños trabajos de conservación o la construcción de algún tramo metálico de pequeña luz. Es por ello, que las mejoras y ampliaciones en el nuevo taller (se crearon naves de forja y de fundición, y un departamento de modelado) permitieron diseñar un modelo de “marquesinas tipo” que se pudieran aplicar a diferentes estaciones adaptándolas, si fuera necesario. Y de hecho esa fue la política que siguió la empresa MZA, convirtiéndose Aranjuez en referencia obligada para las futuras estaciones. En 1926 cuando se estaba diseñando la Estación de Algodor, el proyecto inicial recibió duras críticas a propósito de las marquesinas, ya que se consideraron excesivas para el volumen de viajeros que soportaría la estación, en comparación con la de Aranjuez, por ello se decidió implantar la marquesina tipo como solución. Lo mismo ocurrió en la estación próxima de Castillejo - Añover, prácticamente iguales a las de Aranjuez. Básicamente existían dos tipos de marquesinas en la red ferroviaria de MZA: la marquesina del andén principal que se apoya en el edificio principal de viajeros y en un soporte intermedio; y la de los andenes centrales, del tipo mariposa o gaviota.

Tanto la forma de la estructura metálica como los elementos decorativos de la misma se convirtieron en una seña de identidad de la empresa. La disposición de las piezas de adorno de hierro fundido en los pilares consta de dos partes distintas: en una de las caras del pilar se colocó un adorno de hoja de acacia; en la cara opuesta, un diseño con el logotipo MZA.

La parte decorativa de las marquesinas se consideró una parte fundamental de la misma pues no sólo eran armaduras de hierro, eran parte fundamental del proyecto estético y corporativo. Y así no es de extrañar que en las indicaciones que se le dieron al pintor contratado en Aranjuez se le advirtiese que la pintura y la decoración de las nuevas marquesinas de la estación de Aranjuez debían desarrollarse acorde a las instrucciones del proyecto arquitectónico de Narciso Clavería. Simultáneamente a la implantación de las estructuras metálicas, se llevó a cabo la colocación de los cristales y las uralitas. Para lo primero, se contactó con la Casa Juan Donato y Franco, dada su amplia experiencia en la producción del Sistema de Barras de Elipse, por ser éste el más indicado por sus buenas condiciones de instalación e impermeabilidad y tras haber sido implantado anteriormente con éxito en las instalaciones de los Talleres de Villaverde Bajo.

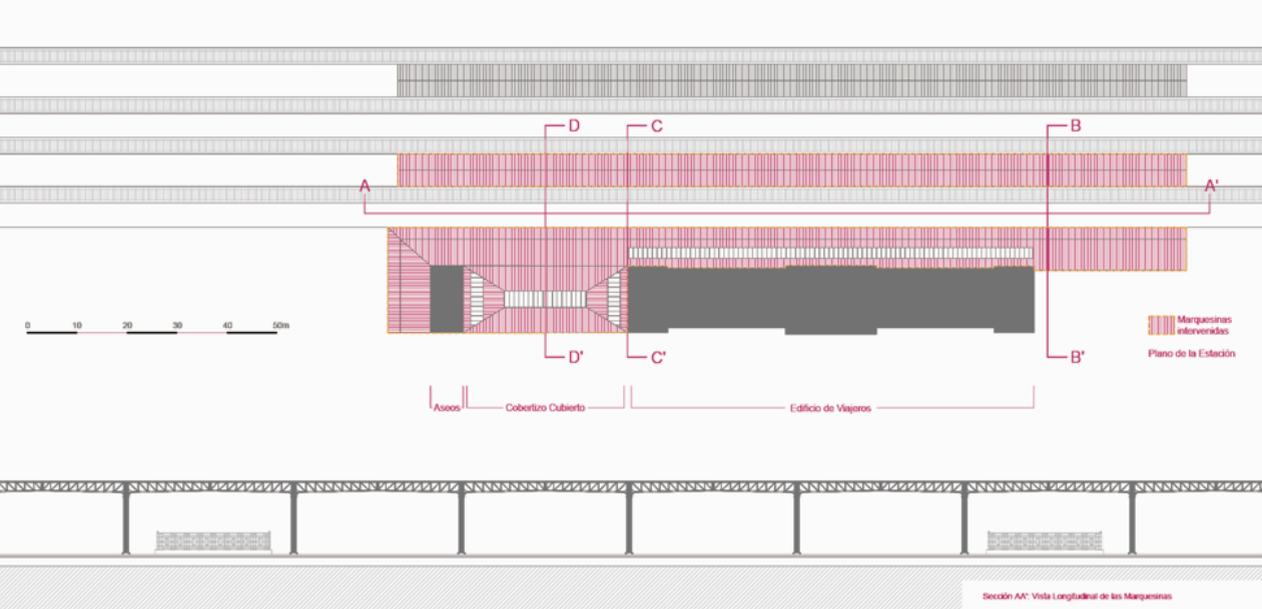
El Sistema Eclipse consistía básicamente en dos pestañas que hacen el cierre con el cristal por la parte exterior, y otra pestaña que lo hace por la parte interior. Su mayor baza era la facilidad de instalación, ya que no había más que levantar las pestañas que tenían las barras, atornillarlas a los apoyos con tornillos de cobre y aplastar las pestañas sobre los cristales. Era un sistema de acristalamiento que ya había sido utilizado en los lucernarios de edificios tan emblemáticos como el Banco Hispano-Americano de la Calle Duque de Alba, el Banco Urquijo de la Calle Alcalá, el Gran Kursaal Náutico de San Sebastián o el Banco Bilbao de Madrid.

El Sistema Eclipse incluía:

- Barras Eclipse con camisas de plomo para evitar la entrada de agua, con un dispositivo especial para evitar la rotura de cristales por dilatación y con todos los accesorios para su fijación (tornillos de cobre y grapas-zapato).
- Cristales estriados de la clase baldosilla de 5 a 6 mm de espesor para cubrir tanto los 341 m<sup>2</sup> de las marquesinas, como el linternón de la cubierta y los trapecios de esta misma.
- Chapa de plomo para asegurar la impermeabilización con el resto del tejado.

El Taller Central de Villaverde se encargó del cálculo de las planchas de Uralita necesarias para las marquesinas, siendo la empresa Uralita S.A. la adjudicataria, respondiendo al encargo con unas planchas “canaleta” de las medidas requeridas que redujesen las juntas y mejorasen la estanqueidad de la marquesina.

El día 30 de junio de 1926 se dio por finalizada la instalación del acristalado de las marquesinas de la nueva Estación de Aranjuez. Tras la Guerra Civil se intentaron reparar los daños ocasionados por la contienda, pero tras un análisis preliminar se decidió que los cristales de la marquesina no podrían ser reparados, ya que no existían suministros y reservas en aquel momento, y tampoco se contaba con los medios técnicos para su producción. Dos años después, en la Memoria de los Edificios Reparados tras la guerra, existen partidas destinadas a la reparación de las marquesinas y lucernarios de la Estación de Aranjuez del año 1940.



Sección AA' Vista Longitudinal de las Marquesinas

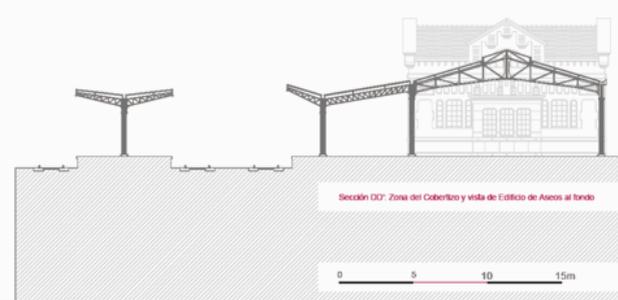
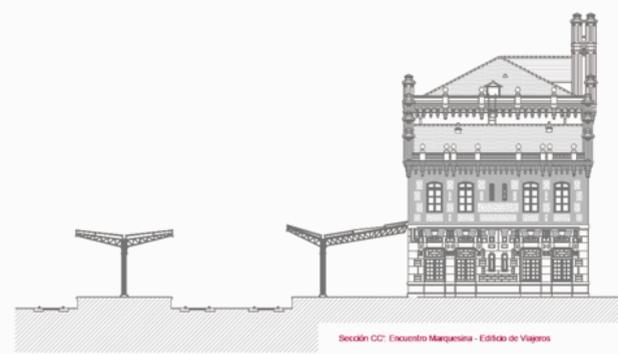
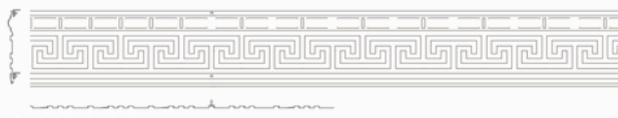
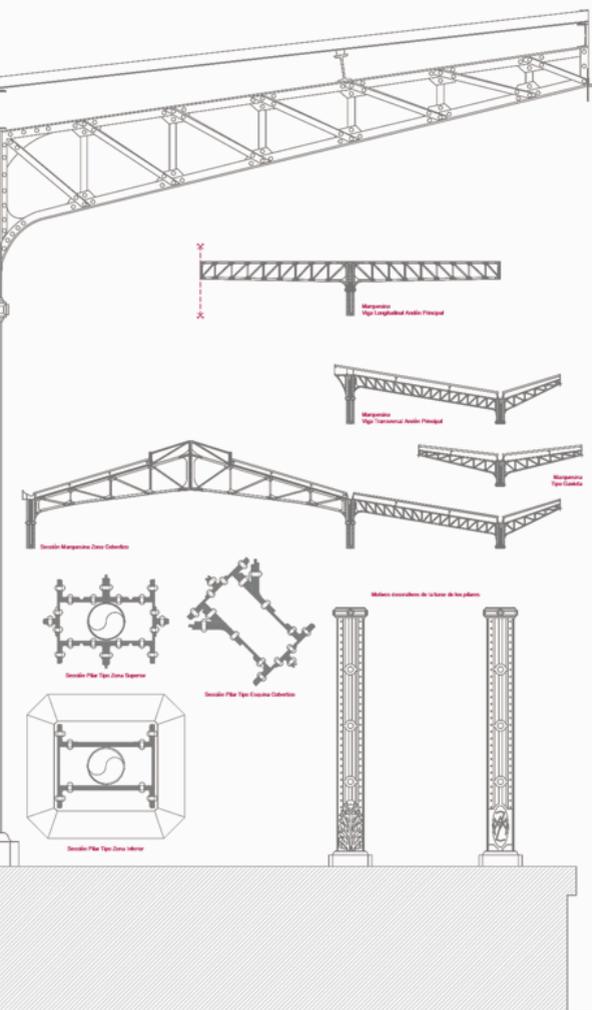


Fig. 03 | Descripción gráfica del Sistema de Marquesinas

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN

### Trabajos Previos

Antes de iniciar la rehabilitación de la estructura se realizaron ensayos de tracción, resistencia, y composición química, así como pruebas de soldadura, catas en terreno y se inspeccionó el estado actual de la estructura para analizar el avance de corrosión. Previo a los trabajos de desmontaje, se demolió el falso techo de madera, se levantó la cubierta de fibrocemento, las vigas de madera de soporte de cubiertas y canalones, y las correas metálicas y remates de borde que se sustentaban sobre la estructura. Se realizó un minucioso inventario de todos los elementos de la estructura para su posterior colocación en obra.

Tras realizar los ensayos y pruebas pertinentes, se concluyó que todos los elementos metálicos de las marquesinas presentaban problemas de tipo estructural, causados por el mal funcionamiento del sistema de evacuación de las cubiertas, y porque los apoyos de los pilares habían sido realizados directamente sobre las arquetas o sobre una base de hormigón de baja calidad, ocasionado asentamientos. Además de esto, la falta de protección del interior de los pilares, sometida a la acción continuada del agua, produjo corrosiones, perforaciones y pérdidas de sección en los mismos, con abombamientos e incluso perforaciones de las pletinas o llantas.

### Proceso de desmontaje

Para llevar a cabo la restauración fue necesario desmontar y trasladar la estructura de las marquesinas al Taller de Forja Muñoz S.L., situado en la localidad vallisoletana de Fuente el Sol. Para ello, se dispusieron apeos de la estructura, tras lo que se picó el solado y la solera del andén para acceder a la cimentación original. Una vez hecho esto, se cortaron los roblones en mal estado para liberar la estructura, empleando una pistola neumática de aire a presión (Riveting Buster) y evitando así posibles daños. En casos extremos en que los roblones estaban muy deteriorados, se empleó con mucha precaución una sierra radial.

Se procedió a la retirada de ménsulas laterales perpendiculares al andén, antes de lo cual se numeraron adecuadamente, indicando el pilar o pilares entre los que se encontraba apoyada de acuerdo a la numeración de proyecto e indicando el lado al que correspondían, ya fuese

izquierda o derecha mirando hacia Madrid. A continuación, se desmontó el pilar asegurándolo con una mini grúa mediante eslingas textiles que permitían una mayor maniobrabilidad. Se retiraron los tornillos que aseguraban la estructura, y se realizó el corte del pilar procurando que se llevase a cabo en torno a 20 cm por debajo de rasante del andén, tras lo que se desmontó la viga longitudinal previamente apeada. Se dispuso un perfil metálico auxiliar (IPE, UPN) que evitase que al elevar la viga ésta se deformase.

### El trabajo en Taller

Como hemos mencionado con anterioridad, la subcontratación de los trabajos de roblonado recayó en el pequeño pero competente Taller de Forja Muñoz, donde se sustituyeron y repararon los roblones y llantas en mal estado.

Nada más llegar al taller, se procedió al desmontaje de las piezas deterioradas. La corrosión se había extendido a prácticamente toda la estructura, por lo que se tuvo que actuar con precaución para poder alcanzar todas las partes dañadas. Tras el desmontaje, se empleó una arena de sílice seca de 0,7 mm para el chorreado de la estructura; con este procedimiento se consigue eliminar el óxido de las marquesinas, así como la pintura y las impurezas y restos que pudieran presentar. Esta tarea suele realizarse en el exterior por comodidad a la hora de ser ejecutado, retirándose la arena junto con el óxido ya desprendido posteriormente.

Una vez limpias y listas, las marquesinas son devueltas al interior del taller, donde se procedió a su reparación. Las secciones más dañadas son sustituidas por cartelas de acero de similares características mediante soldadura. Los roblones en mal estado son repuestos con las máquinas de roblonado que el Taller de Forja Muñoz encargó en Estados Unidos para poder realizar esta rehabilitación. El roblonado se realiza prioritariamente con la máquina fija, puesto que resulta más fácil y requiere menos esfuerzo por parte del operario; si el punto de roblonado es de difícil acceso se emplea la máquina más pequeña que, a pesar de ser más manejable, es considerablemente menos sencilla de utilizar. El proceso es largo y requiere de mucho cuidado, pues el roblonado debe realizarse de uno en uno y sin alterar o deformar la estructura original. Una vez reparados, recibieron primero una imprimación antioxidante.

Esta imprimación intenta evitar en el futuro un deterioro como el que presentaban antes de ser reparadas. Tras dejar secar la imprimación, son pintadas con pintura anticorrosiva y devueltas a la Estación para proceder a su recolocación.

### Proceso de montaje

El montaje de pilares se ejecutó una vez finalizadas las nuevas cimentaciones. Se elevaron mediante la mini-grúa hasta conseguir colocarlos en la vertical de la cimentación. Posteriormente se procedió a fijar la placa de anclaje a los pernos y se roscaron las tuercas de los mismos. Finalmente se nivelaron y aplomaron los pilares y se fijaron definitivamente mediante el apriete de los pernos. El proceso es el que sigue:

Montaje de vigas colocando las vías en el vano correspondiente. Una vez situadas se procedió a izarlas y alinearlas adecuadamente entre las pletinas de los pilares que las recibían. Finalmente se fijaron de manera provisional mediante tornillos de acero de métrica 12mm.

Colocación de las ménsulas de manera análoga a la descrita en el punto anterior. El proceso de montaje de las ménsulas fue progresivo, compensando el lado andén con el lado estación de manera que no se produjesen esfuerzos a la viga.

Los medios auxiliares empleados fueron andamios de aluminio con ruedas y, en caso de ser preciso, plataformas elevadoras.

Finalmente se procedió con el roblonado in situ de las uniones, sustituyendo paulatinamente los tornillos de montaje provisionales por roblones de la métrica adecuada. En este paso, se empleó la máquina de roblonado portátil que describíamos en el apartado anterior y que, a diferencia de la máquina fija, requiere de dos operarios para su utilización: uno que sujete la buterola, mientras el otro emplea la máquina roblonadora. Tras esto, se procedió a la inspección final y repaso de la estructura, repasando en su caso la pintura de las zonas afectadas por el montaje.

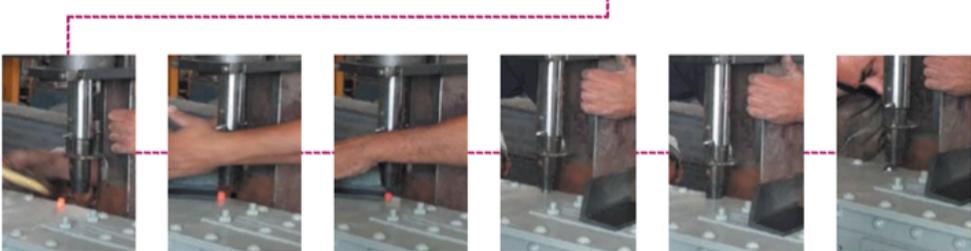
### Estado Previo



### Proceso de Desmontaje



### Trabajo en Taller



### Proceso de Montaje



Fig. 04 | Imágenes del Proceso de Restauración de las Marquesinas

## DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA CONSTRUCTIVA DEL ROBLONADO

### Contexto Histórico

La técnica del roblonado tuvo su apogeo desde finales del s. XVIII, durante todo el s. XIX y hasta el primer cuarto del s. XX, momento en que su uso fue paulatinamente desplazado por la tornillería y por la soldadura, técnicas más rápidas y económicas. Con la Revolución Industrial como marco histórico y social, se construyeron grandes estructuras de acero roblonado, siendo la Torre Eiffel probablemente su ejemplo más representativo. España llevó un cierto retraso en la utilización de la llamada Arquitectura e Ingeniería de Hierro, de la que las grandes capitales europeas y norteamericanas cuentan con infinidad de ejemplos.

A pesar de ello, las infraestructuras del transporte español del siglo XIX (estaciones ferroviarias, puentes y viaductos, fundamentalmente), que requerían versatilidad, luminosidad, amplitud y bajo coste, se adaptaron fácilmente a esta Ingeniería de Hierro, existiendo notables ejemplos como las Estaciones de Atocha, Delicias y Príncipe Pío en Madrid, la Estación de Valladolid, la Estación de França en Barcelona y otros múltiples ejemplos entre los que se encuentra la de Aranjuez.

### La Técnica del Roblonado como herramienta de rehabilitación

Antes del comienzo de la restauración de las marquesinas, sus perfiles estructurales y la ornamentación se encontraban en un avanzado estado de corrosión. Esta patología se debía a un deficiente sistema de evacuación de aguas de las cubiertas, que había dañado el falso techo de madera de las marquesinas y acumulaba el agua en la base de los pilares deshaciéndolos literalmente por la corrosión del metal, y llegando a provocar incluso asentamientos de la cimentación y en consecuencia pérdida de linealidad y continuidad de la de las marquesinas. Ante esta problemática, las alternativas eran básicamente dos: la renovación, en teoría más fácil y económica; o la reparación, sustituyendo pletinas y perfiles para reforzar y recuperar estructuralmente los pilares y cerchas. Hay que pensar que no se trataba solo de proceder a una reparación puramente estructural ajustada a la normativa, sino de recuperar en sí mismo el

sistema constructivo, uno de los valores esenciales de la tipología del objeto arquitectónico. La cuestión a decidir era cuál era técnicamente la forma adecuada para recuperar el sistema en su conjunto, surgiendo así la posibilidad de recuperar la técnica del roblonado como sistema original de unión de los elementos de las estructuras metálicas.

Esta propuesta resultó en un principio muy controvertida, ya que actualmente el roblonado está fuera de normativa y podía debilitar la sección de acero por el calor, a la vez que su obsolescencia dificultaba realizar un presupuesto fiable debido a la falta de referencias actuales. Además, resultaba sin duda más fácil emplear tornillos de alta resistencia, como recomiendan los manuales actuales.

La última normativa que contemplaba el roblonado en España fue la Norma NBE EA-95, “Estructuras de Acero en la edificación”, que derogó a la más antigua y específica Norma MV 105-1967. A pesar de los impedimentos expuestos, finalmente prevaleció la idea original de no sólo actuar sobre la materia, sino sobre el sistema en su conjunto -con todo lo que ello implicaba-incluyéndose afortunadamente el roblonado como técnica rehabilitadora en el proyecto. Al no existir normativa actual por tratarse de un sistema de unión ya en desuso, en el Pliego de Condiciones Técnicas Particulares del proyecto se incluyeron las correspondientes prescripciones haciendo referencia a la citada Norma MV 105-1967.



Fig. 5 | Descripción Gráfica de la Técnica del Roblonado

El roblonado es un procedimiento tradicional para la unión de piezas metálicas (chapas y/o perfiles metálicos) que produce la unión fija de varias piezas por medio de roblones. Puede parecer un proceso obsoleto, sin duda desde el ámbito de lo normativo, sin embargo al encuadrarlo dentro de su aplicación en el patrimonio industrial no resulta tan anacrónico. Menos anacrónico resulta aún en otros países de antigua colonización inglesa o países anglosajones con amplio patrimonio industrial reciente, como es el caso de la India o Estados Unidos, respectivamente, por su presencia en obras más reciente. Es en estos países, concretamente en Estados Unidos, donde existe una mayor experiencia, formación y maquinaria específica para el roblonado.

La retirada de los roblones sueltos o en mal estado se realizó con máquinas neumáticas de aire comprimido norteamericanas (Riveting Buster), con las que se consiguió la rotura del vástago del roblón por esfuerzo cortante, sin ningún aporte de calor. El proceso de adquisición de la maquinaria fue toda una experiencia en sí mismo: los responsables del Taller de Forja Muñoz compraron la maquinaria a través de internet en Estados Unidos, sin tener conocimientos de la lengua inglesa, lo que no fue un impedimento para hacerse entender con los vendedores y adquirir las herramientas (que no se vendían en Europa) a un precio muy asequible y en poco tiempo.

Los roblones o remaches solían y están fabricados con metales dúctiles, maleables y tenaces, como el cobre, el aluminio, algunas aleaciones y acero dulce, como ocurre en este caso. El roblón está formado por una única pieza de acero con una cabeza y un vástago o caña y el proceso de implantación es lento, pues se ha de proceder de uno en uno, calentando homogénea y previamente el roblón hasta una temperatura de entre 950° y 1050°.

Al ser colocados mediante una máquina roblonadora de presión uniforme (Riveting Hammer), los roblones deben estar a la temperatura del rojo cereza claro, sin que estos hayan bajado del rojo sombra al terminarse de formar la cabeza del cierre. Tras la operación de roblonado, se forma también en el extremo opuesto de la caña otra cabeza de igual forma a la anterior, que es la de cierre y asegura la unión fija. Los diámetros de los agujeros, salvo excepciones justificadas, se ejecutan 1mm mayor que el diámetro de la espiga del roblón.

Ambos autores reflejamos nuestra conformidad con las bases del premio publicadas el día 15 de diciembre de 2015.

## AGRADECIMIENTOS

El presente artículo de investigación fue realizado con el apoyo del equipo de la Oficina Técnica de la Dirección de Patrimonio y Urbanismo de ADIF. También fue muy importante para nosotros, toda la documentación e información facilitada por el equipo de INECO y la inestimable ayuda del arquitecto Javier Contreras Plaza, al que le agradecemos desde aquí su visita y el buen rato que pasamos hablando sobre este proyecto y sobre muchos otros temas... A todos ellos decirles que les agradecemos el tiempo que nos han dedicado, ya que sin su ayuda, experiencia y conocimientos este trabajo no habría sido posible.

Esperamos que este artículo (aunque de forma resumida), divulgue el esfuerzo técnico, humano y de recuperación de antiguas técnicas constructivas, que han realizado todas las personas citadas en las obras de rehabilitación en la Estación de Aranjuez.

## BIBLIOGRAFÍA

MONJO, J., MALDONADO, L. (2001). Patologías y Técnicas de Intervención en Estructuras Arquitectónicas. Madrid: Munilla-Lería

BRUFAU I NIUBÓ, ROBERT (2010). Rehabilitar con Acero. Barcelona: APTA

VV. AA., (2004). Arquitectura y Desarrollo Urbano CAM Aranjuez. Madrid: Conserjería de Medio Ambiente CAM, COAM

CONTRERAS PLAZA, JAVIER. (2014). “La Rehabilitación de la Estación de Aranjuez” en Autoría del Curso de Verano de la UPM en la Granja del San Ildefonso, Segovia.

INECO, Equipo Técnico (2012). Proyecto Constructivo de Rehabilitación de las Marquesinas de los Andenes 1 y 2 de la Estación de Aranjuez. Madrid.





# EL TALLER DE PRECISIÓN DE ARTILLERÍA DE MADRID UN SINGULAR ESTABLECIMIEN- TO INDUSTRIAL MILITAR

Álvaro Valdés Menéndez: Madrid, Ciudadanía y Patrimonio

# ABSTRACT

---

Keywords: Taller de Precisión, artillery, Madrid, industrial heritage, military architecture

The Taller de Precisión de Artillería is a military establishment created in 1898 and located in the Ensanche North of Madrid, in the Raimundo Fernández Villaverde street. It is a complex of industrial architecture, which manifests itself in the clear and flexibility of its interior spaces and its refined architectural language. It is composed of several buildings that make up an architectural ensemble that has been forming over time. Was one of the pioneers in Spain in the use of reinforced concrete, was the first building in Madrid in using structural elements of this new material. The Taller de Precision included several different features: the Cabinet of Metrology was responsible for dimensional monitoring of factories in charge of the artillery corps, the chemical laboratory was responsible for the study of explosives, and mechanical testing of metallurgical research laboratory. He was also responsible for the construction and maintenance of telemetry and electrical instruments. It also had an optical workshop to manufacture all types of devices such as eyeglasses or Protractor. Its various units have suffered continuous adaptations, transformations and expansions over time, in line with the processes unfolding inside. The history of this Centre is closely linked to scientific military research as Captain Agustin Plana Sancho, Colonel Juan Costilla Arias or the general Méndez Parada. The Taller de Precision constituted one of the poles around which grew the Chamberí district, and that have contributed to give it its character and its current urban formation. It was abolished in 2011 and its functions transferred to the Instituto Tecnológico “La Marañosa” (ITM). Currently it is foreseen its demolition to give way to an urbanistic operation which aims to build a housing estate.

# RESUMEN

---

Palabras clave: Taller de Precisión, Artillería, Madrid, patrimonio industrial, arquitectura militar

El Taller de Precisión de Artillería es un establecimiento militar creado en 1898 y situado en el Ensanche Norte de Madrid, en la calle Raimundo Fernández Villaverde no50. Es un conjunto de arquitectura industrial, lo que se manifiesta en la diáfana y flexibilidad de sus espacios interiores y en su depurado lenguaje arquitectónico. Se compone de varias edificaciones que integran un conjunto arquitectónico que se ha ido conformando con el tiempo. Fue una de las construcciones pioneras en España en el uso de hormigón armado, siendo el primer edificio de Madrid en emplear elementos estructurales de este nuevo material. El Taller de Precisión englobaba distintas funciones: el gabinete de Metrología se encargaba de la supervisión dimensional de las fábricas a cargo del Cuerpo de Artillería, el Laboratorio Químico se encargaba del estudio de explosivos, y el Laboratorio de Pruebas Mecánicas de investigaciones metalúrgicas. Asimismo se encargaba de la construcción y mantenimiento de instrumentos telemétricos y eléctricos. Contaba también con un Taller de Óptica para fabricar todo tipo de aparatos como anteojos o goniómetros. Sus distintas dependencias han sufrido continuas adaptaciones, transformaciones y ampliaciones a lo largo del tiempo, en consonancia con los procesos productivos que se desarrollaban en su interior. La historia de este centro está estrechamente vinculada a la investigación científica militar como el capitán Agustín Plana Sancho, el coronel Juan Costilla Arias o el general Méndez Parada. El Taller de Precisión constituyó uno de los polos en torno a los cuales creció el barrio de Chamberí, y que han contribuido a darle su carácter y su conformación urbana actual. Fue suprimido en 2011 y sus funciones trasladadas al Instituto Tecnológico “La Marañosa” (ITM). En la actualidad se prevee su demolición para dar paso a una operación urbanística para construir una promoción residencial.

Lo que conocemos abreviadamente por “Taller de Precisión de Artillería” (TPA1) designa un establecimiento militar cuyo nombre ha ido variando con el tiempo. Fue creada por Real Orden de 26 de febrero de 1898 con el nombre de “Taller de Precisión y Laboratorio de Artillería”. A partir de 1904 se ampliaron sus funciones al campo de la electricidad, por lo que pasó a llamarse “Taller de Precisión, Laboratorio y Centro Electrotécnico de Artillería”. La Ley Azaña de 6 de febrero de 1932 cambió el organigrama de las industrias militares y agregó el título de “Fabrica Central” a las instalaciones<sup>2</sup>. Por último en 1939 se segregó el Laboratorio Central de Artillería, que fue trasladado a la Fábrica Nacional de La Marañosa<sup>3</sup>, por lo que volvió a cambiar su nombre definitivamente por el de “Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería” (TPYCEA), denominación que ha mantenido hasta 2011.

La Real Orden de 1898 recuperaba una institución que se había disuelto medio siglo antes. El 19 de octubre de 1854 se fundó el primer Taller de Precisión de Artillería con autonomía del Parque y Museo del Cuerpo de Artillería. Su cometido era garantizar la intercambiabilidad de las distintas piezas del material de guerra, cuya fabricación se dividía por entonces entre numerosas fábricas. Primero ubicado en la Iglesia de los Jerónimos de Madrid, en 1859-60 fue trasladado a la calle Montserrat<sup>4</sup> antes de ser disuelto en 1862. A pesar de su vida efímera, esta institución habría de tener una gran trascendencia que motivó su reapertura en febrero de 1898. En la Guerra hispano-estadounidense de 1898 (25 abril - 12 agosto 1898) se hizo evidente que la falta de precisión en la medida afectaba directamente a la eficacia del armamento. En la batalla naval de Santiago de Cuba algunos proyectiles del crucero Infanta Maria Teresa no entraron en las recámaras de los cañones<sup>5</sup>. La necesidad de fabricar munición dimensionalmente correcta se puso entonces dolorosamente de manifiesto.

Para entender la función del TPA es necesario comprender su papel dentro del complejo organigrama de las industrias militares españolas de finales del siglo XIX. Estos establecimientos fabriles eran fruto de una larga historia, y debían su implantación tanto a razones históricas como a factores de oportunidad o a cuestiones de carácter estratégico. El Taller de Precisión surgió como consecuencia de la necesidad de coordinación y jerarquización entre todas estas dispersas industrias militares<sup>6</sup>. Cada dependencia fabril estaba dotada de laboratorios y gabinetes de ensayo, y las continuas innovaciones en tecnología y maquinaria pronto hicieron necesaria una mayor coordinación entre los distintos establecimientos. «un laboratorio apropiado à toda suerte de investigaciones, que sin especialidad determinada las

abarcase todas, y que al propio tiempo fuera á modo de volante regulador de todas las que aquellos centros efectuaren, garantizando la unidad exigida por su estrecha dependencia<sup>7</sup>». La implantación de este establecimiento en Madrid fue un reflejo de la política centralizadora de la España de la Restauración, que ya se había puesto de manifiesto en el establecimiento en al capital de la Junta facultativa y de la Comisión de Experiencias de Artillería o del Laboratorio del Material de Ingenieros. La función centralizadora del Taller de Precisión se pondría de manifiesto en el adjetivo “Central” que frecuentemente acompañaba a estas instalaciones, como el “Laboratorio Central de Artillería” o el efímero título de “Fábrica Central” que tuvo en tiempos de la República.

La ubicación del Taller de Precisión seguía fielmente los preceptos establecidos por F.Roldán en su “Proyecto de un plan general para acuartelamiento” de 1888: «1o El mejor emplazamiento para los edificios militares, especialmente para los cuarteles, es el exterior de las poblaciones, aunque no a excesiva distancia, a fin de que disfruten de las ventajas higiénicas del aislamiento, sin perder las que proporcionan en recursos y distracciones los lugares habitados. 2o Los edificios de guerra se deben establecer más allá de los últimos arrabales de la población, formando barrios militares, para fomentar el compañerismo y tener las fuerzas reunidas bajo la inmediata vigilancia de sus jefes. Esta situación tendrá la ventaja del menor coste del solar. 3o Al elegir el emplazamiento de los cuarteles se debe procurar que dominen las principales avenidas de la población, que generalmente están marcadas por las carreteras o ferrocarriles que de ella irradian; lo que permitirá dominarla con facilidad, en caso de levantamiento popular»<sup>8</sup>.

Para emplazar la nueva instalación la comisión del Cuerpo del Artillería eligió un lugar llamado los “Altos del Hipódromo” ubicado en el Ensanche Norte de Madrid. Un paraje periférico situado justo en el límite del municipio de Madrid, tal y como establecía el punto 1o. Junto con el Laboratorio del Material de Ingenieros (1897-1899) sería uno de los primeros establecimientos militares en implantarse en los terrenos del Plan Castro, al que seguirían el Cuartel del Infante don Juan (1904-1906) y el Laboratorio Central de Sanidad Militar (1915-1922). La disponibilidad de agua puede ser una de las razones que explica su presencia en el Norte de la capital, zona en la que se ubicaban los depósitos del Canal del Lozoya. De

hecho, el “Canalillo9” pasaba por sus inmediaciones, y se habilitó una galería subterránea para permitir el suministro de agua y gas<sup>10</sup>. En los primeros proyectos ya se preveían unos depósitos elevados de agua que finalmente se construyeron con forma cúbica y estructura metálica, y cuya prominente presencia destaca en las primeras fotos conservadas del Taller de Precisión<sup>11</sup>. Esta ubicación aportaba también la ventaja fundamental de su fácil acceso por el Paseo de Ronda, tal y como recomendaba el 3o epígrafe. Un factor fundamental si tenemos en cuenta que era se trataba del único vial de importancia de sus inmediaciones, ya que el entorno del Taller de Precisión no urbanizaría hasta finales de la década de 1920<sup>12</sup>. La implantación del TPA dará lugar, con el tiempo, a la creación de un verdadero “polo militar” en esta zona, como luego veremos.

En septiembre de 1899 se compró a Juan Maroto Polo, Marqués de Santo Domingo un solar de 9.833 m<sup>2</sup> «sito en el ángulo noroeste del Hipódromo de esta corte<sup>13</sup>». En octubre se nombró al primer director, el coronel de artillería José López Larraya, al que se le confió la tarea de poner en marcha un establecimiento de estas características, y que permanecería en el cargo hasta la conclusión de las obras en 1905<sup>14</sup>. El 18 de noviembre de 1899 se realizó la tira de cuerdas<sup>15</sup> y en enero de 1900 se autorizó la adquisición de materiales y la ejecución de las obras

El conjunto inicial ocupaba dos tercios de la manzana no<sup>147</sup> del Ensanche, dejando libre únicamente el tercio norte que pertenecía a otro propietario. Se trataba de una manzana cuadrangular típica del “Plan Castro”, de unos 112 metros de anchura y 120 metros de longitud. La superficie de la parcela se niveló mediante una plataforma ataluzada de unos 106 metros de anchura, que en algunos puntos llegaba a alcanzar una diferencia de cota de casi 6 metros respecto a la rasante de la calle. Sobre este terraplén habrían de construirse los distintos pabellones.

Las cambiantes denominaciones del Taller de Precisión de Artillería reflejan los distintos cometidos que ha desempeñado a lo largo de su historia. Una pluralidad de funciones se pone de manifiesto en lo esencial de su planteamiento arquitectónico, formulado como «sistema de edificación de locales aislados<sup>16</sup>», esto es, una serie de pabellones separados

entre sí, y cada uno destinado a una función concreta. Los establecimientos militares como cuarteles o fábricas fueron algunas de la multitud de nuevas tipologías que alumbró el siglo XIX. Las comisiones de ingenieros militares llevaron a cabo una intensa experimentación en la combinatoria de pabellones con objeto de lograr una solución que resolviera todas las exigencias de orden funcional o sanitario. El aspecto más llamativo del Taller de Precisión es su singular disposición en planta (fig.1), de la que no encontramos precedentes en España. En esta distribución parecen haberse tenido en cuenta tanto las pautas compositivas propias de la arquitectura militar como las consideraciones específicas para acoger a un programa tan concreto y singular, puesto que para el diseño del conjunto se siguieron las recomendaciones de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de París<sup>17</sup>. La curiosa disposición resultante obedece a factores como las vibraciones, la incidencia de la luz o el aislamiento entre las distintas instalaciones. El jardín desempeñaba así un papel eminentemente funcional además de su función representativa, al servir como elemento de aislamiento entre los distintos pabellones. La singular disposición de los cuatro “pabellones angulares” tal vez busca priorizar la entrada de luz natural manteniendo la máxima separación posible entre los distintos cuerpos construídos. El edificio más singular del conjunto era el pabellón central destinado a Laboratorio de Metrología. El edificio tenía una curiosa forma angular y una orientación estudiada para que la incidencia del sol produjera la menor variación posible en sus mediciones. Además, unos gruesos muros evitaban las variaciones de la temperatura en su interior, estaba rodeado de un frondoso jardín y se encontraba alejado de cualquier punto que pudiera producir vibraciones<sup>18</sup>.



Vista aérea del Taller de Precisión de Artillería. Foto bingmaps

En origen el «establecimiento titulado Taller de Precisión y Laboratorio de Artillería dotado con personal independiente del de los demás establecimientos<sup>19</sup>» contaba con las siguientes misiones: Ante todo la adquisición, construcción, conservación y uso de los patrones-tipos necesarios para verificar constantemente la unificación de las medidas empleadas en las fábricas a cargo del Cuerpo de Artillería, y la fabricación y contraste del plantillaje e instrumentos que fueran convenientes. Éstas eran las funciones que habrían de desempeñar los laboratorios de “Metrología Industrial”. Y como “Laboratorio de Artillería”, el estudio de la composición, fabricación y conservación de los explosivos modernos y de sus primeras materias, procedentes de los establecimientos del Estado y de los particulares, tanto nacionales como extranjeros, que se llevarían a cabo en el pabellón llamado “Laboratorio Químico” o “Laboratorio de Análisis Químico”. Por la RO de 26 de enero 1900 se le añadieron otras misiones complementarias, como «la construcción y recomposición de instrumentos y aparatos telemétricos, eléctricos y demás de índole especial<sup>20</sup>» que se llevarían a cabo en el “Taller Mecánico”. También se le encargó «las pruebas mecánicas de los materiales empleados en las fábricas del Cuerpo» que se llevarían a cabo en el “Laboratorio de Pruebas Mecánicas”. El proyecto inicial depositado en el Archivo de Villa constaba de siete pabellones: cuatro pabellones angulares, dos pabellones longitudinales ocupando los lados largos de la parcela y un pabellón central de forma angular. La disposición del programa estaba ya esbozada, aunque habría de sufrir todavía algunas pequeñas variaciones. El pabellón situado en la esquina suroeste se destinaba a “Motores y electricidad”, mientras que su gemelo en el lado sureste acogería el “Laboratorio de análisis químico”. El pabellón angular del noreste se destinaba a “Laboratorio de pruebas mecánicas” mientras que su homólogo del noroeste albergaría el “Taller de construcción y reparación”. Ocupando la longitud del lado sur de la manzana se disponía un cuerpo en U destinado a “Oficinas, gabinetes y dependencias”. El lado norte del conjunto lo cerraba un cuerpo longitudinal destinado a “Almacén”. Por último, el centro del conjunto está ocupado por el pabellón de “Metrología”. El proyecto de este edificio sería el que más variaciones habría de sufrir: el ángulo entre sus dos alas era en el primer proyecto de 22o, que en el segundo proyecto pasó a ser de 13o y finalmente sería construído solo con un ángulo de 10o. Con pequeños cambios, esta sería en síntesis la distribución definitiva.

Las primeras construcciones proyectadas en 1899 se caracterizan por un cuidado aparejo de

ladrillo combinado con mampostería concertada que sigue las pautas tradicionales de la albañilería local, un estilo que algunos autores califican como “estilo neomudéjar (fig.2)”. Los pabellones constaban de sótano de unos 3 metros de altura y de una planta única de unos 7 metros de altura libre. Todas las construcciones estaban caracterizadas por la uniformidad, rasgo habitual de la arquitectura militar, como así se ponía de manifiesto en la memoria del proyecto «Todos los edificios obedecerán a un mismo tipo<sup>21</sup>». Una pauta uniforme que también se extendía a los alzados. En la memoria del proyecto solo se representaron las fachadas de uno de los pabellones, puesto que «las fachadas representadas en este plano corresponden al Laboratorio de Análisis Químico, que sirve de tipo a las demás variando solo la orientación<sup>22</sup>». Los edificios se construyeron con «mampostería concertada con ladrillo, pilastras y enrejado de hierro». Se cubrían con una cubierta plana que descansaba en una estructura de cemento Hennebique.



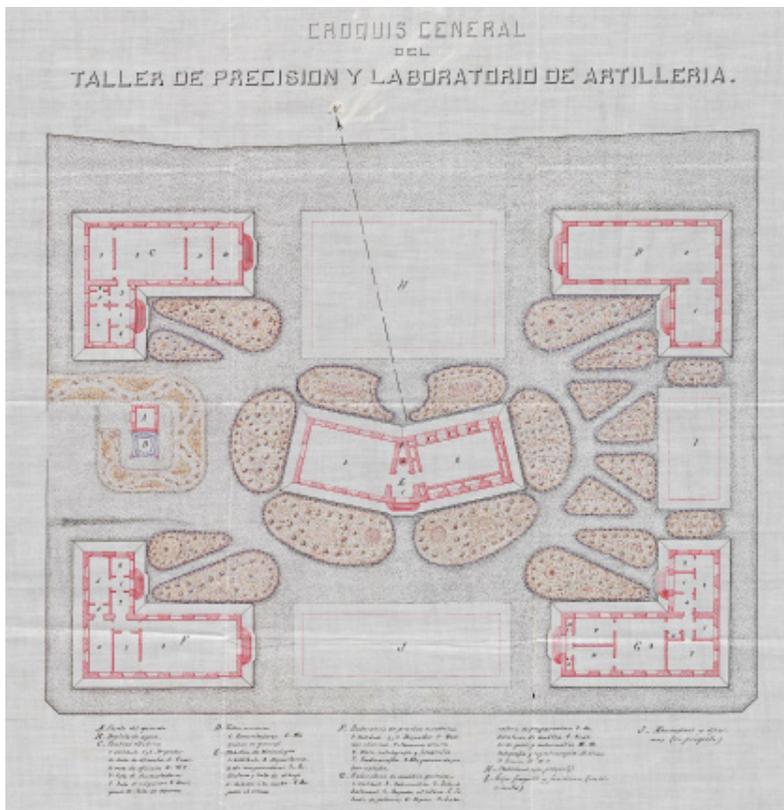
*Vista del Laboratorio de Pruebas Mecánicas desde la calle de Alonso Cano. Foto Álvaro Valdés*

La utilización de la tecnología más avanzada de que hacía gala el nuevo establecimiento también se reflejó en la elección de las técnicas constructivas. Desde el principio se contempló emplear el hormigón armado en su construcción. Los comienzos del hormigón armado en España han sido descritos con bastante atención por varios estudiosos como Antonio Burgos Núñez, y existen discrepancias sobre cuál fue el primer edificio construido en hormigón armado. La Cárcel de Oviedo fue uno de los edificios pioneros, cuando en 1898 se construyó un primer forjado de hormigón de carácter experimental, aunque la obra no se terminaría hasta 1907. En ese periodo el ingeniero Jose Eugenio Ribera construía la Harinera Viuda e Hijos de Ayala en Badajoz, terminada en 1899 y que fue la más temprana utilización en España de la configuración estructural de pilares, jácenas y forjados de hormigón armado<sup>23</sup>. Paralelamente se llevaban a cabo las obras de la Harinera la Ceres de Bilbao (1899), y cuya construcción fue dirigida por el ingeniero Ramon Grotta entre septiembre de 1899 y mayo de 1900. En marzo de 1900 se presentó el primer proyecto del Taller de Precisión de Artillería, donde desde el principio estaba ya presente la solución de cubierta de cemento Hennebique.

Las obras comenzarían ese mismo año, y terminarían aproximadamente en 1904. Se ha afirmado que la Fábrica de Electricidad de Chamberí de la calle Palafox fue el primer edificio de Madrid en emplear el hormigón armado en su estructura<sup>24</sup>. El ingeniero Ramón Grotta, director técnico de la agencia Hennebique en Madrid, habría proyectado los pisos de la fábrica al mismo tiempo que dirigía la construcción de la Harinera de Bilbao. Sin embargo, en la memoria del proyecto de dicha construcción no existe ninguna mención al uso de hormigón armado<sup>25</sup> en su construcción. Con los datos con que contamos actualmente, el Taller de Precisión de Artillería sería el primer edificio de Madrid en emplear el hormigón armado en su estructura.

En el proyecto definitivo depositado en el Archivo General Militar de Segovia encontramos ya la disposición definitiva del conjunto. El pabellón angular suroeste, antes dedicado a “Motores y electricidad” pasó a alojar el “Laboratorio de Pruebas Mecánicas”. El pabellón angular noroeste, antes dedicado a “Taller de construcción y reparación” era ocupado ahora por la “Central Eléctrica”. El pabellón angular noreste, antes dedicado a “Laboratorio de

Pruebas Mecánicas” albergaba el “Taller mecánico”. Los únicos pabellones que mantenían su situación eran el “Laboratorio de Análisis Químico” y el pabellón central de “Metrología (fig.4)”. No se había llevado a cabo la construcción del cuerpo longitudinal situado el lado norte de la parcela, aunque su espacio aparecía reservado para la construcción de los “Almacenes”. Por su parte el cuerpo en U que se había previsto para el costado sur tampoco había llegado a construirse. En su lugar encontramos el espacio reservado para “Almacenes y oficinas” que se formulaba como un cuerpo longitudinal. Todos estos cambios de programa no afectaron a la formulación arquitectónica del conjunto, puesto que como hemos visto todos los pabellones eran prácticamente idénticos entre sí. Parece que en lo esencial el conjunto había adquirido ya su formulación, aunque la indicación de suelo reservado para ampliaciones manifestaba la voluntad de crecimiento de estas instalaciones.



Planta del proyecto definitivo del Taller de Precisión depositado en el Archivo General Militar de Segovia. Biblioteca Virtual de Defensa

Desde sus primeros proyectos el Taller de Precisión preveía contar con una central eléctrica propia para las necesidades de fuerza y luz del establecimiento. Hay que recordar que en esta época se estaba empezando a implantar la corriente alterna, y por tanto la producción de energía eléctrica solía hacerse mediante centrales térmicas situadas en los lugares de consumo. En el caso del Taller de Precisión su ubicación en un paraje lejano y “carente de urbanización” obligaba a disponer de un suministro energético propio. La Central Eléctrica original se alimentaba mediante “gas pobre” suministrado por una tubería alojada en la galería del Canal de Isabel II26. En un primer momento contaba con dos motores de 13 HP de sistema Crossley, con sus correspondientes gasógenos, que mediante acoplamiento elástico accionaban a 250 revoluciones por minuto dos dinamos, tetrapolares, a fin de producir corriente continua de 70 Amperios a un intervalo entre 100 y 115 voltios.



*Alzado del pabellón angular destinado originalmente a alojar la Central Térmica visto desde la calle de Alonso Cano, 2015. Foto Álvaro Valdés*

La elección de dos dinamos distintas de las marcas Crompton y otra Brown-Boveri responde a la voluntad experimental de este centro «buscando, dentro de lo necesario y de los recursos disponibles, la acumulación de aparatos, máquinas é innovaciones, de cuyo ensayo puedan obtenerse beneficiosas consecuencias, sirviendo á la par de estudio para los oficiales del Cuerpo<sup>27</sup>». Ya que en 1904 se añadió al Taller el cometido de «la centralización de los estudios, pruebas y ensayos de todo el material eléctrico de aplicación en el campo de artillería» hecho que se vio reflejado en el cambio de su denominación, al que se añadió el título de “Centro Electrotécnico”. Para este cometido experimental el Taller contaba con un pequeño grupo generador de corriente trifásica para atender a las necesidades experimentales del gabinete de medidas eléctricas y el laboratorio de Metalografía. También existía una batería de 64 acumuladores Tudor con una capacidad total de 284 amperios/hora.

Desde 1913 la Comandancia de Ingenieros estudiaba la posibilidad de ampliar el TPA adquiriendo el tercio restante de la manzana<sup>28</sup>. Finalmente en 1915 se inició el expediente de expropiación de estos terrenos, que eran propiedad de la Condesa de Mendoza Cortina<sup>29</sup>. Estos 4.073 m<sup>2</sup> de superficie permitieron disponer un nuevo acceso de carácter representativo desde el Paseo de Ronda, actual calle Raimundo Fernández Villaverde. La nueva ordenación se estructuró en torno a un jardín de entrada central, flanqueado por los dos nuevos viales abiertos, mientras que los nuevos pabellones se dispondrían a ambos lados de este eje central. Esta nueva ordenación modificó la jerarquía de fachadas del Taller de Precisión, puesto que el pabellón de Metrología pasó a ocupar una posición axial, convirtiéndose en el telón de fondo de la nueva perspectiva creada.

En la década de 1920 se acometió la segunda ampliación del Taller de Precisión. Agotada la superficie de la manzana, el Taller empezó a crecer en altura. La adición de un nivel de mansardas a los pabellones angulares se contemplaba desde 1904<sup>30</sup>. El Taller de Metrología se recreció hasta dos plantas en sus extremos y tres plantas en un cuerpo central que habría de alojar un reloj presidiendo el conjunto<sup>31</sup>.

Durante la Guerra Civil las instalaciones y equipos del Taller de Precisión fueron trasladados a Almacera en Valencia, y sus funciones quedaron limitadas a la fabricación de prismáticos y alzas panorámicas<sup>32</sup>. En 1939 fue nombrado director el entonces teniente coronel de

artillería Méndez Parada. En esta época el Taller de Precisión asumió nuevas funciones en el campo de la óptica que obligaron a realizar la mayor ampliación acometida hasta la fecha. A comienzos de la década de 1940 se llevó a cabo la tercera ampliación del Taller de Precisión, una obra que se llevó a cabo en paralelo a la construcción en sus inmediaciones de un bloque de viviendas del Patronato de Casa Militares<sup>33</sup> (1943-48) diseñadas por el arquitecto José Cerdán Fuentes. Este hecho puede explicar la sorprendente unidad de estilo de ambas construcciones, patente tanto en los materiales empleados como en numerosos detalles constructivos que comparten. Por último, en los años 50 se llevó a cabo la construcción de un cuerpo central comprendido entre los extremos de los dos pabellones angulares que quedaban libres. De esta manera se cerraba la U, y el pabellón de Metrología quedaba aislado en un patio interior. En los años 60 la única actuación a señalar es la construcción de una pequeña nave en el patio central, justo frente al pabellón central.

Hay que destacar la presencia en el Taller de Precisión de figuras como la del capitán Agustín Plana Sancho que fue jefe de los Laboratorios de Análisis Químico y Pruebas Mecánicas y que tuvo una importante producción científica<sup>34</sup>, siendo también fundador del Instituto del Hierro y el Acero, actual CENIM. O el ingeniero Carlos Mendizábal Brunet, que en 1915 diseñó un prototipo de aeroplano con el fin de desarrollar una solución al problema de la estabilidad transversal. O el coronel Juan Costilla Arias, cuyo paso por el Taller fue decisivo en el desarrollo del primer sistema de dirección de tiro usado en España, el llamado “Predictor Costilla”. El TPA siempre tuvo una gran preocupación por dotarse del instrumental más moderno de la época como uno de los primeros metros-patrón existentes en España (certificado por la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de París), el interferómetro de Zeiss o algunos de los primeros aparatos de rayos-x.

El Taller de Precisión de Artillería se asentó en los terrenos de un Ensanche por entonces vacío. Como anticipaba el coronel Lopez Larraya: «El Taller de precisión y laboratorio de artillería, será por el contrario, fuente de beneficios y ventajas para el vecindario que en su día puebla la zona del ensanche en que se instale, por que además de coadyuvar al embellecimiento de aquel solitario lugar, servirá para darle animación y vida, atrayendo buen núcleo de empleados y operarios que como es natural procurarán albergarse cerca del edificio donde

trabajan<sup>35</sup>.» Constituyó así uno de los polos en torno a los cuales creció el barrio de Chamberí, y que han contribuido a darle su carácter y su conformación urbana actual. En sus inmediaciones el Patronato de Casas Militares levantó en 1929 las viviendas para militares de la calle Santa Engracia 161-167 y para los empleados del Taller se construyó en los años 40 el bloque de viviendas de la calle Maudes 12-24 y el bloque de la calle Maudes 40-48 levantado por la Obra Social del Hogar (OSH) en los años 50. En torno al TPA se asentaron instituciones militares como la Escuela Politécnica del Ejército (c/Joaquín Costa, 6) en 1940 y la Escuela Superior de Guerra, actual CESEDEN ubicada en el antiguo Colegio Nacional de Sordomudos y Ciegos de Ricardo Velázquez Bosco (1898). Sin duda el paso del tiempo terminó configurando paulatinamente el “barrio militar” que recomendaba el texto de Roldán A comienzos del siglo XXI se empezó a pensar en su traslado del TPYCEA y la venta de sus antiguas instalaciones<sup>36</sup>. La Orden DEF/3537/2006, de 13 de noviembre de 2006 decretó la creación del Instituto Tecnológico «La Marañosa» (ITM) mediante la integración de cinco centros anteriores: Fábrica Nacional de La Marañosa, Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería, Polígono de Experiencias de Carabanchel, Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada y Laboratorio Químico Central de Armamento. En 2011 se decretó la Resolución 320/38251/2011, de 5 de diciembre, de la Secretaría de Estado de Defensa (BOE 26 diciembre 2011), por la que se hizo efectiva la supresión del TPYCEA y se integraron sus actividades, funciones y competencias en el Instituto Tecnológico “La Marañosa” (ITM). Los días del TPYCEA estaban así contados. La Orden DEF/3537/2006 establecía también una disposición transitoria única por la que en “tanto no se habiliten las infraestructuras y equipamientos necesarios del ITM, cada centro continuará con sus actividades, estructura, funciones y competencias.” En 2014 el ITM fue a su vez integrado en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial “Esteban Terradas” junto al Organismo Autónomo Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo y el Laboratorio de Ingenieros del Ejército General Marvá<sup>37</sup>. El progresivo traslado del antiguo Taller de Precisión concluyó en julio de 2015, cuando fue arriada la bandera del centro, poniendo fin a 117 años de historia. En noviembre de 2014 la parcela fue adjudicada por 111 millones de euros a la promotora Domo Gestora para construir 355 viviendas de lujo. Finalmente, en noviembre de 2015 se aprobó definitivamente el Plan Parcial en medio de una fuerte polémica.

## CONCLUSIONES

Del detenido estudio de la historia del Taller de Precisión de Artillería se concluye su indudable valor arquitectónico e histórico. Es un destacado ejemplo de la arquitectura industrial de finales del siglo XIX. Ocupa también un lugar muy destacado en la historia de la técnica española del siglo XX. Esta institución ha estado estrechamente ligada a la investigación científica aplicada al desarrollo de armamento. El valor de los instrumentos y objetos producidos en el Taller de Precisión ya ha sido reconocido con la creación de un Museo que actualmente se encuentra depositado en las instalaciones del INTA, donde también se custodia su archivo. Sin duda el Taller de Precisión merecería su consideración como un verdadero conjunto de patrimonio industrial, del que podemos destacar ha conservado su integridad hasta la actualidad. La demolición del conjunto privaría a todos estos elementos de esa unidad que lo que convierte a todos estos elementos en inteligibles.

Espero que este trabajo pueda tener continuidad con otros estudios más profundos sobre la historia del Taller de Precisión, que serían muy oportunos en estos momentos en que la desaparición de estas instalaciones es inminente.

## FUENTES DE INVESTIGACIÓN

El proyecto original del Taller de Precisión y Laboratorio está depositado en el Archivo de Villa de Madrid en el expediente que contiene la tira de cuerdas y el pago de derechos de alineaciones y rasantes<sup>38</sup>. En este mismo archivo existen otros expedientes motivados por las obras de urbanización como el proyecto de las rasantes de las calles del entorno<sup>39</sup> o el desplome de un tramo del muro perimetral del Taller provocado por dichas obras<sup>40</sup>. El archivo propio del Taller de Precisión se encuentra en las instalaciones del Instituto Tecnológico “La Marañosá”, integrado dentro del Museo del INTA. Allí se encuentra la mayor fuente de información documental y gráfica sobre el Taller de Precisión. El Archivo General Militar de Segovia custodia un importante legajo referente al Taller de Precisión con documentos comprendidos entre los años 1899 y 1913<sup>41</sup>. En el Archivo General Militar de Madrid existe una colección de fotografías sobre el taller de Precisión realizadas por el capitán Adolfo



Tolosa y Ferrer<sup>42</sup>. Por último, otra fuente de información valiosísima son los catálogos editados por el Cuerpo de Artillería, que documentan el estado de las instalaciones en 1908<sup>43</sup> y 1924<sup>44</sup>.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] A. BURGOS NUÑEZ, Los orígenes del hormigón armado en España., Ministerio de Fomento, CEDEX-CEHOPU, Madrid, 2009

[2] M. CASTRO BAEZA, y J.A. MADRONA MÉNDEZ, Contribución de la ingeniería militar al nacimiento y desarrollo de la metrología española y papel cursado por los centros del CIPET, Ingenieros Politécnicos., Memorial núm.1, Mayo 2014

[3] R. CHAMÓN COBOS, Fabricación de prismáticos en España 2014  
<https://sites.google.com/site/rafaelchamoncobos/home/Binoculares-Espannoles>

[4] I. DE LA LASTRA GONZÁLEZ, Óptica de precisión en la artillería publicado en M.A. ÁLVAREZ ARECES, (dir.) Patrimonio industrial e historia militar: nuevos usos en el urbanismo y la cultura., INCUNA Asociación de Arqueología Industrial, Gijón, 2006

[5] E. FERNÁNDEZ, En su justa medida, Revista española de defensa., Año 8 Núm.83, pp.48-50, Ene.1995

[6] J. FLORES SÁNCHEZ-ALARCOS, Las fábricas de electricidad de Chamberí  
<http://www.entredosamores.es/insolito%20madrid/insolito493.html>

[7] J.A. GÓMEZ VIZCAÍNO, La evolución de los sistemas de dirección de tiro en el siglo XIX, Asociación Aforca, VI Jornadas sobre fortificaciones, 2006

[8] J.A. MADRONA MÉNDEZ, F.J.GÓMEZ RAMOS, Ingeniería militar de armamento. Un bien de estado surgido del Real Colegio de Artillería en 250 aniversario del Real Colegio

de Artillería. Revista de Historia Militar, número extraordinario I., Año LVIII, Instituto de Historia y Cultura Militar, 2014

[9] G. MARTÍN ARMENDÁRIZ El Taller de Precisión de Artillería Madrid. Constructor de instrumentos científicos, Amigos de las Reglas de Cálculo., Mayo 2015: [http://www.reglasdecalculo.com/presentaciones/taller\\_precision.html](http://www.reglasdecalculo.com/presentaciones/taller_precision.html) y [http://www.photocalcul.com/Calcul/Regles/Notices-regles/El%20Taller%20de%20precision%20de%20Artilleria\\_esV2.pdf](http://www.photocalcul.com/Calcul/Regles/Notices-regles/El%20Taller%20de%20precision%20de%20Artilleria_esV2.pdf).

[10] A. MUÑOZ MUÑOZ, Historias de los centros integrados en el Instituto Tecnológico “La Marañosa, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas»., Madrid, Boletín Oficial del Estado, 2015

[11] J.A. SEBASTIÁN MAESTRE, Planimetría del cuartel español del siglo XIX. Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte (U.A.M.) Vol. IV, 1992

[12] R. TORRÓN DURÁN, Taller de precisión y centro electrotécnico de artillería en V. FERNÁNDEZ VARGAS, (dir.) El Madrid Militar. Tomo II, el ejército de Madrid y su territorio (1813-1931)., Centro de Publicaciones del Ministerio de Defensa, Madrid, 2006

---

1 Asi figura en el acrónimo situado en la verja decorativa y en el nombre del Area de Plannemiento Remitido delimitada por el PGOUM 1997, que es APR.07.09 “TPA Raimundo Fernández Villaverde”

2 “Decreto autorizando al Ministro de este Departamento para que por la Comisión de Compras de Artillería de la Fábrica Central, Laboratorio y taller de Precisión de Artillería se adquieran directamente 19 camionetas de chasis corto, con destino a los servicios de Artillería de Africa”. Gaceta de Madrid núm. 40, de 09/02/1932, página 1011.

“Decreto autorizando al Ministro de este Departamento para que por la Comisión de Compras de Artillería de la Fábrica Central, Taller de precisión y Centro Electrotécnico de Artillería, se adquiera por concurso un mínimo de tres estaciones de radio emisoras receptoras, 125 telefónicas terminales, 270 kilómetros de cable doble conductor y 140 aparatos de señales

ópticas” en: Gaceta de Madrid núm. 323, de 19/11/1933, página 1154

“Decreto nombrando Vocal de la Comisión Permanente de Pesas y Medidas, con honores de Jefe superior de Administración civil, a don Salvador Clavijo Bethencourt, Director de la Fábrica Central, Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería”. Gaceta de Madrid núm. 204, de 23/07/1933, página 500.

3 MUÑOZ op.cit. pp.32

4 Memorial de Artillería, Madrid 3 abril 1908, pp. 273

5 TORRÓN DURÁN pp.225

6 Tradicionalmente se ha afirmado que el TPA se creó a raíz de la guerra de Cuba de 1898, aunque lo cierto es que su orden de creación se dictó dos meses antes del inicio de las hostilidades

7 Memorial de Artillería, Madrid 3 abril 1908, pp. 273

8 F. ROLDÁN Y VIZCAÍNO: «Proyecto de un Plan General de acuartelamiento». Memorial de Ingenieros, año 1888, tomo VIII, p.147

9 Canal de desagüe del Canal de Isabel II, concebido originalmente con fines agrícolas.

10 Expediente relativo a la autorización para pasar una tubería de gas por una alcantarilla situada en la acequia del Este del Canal de Isabel II solicitado por el Coronel Director del Taller de Precisión y Laboratorio (Artillería). Madrid 1902. Archivo del Ministerio de Fomento. [206] Madrid-Canal del Lozoya y de Isabel II. Inventario no 4063, párrafo 5o, 46.

11 Véase pp.1 catálogo 1904

12 Archivo de Villa de Madrid. Año 1920. Expediente 7.338\*.16. Calle Maudes, Modesto Lafuente y Alonso Cano. Expediente instruido por el Sr. Coronel Director del Taller de Precisión de Artillería, para conocer las rasantes de esta calle. En el Plano de Madrid de 1929 aún no se ha terminado de construir la calle Maudes.

13 MUÑOZ op.cit. pp.21

14 MUÑOZ,op.cit. pp.21

15 Archivo de Villa de Madrid. Expediente 16.280.15. Año 1899. Calles Modesto Lafuente, Maudes y Alonso Cano. Tira de cuerdas y construcción del taller y laboratorio de Artillería. El Coronel Director

16 Expediente: promovido por el Cuerpo de Artillería sobre construcción de un edificio destinado a “taller de precisión y laboratorio” en la manzana 147 del Ensanche, con fachadas a las Calles

- de Alonso Cano, y otras. Madrid, 23 de Marzo de 1900. El Coronel Director José López Larraya  
Archivo de Villa de Madrid. Expediente 16.280.15. Año 1899.
- 17 MUÑOZ, op.cit. pp.23
- 18 MUÑOZ, op.cit. pp.23
- 19 MUÑOZ pp.21
- 20 Catalogo 1908, pp.1
- 21 Archivo de Villa de Madrid. Expediente 16.280.15. Año 1899. Calles Modesto Lafuente,  
Maudes y Alonso Cano. Tira de cuerdas y construcción del taller y laboratorio de Artillería. El  
Coronel Director
- 22 Disposicion fachadas orientacion
- 23 A. BURGOS NUÑEZ, Los orígenes del hormigón armado en España, pp. 286
- 24 «En algún momento por entonces, Grotta había asumido la dirección técnica de la Agencia  
Hennebique de Madrid, donde proyectó los pisos de la fábrica de electricidad de Chamberí en  
la calle Palafox, primer uso del hormigón armado en la estructura de un edificio en la capital».  
[http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/temas/H16.php?id\\_tema=6](http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/temas/H16.php?id_tema=6) Hormigón armado en Es-  
paña 1893-1936. 1893-1902: La importacion y primeros tanteos, la Fábrica La Ceres, 1900.  
CEHOPU, 2010
- 25 Archivo de Villa de Madrid. Año 1899. Expediente 14-184-12
- 26 Fuente cita Ministerio Fomento
- 27 Memorial de Artilleria pp.276
- 28 1913 (17.433.142) Expediente interesando conocer el precio medio de un solar comprendido  
entre las calles Modesto Lafuente, Alonso Cano y Paseo de Ronda. Comandancia de Ingenieros
- 29 1915 (8.214\*.12) Calle Modesto Lafuente. Expropiación. Propietario, Condesa de Mendoza  
Cortina.
- 30 «La sección de Fototecnia, careciendo actualmente de local mientras no se apruebe el proyecto  
elevado á la superioridad para dotar de mansardas los pabellones angulares (...)» catalogo 1904  
pp.5
- 31 De hecho entre los trabajadores se le conoce como “Casa del Reloj”.
- 32 MUÑOZ, op.cit. pp.32
- 33 Archivo de Villa de Madrid, Expediente 43-494-1
- 34 Fue inventor del “Péndulo Plana”, una máquina pionera para la realización del ensayo de

tenacidad a fractura. Publicó también diferentes libros como el “Programa para la formación de Preparadores Químicos y Ensayadores Químicos Metalurgistas”

35 Archivo de Villa de Madrid. Expediente 16.280.15. Año 1899. Artillería. Taller de Precisión y Laboratorio. Madrid, 19 de Mayo de 1900. El Coronel Director José López Larraya

36 Contendida en el PGOUM 1997

37 MUÑOZ op.cit. pp.18

38 Archivo de Villa de Madrid. Expediente 16.280.15. Año 1899. Calles Modesto Lafuente, Maudes y Alonso Cano. Tira de cuerdas y construcción del taller y laboratorio de Artillería. El Coronel Director

39 Archivo de Villa de Madrid. Expediente 7.338\*.16. Año 1920. Modesto Lafuente. Conocer las rasantes de esta calle. Sr. Coronel Director del Taller de Precisión de Artillería.

40 Archivo de Villa de Madrid. Expediente 7.229\*.16. Año 1929. Modesto Lafuente. Denuncia sobre el peligro que ofrece el muro de cemento del Parque de Artillería, en dicha calle.

41 Taller de Precisión y Laboratorio de Artillería de Madrid. Carpetas 36, Plano 369 (disponible en biblioteca virtual del Ministerio de Defensa) y Sección 3a División 2a Legajo 185

42 NoInv: I-734 Taller de Precisión y Laboratorio de Artillería. Archivo General Militar de Madrid 43 1908 Artillería: taller de precisión, laboratorio y centro electrotécnico. / [Cuerpo de Artillería] Editorial:[s.l. : s.n., 1904?]

44 1927 Título: Taller de Precisión Laboratorio y Centro Electrotécnico de Artillería : catálogo general, 1927.





# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID