



Evolución del diseño y análisis patrimonial de tornos de repulsar españoles durante el siglo XX

Evolution of the design and heritage analysis of Spanish metal spinning lathes during the 20th century

Miguel A. Sebastián¹, Marta Vera², Lorenzo Sevilla³

¹UNED

Departamento de Ingeniería de Construcción y Fabricación
C/ Juan del Rosal, 12, 28040 Madrid

²Asociación de Amigos de las Reales Fábricas de Riópar
C/ San Vicente, 2, 02450-Riópar (Albacete)

³Universidad de Málaga

Dpto. de Ingeniería Civil, de Materiales y Fabricación
C/ Dr. Ortiz Ramos, s/n, 29071 Málaga

Resumen – En el presente trabajo se consideran los diez tornos de repulsar disponibles en las actuales instalaciones del museo de las Fábricas de Riópar, sito en la localidad de Riópar, en el sudoeste la provincia de Albacete (Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, España). Estos diez tornos cubren un espacio temporal de más de media centuria, dentro del siglo XX, y suponen tres niveles tecnológicos claramente identificables. Son de especial interés los cuatro tornos más antiguos, anteriores a 1950 y basados en adaptaciones al repulsado de tornos paralelos de mecanizado. Tanto estos cuatro tornos, como el conjunto de los diez tornos disponibles constituyen un legado patrimonial mueble muy importante y singular, que permite el estudio de la evolución de este tipo de máquinas-herramienta en España desde las primeras décadas del siglo XX hasta los años 80 de ese siglo. Con ello se intenta dar un paso más hacia adelante en el estudio técnico y en la valoración patrimonial del parque de máquinas-herramienta heredado de las últimas fases de actividad de las históricas Fábricas de Riópar.

Palabras clave – Repulsar, torno de repulsar, máquina-herramienta, fabricación, Riópar.

Abstract – This paper considers the ten metal spinning lathes currently available at the Riópar Factory Museum, located in Riópar, a town in the south-west of the province of Albacete (Autonomous Community of Castilla-La Mancha, Spain). These ten lathes cover nearly half of the 20th century and represent three clearly identifiable technological levels. Of particular interest are the four oldest lathes, which date from before 1950 and are based on adaptations of parallel machining lathes. These four lathes, along with the full set of ten, constitute a very important and unique legacy of movable heritage, enabling the study of the evolution of this type of machine tool in Spain from the early 20th century to the 1980s. This represents a further step in the technical study and asset valuation of the machine tool fleet inherited from the final stages of the historic Riópar Factories.

Keywords – Spinning process, Metal spinning lathe, Machine tool, Manufacturing, Riópar.

1. INTRODUCCIÓN

Las Fábricas de Riópar suponen uno de los proyectos minero-industrial más representativos y completos de la industrialización española de finales de la Edad Moderna. Establecidas en 1773 por el ingeniero vienés Juan Jorge Graubner, gracias a la autorización cursada al efecto por el rey Carlos III, han estado en producción, de manera prácticamente continua, hasta 1996 [1]. Su principal campo de actuación ha sido la fabricación de latón y de productos de esta aleación, basada en la explotación minera de la calamina -mineral de zinc- de la zona.

La existencia de las Fábricas de Riópar transcurrió bajo diferentes fórmulas jurídicas y con tecnologías y objetivos productivos diferentes, según cada época [1][2]. Iniciaron su andadura con la denominación de *Reales Fabricas de San Juan de Alcaraz* y tuvieron un importante desarrollo en sus primeras décadas de existencia, de manera que a mediados del siglo XIX eran un complejo industrial de referencia, como lo indican los manuales e informes coetáneos [3] [4], habiendo obtenido diversos premios y menciones en las exposiciones de la época [5]. Entre los diferentes tipos de productos de estas fábricas, se tiene en lugar destacado la gama de calderería ligera, que ha venido siendo parte importante de la producción de estas fábricas a lo largo de sus más de dos siglos y medio de funcionamiento.

No es objeto del presente trabajo abundar en la historia y evolución del complejo minero industrial de Riópar -para ello cabe consultar la tesis doctoral, de 2015, de Marta Vera Prieto [1]-, sino centrarse en un proceso concreto: el proceso de repulsar chapa en torno y, sobre todo, en el tipo de máquina-herramienta común para dicho proceso: el torno de repulsar.

Este proceso de repulsado en torno consiste en: “partiendo de una chapa circular de latón (Fig. 1.a), adaptar dicha chapa mediante el empuje de una herramienta a la forma de un molde de revolución montado en el cabezal del torno (Fig. 1.b)”.

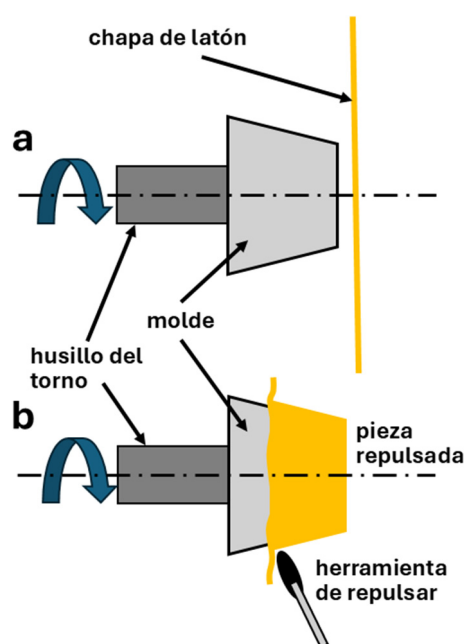


Fig. 1. Esquema de proceso de repulsar en torno (elaboración de los autores).

Se trata pues de un proceso para el conformado de piezas de revolución de chapas de metales dúctiles que viene siendo utilizado en Europa desde la Edad Media, pero que, sin embargo, no es muy conocido y su tratamiento en los manuales de Ingeniería -como en el clásico manual de Serope Kalpakjian [6]- es excesivamente sucinto. Sin embargo, el repulsado es un proceso de conformado de chapa de gran interés tecnológico para la obtención industrial de piezas de revolución [7] y, además de su utilización con chapas de pequeño espesor, como en la producción de Riópar, también es susceptible de ser empleado en calderería media y pesada.

Por su parte, los tornos de repulsar (*spinning lathes* o *metal spinning lathes*) guardan bastante similitud con los tornos horizontales de mecanizar y pueden considerarse como una adaptación de éstos a los requerimientos de los procesos de repulsar piezas con simetría de revolución. Quizás el utillaje que mejor caracteriza a este tipo de tornos sea la “regleta de apoyo”, con varios taladros, que sirve de ayuda al operario para el posicionamiento y establecimiento de la palanca de la herramienta durante las operaciones de repulsado (Fig. 2a).

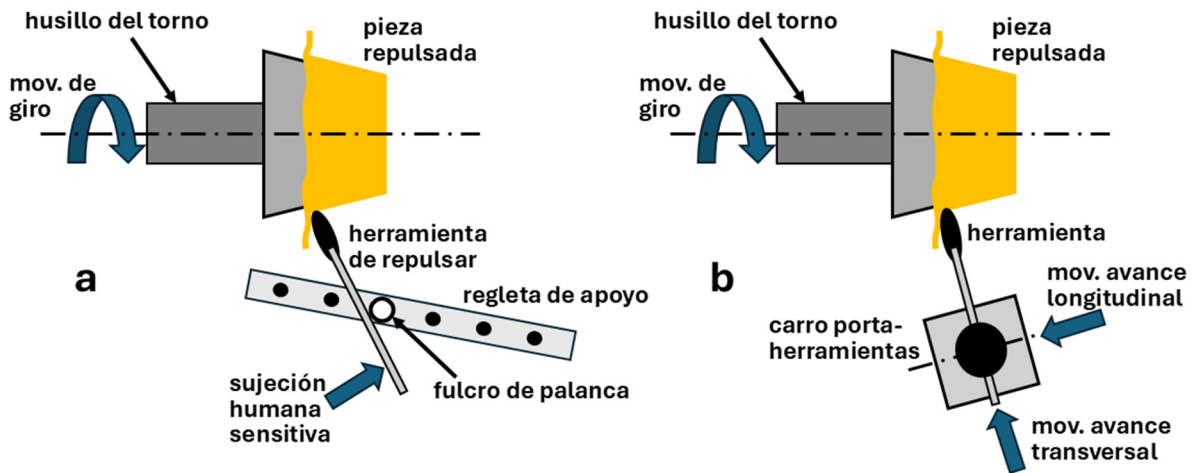


Fig. 2. Esquema de sujeción y accionamiento de la herramienta de repulsar en torno: a: accionamiento manual y b: con automatismo hidráulico (elaboración de los autores).

En el Museo de las Fábricas de Riópar se dispone de un legado de diez tornos de repulsar, de diferentes modelos y épocas distintas, que van a permitir estudiar las principales características de estas máquinas-herramienta y la evolución de su diseño durante buena parte del siglo XX. De estos diez tornos, ocho se encuentran en la nave principal del museo, mientras que dos de ellos están situados en una nave auxiliar adjunta que hace las veces de almacén.

En el presente trabajo se van a considerar los diez tornos existentes en el Museo de las Fábricas de Riópar y se va a enunciar un conjunto de observaciones y comentarios que ayuden a paliar la falta de información existente sobre dichas máquinas-herramienta, posibilitando con ello una primera valoración del interés patrimonial de las mismas.

2. LOS TORNOS DE REPULSAR DE RIÓPAR

Según ha sido ya indicado, en el Museo de las Fábricas de Riópar se tienen diez ejemplares de tornos de repulsar, de los cuales ocho están catalogados [8], mientras que dos están fuera de catálogo, uno por un error material de la catalogación y el segundo, muy posiblemente, debido a su mal estado de conservación.

En la catalogación de las máquinas del museo de las Fábricas de Riópar [8], los ocho tornos de repulsar catalogados han sido clasificados según dos categorías: “Torno repulsado” y “Torno de pulso”, dentro del apartado 8, y sus códigos son: M/8/001, M/8/002, M/8/003, M/8/20, M/8/21, M/8/22 y M/8/23 (2 ejemplares). Al respecto, cabe indicar que no se considera justificada esta subdivisión de los tornos de repulsar en dos categorías y por ello en el presente trabajo se ha considerado más adecuado establecer la categoría única de “Tornos de repulsar”, que comprende los diez tornos de este tipo disponibles en el museo. La designación interna que se ha dado a estos diez Tornos de Repulsar va del TR-01 al TR-10, numerados según el criterio de antigüedad, ya utilizado previamente [9]. La Fig. 3 recoge los diez tornos considerados y sus referencias, según la codificación dada en el presente trabajo.

Como puede verse, estos diez tornos se han presentado según tres grupos: el primero de ellos (Grupo A) comprende los tornos TR-01 a TR-04 y corresponde a los modelos más antiguos; el segundo grupo (Grupo B) es el de los modelos de torno de repulsar más recientes (de los años 60-70 del siglo XX); finalmente, el décimo torno (Grupo C) es el más actual, dispone de automatización para el posicionamiento de la herramienta y data de los primeros años 80 del pasado siglo.

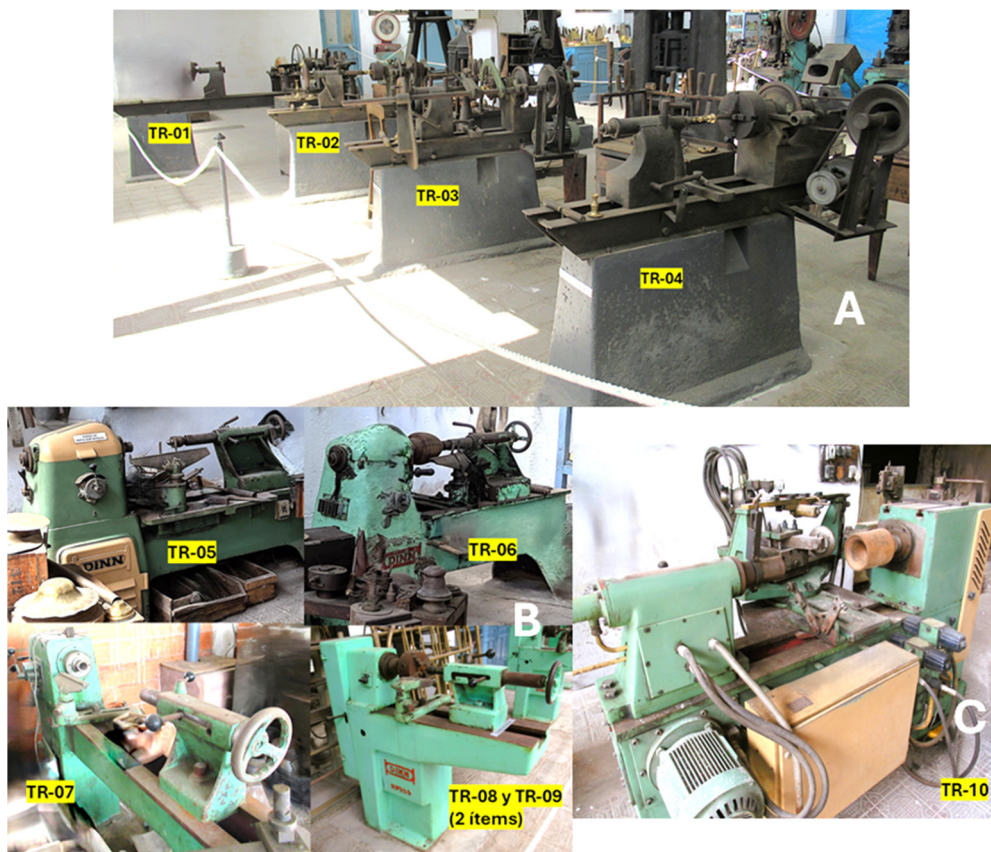


Fig. 3. Los diez tornos de repulsar del Museo de las Fábricas de Riópar (fotos de los autores).

Una primera observación que hacer sobre estos tornos de repulsar es que los cuatro más antiguos (TR-01 a TR-04, ambos inclusive) carecen de marca comercial, por lo que parecen desarrollos propios de las Fábricas de Riópar o máquinas-herramientas hechas por encargo de ellas. Por el contrario, las siguientes unidades (TR-05 a TR-10) tienen marca comercial legible y fueron fabricados por empresas de máquinas-herramienta identificables.

En la Tabla 1 se recogen los códigos de referencia de estas diez máquinas, según la codificación dada en el presente trabajo y su correspondencia a la designación de la catalogación del museo [8]. También se indica, en su caso, la marca comercial y el nombre del fabricante de cada uno de estos tornos de repulsar.

Tabla 1. Grupos, designaciones, marcas y fabricantes de los diez tornos de repulsar.

Grupos de los tornos de repulsar	Designación en este trabajo	Designación en el inventario de 2021	Marca y fabricante del torno
Grupo A	TR-01	M/8/020	SD
Grupo A	TR-02	M/8/021	SD
Grupo A	TR-03	M/8/022	SD
Grupo A	TR-04	SC, \approx M/8/021	SD
Grupo B	TR-05	M/8/003	DENN, Puigjaner
Grupo B	TR-06	M/8/002	DENN, Puigjaner
Grupo B	TR-07	SC	RAMOGA, Ramoga
Grupo B	TR-08, TR-09	M/8/023, M/8/023	DENN, Puigjaner
Grupo C	TR-10	M/8/001	DENN, Puigjaner
		SC = Sin catalogar	SD = Se desconocen

3. CARACTERÍSTICAS DE LOS TORNOS DE REPULSAR CONSIDERADOS

En el presente apartado, se van a analizar las principales características fisionómicas, técnicas y patrimoniales de los diez tornos de repulsar del Museo de las Fábricas de Riópar. Ello va a ser desarrollado según los tres grupos A, B y C, ya establecidos en el apartado anterior.

3.1. Tornos de repulsar del Grupo A

Como ya se ha visto, en el Grupo A se inscriben los cuatro tornos de repulsar más antiguos (TR-01 a TR-04), que se muestran conjuntamente en las figuras 3A y 4.

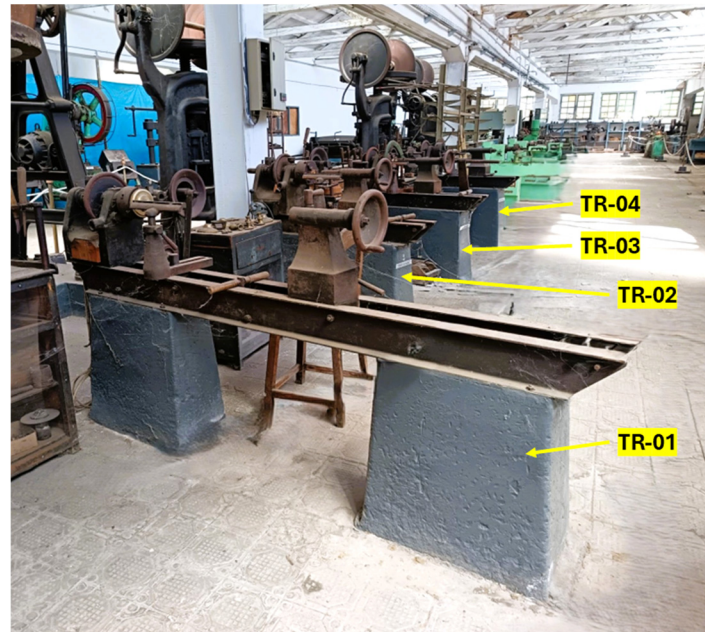


Fig. 4. Los cuatro tornos de repulsar del Grupo A, en la nave principal del Museo de Riópar, vistos desde el sur (fotografía de los autores).

Constitutivamente, estos cuatro primeros tornos tienen la característica común de que son “máquinas-herramienta de sobremesa”; es decir, carecen de bastidor hasta el suelo, por lo que se deben instalar sobre una base de obra de albañilería, a la que se fijan mediante tornillos. Esta solución fue inusual en las máquinas-herramienta de sus dimensiones a partir de los años 50 del siglo XX, lo que supone que su construcción es anterior a esa década. La solución de bancada de obra ha sido también utilizada en las Fábricas de Riópar en otras máquinas, como en la prensa de husillo Delalande [10].

Se tiene el año de 1953 como fecha de instalación de estos tornos de repulsar, gracias a una inscripción hecha en una de sus bancadas. Esta fecha de 1953 viene a coincidir con la puesta en funcionamiento de la “nave principal” de las Fábricas de Riópar (Fig. 4), lo que induce a pensar que la existencia de estos cuatro tornos en las Fábricas de Riópar es anterior a los años 50 del siglo XX.

Por otra parte, el accionamiento de estos tornos es por motor eléctrico, mediante poleas y correas trapezoidales. Atendiendo a López del Castillo [11] y a la catalogación del museo [8], este accionamiento no debió ser el original, sino que estos tornos eran accionados por un sistema de poleas planas y árboles intermedios activados, en origen, por una rueda hidráulica. Como la electrificación de las Fábricas de Riópar tuvo lugar en el año 1949, la datación de estos cuatro tornos del Grupo A debe ser anterior a esa fecha.

Otra característica constructiva de estos cuatro tornos de repulsar es que sus “bastidores-guías” parecen estar constituidos por dos perfiles en “doble T” paralelos, similares en los cuatro tornos. Se trata de dos perfiles con sección de 140 mm de altura y de 65 mm de ala y con una separación entre ambos de 80 mm. La longitud de las guías es de 2360 mm en el TR-01 y de 1350 en los otros tres tornos. Reflexionando sobre la forma y dimensiones de dichas guías caben las siguientes conclusiones:

- Los cuatro tornos de repulsar del Grupo A son del mismo modelo y tecnología y han sido fabricados por la misma casa o equipo.
- La fisonomía común de estos cuatro tornos de repulsar y algunos detalles del torno y sus accesorios (como por ejemplo el aspecto común de los contrapuntos y el acabado en corte a 45° del extremo distal de las guías) refuerzan la teoría de que se trata de una misma gama de tornos de repulsar.
- El más antiguo de los tornos es el TR-01 y debió estar inicialmente destinado al torneado de barras y otras piezas de cierta longitud, como revela la longitud de sus guías, de 2360 mm. Posteriormente, debió pasar a emplearse para procesos de repulsado.
- Al fabricarse otros tornos similares a él, pero enfocados al repulsado, se acortó sensiblemente la longitud de las guías, pasando de 2360 mm a 1350 mm, al resultar innecesaria una excesiva longitud de guías para los procesos de repulsado. Con ello se conseguía tornos más compactos y con mayor rigidez. Advuértase (Fig. 3A y Fig. 4) que el ejemplar TR-01 tiene dos semibancadas de obra, mientras que los tornos TR-02 a TR-04 se montan sobre una única bancada.

Todo lo anterior parece reforzar la hipótesis de que el primero de estos tornos de repulsar (TR-01) fue adaptado a esta operación a partir de su origen como torno de mecanizado mientras que después, a partir del torno TR-01, se diseñó y fabricó la gama TR-02, TR-03 y TR-04 como mejora del TR-01, para los procesos de repulsado de chapa. También todo parece indicar que estos tornos fueron fabricados específicamente en, o para, las Fábricas de Riópar, corroborándolo la ausencia de marca comercial en estas cuatro unidades.

Todo parece apuntar, tal como indican las fichas de catalogación del museo [8] [11], que estos cuatro tornos son anteriores a la puesta en funcionamiento de la actual nave de fabricación y reinstalados en ella en 1953. Por tanto, su datación parece corresponder a las primeras décadas del siglo XX.

3.2. Tornos de repulsar del Grupo B

En este grupo se tienen cinco tornos de repulsar (TR-05 a TR-09), de cuatro tipos diferentes (Fig. 5), dado que los tornos catalogados como TR-08 y TR-09 son del mismo fabricante y modelo. Aquí ya aparecen fabricantes de maquinaria y marcas comerciales. En efecto, de estos cinco tornos, uno de ellos es de la marca RAMOGA (TR-07) y los otros cuatro de la marca DENN. Cabe aclarar que en el logo de la marca DENN, la letra “E” se ha diseñado tan delgada que se presta a confusión con la letra “I”.



Fig. 5. Los cinco tornos de repulsar (cuatro modelos) del Grupo B del Museo de Riópar. Excepto en el torno TR-09, se aprecia, en primer plano, la regleta de apoyo de la herramienta manual de repulsar (fotografías de los autores).

La marca RAMOGA pertenece a Industrias Ramoga, S.L., de El Puig de Santa María, en la provincia de Valencia, y mantiene sus actividades de fabricación de maquinaria bajo pedido; mientras que la marca DENN es de Industrias Puigjaner, S.A., del municipio de Polinyá, en la provincia de Barcelona, y sigue fabricando tornos de repulsar de última generación, así como otras tipologías de maquinaria para conformado metálico por rotación.

Por tanto, estos cinco tornos de repulsar (TR-05 a TR-09) suponen una generación muy distinta de máquinas-herramienta a la de los tornos de repulsar TR-01 a TR-04, ya que corresponden a un periodo en el que en España ya se había desarrollado un potente sector de maquinaria industrial que podía abastecer las necesidades de tornos de repulsar que precisasen empresas como las Fábricas de Riópar.

Estos tornos disponen ya de cabezal con transmisión de engranajes dentro del carenado y una estética similar a las de los tornos de mecanizado de los años 70 a 90 del siglo XX. Su cadena cinemática permite varios niveles de cambio de velocidad del movimiento principal de giro, si bien la sujeción y control de la herramienta de repulsar sigue siendo manual, con ayuda de la regleta de apoyo.

En la Fig. 5 se aprecia que, en el caso de los tornos de repulsar TR-05, TR-06 y TR-07, sus fisonomías siguen manteniendo aspectos comunes con los tornos de mecanizado de sus respectivas épocas, mientras que en el caso de los ejemplares TR-09 y TR-10 de la marca DENN, ya se tiene una estructura y disposición de la máquina muy adaptadas a los procesos de repulsado de chapa metálica de poco espesor.

3.3. Tornos de repulsar del Grupo C

Este grupo consta de un único ejemplar, el TR-10 (Fig. 6), que corresponde al torno de repulsar más moderno y con accionamiento y control posicional de la herramienta mediante tecnología hidráulica, lo que supone un salto muy importante, y relativamente reciente, en la evolución de este tipo de máquinas-herramienta.

En la vista de la izquierda de la Fig. 6 se distingue la herramienta de repulsar, con forma de rodete macizo de acero, montada en un carro controlado hidráulicamente. También puede apreciarse que el contrapunto tiene accionamiento hidráulico y que esta máquina herramienta dispone de dos motores eléctricos: el del accionamiento principal, que no es visible ya que se encuentra dentro del carenado del cabezal, y el motor para el accionamiento hidráulico, que se encuentra en el exterior de la máquina, justo debajo del contrapunto.

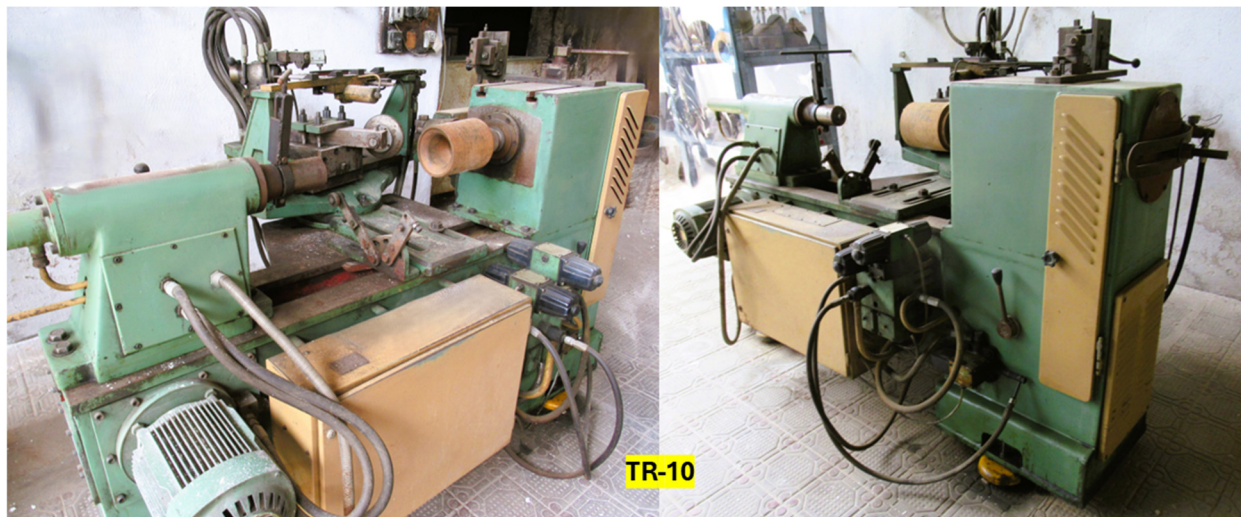


Fig. 6. Dos vistas del torno de repulsar TR-10 del Grupo C del Museo de Riópar (fotografías de los autores).

La estética de este torno, en base a líneas rectas, ángulos vivos y cuerpos paralelepípedicos fue tendencia, desde mediados de la década de los años 70 hasta mediados de los años 80 del pasado siglo, en máquinas-herramienta e incluso en carrocerías de vehículos y en el sector de los electrodomésticos. Esta estética geométrica-lineal ya se encontraba presente en los ejemplares TR-08 y TR-09 de la misma marca.

El modelo del torno TR-10 lideró el mercado español y mundial durante más de una década y corresponde a la configuración más avanzada de tornos de repulsar hasta la implantación generalizada del control numérico en estas máquinas. Es, por tanto, una de las máquinas más modernas del legado patrimonial mueble de las Fábricas de Riópar, ya que debió ser adquirida unos diez años antes del cierre de las actividades productivas de dichas fábricas.

4. COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES

Un primer comentario que hacer es dejar constancia de la suerte que supone poder disponer en un mismo emplazamiento, el Museo de las Fábricas de Riópar, estos diez ejemplares que representan siete modelos diferentes de tornos de repulsar. Estos tornos abarcan la evolución de esta máquina-herramienta a lo largo de buena parte del siglo XX en una empresa puntera y específica en materia de calderería ligera ornamental de latón y cobre. Además, no se tiene constancia de ningún otro enclave en el que se disponga de un número similar de tornos de repulsar y mucho menos en que seis de ellos (TR-01 a TR-04, TR-08 y TR-09) se encuentren agrupados en la propia nave de fabricación y en la misma ubicación en que estuvieron operativos, en este caso según una disposición en línea (Fig. 4).

También cabe indicar que el proceso de repulsado en torno es un gran desconocido para el gran público e incluso para personas con formación técnica, por lo que la existencia de estos diez tornos de repulsar constituye una excelente oportunidad para reivindicar este proceso de tanta importancia y trascendencia en el conformado de chapa metálica de piezas de revolución.

Como resultado de todo lo anterior, se puede enriquecer la Tabla 1 con una estimación de la datación de las diez unidades de torno de repulsar consideradas; ello se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Grupos, designaciones y dataciones aproximadas de los diez tornos de repulsar.

Grupos de los tornos de repulsar	Designación en este trabajo	Designación en el inventario de 2021	Datación aproximada de los tornos
Grupo A	TR-01	M/8/020	1920
Grupo A	TR-02	M/8/021	1930
Grupo A	TR-03	M/8/022	1930
Grupo A	TR-04	SC, \approx M/8/021	1930
Grupo B	TR-05	M/8/003	1970
Grupo B	TR-06	M/8/002	1970
Grupo B	TR-07	SC	1975
Grupo B	TR-08, TR-09	M/8/023, M/8/023	1975
Grupo C	TR-10	M/8/001	1980
		SC = Sin catalogar	

Con ello queda patente que estos ejemplares de torno de repulsar permiten visualizar la evolución habida en estas máquinas-herramienta, al menos en España, que pasaron en menos de un siglo de ser meras adaptaciones circunstanciales de los tornos convencionales de mecanizado a generar una tipología propia.

Una consecuencia derivada de lo precedente es que en una época anterior al desarrollo del sector de las máquinas-herramienta y bienes de equipo, las propias empresas de fabricación tenían que desarrollar -o al menos intervenir en el desarrollo- de las máquinas-herramienta que necesitaban para sus procesos de fabricación. Cuestión que, a partir de los años 60-70 del siglo XX, fue cubriéndose, paulatinamente, por máquinas de catálogo o bajo pedido, fabricadas por las diferentes firmas comerciales del sector.

Se advierte que el repulsado en torno es un proceso de conformado rotativo de chapa en el que el accionamiento manual de la herramienta ha perdurado hasta los años 80 del siglo XX, a diferencia del mecanizado en torno, en el que los mecanismos de avance automático están totalmente incorporados desde hace más de dos siglos. Ello es debido a la predominancia de formas complicadas de las piezas a repulsar y a la pervivencia del carácter artesanal en los procesos de calderería ligera ornamental.

De otro lado, se quiere hacer una mención explícita a la incorporación de las nuevas tecnologías de modelización, escaneado y generación en realidades virtual y aumentada en el estudio, preservación y puesta en valor de los bienes patrimoniales muebles, tales como las máquinas-herramienta de repulsar aquí tratadas. De hecho, ya se tienen trabajos de virtualización de máquinas herramienta desde la primera década del siglo actual [12], que han ido siendo aplicadas en los estudios patrimoniales industriales [10][13][14] y gracias a ello se puede tener una información más robusta y resiliente de unos bienes de gran fragilidad de conservación.

Llegados a este punto, se insiste en que para la preservación del Patrimonio Industrial y su transmisión a las generaciones futuras no basta con la conservación del patrimonio industrial inmueble (edificios, infraestructuras e instalaciones fijas), ya que por sí solas no suelen dar testimonio de los procesos en ellos desarrollados, ni de las condiciones laborales allí habidas. Es sólo mediante las máquinas y su disposición en planta cómo se puede adentrar en el estudio de las tecnologías y del conocimiento tecnológico (*know-how*) de los modelos industriales pretéritos.

Por último, y como consecuencia natural de lo anterior, desde estas líneas se hace un llamamiento a las instituciones y a la Sociedad, en general, para recabar su colaboración para promocionar el estudio, investigación, difusión y reconstrucción virtual de los procesos de fabricación y máquinas del pasado, como es el caso aquí considerado del proceso de repulsado en torno, a través de los tornos de repulsar pertenecientes al legado patrimonial mueble de las Fábricas de Riópar.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento al Museo de las Fábricas de Riópar y, en particular, a Cristina Muñoz, encargada de la Oficina de Turismo de Riópar, por la información suministrada y las facilidades de acceso al museo y a sus máquinas. También manifiestan su reconocimiento a la asociación de Amigos de las Reales Fábricas de Riópar y al Grupo de Trabajo sobre Patrimonio Industrial en Fabricación de la Sociedad de Ingeniería de Fabricación por su apoyo constante.

REFERENCIAS

- [1] Vera, M., “Patrimonio industrial y musealización: Fábricas de San Juan de Alcaraz (Riópar, Albacete)”, Tesis Doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca (2015)
- [2] Sebastián, M. A., Vera, M., Galán, A., Claver, J. y Sevilla, L., “Identificación, clasificación y aproximación al análisis de las máquinas-herramienta de las Reales Fábricas de San Juan de Alcaraz (Riópar, Albacete)”, en “El Patrimonio Geológico y Minero como instrumento de desarrollo territorial” (Ayarzagüena, M. y López-Cidad, F., eds.), 321-330, Madrid (2021)
- [3] Escosura, L., “Descripción de la mina de zinc y fábricas de latón y de cobre de S. Juan de Alcaraz, junto a Riópar”, *Anales de Minas*, III, 108-162 (1845)
- [4] Madoz, P., “Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar”, Imprenta del Diccionario Geográfico, XIII, 491, Madrid (1949)
- [5] Vera, M., Sebastián, M.A., Pizarro, A., Galán, A., “Aproximación a las actividades minero-industriales de Riópar de finales del siglo XVIII y primera mitad del siglo XIX según fuentes documentales coetáneas”, en “Los inicios de la Metalurgia Histórica en la Península Ibérica” (Sebastián, M.A. y Fernández, R., eds.), 445-455, Valladolid (2025)
- [6] Kalpakjian, S., Schmid, S.R., *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*, 2 vols., 7ª edición, Pearson, México (2014)

- [7] Sánchez-Pérez, A. M., Sebastián, M.A., Puigjaner, I.F. “Consideraciones acerca de la utilización industrial de procesos rotativos para el conformado de chapa”, *Anales de Ingeniería Mecánica*, 2, 217-222 (1982)
- [8] Museo de las Fábricas de Riópar, “Catalogación de las máquinas del museo”, Documento interno, Riópar (2021)
- [9] Vera, M., Trujillo, F.J., Sebastián, M.A., “Estudio tecnológico-patrimonial de los tornos de repulsar del Museo de las Fábricas de Riópar (Albacete)”. XIII Congreso Internacional sobre Minería y Metalurgia Históricas en el SW europeo. SEDPGYM, Parada de Sil (Ourense, España) (2025)
- [10] Sebastián, M.A., Claver, J., Sevilla, L., Trujillo, F.J., Vera, M., Galán, A., “Technological and Heritage Analysis of a Singular Screw Press from the early 19th Century of Museum of the Royal Factories of Riópar (Spain)”. *Advances in Science and Technology*, 132, 9, doi: 10.4028/p-gdmbr9 (2023)
- [11] López del Castillo, G., “Maquinaria de San Juan de Alcaraz”, en “Mirar lo propio con ojos propios” (Vera, M., ed.), 249-265 (2013)
- [12] Rubio, E.M., Sanz-Lobera, A., Sebastián, M.A., “Virtual reality applications for the next-generation manufacturing”. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 18 (7), 601-609, doi: 10.1080/09511920500069259 (2005)
- [13] Jiménez-Galea, J.J., Polo-Oudghiri, S., Vera, M., Sebastián, M.A., “Trabajo de campo y recreación virtual de laminador para latón, de hace un siglo, de las Fábricas de Riópar (Albacete)”. IX Congreso de TICCIH España, Motril (Granada) (2025)
- [14] Trujillo, F.J., Martín-Béjar, S., Herrera, M., Sevilla, L., “Recovery and enhancement of the Whitworth’s drill press from 1847 using augmented reality techniques”. XI Manufacturing Engineering Society International Conference, SIF-MES, Bilbao (2025)