

# REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL

PUBLICADA POR LA  
ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES  
Barcelona, Abril, 1911

---

## La unificación de los engranajes y su talla mecánica

---

Hace pocos años, aunque el empleo de las ruedas dentadas estaba generalizado desde mucho tiempo, los constructores prescindían en absoluto de toda idea de unificación. Sin duda alguna ciertos talleres tenían establecidas series de modelos para distintos esfuerzos tangenciales, y al proyectar una transmisión ó máquina nuevas, procuraban adaptarse á dichos modelos; pero aun cuando fuese así, no había relación alguna entre las series de talleres distintos. Aun en un mismo taller las series merecen ser calificadas de rudimentarias, puesto que en muchos casos el paso que servía de punto de partida, había sido determinado partiendo de la distancia entre dos ejes y de número de dientes fijados arbitrariamente, y si bien se procuraba adaptar una nueva rueda á otra existente, no puede decirse rigurosamente que el conjunto de ruedas de un mismo paso formara una serie armónica.

Los trabajos de Willis tendiendo á crear series armónicas y de fácil trazado por medio de su *odontógrafo*, habían tenido poca aplicación, sin duda por el punto de partida fijado por el autor, que era el piñón de 12 dientes, lo cual conducía á perfiles muy apuntados, conforme tuvimos ocasión de observar en esta Revista hace algunos años (\*). Y aun cuando el método de Willis mejorado podía dar lugar

---

(\*) Consideraciones sobre las series armónicas y los procedimientos aproximados empleados en el trazado de los engranajes. Julio y Agosto de 1903.

á series armónicas muy aceptables, existía una verdadera anarquía en los procedimientos de trazados. Refiriéndonos solamente á nuestras observaciones personales, recordamos que mientras los modelistas ingleses que trabajaban en los Astilleros del Nervión, allá por los años 1890 á 92, trazaban ellos mismos los engranajes por el método cicloidal aproximado (método de Unwin), en los grandes talleres de Fives Lille todavía se partía de perfiles rectilíneos paralelos para los pies de los dientes, deduciendo de ellos las cabezas correspondientes, lo cual obligaba á prescindir de toda serie armónica.

Esta diversidad de procedimientos era tanto más lamentable si se tiene en cuenta que los conocimientos fundamentales del trazado eran conocidos desde los primeros tiempos de la construcción mecánica. El famoso profesor Reuleaux, en su «Constructor», 2.<sup>a</sup> edición de 1865, ya expone diversos métodos, y el fundamental se refiere á trabajos de Pomelet. Un desorden de este género sólo se explica por tratarse de procedimientos cuya base exigía cierto grado de cultura técnica poco asequible á los prácticos, los cuales se limitaban á aplicar las recetas formuladas por los que podríamos llamar intelectuales de la construcción, quienes como tales no se sujetaban fácilmente al método y disciplina que toda unificación requiere.

Por otra parte, la circunstancia de que todos los procedimientos exactos de trazado condujeran á perfiles curvos de ley complicada que sólo podían trazarse por puntos ó sustituyéndolos por arcos de circunferencia con una aproximación algo burda, había de contribuir necesariamente á desechar toda idea de unificación. Para llegar á ella, ha sido necesario que los norte-americanos, cuya preocupación constante por el *labour-saving* (\*) ha hecho dar un paso enorme al trabajo mecánico de los metales, inventaran máquinas que engendraran directamente los perfiles de los dientes, y en forma tal, que todas las ruedas de un mismo paso pudieran ser ejecutadas materialmente por la misma herramienta. Todos cuantos visitaron la última Exposición de París fueron testigos de la revolución que los constructores yankees habían hecho en las máquinas herramientas, y una de las más notables en su género era la máquina Fellow, para dentar ruedas por medio de un piñón generador, cuyo fundamento teórico describi-

---

(\*) Economía de mano de obra.

remos más adelante. Desde entonces la talla perfecta que por este procedimiento y otros análogos ha podido obtenerse, ha permitido aprovechar las ventajas de un buen engrane, y bien pronto, así en las transmisiones de las fábricas, como en los mecanismos de reducción de los electromotores, en las máquinas de filatura como en las grúas, los engranajes tallados y divididos mecánicamente se han introducido de un modo definitivo.

La adopción de herramientas y máquinas de coste considerable para la talla, debía ir aparejada con la formación de series, y en la actualidad puede decirse que casi todos los constructores que siguen el progreso mecánico, adoptan resueltamente los pasos métricos ó ingleses. Bajo este punto de vista, nuestra industriosa ciudad ha respondido plenamente á su tradición mecánica, gracias á los Sres. Font, Campabadal y C.<sup>a</sup>, S. en C., los cuales, por el año 1903, establecieron un taller destinado especialmente á la talla de engranajes, empleando principalmente máquinas Fellow. El rápido progreso de dicho taller demuestra que nuestros constructores y nuestros industriales en general han seguido la corriente moderna, y últimamente algunas otras casas constructoras han adquirido por sí mismas máquinas automáticas de dentar sujetas á las series que podemos llamar universales.

Fijándonos especialmente en las ruedas rectas, para las cuales las ventajas de la unificación son más marcadas, esta unificación afecta á dos circunstancias del dentado: la igualdad de pasos y la igualdad de líneas de engrane, dando para un mismo paso una serie de ruedas armónicas.

Según ya indicamos más arriba, los pasos adoptados corresponden á dos series: la métrica, usada casi exclusivamente en todo el continente europeo, y la inglesa, las cuales corresponden á las unidades de medida que rigen en los respectivos países.

En la serie métrica el paso es siempre un múltiplo sencillo de  $\pi$ , relación de la circunferencia al diámetro, y el número de veces que el paso contiene á  $\pi$ , se denomina módulo. Así p. e. una rueda de módulo 6, tiene de paso  $6\pi = 18,8495\dots$  m/m, lo cual tiene la ventaja de que su diámetro primitivo viene dado directamente por el producto del módulo por el número de dientes. Es fácil de comprender, en efecto, que el círculo primitivo de una rueda de 60 dientes y módulo

6, tendrá un desarrollo igual á  $60 \times 6 \pi$ , y por lo tanto, su diámetro valdrá  $60 \times 6 = 360$  m/m.

En la serie inglesa se ha adoptado un criterio análogo al que preside en las roscas Whitworth y que se acomoda fácilmente al trabajo de las máquinas herramientas. El módulo inglés ó *pitch* representa el número de dientes que tiene la rueda por cada pulgada de diámetro primitivo. Así p. e. una rueda de módulo inglés ó *pitch* 4, debe tener cuatro dientes por cada pulgada de diámetro, de modo que si tiene 60 dientes, su diámetro será de  $60 : 4 = 15$  pulgadas. Para expresar este paso en medidas métricas, basta multiplicar el número  $\pi$  por 25,4 milímetros que tiene la pulgada inglesa y dividir por el *pitch*; así p. e. un dentado de *pitch* 4, equivale á un paso métrico de  $(\pi \times 25,4) : 4 = 19,936$  ó á un módulo métrico igual á  $25,4 : 4 = 6,35$ .

Aparte de la sencillez que desde el punto de vista de la unificación trae consigo la adopción de cualquiera de estas series, los diámetros de los círculos primitivos, y por consiguiente la distancia entre los centros de las ruedas, se simplifican mucho más que adoptando, como antiguamente hacían algunos constructores, pasos equivalentes á un número exacto de milímetros ó á fracciones de pulgada que al multiplicarlos por el número de dientes y dividirlos por  $\pi$ , daban lugar á diámetros inconmensurables. La costumbre también seguida antes por algunos de tomar como punto de partida la distancia entre los centros y los números de dientes que correspondían á la relación de velocidades deseada, daba lugar á diámetros primitivos que muchas veces no eran siquiera decimales exactos. Con los sistemas citados, si bien es verdad que la distancia entre centros no puede ser absolutamente arbitraria, se tiene la seguridad de obtener dentro de cada sistema de medida, un número exacto ó una fracción sencilla para los diámetros primitivos y un paso unificado fácilmente realizable por medios mecánicos con una precisión que el dibujo más acabado no permite obtener.

En cuanto á la forma de la línea de engrane, la cuestión queda reducida á adoptar la forma circular, lo cual conduce á los perfiles cicloidales, ó la forma rectilínea que da lugar á los perfiles en forma de evolvente de círculo. Las figuras 1 y 2 indican la forma de los dientes que se obtienen en cada sistema. Su realización mecánica por cualquiera de los procedimientos de tallado que examinaremos más

adelante, es posible en todos los casos, pero á pesar de ello, puede decirse que se adopta casi exclusivamente el segundo sistema. Su

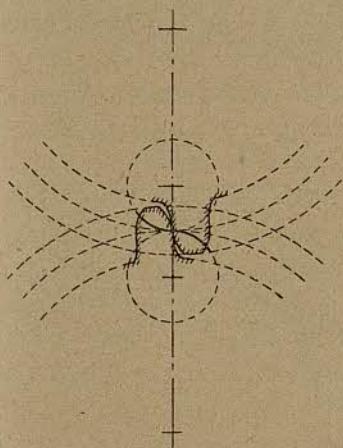


Fig. 1

Perfiles cicloidales

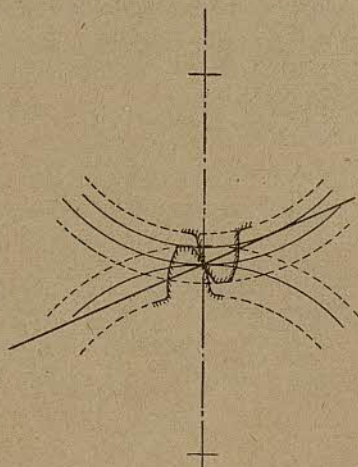


Fig. 2

Perfiles de evolvente de círculo

adopción responde probablemente á la mayor facilidad de preparar con exactitud las herramientas, para lo cual se toma como punto de partida el perfil de los dientes de la cremallera, que conforme es sabido, para el sistema de evolvente son perfiles rectilíneos normales á la línea de engrane. Este sistema ofrece además otra ventaja que hace notar el Profesor Reuleaux en su «Constructor», y es la de que si al montar las ruedas la distancia entre centros resulta ser mayor que la correspondiente á los círculos primitivos, con arreglo á los cuales se ha hecho el trazado, todo se reduce á una mayor inclinación de la línea de engrane y á un aumento de las trayectorias polares sin variar la relación de sus radios, de manera que salvo la vibración que el aumento de juego entre los dientes puede ocasionar, los perfiles siguen deslizándose según una relación de velocidades constante. Esta ventaja, que no ofrece el sistema de trazado cicloidal, no tiene la importancia que parece á primera vista, puesto que desde el momento en que se talla con precisión, puede suponerse que en general se hará el montaje con cuidado, y por lo tanto, la distancia entre centros corresponderá casi exactamente á la teórica. En cambio, en

