

Este artículo prosigue el anterior trabajo “Punzonado y moldeado: cómo comparar los costes de producción” publicado por la revista “Lamiera” en octubre de 2005. El artículo analizaba los costes de producción con punzonadoras de lámina y de bobina: aquí se aplica el mismo procedimiento de cálculo para decidir si perfilar o plegar a presión un perfil metálico.

Andrea Dallan*

Cómo comparar los costes de producción de perfilado y plegado a presión

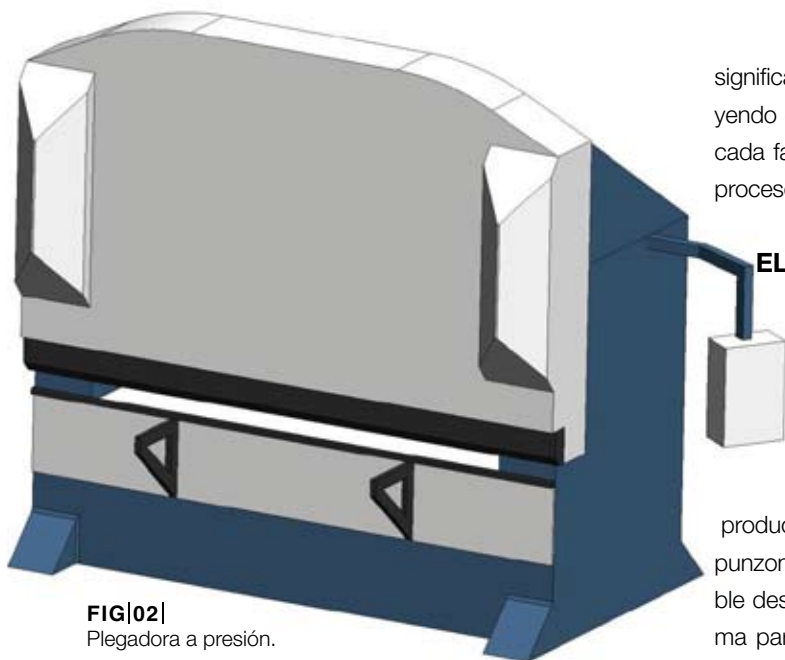
Los que trabajan chapa saben lo importante que es decidir el proceso más adecuado para realizar un producto. A menudo esta decisión influye profundamente en el resultado económico de la producción. Para realizar un perfil metálico es también importante saber escoger la tecnología más adecuada. Los procesos que aquí se consideran son el perfilado por medio de rodillos (**fig. 1**) y el plegado a presión (**fig. 2**). Existen perfiles que pueden realizarse exclusivamente con perfilado por medio de rodillos (**fig. 3**), otros que son más sencillos a realizar mediante plegado a presión. Si el perfil puede realizarse de ambas maneras, el proceso mejor es lo que completa la producción al coste total inferior. El plegado

a presión es más flexible con respecto al perfilado y no requiere inversión en equipos: es por tanto la elección adecuada para pequeñas producciones. El perfilado es mucho más productivo (**fig. 4**) y es lo normal para producciones en serie. Estos criterios y la experiencia ayudan a decidir la tecnología a adoptar. Sin embargo en el caso de un perfil a realizar en cantidades medianas, es importante tener un método de cálculo que guíe la decisión. La finalidad de este artículo es dar al lector un procedimiento sencillo y riguroso. En primer lugar se descompondrá el coste de la producción y sus factores elementales (materia prima, coste horario, tiempo de producción, equipos). Luego, para cada factor se dará una

FIG|01| Línea de perfilado.



* Dalcos S.p.a.



FIG|02|
Plegadora a presión.

lectura cualitativa para ambos procesos. Por último se obtendrán dos fórmulas que, recogiendo tres o bien cinco datos, permitirán decidir con certeza el proceso mejor.

EL ANÁLISIS DE LOS COSTES

Lo primero que hace falta es analizar la estructura del coste de la producción: una vez planteado el cálculo será fácil identificar el proceso que completa la producción dada de N piezas al menor coste total. Además, se podrá calcular el número N que determina la igualdad entre los costes de perfilado y plegado a presión. El coste de toda la producción está vinculado a: el número N de las piezas a producir, el coste de la materia prima, el coste horario de la máquina, el tiempo de producción y el coste de los equipos. Este último, en concreto, permanece constante al variar la producción (es decir, es independiente de N). Además, si la producción está subdividida en lotes y con cada lote hay que equipar la máquina, hay que añadir también el coste de la dotación multiplicado por el número de lotes previsto. Los factores están vinculados por esta fórmula:

$$(1)[\text{coste total producción}] = N \times [\text{coste materia prima 1 pieza}] + N \times [\text{coste horario}] \times [\text{tiempo de elaboración de 1 pieza}] + [\text{coste equipos}] + [\text{coste de 1 dotación}] \times [\text{número de lotes previsto}]$$

El coste horario total viene dado por la suma de la mano de obra vinculada a la máquina, de la energía eléctrica consumida cada hora, de la amortización de la máquina y del mantenimiento. Estos últimos dos costes deben normalizarse en base horaria. La **figura 5** da una ilustración gráfica del

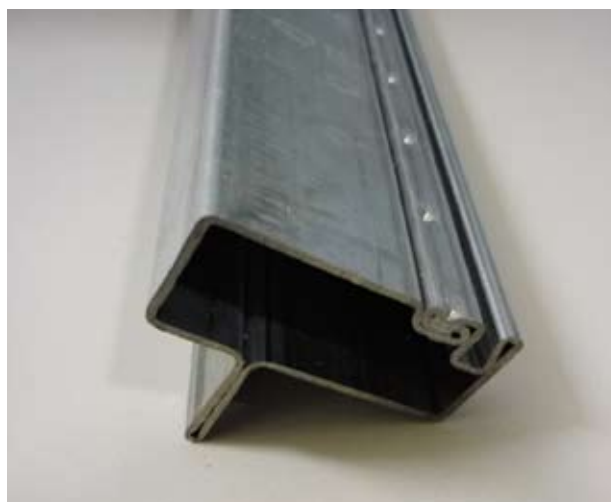
significado de la fórmula en el caso de un lote único (incluyendo el coste de la dotación en el coste del equipo). Para cada factor, se dará una valoración cualitativa para ambos procesos de perfilado y plegado a presión.

EL COSTE DE LA MATERIA PRIMA

La perfiladora trabaja normalmente desde material en bobina: esto permite utilizar completamente la chapa que entra. También el material plegado por la prensa puede cortarse con bobina, y en este caso, el coste de la materia prima es igual al caso de la perfiladora. Si en cambio la pieza se producen con un formato estándar, por ejemplo con una punzonadora de lámina, hay que tener en cuenta el posible descarte: aumenta de hecho el coste de la materia prima para cada pieza en plegado a presión. En los análisis siguientes, el coste de la materia prima se considerará igual para los dos procesos.

EL COSTE HORARIO

El coste horario de la perfiladora por rodillos está dado principalmente por el coste de amortización de la instalación y de la energía eléctrica necesaria para el accionamiento de la máquina. La mano de obra vinculada a la máquina tiene una incidencia relativa a los tiempos de activación y de vigilancia de la instalación que se diera. En la plegadora a presión, el coste horario deriva de la amortización de la instalación y de la energía eléctrica (como en el caso del perfilado). Además, si la plegadora no usa robot hay que sumar el coste de la mano de obra necesaria para la producción y manejo de las piezas. El coste horario de cada proceso puede calcularse cuidadosamente con el método presentado en el artículo anterior "Punzonado y moldeo" citado en la introducción.



FIG|03| Perfil obtenido con perfiladora por rodillos.

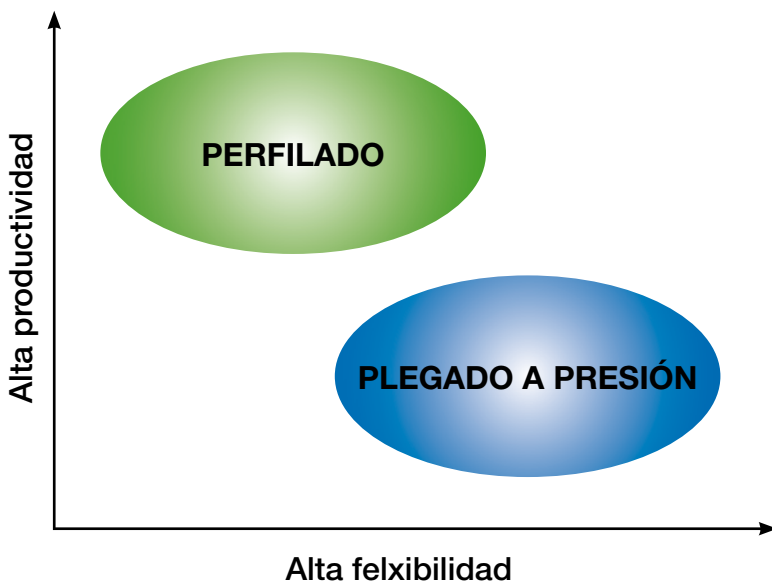
EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN

La productividad de la perfiladora por rodillos es muy alta. Para algunos perfiles se alcanzan velocidades de producción incluso de 200 metros al minuto; la velocidad de perfilado depende de la forma y del espesor del perfil. El tiempo de producción de una pieza está vinculado, además de a la velocidad de perfilado, a la longitud de la pieza y al número de operaciones (ejemplo: corte) a efectuar en el perfil. La plegadora a presión por el contrario tiene tiempos de producción más lentos, dados por las operaciones de tomar y depositar la pieza o por las necesarias manipulaciones para realizar los plegados. Además el tiempo de producción depende también de la complejidad del perfil y del número de plegados que haya que realizar. En los pasos sucesivos, ambos tiempos podrán estimarse, registrarse o simularse; tendrán que ser los tiempos totales brutos para la producción de una sola pieza en perfilado o plegado.

EL COSTE DE LOS EQUIPOS

En el perfilado con rodillos, los equipos son un factor importante ya que es invariable respecto a la cantidad N de productos que haya que realizar. El coste está vinculado a la complejidad, al espesor y a la altura del perfil que haya que realizar. Esto puede estimarse o bien puede pedirse un presupuesto al constructor de perfiladoras. Esto será un dato importante en los próximos cálculos. La plegadora a presión, en cambio, tiene equipos que en general se adaptan bien a diferentes producciones: habrá que considerar igual a cero la contribución de este factor.

FIG|04| Diagrama flexibilidad y productividad.



EL COSTE DE LA DOTACIÓN Y EL NÚMERO DE LOTES

El coste de una dotación (o set-up) es la suma del coste horario de la mano de obra necesaria para realizar el trabajo y coste horario de la amortización de la máquina. El valor obtenido hay que multiplicarlo por el tiempo necesario para efectuar el set-up. En la perfiladora, si no se utilizan grupos en los que los rodillos están pre-ensamblados, el tiempo de dotación puede requerir varias horas, según el número y las dimensiones de los rodillos. En los próximos pasos se considerará completar la producción de N piezas con una sola dotación – por tanto en un único lote – y se incluirá el coste del set-up en el coste total del equipo. En la plegadora a presión, en cambio, el tiempo de dotación es muy inferior: en los cálculos siguientes se considerará igual a cero el coste de set-up de esta máquina.

SIMPLIFICACIÓN DE LA FÓRMULA Y NÚMERO DISCRIMINANTE

Utilizando la fórmula (1) ya establecida e igualando los costes de producción en perfilado y plegado a presión, es posible obtener el número N por encima del cual conviene invertir en el equipo de perfilado. Tras algunos pasos se obtiene:

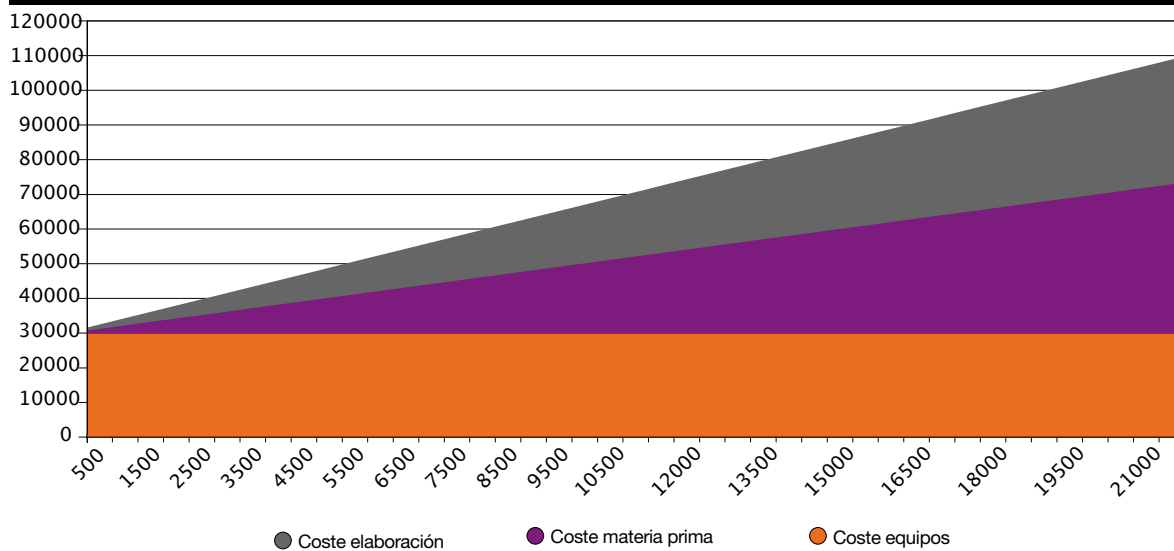
$$(1)N = \frac{[\text{coste equipo perfilado}]}{([\text{coste horario plegado}] \times [\text{tiempo de elaboración en plegado}] - [\text{coste horario perfilado}] \times [\text{tiempo de elaboración en perfilado}])}$$

Para llegar a esta formulación se ha considerado igual el coste de la materia prima en los dos procesos y, para la plegadora a presión, se ha puesto igual a cero el coste de los equipos y de la dotación. Además, para la perfiladora se ha incluido el coste de la dotación en el coste de los equipos de perfilado. De esta fórmula con 5 informaciones se obtiene con precisión el número N, llamado también discriminante. Es posible simplificar aún más: para la alta velocidad de producción de la perfiladora, se puede considerar no relevante el tiempo de elaboración en perfilado respecto al de plegado y considerarlo nulo en la fórmula. Se obtiene:

$$(2)N = \frac{[\text{coste equipos perfilado}]}{([\text{coste horario plegado}] \times [\text{tiempo de elaboración en plegado}])}$$

Ya con tres datos se tiene una buena indicación sobre la oportunidad de invertir en los equipos de perfilado. Para la coherencia de las unidades de medida en las fórmulas, el tiempo de elaboración de una pieza en plegado o perfilado debe expresarse en horas (equivalente al tiempo en segundos dividido por 3600).

FIG|05| Gráfico explicativo del coste de la producción.



ALGUNOS EJEMPLOS

Consideremos que debemos realizar un perfil y que el coste de los equipos de perfilado es de 30.000 Euros. Si el coste horario de la plegadora a presión es de 100 Euros a la hora y el tiempo de producción de una pieza es de 60 segundos (tiempo estimado para tomar, depositar y plegar la pieza), el número discriminante N obtenido con la fórmula (3) es de 18.000 piezas. Si se tiene en cuenta también el coste horario del perfilado y se estima que la perfiladora realice la pieza en 6 segundos y con el mismo coste horario de instalación, con la fórmula (2) el número N resulta 20.000 piezas. Éste es el dato más preciso pero no dista de la estima inicial obtenida con sólo tres informaciones. Otro ejemplo: si establecemos el coste del equipo igual a 20.000 Euros, coste horario de la plegadora también 100 Euros y el tiempo de producción también 60 segundos, obtenemos con la fórmula (3) un valor de N igual a 12.000 piezas. Una pieza más sencilla que se realice en 40 segundos de plegado, con los mismos costes horarios y de equipo del caso anterior, produce un valor de N igual a 18.000. Significa que, una vez alcanzado este número

de piezas producidas, el coste del equipo de perfilado equivale al coste del tiempo empleado en máquina plegadora para realizar las mismas piezas. Es interesante entonces analizar la tendencia de N en función del tiempo de plegado (figura 6). Al aumentar el tiempo de plegado y, a igualdad de inversión en equipos de perfilado (en el gráfico de ejemplo igual a 30.000 Euros), el discriminante N baja: por tanto, la inversión en el equipo de perfilado se amortiza más rápidamente.

CONCLUSIONES

En conclusión, se ha visto que la elección entre el perfilado y el plegado a presión depende sobre todo del tipo de perfil. Si del análisis de factibilidad resulta que el producto puede realizarse con ambas tecnologías hay que evaluar la cantidad de piezas a producir. En este artículo se ha utilizado como principio de decisión el coste mínimo para realizar toda la producción. Se han subdividido los costes de producción en sus factores esenciales (coste horario, tiempo de producción, coste de la materia prima y coste de los equipos) obteniendo dos fórmulas que permiten obtener el número discriminante de piezas N. Por debajo de N hay que plegar a presión y por encima conviene el perfilado por rodillos. La estructura de la fórmula confirma lo que se conoce de la experiencia, es decir: la plegadora a presión es adecuada para pequeñas producciones mientras que la perfiladora es la elección adecuada para producciones medianas y grandes que justifican la inversión en los equipos de perfilado. El aspecto interesante de estas dos fórmulas es que los datos puedan recopilarse con relativa sencillez: el coste de los equipos de perfilado puede solicitarse directamente al constructor. El coste horario puede estimarse o calcularse de forma precisa como se explica en mi artículo anterior; el tiempo de plegado puede registrarse, simularse o bien estimarse. En todos los casos las fórmulas dan indicaciones útiles para decidir si invertir en los equipos de perfilado y para evaluar el tiempo de recuperación de la inversión. ■

FIG|06| Variación del discriminante N en función del tiempo de plegado.

Variación de N en función del tiempo ciclo en el plegado

