

# Costo total de propiedad y análisis de productividad de la EDM

*Autor: Jerry Mercer*

## INTRODUCCIÓN

En la competitiva industria de la fabricación de moldes, el rendimiento es la clave para mantener costos de producción que también sean competitivos. Los fabricantes desean aumentar la productividad a la vez que mantienen márgenes rentables en sus operaciones relacionadas con la EDM por inmersión. Parte de la estrategia de gestión suele ser la inclusión de nuevos equipos y tecnologías. Invertir en tecnología es tan importante para la competitividad global como lo es optimizar la propiedad de los activos.

## EL ANÁLISIS TCO

El modelo de análisis del costo total de propiedad (TCO) se utiliza habitualmente para tomar decisiones a la hora de adquirir nuevos equipos. Parte de este proceso de evaluación debe incluir una auditoría: una evaluación del equipo actual y de las operaciones de fabricación para determinar la capacidad de satisfacer los requisitos operativos presentes y futuros. La Figura 1 muestra las etapas que tienen lugar durante una auditoría de TCO.

### Una auditoría sirve para lo siguiente:

- comparar el rendimiento real con el rendimiento de referencia del equipo;
- examinar las áreas en las que se deba mejorar la productividad;
- considerar la pérdida de ingresos por no poder cotizar nuevos negocios deseados;
- evaluar la lentitud en la producción y la incapacidad de cumplir los plazos;
- comprobar las tasas de desecho debido a cavidades sin tolerancia y defectos en la cavidad;
- hacer un seguimiento del servicio y mantenimiento del equipo que ya no esté cubierto por la garantía;
- analizar la rentabilidad de actualizar, renovar o eliminar los equipos existentes en lugar de sustituirlos.

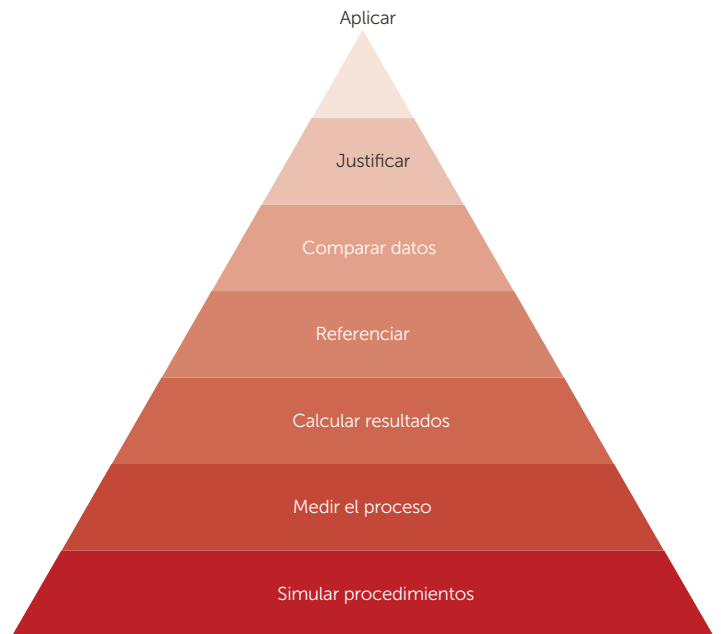


Figura 1. Matriz de etapas de TCO.

En el caso de los bienes de equipo, los principales elementos de costo son la compra, la energía, el mantenimiento y la reparación. Los costos secundarios que influyen en el valor general son la productividad, el riesgo y la eliminación. Una evaluación valiosa refleja todos los costos asociados a una compra de capital, incluidos los de propiedad y operación del activo durante un periodo de tiempo determinado. Esta información es una herramienta útil para optimizar la propiedad de los activos y determinar el mejor valor entre varias alternativas.

Un buen análisis TCO debe ajustarse al plan comercial e identificar la mejor solución para cumplir los objetivos empresariales; por ejemplo, agregar capacidades para dar servicio a nuevos clientes o expandirse a mercados diferentes. El uso de nuevas tecnologías a menudo permite eliminar algunos de los procesos y dar un nuevo enfoque a los trabajos. La capacidad adicional y la mejora del rendimiento de la máquina suelen ser los factores que impulsan la decisión de considerar cambios en los equipos.

## TCO Y EQUIPOS DE EDM

Cuando los principios del costo de propiedad se aplican a los principales elementos asociados al funcionamiento del equipo de EDM por inmersión, como los materiales de grafito, los costos asociados al valor agregado y productividad, empiezan a repercutir en la rentabilidad de la propiedad y el funcionamiento del equipo.

Gracias a los datos de referencia de los proveedores de equipos y grafito, una auditoría del proceso de EDM ayuda a identificar áreas de ahorro potencial al comparar los costos reales con los valores de referencia aceptados. El uso del modelo TCO para auditar el proceso puede demostrar que se puede obtener una capacidad adicional del equipo existente y reducir las horas de mecanizado por EDM, lo que a su vez aumenta la productividad. Una vez identificadas las oportunidades de mejora, el proceso TCO se utiliza para identificar la alternativa con el costo total más bajo, o el mejor valor, en función de las necesidades de la empresa identificadas en su plan comercial.

## MATERIAL DE ELECTRODO

La auditoría también muestra que uno de los elementos más críticos del funcionamiento de los equipos de EDM es el material de electrodo, ya que el rendimiento del material afecta a la productividad de cada trabajo y a la capacidad de la fabricación. Cada fabricante de equipos publica tablas que muestran las tasas de eliminación de metal típicas y el porcentaje de desgaste del electrodo para ajustes específicos de la máquina, metal de trabajo y materiales de electrodo cuando se realiza EDM en condiciones óptimas. Se pueden utilizar los mismos parámetros y medir la tasa de eliminación de metal y el porcentaje de desgaste del electrodo reales para comparar el rendimiento de la máquina con el valor de referencia. Si la operación no puede alcanzar las cifras de referencia, es posible que la fabricación tenga ciclos de producción más lentos que otra fabricación de la competencia. El uso de datos de referencia combinados con el rendimiento real de la máquina indicará si se alcanzó la capacidad actual de la máquina. Si la máquina actual no alcanza la producción de referencia indicada por el fabricante, a menudo se puede aumentar la productividad cambiando a un material de electrodo de alto rendimiento. Estos ajustes de referencia

podrían estar relacionados con la velocidad, desgaste o acabado, en función de los requisitos del trabajo que se realice en la fabricación.

Una vez identificada la razón por la que se necesitan nuevos equipos, la auditoría puede mostrar que existe una capacidad adicional que explotar y problemas de productividad que deben explorarse sin agregar nuevos equipos. Esto es especialmente cierto si el material de electrodo de grafito es la causa principal de los problemas de productividad. La productividad puede reducirse de varias formas si no se utiliza el mejor material de grafito para la pieza: un corte inestable prolonga el tiempo que la pieza permanecerá en el depósito, el material no es capaz de producir el acabado superficial deseado de forma eficiente y las piezas se desechan debido a tolerancias fuera de especificación o picaduras superficiales. La compra de nuevos equipos puede mejorar estos problemas, pero utilizar el mejor grafito para el trabajo es la mejor solución.

Las características del material de electrodo también afectan otras operaciones o costos de la fabricación, como la fabricación de electrodos y células de pulido de moldes.

Los electrodos adicionales o el equipamiento de los electrodos debido a su elevado desgaste también acortan la vida útil de la herramienta y aumentan los costos de la pieza. La incapacidad del material para producir el acabado superficial deseado puede aumentar la cantidad de pulido necesario para una cavidad, lo que también incrementa el costo de la pieza.

El uso de materiales de electrodos de alto rendimiento aumenta la rentabilidad a la vez que reduce el tiempo de fabricación de los electrodos, el tiempo de mecanizado por EDM y el tiempo de pulido. Los fabricantes que solo tienen en cuenta el costo por pulgada cúbica de grafito, en lugar de los costos totales de producción asociados a la pieza, pueden estar perdiendo dinero porque no están comprando el mejor material para el trabajo. Aunque no haya problemas de capacidad, una máquina poco eficiente sigue consumiendo electricidad, lo que reduce la vida útil del fluido dieléctrico y del filtro, además de los costos de mano de obra.

## TCO Y SELECCIÓN DEL MATERIAL DE ELECTRODO

---

Cuando los principios del TCO se aplican a los principales elementos asociados al funcionamiento del equipo de EDM por inmersión, como los materiales de electrodo de grafito, el valor agregado y la productividad de estos elementos empiezan a repercutir en la rentabilidad de la propiedad y el funcionamiento del equipo.

La productividad puede reducirse de varias maneras si el material de electrodo utilizado en la aplicación de EDM no está optimizado para la aplicación. Esta reducción de la productividad incluye una velocidad de corte inestable que prolonga el tiempo de grabado de la EDM, la incapacidad de producir eficazmente los acabados superficiales deseados y un mayor potencial de desecho de una pieza debido a tolerancias fuera de especificación y picaduras en la cavidad. Las características del material de electrodo también afectan a otras operaciones o costos de fabricación, como la fabricación de electrodos o las áreas de pulido de moldes. Un mayor desgaste de los electrodos, puede requerir electrodos adicionales o reparaciones excesivas de los electrodos, lo que alarga los tiempos de producción y aumenta los costos, por no mencionar una necesidad adicional de las herramientas de corte.

El rendimiento del electrodo depende en gran medida del grado del grafito seleccionado. La selección de un material de grafito sin tener en cuenta las propiedades de cada grado puede dar lugar a un rendimiento deficiente de la EDM. La elección de materiales de electrodo óptimos suele dar lugar a tasas de eliminación de metal más rápidas, menor desgaste del electrodo, mejores acabados superficiales, mayor estabilidad de corte, reduciendo potenciales picaduras y la formación de arcos de EDM.

La microestructura del material de electrodo que se utiliza facilita la capacidad de obtener eficiencias máximas en una aplicación de EDM. La consistencia en la estructura del material es primordial para minimizar las pérdidas de eficiencia que se deben a dificultades en el corte por EDM. Los materiales con una estructura heterogénea tendrán una uniformidad variable en cuanto al tamaño de las partículas y la porosidad. Esto hace que la tecnología de control adaptativo de la máquina de EDM se ajuste continuamente para superar los problemas de descarga y mantener la separación libre de contaminación. Cada corrección del control adaptativo genera una reducción en la eficacia del proceso de EDM. Una corrección excesiva suele ser un indicador de inestabilidad en el grabado y suele rectificarse con materiales

consistentes. Esto reduce los requisitos de EDM por inmersión para alterar continuamente el programa a fin de estabilizar el grabado y permite que la inmersión funcione con una eficiencia mucho mayor.

Al igual que los fabricantes de equipos, los fabricantes de grafito pueden suministrar modelos y datos de referencia para ayudar en el análisis TCO. Con este punto de referencia, debe seleccionarse un material de electrodo en función de su capacidad para funcionar con índices de eficiencia óptimos y lograr al mismo tiempo un acabado superficial específico, reproducir detalles críticos en la cavidad o alcanzar tasas de eliminación de metal suficientes. Esta información puede utilizarse como referencia al comparar distintos grados de grafito.

Otra herramienta para comparar materiales de electrodo es una microfotografía de la microestructura del grafito. Dado que el proceso de EDM por inmersión está diseñado para producir una imagen idéntica de la forma del electrodo en el metal de trabajo, la calidad del grafito es una parte importante del proceso. Los materiales que tienen una estructura uniforme y un grano pequeño suelen funcionar de forma más estable y a menudo son capaces de proporcionar un acabado de buena calidad con menos electrodos. Sin embargo, los materiales de electrodo con partículas de grano grande y estructuras que no son uniformes suelen ser incapaces de producir acabados de buena calidad y requerirán pulido.

## MODELO DE RENDIMIENTO TCO

---

El modelo (TCO) permite obtener una visión general rápida y sencilla para determinar plenamente el efecto del material de electrodo en la eficacia y rentabilidad de diversos aspectos del proceso de EDM.

El modelo TCO puede utilizarse de dos maneras. La primera sería como modelo de estimación. Este método permite la introducción de datos derivados de varios recursos disponibles que indican una estimación de los rendimientos de EDM con parámetros de máquina variables.

Un aspecto a tener en cuenta con este método es que el grado de material de electrodo utilizado para las pruebas de recopilación de estos datos puede o no ser el mismo material que se encuentra actualmente en uso en la fabricación. En este sentido, el resultado de los datos podría estar sesgado y, por lo tanto, no reflejar la estimación más exacta.

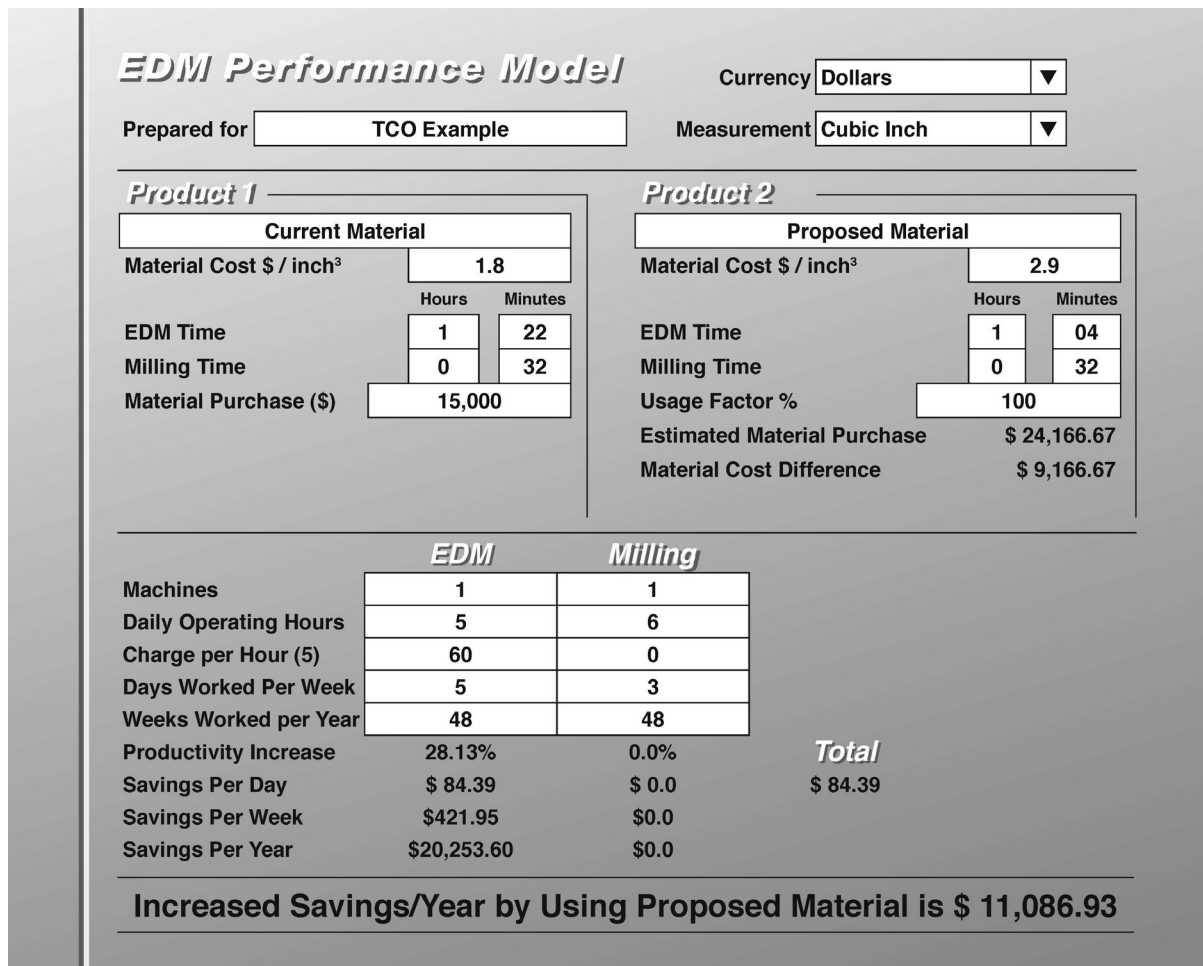


Figura 2. Modelo de costo de propiedad utilizando datos de rendimiento real de EDM con diferentes materiales de electrodo.

La segunda y más exacta aproximación a la precisión del modelo TCO consistiría en medir el rendimiento de una prueba controlada o de una aplicación de EDM real. Esto evita cualquier estimación del rendimiento y evalúa la verdadera entrada de datos sobre el rendimiento que se determinó realmente. La Figura 2 muestra el modelo TCO de una aplicación real de EDM en la que una empresa que utilizaba un tipo de material de electrodo evaluó un material considerado como más aplicable. Al principio, hubo resistencia para implementar el material recomendado, ya que se comprobó que el material tenía un costo considerablemente más elevado. Tras muchas deliberaciones, se tomó la decisión de medir las variaciones de rendimiento de los dos materiales para determinar la rentabilidad futura de la aplicación. Como se puede ver en este caso, el uso del material recomendado en realidad redujo los costos operativos totales y, en última instancia, supuso un ahorro de costos a pesar de que el costo del material de electrodo propuesto era superior al material que se utilizaba en ese momento.

Es importante utilizar las condiciones reales en lugar de una estimación basada en pequeños ensayos. Aunque está bien utilizar los ensayos para establecer referencias o estimar el rendimiento, no revelan el verdadero costo del grafito en tiempo de mecanizado por EDM ni el precio del material cuando se tienen en cuenta el desgaste y la cantidad de electrodos. Al comparar dos grados de grafito en el entorno real de la fabricación, se muestra el impacto que tiene el rendimiento del grafito en la pieza.

El modelo TCO examina el impacto del material de grafito en las operaciones de EDM en la fabricación, desde la fabricación de electrodos hasta la operación de pulido de moldes. El objetivo es identificar los aumentos de productividad para reducir los costos de producción. Si el grado del grafito es el factor limitante de la operación, este factor seguirá afectando la operación cuando se adquieran nuevos equipos.

## COMPARACIÓN DEL PUNTO DE REFERENCIA

Gracias a los datos de referencia de los proveedores de equipos y de grafito, una auditoría del proceso de EDM ayuda a identificar áreas de ahorro potencial comparando los costos reales con los valores de referencia aceptados. El uso del modelo TCO para auditar el proceso puede demostrar que se puede obtener una capacidad adicional del equipo existente y reducir las horas de mecanizado por EDM, lo que a su vez aumenta la productividad. Una vez identificadas las oportunidades de mejora, el proceso TCO se utiliza para identificar la alternativa con el costo total más bajo, o el mejor valor, en función de las necesidades de la empresa identificadas en el plan comercial.

En el caso que se muestra en la Figura 2, el dueño de la fábrica fue lo suficientemente asertivo como para darse cuenta de que las ventajas de rendimiento podían no ocurrir con el material más económico. Estas pruebas demostraron que el equipo de EDM no se utilizaba a su máxima capacidad. La auditoría demostró que uno de los elementos más críticos del funcionamiento de los equipos de EDM es el material de electrodo, ya que el rendimiento del material afecta a la productividad de cada pieza y a la capacidad de la fabricación. Cada fabricante de equipos publica información que muestra los rendimientos típicos de la EDM para ajustes específicos de la máquina, metal de trabajo y materiales de electrodo cuando se realiza EDM en condiciones óptimas.

Con el modelo TCO, se pueden utilizar los mismos parámetros y medir el rendimiento real de la EDM para comparar el rendimiento de la máquina con el

valor de referencia. Si la operación no puede alcanzar las cifras de referencia, es posible que la fabricación tenga ciclos de producción más lentos que otra fabricación de la competencia. El uso de datos de referencia combinados con el rendimiento real de la máquina indicará si se alcanzó la capacidad actual de la máquina. Si la máquina actual no alcanza la producción de referencia indicada por el fabricante, a menudo se puede aumentar la productividad cambiando a un material de electrodo de mayor rendimiento. Estos ajustes de referencia podrían estar relacionados con la rapidez, desgaste o acabado, en función de los requisitos del trabajo que se realice en la fábrica.

Independientemente de si se utiliza una estimación o datos reales para el modelo TCO, los fabricantes deben revisar en algún momento sus operaciones de EDM para determinar si el equipo funciona a máximo rendimiento y si el proceso de EDM se optimizó para proporcionar la máxima eficacia y rentabilidad. El tiempo dedicado a realizar una auditoría de TCO suele revelar áreas en las que se pueden lograr mejoras significativas de los procesos y aumentar la competitividad.

Las fábricas que solo tienen en cuenta el costo del grafito, en lugar del costo total de producción asociado a las piezas, pueden estar perdiendo dinero porque no están optimizando el material para la aplicación y aprovechando la máxima eficiencia.

### PARA OBTENER MÁS INFORMACIÓN

Llame a su distribuidor local para saber lo que nuestras soluciones de grafito de calidad prémium pueden hacer por usted. Visite [poco.entegris.com/distributors](http://poco.entegris.com/distributors) para encontrar la ubicación más cercana.

### TÉRMINOS Y CONDICIONES DE VENTA

Todas las compras están sujetas a los términos y condiciones de venta de Poco Graphite. Para ver e imprimir esta información, visite [poco.entegris.com/terms-and-conditions](http://poco.entegris.com/terms-and-conditions).



300 Old Greenwood Road  
Decatur, Texas 76234  
EE. UU.

#### Atención al cliente

Tel. +1 940 627 2121  
Fax +1 940 393 8366

Entegris® y Entegris Rings Design® son marcas registradas de Entegris, Inc. y POCO®, y otros nombres de productos son marcas registradas de Poco Graphite, Inc. como aparece en [entegris.com/trademarks](http://entegris.com/trademarks). Todos los nombres de productos, logotipos y nombres de empresas de terceros son marcas comerciales o marcas registradas de sus respectivos propietarios. Su uso no implica ningún tipo de afiliación, patrocinio o aprobación por parte del propietario de la marca.

©2010-2020 Entegris, Inc. | Todos los derechos reservados. | 6207-10978TAN-0320ES