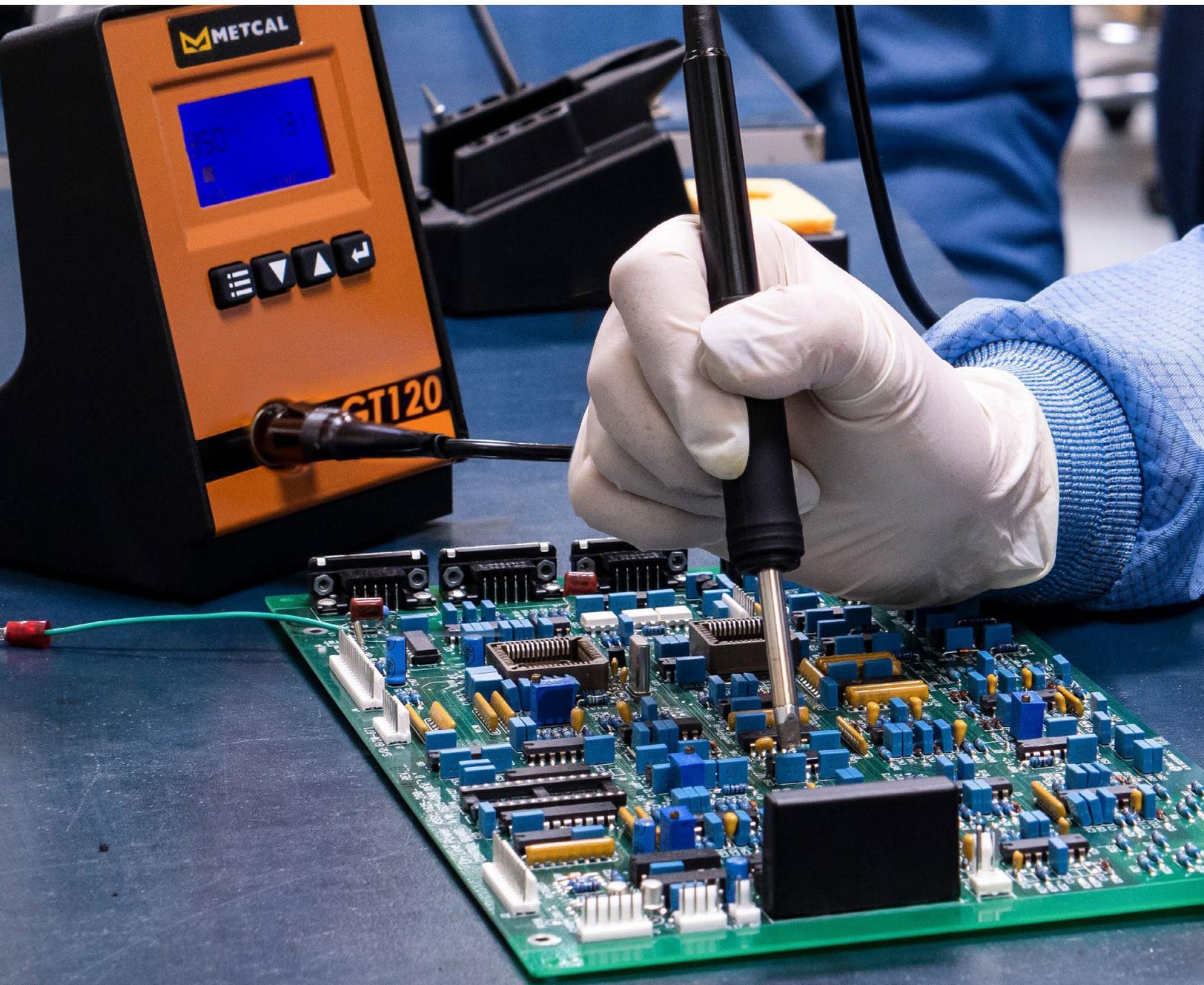


Aumente el rendimiento y la productividad con los Sistemas de Soldadura de Calentamiento por Inducción de la Serie GT de METCAL™

Por Curtis Yamauchi,  
Gerente Global de Producto de Metcal



## *Table of Contents*

<b>Hallazgos clave de rendimiento y productividad para soldadura manual .....</b>	<b>3</b>
<b>Principales 4 parámetros que inciden en el rendimiento y la productividad de la soldadura manual .....</b>	<b>3</b>
<b>Pruebas de rendimiento y productividad del sistema de soldadura manual por resistencia versus inducción .....</b>	<b>4</b>
<b>Procedimiento de prueba. ....</b>	<b>5</b>
<b>Sistemas de soldadura por resistencia y por inducción probados. ....</b>	<b>5</b>
<b>Datos reunidos para el análisis de rendimiento y productividad de los sistemas de soldadura .....</b>	<b>6</b>
<b>Resultados de las pruebas.....</b>	<b>7</b>
<b>Rendimiento superior demostrado de los sistemas de soldadura por inducción de METCAL.....</b>	<b>7</b>
<b>Apéndice A: Gráficos de Tiempo versus Temperatura para cada sistema de soldadura manual probado .....</b>	<b>8</b>
<b>Contáctenos.....</b>	<b>12</b>

## Hallazgos clave de rendimiento y productividad para soldadura manual

Este documento examina los efectos de la tecnología de calentamiento en el rendimiento y la productividad de los sistemas de soldadura manual. Se realizó una prueba de soldadura de siete cargas en sistemas de soldadura por inducción y por resistencia comparables. Los resultados de las pruebas demostraron que los sistemas de soldadura de calentamiento por inducción de la Serie GT de METCAL™ sistemáticamente produjeron mejores resultados en comparación con los sistemas por resistencia, a saber:

- Calentamiento más rápido
- Tiempos de intervalo más cortos
- Tiempos de recuperación más rápidos
- Tiempos totales del soldador reducidos
- Mejor precisión y estabilidad de la temperatura a lo largo del ciclo de soldadura, y
- Mejor productividad en un 260%.

## Principales 4 parámetros que inciden en el rendimiento y productividad de la soldadura manual

En los sistemas de soldadura manual, el rendimiento depende de parámetros de diseño que afectan el traspaso de calor desde la fuente de alimentación a la punta del soldador. Los principales cuatro parámetros que inciden en el rendimiento de la soldadura manual son:

- **Potencia nominal de los sistemas de soldadura** - La potencia nominal óptima depende de la tarea de soldadura. Los sistemas de wataje más alto tienen más potencia en reserva, lo que les permite mantener el calor por períodos más largos, y los torna más adecuados para proyectos de soldadura intensivos con alta demanda térmica. Los sistemas de wataje más bajo son suficientes para muchas aplicaciones de soldadura, en tanto puedan regular una cantidad suficiente de calor en la punta para hacer una buena unión soldada.

- **Distancia entre el elemento calentador del sistema de soldadura y la punta de soldar** - La ubicación del calentador respecto de la punta de soldar es muy importante para el rendimiento del sistema. Cuanto más cerca está uno de otro; más rápido se transfiere el calor. Esto explica por qué los sistemas de soldadura que usan cartuchos logran un rendimiento térmico mejor que aquellos que usan puntas estándar. Los cartuchos están diseñados para integrar el elemento de calentamiento con la punta de soldar, en una unidad. Mientras que las puntas de soldar estándar son piezas separadas agregadas al sistema, y por lo tanto la punta está más separada del calentador del sistema.

- **Tamaño y forma de la punta de soldar** – El tamaño y la forma de la punta de soldar es importante ya que el calor se transfiere a través de la pequeña zona de contacto entre la punta y la almohadilla de soldar. La punta de soldar tiene que tener un tamaño y una forma lo suficientemente pequeños para llegar hasta espacios estrechos, pero lo suficientemente romos para garantizar que el calor se transmita bien al punto de trabajo. Una punta de soldar con forma de cincel es adecuada para la mayoría de los trabajos de soldadura.

- **Tecnología de calentamiento de sistemas de soldadura** - Los sistemas de soldadura manual actuales utilizan dos tecnologías de calentamiento diferentes.

- **Tecnología de calentamiento por inducción:** El calor generado por inducción se crea pasando una corriente alterna a través de una bobina para generar un campo magnético alternativo alrededor de un elemento calefactor ferromagnético. Cuando un objeto ferromagnético se magnetiza por un campo magnético alternativo, los polos norte y sur de sus átomos se alinean con el campo magnético, y rápidamente cambian de dirección con la frecuencia de la corriente alterna aplicada. Cuanto más alta la frecuencia alternativa,

más rápido se genera el calor. Para obtener más información sobre cómo funciona la tecnología de calentamiento por inducción, consultar el libro blanco "Cómo Funciona" en el sitio web de METCAL™ ingresando a metcal.com

- **Tecnología de calentamiento por resistencia:** Como su nombre lo sugiere, el calentamiento por resistencia se logra pasando una corriente eléctrica a través de una bobina metálica del calentador resistente al flujo de electrones. La cantidad de calor generada depende de la cantidad de corriente eléctrica aplicada y de la resistencia del material. Los materiales que son resistentes al flujo de electrones también tienden a tener mayor resistencia térmica. Por lo tanto, los sistemas de soldadura de calentamiento por resistencia normalmente ofrecen un menor rendimiento térmico que los sistemas de soldadura de calentamiento por inducción.

### **Pruebas de rendimiento y productividad de sistema de soldadura manual por resistencia versus inducción**

#### **Armado del dispositivo de prueba**

Se fresaron siete cargas térmicas idénticas de cobre (8.5 mm de diámetro, 6.8 mm de alto) para simular siete trabajos pesados de soldadura. Esta construcción de carga de prueba genera una condición de solución intermedia entre temperatura y rendimiento, tornando el armado ideal para medir temperaturas y tiempo de soldadura.

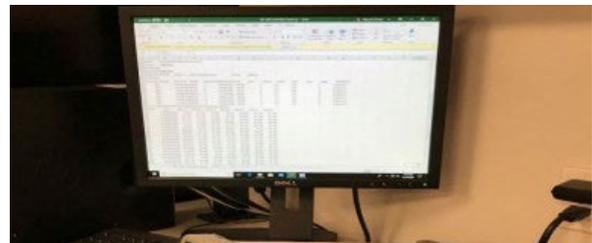


Las cargas de prueba se colocaron en un dispositivo de prueba como se muestra. El material base es resina fenólica para evitar la

conducción de calor entre las cargas. A cada carga de prueba se le conectaron termocuplas tipo K para medir las temperaturas de las cargas. Las termocuplas se conectaron a un puerto de computadora para obtener y almacenar los datos de temperatura de las cargas.



Las termocuplas tipo K se soldaron por puntos a la punta del soldador de cada sistema de soldadura que se estaba probando. Para minimizar el error de medición de la temperatura de la punta y garantizar un contacto térmico uniforme, el dispositivo de prueba fue diseñado para que cada soldador hiciera contacto con la carga térmica en un ángulo de 15 grados respecto del plano horizontal como se muestra arriba.



Las termocuplas se conectaron a un puerto de computadora para obtener y almacenar los datos de temperatura de las cargas y de la punta. Las temperaturas se recolectaron cada 0.5 segundos durante cada prueba del sistema de soldadura.

### **Mantenimiento del sistema de soldadura y dispositivo de prueba entre pasadas:**

- Las cargas de prueba estaban libres de restos de soldadura y se aplicó un fundente y una perla pequeña pero consistente de pasta para soldar. La finalidad de la pasta fue maximizar la transferencia de calor entre la punta de soldar y la carga.

- Las cargas se enfriaron a temperatura ambiente, aproximadamente 24°C.
- El sistema de soldadura objeto de la prueba fue configurado a un valor prefijado ocioso de temperatura de punta de 350°C y la temperatura se midió y verificó al menos dos veces para asegurar la repetitividad.

### Procedimiento de prueba

Una vez estabilizada la temperatura de 350°C prefijada, se ubicó el soldador en la primera carga térmica.

Cuando la temperatura de la primera carga alcanzó aproximadamente 250°C (la soldadura libre de plomo se derrite aproximadamente a los 217°C), el soldador fue inmediatamente movido a la siguiente carga. Esto se repitió hasta completar las siete cargas.

### Sistemas de soldadura por resistencia y por inducción probados

Los sistemas objeto de las pruebas fueron separados en dos grupos de rendimiento en base a sus potencias nominales (wataje). Cada sistema fue probado con puntas o cartuchos según el ofrecimiento de sus fabricantes.

**Grupo 1:** Incluyó sistemas de soldadura de calentamiento por resistencia de 75W y 90W y de calentamiento por inducción de 90W. El tamaño y geometría de las puntas de soldar usadas fueron cinceles de 2.4 mm y 2.5 mm según el ofrecimiento de sus fabricantes.

Fabricante	Tecnología de calentamiento	Potencia nominal	Punta o cartucho	Tamaño y geometría de la punta
METCAL™ GT90	Por inducción	90 vatios	Punta	Cinzel de 2.5 mm
Comparable A	Por resistencia	90 vatios	Punta	Cinzel de 2.4 mm
Comparable B	Por resistencia	75 vatios	Cartucho	Cinzel de 2.4 mm

**Grupo 2:** Incluyó sistemas de soldadura de calentamiento por resistencia de 140W y 150W y de calentamiento por inducción de 120W. El tamaño y geometría de las puntas de soldar usadas fueron cinceles de 5 mm y 6 mm según el ofrecimiento de sus fabricantes.

Fabricante	Tecnología de calentamiento	Potencia nominal	Punta o cartucho	Tamaño y geometría de la punta
METCAL™ GT120	Por inducción	120 vatios	Punta	Cinzel de 5.0 mm
Comparable C	Por resistencia	150 vatios	Punta	Cinzel de 5.9 mm
Comparable D	Por resistencia	140 vatios	Cartucho	Cinzel de 5.2 mm

## Datos reunidos para el análisis de rendimiento y productividad de los sistemas de soldadura

Al evaluar el rendimiento y la productividad de los sistemas de soldadura manual, los ingenieros se centran en seis métricas clave:

1. **Tiempo para alcanzar la temperatura** – El tiempo que tarda el soldador en calentar la punta para alcanzar la temperatura inicial lista para soldar (valor predeterminado). El tiempo para alcanzar la temperatura es crucial ya que puede considerarse como minutos de fabricación perdidos. Muchos sistemas de soldadura del mercado pueden tardar más para alcanzar el calentamiento inicial, lo que resulta en una menor productividad. A lo largo de varios turnos, el tiempo perdido esperando que un soldador se caliente puede ser significativo.
2. **Tiempo de intervalo** – El tiempo que tarda un soldador en soldar una unión específica. Cuando una punta caliente entra en contacto con una almohadilla de soldar fría, se pierde calor debido a la transferencia de calor. El calor perdido durante un proceso de soldadura puede ser significativo y muchos sistemas de soldadura pueden tener dificultad en mantener una temperatura de soldadura prefijada estable. Esto es especialmente cierto en aplicaciones de alta demanda térmica. El tiempo de intervalo puede variar significativamente de un sistema a otro y el efecto puede ser la pérdida de productividad durante el proceso de fabricación.
3. **Tiempo de recuperación** – El tiempo que tarda la punta de soldar en volver a la temperatura prefijada luego de terminar la soldadura. Al igual que en el caso del tiempo para alcanzar la temperatura, muchos sistemas de soldadura del mercado podrían tardar más en recuperarse, resultando en una menor productividad en el proceso de fabricación.
4. **Tiempo total del ciclo de soldadura** – El tiempo que se tarda en soldar una

unión. Incluye tiempo de intervalo y tiempo de recuperación.

5. **Exactitud y estabilidad de temperatura de la punta** – La temperatura óptima en la punta del soldador es fijada por el operador y administrada por el microprocesador del sistema con un bucle de realimentación entre un sensor de temperatura y el controlador del calefactor. A medida en que la energía se transfiere a la almohadilla de soldar durante el proceso de soldadura, la temperatura de la punta fluctúa debido a demoras en el tiempo de respuesta del sistema. La Revisión F de la norma J-STD-001 de IPC establece que los equipos de soldar manuales deben poder mantener el control de la temperatura en  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  durante múltiples operaciones de soldadura de punta a punta o masa térmica bajo demanda. Las fluctuaciones de temperatura por encima de  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  aumentan el riesgo de soldaduras de mala calidad y de daños a los componentes sensibles al calor.
6. **Temperatura de los componentes** – Extrapolada de la temperatura de la soldadura, que incluye la almohadilla de soldar, la metalización del componente y el hilo de soldar. La temperatura de los componentes es importante para monitorear resultados óptimos de soldadura. En este experimento la temperatura de la carga simula la temperatura del componente y se usó para determinar cuándo se terminó la soldadura.

Las métricas de rendimiento clave se extrapolaron de las mediciones de temperatura tomadas cada 0.5 segundos. En los cálculos se usaron valores máximos, mínimos y promedio según se necesitaron y los puntos de datos se trazaron en un gráfico. Los gráficos de tiempo versus temperatura de cada prueba realizada se muestran en el Apéndice A. Las fluctuaciones de temperatura de la punta pueden verse gráficamente como altos y bajos en las curvas de temperatura de la punta.

## Resultados de las pruebas

**Grupo 1:** Incluyó sistemas de soldadura de calentamiento por resistencia de 75W y 90W y de calentamiento por inducción de 90W. El tamaño y geometría de las puntas de soldar usadas fueron cinceles de 2.4 mm y 2.5 mm según el ofrecimiento de sus fabricantes. La temperatura prefijada del sistema fue de 350°C.

Fabricante	Tecnología de calentamiento	Tiempo para alcanzar la temperatura	Tiempo de intervalo promedio	Tiempo de recuperación promedio	Ciclo total de soldadura promedio	Sobreimpulso/ Subimpulso promedio (Precisión)	Fluctuación de temperatura de punta máxima (estabilidad)
METCAL™ GT90	Por inducción	20 seg.	14 seg.	2 seg.	16 seg.	+ 4°C	106°C
A Comparable	Por resistencia	23 seg.	33 seg.	4 seg.	37 seg.	- 18°C	128°C
Comparable B	Por resistencia	22.5 seg.	26 seg.	4 seg.	30 seg.	+ 8°C	109°C

**Grupo 2:** Incluyó sistemas de soldadura de calentamiento por resistencia de 140W y 150W y de calentamiento por inducción de 120W. El tamaño y geometría de las puntas de soldar usadas fueron cinceles de 5 mm y 6 mm según el ofrecimiento de sus fabricantes. La temperatura prefijada del sistema fue de 350°C.

Fabricante	Tecnología de calentamiento	Tiempo para alcanzar la temperatura	Tiempo de intervalo promedio	Tiempo de recuperación promedio	Ciclo total de soldadura promedio	Sobreimpulso/ Subimpulso promedio (Precisión)	Fluctuación de temperatura de punta máxima (estabilidad)
METCAL™ GT120	Por inducción	15 seg.	11 seg.	2 seg.	13 seg.	+6°C	99°C
Comparable C	Por resistencia	15.5 seg.	12 seg.	2 seg.	14 seg.	+11°C	133°C
Comparable D	Por resistencia	18 seg.	28 seg.	4 seg.	32 seg.	+7°C	105°C

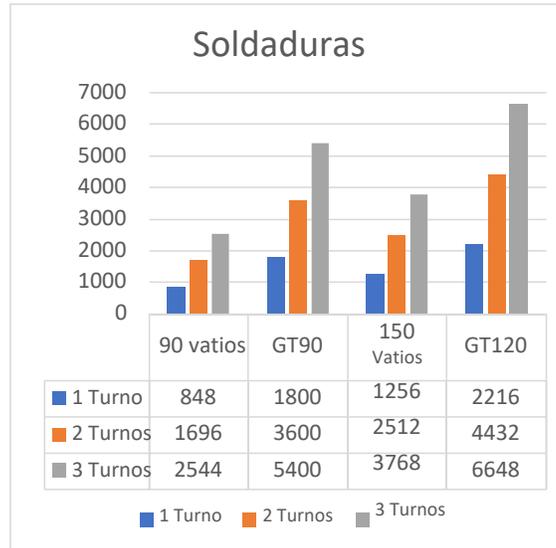
## Rendimiento superior demostrado de los sistemas de soldadura por inducción de METCAL

En soldadura manual, la tecnología de calentamiento empleada afecta significativamente el rendimiento y la productividad de la soldadura.

**Los resultados de las siete cargas probadas demostraron que los sistemas de soldadura de calentamiento por inducción GT90 y GT120 de METCAL™ sistemáticamente produjeron mejores resultados en comparación con los sistemas por resistencia en todas las métricas clave de rendimiento:**

- Calentamiento más rápido
- Tiempos de intervalo más cortos
- Recuperación más rápida
- Tiempos totales del soldador reducidos
- Precisión y estabilidad superior de la temperatura a lo largo del ciclo de soldadura
- Mejora de la productividad en un 260%.

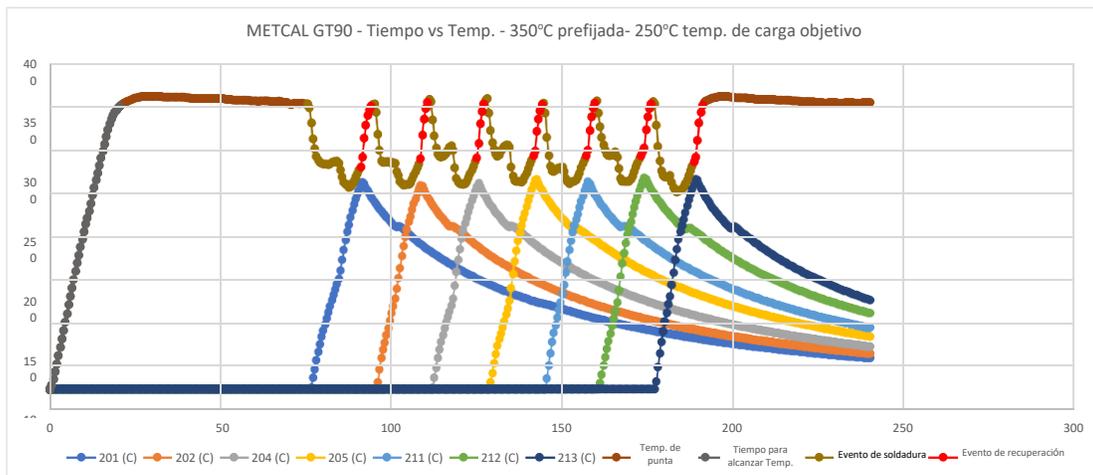
La tecnología de calentamiento por inducción GT90 y GT120 de METCAL™ puede aumentar su productividad en hasta un 260% en comparación con productos resistivos competitivos (estimado usando la cantidad promedio de soldaduras que pueden hacerse por hora, y asumiendo turnos estándar de ocho horas).



## Apéndice A: Gráficos de Tiempo versus Temperatura para cada sistema de soldadura manual probado

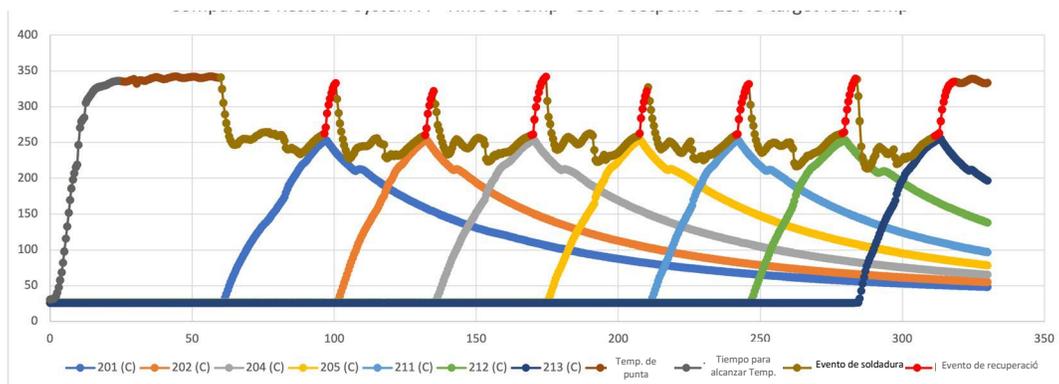
En cada gráfico:

- La curva de arriba es la temperatura de la punta
- Las curvas de abajo son las temperaturas de las cargas



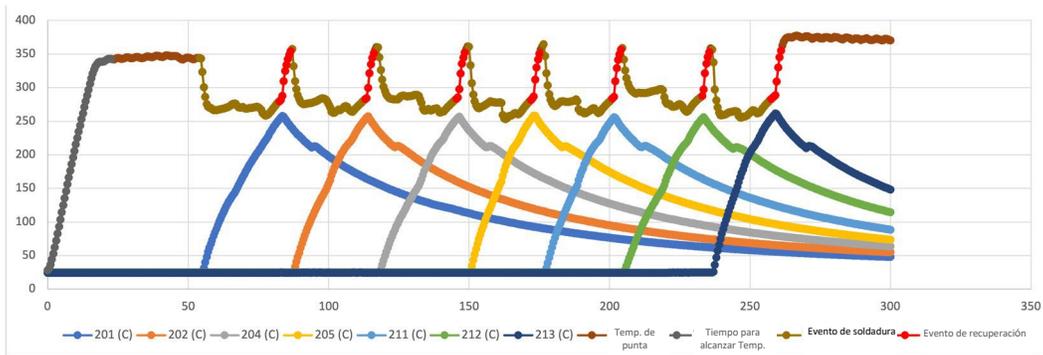
**METCAL™ GT90 – 90 vatios**

Sistema por resistencia comparable A - Tiempo versus Temperatura - prefijada 350 °C - temp. de carga objetivo 250 °C.

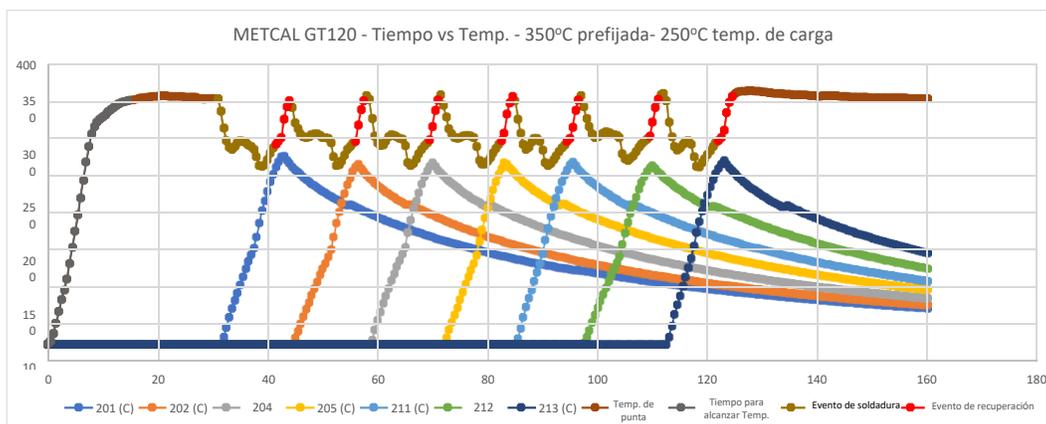


**Comparable A – 90 vatios**

Sistema por resistencia comparable B - Tiempo versus Temperatura - prefijada 350 °C - temp. de carga objetivo 250 °C.

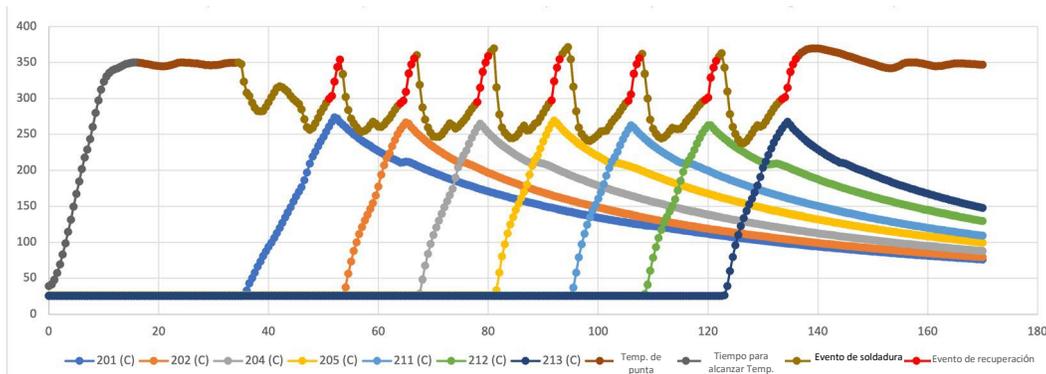


**Comparable B – 75 vatios**



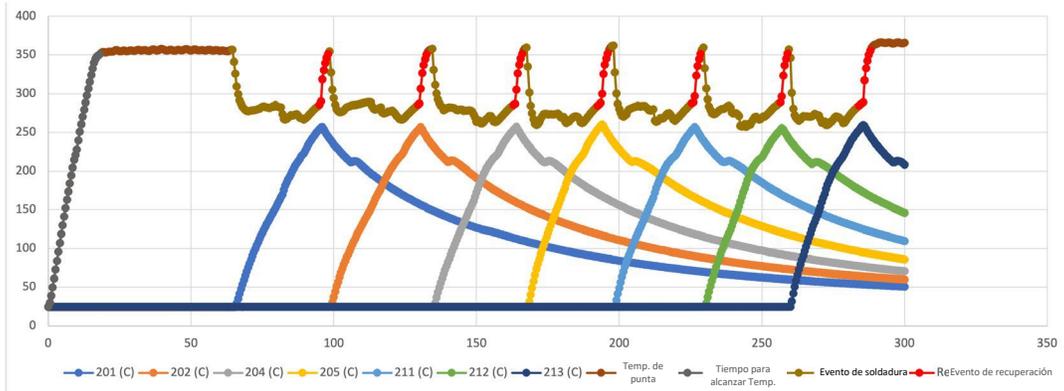
**METCAL™ GT120 – 120 vatios**

Sistema por resistencia comparable C - Tiempo versus Temperatura - prefijada 350 °C - temp. de carga objetivo 250 °C.



**Comparable C – 150 vatios**

Sistema por resistencia comparable D - Tiempo versus Temperatura - prefijada 350 °C - temp. de carga objetivo 250 °C.



Comparable D – 140 vatios

## Contáctenos

### América

Estados Unidos  
10800 Valley View St.  
Cypress, CA 90630  
Teléfono: +1 714 799 9910  
Correo electrónico: na-custcare@okinternational.com

### Europa

Correo electrónico:  
europeorders@okinternational.com

Reino Unido  
Eagle Close, Chandlers Ford  
Hampshire, SO53 4NF  
Teléfono: +44 (0) 23 8048 9100  
Correo electrónico: europe@okinternational.com

Alemania  
Teléfono: +49 (0) 3222 109 1900  
Correo electrónico: d-info@okinternational.com

Francia  
Teléfono: +33 (0) 1 76 71 04 03  
Correo electrónico: fr-info@okinternational.com

### Asia

China  
4th floor East, The Electronic Building,  
Yanxiang Industrial Zone  
High Tech Road, Guangming New District  
Shenzhen, PRC  
Teléfono: +86 755 2327 6366  
Correo electrónico: china@okinternational.com

Japón  
Teléfono: +81 43 309 4470  
Correo electrónico: service@descoasia.com

India  
Teléfono: +91 9762452474  
Correo electrónico: drane@metcal.com

Singapur  
Teléfono: +65 9798 4443  
Correo electrónico: ryip@metcal.com

