

CÁLCULO DE LOS NIVELES MÁXIMOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO DE PICO ADMISIBLES SEGÚN NORMA BGV B11 PARA CAMPOS MAGNÉTICOS PULSADOS

Romà Gómez, I+D Electrónica

CAMPOS MAGNÉTICOS PULSADOS

La norma BGV B11 establece para campos magnéticos pulsados y población ocupacional, dos zonas de exposición diferentes con niveles de referencia de campo magnético máximos:

- **Área de Exposición 1:** contiene todas las áreas en las que durante su funcionamiento circulan personas de diferentes tipos de actividad, con un tiempo máximo de duración equivalente a un turno de trabajo.
- **Área de Máxima Exposición:** en ella sólo es admisible un tiempo de exposición de 2 h al día, debido a la superación de los valores admisibles en el Área de Exposición 1.

NIVELES MÁXIMOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO ADMISIBLES

El conjunto de requerimientos relacionados con los posibles efectos biológicos que pueden ocasionar, resultantes del acoplamiento del campo magnético sobre el tejido humano, forman las restricciones básicas de una directiva, y no pueden superarse bajo ningún concepto. Todas las directivas sobre campos magnéticos, indican que para personal ocupacional, el límite máximo de corriente inducida se sitúa en 10 mA/m^2 .

Como estos parámetros no son fácilmente medibles, las directivas establecen unos niveles de referencia de campo magnético, con objeto de disponer de un método más simple de verificar que se cumple con las restricciones básicas.

Para la determinación de los niveles máximos de densidad de flujo magnético admisibles, es preciso disponer de la curva de corriente de soldadura en una determinada aplicación. En soldaduras con media frecuencia, esta curva presenta la siguiente forma:

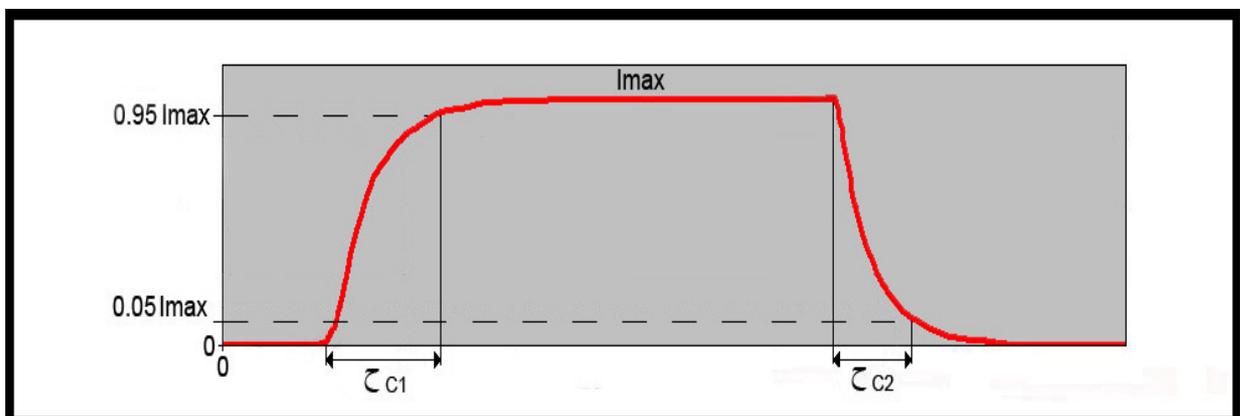


Figura 1: Curva de Corriente. Tiempo de Crecimiento τ_{C1} y Tiempo de Decrecimiento τ_{C2}

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

La norma BGV B11 pretende tener en cuenta todas las curvas de corriente que suceden durante un periodo determinado T. Se suele tomar como referencia el tiempo de 1 s.

Los efectos de inducción de corriente sobre el tejido humano, sólo aparecen cuando el campo magnético varía. La opinión mayoritaria en el mundo científico es que cuando no existe variación de campo magnético (campos estáticos) los riesgos para la salud son menores. Teniendo en cuenta esto, esta norma no contempla los tiempos en los que el campo magnético es estático.

En resumen, pues, la norma BGV B11 establece dos áreas de exposición alrededor de un equipo generador de campo magnético pulsado en función del tipo de actividad que realiza un determinado personal, y que no deben sobrepasarse, pero teniendo en cuenta las condiciones de trabajo de ese equipo.

Se indica a continuación el procedimiento para el cálculo de las diferentes zonas de exposición:

1. Calcular la suma de todos los tiempos de crecimiento y de decrecimiento (τ_D) que ocurren durante el periodo T de 1 s:

$$\tau_D = \sum \tau_{Ci}$$

2. Calcular el factor V, definido como:

$$V = \sqrt{\frac{T}{\sum \tau_D}}$$

teniendo en cuenta que $T = 1 \text{ s} = 1000 \text{ ms}$.

IMPORTANTE: si el cálculo de este valor es superior a 8, entonces, se considera $V = 8$.

3. Calcular el flujo magnético aceptable entre 1 y 1000 Hz de acuerdo con BGV B11:

- **Área de Exposición 1:** $0,38 \cdot V$ (T/s)
- **Área de Máxima Exposición:** $0,72 \cdot V$ (T/s)

4. Calcular el valor del nivel de referencia de campo magnético de pico máximo sobre el tiempo más corto de crecimiento o decrecimiento τ_p , que es aquel tiempo que tarda en alcanzar el 80% del valor máximo de corriente (o a la inversa, si el tiempo más corto fuera el de decrecimiento).

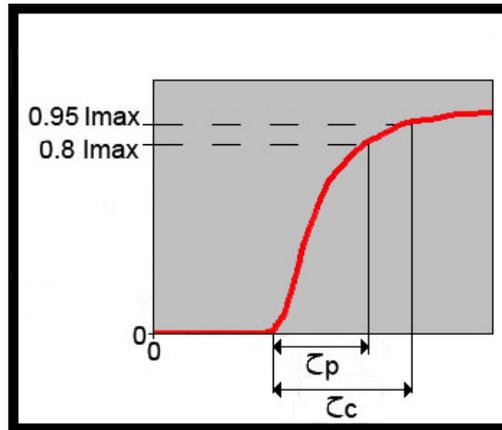


Figura 2: Curva de Crecimiento de Corriente. Tiempo más corto de Crecimiento ó de Decrecimiento τ_p

$$\tau_p = \min (\tau_{pi})$$

Para cada una de las áreas, el valor máximo de densidad de flujo magnético de pico admisible en el rango de frecuencias entre 1 y 1000 Hz vendrá determinado por la siguiente relación:

- **Área de Exposición 1:** $0,38 \cdot V \cdot \tau_p$ (mT)
- **Área de Máxima Exposición:** $0,72 \cdot V \cdot \tau_p$ (mT)

PLANTILLA DE CÁLCULO

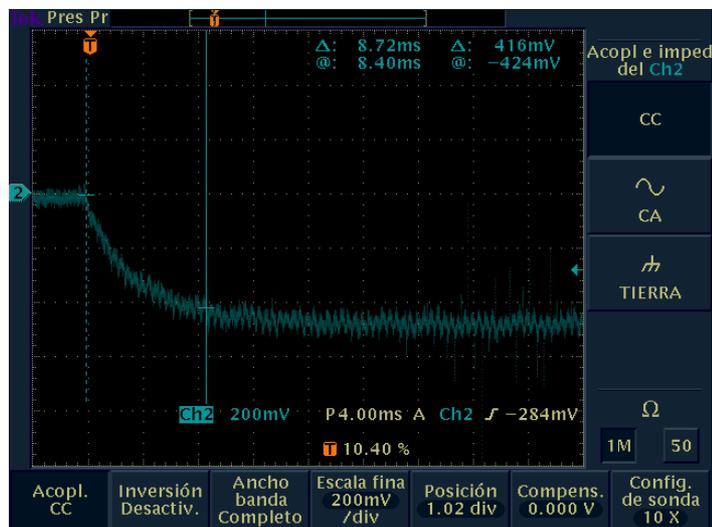
τ_D (ms)	Factor V	Variación de flujo magnético máximo (T/s)		τ_p (ms)	Densidad Flujo Magnético pico máximo (mT)	
		Área Exposición 1	Área de Máxima Exposición		Área Exposición 1	Área de Máxima Exposición

EJEMPLO

Para ilustrar el procedimiento de determinación de las dos diferentes áreas de exposición, se supone una máquina estática de soldadura por resistencia que efectúa una soldadura por segundo.

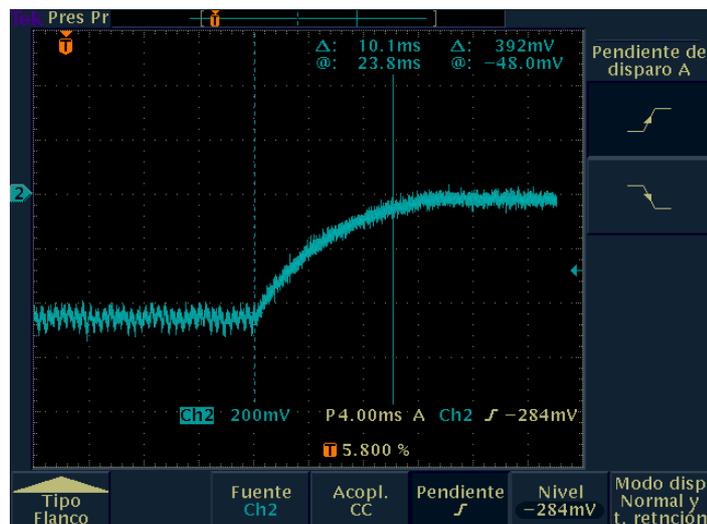
Para determinar dichas áreas, es imprescindible visualizar la curva de corriente de soldadura durante ese periodo, con objeto de poder medir el tiempo de crecimiento de dicha corriente, a la vez que su tiempo de decrecimiento. A continuación se representan estos tiempos (por cuestiones de practicidad en el momento que se tomaron estas imágenes, la curva de corriente avanza en valores negativos, pero esto no influye en la medida de los tiempos):

Tiempo de crecimiento τ_{c1}



$$\tau_{c1} = 8,72 \text{ ms}$$

Tiempo de decrecimiento τ_{c2}



$$\tau_{c2} = 10,10 \text{ ms}$$

Por tanto:

- Suma de todos los tiempos de crecimiento y de decrecimiento (τ_D) que ocurren durante el periodo de 1 s:

$$\tau_D = \sum \tau_{Ci} = 8.72 \text{ ms} + 10.10 \text{ ms} = \mathbf{18.82 \text{ ms}}$$

- Factor V:

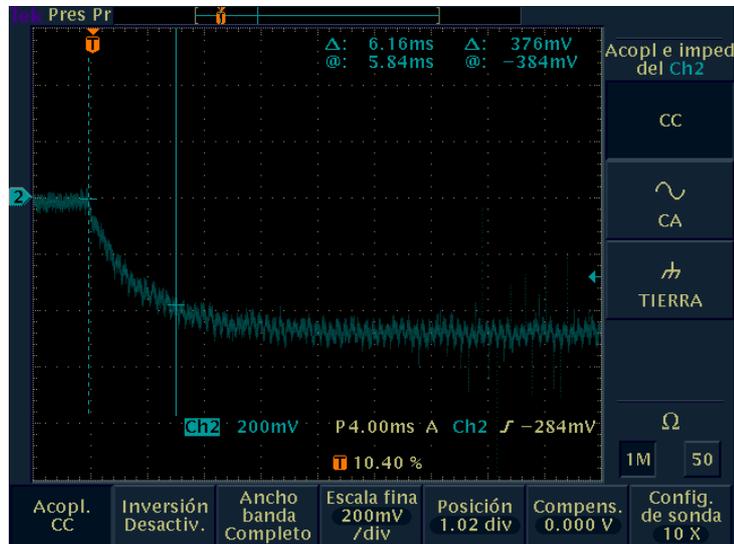
$$V = \sqrt{\frac{T}{\sum \tau_D}} = \sqrt{\frac{1000}{18.82}} = \mathbf{7.289}$$

- Flujo magnético aceptable entre 1 y 1000 Hz de acuerdo con BGV B11:

- **Área de Exposición 1:** $0.38 \cdot V = 0.38 \cdot 7.289 = \mathbf{2.77 \text{ T/s}}$
- **Área de Máxima Exposición:** $0.72 \cdot V = 0.72 \cdot 7.289 = \mathbf{5.25 \text{ T/s}}$

- Cálculo del valor del nivel de referencia de campo magnético de pico máximo sobre el tiempo más corto de crecimiento o decrecimiento τ_p (tiempo que tarda en alcanzar el 80% del valor máximo de la corriente). Si el equipo generador de campo magnético pulsado (en este caso esta máquina estática de soldadura por resistencia) efectuara diferentes soldaduras por segundo, se escogería la de mayor corriente de soldadura y se mediría el menor tiempo de crecimiento o de decrecimiento. En este caso, como solo se realiza una única soldadura por segundo, el valor mínimo que se mide hasta llegar al 80% es el siguiente:

Tiempo de crecimiento MÍNIMO hasta llegar al 80% τ_p



$$\tau_p = 6,16 \text{ ms}$$

Y, por tanto, el valor máximo de densidad de flujo magnético de pico admisible en el rango de frecuencias entre 1 y 1000 Hz es:

- Área de Exposición 1: $0,38 \cdot V \cdot \tau_p = 2,77 \text{ T/s} \cdot 6,16 \text{ ms} = 14,3 \text{ mT}$
- Área de Máxima Exposición: $0,72 \cdot V \cdot \tau_p = 5,25 \text{ T/s} \cdot 6,16 \text{ ms} = 32,3 \text{ mT}$

A continuación se representa el resumen de todos los datos calculados:

**TABLA RESUMEN DATOS CALCULADOS.
DETERMINACIÓN CAMPO MAGNÉTICO PICO MÁXIMO**

τ_D (ms)	Factor V	Variación de flujo magnético máximo (T/s)		τ_p (ms)	Campo Magnético pico máximo (mT)	
		Área Exposición 1	Área de Máxima Exposición		Área Exposición 1	Área de Máxima Exposición
18,82	7,289	2,77	5,25	6,16	14,3	32,3

Con los valores de campo magnético pico máximo calculados, y por medio de un equipo de medida de campos magnéticos, es posible situar en un gráfico las dos diferentes áreas de exposición de igual magnitud a la calculada, en este ejemplo, 14.3 mT (traza en amarillo) y 32.3 mT (traza en rojo):

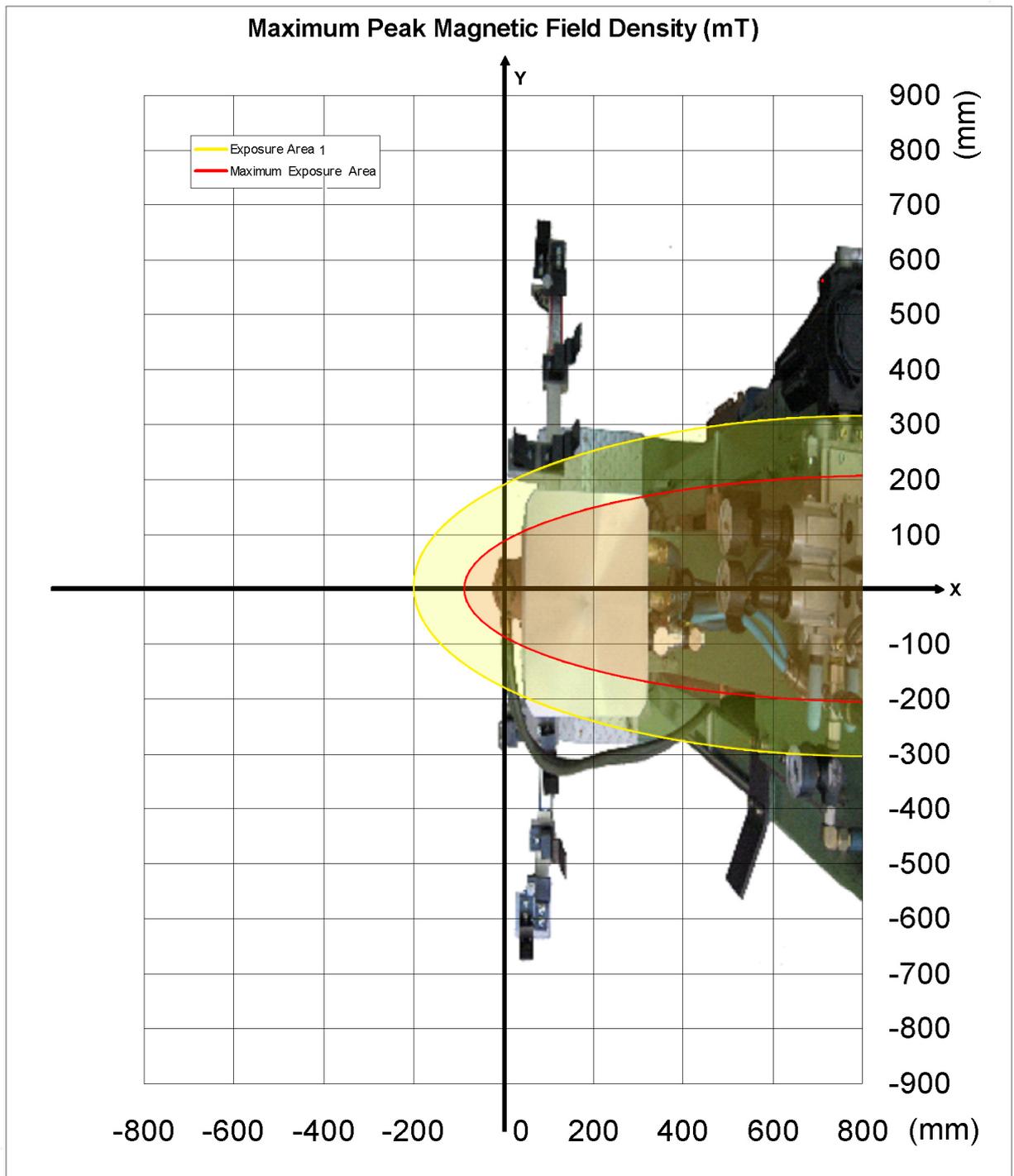


Figura 3: Diferentes Áreas de Exposición en máquina estática de soldadura por resistencia según BGV B11