

Etapa 1

Etapa 2

Etapa 3

Etapa 4

Etapa 5

## **EVALUACIÓN DE FACTORES ENERGÉTICOS**

En esta etapa los resultados obtenidos por medio de experimentación alimentarán los modelos termomecánicos planteados con los cuales se calcula la entrada de calor, la potencia mecánica y la eficiencia térmica.

## EVALUACIÓN DE FACTORES ENERGÉTICOS

### Eficiencia térmica del proceso SFA [7]

$$\eta_{term}\left(\frac{v_w}{v_s}; F_z\right) = \frac{Q_{Total} - Q_{perdidas}}{P_{mec}} \times 100\% = \left(\frac{P_{term}}{P_{mec}}\right) \times 100\% \quad \text{Ec. (1)}$$

Dickerson et. al. (2003)

Donde:

### Potencia mecánica del proceso SFA [11]

$$P_{mec} = (\tau \times w) + (F_x \times v_s) \quad \text{Ec. (2)}$$

Cui S. et. al. (2010)

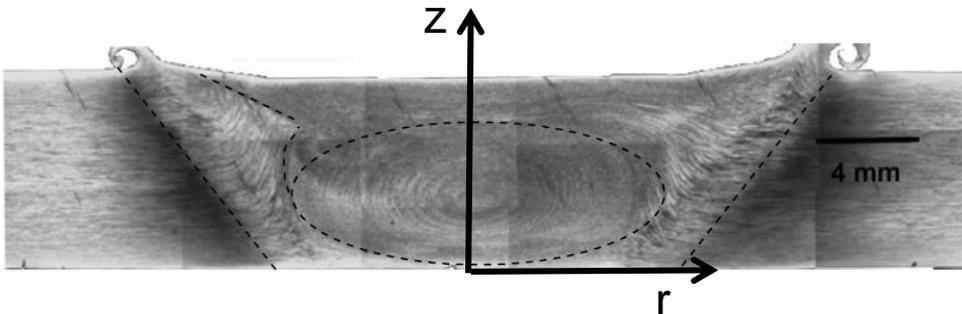
## EVALUACIÓN DE FACTORES ENERGÉTICOS

### Calculo del torque del proceso SFA [11]

$$\tau = \int \sigma_{flujo} \times (2\pi r^2) \times \sqrt{1 + \left(\frac{dr}{dz}\right)^2} dz \quad \text{Ec. (3)}$$

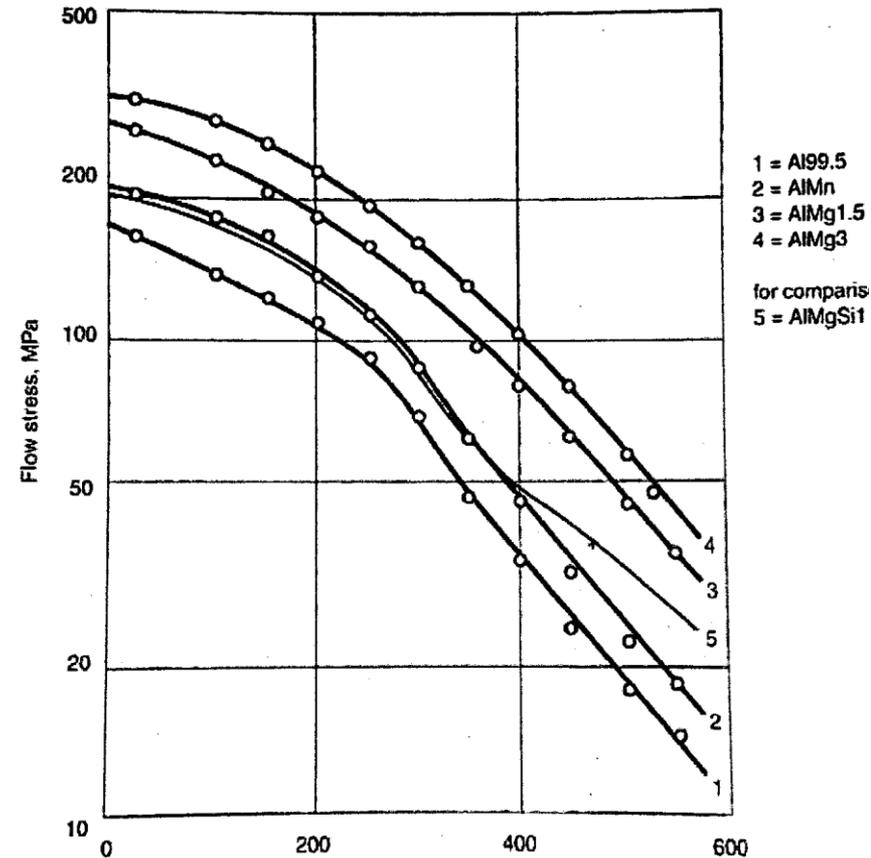
Querin. et. al. (2012)

Figura 14. Macrografía junta soldada AA2195 [12]



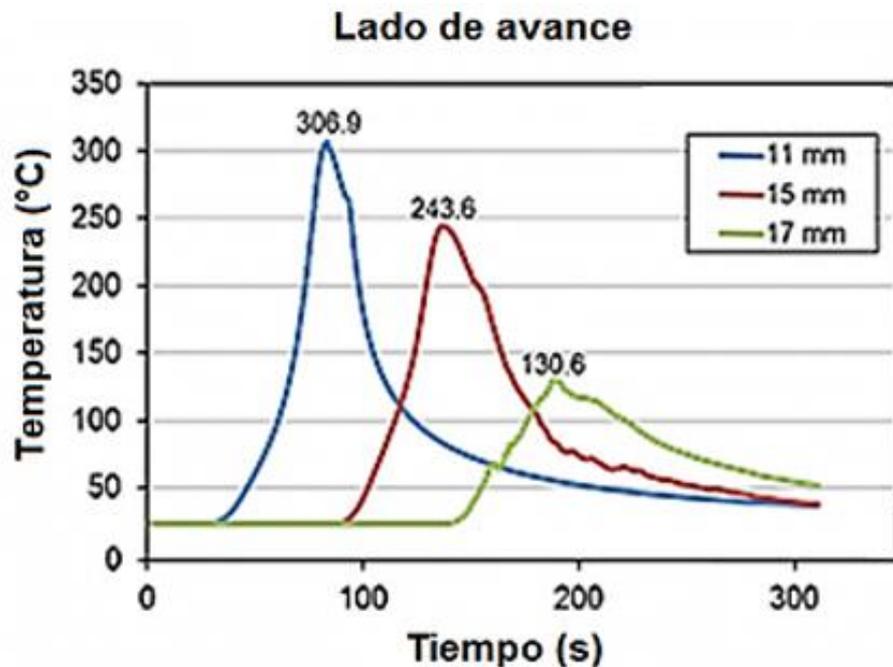
Attallah et al. (2017)

Figura 15. Gráfico esfuerzo de flujo vs. Temperatura [11]

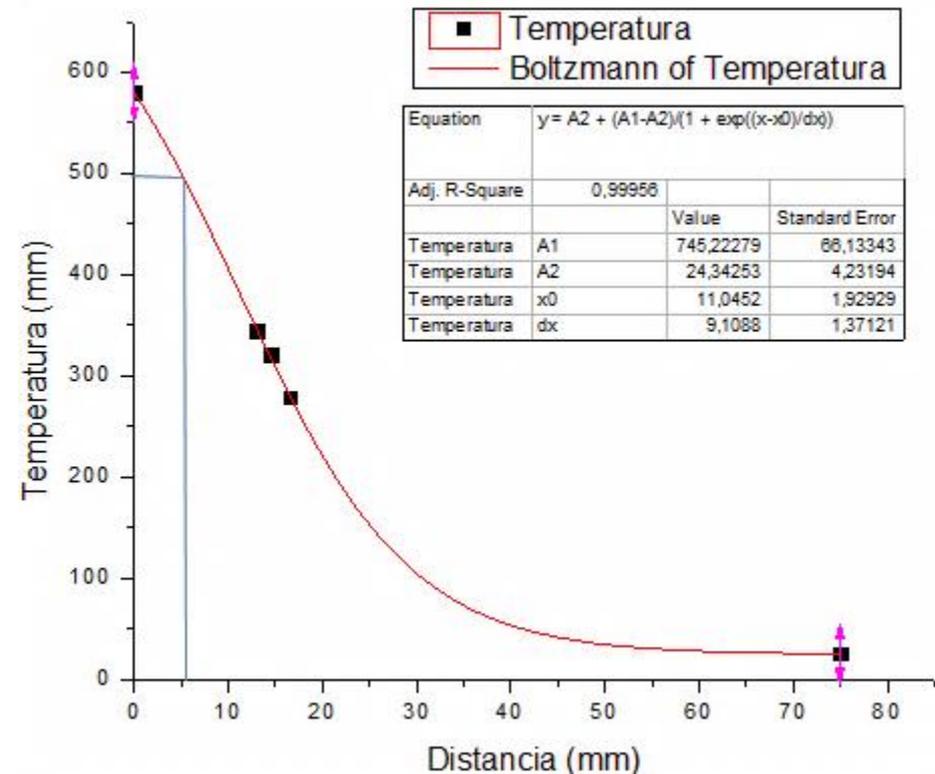


## EVALUACIÓN DE FACTORES ENERGÉTICOS

**Figura 16.** Ciclos térmicos medidos durante la soldadura por fricción-agitación con la herramienta de hombro concéntrico lado de avance en maquina especializada SFA.



**Figura 17.** Ajuste ciclos térmicos con herramienta de hombro plano lado de avance en maquina especializada SFA.



## EVALUACIÓN DE FACTORES ENERGÉTICOS

Teniendo en cuenta que:

$P_{term} = Q$  que es la energía efectiva empleada en el proceso SFA

**Figura 18.** Interacción superficial de la herramienta y material de trabajo durante el proceso SFA.

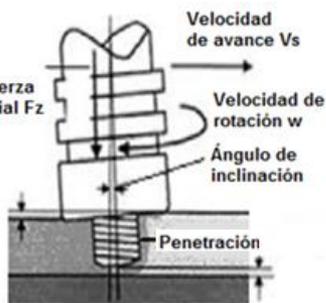
Son planteados dos enfoques para el calculo del calor de proceso por H. Schmith et. al. 2004

**Enfoque por deslizamiento de material [8]**

$$Q_{Deslizamiento} = \frac{2}{3} \pi \mu \rho w \left[ (R_H^3 - R_{pin}^3) (1 + \tan \theta) + R_{pin}^3 + 3R_{pin}^2 H_{pin} \right] \text{ Ec. (4)}$$

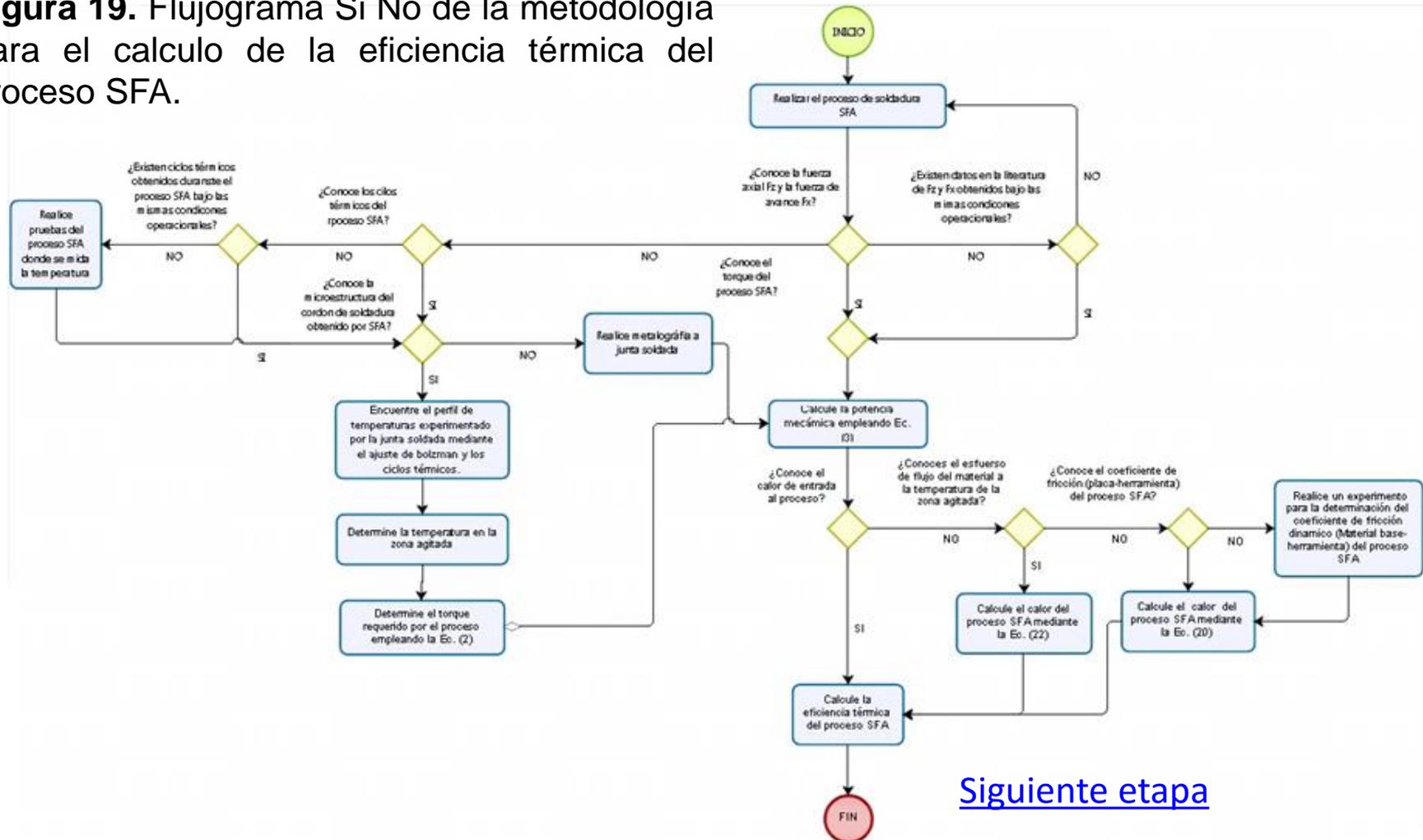
**Enfoque por adherencia de material [8]**

$$Q_{Adherencia} = \frac{2}{3} \pi \frac{\sigma_{yield}}{\sqrt{3}} \left[ (R_H^3 - R_{pin}^3) (1 + \tan \theta) + R_{pin}^3 + 3R_{pin}^2 H_{pin} \right] \text{ Ec. (5)}$$



## EVALUACIÓN DE FACTORES ENERGÉTICOS

**Figura 19.** Flujograma Si No de la metodología para el calculo de la eficiencia térmica del proceso SFA.



Siguiete etapa