

Crecimiento y caracterización de láminas delgadas con memoria de forma de alta temperatura Ni-Ti-Zr mediante sputtering.

Fernando Del Fedele

March 20, 2021

Contenido

1 Introducción

- Materiales con memoria de forma
- Materiales con memoria de forma de alta temperatura
- Objetivo
- Transformación martensítica

2 Técnicas experimentales

- Deposición por magnetrón sputtering
- Microscopía electrónica de barrido
- Difracción por rayos X
- Microscopía electrónica de transmisión
- Calorimetría diferencial de barrido
- Resistividad por el método de cuatro puntas

3 Resultados obtenidos

- Deposición de las láminas
- Energía de activación

Materiales con memoria de forma

Las aleaciones con memoria de forma, de aquí en adelante nombradas como **SMA** (del inglés, **Shape Memory Alloys**) son aleaciones que pueden recuperar su forma original al ser calentadas luego de haber sufrido una deformación aparentemente plástica

Entre sus propiedades, se encuentran:

- Superelasticidad
- Alta capacidad de amortiguamiento
- Alta relación entre la potencia entregada y su peso

Las aplicaciones actuales de los SMA están limitadas por debajo de los 100°C . Los materiales con memoria de forma de alta temperatura, abreviados como **HTSMA** (del inglés, **H**igh **T**emperature **S**hape **M**emory **A**lloys) son aquellos en los cuales la transformación martensítica sucede a $T > 100^{\circ}\text{C}$.

Lo más común a es a *NiTi* agregarle *Pd* o *Pt* en detrimento del *Ti*, pero recientemente se encontró que *Hf* o *Zr* tienen efectos aún mayores en la temperatura a menor costo relativo.

Introducción

Técnicas experimentales

Resultados obtenidos

Materiales con memoria de forma

Materiales con memoria de forma de alta temperatura

Objetivo

Transformación martensítica

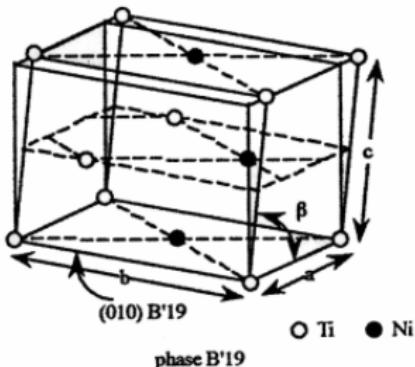
El objetivo del presente estudio es, sabiendo que la aleación $NiTi$ presenta el efecto de memoria de forma, agregarle Zr en detrimento del Ti con la expectativa que las temperaturas en las cuales sucede el efecto de memoria de forma sean superiores a los $100^{\circ}C$. El material se estudia en forma de láminas delgadas (TAMAÑO) depositadas mediante magnetrón sputtering.

Transformación martensítica

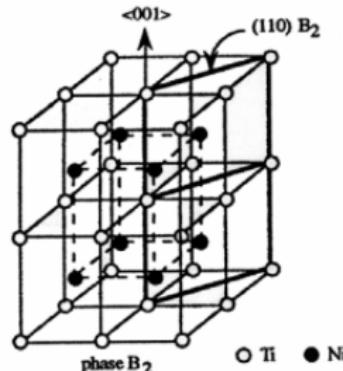
La causa del efecto de memoria de forma es la transformación martensítica. Sus propiedades son

- Transformación de estado sólido
- Primer orden
- Sin difusión atómica
- Desplazamiento de los átomos del orden de 1 Å
- Los átomos mantienen relación con sus vecinos cercanos

Usualmente la fase existente a mayor temperatura, llamada fase matriz o austenita, es cúbica, mientras que la fase de menor temperatura, llamada martensita debe tener menor simetría que la fase matriz, esto es, debe ser monoclínica u ortorrómbica. En el caso de *NiTi* la austenita es la fase B2 y la martensita, la B19'.

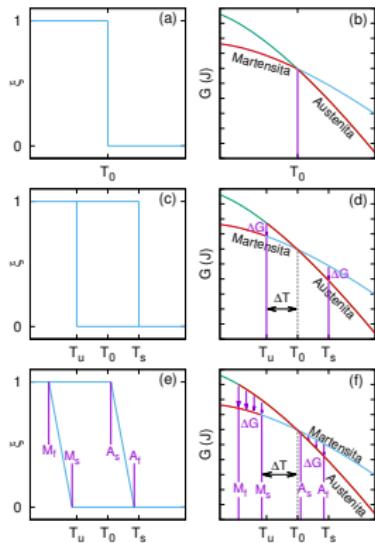


(a) Fase B19'.



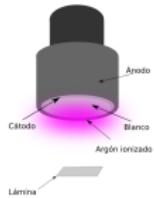
(b) Fase B2.

Termodinámica de la transformación



Right Part

Deposición por magnetrón sputtering



(c)
Esquema
magentrón.



(d) Magnetrones empleados durante las deposiciones.

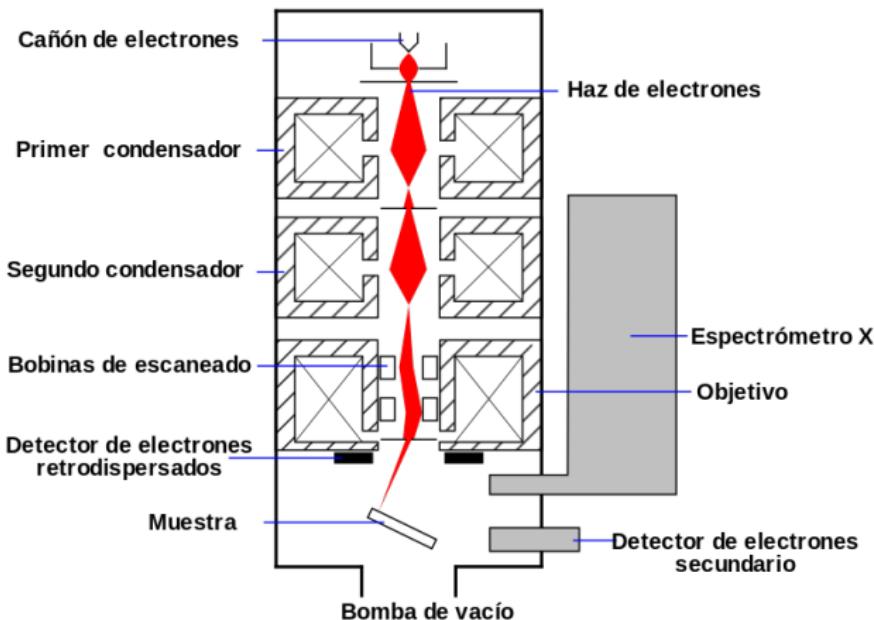


Figure: Esquema microscopio electrónico de barrido.

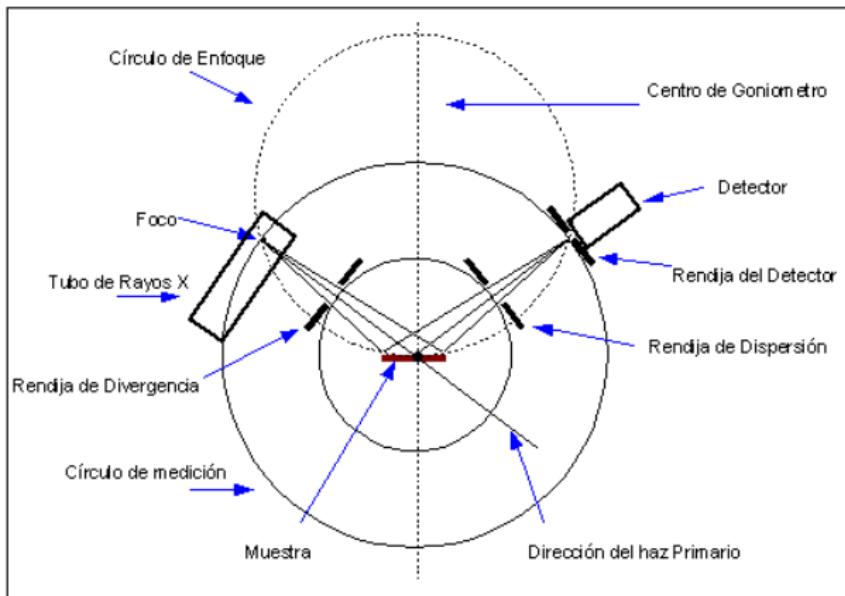


Figure: Esquema del dispositivo tipo Bragg-Brentano.

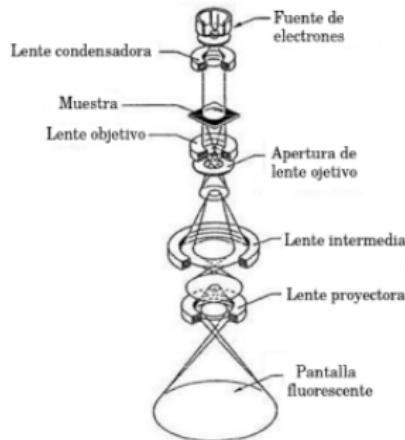


Figure: Esquema del tubo de un microscopio electrónico de transmisión

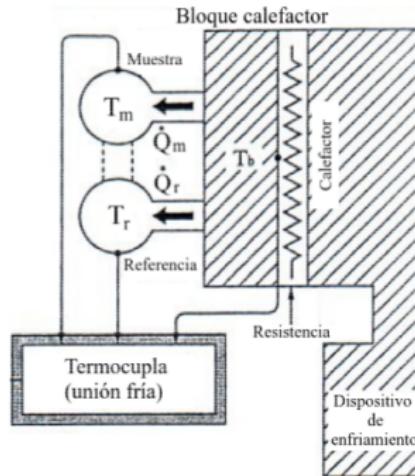


Figure: Esquema del DSC empleado.

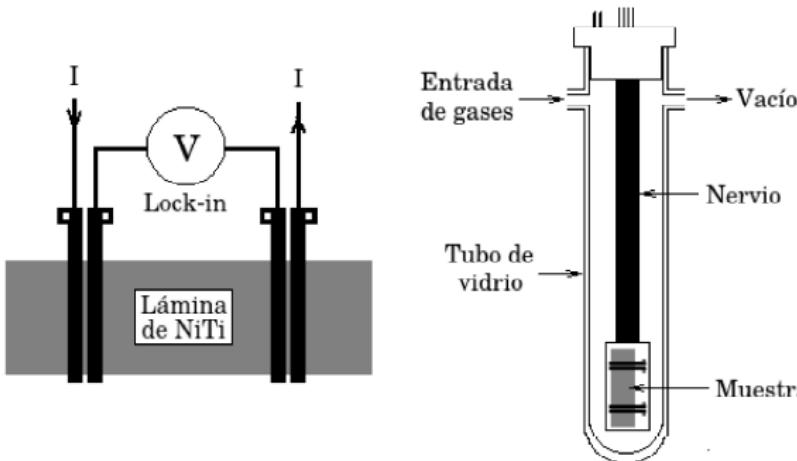


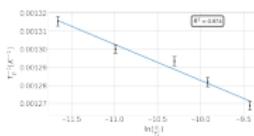
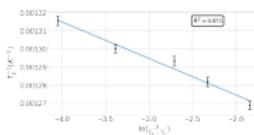
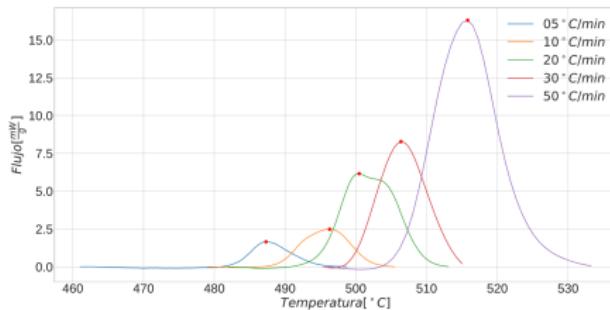
Figure: Esquema del sistema empleado para el método de resistividad por cuatro puntas.

	Primera Deposición 2	Tercera Deposición
Ti[%at]	$30,8 \pm 0,6$	$33,2 \pm 0,5$
Ni[%at]	$50,4 \pm 0,2$	46 ± 1
Zr[%at]	$18,9 \pm 0,5$	$20,8 \pm 0,4$

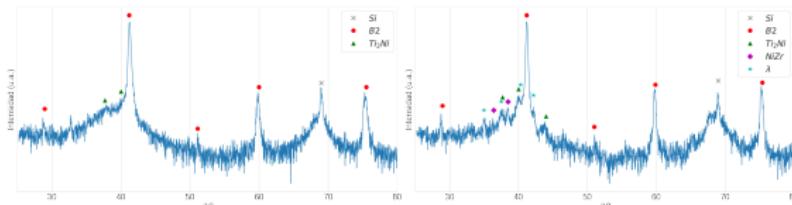
Table: Composición determinada para ambas deposiciones.

Introducción
Técnicas experimentales
Resultados obtenidos

Deposición de las láminas
Energía de activación
Pobres en Ni
Ricas en Ni

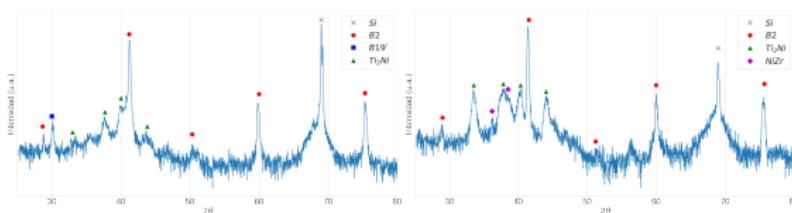


Fases obtenidas



(a) Muestra a 500° C

(b) Muestra a 600° C

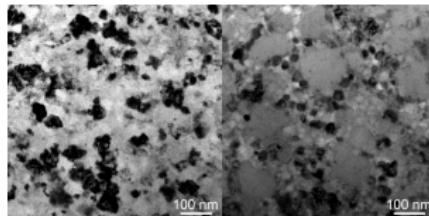


(c) Muestra a 700° C

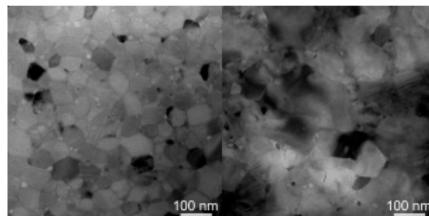
(d) Muestra a 800° C

Figure: Patrones de difracción para las muestras pobres en Ni.

Imágenes obtenidas por TEM

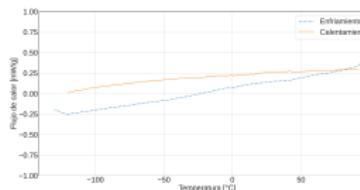


(a) Muestra a (b) Muestra a
500 °C 600 °C

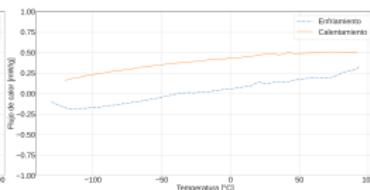


(c) Muestra a (d) Muestra a
700 °C 800 °C

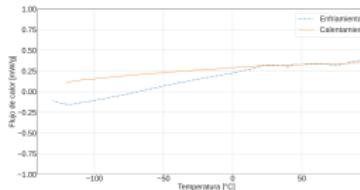
Curvas de DSC



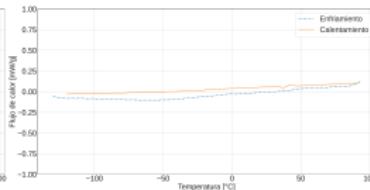
(a) Muestra tratada a 500°C



(b) Muestra tratada a 600°C



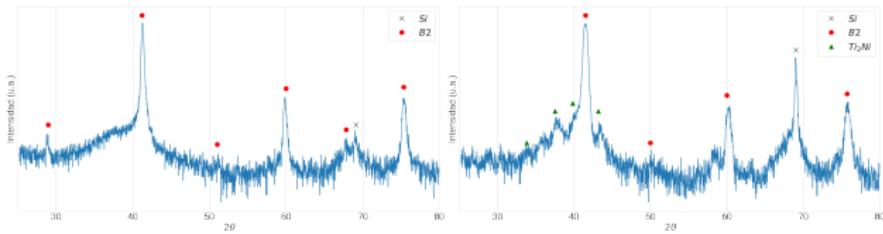
(c) Muestra tratada a 700°C



(d) Muestra tratada a 800°C

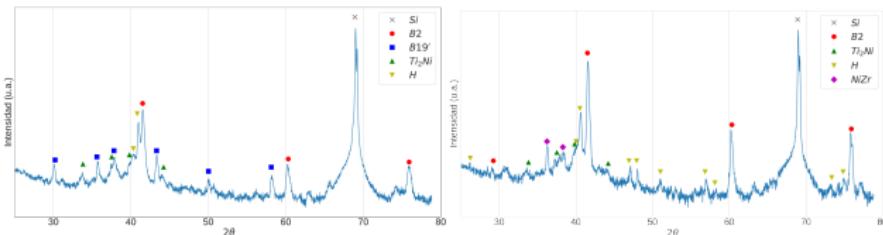
Figure: Curvas de DSC para las distintas muestras

Fases obtenidas



(a) Muestra a $500^{\circ}C$

(b) Muestra a $600^{\circ}C$

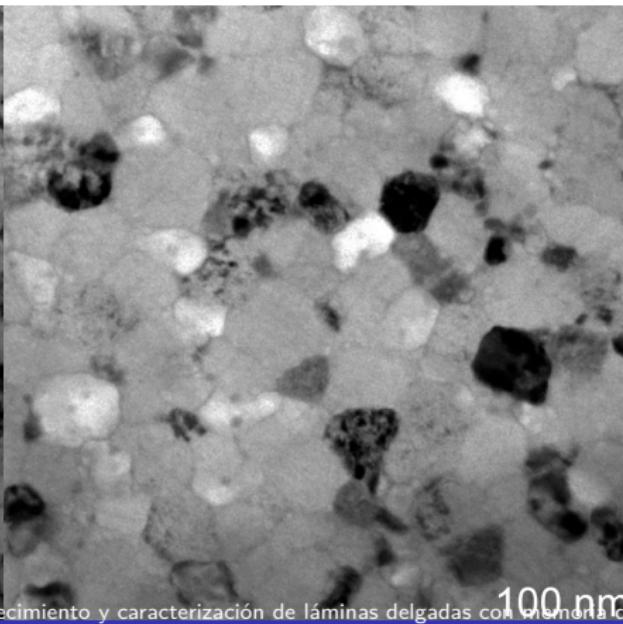
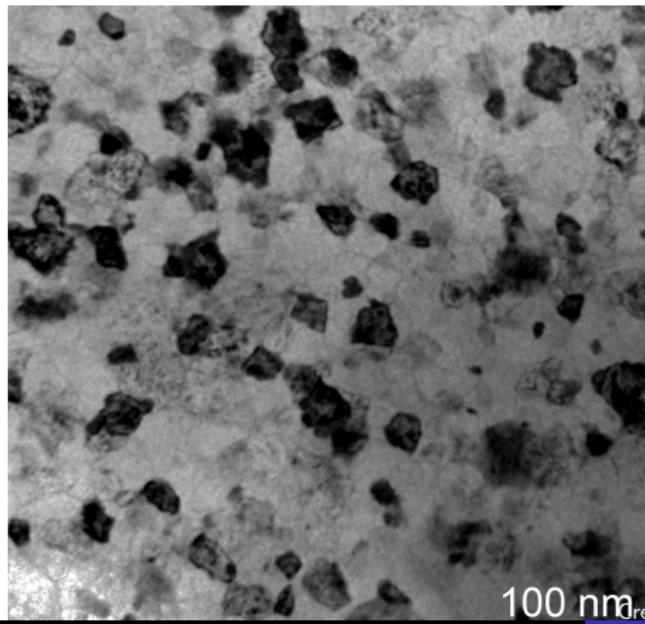


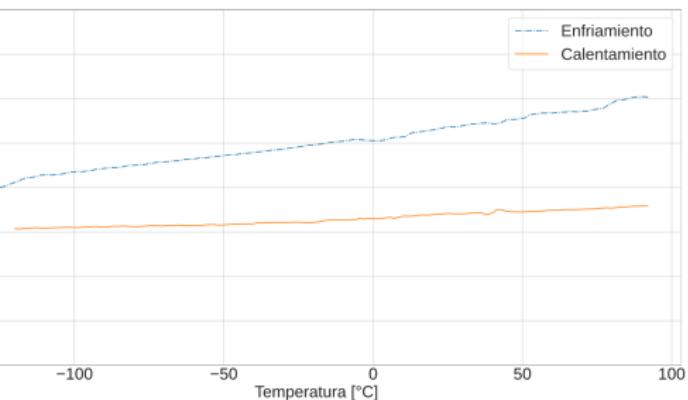
(c) Muestra a $700^{\circ}C$

(d) Muestra a $800^{\circ}C$

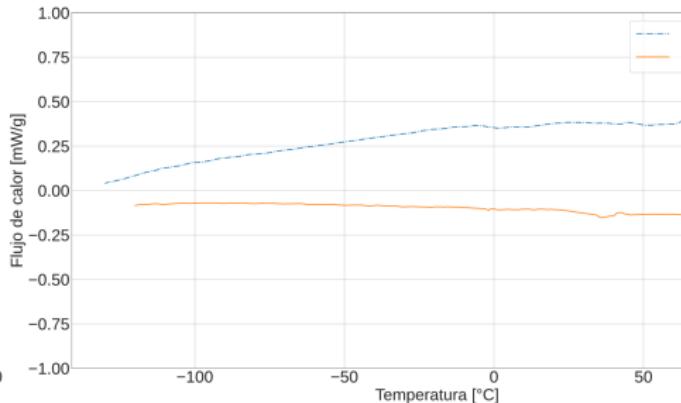
Figura: Patrones de difracción para las muestras pobres en Ni.
Fernando Del Fedele

Imágenes obtenidas por TEM

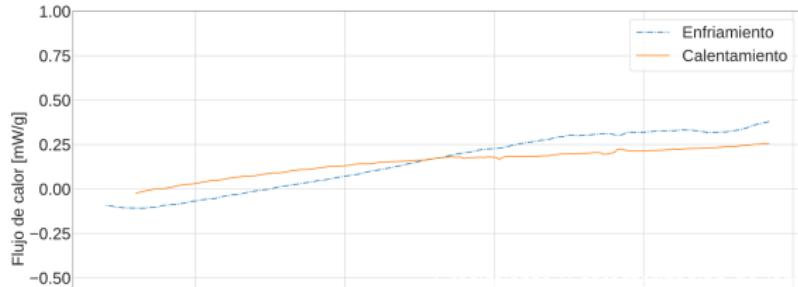




(a) Enfriamiento, muestra tratada a 500°C



(b) Enfriamiento, muestra tratada a 600°C



Introducción
Técnicas experimentales
Resultados obtenidos

Deposición de las láminas
Energía de activación
Pobres en Ni
Ricas en Ni

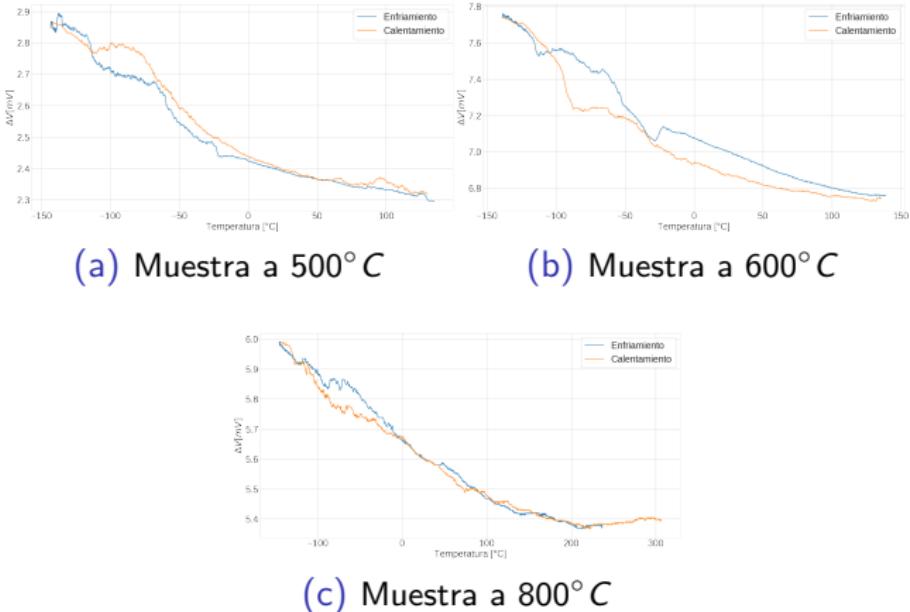


Figure: Curvas medidas por el método de resistividad de cuatro puntas en las cuales no fue posible hallar en forma precisa las temperaturas de transformación