



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Universidad de Granada

Escuela internacional de Posgrado

Máster Estructura



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

TEMA

**Evaluación no destructiva con corrientes de Foucault (Inducida)
aplicadas a la estructura de titanio**

- Zakaria Deffane
- Kamilia Badache

- Profesores:**
- Guillermo Rus Carlbor
 - Antonio Manuel Callejas zefra
 - Melchor Rodríguez Juan Manuel



Plan de trabajo

INTRODUCCIÓN

MATERIALES Y MÉTODOS

**RESULTADOS E
INTERPRETACIONES**

CONCLUSIÓN

INTRODUCCIÓN

Los ensayos no destructivos son un conjunto de técnicas utilizadas para evaluar las propiedades de un material, estructura o sistema sin causar daños. El objetivo de este trabajo es evaluar las modificaciones estructurales provocadas por los tratamientos térmicos en el Titanio TA6V con corrientes de foucault.



Por qué el control con las corrientes de Foucault



Un método: rápido, más barato,
menos engorroso y más seguro
que otros..



Donde utilizamos las corrientes de Foucault ?



Detección de grietas

Medición de la corrosión y del espesor del material

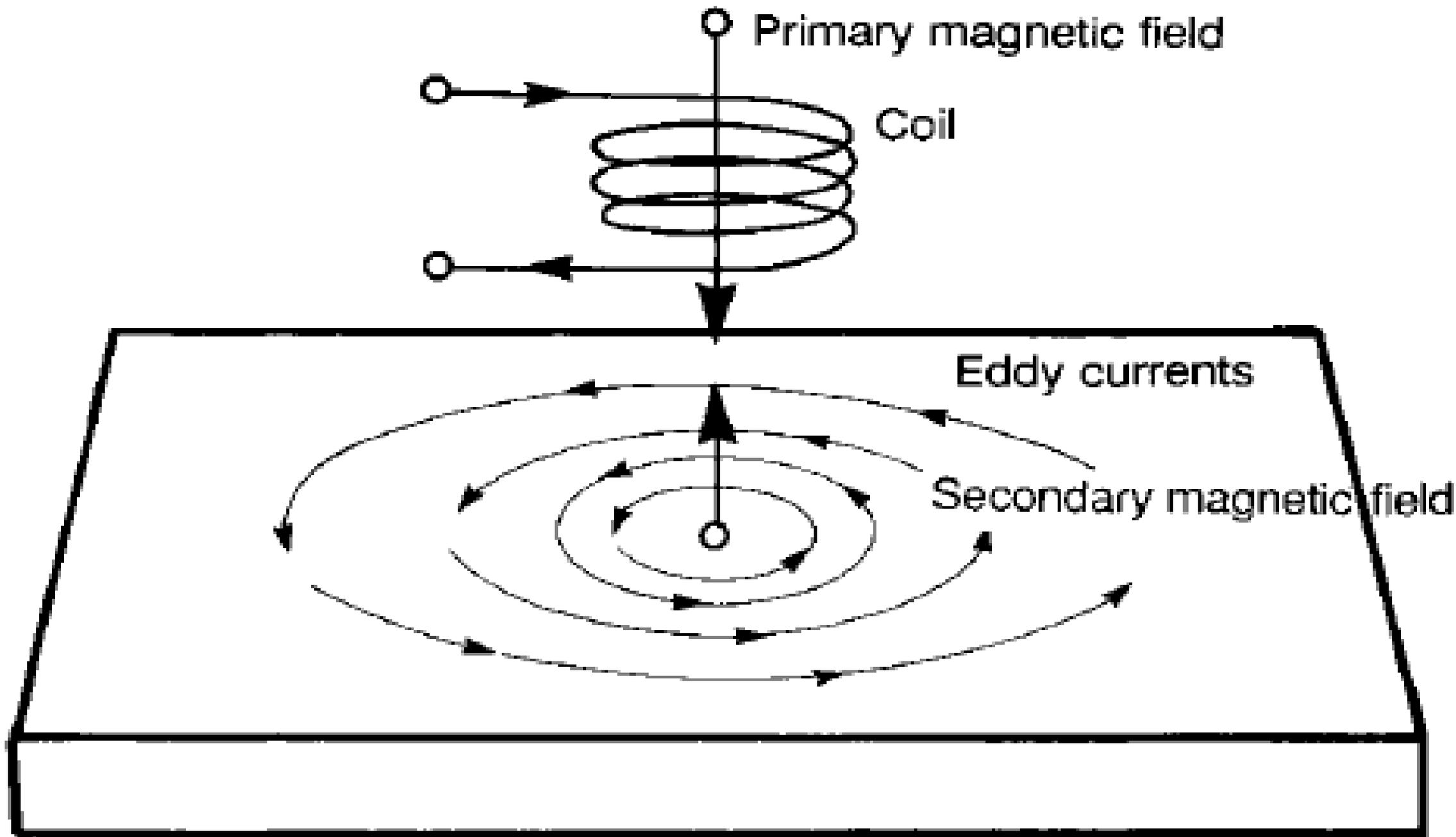
Clasificación del material

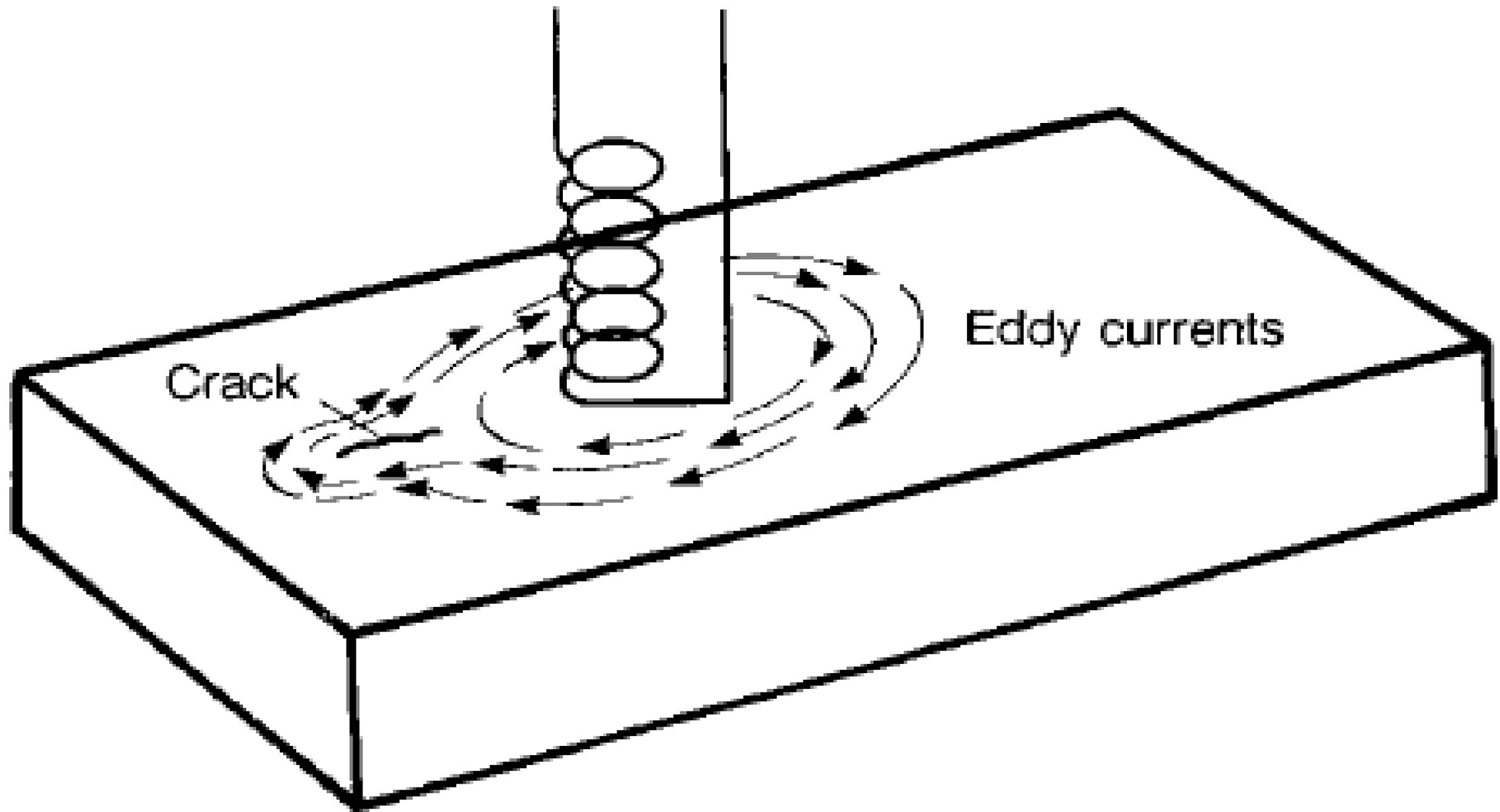
Identificación de zonas afectadas por el calor

Detección de metales

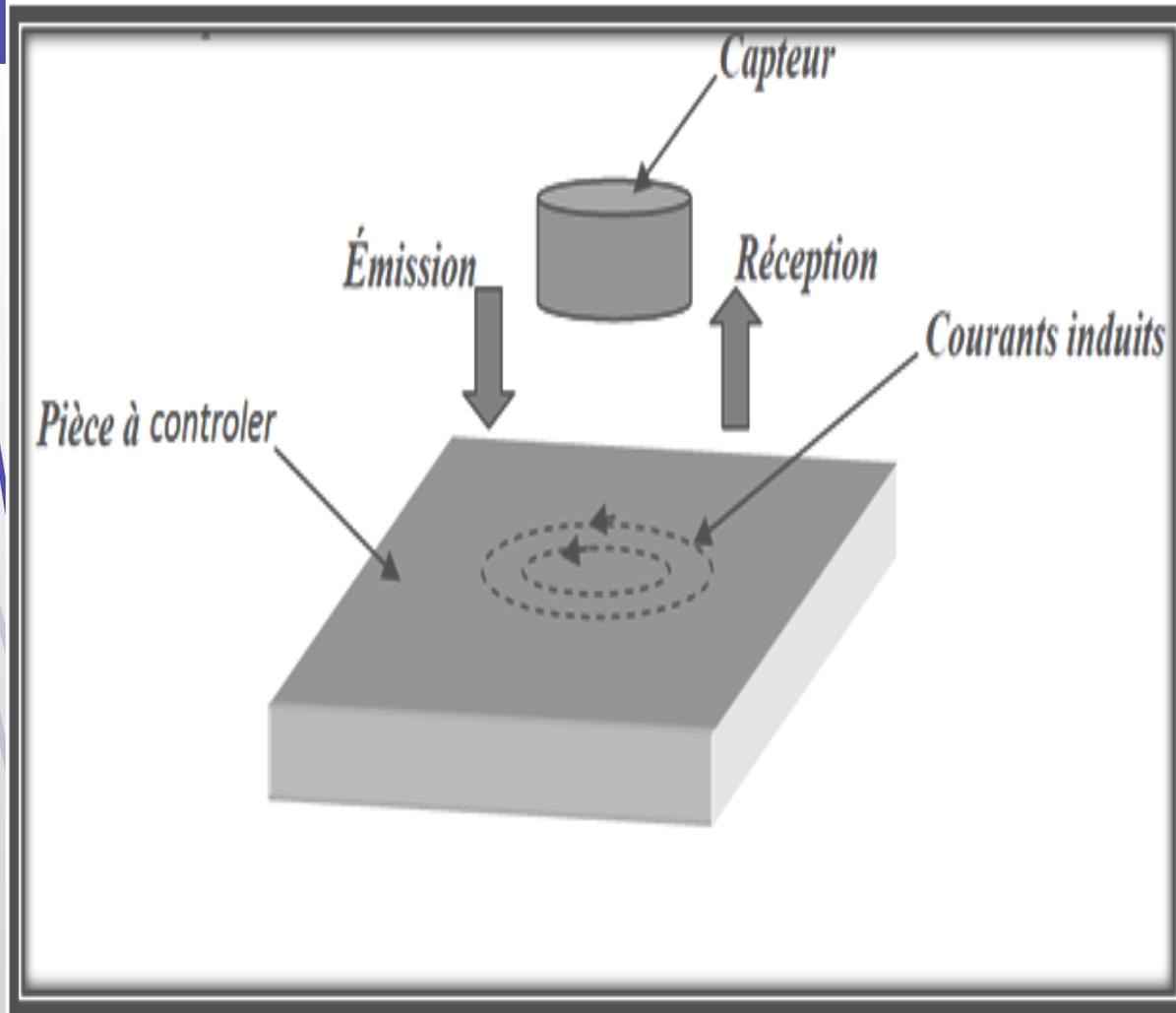
Medición del grosor del revestimiento

Medición de la conductividad eléctrica

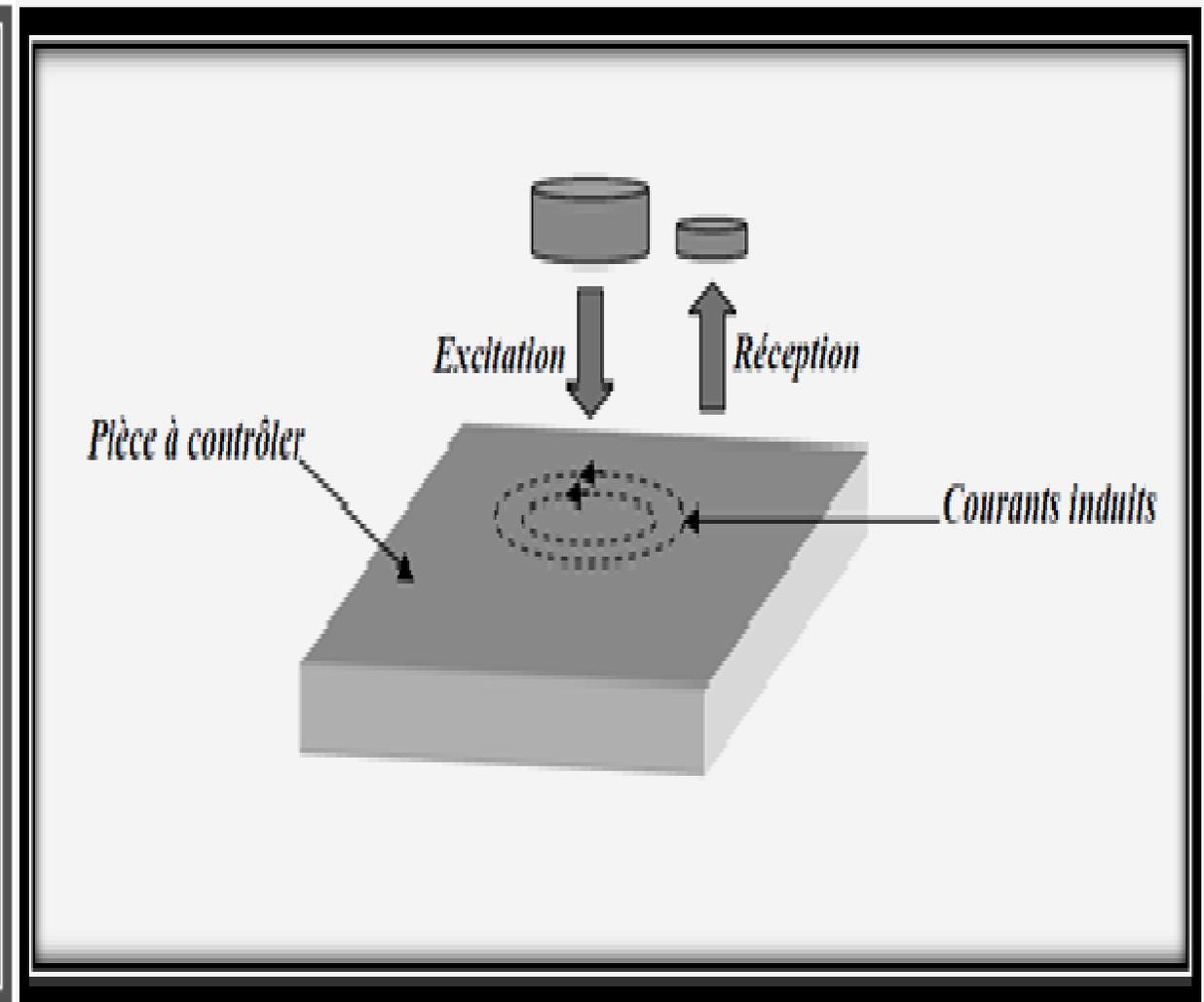




Modos de funcionamiento del sensor:



Sensor de doble función



sensores con funciones separadas

La profundidad de penetración estándar:

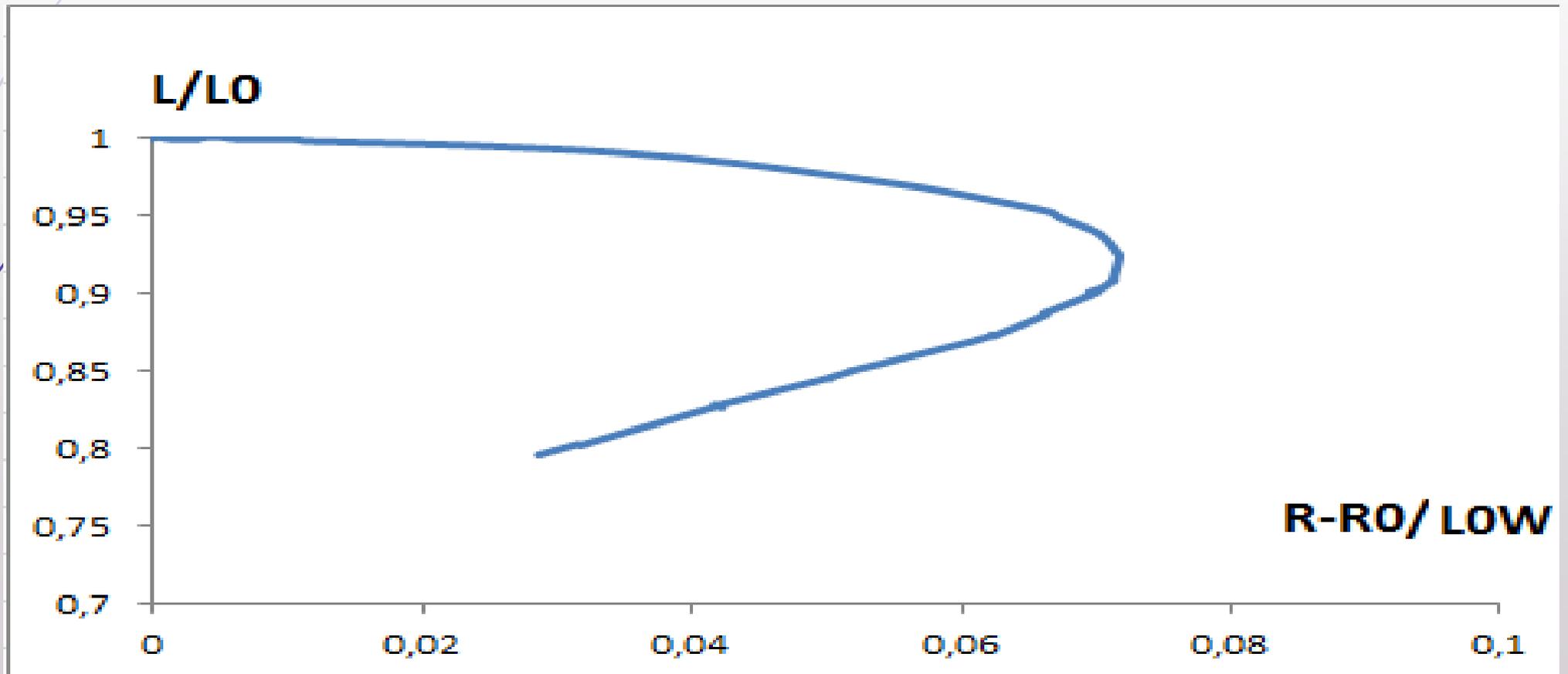
$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \sigma}}$$

Factores que influyen en el control:

- Buena conductividad en el material → buena sensibilidad, por lo que es más sensible a los defectos superficiales pero menos penetración.
- Frecuencias más altas → más sensibilidad a los defectos superficiales → profundidad de penetración muy limitada.
- Frecuencias bajas → mayor penetración.
- Las bobinas más grandes → un mayor volumen de material desde cualquier posición, el campo magnético penetra más profundamente en la muestra.
- Las bobinas más pequeñas → más sensibles a los pequeños defectos.
- Las variaciones en la permeabilidad de un material generan ruido que puede limitar la resolución de los defectos debido a las grandes variaciones de fondo.

El Diagrama de impedancia normalizado:

Es la variación de la resistencia en función de la inductancia respecto a la condición inicial (sonda en vacío).



2- Titanio:

El titanio es un material muy utilizado en la industria aeronáutica, aeroespacial y médica. Contiene varias características:

**Buena relación
resistencia/densidad**

Creep

Oxidación

**Buena resistencia
a la fatiga**

Fácil de moldear

Los aleaciones de titanio:

Las aleaciones son metales hechos de titanio y otros elementos químicos. Son ligeros y tienen una gran resistencia a la corrosión y a la temperatura

Existen 3 elementos de aleación del titanio:

Los elementos
neutros

Los elementos
del gen β

Los elementos
del gen α

En nuestro caso hemos utilizado la aleación TA6V



Por qué la aleación de Titanio TA6V



La aleación entendida de buenas características dice que:

Ductilidad

**Resistencia
a la rotura**

soldabilidad

**Resistencia a
la corrosión**

**Resistencia a la
temperatura**

**Características
de fluencia**

Conductividad

Material y método:

cortamos nuestra placa en 14 muestras utilizando la máquina (PRESI Mecatoms T300) que se muestra en la foto.



Tratamiento térmico

Las muestras se homogeneizan mediante un tratamiento térmico a 950°C con enfriamiento para eliminar el historial de la placa, seguido de los tratamientos indicados en las tablas.



tipos de tratamiento	Número de muestras	Tiempo de procesamiento
Homogeneización a 950 c°	02	3 horas
550 c°de remojo en agua	02	8 horas
550 c° enfriados en el horno	02	8horas
750 c°de remojo en agua	02	8 horas
Enfriado en el horno a 750 c°	02	8 horas
950 c° de remojo en agua	02	8 horas
950 c° enfriados en el horno	02	8 horas

recubrimiento de muestras :



Pulido y grabado de muestras :



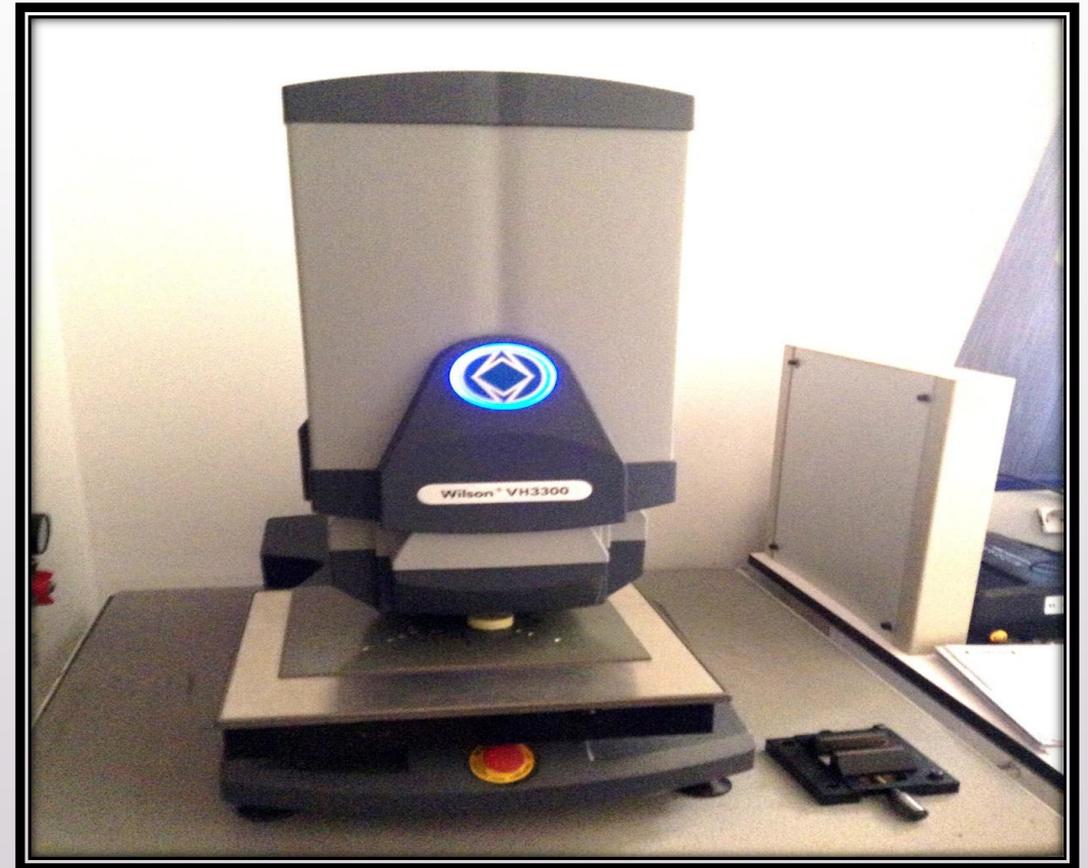
Observación de la microestructura :



Prueba de dureza

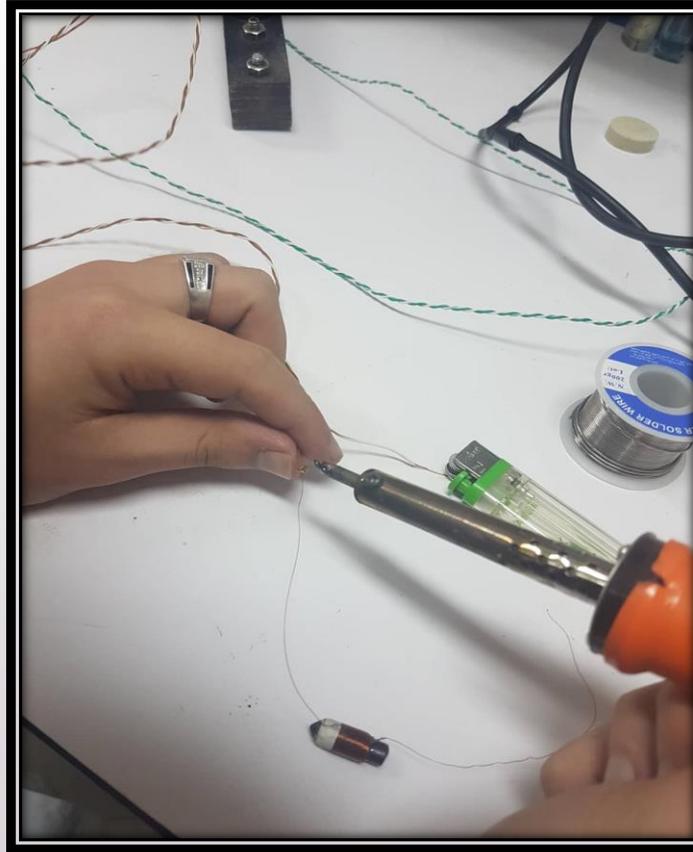


Pruebas de microdureza

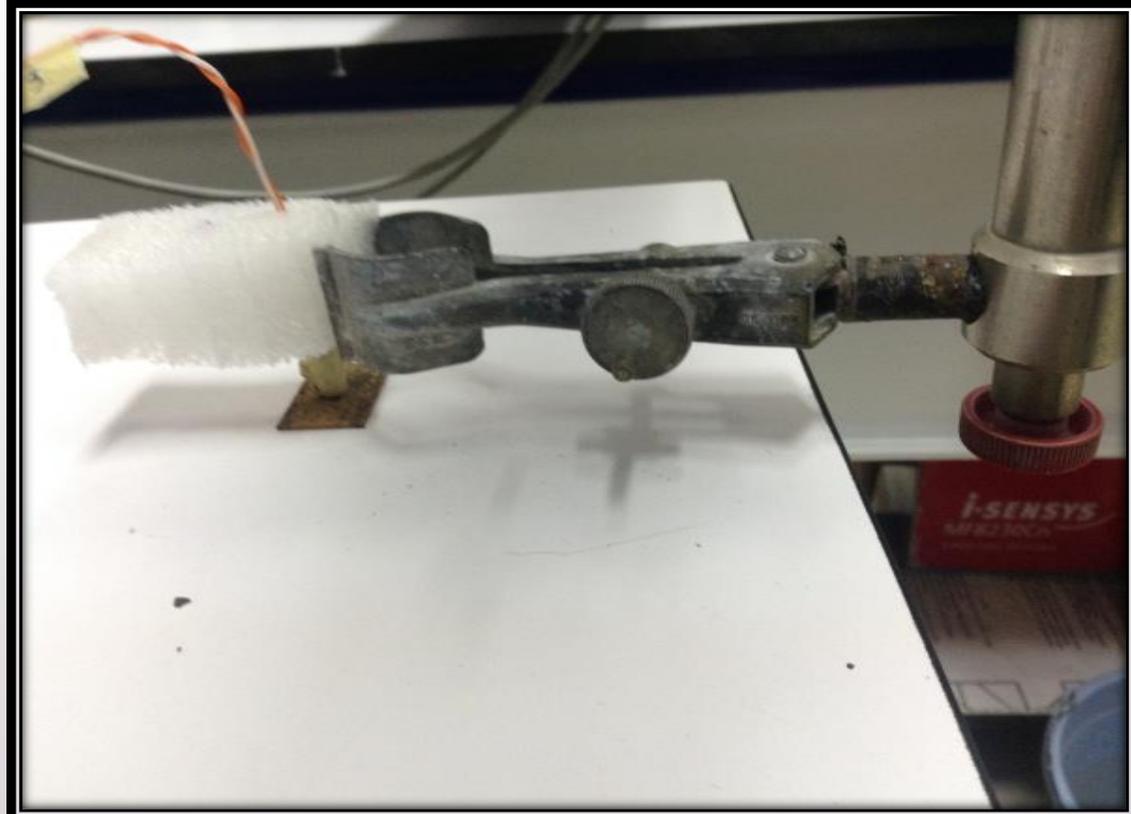


Control de corrientes de Foucault

❖ fabricación de sondas

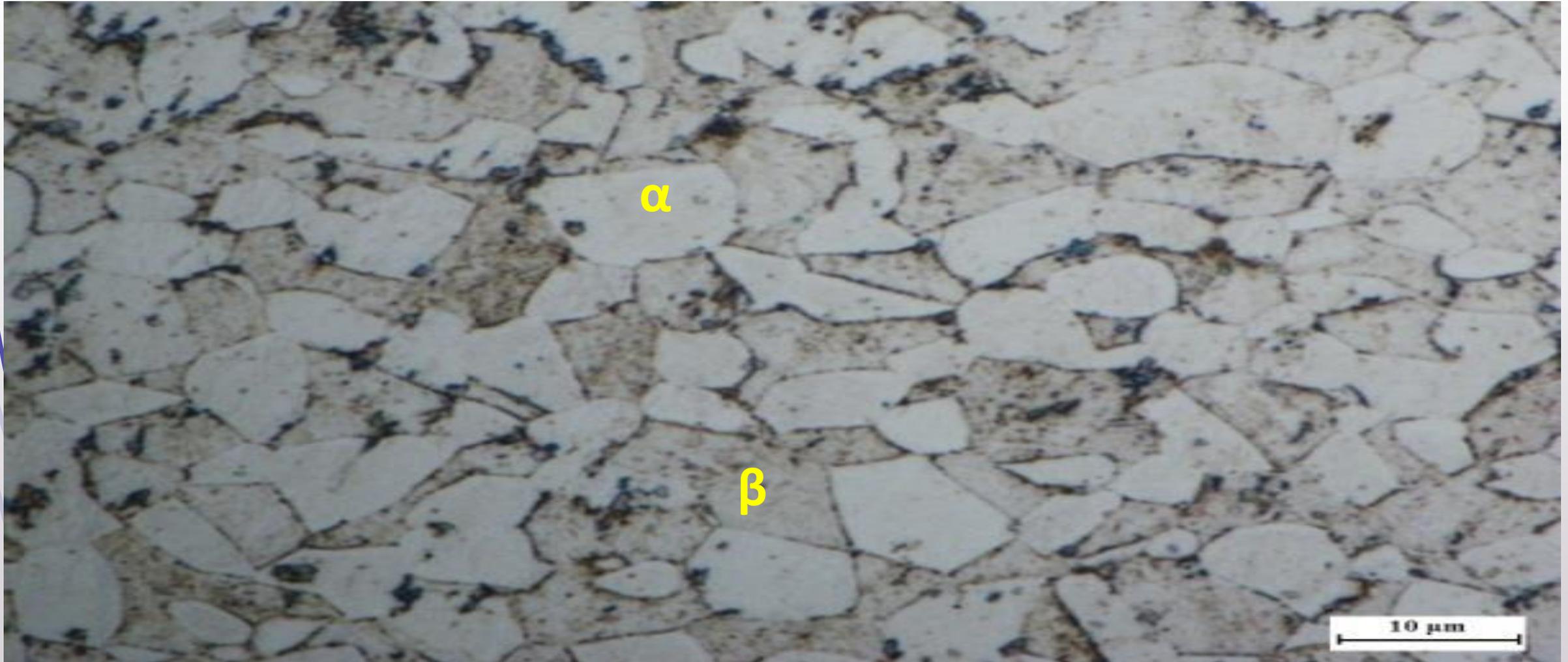


❖ Manipulación de corrientes de Foucault:

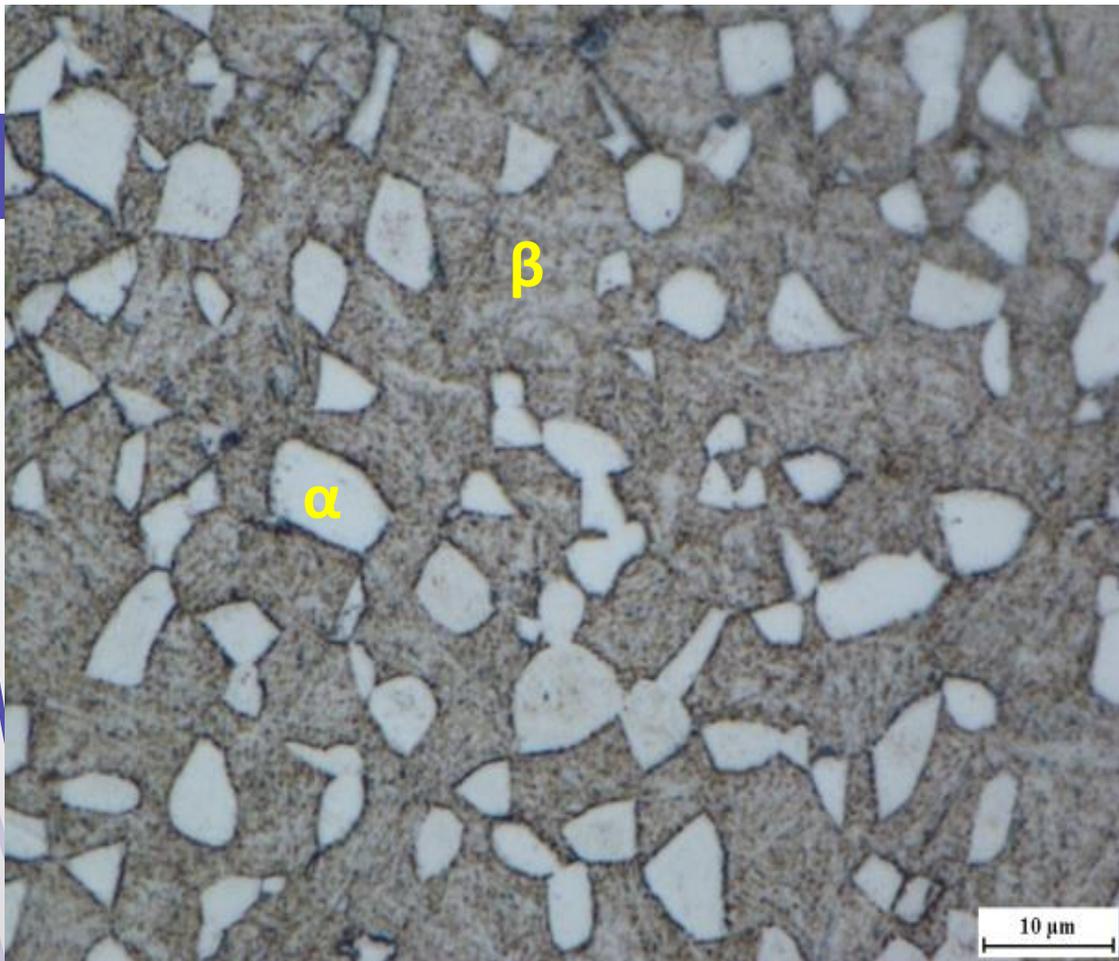


Resultados e interpretación

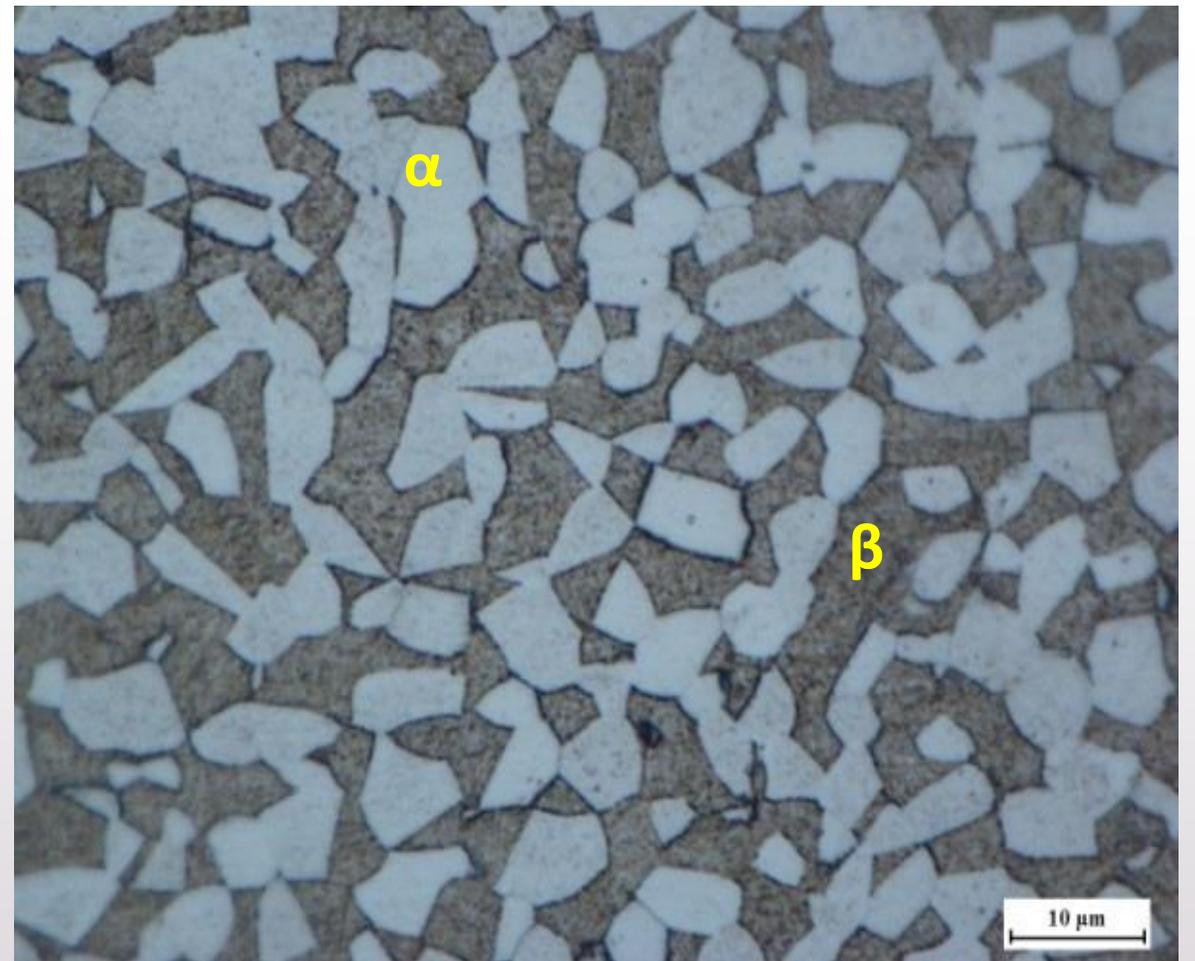
Las microestructuras: Las imágenes están tomadas a 10 nanómetros.



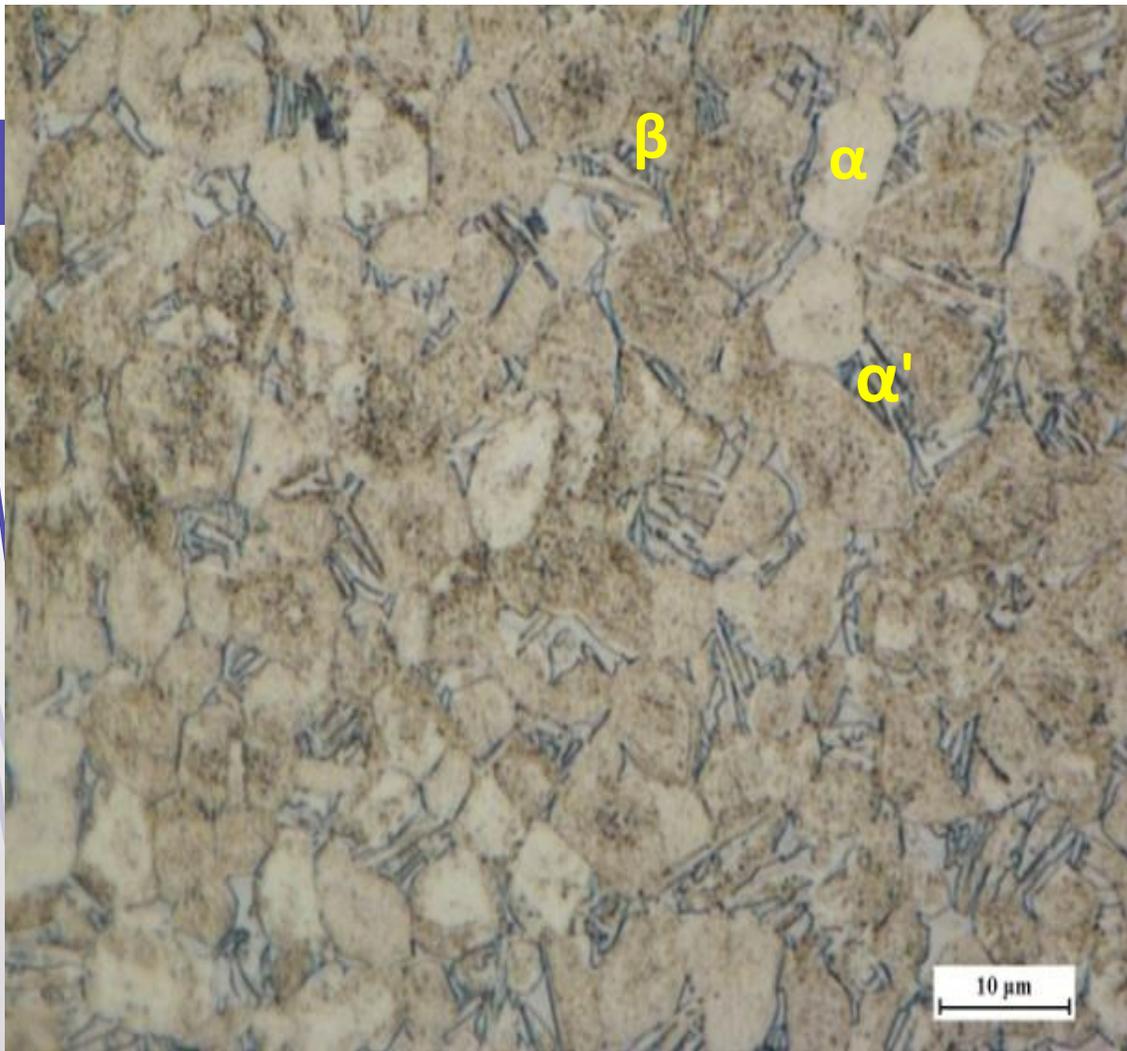
La microestructura de la muestra de referencia



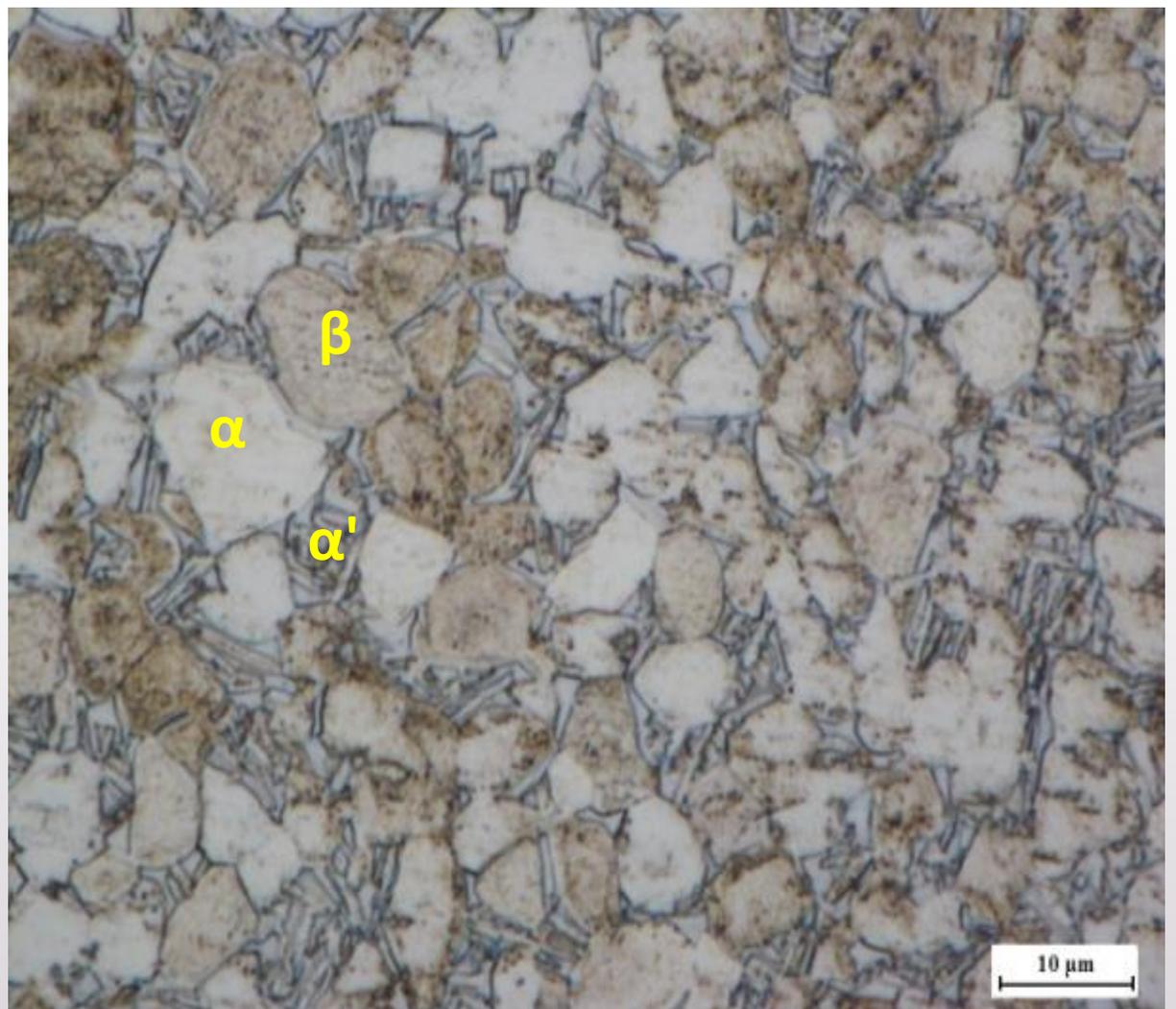
550°C Cooled



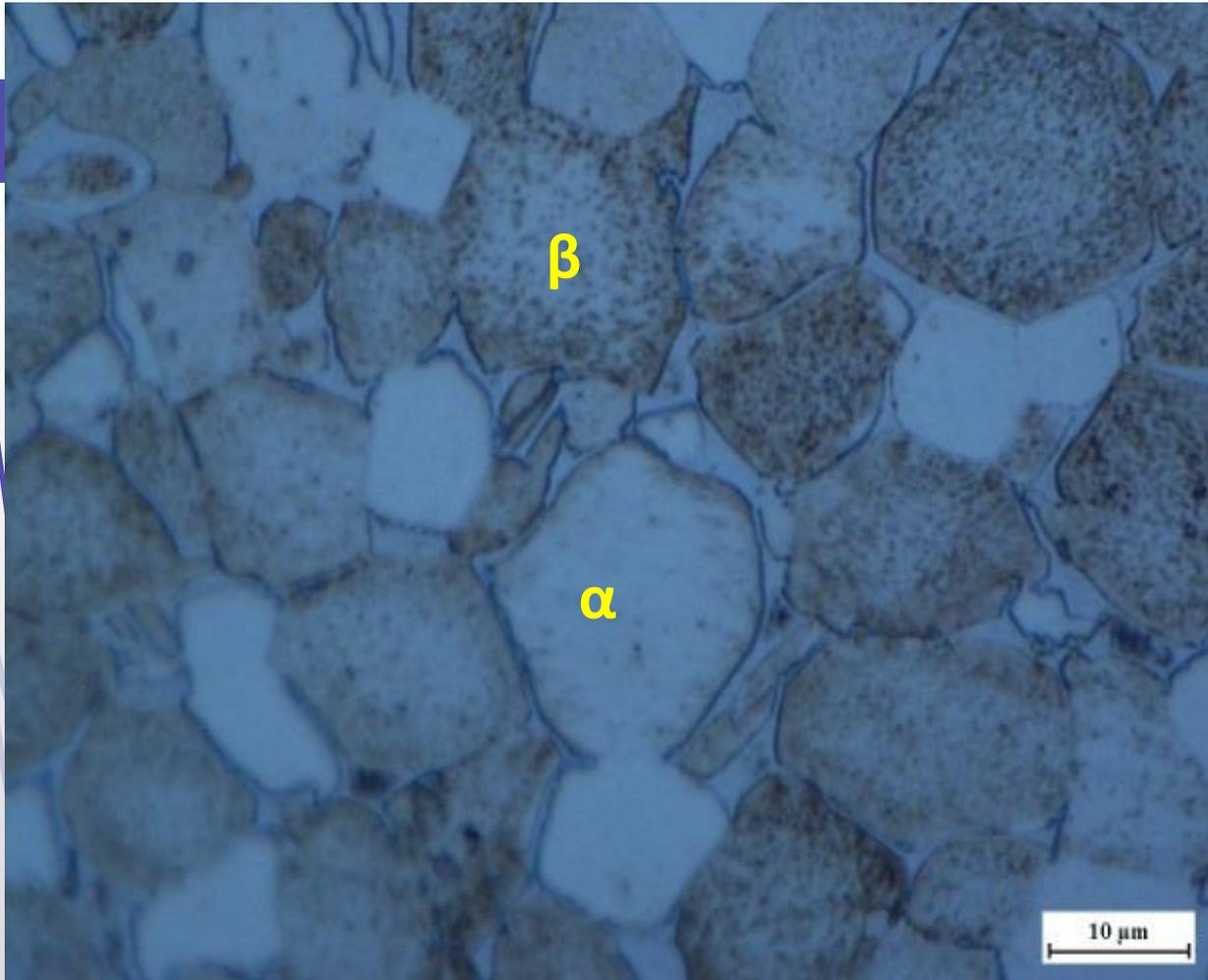
550°C quenched on water



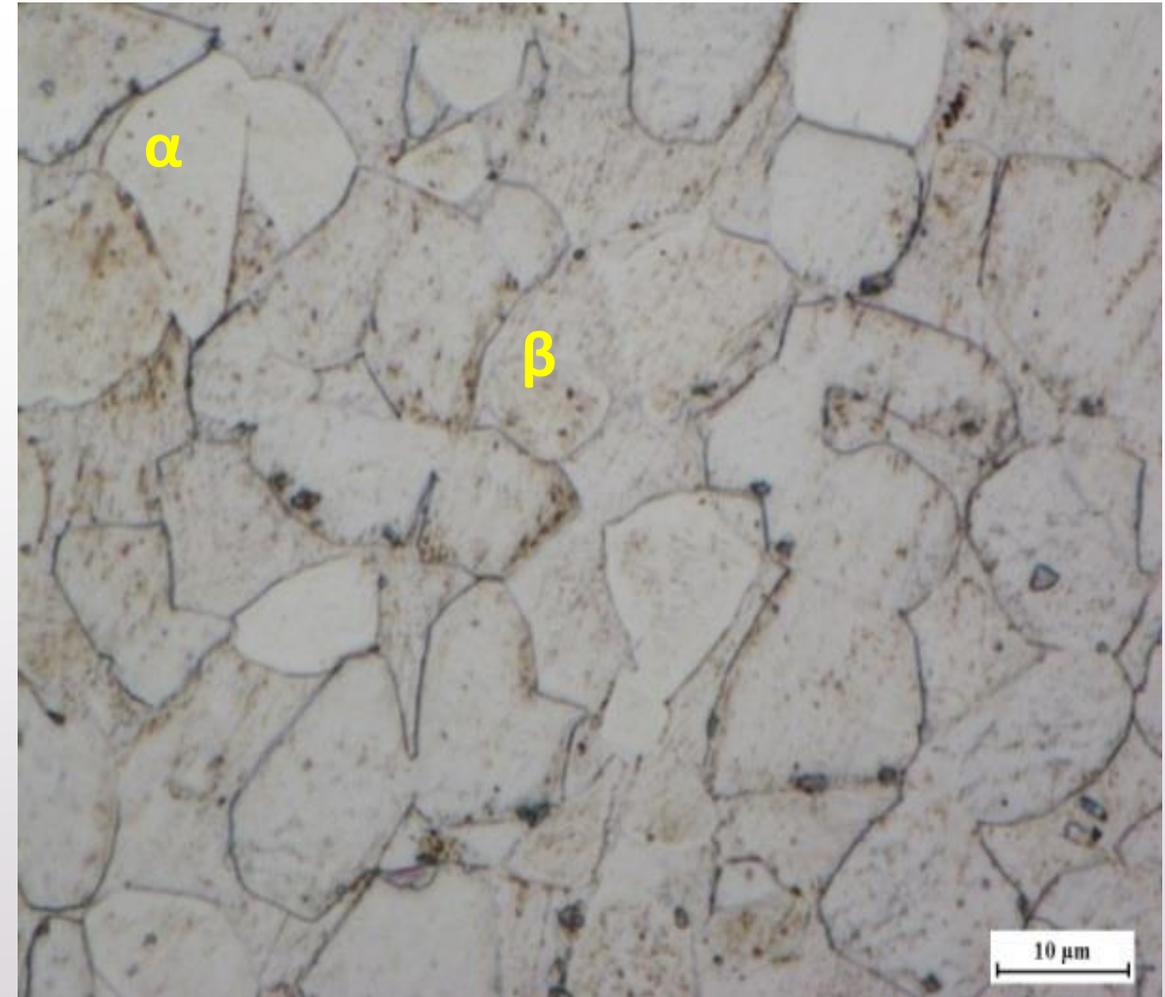
750°C Cooled



750°C Quenched on water



950°C Cooled



950°C Quenched on water

Diagrama de impedancia en la gama de frecuencias de 120Hz-500KHz:

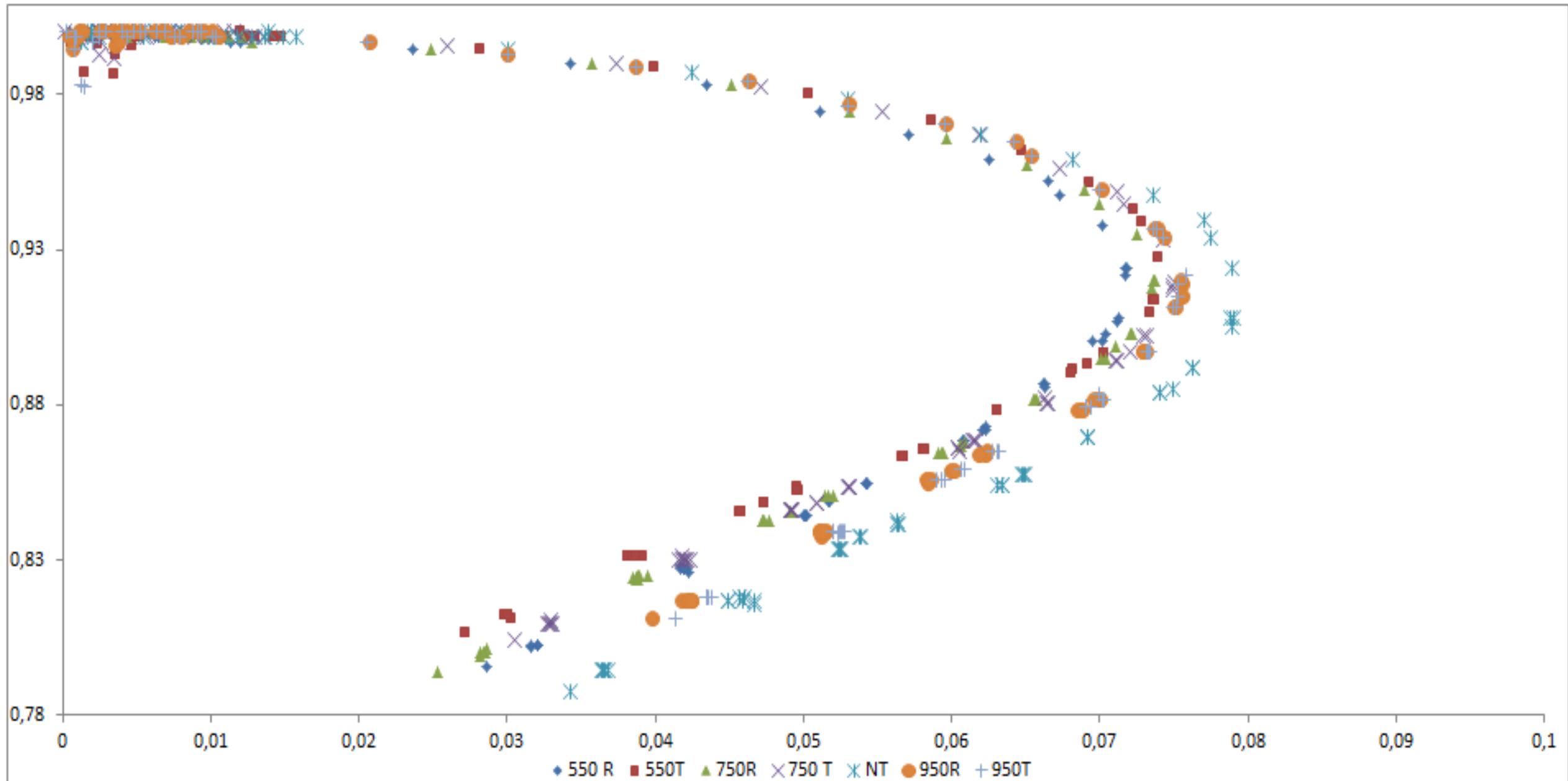
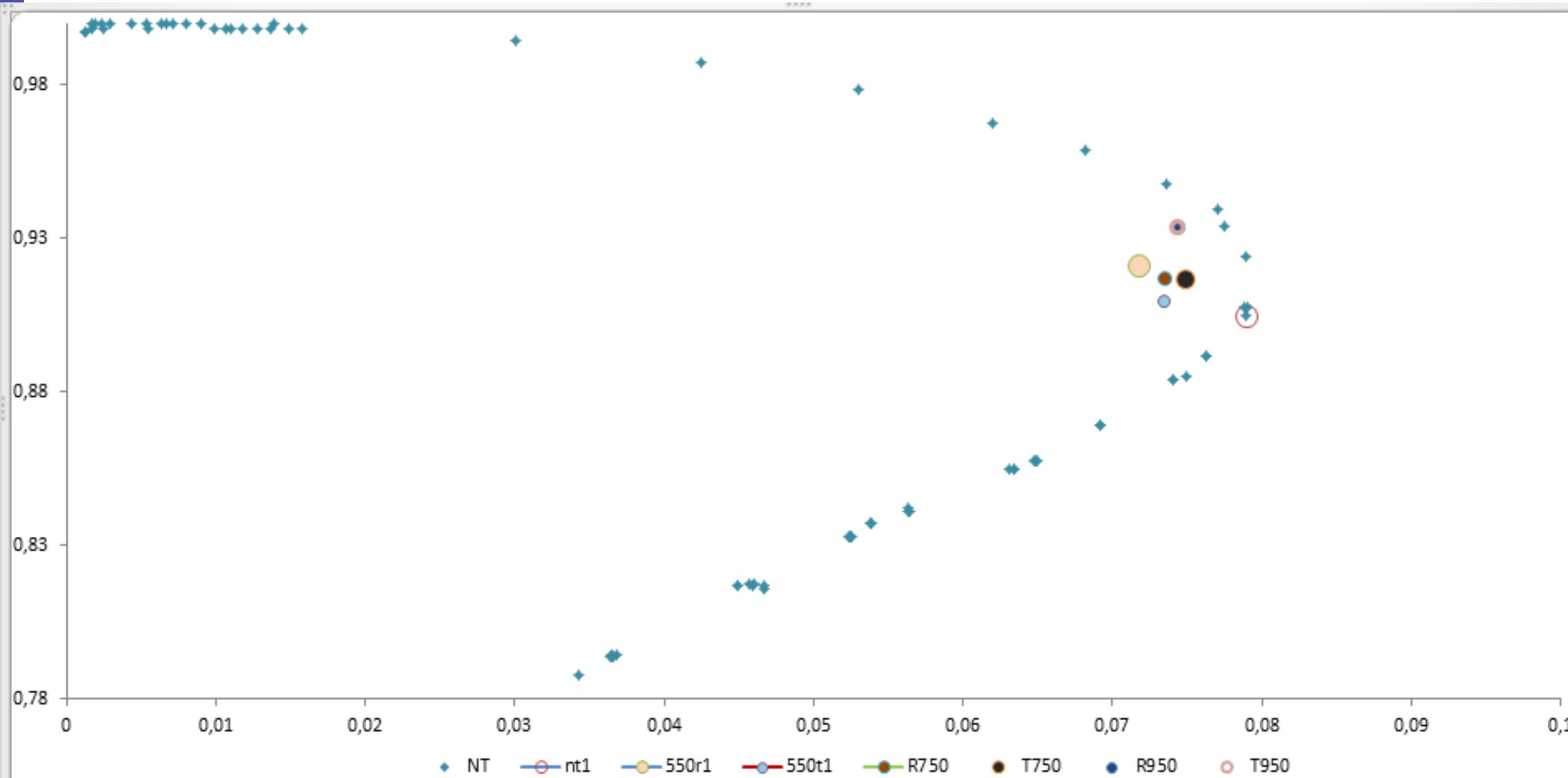


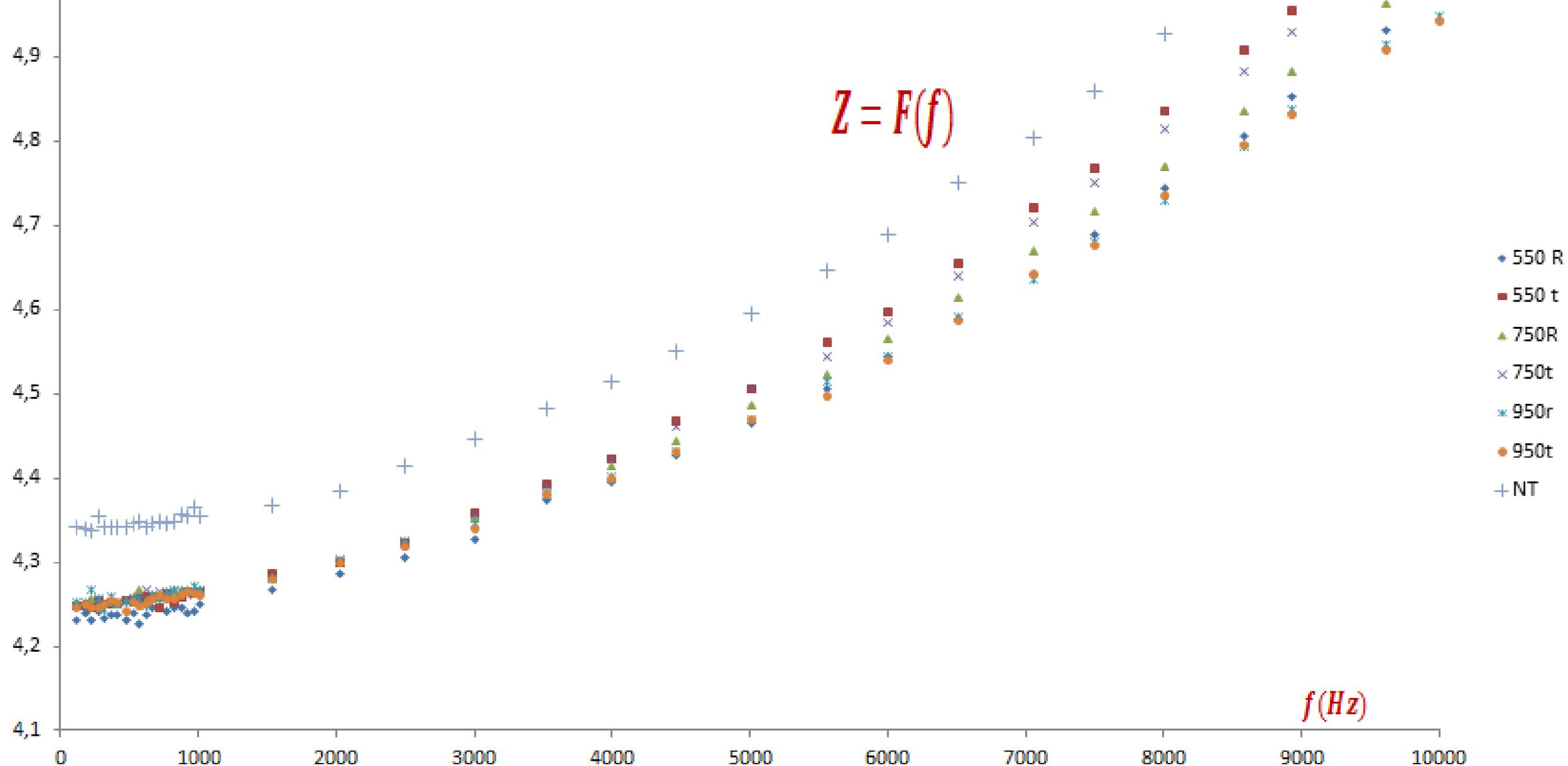
Diagrama de impedancia para 125KHz:



Módulo de impedancia en función de las bajas frecuencias:

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2}$$

$$Z = F(f)$$

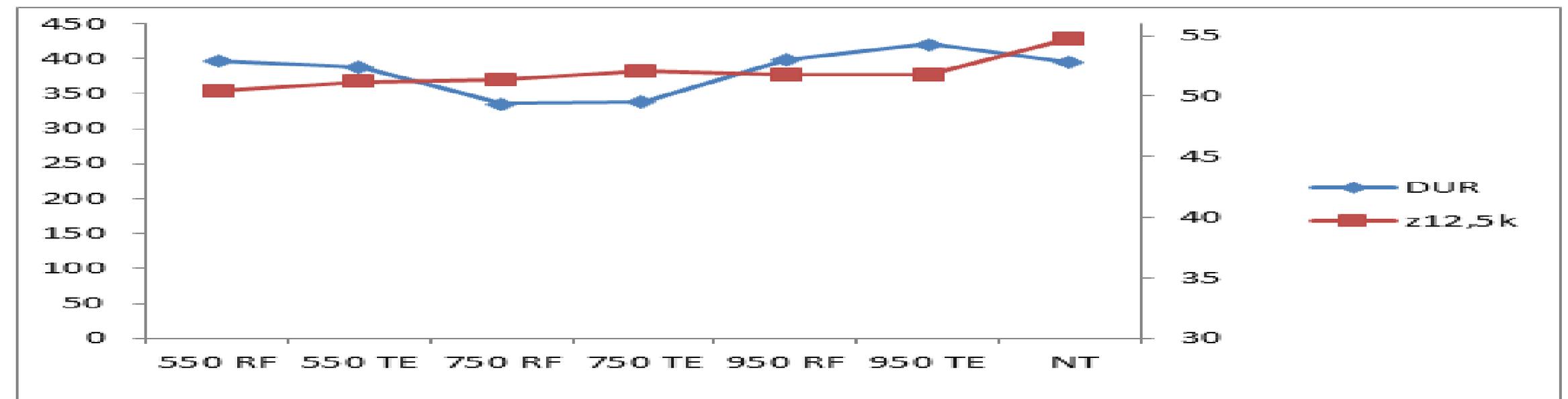
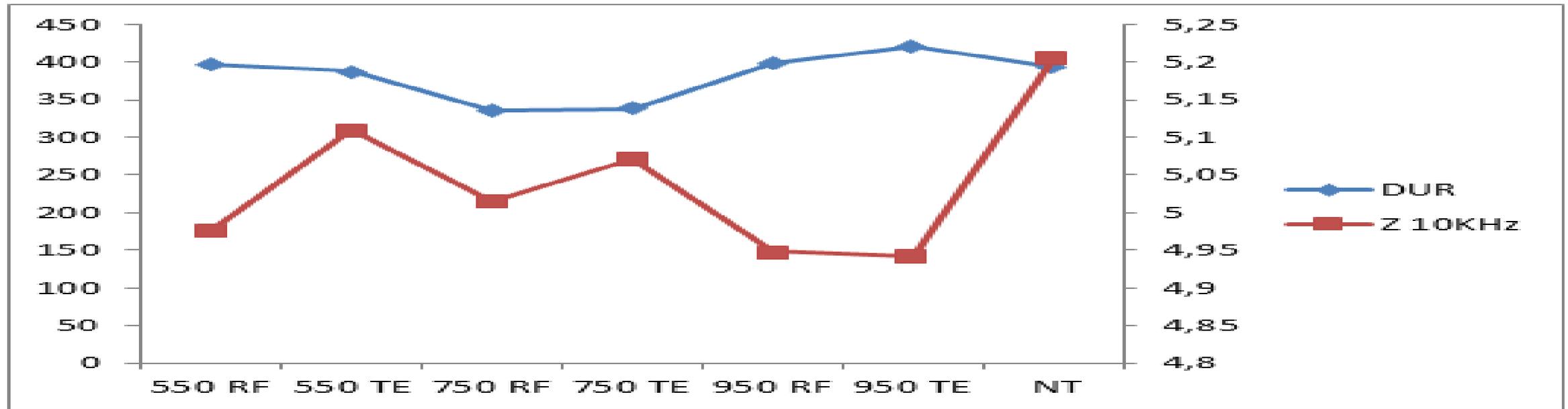


Discusión:

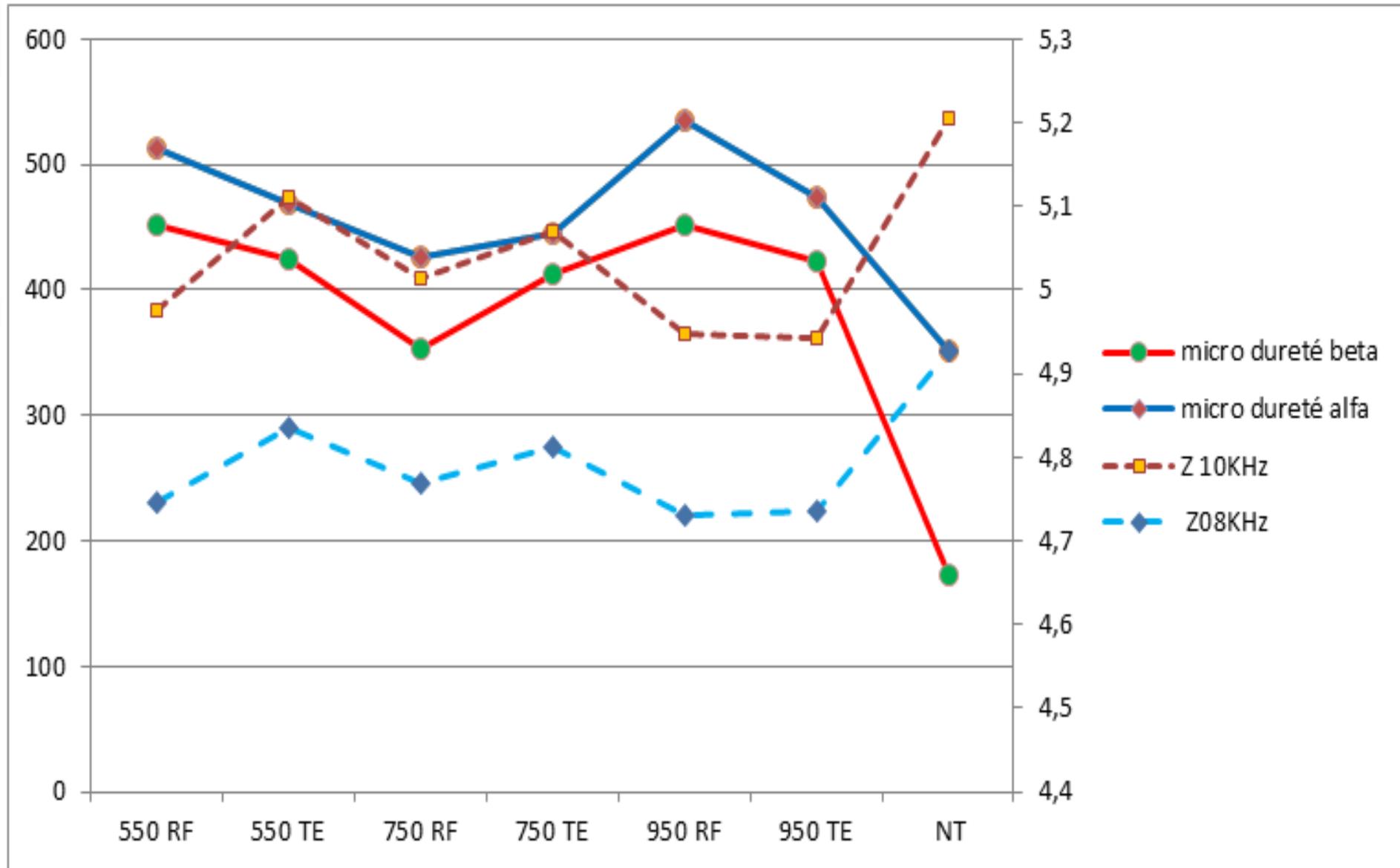
El análisis de los gráficos de impedancia normalizada y su modulo muestra una clara deferencia en la forma de las curvas de impedancia de las muestras tratadas y la de la muestra de referencia no tratada, tanto en el rango de frecuencias utilizado (120HZ -500KHz) como en un único rango de frecuencias tomado a 125KHz, lo que demuestra que se pueden detectar cambios en las muestras.

La variación de la impedancia a bajas frecuencias es especialmente significativa entre las muestras no tratadas y las que han sido sometidas a un tratamiento térmico seguido de enfriamiento en el horno o templado en agua, debido al efecto de penetración de las corrientes inducidas. Los valores de impedancia a altas frecuencias no son significativamente diferentes debido a que los cambios de conductividad se producen en la dirección de la frecuencia.

La dureza frente a la impedancia a 10KHz y 125KHz:



Microdureza en función de la impedancia:



Los valores de conductividad en cada muestra:

Tipos de tratamiento	Valor de conductividad
Homogeneización a 950 c° (Muestra de referencia)	2.67 % IACS=645.74 n.Ω.m
550 c° enfriamiento en agua.	2.84 % IACS=607.09n.Ω.m
550 c° enfriados en el horno	2.75 % IACS=626.96n.Ω.m
750 c° enfriamiento en agua.	2.78 % IACS=620.19n.Ω.m
Enfriado en el horno a 750 c°	2.68 % IACS=643.34n.Ω.m
950 c° enfriamiento en agua.	2.70 % IACS=638.57n.Ω.m
950 c° enfriados en el horno	2.67 % IACS=645.74n.Ω.m

conclusión

- **El control por corrientes inducidas permite conocer el comportamiento de la dureza y la microdureza sólo con el conocimiento del diagrama de impedancia.**
- **El comportamiento de la impedancia es inversamente proporcional a la dureza, la microdureza en las fases α y β solamente, y directamente proporcional cuando la aleación TA6V está en la fase α' .**
- **La conductividad eléctrica es inversamente proporcional a la temperatura de tratamiento térmico.**

**Gracias por su
atención**