

Estudio de la estructura de vórtices en los superconductores de alta temperatura crítica $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ y $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$

E. Benatti, Y. Fasano, G. Nieva, D. Gaspar Franco

Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo - CNEA



Resumen

En este trabajo se estudió la estructura de vórtices en el superconductor calcogenuro $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ (FeSeTe) por medio de la técnica de decoración magnética. Esta es una técnica que permite visualizar en el espacio real a la estructura de vórtices estática con resolución de vórtices individuales, y en toda la extensión de la muestra. No se pudo hacer un análisis cuantitativo de las propiedades estructurales de la red de vórtices del FeSeTe debido a la baja relación entre la señal de la variación magnética local asociada a los vórtices y el ruido de fondo. Dicho ruido fue producido posiblemente por inhomogeneidades magnéticas de la muestra en la escala nanométrica, que impidieron el procesamiento digital de la misma.

Se realizaron además experimentos de perfil crítico, es decir, realizando un proceso field-cooling y luego retirando el campo aplicado a una dada temperatura en la fase mixta. Se pudo observar variaciones en la densidad de vórtices en las regiones de la muestra cercanas a los bordes. Esto permitió estimar la corriente crítica $J_c = (2 \pm 1) 10^2 \text{ A/cm}^2$ del material para el caso $x = 0,5$. Dicho valor está en buen acuerdo con mediciones de J_c por medio de técnicas de volumen en otras muestras.

Introducción

Parámetro de red de la red de vórtices:

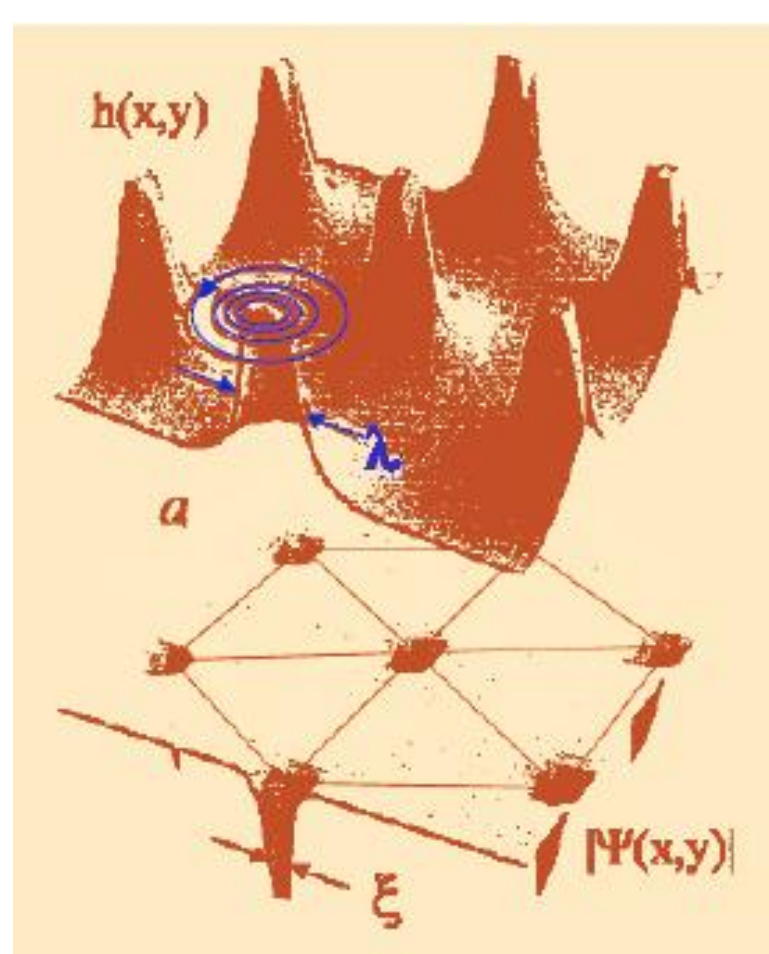
$$a = 1,075 \left(\frac{\Phi_0}{B} \right) 1/2$$

$$B = n \Phi_0 \text{ con } \Phi_0 = 2,07 \cdot 10^{-7} \text{ G.cm}^2$$

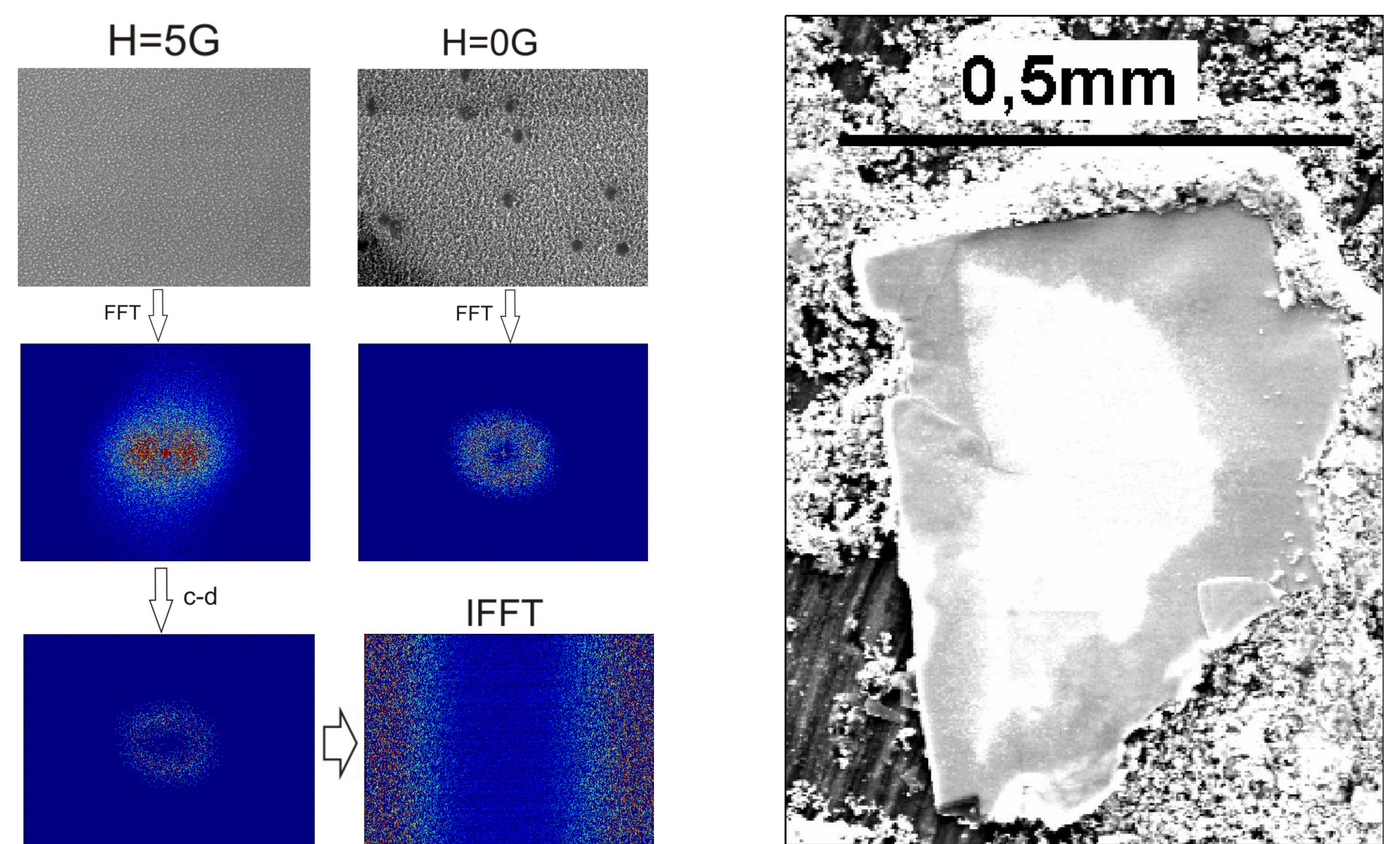
Parámetros de orden y funciones de correlación:

$$\Psi_6(\mathbf{r}_i) = \frac{1}{n} \sum_j \exp(i \theta_{ij}) \quad G_6(r) = \langle \Psi_6(\mathbf{0}) \Psi_6^*(\mathbf{r}) \rangle$$

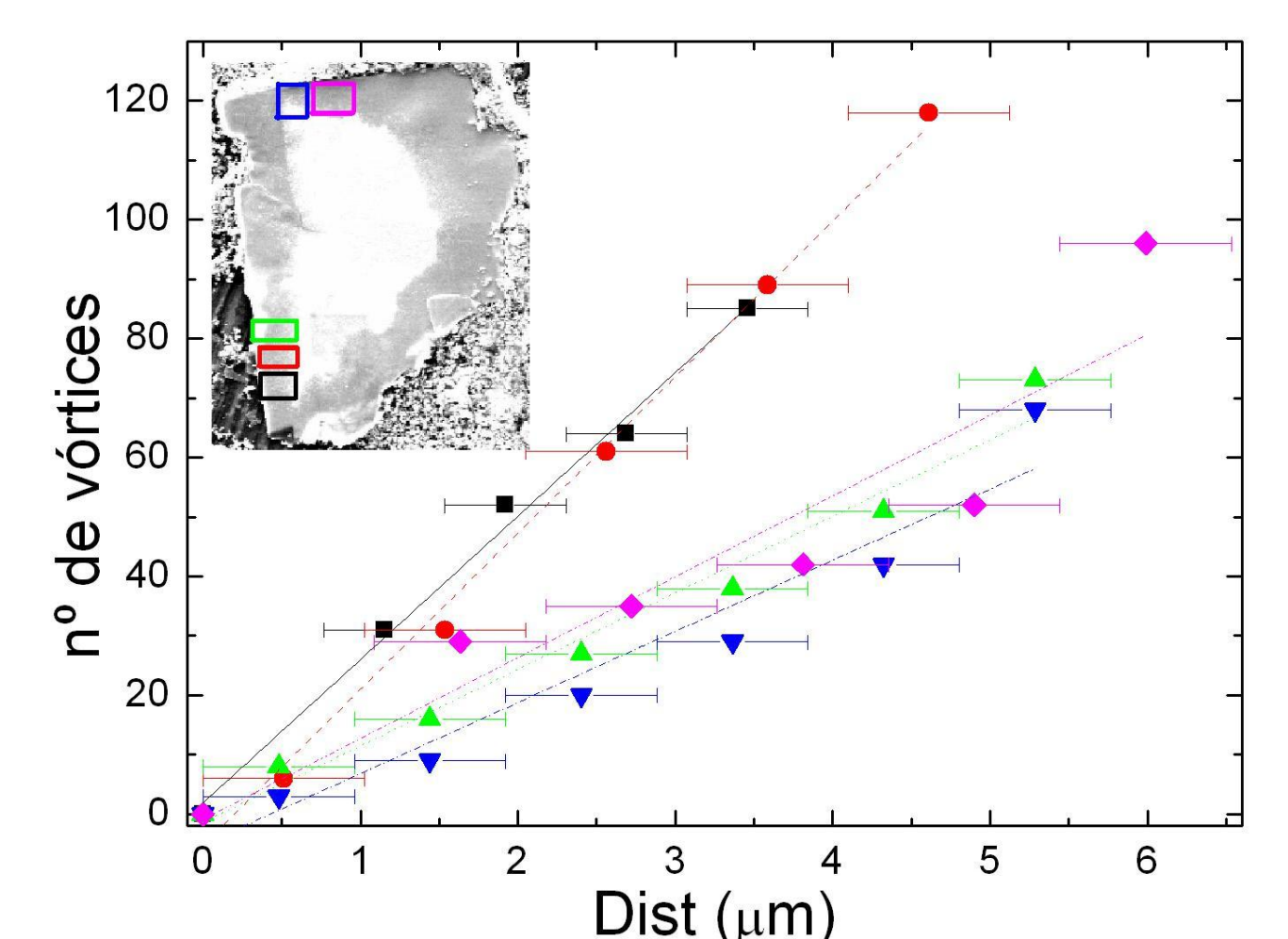
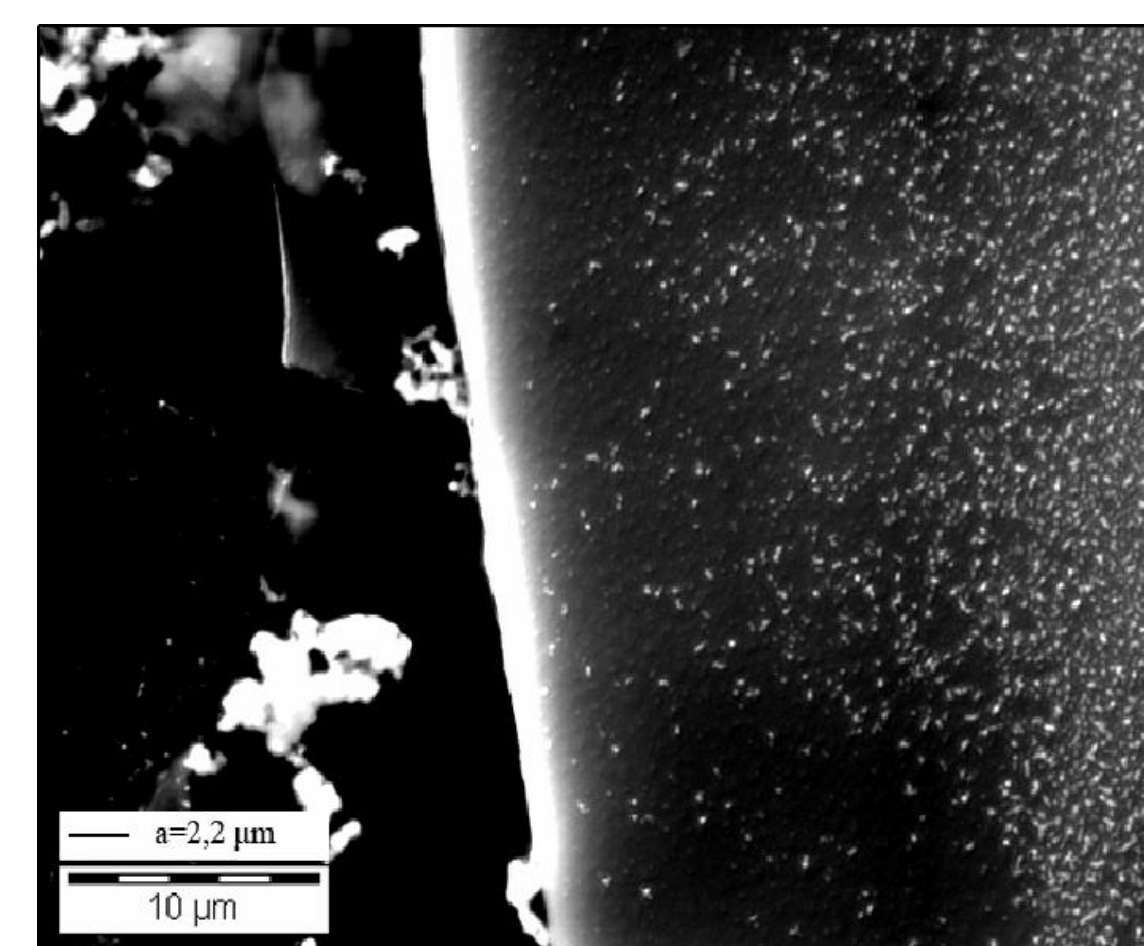
$$\Psi_{K_l}(\mathbf{r}_i) = \exp(i \mathbf{K}_l \cdot \mathbf{r}_i) \quad G_{K_l}(r) = \langle \Psi_{K_l}(\mathbf{0}) \Psi_{K_l}^*(\mathbf{r}) \rangle$$



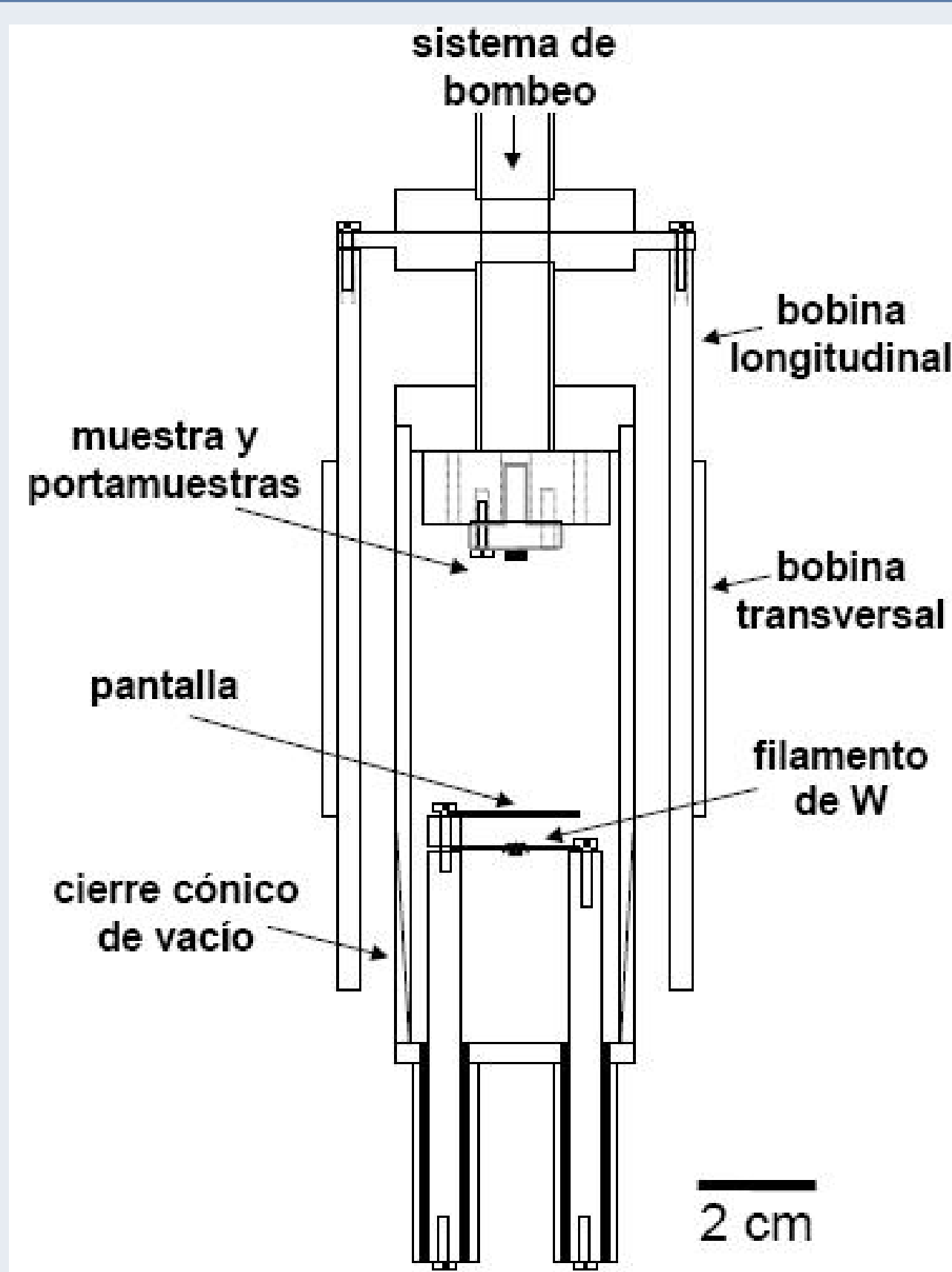
Resultados



Determinación de J_c



Método



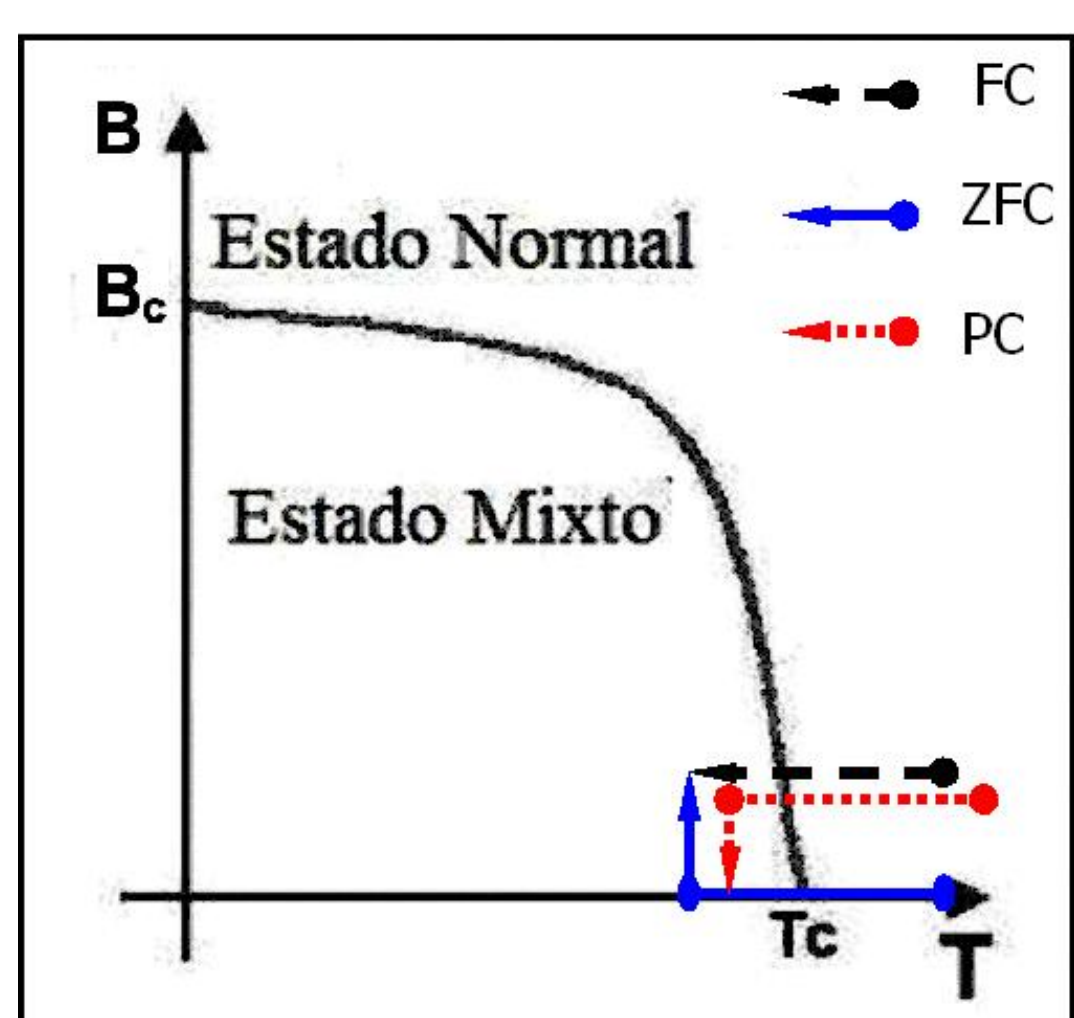
Para poder realizar la decoración es necesario que se formen cúmulos de Fe cuyo volumen V cumpla:

$$V > V_{cr} = \frac{k_B T}{m \Delta h}$$

con T la temperatura del gas de cúmulos, m su magnetización, y Δh la variación del campo local.

Figura 1: El equipo de decoración

Procedimiento



Cant.	Proc.	B_{ap} (G)	T(K)	Muestra/s	Composición
1	FC	36	4	104D	$\text{Fe}_{0,82}\text{Se}_{0,69}\text{Te}_{0,49}$
1	FC	10	4	112A	$\text{Fe}_{0,98}\text{Se}_{0,52}\text{Te}_{0,49}$
2	FC	5	2	112B	$\text{Fe}_{1}\text{Se}_{0,45}\text{Te}_{0,55}$
3	FC	5	4	112A, 112B, xa-5	i, i, $\text{Fe}_{1}\text{Se}_{0,3}\text{Te}_{0,7}$
1	FC	2	2	112C	$\text{Fe}_{0,98}\text{Se}_{0,52}\text{Te}_{0,50}$
1	ZFC	2	2	112FC9	$\text{Fe}_{1}\text{Se}_{0,5}\text{Te}_{0,5}$
1	PC	5	10/4	112FC9	i
1	PC	2	2/2	112A, 112B	i

Figura 2: Los distintos procesos de enfriamiento seguidos.

Conclusiones

Se estudió la red de vórtices en el FeSeTe por medio de la técnica de decoración magnética. No se pudo hacer un análisis cuantitativo de las características estructurales de la red de vórtices debido a que en todas las imágenes obtenidas aparece un ruido que impidió el procesamiento digital de la estructura de vórtices. Se estudió el comportamiento de la red de vórtices del FeSeTe en el estado crítico, obteniéndose de estas mediciones una estimación de la corriente crítica $J_c = (2 \pm 1) 10^2 \text{ A/cm}^2$ para el caso $x = 0,5$ que está en buen acuerdo con el obtenido por otros autores por medio de técnicas de volumen [3].

Agradecimientos

Queremos agradecer al Instituto Balseiro, a la AFA y a la AFA filial Bariloche por el apoyo económico recibido.

A su vez queremos agradecer al apoyo de las siguientes instituciones que también han hecho posible la realización del este trabajo: Universidad Nacional de Cuyo, Comisión Nacional de Energía Atómica y Fundación YPF.

Referencias

- [1] Tinkham M., Introduction to superconductivity, McGraw Hill Inc., 2ª ed., 1996.
- [2] Fasano Y, Tesis doctoral, Instituto Balseiro, CNEA, Universidad de Cuyo, 2003.
- [3] C S Yadav y P L Paulose, Upper critical field, lower critical field and critical current density of $\text{FeTe}_{0,60}\text{Se}_{0,40}$ single crystals, New Journal of Physics 11 103046 (2009).