

Elaboración de recubrimientos multicapa para aplicaciones industriales

Fredy Fabián Parada Becerra¹
Valeriy Dugar-Zhabón¹ & Pedro Tsygankov¹

¹Escuela de Física
Universidad Industrial de Santander

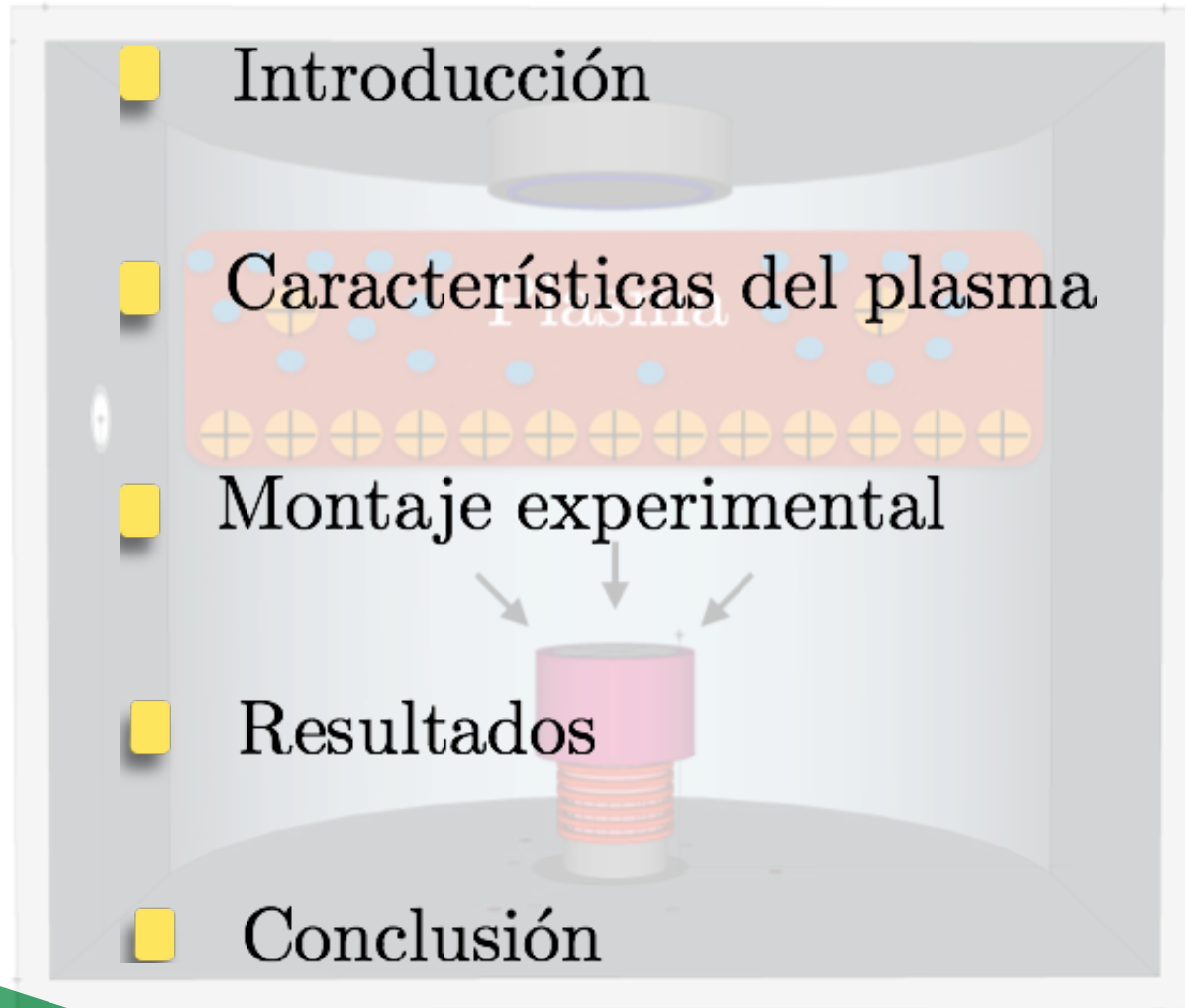
Agosto 24 de 2020

#LaUISqueQueremos



Universidad
Industrial de
Santander



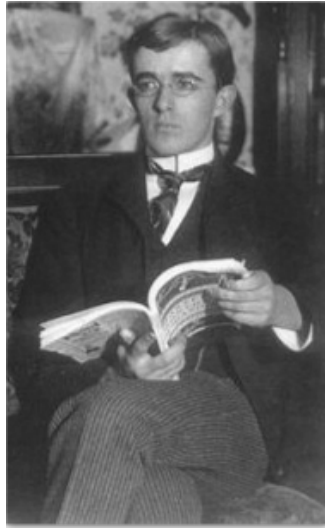


Universidad
Industrial de
Santander



Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co



Wikipedia

Irving Langmuir
Científico USA, Premio Nobel en Química 1932
(Estudios de reacciones químicas en superficies e interfaces)

El término Plasma
Fue empleado por primera vez para caracterizar una
mezcla reactiva de iones, electrones y átomos neutros¹.

Algunas aplicaciones:

- Recubrimientos: los plasmas se utilizan para disociar un gas precursor, que luego se condensa en la superficie de un objeto².
- Grabado con plasma: los plasmas se utilizan para grabar metales o materiales a base de silicio con precisión de capa atómica³.


- [1] Schram D C 2009 *Plasma Sources Sci. Technol.* **18** 014003
- [2] d'Agostino R, Favia P, Kawai Y, Ikegami H, Sato N and Arefi-Khonsari F 2007 *Advanced Plasma Technology* (Weinheim: Wiley)
- [3] Lee C, Kanarik K and Gottscho R 2014 *J. Phys. D: Appl. Phys.* **47** 273001



Universidad
Industrial de
Santander

Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co



- Generación de luz: las lámparas de plasma se siguen utilizando para generar grandes intensidades de luz con una alta eficiencia energética.

- Conversión de gases: los plasmas son un método elegante para convertir energía eléctrica en energía química⁴

- Medicina de plasma: el plasma que interactúa con los sistemas biológicos se puede usar para la esterilización y descontaminación de heridas y objetos vivos^{5,6}.



Universidad
Industrial de
Santander

[4] Parvulescu V, Magureanu M and Lukes P 2012 *Plasma Chemistry and Catalysis in Gases and Liquids* (Weinheim: Wiley)

[5] Fridman A and Friedman G 2013 *Plasma Medicine* (New York: Wiley)

[6] Kong M, Kroesen G, Morfill G, Nosenko T, Shimizu T, van Dijk J and Zimmermann J 2009 *New J. Phys.* **11** 115012

Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co



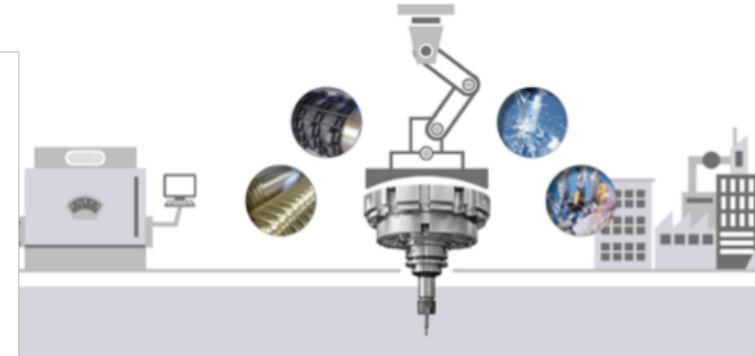
Trabajo en frío



Moldes de plástico



Herramientas de corte



Automoción



Universidad Industrial de Santander



Somos **el mejor** escenario de creación e innovación.

<https://www.bohler-edelstahl.com/en/>

www.uis.edu.co



Aeronáutica



Sector energético



Petróleo/Gas/Aceite



Ingeniería



Universidad
Industrial de
Santander

<https://www.bohler-edelstahl.com/en/>

Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co



■ Plasma DC⁷

■ Plasma AC⁷

■ Plasma FR⁷

■ Plasma GHz⁷



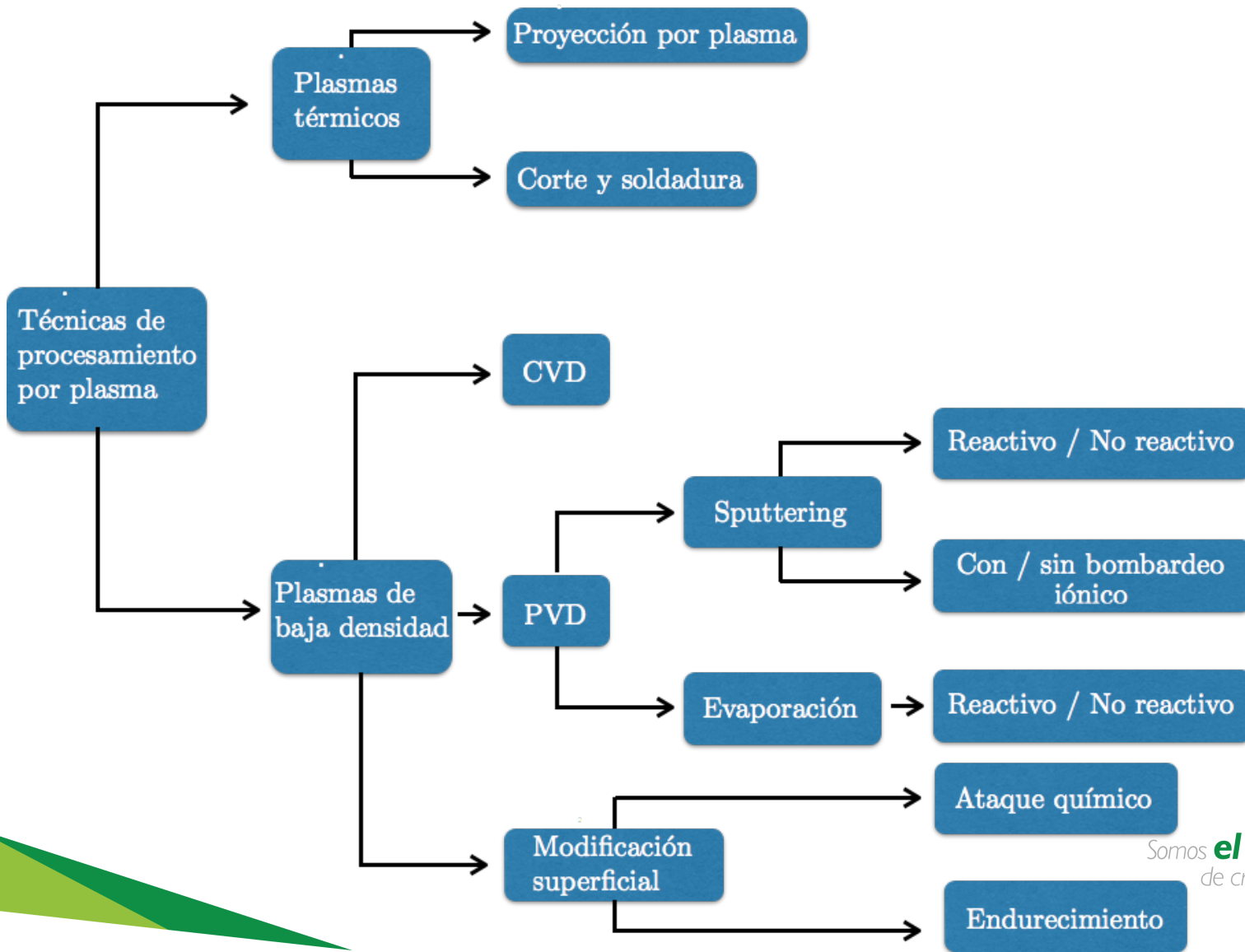
Universidad
Industrial de
Santander



[7] Principles of Plasma Discharges and Materials Processing

Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

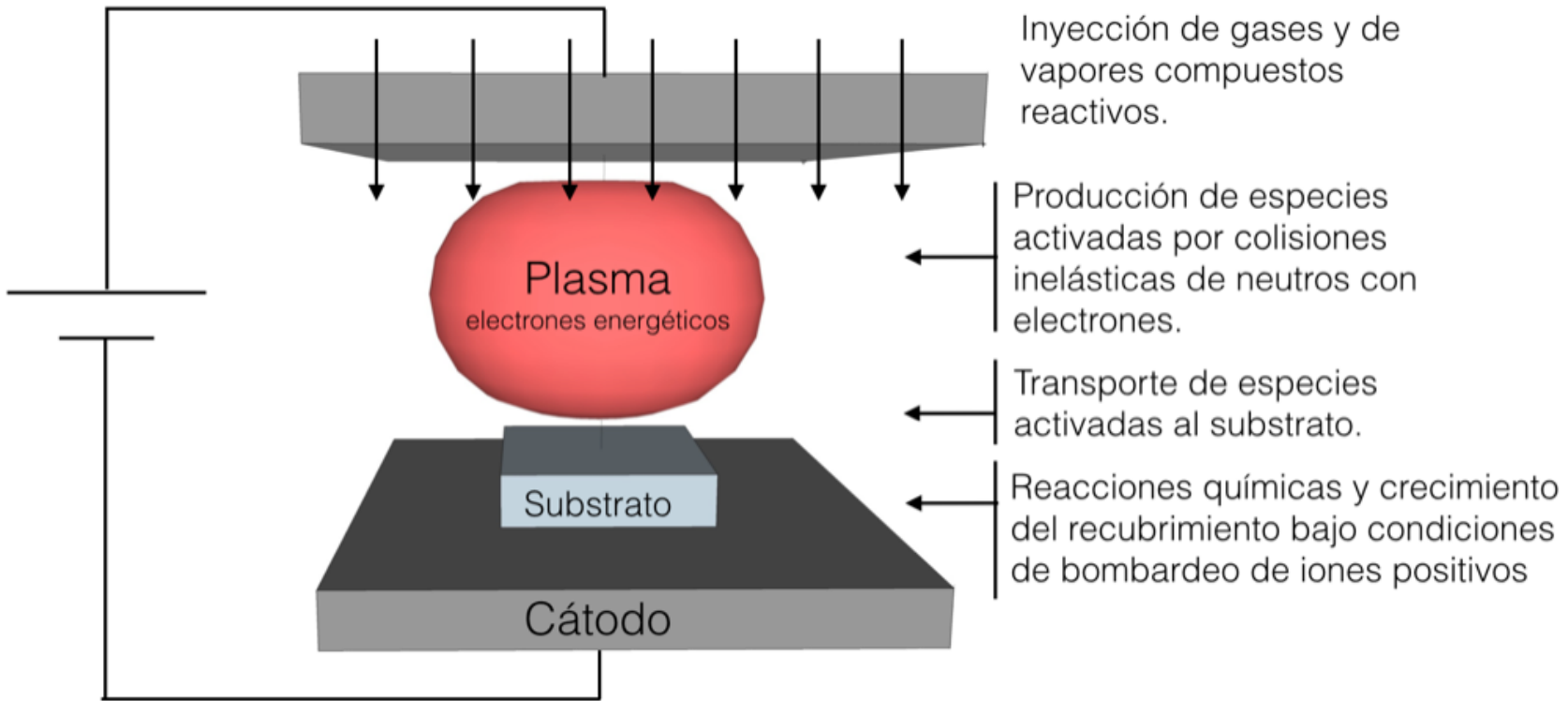
www.uis.edu.co



Universidad Industrial de Santander

Somos **el mejor** escenario de creación e innovación.

www.uis.edu.co



Universidad Industrial de Santander

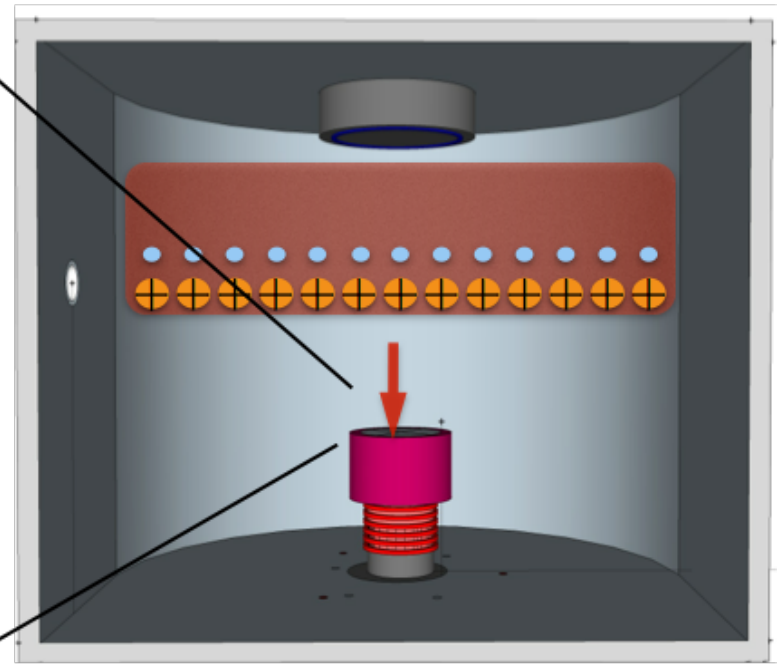
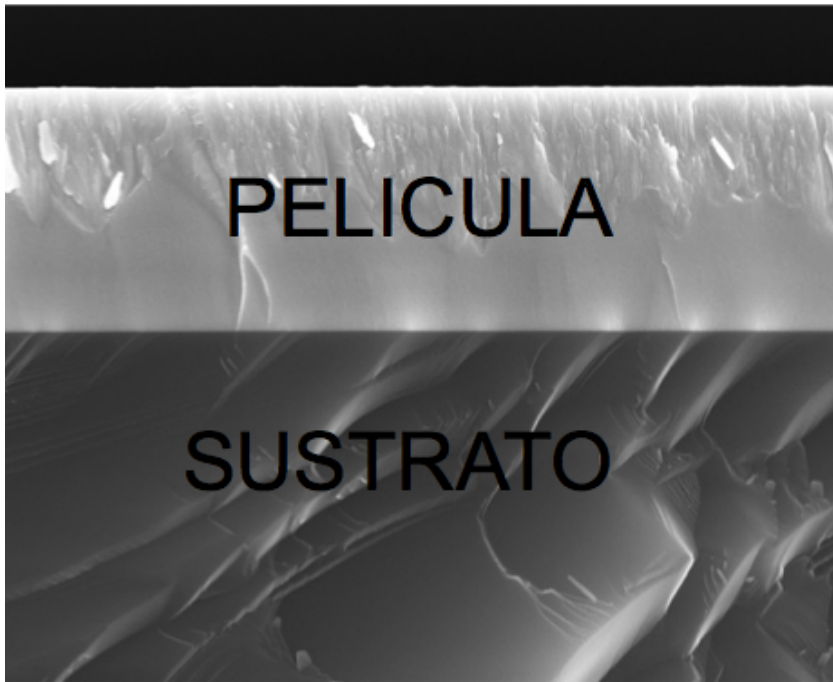


Somos **el mejor** escenario de creación e innovación.

www.uis.edu.co



Deposición



Universidad
Industrial de
Santander



Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co

Terminación superficial



Universidad
Industrial de
Santander

La adherencia entre dos superficies depende de la fuerza de valencia y de la fuerza de anclaje mecánico [1]. En el caso de un recubrimiento, estas últimas están relacionadas a la rugosidad superficial del substrato y son relevantes cuando las irregularidades superficiales son del orden o superior a $1\mu m$ [2].



Ilustración esquemática del efecto de anclaje mecánico interfacial

Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

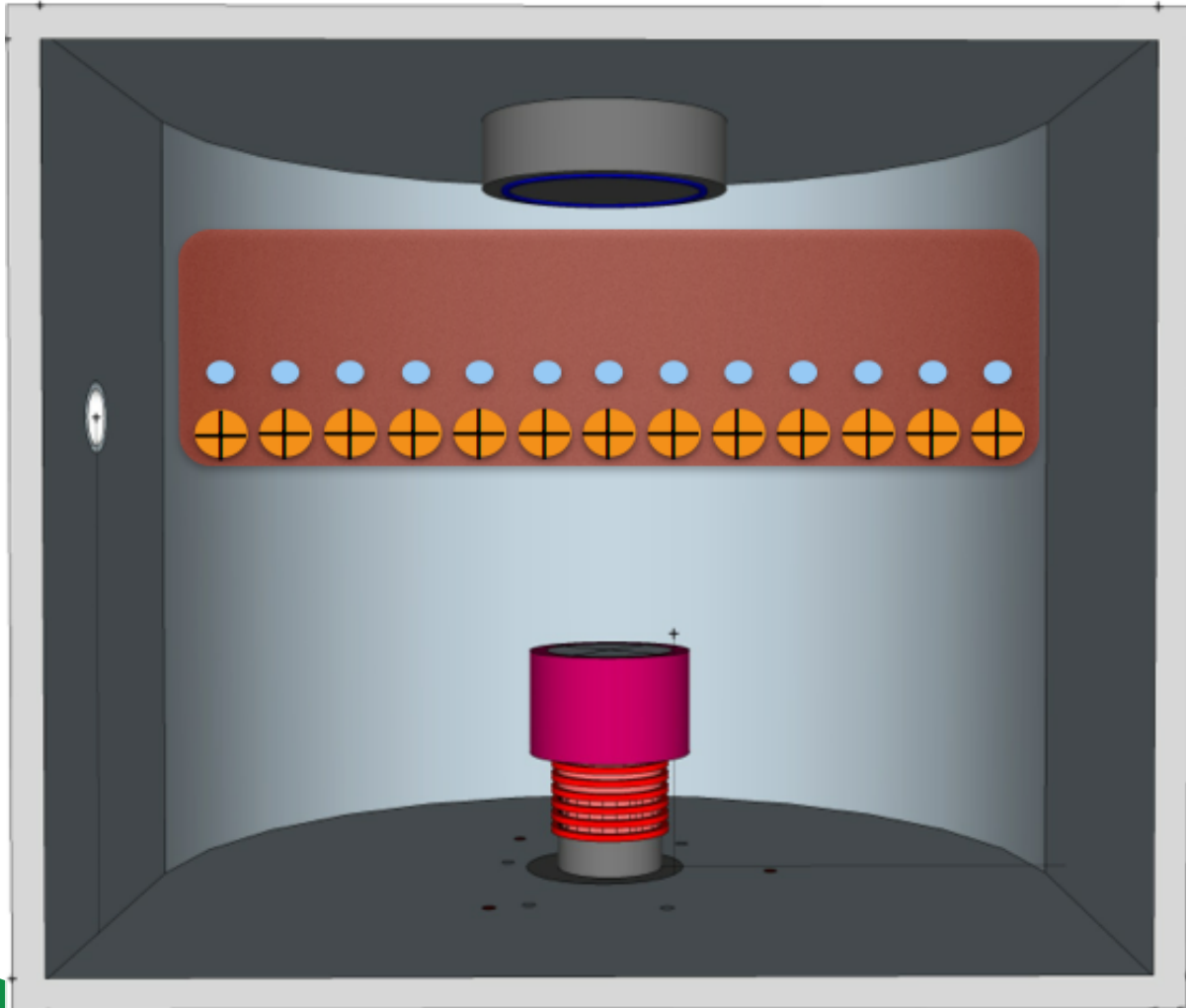
www.uis.edu.co



Universidad
Industrial de
Santander

Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co

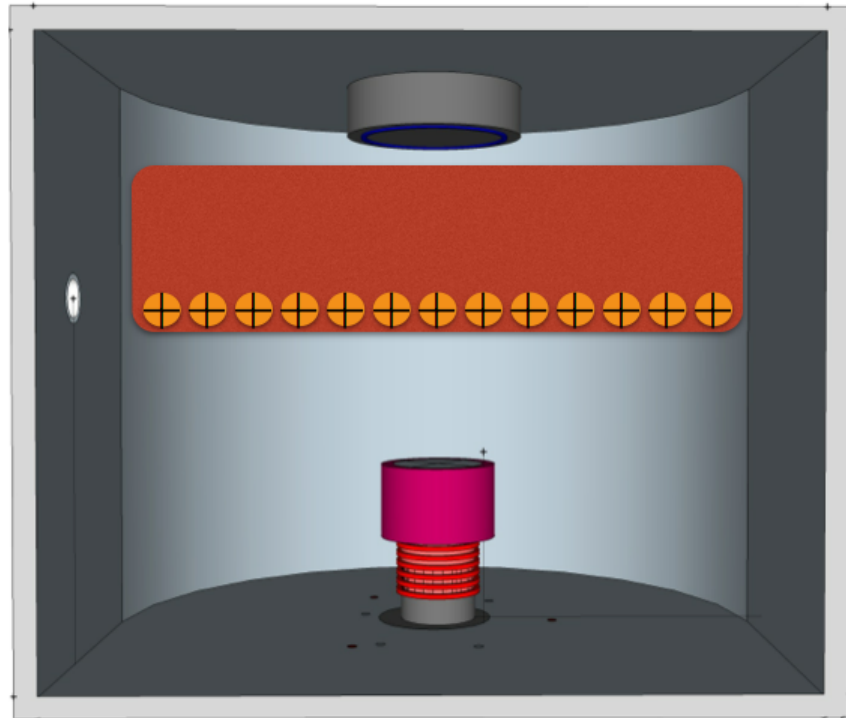


Universidad
Industrial de
Santander

Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

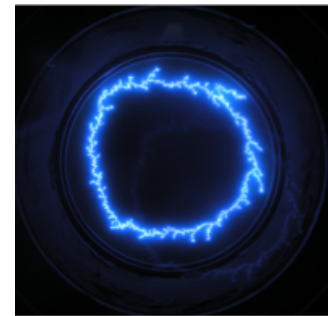
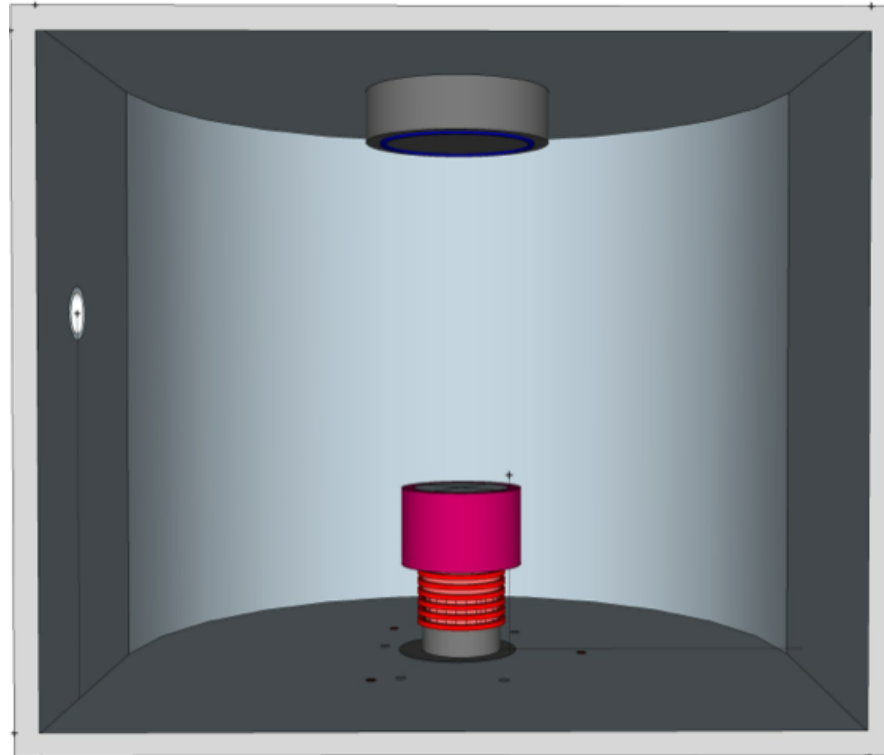
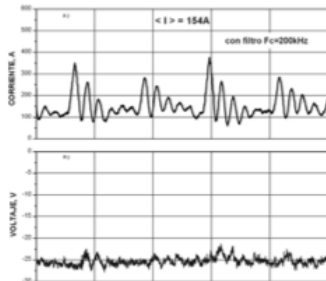
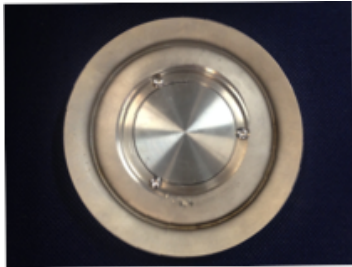
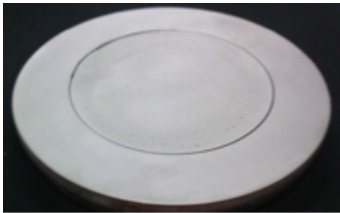
www.uis.edu.co

Plasma de especies gaseosas (Argón, Nitrógeno...)



Universidad Industrial de Santander

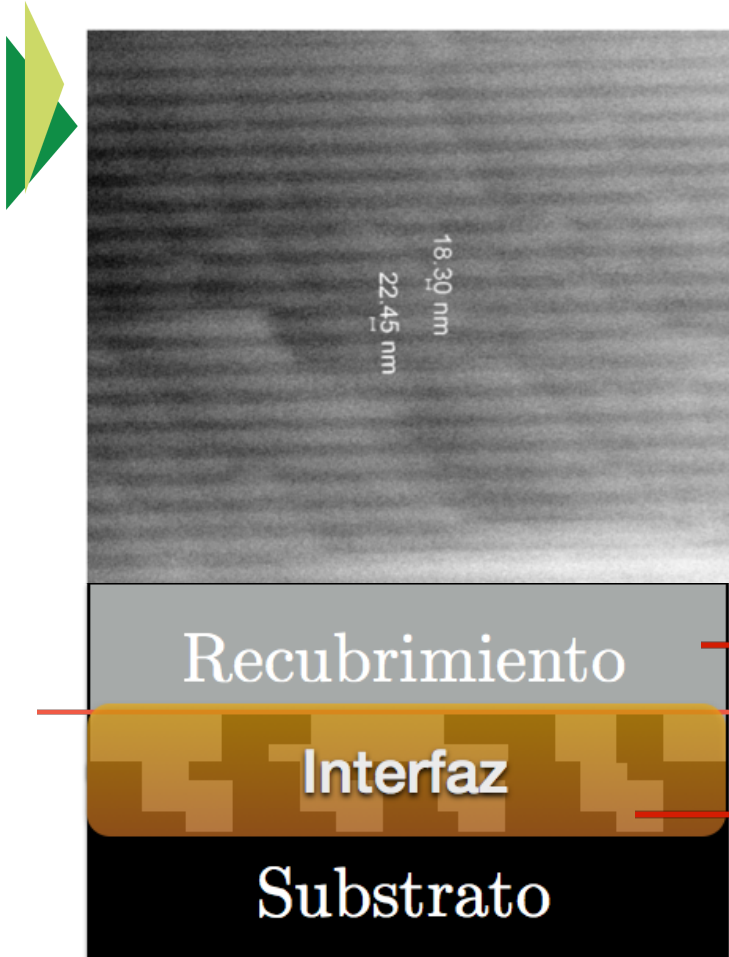
Plasma de especies metálicas (Ti, B, Zr...)



Universidad Industrial de Santander

Somos **el mejor** escenario de creación e innovación.

www.uis.edu.co



Universidad
Industrial de
Santander

Deposición

Implantación

Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co

Stopping and Range of Ions in Matter Transport of Ions in Matter



Universidad Industrial de Santander

TRIM Setup Window

TRIM (Setup Window)

Type of TRIM Calculation: **DAMAGE** (Ions with specific energy/angle/depth (full cascades) using TRIM.D)

Basic Plots: Ion Distribution with Recoils projected on Y-Plane

ION DATA

Symbol	Name of Element	Atomic Number	Mass (amu)	Energy (keV)	Angle of Incidence
PT Zr	Zirconium	40	89.9	150	0

TARGET DATA

Input Elements to Layer

Add New Layer

Layer Name	Width	Density (g/cm3)	Compound Corr	Gas	Symbol	Name	Atomic Number	Weight (amu)	Atom Stoich or %	Damage (eV) Disp	Latt	Surf
X Si	1500 Ang	2.3212	1		X PT Si	Silicon	14	28.08	1	100	15	2 4.7

Special Parameters

Name of Calculation: Zr (10) into Layer 1

Stopping Power Version: SRIM-2008

AutoSave at Ion #: 10000

Total Number of Ions: 999999

Random Number Seed: []

Plotting Window Depths: Min 0 Å, Max 1500 Å

Output Disk Files

- Ion Ranges
- Backscattered Ions
- Transmitted Ions/Recoils
- Sputtered Atoms
- Collision Details

Special "XYZ File" Increment (eV): 0

Buttons: Resume saved TRIM calc., Save Input & Run TRIM, Clear All, Calculate Quick Range Table, Main Menu, Problem Solving, Quit

Somos **el mejor** escenario de creación e innovación.

www.uis.edu.co

TRIM Setup Window

TRIM (Setup Window) Type of TRIM Calculation

TRIM Demo ? DAMAGE Ions with specific energy/angle/depth (full cascades) using TRIM.D ?

Restore Last TRIM Data ? Basic Plots Ion Distribution with Recoils projected on Y-Plane ?

ION DATA ?

Symbol	Name of Element	Atomic Number	Mass (amu)	Energy (keV)	Angle of Incidence
PT Zr	Zirconium	40	89,9	150	? 0

TARGET DATA ?

Target Layers

Add New Layer ?

Layer Name	Width	Density (g/cm3)	Compound	Corr	Gas
X Si	54 Ang	2,3212	1		
X Si_Zr_1	44 Ang	2,9882	1		
X Si_Zr_2	110 Ang	3,2216	1		
X Si_Zr_3	66 Ang	3,0674	1		
X Si_Zr_4	48 Ang	2,7339	1		
X Si	1200 Ang	2,3212	1		

Input Elements to Layer

Add New Element to Layer Compound Dictionary

Symbol	Name	Atomic Number	Weight (amu)	Atom Stoich or %	Damage (eV) Disp	Latt	Surf
X PT Si	Silicon	14	28,08	1 100,0	15 2	4,7	

Special Parameters

Name of Calculation: Zr (150) into Si+Si_Zr_1+Si_Zr_2+Si_Zr_3+Si_

Stopping Power Version: SRIM-2008

AutoSave at Ion #: 10000

Total Number of Ions: 99999

Random Number Seed: []

Plotting Window Depths: Min 0 Å, Max 1522 Å

Output Disk Files

Resume saved TRIM calc. ?

Save Input & Run TRIM

Clear All

Calculate Quick Range Table

Main Menu

Quit

Problem Solving



Universidad Industrial de Santander

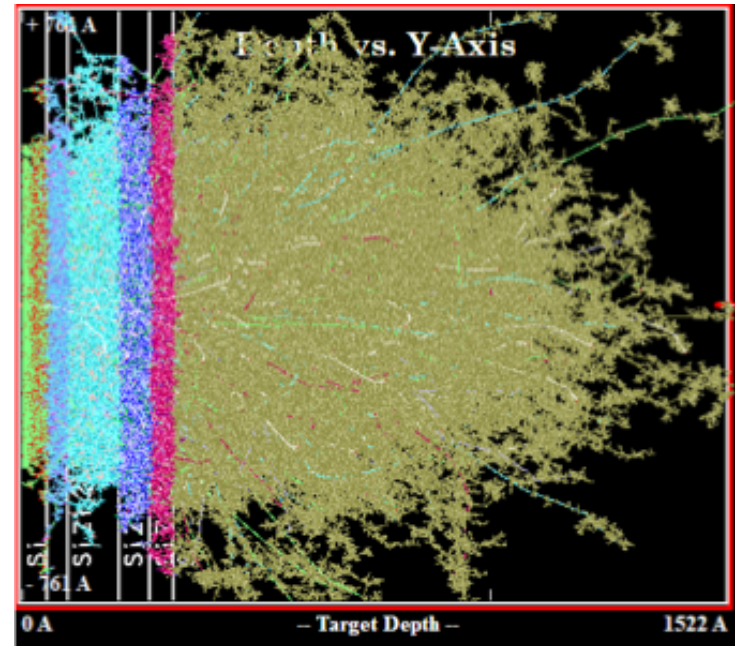
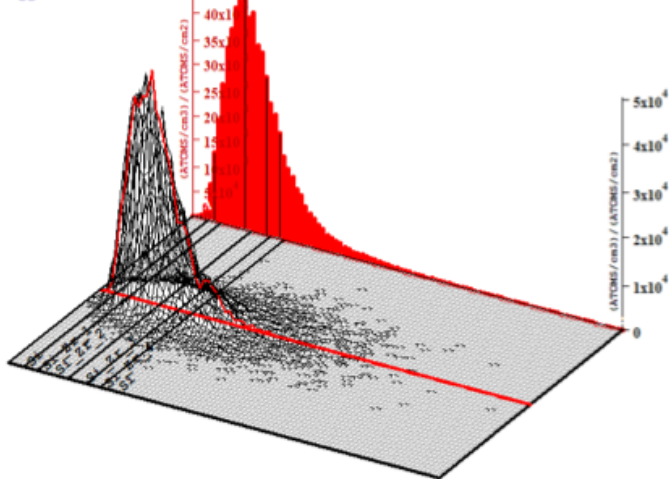
... el mejor escenario de creación e innovación.

www.uis.edu.co



Ion Distribution

Ion Range = 237 A Skewness = 1,657
Straggle = 115 A Kurtosis = 6,199

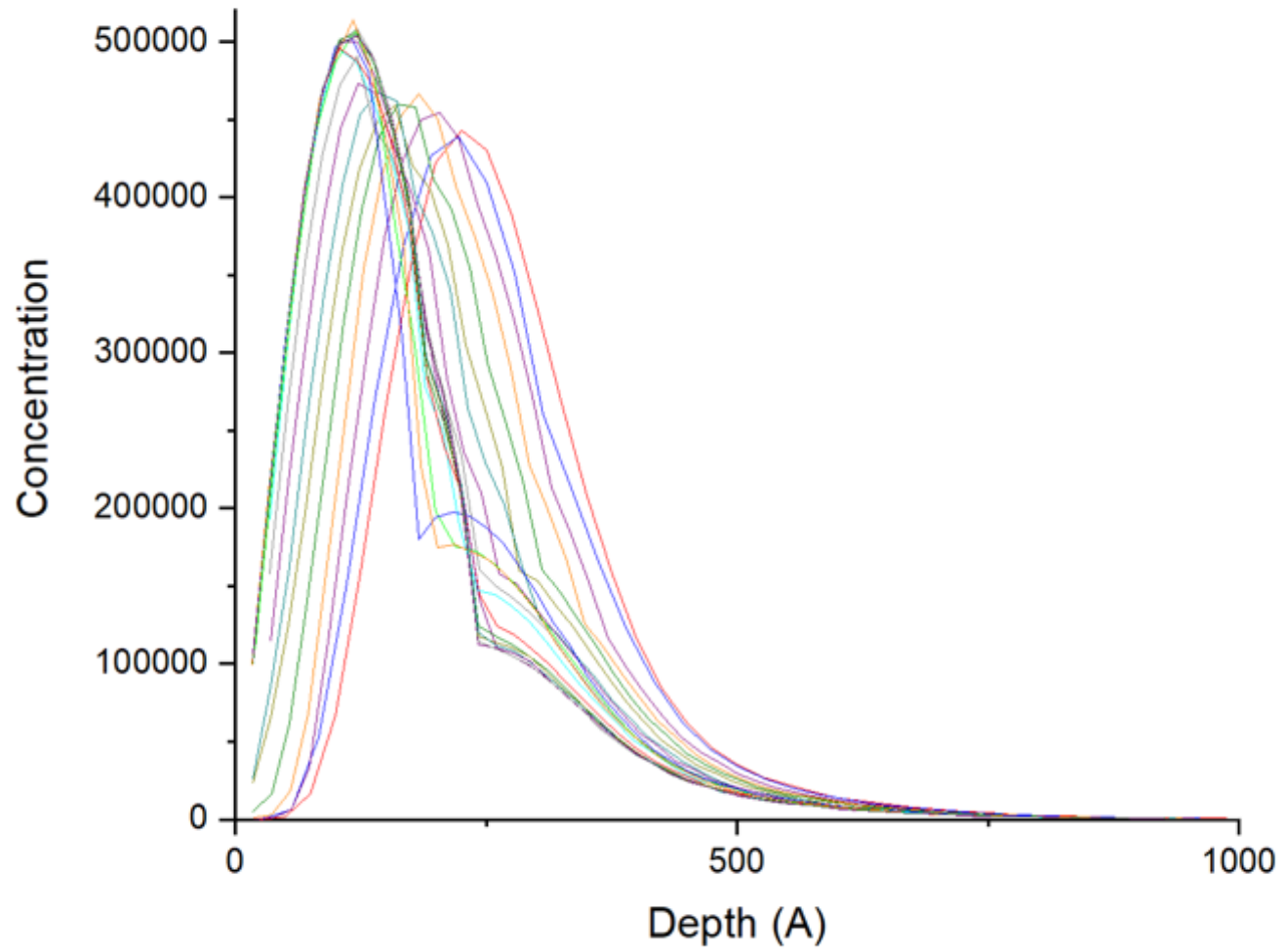


Universidad Industrial de Santander



Somos **el mejor** escenario de creación e innovación.

www.uis.edu.co



Universidad Industrial de Santander

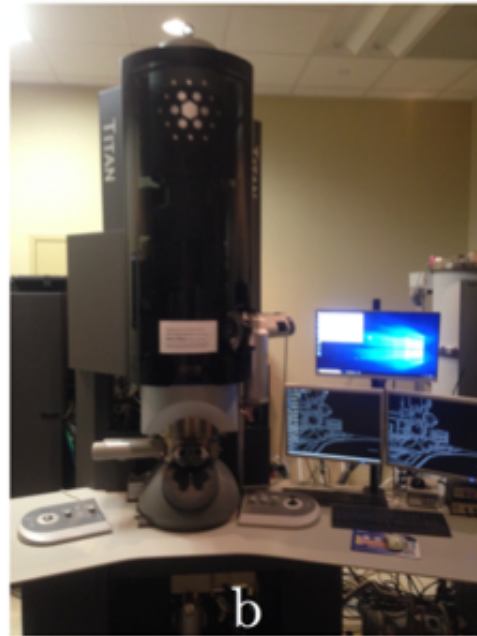
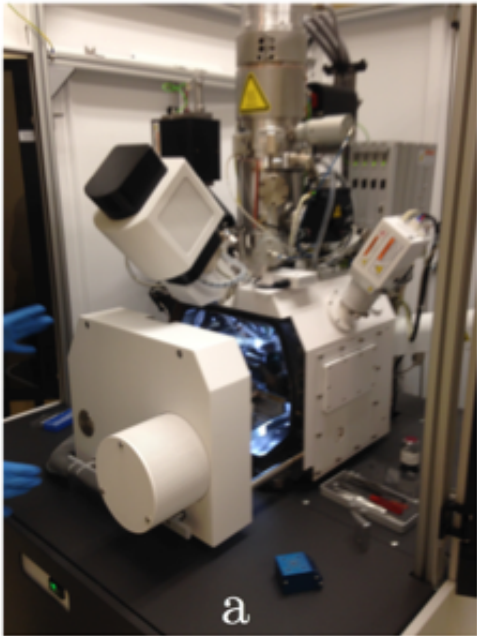


es **el mejor** escenario de creación e innovación.

www.uis.edu.co



Universidad
Industrial de
Santander



Recubrimiento

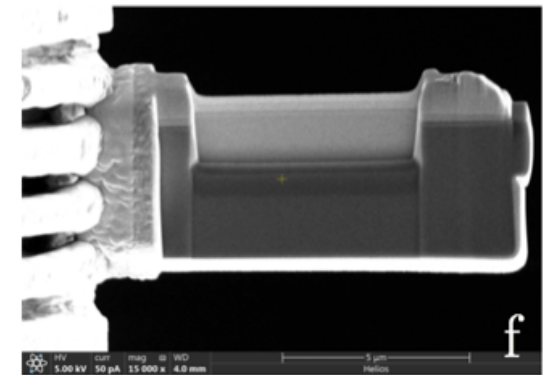
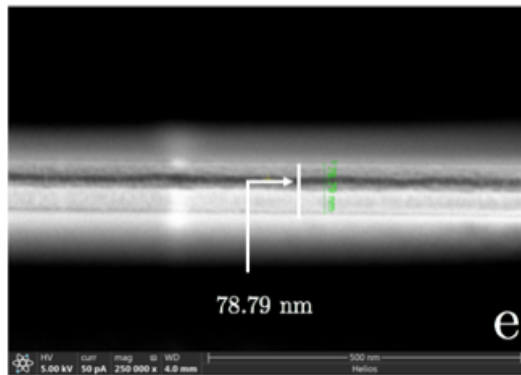
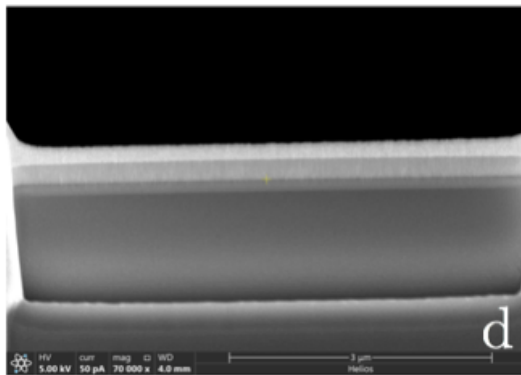
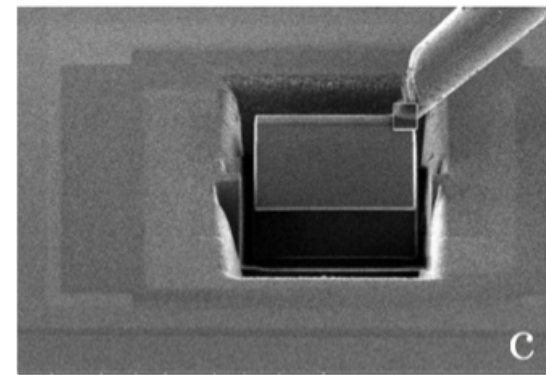
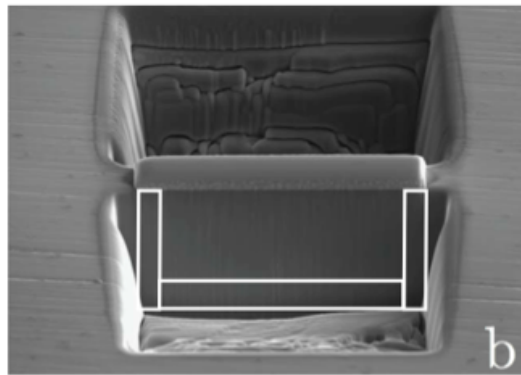
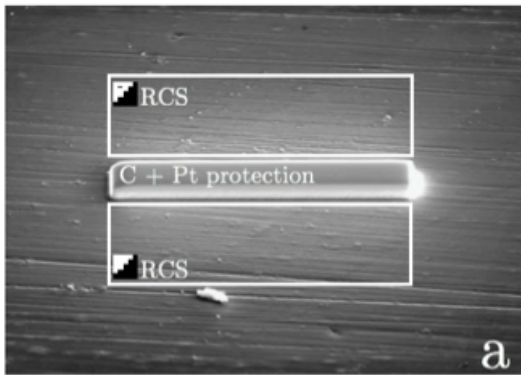
Interfaz

Substrato



Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co

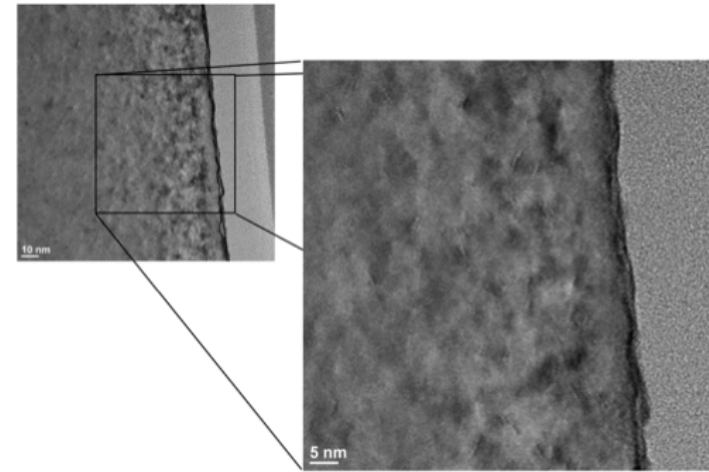
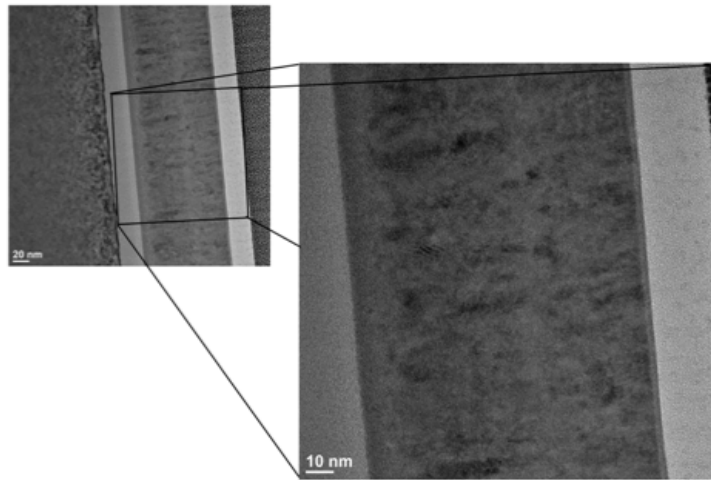
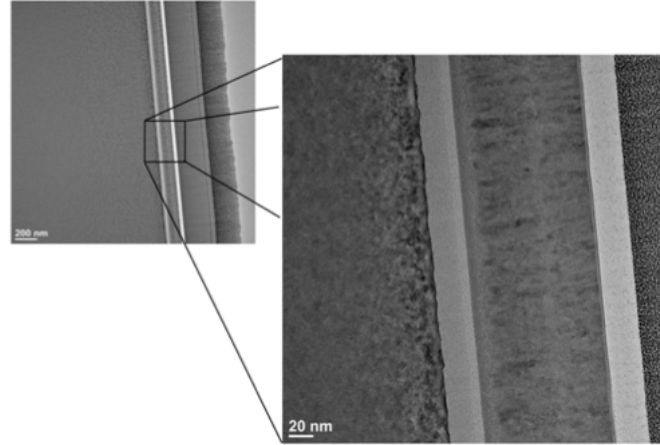
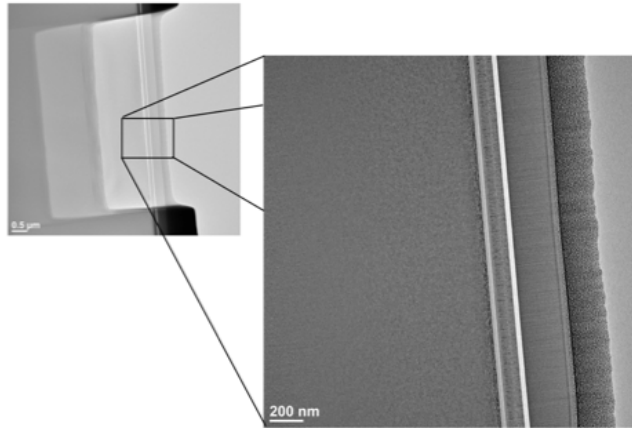


Universidad
Industrial de
Santander



Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co

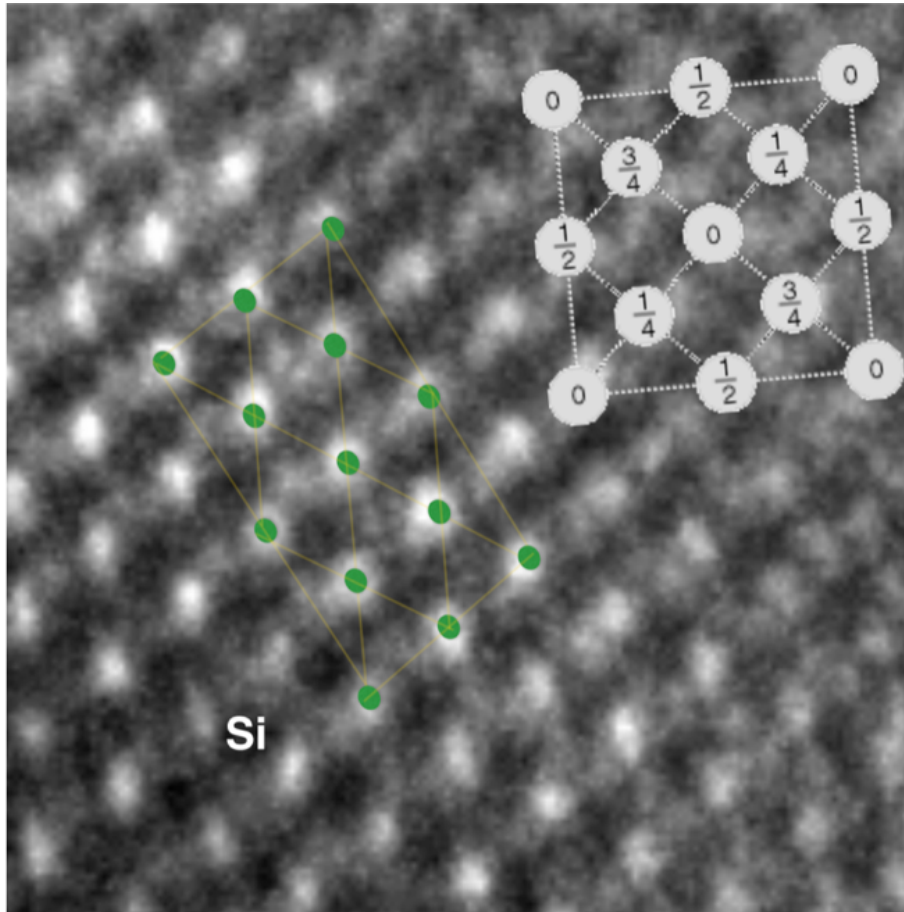


Universidad
Industrial de
Santander



Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co



Si

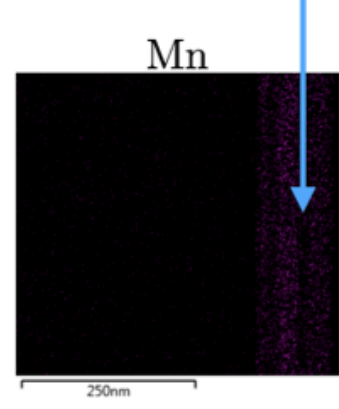
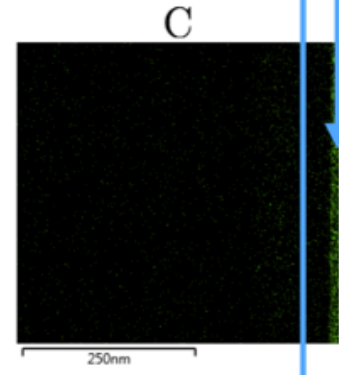
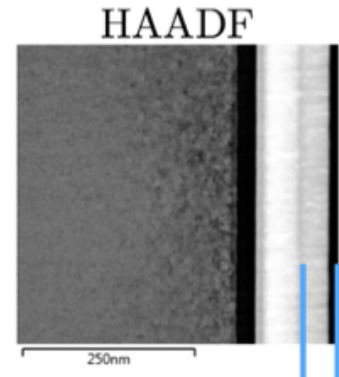
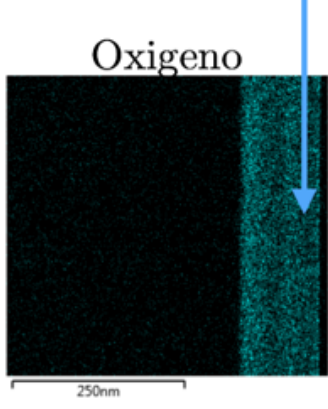
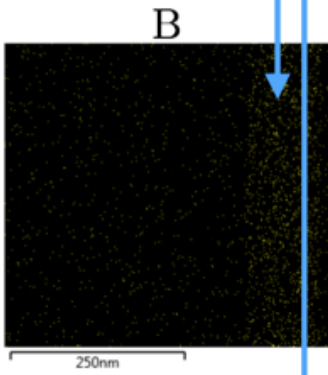
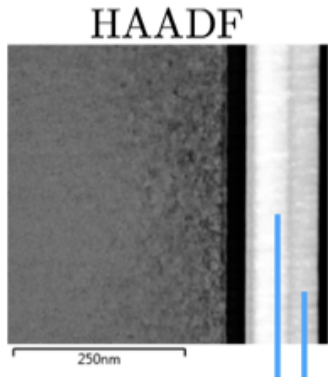
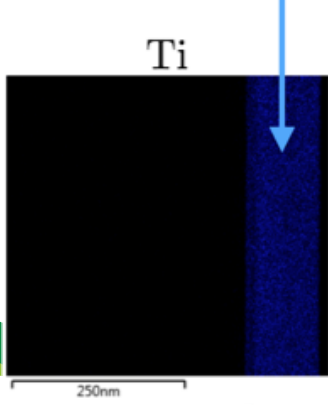
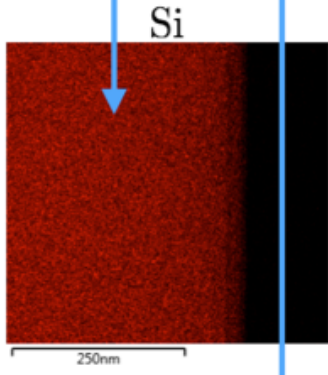
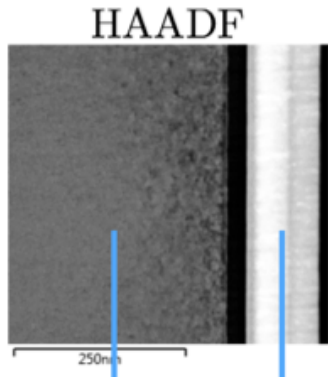


Universidad
Industrial de
Santander



Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

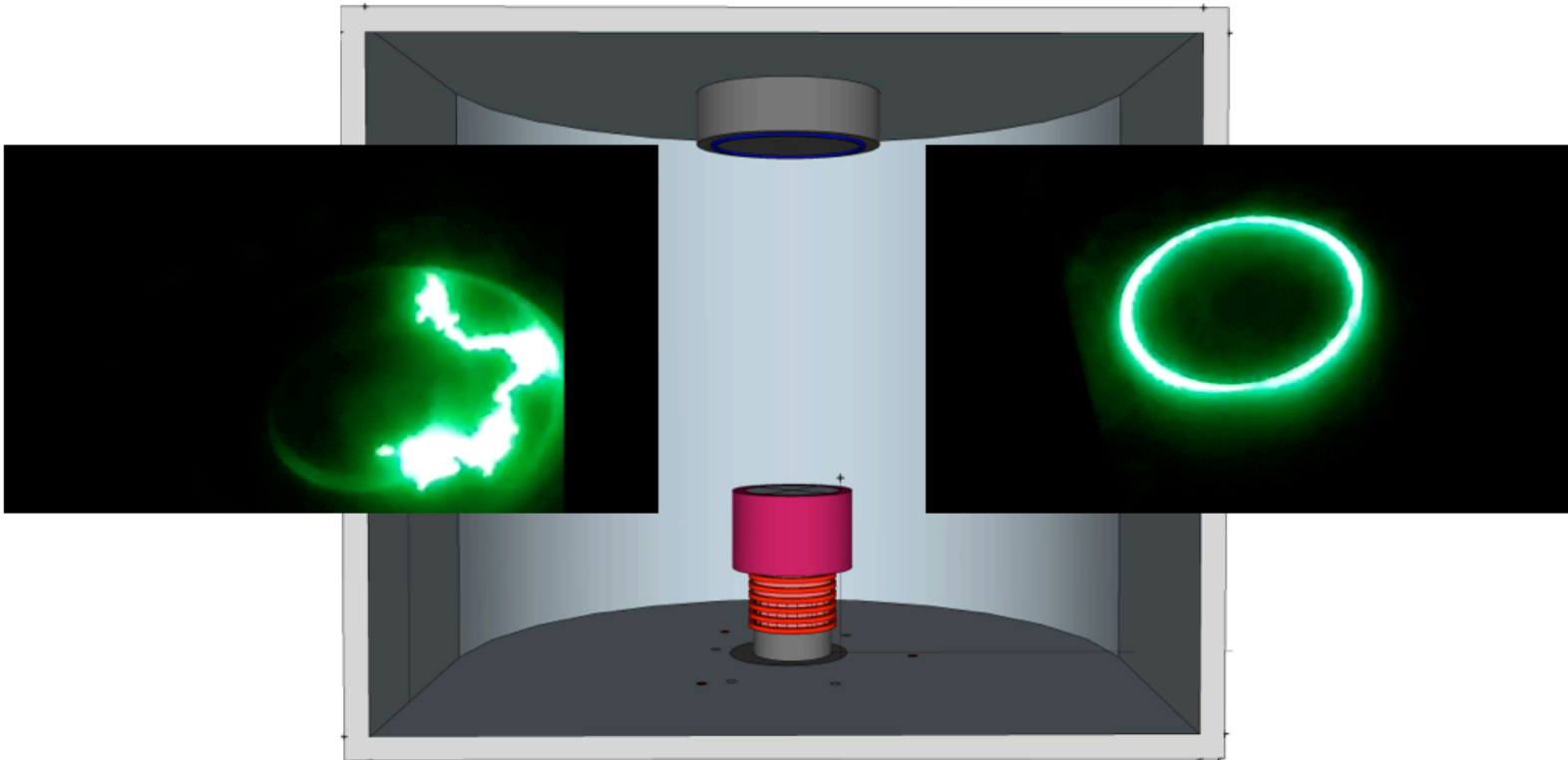
www.uis.edu.co



Universidad Industrial de Santander



Somos **el mejor** escenario de creación e innovación.
www.uis.edu.co

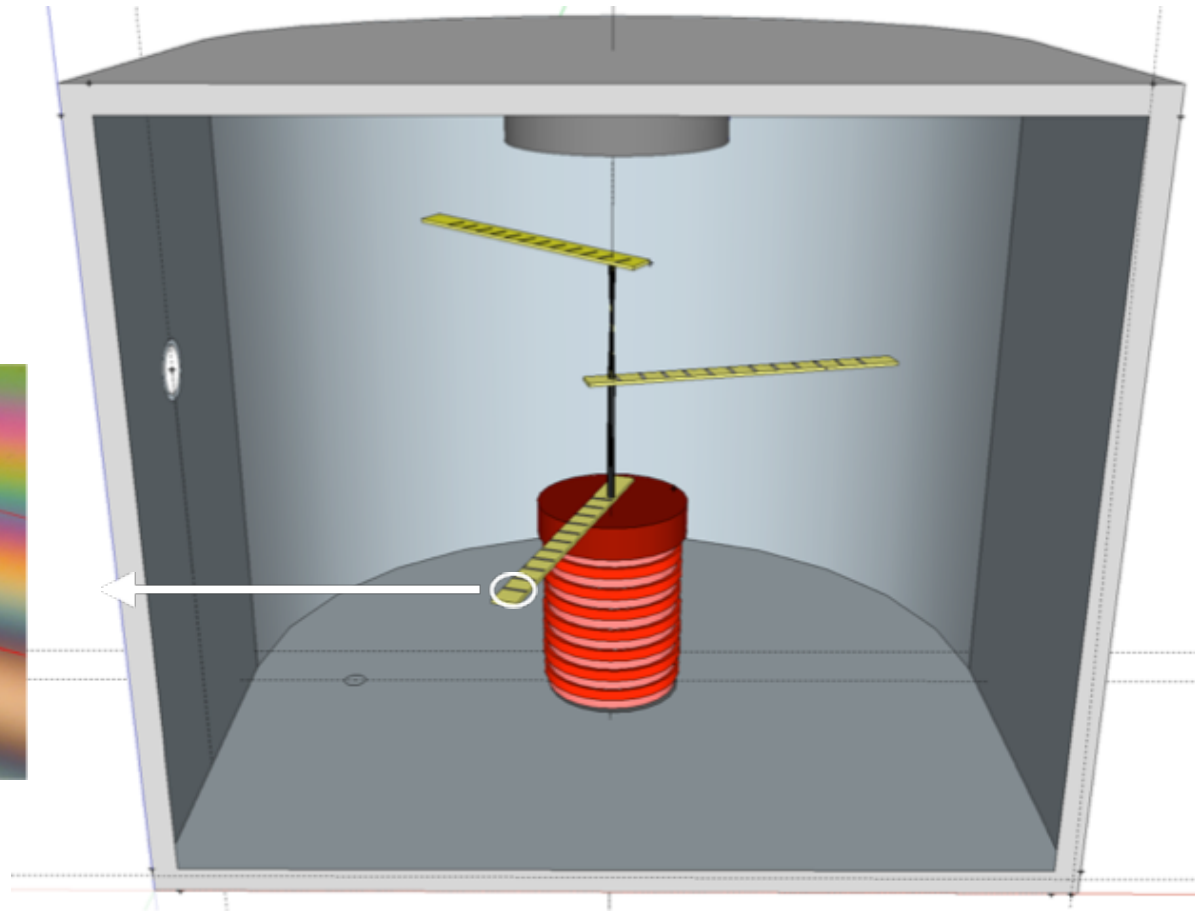
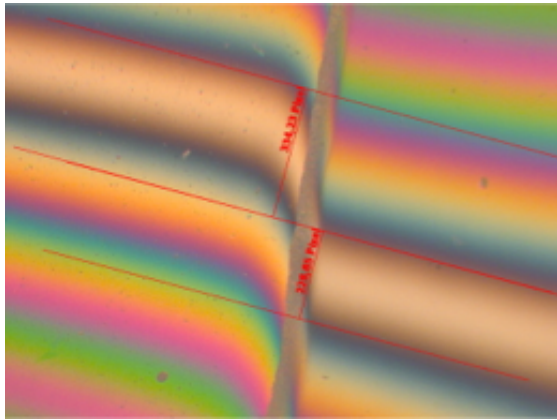


Universidad
Industrial de
Santander



Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co

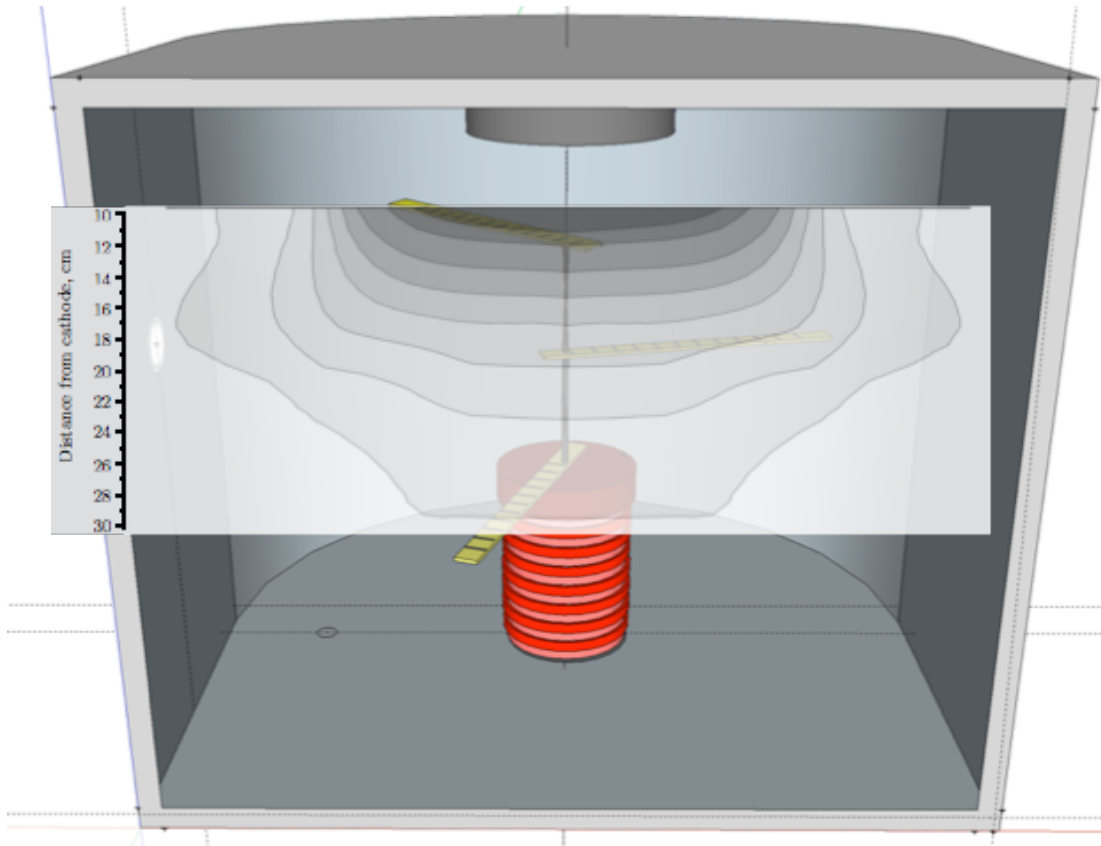


Universidad
Industrial de
Santander

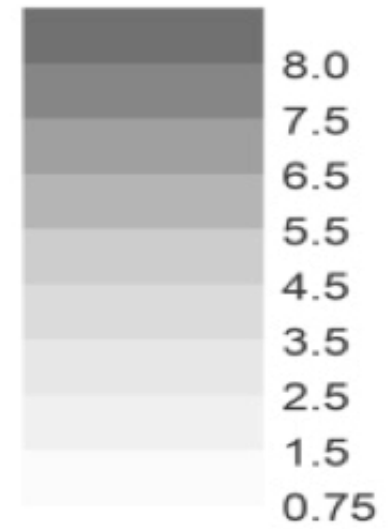


Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co



Film's Rate, nm/s

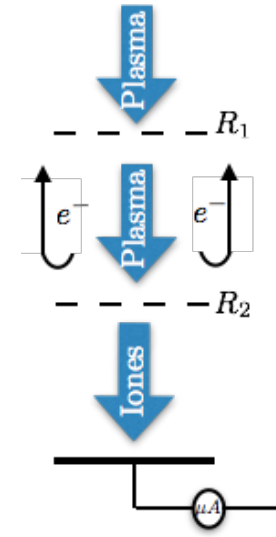
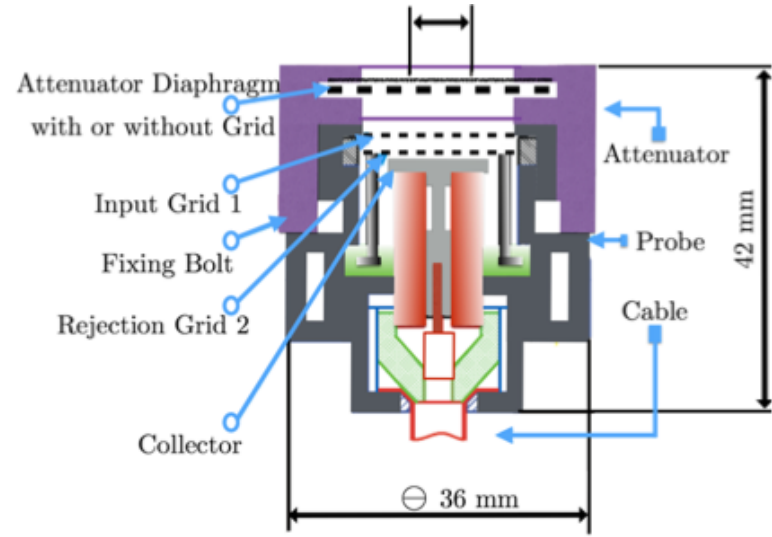
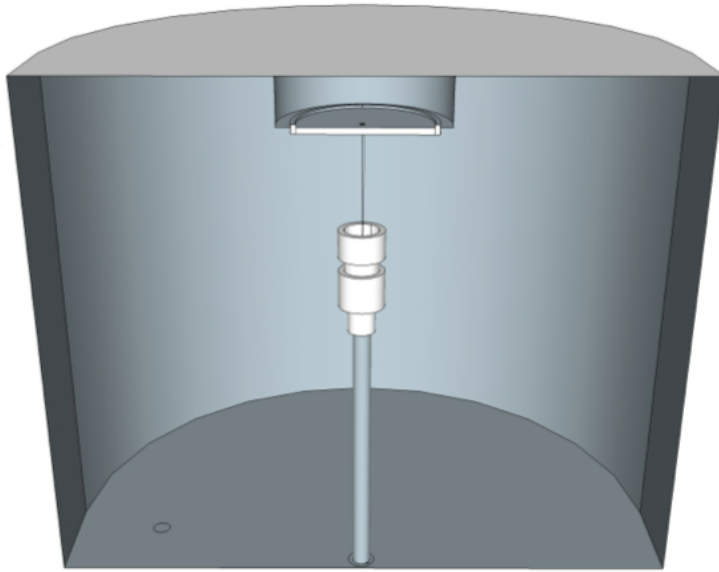


Universidad
Industrial de
Santander



Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

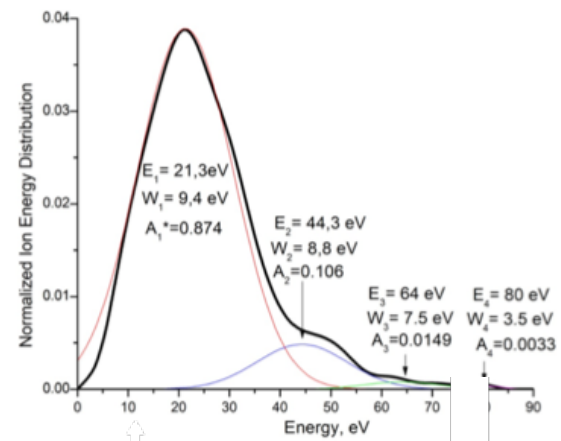
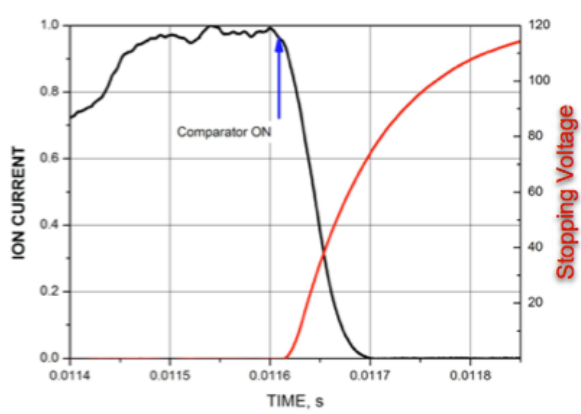
www.uis.edu.co



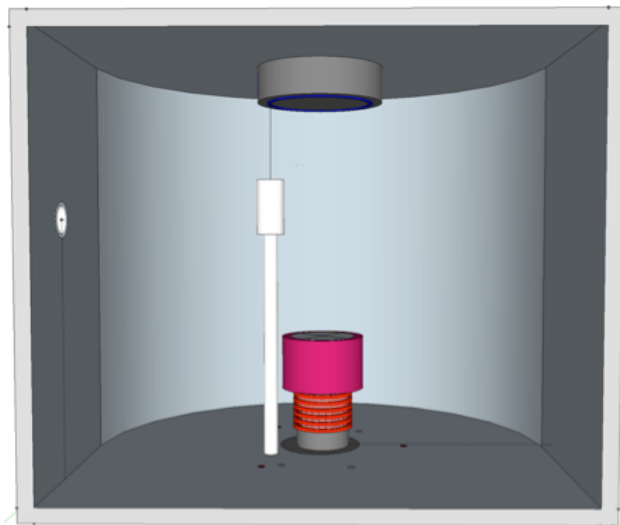
Universidad Industrial de Santander

Somos **el mejor** escenario de creación e innovación.

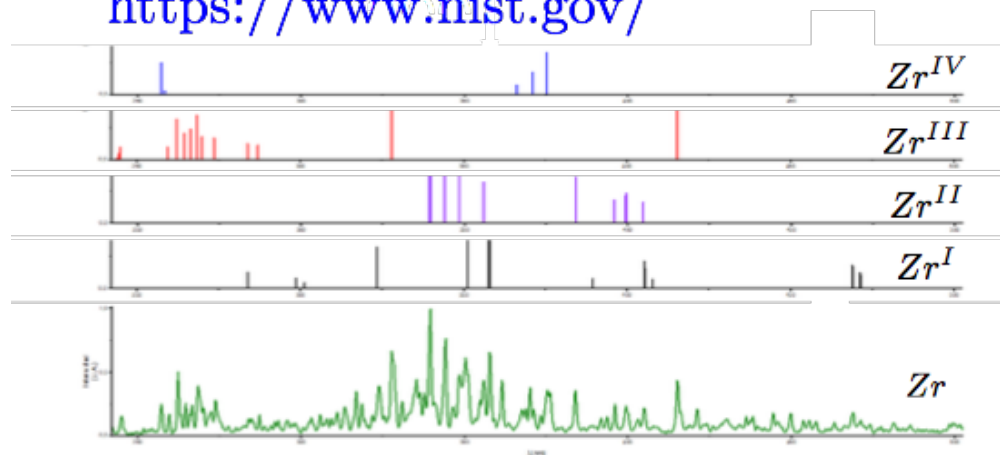
www.uis.edu.co



Universidad Industrial de Santander



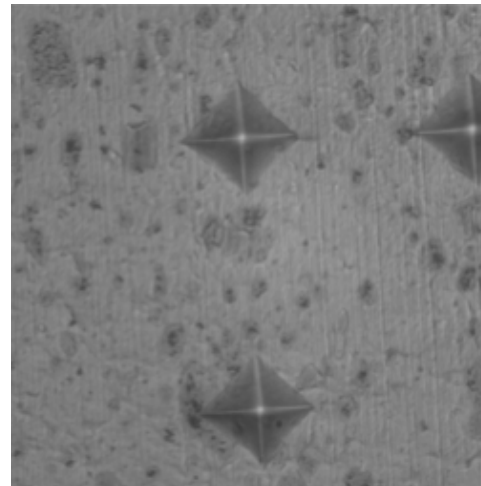
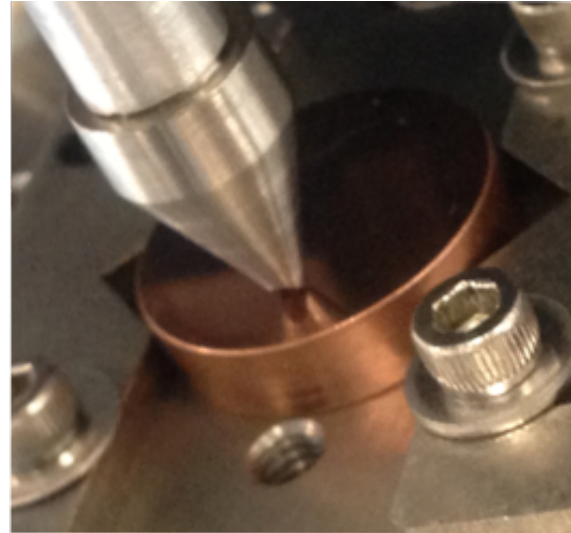
<https://www.nist.gov/>



Somos **el mejor** escenario de creación e innovación.

www.uis.edu.co



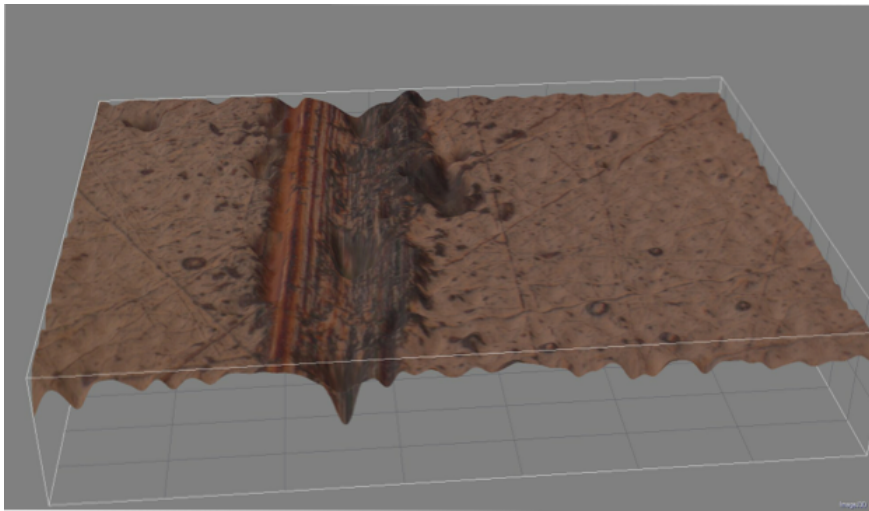


Universidad
Industrial de
Santander

Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co

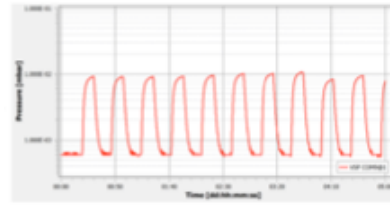
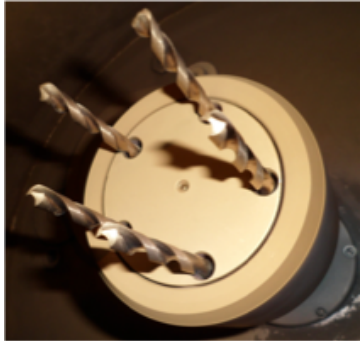




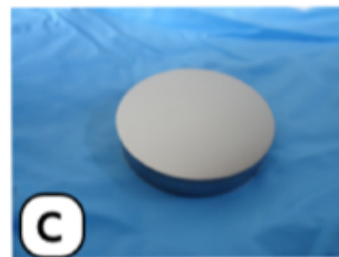
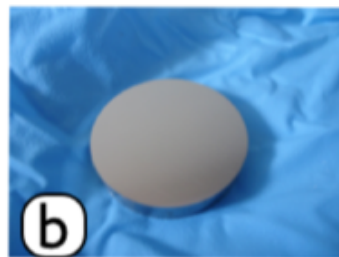
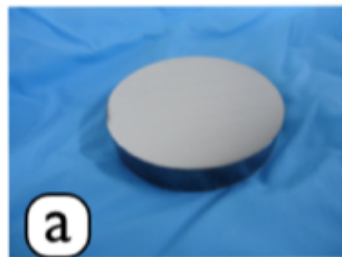
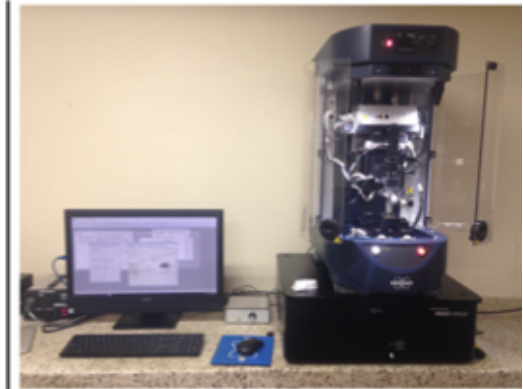
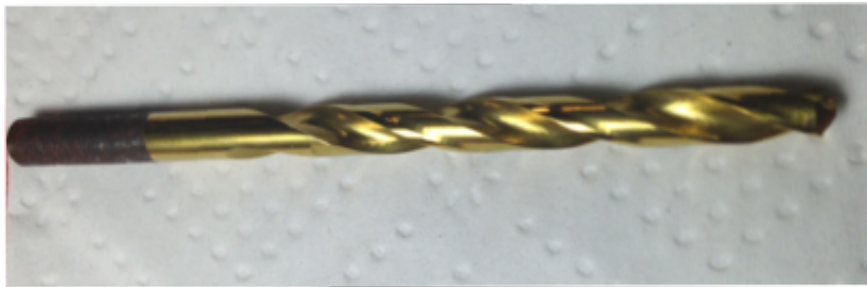
Universidad
Industrial de
Santander



Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.
www.uis.edu.co



Universidad Industrial de Santander



Somos **el mejor** escenario de creación e innovación.

www.uis.edu.co



Café

+



Trabajo

=



Café Seminario!



Universidad
Industrial de
Santander



Somos **el mejor** escenario
de creación e innovación.

www.uis.edu.co



Universidad
Industrial de
Santander

#LaUISqueQueremos

¡Gracias!

