



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

*FORMATO GUÍA PARA REGISTRO DE ASIGNATURAS*

Hoja 1 de 3

**I. DATOS DEL PROGRAMA Y LA ASIGNATURA**

1.1 NOMBRE DEL PROGRAMA: Programa de Doctorado en Red en Nanociencias y Micro-Nanotecnología

1.2 COORDINADOR DEL PROGRAMA: \_\_\_\_\_

1.3 NOMBRE DE LA ASIGNATURA: Técnicas Avanzadas y de Resolución Atómica de Microscopía Electrónica

1.4 CLAVE: \_\_\_\_\_ (Para ser llenado por la SIP)

1.5 TIPO DE ASIGNATURA:

OBLIGATORIA	<input type="checkbox"/>	OPTATIVA	<input checked="" type="checkbox"/>
SEMINARIO	<input type="checkbox"/>	ESTANCIA	<input type="checkbox"/>

1.6 NÚMERO DE HORAS:

TEORÍA	<input type="text" value="4"/>	PRACTICA	<input type="text" value="2"/>	T-P	<input type="text"/>
--------	--------------------------------	----------	--------------------------------	-----	----------------------

1.7 UNIDADES DE CRÉDITO:

1.8 FECHA DE LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
d	m	a

1.9 SESIÓN DEL COLEGIO DE PROFESORES EN QUE SE ACORDÓ LA IMPLANTACIÓN DE LA ASIGNATURA:

SESIÓN No.	<input type="text"/>	FECHA:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
			d	m	a

1.10 FECHA DE REGISTRO EN SIP:    (Para ser llenado por la SIP)

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
d	M	a

**II. DATOS DEL PERSONAL ACADÉMICO**

2.1 COORD. ASIGNATURA: Héctor Calderón CLAVE: \_\_\_\_\_

2.2 PROFR. PARTICIPANTE: \_\_\_\_\_ CLAVE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ CLAVE: \_\_\_\_\_

### III. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

#### III.1 OBJETIVO GENERAL:

El estudiante conocerá los principios teórico-prácticos de técnicas de microscopía electrónica de transmisión y transmisión barrido utilizadas para la caracterización de nanomateriales y materiales aplicables en micro y nanotecnología, así como las bases de funcionamiento del equipo involucrado.

#### III.2 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

TEMAS Y SUBTEMAS	TIEMPO
<b>1. Microscopia Electrónica de Transmisión</b>	20
1.1. Microscopia electrónica de alta resolución. El origen del contraste de fase. Transferencia en la muestra, en el microscopio y en el canal completo de comunicación. Interpretación de imágenes. Métodos cuantitativos de microscopia de alta resolución. Recuperación de fases, reconstrucción de la onda de salida, recuperación de estructura, limitaciones intrínsecas.	
1.2. Microscopia electrónica de transmisión barrido. Principios de obtención de imágenes, El Ronchigrama, Simulación e interpretación de imágenes, Resolución atómica en el STEM, Aplicaciones a materiales nanoestructurados, interfases, catalizadores, cuasicristales.	
1.3. Tomografía en TEM y STEM. Principios de formación de imágenes, metodología en TEM y STEM.	
<b>2. Microscopio electrónico: el instrumento.</b>	8
2.1. Componentes del microscopio electrónico de transmisión. El microscopio electrónico. Cañón de electrones. Sistema condensador. Formación de imágenes. Detección de electrones y grabado de imágenes.	
2.2. Corrección de aberraciones. El corrector de Cs, Cc y el monocromador. Diagramas ópticos, principios de funcionamiento. Ventajas y desventajas.	
2.3. Interacción Muestra-haz electrónico. Principios y mecanismos de interacción. Métodos de bajas dosis de interacción.	
<b>3. Espectroscopia usando Electrones.</b>	10
3.1. Espectroscopia de pérdida de energía de electrones (EELS). Espectrometros y filtros. Obtención y análisis de espectros. Información en regiones de bajas pérdidas de energía. Análisis elemental a partir de ionizaciones de capas internas. Obtención de imágenes espectroscópicas. EELS con resolución espacial, Estructuras en la vecindad del borde, Aplicaciones.	
3.2. Espectroscopia de dispersión de energía en TEM y STEM con alta resolución espacial.	
<b>4. Cristalografía de estructuras inorgánicas en el Microscopio Electrónico.</b>	8

4.1. Dispersión, obtención de imágenes y reconstrucción. Determinación de estructuras por medio de HREM.	
4.2. Difracción de electrones cuantitativa. Aplicaciones de procesamiento de imagen cristalográfica.	
<b>5. Cálculos avanzados en microscopía electrónica .</b>	<b>12</b>
5.1 Modelo del microscopio electrónico, corrección de aberraciones. Muestreo y la transformada de Fourier rápida. Cálculo de imágenes de muestras delgadas.	
5.2 Aplicaciones de multicapas y ejemplos.	
5.3 Programas de computadora. Imágenes convencionales, de resolución reticular, atómica en TEM y STEM.	
<b>6. Temas selectos</b>	<b>12</b>
6.1. Función de transferencia.	
6.2. Resolución de sub-angstrom por medio de corrección de aberraciones.	
6.3. El uso y limitaciones de MacTempass.	
6.4. Daño de muestras por irradiación electrónica	
Total	

### III.3 BIBLIOGRAFIA UTILIZADA EN LA ASIGNATURA

1. Transmission Electron Microscopy. D.B. Williams, B. Carter. 1996 Plenum Press New York.
2. Transmission Electron Microscopy. L. Reimer. Optical Sciences, Vol. 36. 1993 Springer Verlag.
3. Scanning Transmission Electron Microscopy. Eds. S.J. Pennycook, P.D. Nellist. 2011 Springer Verlag.
4. Probing the Nanoworld. 38th IFF Spring School 2007. Forschungszentrum Jülich.
5. Electron Microdiffraction, J.C.H. Spencer, J. M. Zuo, 1992 Plenum Press, New York.
6. Electron Microscopy of Thin Crystals. P. Hirsch, A. Howie, R. B. Nicholson, D. W. Pashley, M. J. Whelan. 1977 Robert E. Krieger Publishing Company.
7. Advances in Imaging and Electron Physics Vol 96. The Growth of Electron Microscopy. 1996 Academic Press.
8. Principles of Analytical Electron Microscopy. D.C. Joy, A. D. Romig Jr., J. I. Goldstein. 1986 Plenum Press.

9. Transmission Electron Microscopy. L. Reimer, H. Kohl, 5ª Edición, Physics of Image Formation. Springer Optical Sciences Vol. 36, 2008, Springer.

10. Advanced Computing in Electron Microscopy. E.J. Kirkland, 2nd Edition, 2010 Springer.

11. Electron Crystallography of Inorganic Structures. X. Zou. 1995 University of Stockholm.

### III.4 PROCEDIMIENTOS O INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN A UTILIZAR

Tres exámenes parciales (1-2, 3-4, 5) 50%

Exposición de temas de investigación 25%

Seminario de artículos de investigación 25%