INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-30

DIRECCIÓN DE POSGRADO

INSTRUCTIVO para el correcto llenado del formato SIP-30,
Registro o Actualización de Unidades de Aprendizaje (UAP)

El formato SIP-30 es un formulario PDF interactivo, el cual puede ser completado en forma electrónica con un lector de archivos PDF (Adobe Reader 9 o superior). Para facilitar la identificación de los campos del formulario, haga clic en el botón Resaltar campos existentes, en la barra de mensajes del documento. Si lo prefiere, puede imprimir el formato y completarlo a máquina de escribir o a mano.

El nombre de los campos y las áreas designadas para requisitar la información son autoexplicativos; sin embargo se tienen instrucciones específicas para campos de interés especial:

<table>
<tr><th>CAMPO</th><th>INSTRUCCIONES</th></tr>
<tr><td>1.5 Número de semanas por semestre del programa</td><td>Es el número de semanas lectivas efectivas al semestre, indicadas en el acuerdo de creación del programa académico o en alguna actualización posterior del programa. En caso de haber tenido una actualización en este sentido, la misma deberá haber sido presentada y avalada en reunión del Colegio de Profesores de la Unidad Académica, además de haber sido aprobada por la SIP. El rango de semanas lectivas al semestre es mínimo 15 y máximo 18.</td></tr>
<tr><td>1.7 Tipo de horas</td><td>Las unidades de aprendizaje, en cuanto a las horas asignadas, están clasificadas como: Teóricas, Prácticas y Teórico-prácticas. Estas denominaciones son excluyentes, es decir, las unidades de aprendizaje solo pueden ser de un solo tipo, no pueden tener horas combinadas.</td></tr>
<tr><td>1.8 Número de horas - semana</td><td>Es el número de horas asignadas para ser impartida la Unidad de Aprendizaje a la semana.</td></tr>
<tr><td>1.8 Total de horas al semestre</td><td>Es el número de horas totales a impartir de la Unidad de Aprendizaje al semestre. Se calcula multiplicando el campo 1.5 (Número de semanas) por el campo 1.8 (Número de horas-semana)</td></tr>
<tr><td>1.9 Créditos (Reglamento de Estudios de Posgrado 2017)

Este campo se calcula automáticamente cuando el formato se requisita electrónicamente</td><td>FÓRMULA DE CÁLCULO

<table>
<tr><th>Tipo de Curso</th><th>Criterio</th><th>Créditos</th></tr>
<tr><td>Teórico</td><td>16 hrs. = 1 crédito</td><td>(horas totales / 16)</td></tr>
<tr><td>Teórico-práctico</td><td>16 hrs. = 1 crédito</td><td>(horas totales / 16)</td></tr>
<tr><td>Práctico</td><td>16 hrs. = 1 crédito</td><td>(horas totales / 16)</td></tr>
<tr><td>Seminario</td><td>16 hrs. = 1 crédito</td><td>(horas totales / 16)</td></tr>
<tr><td>Estancia especial de aprendizaje</td><td>16 hrs. = 1 crédito</td><td>(horas totales / 16)</td></tr>
</table>
No deben asignarse fracciones, los créditos deben redondearse.</td></tr>
<tr><td>3.2 Temario</td><td>Debe organizarse por temas y subtemas, indicando la dedicación de horas en la segunda columna. La suma de horas debe coincidir con las horas indicadas en el campo (1.6) y deberá indicarse al final del desglose del temario.</td></tr>
</table>

El formato SIP-30 deberá estar firmado por el Director o Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Unidad Académica. La ausencia de dicha firma invalida la solicitud.

Para Mayor información Consultar las siguientes páginas WEB:

http://www.ipn.mx/normatividad/Paginas/reglamentos.aspx
http://www.ipn.mx/CCS/Gacetas/Paginas/inicio.aspx

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-30

DIRECCIÓN DE POSGRADO

FORMATO GUÍA PARA REGISTRO DE UNIDADES DE APRENDIZAJE (UAP)
- NUEVAS O ACTUALIZACIÓN -

Tipo de solicitud

Nueva UAP (●) Actualización ( )

UNIDAD ACADÉMICA: Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas

I. DATOS DEL PROGRAMA Y DE LA UAP

1.1 NOMBRE DEL PROGRAMA: Programa de Doctorado en Tecnología Avanzada

1.2 COORDINADOR DEL PROGRAMA: Dr. Oscar Octavio Gutiérrez Frías

1.3 NOMBRE DE LA UAP: Transporte de carga y calor en semiconductores

1.4 CLAVE: (Para ser llenado por la SIP)

1.5 NÚMERO DE SEMANAS POR SEMESTRE DEL PROGRAMA: 18

1.6 TIPO DE UAP: OBLIGATORIA ( ) OPTATIVA (●)

1.7 TIPO DE HORAS: TEORÍA (●) PRÁCTICA ( ) TEORICO - PRÁCTICA ( ) SEMINARIO ( ) ESTANCIA ESPECIAL DE APRENDIZAJE ( )

1.8 NÚMERO DE HORAS - SEMANA: 6 TOTAL DE HORAS AL SEMESTRE: 108.0

1.9 CRÉDITOS (Reglamento de Estudios de Posgrado 2017): 7

1.10 FECHA DE ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE LA UAP: 19 (DD) 01 (MM) 2019 (AAAA)

1.11 SESIÓN DEL COLEGIO DE PROFESORES EN QUE SE ACORDÓ LA IMPLANTACIÓN DE LA ASIGNATURA: FECHA: (DD) (MM) (AAAA)

II. DATOS DEL PERSONAL ACADÉMICO A CARGO DEL DISEÑO O ACTUALIZACIÓN DE LA UAP

2.1 COORD. DEL DISEÑO O ACTUALIZACIÓN DE LA UAP:

Dr. Igor Lashkevych	CLAVE:	12701-EC-17

2.2 PROFESORES PARTICIPANTES EN EL DISEÑO O ACTUALIZACIÓN DE LA UAP: (MÁXIMO 4)

	CLAVE:	
	CLAVE:	
	CLAVE:	
	CLAVE:	

III. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DEL PROGRAMA DE LA UAP

3.1 OBJETIVO GENERAL:

Dar al estudiante las herramientas necesarias para lograr una alta especialización en temas relacionados a transporte de carga y calor en semiconductores (TCCS) y sus diversas aplicaciones con la finalidad de resolver problemas de investigación en este campo en el proceso de elaboración de su tesis de grado.

3.2 COMPETENCIAS DEL PERFIL DE EGRESO A LAS QUE CONTRIBUYE:

Usa su pensamiento crítico y creativo para la solución de problemas de TCCS y la toma de decisiones.

Resuelve problemas a través de su capacidad de abstracción, análisis y síntesis.
Comprende textos para ampliar sus conocimientos.
Clasifica hechos, interpreta, valora, organiza y valora el discurso de los demás, para coadyuvar en la toma de decisiones.

Utiliza estrategias para la búsqueda, análisis y presentación de información a través de diversas fuentes.
Aprende de manera autónoma y muestra iniciativa para auto-regularse y fortalecer su desarrollo personal.

3.3 TEMARIO:

TEMAS Y SUBTEMAS	HORAS
1. Fundamentos de la teoría de las bandas de semiconductores.	14
Ecuación de Schroedinger para el cristal.	
Aproximación adiabática y aproximación de valencia.	
Aproximación monoelectrónica.	
Aproximación de electrones firmemente ligados.	
Número de estados en la banda permisible.	
Zona de Brillouin.	
Dependencia de la energía de los electrones del vector de onda en el fondo y techo de la banda de energía.	
Movimiento de los electrones en el cristal por acción de un campo eléctrico externo.	
Masa efectíva de los portadores de carga.	
Estructura de las bandas de energía de algunos semiconductores.	
2. Estadística de electrones y huecos en los semiconductores.	14
Densidad de estados cuánticos.	
Función de distribución de Fermi-Dirac.	
Grado de llenado de los niveles de impurezas.	
Concentración de electrones y huecos.	
Semiconductor extrínseco.	
Semiconductor intrínseco.	
Posición del nivel de Fermi en función de la concentración de ímpurezas y de la temperatura para un semiconductor no degenerado.	
Bandas de impurezas.	
3. Mecanismos de dispersión de portadores de carga en los semiconductores.	16
Ecuación cinética de Boltzmann.	
Estado de equilíbrio.	
Tiempo de relajación.	
Sección éficaz de dispersión. Tipos de centros de dispersión.	
Dispersión por iones de impurezas.	
Dispersión por átomos de impureza y dislocaciones.	
Oscilaciones termícas de átomos de una red unidimensional.	
Oscilaciones térmicas de los átomos de una red tridimensional. Estadística de fonones.	
Dispersión por oscilaciones térmicas de la red.	
4. Generación y recombinación de portadores de carga en desequilibrio.	16
Portadores de carga en equilibrio y en desequillbrto.	
Generación luminosa bipolar de portadores de carga.	
Generación luminosa monopolar. Tiempo de relación de Maxwell.	

TEMAS Y SUBTEMAS	HORAS
Tipos de recombinacíon.	
Recombinación con radiación entre bandas.	
Recombinaclón por choque entre bandas.	
Recombinación de portadores de carga por centros de captura (trampas).	
Dependencia de temperatura del tíempo de vida de los portadores de carga en la recombinacíón por niveles locales.	
Centros de adherencia y centros de recombinación.	
5. Difusión y deriva de portadores de carga en desequilibrio.	12
Ecuación de continuidad.	
Corrientes de difusión y de deriva.	
Relación de Einstein.	
Difusión y deriva de portadores de carga en desequilibrio en el caso de conducción monopolar.	
Movimiento de portadores de carga minoritarios.	
Coeficiente bipolar de difusión y movilidad bipolar de deriva.	
6. Sistema total de equaciones para resolver problema de transporte de carga y/o calor en semiconductores.	2
7. Condiciones de frontera para corrientes eléctricas de electrones y huecos.	2
8. Condición de frontera para flujo de energía y calor.	2
9. Fenómenos cinéticos en los semiconductores.	14
Electroconductibilidad de los semiconductores.	
Movilidad de los portadores de carga en función de la temperatura.	
Efectos: Joule, Hall, Peltier, Dember, Seeback, Thomson.	
Fenómenos de transporte en campos eléctricos intensos.	
10. Integrales de corrientes eléctricos para electrones y huecos.	8
Integrales de corrientes eléctricos para electrones y huecos. Definición.	
Dispersion simétrica esfericamente.	
Dispersion cuadrática. Caso no degenerado.	
Dispersion cuadrática. Caso degenerado.	
11. Integrales de flujos de energía para electrones y huecos.	8
Integrales de flujos de energía para electrones y huecos. Definición.	
Dispersion simétrica esfericamente.	
Dispersion cuadrática. Caso no degenerado.	
Dispersion cuadrática. Caso degenerado.	

3.4 REFERENCIAS DOCUMENTALES:

1. K.V. Shalimova, Física de los semiconductores (Mir, Moscú, 1982). ISBN: 84-401-0947-4
2. W. Shockley, Electrons and Holes in Semiconductors (D. Van Nostrand Company, Inc. - Princeton, New Jersey, New York, 1950).
3. A.M. Polyakov, Semiconductors made simple (Mir Publishers - Moscow, 1985).
4. A. Anselm, Introduction to themiconductor theory (Mir-Moscow, 1981).
5. R.A. Smith, Semiconductors, 2d Edition (Cambridge University Press-New York, 1978).
6. J. Sólyom, Fundamentals of the Physics of Solids (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007).
7. Seeger, Semiconductor Physics, 9th Edition (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004).
ISSN 1439-2674, ISBN 978-3-642-06023-6, ISBN 978-3-662-09855-4 (eBook), DOI 10.1007/978-3-662-09855-4
8. S.M. Sze, Physics Of Semiconductor Devices (Wiley & Sons - New York, London, Sydney, Toronto, 1969).
9. Herbert F. Matare, Defect Electronics in Semiconductors (Wiley & Sons - New York, London, Sydney, Toronto, 1971).
10. G.S. Nolas, J. Sharp, H.J. Goldsmid, Thermoelectrics. Basic Principles and New Materials Developments (Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 2001). DOI 10.1007/978-3-662-04569-5
10. Igor Lashkevych, J. E. Velázquez, Oleg. Yu. Titov, Yuri G. Gurevich, Special Important Aspects of the Thomson Effect, J Electron Mater, Vol. 47, No. 6, pp. 3189-3192 (2018). ISSN: 0361-5235 DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s11664-018-6205-x URL: https://rdcu.be/PJg0
11. Yuri G. Gurevich, Igor Lashkevych, Energy and Concentration Nonequilibriums in the Theory of Thermoelectric Processes, J Electron Mater, Vol. 44(6), pp. 1456-1459 (2015). Print ISSN: 0361-5235, DOI http://dx.doi.org/10.1007/s11664-014-3412-y
12. Yuri G. Gurevich, Igor Lashkevych, Sources of Fluxes of Energy, Heat, and Diffusion Heat in a Bipolar Semiconductor: Influence of Nonequilibrium Charge Carriers, Int. J. Thermophys., Vol. 34(2), pp. 341-349, (2013). ISSN: 0195-928X, DOI http://dx.doi.org/10.1007/s10765-013-1416-0
13. Igor Lashkevych, Carlos Cortes, Yuri G. Gurevich, Physics of thermoelectric cooling: alternative approach, Journal of Applied Physics, Vol. 105, No 5, pp. 053706-1Ь053706-5 (2009). ISSN: 0021-8979 (USA), DOI http://dx.doi.org/10.1063/1.3086629
14. Yu. G. Gurevich, A.V. Meriuts, Dember Effect: Problems and Solutions, Physics Letters A, Vol. 377, p. 2673–2675 (2013).
15. A.V. Meriuts, Yu. G. Gurevich, Novel Approach to the Dember Effect, Ann Phys (Berlin), Vol. 526, p. 533–540 (2014).
16. Webster, J. G., GUREVICH, Y. G. and VELAZQUEZ‐PEREZ, J. E. (2014). Peltier Effect in Semiconductors. In Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, J. G. Webster (Ed.). https://doi.org/10.1002/047134608X.W8206

3.5 PROCEDIMIENTOS O INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN A UTILIZAR:

Tres exámenes escritos: 2 parciales y 1 final (6 horas), 65%
participación en clases, 10%
tareas. 25%