



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
Instituto Tecnológico de Morelia

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MORELIA

## Diplomado

### Diseño de Mercados de Electricidad e Integración Energética

Modalidad en Línea con  
Asesoría

2017-1

Morelia, Michoacán., marzo de 2017



---

Programa de Graduados e Investigación en Ingeniería Eléctrica  
Av. Tecnológico 1500. Colonia Lomas de Santiaguito. Morelia, Michoacán. 58120. México.  
Tel: +52: (443) 312-1570 Extensión 1512



## 1. Introducción

Desde los años ochenta, la industria eléctrica ha experimentado un fuerte proceso de transformación en su estructura. Dicho proceso se ha dado por razones tanto socioeconómicas y tecnológicas, como políticas. La tendencia global de la reestructuración ha llevado a la desintegración horizontal y vertical de la industria eléctrica, así como a la formación de mercados mayoristas y minoristas de electricidad.

De esta forma, el control de las empresas de suministro eléctrico, ya sea mediante la propiedad pública o la regulación, ha sido sustituido por mecanismos de mercado, con énfasis en la descentralización y la introducción de la competencia, en aquellos segmentos donde ello ha sido posible.

La experiencia internacional muestra que este proceso de reforma no es sencillo y que además es continuo y cada vez enfrenta nuevos retos asociados con el cambio climático, seguridad energética y exigencias de suministro de energía cada vez mayores, de manera que se requiere de profesionistas capacitados para comprender y enfrentar una estructura con enfoque de mercado incluyendo los aspectos ya mencionados. En este sentido, el Diplomado sobre Diseño de Mercados de Electricidad e Integración Energética tiene como objetivo capacitar profesionales de la industria para abordar los nuevos retos, con información sobre los procesos en otros países y con criterios técnicos para la toma de decisiones en este nuevo ambiente de desarrollo de la industria eléctrica. El Diplomado tiene una base teórica profunda, pero, al mismo tiempo, complementada con ejemplos prácticos y de la vida real, lo que ayudará a los participantes a lograr una comprensión amplia del diseño, regulación y operación de mercados de electricidad.

## 2. Objetivo

El Diplomado Diseño de Mercados de Electricidad e Integración Energética tiene como objetivo capacitar profesionales de la industria eléctrica para abordar los nuevos retos en materia de mercados de electricidad e integración energética, con información sobre los procesos en otros países y con criterios técnicos para la toma de decisiones en este nuevo ambiente de desarrollo de la industria eléctrica.

## 3. Programa del diplomado y calendario

El Diplomado consta de cinco módulos con un total equivalente a 200 horas teórico-prácticas, con valor curricular; tales horas son indicadas en los diplomas emitidos y entregados por el ITM al final del diplomado. Previo a estos módulos, se presentará una guía para el manejo de la plataforma, a fin de que el participante se familiarice con ella y obtenga los mayores beneficios de esta modalidad de tomar cursos de manera virtual y con la asistencia de un tutor.

Los módulos, con duración equivalente al trabajo a desarrollar por cada uno de ellos, así como su calendarización son:

Módulo	Asignatura	Duración (horas)
1	Ingeniería Financiera Aplicada a la Industria Eléctrica	40
2	Fundamentos de Microeconomía y Economía Industrial para Mercados de Electricidad	40
3	Diseño de Mercados Eléctricos Mayoristas	40
4	Transmisión en Mercados de Electricidad	40
5	Integración Energética	40
Total		200

La dinámica para impartir estas asignaturas será mediante modalidad en línea con asesoría, a través de la plataforma que el Instituto Tecnológico de Morelia tiene en su área de Educación a Distancia, <http://edudistancia.itmorelia.edu.mx/moodle/course>

El calendario del Diplomado para la edición 2017-1 es:

# Calendario del Diplomado Diseño de Mercados de Electricidad e Integración Energética Edición 2017-1

Marzo							
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
			1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19
	20	21	22	23	24	25	26
	M1	27	28	29	30	31	

Abril							
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
						1	2
	3	4	5	6	7	8	9
	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23
	24	25	26	27	28	29	30

Mayo							
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21
	M2	22	23	24	25	26	27
	28	29	30	31			

Junio							
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
				1	2	3	4
	5	6	7	8	9	10	11
	12	13	14	15	16	17	18
	19	20	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30		

Julio							
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
						1	2
	3	4	5	6	7	8	9
	M3	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29
	30	31					

Agosto							
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
		1	2	3	4	5	6
	7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27
	M4	28	29	30	31		

Septiembre							
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
					1	2	3
	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17
	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	

Octubre							
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
							1
	2	3	4	5	6	7	8
	9	10	11	12	13	14	15
	M5	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28
	29	30	31				

Noviembre							
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
			1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19
	20	21	22	23	24	25	26
	27	28	29	30			

Diciembre							
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
					1	2	3
	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17
	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31

Con:

  = **asueño**

M1 = **Ingeniería Financiera Aplicada a la Industria Eléctrica**

M2 = **Fundamentos de Microeconomía y Economía Industrial para Mercados de Electricidad**

M3 = **Diseño de Mercados Eléctricos Mayoristas**

M4 = **Transmisión en Mercados de Electricidad**

M5 = **Integración Energética**

Última actualización: 26/marzo/2017

## 4. Contenido de las asignaturas<sup>1</sup>

### **Asignatura 1, Ingeniería Financiera Aplicada a la Industria Eléctrica**

1. Conceptos básicos para evaluación de proyectos de inversión
2. Métodos para la evaluación de proyectos de inversión
3. Nivelación de precios y costos en la industria eléctrica
4. Estados financieros y razones de rentabilidad
5. Costo de capital (tasa de rendimiento) en la industria eléctrica
6. Evaluación financiera de proyectos de generación de electricidad, después de impuestos
7. Mercados y precios de combustibles (gas natural, combustóleo y carbón). Costos de generación por tipo de combustible.
8. Coberturas de riesgos en los precios de los combustibles (futuros, opciones, swaps, piso, techo y collar)

### **Asignatura 2, Fundamentos de Microeconomía y Economía Industrial para Mercados de Electricidad**

Parte 1: Fundamentos de microeconomía para mercados de electricidad

1. La microeconomía y los mercados de electricidad
2. Cálculo económico del consumidor
3. Cálculo económico del productor
4. Mercados y precios
5. Mercados de electricidad: oferta y demanda
6. Análisis del Modelo Marginalista de Precios de Electricidad

Parte 2: Economía Industrial Aplicada a Mercados de Electricidad

1. Conceptos de economía industrial
2. Diversos tipos de competencia
3. Indicadores de concentración del mercado
4. Supervisión y medidas de mitigación de poder de mercado

### **Asignatura 3, Diseño de Mercados Eléctricos Mayoristas**

1. Introducción
2. Mercados primarios centralizados
3. Mercados primarios descentralizados
4. Mercados primarios híbridos
5. Mercados primarios basados en precios nodales
6. Estado actual de los mercados primarios internacionales
7. Revisión del mercado de electricidad de México
8. Evolución de los mercados mayoristas

---

<sup>1</sup> Programa sujeto a actualizaciones.

## **Asignatura 4, Transmisión en Mercados de Electricidad**

1. Introducción.
2. Acceso abierto y regulación de la transmisión.
3. Costos de servicios de transmisión.
4. Metodologías para asignar cargos por uso de redes de transmisión.
5. Metodologías de descomposición de flujos de potencia para los cargos por uso de redes de transmisión.
6. Experiencias internacionales del servicio de transmisión.
7. Derechos de transmisión.
8. Expansión de redes de transmisión.

## **Asignatura 5, Integración Energética**

1. Servicios auxiliares: definición y descripción de sus componentes.
2. Fuentes renovables de energía eléctrica
3. Experiencias internacionales de integración de fuentes renovables intermitentes.
4. Aspectos económicos de integración de fuentes renovables (caso México): Condiciones ideales para inversiones con fuentes renovables, características de las Subastas de Largo Plazo y análisis de las ofertas ganadoras en las ya realizadas. Costo de la intermitencia para el sistema eléctrico.
5. Certificados de Energías Limpias (caso México): Concepto, criterios para su otorgamiento, participantes obligados, mercados y precios, criterios de eficiencia y energía libre de combustible.
6. Mercados de Capacidad.
7. Mercado para el Balance de Potencia (caso México): Propósito y objeto, horas críticas del sistema y acreditación de potencia, tecnología de generación de referencia, efecto del margen de reserva, precio de la potencia en 2016.
8. Mercados Minoristas de Electricidad.
9. Respuesta de la demanda en mercados de electricidad.
10. Generación distribuida: aspectos técnicos y su integración a mercados de electricidad.

## **5. Instructores**

*José Horacio Tovar Hernández*

Egresado del Instituto Tecnológico de Morelia, efectuó Estudios de Maestría y Doctorado en la Sección de Graduados de la ESIME, IPN. Actualmente, es miembro del Programa de Graduados del Instituto Tecnológico de Morelia, donde ha ocupado los cargos de coordinador del Programa de Graduados e Investigación en Ingeniería Eléctrica (PGIIE) y Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación. Como

investigador, ha trabajado en la aplicación de la Inteligencia Artificial para la solución de problemas de Sistemas Eléctricos de Potencia en Estado Estacionario, control de potencia reactiva, y temas relacionados con la transmisión y servicios auxiliares en mercados de electricidad. Ha publicado diferentes trabajos en revistas y congresos nacionales e internacionales y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Ha trabajado como consultor para el Ente Operador Regional del Mercado Eléctrico de América Central en la definición de máximas transferencias de potencia entre países y criterios de calidad y confiabilidad. Participó con el IPN en el desarrollo computacional de la Metodología de Porteo de Honduras en 1998, la cual, a la fecha está vigente. Además, ha colaborado con el Instituto Politécnico Nacional en el desarrollo de proyectos de la planificación del sistema de transmisión de Nicaragua y en la definición de esquemas de tiro de carga por frecuencia baja para el sistema eléctrico de República Dominicana, en 1998 y 2000, respectivamente. En el año de 2006 realizó una estancia de año sabático en la Coordinación de Planificación de la Subdirección de Programación de la CFE. Ha colaborado como instructor en el curso de capacitación “Comercialización: Diseño del Mercado Eléctrico”, para profesionistas de países miembros de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Ha sido el responsable técnico y participado como instructor en el Diplomado en Mercados de Electricidad e Integración Energética impartido a nivel presencial y en línea tanto en México como en América Central, desde 2003. Ha colaborado con la CEPAL como consultor para la integración del Sistema Eléctrico Centroamericano y, en diversas ocasiones, ha participado en consultorías para Comisión Federal de Electricidad en el estudio e investigación de la transmisión y servicios auxiliares, así como en temas relacionados con la planificación de sistemas de transmisión y la operación de sistemas de distribución y ha asesorado una decena de trabajos de maestría y licenciatura en temas relacionados con mercados de electricidad. Más recientemente, el Dr. Tovar Hernández participó en la evaluación y validación de la formulación del modelo de optimización para la ejecución de la primera subasta de largo plazo de energía, potencia y certificados de energías limpias, realizada por el CENACE en marzo de 2016.

### *Guillermo Gutiérrez Alcaraz*

Guillermo Gutiérrez realizó sus estudios de licenciatura y maestría en Ingeniería Eléctrica en el Instituto Tecnológico de Morelia. Realizó sus estudios de doctorado en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Estatal de Iowa, USA. Es miembro del Programa de Graduados del Instituto Tecnológico de Morelia, donde ha ocupado el cargo de coordinador del Programa de Graduados e Investigación en Ingeniería Eléctrica (PGIIE) del Instituto Tecnológico de Morelia. Ha participado como instructor en el Diplomado de Diseño de Mercados de Electricidad impartido por el Instituto Tecnológico de Morelia para: el Centro Nacional de Energía (CENACE) de México, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de México, el Consejo de Electrificación de América Central, y el Institute of the Americas. Ha colaborado como instructor en el curso de capacitación “Comercialización: Diseño del Mercado Eléctrico”, para profesionistas de países miembros de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Durante marzo de 2009 a febrero 2010 realizó una estancia posdoctoral en la National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan, R.O.C. En el periodo agosto de 2014 a agosto de 2015, realizó una estancia sabática en el Departamento en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica “Federico Santa María,” Valparaíso, Chile. Ha participado en varios proyectos de consultoría para empresas eléctricas nacionales e internacionales.

Más recientemente, el Dr. Gutiérrez Alcaraz participó en la evaluación y validación de la formulación del modelo de optimización para la ejecución de la primera subasta de largo plazo de energía, potencia y certificados de energías limpias, realizada por el CENACE en marzo de 2016.

### *Luis Fernández González*

Luis Fernández González es Ingeniero Mecánico Administrador por el ITESM (campus Monterrey), graduado con mención honorífica. Realizó los estudios de Maestría en Ingeniería Energética en la UNAM y de Maestría en Finanzas en el ITAM, así como el Diplomado en Economía y Planificación Energética (Bariloche, Argentina). Consultor e Instructor en Economía Energética en México, Centroamérica y el Caribe (1995-2006 y 2012-2017), especialmente en la evaluación de la rentabilidad y análisis de riesgos de inversiones en la generación de electricidad bajo diversas modalidades de ejecución, así como en mercados de energía, determinación de precios competitivos de los combustibles y la electricidad, y estrategias para cobertura de riesgos en los precios. Subgerente de Evaluación de Proyectos en la Subdirección de Programación de la Comisión Federal de Electricidad (2007-2011). Coordinador del Posgrado en Ingeniería Energética de la UNAM (1988-1994), impartiendo las asignaturas Evaluación de proyectos energéticos y Demanda y precios de la energía. Analista económico en la Unidad de Energía de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (1983-1987), CEPAL-México/ONU. Como consultor independiente elaboró (2002-2006 y 2013-2015) los Dictámenes de Factibilidad Económica para 9 nuevas centrales de generación de electricidad propiedad de la CFE, 4 más de productores independientes, así como 19 proyectos diversos (rehabilitación y modernización de centrales existentes, conversión a gas natural, etc.). En 2012-2016 realizó los análisis de factibilidad económica de 6 proyectos privados de generación de electricidad de diversas tecnologías (fotovoltaica, turbogas, cogeneración e hidroeléctrica) para ejecutarse en diferentes modalidades (Autoabastecimiento remoto de energía, Pequeño productor, Contrato bilateral y Subasta de Largo Plazo). Como consultor internacional ha realizado diversos estudios sobre la competitividad de los mercados de hidrocarburos en Centroamérica, y ha asesorado a los gobiernos de estos países en la elaboración de metodologías para regular o monitorear los precios máximos competitivos de los combustibles. Además, como consultor en la Secretaría de Energía (México, 2016), diseñó la metodología de precios diarios de referencia de los combustibles en cada central eléctrica del país para fines de monitoreo y mitigación de las ofertas al mercado mayorista; también desarrolló la metodología y herramienta en Excel para la proyección a largo plazo (15 años) de los precios de combustibles en cada central. Como instructor ha impartido alrededor de 100 cursos relacionados con la evaluación de proyectos energéticos, tanto en empresas eléctricas de México y Centroamérica, como en diversos programas de posgrado y educación continua, entre ellos el Diplomado de Cogeneración (UNAM), Diplomado en Ahorro de Energía (IPN, ITESM y otros), Especialidad en Uso Eficiente de la Energía (UNAM), Maestría en Ingeniería Eléctrica (U. Anáhuac) y Maestría en Ingeniería Energética (UNAM).

## 6. Proceso de inscripción y de pagos

El proceso de inscripción será realizado de la siguiente manera:

1. Enviar un correo de interés en inscribirse al Diplomado, incluyendo nombre completo y teléfono a las siguientes direcciones electrónicas: [mpzavala2000@gmail.com](mailto:mpzavala2000@gmail.com) y [horacio.tovar@yahoo.com](mailto:horacio.tovar@yahoo.com), con fecha límite del miércoles 15 de marzo de 2017, 11:00 hrs. (tiempo del Centro de México (TCM)).
2. El viernes 17 de marzo se responderá su correo de aceptado como participante en el Diplomado, en caso de que se haya cubierto el cupo mínimo del grupo (40 participantes).
3. El cupo máximo es limitado a 60 participantes.
4. El proceso de inscripción se realizará una vez que se haya hecho el pago correspondiente (a más tardar el miércoles 22 de marzo).

*Para participantes en México:*

- Costo en un solo pago al inicio del Diplomado: \$18,000.00 M.N.
- Costo por módulo: \$4,000.00 M.N.

*Para participantes en el extranjero:*

- Costo total del Diplomado: \$ 850 USD + costo de transferencia bancaria
- Costo por módulo: \$ 200 USD + costo de transferencia bancaria

Los pagos de inscripción pueden ser realizados por módulo o por el Diplomado completo. Para ello hay que hacer un depósito o transferencia bancaria a la siguiente cuenta:

Banco: **HSBC**  
No.Cuenta: **4008637019**  
Clabe interbancaria: **021470040086370190**

*Para participantes individuales:*

- la copia de ficha de depósito o evidencia de transferencia bancaria se debe enviar a los correos: [mpzavala2000@gmail.com](mailto:mpzavala2000@gmail.com) y [caja\\_itm@hotmail.com](mailto:caja_itm@hotmail.com)

*Para participantes grupales:*

- en caso de que se integre al Diplomado un grupo, por ejemplo, de la Comisión Federal de Electricidad, lo referente a los pagos se realizará a través de un contrato o convenio, comunicándose para ello al correo:

[horacio.tovar@yahoo.com](mailto:horacio.tovar@yahoo.com)

y enviando copia de la ficha de depósito o evidencia de transferencia bancaria a los correos:

[mpzavala2000@gmail.com](mailto:mpzavala2000@gmail.com) y [caja\\_itm@hotmail.com](mailto:caja_itm@hotmail.com)

El pago del diplomado da derecho a:

1. Cuota de inscripción
2. Materiales de formación
3. Acceso al diplomado en plataforma y asesoría en línea
4. Constancia de calificaciones de los módulos aprobados
5. El participante obtendrá constancia de acreditación por cada Módulo en el cual haya alcanzado una calificación mínima de 70/100. Al acreditar los cinco módulos que componen el Diplomado con calificación promedio mínima de 80/100, el participante recibirá diploma de acreditación del Diplomado Diseño de Mercados de Electricidad e Integración Energética

## 7. Directorio del Diplomado

### Coordinación del Diplomado

Dr. José Horacio Tovar Hernández  
Programa de Graduados e Investigación en Ingeniería Eléctrica  
Tel: +52: (443) 312-1570 Extensión 1512  
e-mail: [horacio.tovar@yahoo.com](mailto:horacio.tovar@yahoo.com)

### Proceso de inscripción y de pagos

María del Pilar Zavala Aguilar  
Auxiliar del Programa de Graduados e Investigación en Ingeniería Eléctrica  
Tel: +52: (443) 312-1570 Extensión 1512  
e-mail: [mpzavala2000@gmail.com](mailto:mpzavala2000@gmail.com)

Para el envío de comprobantes de pago, favor de enviar documento probatorio a los correos: [mpzavala2000@gmail.com](mailto:mpzavala2000@gmail.com) y [caja\\_itm@hotmail.com](mailto:caja_itm@hotmail.com)

### Administración de plataforma de educación a distancia para el Diplomado

M.A. Ruth Vargas Rivera  
Horario de servicio síncrono:  
lunes, miércoles y viernes: 16:00 – 20:00 hrs., T.C.M.  
sábados: 12:00 – 16:00 hrs., T.C.M.

Via telefónica/videoconferencia: Celular: (443) 200 5146 --previa confirmación por mensaje telefónico—

Via correo electrónico: [itm.diplomado.dme@itmorelia.edu.mx](mailto:itm.diplomado.dme@itmorelia.edu.mx)

### **Profesores-tutores del Diplomado**

Dr. José Horacio Tovar Hernández  
Programa de Graduados e Investigación en Ingeniería Eléctrica  
Tel: +52: (443) 312-1570 Extensión 1516  
e-mail: [horacio.tovar@yahoo.com](mailto:horacio.tovar@yahoo.com)

Dr. Guillermo Gutiérrez Alcaraz  
Programa de Graduados e Investigación en Ingeniería Eléctrica  
Tel: +52: (443) 312-1570 Extensión 1511  
e-mail: [ggutiera@gmail.com](mailto:ggutiera@gmail.com)

M.C. Luis Fernández González  
Consultor Independiente  
Tel: +52 5526785715  
e-mail: [luisferg@prodigy.net.mx](mailto:luisferg@prodigy.net.mx)

### **Sitio informativo del Diplomado**

<http://www.pgiie.com.mx/> --disponible a partir del 29/marzo/2017--

### **Diplomado en línea**

<http://edudistancia.itmorelia.edu.mx/moodle/course/>

---

## **Oferta educativa del Instituto Tecnológico de Morelia relacionada con las ciencias eléctricas**

### **Licenciaturas**

Ingeniería Eléctrica, con especialidad en Aplicaciones Industriales  
Ingeniería Eléctrica, con especialidad en Sistemas de Potencia

Ingeniería Electrónica, con especialidad en Tecnologías para Sistemas Biomédicos

Ingeniería Electrónica, con especialidad en Sistemas Embebidos  
Ingeniería Electrónica, con especialidad en Conversión Eficiente de la Energía Eléctrica

## Maestrías

Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica

<http://www.pgjie.com.mx/>

Maestría en Ciencias en Ingeniería Electrónica

<http://sagitario.itmorelia.edu.mx/pelectron/>

## Doctorados

Doctorado en Ciencias en Ingeniería Eléctrica

<http://www.pgjie.com.mx/>

Doctorado en Ciencias de la Ingeniería

<http://sagitario.itmorelia.edu.mx/dci/>

**Oferta educativa completa del Instituto Tecnológico de Morelia en:**

[www.itmorelia.edu.mx](http://www.itmorelia.edu.mx)

---

Programa de Graduados e Investigación en  
Ingeniería Eléctrica

<http://www.pgjie.com.mx/>

+52 (443) 312-1570 Ext. 1512

[mpzavala2000@gmail.com](mailto:mpzavala2000@gmail.com)

Instituto Tecnológico de Morelia

Ave. Tecnológico No. 1500

Colonia Lomas de Santiaguito.

Morelia, Michoacán. 58120

México.

Tel(s). +52 (443) 312-1570

[www.itmorelia.edu.mx](http://www.itmorelia.edu.mx)

