UTILITIES & ENERGY

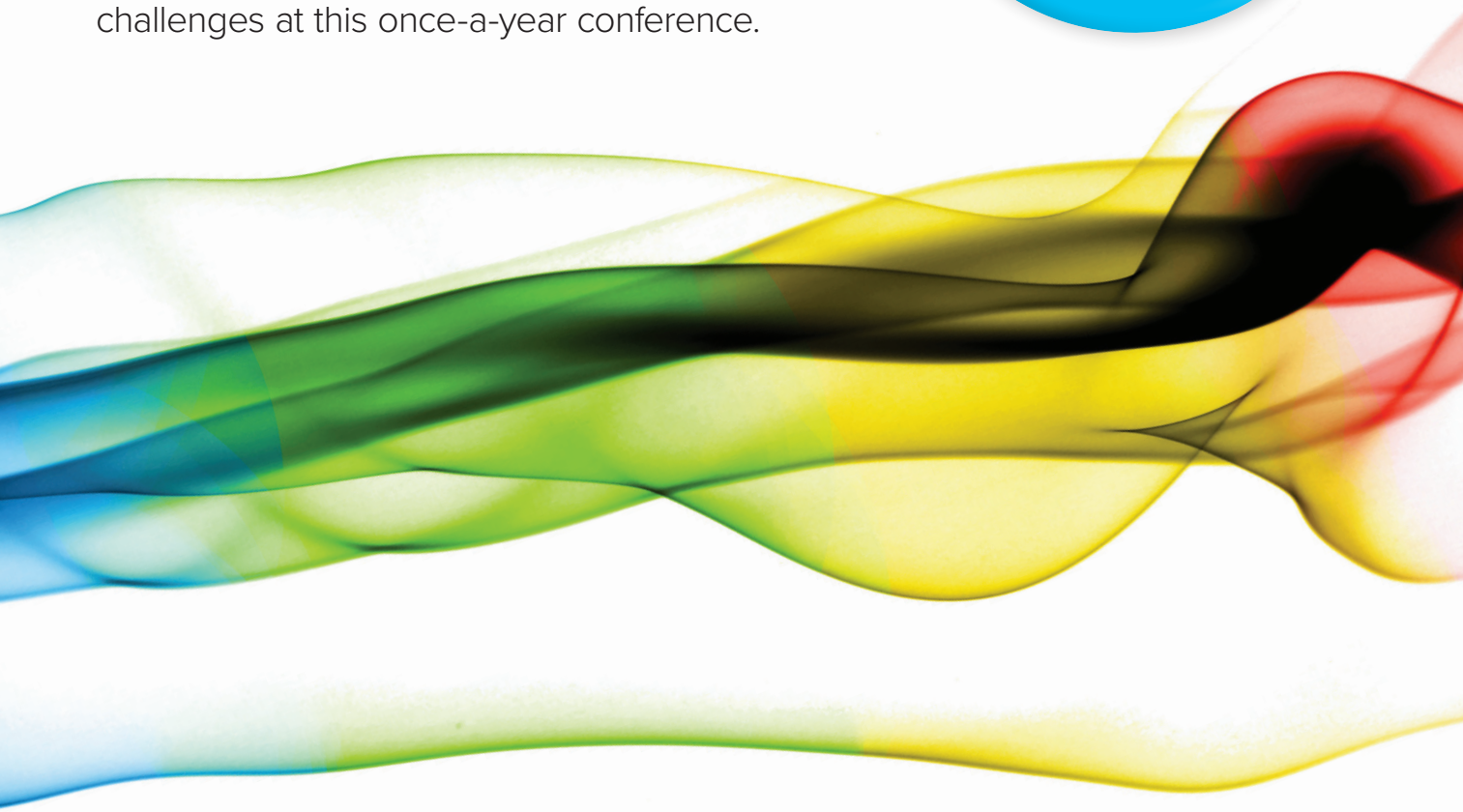
COMPLIANCE & ETHICS CONFERENCE

FEBRUARY 10-12, 2019 | HOUSTON, TX

GREAT EDUCATION AND NETWORKING

The utilities and energy industries are highly regulated, each with their own set of compliance issues. Find out about new regulations, dive deep into specific topics, and build connections with others facing similar challenges at this once-a-year conference.

SAVE
REGISTER BY DECEMBER 7



corporatecompliance.org/utilities

Questions? katie.burk@corporatecompliance.org

SCCE™
Society of Corporate Compliance and Ethics

IEEE power&energy magazine
for electric power professionals
Volumen 16 • Número 5 • septiembre/octubre 2018

Conectarse con los graduados del futuro

El poder de la educación



Premios de la Sociedad 2018

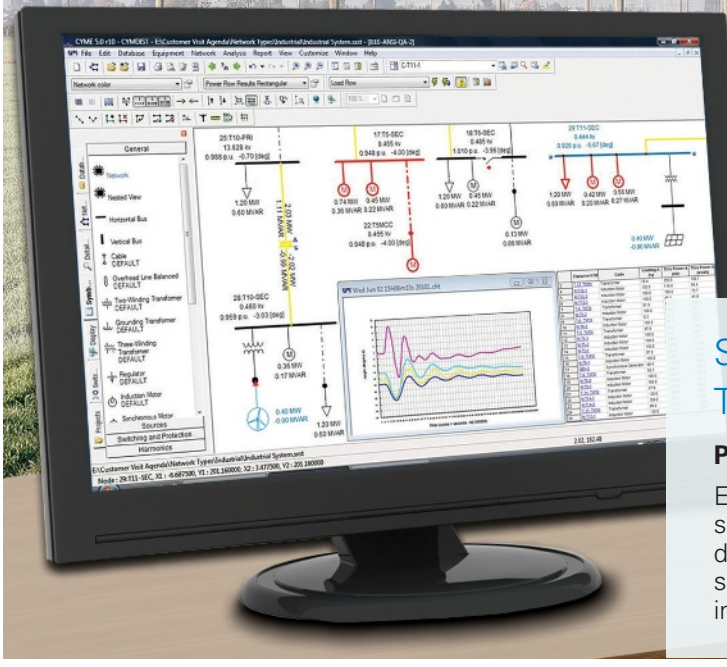
Felicitaciones a todos los ganadores

Alternadores del Niágara

Diseños de Forbes y Lamme

IEEE PES Power & Energy Society®
IEEE

CYME power engineering software for a smarter grid



Standing behind thousands of T&D projects worldwide

Power Engineering Software and Solutions

Eaton's extensive line of the CYME power engineering software features advanced analysis for transmission, distribution and industrial electrical power systems. Our services include engineering consulting, training, data integration and customized IT developments.

CYME is the perfect solution for:

- Optimization of grid efficiency
- Distributed generation impact
- Network-wide planning using AMI/AMR data
- Key reliability assets configuration improvement
- Downtown meshed grids and secondary low-voltage distribution network studies
- Ampacity calculations and real-time thermal rating of cables
- Protective device coordination
- Design and optimization of AC substation grids
- Data extraction from GIS and quasi real-time simulations
- Customized plug-in and applications

Contact us today to schedule a software demonstration or to learn more about our solutions.

EATON
Powering Business Worldwide

1-450-461-3655 1-800-361-3627 cymeinfo@eaton.com
www.cyme.com www.cooperpowereas.com

AD917001EN-2015

IEEE power&energy revista
for electric power professionals

WINNER 2012 APEX AWARDS FOR PUBLICATION EXCELLENCE

Volumen 16 • Número 5 • septiembre/octubre 2018
www.ieee.org/power



BIRRETE: ©ISTOCKPHTOTO.COM/VICGMYR
CEREBRO: ©ISTOCKPHTOTO.COM/JEMASTOCK



48

IMAGEN AUTORIZADA POR INGRAM PUBLISHING

contenidos

presenta

36 **Tendencias en la educación en ingeniería de potencia eléctrica**
Por Dennis Ray, Nilanjan Ray Chaudhuri y Sukumar Brahma

48 **Educación en ingeniería de potencia**
Por C. Nagamani, M. Venkata Kirthiga y Mini Shaji Thomas

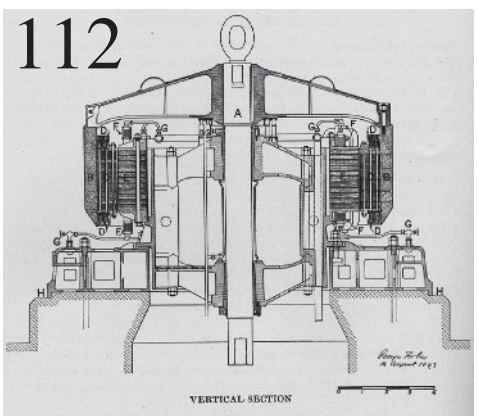
60 **Educación en ingeniería de potencia eléctrica**
Por Gianfranco Chicco, Peter Crossley y Carlo Alberto Nucci

74 **Educación en ingeniería de potencia eléctrica en Australia y Nueva Zelanda**
Por Nirmal Nair, Daniel Martin, Tapan Saha, Syed Islam y Neville Watson

86 **El poder de las pasantías**
Por Laurel Hennebury y Christopher Root

96 **Educación de potencia en línea**
Por Michael F. Ahern

102 **Hacia una educación en potencia del siglo XXI**
Por Masood Parvania y Hyde M. Merrill



columnas y departamentos

4 Del editor
8 Cartas al editor
17 Esquina del líder
26 Editorial invitada
112 Historia
123 Reseñas de libros
125 Premios
130 Calendario
139 En mi opinión

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2017.2789003

IEEE power&energy revista
for electric power professionals

Editor Jefe
Michael I. Henderson, mih.psat@gmail.com

Editores Asociados
Hyde Merrill, Emertitus, *Historia*
John Paserba, *Historia*

Consejo Editorial
L. Barroso, A. Conejo, J. Feltes, N. Hatziargyriou, T. Hong, B. Johnson, B. Kroposki, N. Lu, B. Mather, M. Miller, M. O'Malley, N. Ochoa, J. Paserba, C.E. Root, H. Rudnick, M. Shahidehpour, G.B. Sheblé, J.C. Smith, M. Thomas, E. Uzunovic, S.S. Venkata, J. Wang, S. Widergren

Consejo Editorial en español
Enrique Tejera, *Editor en Jefe*
Editores: M. Baquedano, G. Gonzalez

Publicidad
Erik Henson, Naylor Association Solutions
+1 352 333 3443, fax: +1 352 331 3525
ehenson@naylor.com

Departamento de publicaciones periódicas y revistas del IEEE
445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08854 EE. UU.
www.ieee.org/magazines
Geraldine Krolin-Taylor, *Directora de Redacción*
Janet Dudar, *Directora Artística*
Gail A. Schnitzer, *Director Artístico Asociado*
Theresa L. Smith, *Coordinadora de Producción*
Felicia Spagnoli, *Gerente de Producción Publicitaria*
Peter M. Tuohy, *Director de Producción*
Kevin Lisankie, *Director de Servicios Editoriales*
Dawn M. Melley, *Director de Personal, Operaciones de Edición del IEEE*

El IEEE prohíbe la discriminación, el hostigamiento y el acoso. Para obtener más información, visite http://www.ieee.org/web/aboutus/whatis/policies/p9-26.html.

SUSTAINABLE FORESTRY INITIATIVE Certified Chain of Custody Promoting Sustainable Forestry www.sfiprogram.org SFI-01681

POWER & ENERGY SOCIETY (PES) DEL IEEE

La Power & Energy Society del IEEE es una organización de miembros del IEEE cuyo interés principal es el avance de la ciencia y la práctica de producción, transmisión, distribución y utilización de la potencia eléctrica. Todos los miembros del IEEE son elegibles para ser miembros de la Sociedad. **Declaración de misión:** Ser el proveedor líder de información científica y de ingeniería sobre potencia eléctrica y energía para la mejora de la sociedad y la fuente preferida de desarrollo profesional para nuestros miembros.

Consejo de Administración
S. Rahman, Presidente
F. Lambert, Presidente electo
M. Armstrong, Vicepresidente, Capítulos
F. Rahmatian, Vicepresidente, Actividades Técnicas
E. Uzunovic, Vicepresidente, Educación
M. Crow, Vicepresidente, Publicaciones
T. Mayne, Vicepresidente, Reuniones
J.C. Montero Q, Vicepresidente, Membresía e Imagen
S. Bahramirad, Vicepresidente, Nuevas Iniciativas/Alcance
N. Hadjsaid, Tesorero
J. Bian, Secretaria
D. Novosel, Expresidente
D. Diaz, Repr. Regional, EE. UU. y Canadá
J. Milanovic, Repr. Regional, Europa, Oriente Medio y África
S. Leon, Repr. Regional, América Latina
D. Sharafi, Repr. Regional, Asia y Pacífico
C.Y. Chung, Miembro General
B. Enayati, Miembro General
H. Koch, Miembro General
L. Ochoa, Miembro General

Director de la División VII del IEEE
B. Meyer

Director electo de la División VII del IEEE
Abierto

Director Ejecutivo de la PES
Patrick Ryan, +1 732 465 6618, fax +1 732 562 3881, p.ryan@ieee.org

Presidentes de Comités Permanentes
H. Louie, Estatutos y Reglamentos
V. Kolluri, Fellows
N. Hadjsaid, Finanzas
A. Apostolov, Historia
F. Lambert, Planificación de Largo Alcance
D. Novosel, Nominaciones y Nombramientos

Representantes de Capítulos
D. Diaz, B. Djokic, B. Gwyn, M. Hunt, J. Khan, N. Logic, A. Nassif, P. Pabst, M. Papic, M. Patel, S. Pawale, M. Stryjewski, C. Wong

Presidentes del Comité de Capítulos
Z. Wang, Comunicaciones Electrónicas
C. Diamond, Premios y Recursos
N. Nair, Programa de Conferencistas Distinguidos
Z. Wang, Sitio Web de Capítulos

Presidentes del Comité de Membresía e Imagen
T. Doggett, VP Adjunto
V. Madani, Premios y Reconocimiento
J. Hofman, Jóvenes Profesionales
Abierto, Embajadores
I. Riaño S., Redes Sociales

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2017.2789004

G. González, Desarrollo de Sitio Web
S. Ninalowo, Mujeres en Energía
J. Benedict, Mercadeo
M. Seif, Desarrollo de Membresía

Consejo Técnico
F. Rahmatian, Presidente, V. Vittal, Vicepresidente
H. Chen, Secretario, M. Sanders, Expresidente

Presidentes del Comité Técnico
A. Schneider, Métodos Analíticos para Sistemas de Potencia
K. Chen, Maquinaria Eléctrica
W.T. Jewell, Desarrollo de Energía y Generación de Potencia
C. Searles, Almacenamiento de Energía y Batería Estacionaria
E. Bascom, Conductores Aislados
T. Koshy, Ingeniería de Potencia Nuclear
M. Dood, Comunicación de Sistemas de Potencia y Ciberseguridad
C. Canizares, Rendimiento Dinámico del Sistema de Potencia
J. McBride, Instrumentación del Sistema de Potencia y Mediciones
L. Barroso, Planificación de la Operación del Sistema de Potencia y Economía
M. Pratap, Transmisión y Control del Sistema de Potencia
S. Chandler, Construcción Inteligente, Carga y Sistemas de Clientes
D. Watkins, Subestaciones
R. Hotchkiss, Dispositivos de Protección frente a Sobretensiones
T. Irwin, Dispositivo de Conmutación
S. McNelly, Transformadores
D. Sabin, Transmisión y Distribución

Comités de Coordinación del Consejo Técnico
D. Houseman, Red Inteligente y Tecnologías Emergentes
D. Alexander, Sistemas Marinos
D. Lew, Potencia Eólica y Solar

Comités Permanentes del Consejo Técnico
M. Sanders, Premios
V. Vittal, Sesiones Técnicas
H. Chen, Organización y Procedimientos
T. Burse, Coordinación de Estándares
D. Toland, Administrador de Sitios Web
Abierto, Educación de la Industria

Publicaciones
Presidente del Consejo de Publicaciones, M. Crow
Editores en Jefe
IEEE Electrification Magazine, I. Husain
IEEE Power Engineering Letters, M. Fotuhi-Firuzabad
IEEE Trans. on Energy Conversion, J. Jatskevich
IEEE Trans. on Power Delivery, W. Xu
IEEE Trans. on Power Systems, N. Hatziargyriou
IEEE Trans. on Smart Grid, J. Wang
IEEE Trans. on Sustainable Energy, B. Chowdhury
IEEE Power & Energy Technology Systems Journal, S. Sudhoff
IEEE Power & Energy Magazine, M. Henderson
eNewsletter, S. Fattah
Representante de la PES para IEEE Press, Abierto
Sitio Web, Abierto

Reuniones
Presidentes de Comités
Directivo de la Reunión General, D. Hall
Directivo del Evento del Comité Técnico Mixto, S. Ward
Directivo de Conferencias Técnicamente Copatrocinadas, J. Mitra
Directivo de la Conferencia sobre Transmisión y Distribución y del Comité de Exposición para Norteamérica, C. Segneri
Conferencia sobre Tecnología de Redes Inteligentes Innovadoras – Europa, D. Van Hertem
Conferencia sobre Tecnología de Redes Inteligentes Innovadoras – Asia, por confirmar
Sitio Web, Abierto

Educación
Presidentes del Comité
Educación de Potencia y Energía, S. Brahma
Scholarship Plus, J. Peer
Sitio Web, Abierto

Nuevas Iniciativas y Alcance
Presidentes del Comité
Smart Village del IEEE, R. Larsen, Presidente
R. Podmore, Vicepresidente
Alcance de la Industria, J. Giri, Presidente
Sitio Web, K. Anastasopoulos

IEEE Power & Energy Magazine

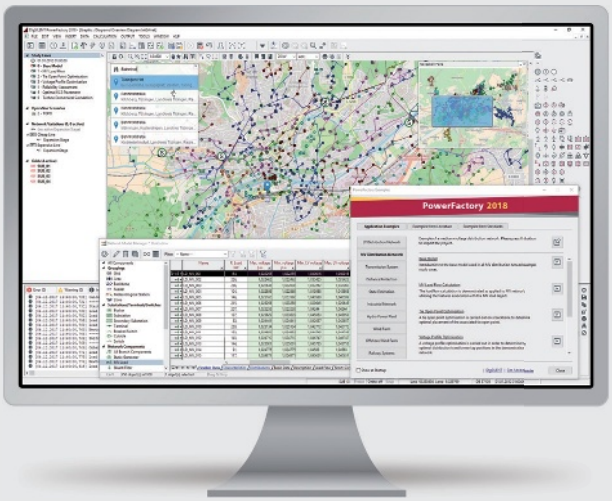
IEEE Power & Energy Magazine (ISSN 1540-7977) (IPEMCF) es una publicación quincenal elaborada por el Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Sede Central: 3 Park Avenue, 17th Floor, Nueva York, NY 10016-5997 EE. UU. La responsabilidad de los contenidos recae sobre los autores y no sobre el IEEE, la Sociedad o sus miembros. Centro de Operaciones del IEEE (para pedidos, suscripciones, cambios de dirección): 445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08854 EE. UU. Teléfono: +1 732 981 0060, +1 800 678 4333. Copias individuales: Miembros del IEEE 20.00 USD (solo primera copia), no miembros 82.00 USD por copia. Tarifas de suscripción: Miembros de la Sociedad incluido en las cuotas de afiliación. Tarifas de suscripción disponibles previa solicitud. Derechos de autor y permisos de reimpresión: Se permite la extracción si se cita la fuente de información. Se permite que las bibliotecas realicen copias más allá de los límites de la Ley de derechos de autor de EE. UU. para el uso privado de patrocinadores de 1) los artículos posteriores a 1977 que llevan un código en la parte inferior de la primera página, siempre y cuando se pague la tasa por copia indicada en el código a través del Centro de derechos de autor (Copyright Clearance Center), 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 EE. UU.; 2) los artículos anteriores a 1978 sin tasa alguna. Para otro permiso de copia, reimpresión o reedición, escriba al Departamento de Derechos de Autor y Permisos, Centro de Operaciones del IEEE, 445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08854 EE. UU. Copyright © 2018 por el Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Todos los derechos reservados. Franqueos periódicos pagados en Nueva York, NY, y en las oficinas de correo adicionales. Administrador de Correos: Enviar cambios de dirección a IEEE Power & Energy Magazine, Centro de Operaciones del IEEE, 445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08854 EE. UU. Canadian GST #125634188 Impreso en EE. UU.

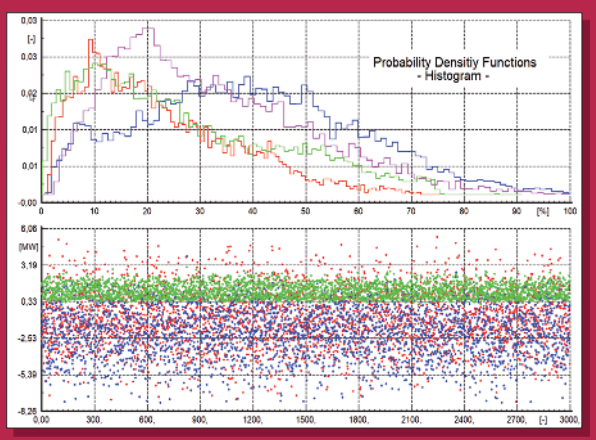
DIgSILENT

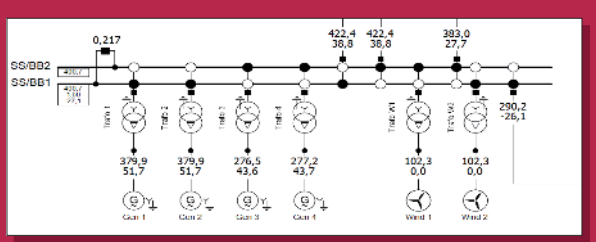
PowerFactory 2018

DIgSILENT has set standards and trends in power system modelling, analysis and simulation for more than 25 years. The proven advantages of the PowerFactory software are its overall functional integration, its applicability to the modelling of generation, transmission, distribution and industrial grids and the analysis of the interactions of these grids.

PowerFactory 2018 responds to the latest analysis strategies for systems with a high proportion of renewable intermittent generation by the introduction of Probabilistic Analysis. In addition to the probabilistic AC/DC load flow and probabilistic optimal power flow calculations, this major new development incorporates powerful modelling capabilities, enabling efficient handling of large stochastic data sets. The 2018 release also incorporates a variety of new and enhanced models, as well as further improvements to the algorithms and usability of existing modules. In addition, the new version incorporates a new data model extension concept, allowing highly flexible definition of user-defined attributes for system components and data objects in general.







Selected Key Features

- New module Probabilitic Analyis of AC/DC and optimal load flow, incorporating powerful capabilities for managing stochastic parameters based on distribution curves and their correlations
- Remedial Action Schemes (RAS) for comprehensive post-fault contingency analysis
- New Frequency Response Analysis of dynamic models
- Real-time data streaming for RMS simulations, based on IEEE C37.118
- Save and restore time domain simulation state (snapshots) for subsequent analysis
- Enhanced Cable System Analysis with improved cable layout modelling
- Revision of DIgSILENT global library, with all protection devices now incorporated
- New and improved models including Multi-Core Cables, Thyristor Controlled Series Capacitor and HVDC Line Commutated Converter
- Data Model Extension concept for user-defined attributes, opening up almost unlimited data handling possibilities
- Powerful graphic search option for network elements in diagrams, including geographic search

Michael Henderson

un graduado multifacético

la ingeniería de potencia entra a una compleja nueva era

¡QUÉ GRAN MOMENTO PARA SER un ingeniero eléctrico! El buen ritmo de los avances tecnológicos y su implementación plantea interesantes desafíos y oportunidades a empleados e investigadores por igual. Los nuevos miembros de nuestra industria deberán tener capacidades técnicas extraordinarias, conocimiento en interacciones interdisciplinarias y capacidades blandas como una comunicación y competencia interpersonal excelentes. Pero, ¿cómo podemos prepararnos para formar a la próxima generación de profesionales calificados?

En esta edición

Esta edición, donde se aborda el tema de la educación en ingeniería eléctrica, brinda una perspectiva mundial sobre la educación en ingeniería eléctrica. En su editorial invitada, Edvina Uzunovic analiza el importante papel que juega el IEEE, y particularmente el IEEE Power & Energy Society (PES), en la educación de estudiantes y profesionales experimentados por igual. Cabe destacar que la iniciativa Scholarship Plus de la PES otorga becas y experiencias en el mundo real a estudiantes interesados en las carreras de ingeniería eléctrica y energía. Los siete artículos bien escritos de nuestra edición analizan

- ✔ los resultados de una encuesta que muestra la ampliación del plan de estudios de ingeniería eléctrica a temas no tradicionales que abordan los cambios en la industria de potencia y energía en Norteamérica
- ✔ el desarrollo de cursos tradicionales de sistemas de potencia y ofertas interdisciplinarias y especializadas necesarias para los sistemas de potencia actuales en India
- ✔ los planes de estudio de ingeniería de potencia en el Reino Unido e Italia, que son significativamente diferentes a los de Norteamérica
- ✔ educación en ingeniería eléctrica en Australia y Nueva Zelanda, y planes para las encuestas sobre educación del IEEE
- ✔ el papel de las pasantías e información vital para los candidatos a estudiantes y empleadores
- ✔ los pros y los contras de las oportunidades de aprendizaje a distancia
- ✔ un estudio de caso sobre la creación de una escuela de ingeniería en 1850 que recientemente ha creado e implementado un programa de ingeniería eléctrica.

La columna de "En mi opinión" analiza los diversos cambios que está experimentando actualmente nuestra industria. El autor, Joseph Mutale, también examina el estado de la educación en ingeniería de potencia en África.



Historia

Nuestra edición presenta una columna de Robert D. Barnett sobre las tecnologías

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2844421
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018

NEPLAN®

Smarter Tools



Electricity



Gas / Water / Heating



Asset Management

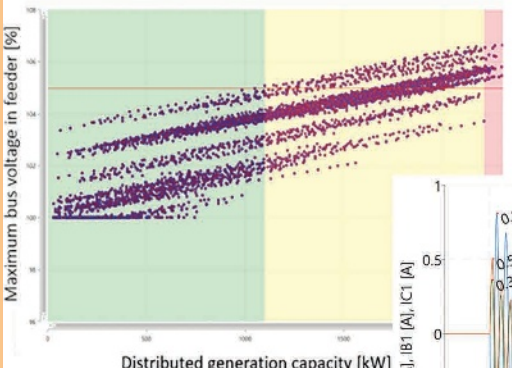


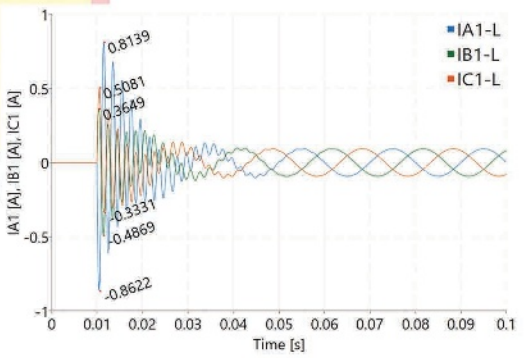
Training

Analysis, planning and optimization of networks

Fastest dynamic simulation

Asset Simulation and Forecasting





NEPLAN relies on cutting-edge technology

> Modelling of any AC and DC networks with AC/DC converters
> State-of-the-art transient models for renewable energies, storage, HVDC, VSC, wind turbines according to IEC 61970, etc.
> Calculation of very large transmission and distribution networks
> Automatic stress test for e-mobility and PV systems
> Combines electricity, gas and district heating networks
> Risk analysis with asset management
> Integrated protection device setting and management in multi-user environment
> High-end CIM Manager: Exchange of network data and models according to IEC 61400

When it has to be fast, reliable and simple

NEPLAN AG Power Systems Engineering
Oberwachstgrasse 2
CH 8700 Kuesnacht, Zurich
Phone +41 44914 36 66
www.neplan.ch
info@neplan.ch

competidoras para alternadores y la primera estación polifásica de generación de CA en la planta número 1 de Adams. El ingenio de los pioneros de la electrificación es verdaderamente sorprendente. El proceso de revisión por pares del Instituto de Ingenieros Eléctricos me pareció particularmente interesante.

Reseña del libro

Gracias a Ramu Ramanathan, nuestra edición presenta una reseña de *Optimización de flujo de carga y potencia óptima*, de J.C. Das. El libro cubre exhaustivamente el modelado de sistemas y diferentes técnicas de solución para el flujo de carga y el flujo de potencia óptimo. Debe ser de gran interés para estudiantes y profesionales de la industria.

Actualizaciones de la PES

Felicitamos a nuestros nuevos Fellows del IEEE y premiados que fueron reconocidos en la Reunión General de la PES de 2018.

La potencia y energía eléctrica siguen siendo industrias de misión crítica a nivel mundial, especialmente con el esperado crecimiento a largo plazo de la electrificación. Damir Novosel, en su columna "Esquina del líder", analiza cómo la PES apoya y coopera con los gobiernos, autoridades reguladoras y otras organizaciones de la industria a nivel mundial en cuestiones técnicas relacionadas con temas de potencia, energía y política. La PES organiza innumerables conferencias y eventos de primer nivel sobre la industria en todo el mundo. Nuestra Sociedad permite la participación plena de otras Sociedades del IEEE a fin de abordar un gran número de cuestiones interdisciplinarias, como la implementación de redes inteligentes. Usted, nuestros voluntarios y la dedicación del personal del IEEE hacen que todo esto sea posible, conforme el IEEE, y la PES particularmente, continúa creciendo. ¡Gracias por su apoyo!

Esta edición ofrece una perspectiva mundial sobre la educación en ingeniería de potencia.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a Mel Olken, quien sigue ofreciendo orientación y tutelaje, y al personal de IEEE Publications que hace que esta revista sea posible. Damos las gracias a los muchos colaboradores de esta edición, en especial a nuestra editora invitada, Edvina Uzunovic, y a nuestros autores invitados. Enviamos un especial reconocimiento al Editor Asociado John Paserba y a Robert C. Henderson, quien proporciona asistencia editorial.

DSATools™
Dynamic Security Assessment Software

Offering a simple, user-friendly interface with extensive analysis options, DSATools™ is a suite of software tools for power system analysis. The software is designed for applications in both off-line studies and on-line dynamic security assessment.

www.dsatools.com



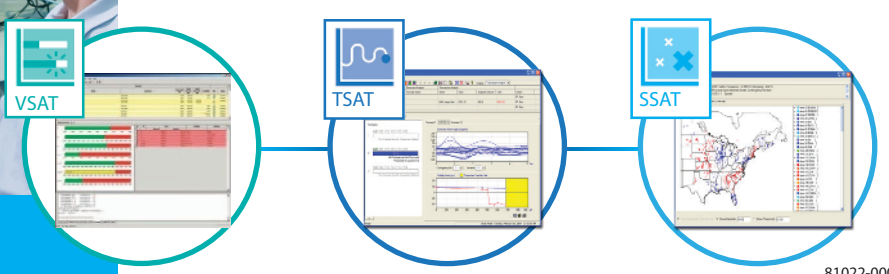
Advanced modeling and analysis features include:

- Comprehensive capabilities for voltage, transient, small signal, and frequency stability assessment
- Integration with EMS/WAMS for on-line DSA to assess security of real-time system conditions
- Computation of secure operation regions (stability limits)
- Recommendation of remedial actions

Experience and support:

- Prominent provider of the on-line DSA technology with over 40 installations worldwide including 7 out of 9 ISOs in North America
- Consulting services for custom software and model development, system studies, and training

Powertech

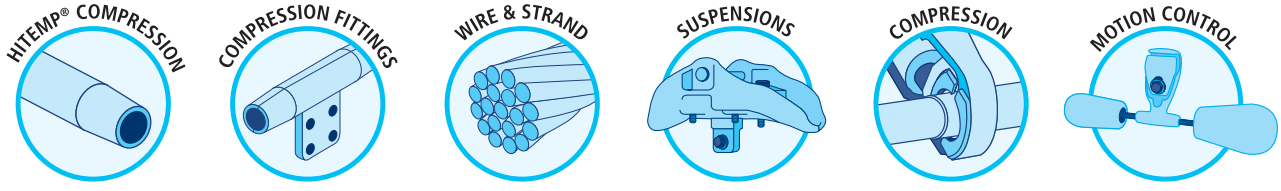


Contact us:
dsainfo@powertechlabs.com

81022-0005

THE TOTAL **PACKAGE**





AFL offers electric utilities a wide range of custom-designed solutions that will help increase efficiency of networking operation centers, power-generating facilities and substations. With more than 80 years of industry expertise, our substation solutions are developed for applications up to 765 kV and available for Swage, bolted or welded connections in bronze or aluminum materials. At AFL, we aren't just one piece of the solution, we are the solution.

AFL

AFLglobal.com/IEEE
800-235-3423

comparta sus ideas

envíe sus comentarios a mih.psat@gmail.com

SE ANIMA A TODOS LOS LECtores A compartir opiniones sobre cuestiones que afectan a la profesión de ingeniería eléctrica. Envíe sus cartas por correo electrónico a Michael Henderson, editor jefe, mih.psat@gmail.com. Las cartas pueden editarse para la publicación.

Correcciones y explicaciones adicionales

Los lectores enviaron sus preguntas y advirtieron varios errores tipográficos en el artículo de nuestra edición de mayo/junio de 2018, "Sincrofasores de distribución" [1]. Solicitamos a los autores que brinden algunas explicaciones adicionales y corrijan algunas cifras y textos.

De los autores

Las unidades de medición de fasores (PMU, por sus siglas en inglés) a nivel de distribución ofrecen nuevas e interesantes aplicaciones técnicas, y esperamos continuar la conversación a través de las actividades del IEEE. Los siguientes comentarios tienen por objeto abordar de forma breve algunas de las preguntas y comentarios recibidos:

- ✔ Como se muestra en el Gráfico 1, la ubicación del sensor 1 de la μPMU, en el cabezal alimentador, tiene la carga completa del circuito de 12.47kV y la ubicación del sensor 2 de la μPMU muestra las lecturas de la carga comercial local de 480kV. Por esta razón, las relaciones de corriente en estado estacionario difieren de la relación de vueltas del transformador de 12.47kV a 480V. Sin embargo, la relación de las lecturas transitorias de PMU (aproximadamente 200 A: 7 A) se aproxima a la relación de vueltas.
- ✔ Las diferencias en las tensiones presentadas en el Gráfico 2 se muestran intencionalmente en escalas actuales para resaltar el hecho de que la falla ocurre en el alimentador 1.
- ✔ El Gráfico 4 muestra que una PMU remota (en el cabezal alimentador) puede detectar problemas de equipo en un circuito. En este ejemplo, las fases A y C evidencian la conmutación atrasada de una batería de condensadores.

Si tiene alguna pregunta y comentario adicional, escriba a hamed@ece.ucr.edu.

Asimismo, en la siguiente sección, se corrigen en rojo algunos errores tipográficos que aparecieron en la sección original de "Una nota sobre los ejemplos 3 y 4" del artículo.

Los gráficos 1(b), (d), y (e) y gráficos 2(b) y (c) mostraron escalas incorrectas. Las cifras y escalas correctas se muestran a continuación con los cambios en rojo. Los gráficos 4(a) y (c) también mostraban etiquetas incorrectas. Las cifras y etiquetas correctas se muestran a continuación con los cambios en rojo.

Nota sobre los ejemplos 4 y 5

Vale la pena enfatizar que ni las anomalías de la batería de condensador en el Ejemplo 4 ni las anomalías del transformador en el Ejemplo 5 fueron identificados por otros sensores existentes en la red pública. Ambos conjuntos de anomalías se presentaron como eventos transitorios, solo visibles para los sensores con altas tasas de muestreo en milisegundos, como las μPMUs. A pesar de que las μPMUs de la vida real, que proporcionaron las mediciones para realizar los análisis en los ejemplos 4 y 5, no fueron en un inicio pensadas para el análisis de ninguno de los ejemplos, fueron capaces de proporcionar mediciones remotas muy esclarecedoras para detectar fallas incipientes.

> Las unidades de medición de fasores a nivel de distribución ofrecen nuevas e interesantes aplicaciones técnicas.

La aplicación de detección de fallas incipientes, junto con una comunicación cercana en tiempo real, permitirá

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2844419
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018

READY TO SWITCH?

Receive up to 60% off when you switch to SKM.

You'll also receive free service to convert competing software projects over to SKM!

*"The main advantage with Power*Tools for Windows is its user-friendliness. PTW is easy to use and the ready-to-use standard models enable you to speed up your work. Changing data is simple and makes evaluating different cases very easy."*

SKM SYSTEMS ANALYSIS, INC. 47th ANNIVERSARY 1972 ~ 2019

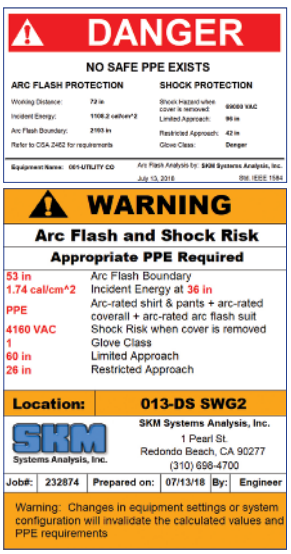
SKM Systems Analysis, Inc.

One Pearl Street
Redondo Beach, CA 90277
1-800-500-4SKM
www.skm.com • sales@skm.com

SKM Power*Tools®

ELECTRICAL ENGINEERING SOFTWARE

ARC FLASH EVALUATION



- Design safer power systems while ensuring compliance with NEC, OSHA, BFPA, IEEE, NESC, and CSA standards
- Fully integrated with Short Circuit, Over-Current Coordination, and Equipment Evaluation modules
- Evaluate alternatives quickly and easily to establish an optimal design
- Improve safety margins with user-definable arcing fault tolerance
- Save time by automatically generating arc flash labels and work permits
- Determine required PPE levels instantly
- Increase flexibility by creating custom labels in any size with user-defined logos, text, comments, and field placement.
- Avoid potential fines, post productivity, and increased insurance and litigation costs.
- Compare results from multiple project scenarios in a single table

ADDITIONAL SOFTWARE FROM SKM

DAPPER® Integrated Electrical Analysis Software. Comprehensive Three Phase Short-Circuit Studies, Load Flow Study, Demand Load Study, Feeder and Transformer Sizing Study, Impact Motor Starting Study, and Load Schedules. (Unbalanced Studies also available)

CAPTOR® Time-Overcurrent Coordination. Graphical Time-Overcurrent Coordination. Integrated with one-lines, short-circuit modules, Equipment Evaluation, and Arc Flash. Comprehensive protective device library.

NEW **AUTO COORDINATION & EVALUATION** Instantly identify coordination and protection issues by evaluating each equipment for adherence to the National Electric Code (NEC). Automatically make changes to resolve violations.

NEW **CABLE AMPACITY** Accurate calculation of ampacity and temperature rise in various power cable installations. Based on and fully compliant with IEC 60287.

A_FAULT ANSI Short-Circuit Study. Three Phase Short-Circuit Study based on the ANSI/IEEE C37 Standards. Separate solutions for low, medium and high voltage systems and for symmetrical, momentary and interrupting calculations. (Unbalanced Studies also available)

EQUIPMENT EVALUATION Equipment Evaluation Report. Automatically compares short-circuit ratings, withstand ratings. Applies de-rating adjustments and user defined pass/marginal/failed criteria. Includes error checking for input data and topology.

TMS Transient Motor Starting Simulation. Time-based motor starting simulation with graphical output. Includes reduced voltage and capacitor starting, graphical motor and load models.

HI_WAVE Power Quality Investigation and Filter Design. Frequency Scan, Harmonic Current, Voltage Distortion, Harmonic Load Flow and Interactive Filter Design. Evaluate and correct harmonic distortions.

NEW **AUTO DESIGN** Automatically sizes Cables, Transformers, Buses, and Protective Devices to achieve proper size and ratings that meets criteria limits set by the Equipment Evaluation study. Utilize user-defined Design libraries. Best suited for new system designs or to resolve undersized and/or overdutied equipment for existing systems. (Requires Equipment Evaluation module)

I*SIM Dynamic Simulation and Transient Stability. Model, Simulate, and Analyze Dynamic Responses to Power System Electro-Mechanical Disturbances. Includes Generator Sizing and Stability, Rotor Angle and Voltage Stability, Flux Level Machine Representation, Identify Fault Clearing Times. User Defined Graphical Models for Exciter, Turbine Governor, PSS, and other controllers.

DISTRIBUTION RELIABILITY Calculates the reliability indices of individual load points and the overall distribution systems with either radial or loop configuration.

DC SYSTEMS ANALYSIS Battery Sizing, Load Flow, & Short Circuit Analysis. Evaluate all loading conditions for DC duty cycle loads and AC emergency loads. Complies with IEEE std. 485, 1115, 399, 946, and IEC std. 61660.

GROUND MAT Substation Ground Grid Design and Analysis. Optimizes grid design using general purpose finite element algorithm for potential analysis and graphical facilities to validate grounding systems efficiency.

NEW **Data Exchange** Seamlessly share project data between SKM projects and other third-party software. Exchange format includes Tab Delimited, CSV, and SKM XML. Also includes an interface to exchange data with Autodesk Revit and Intergraph SmartPlant Electrical.

SKM Power*Tools Training Classes

Visit **skm.com** to find a class near you today!
Hurry, classes fill up fast!
Training more than five engineers?
Email **training@skm.com** for a personalized On-Site Training quote.

101/102	Introduction to SKM Power*Tools
103/104	Intermediate Topics in SKM Power*Tools
201/202	Power System Application – Coordination & Arc Flash
204/205	Motor Starting and Harmonics
206	DC System Analysis & Arc Flash
207	Grounding and Applications

CHOSEN BY THE TOP 40 ELECTRICAL ENGINEERING FIRMS IN THE WORLD

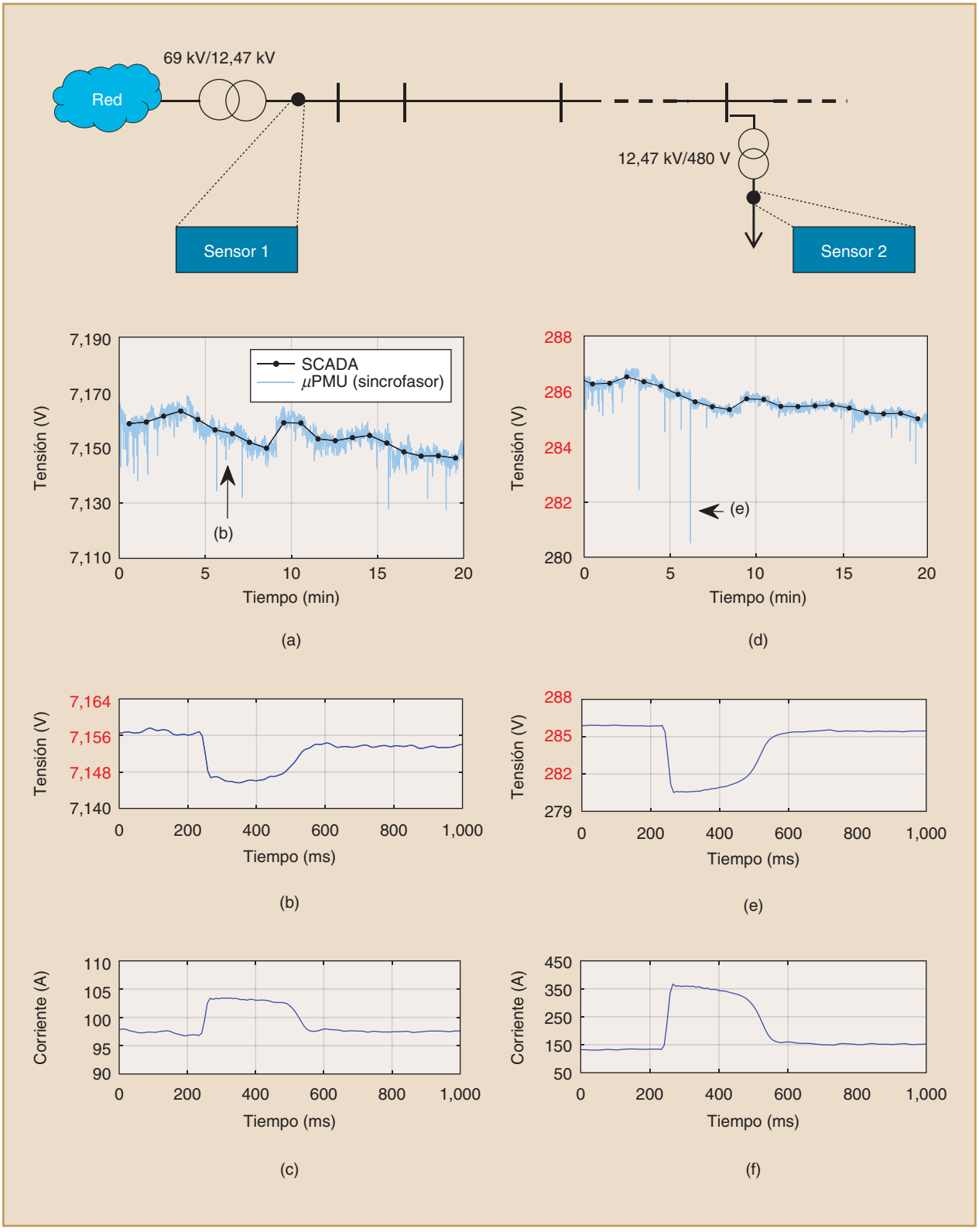


gráfico 1. Ejemplo de lecturas de la μPMU en comparación con un estándar de SCADA o lectura de medidor: (a) SCADA y las mediciones de la μPMU en la ubicación del sensor 1, (b) la medición de la magnitud de tensión por la μPMU en la ubicación del sensor 1 después del acercamiento, (c) la medición de magnitud actual por la μPMU en la ubicación del sensor 1 después del acercamiento, (d) SCADA y las mediciones de la μPMU en la ubicación del sensor 2, (e) la medición de la magnitud de tensión por la μPMU en la ubicación del sensor 2 después del acercamiento y (f) la medición de magnitud actual por la μPMU en la ubicación del sensor 2 después del acercamiento.

The Industry Standard for Electromagnetic Transient Simulations

PSCAD™ / EMTDC™ has earned the trust of power system leaders around the world for over 40 years. Our software provides unparalleled reliability, speed, and accuracy for a range of applications, including:

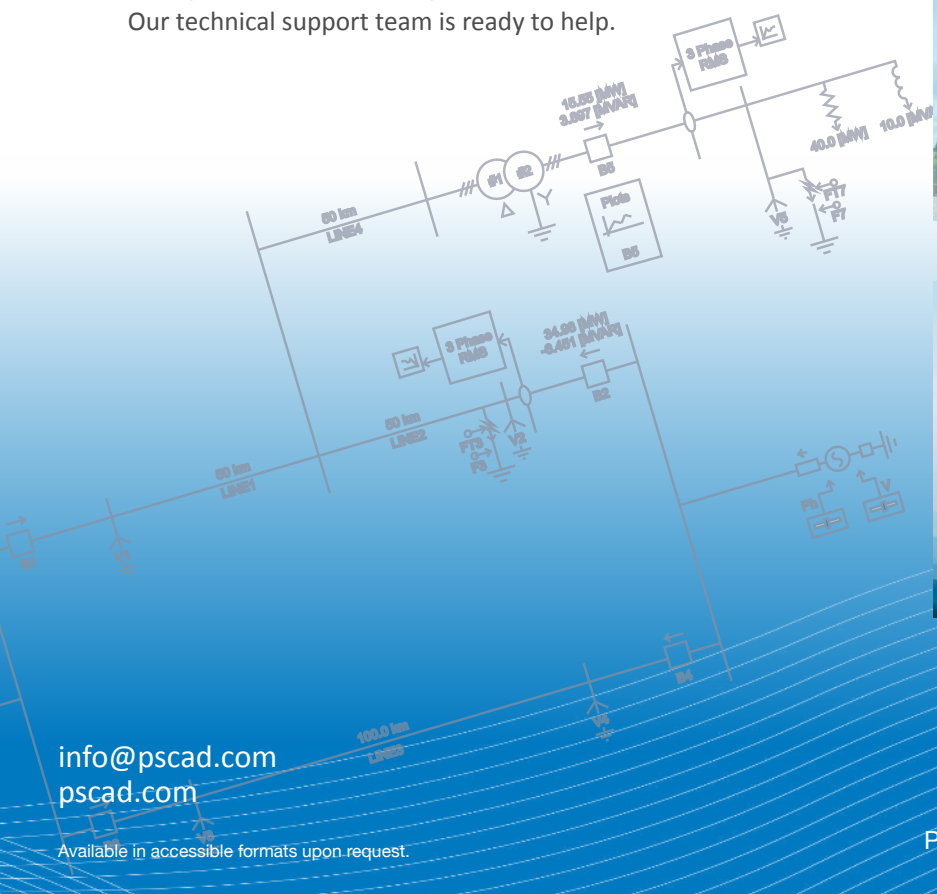
- Insulation coordination: lightning and switching;
- Harmonics, ferroresonance, and power quality;
- HVDC and FACTS;
- Wind, solar, and distributed generation;
- Protection and relays;
- Equipment failure analysis.







Start your simulations today.
Our technical support team is ready to help.



info@pscad.com
pscad.com

Available in accessible formats upon request.

Powered by Manitoba Hydro International Ltd.

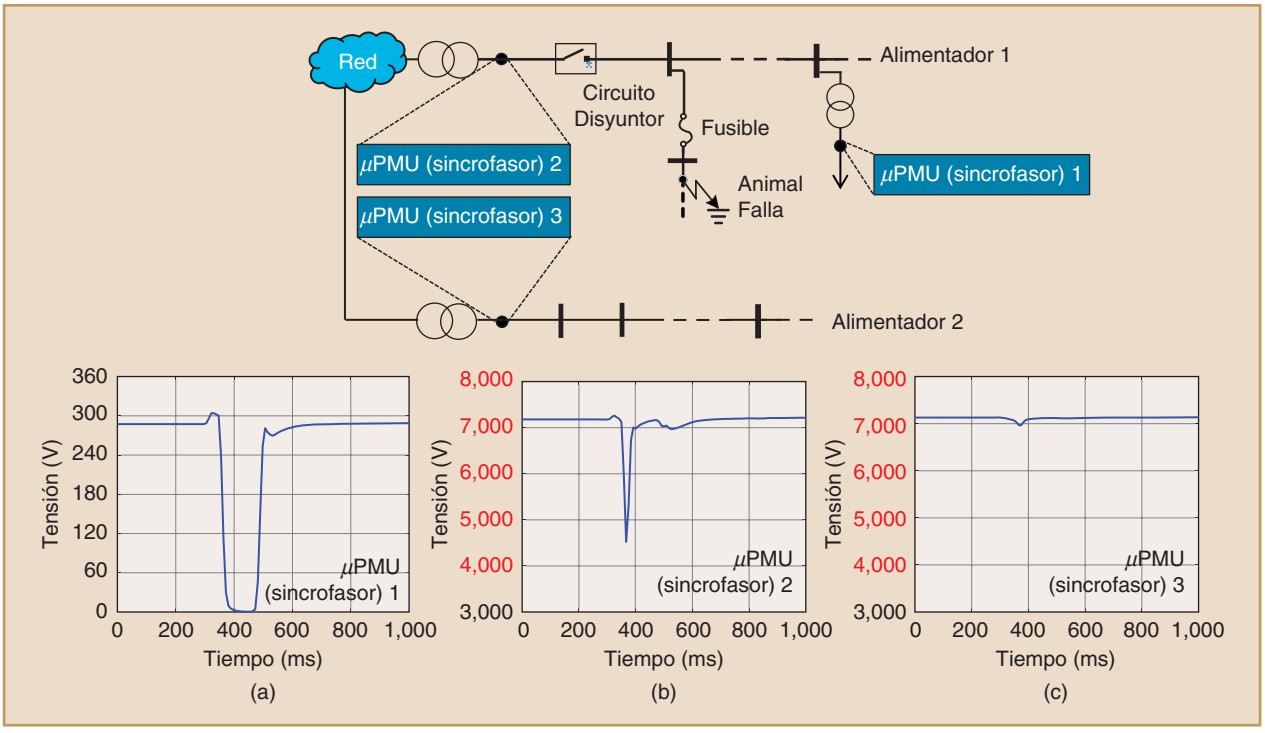
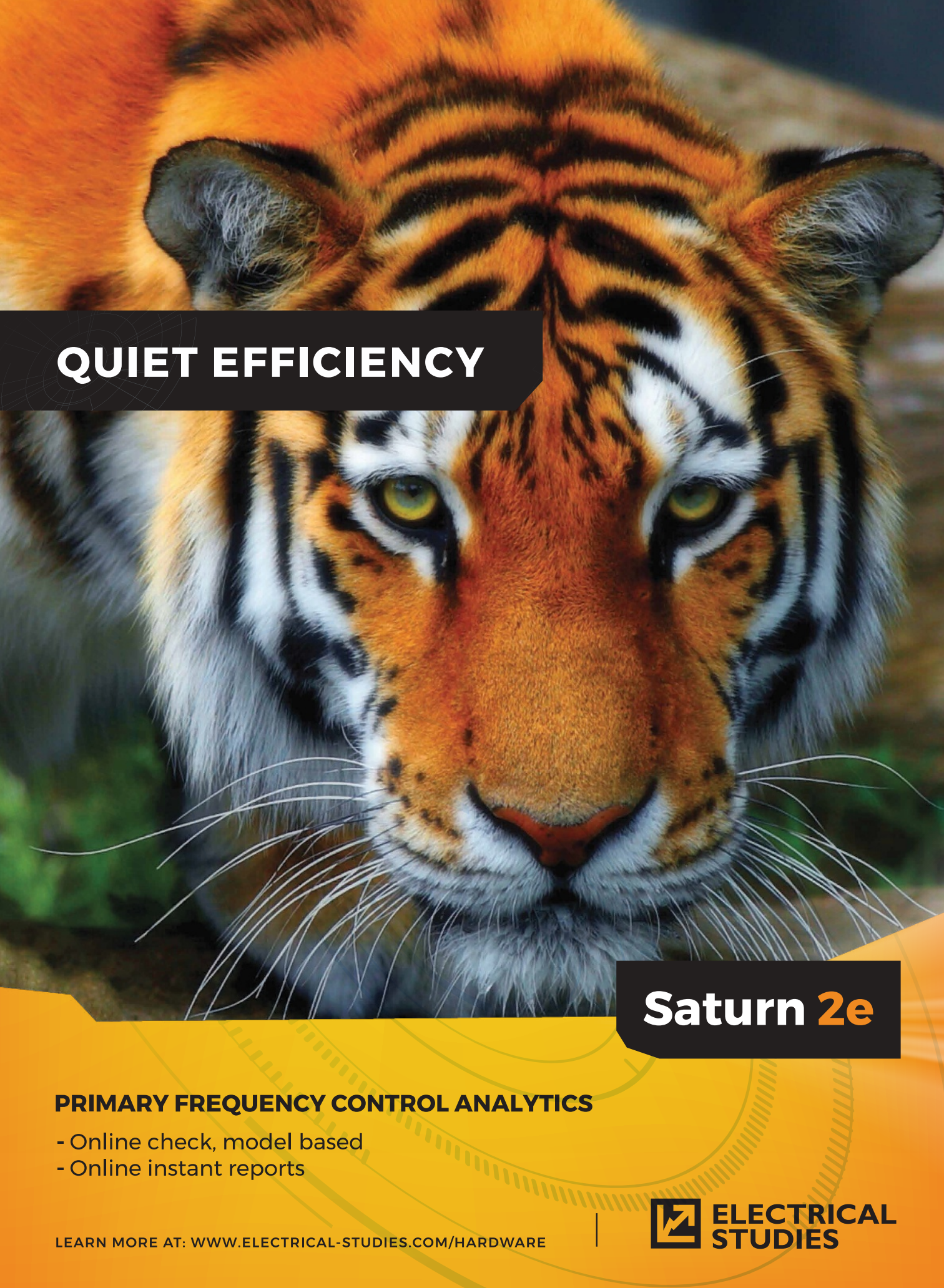


gráfico 2. El impacto de una falla de cortocircuito causada por un animal y registrada en tres ubicaciones geográficas. (a) La falla de cortocircuito reduce, de manera momentánea, la tensión a cero en la ubicación de la μPMU 1, lo que causa una breve interrupción. (b) La falla de cortocircuito también genera una caída de tensión severa en la μPMU 2. (c) La μPMU 3 registra una caída de tensión considerable en otro alimentador, aunque mucho menos grave que la capturada por la μPMU 2.




QUIET EFFICIENCY
Saturn 2e
PRIMARY FREQUENCY CONTROL ANALYTICS
- Online check, model based
- Online instant reports
LEARN MORE AT: WWW.ELECTRICAL-STUDIES.COM/HARDWARE
ELECTRICAL STUDIES

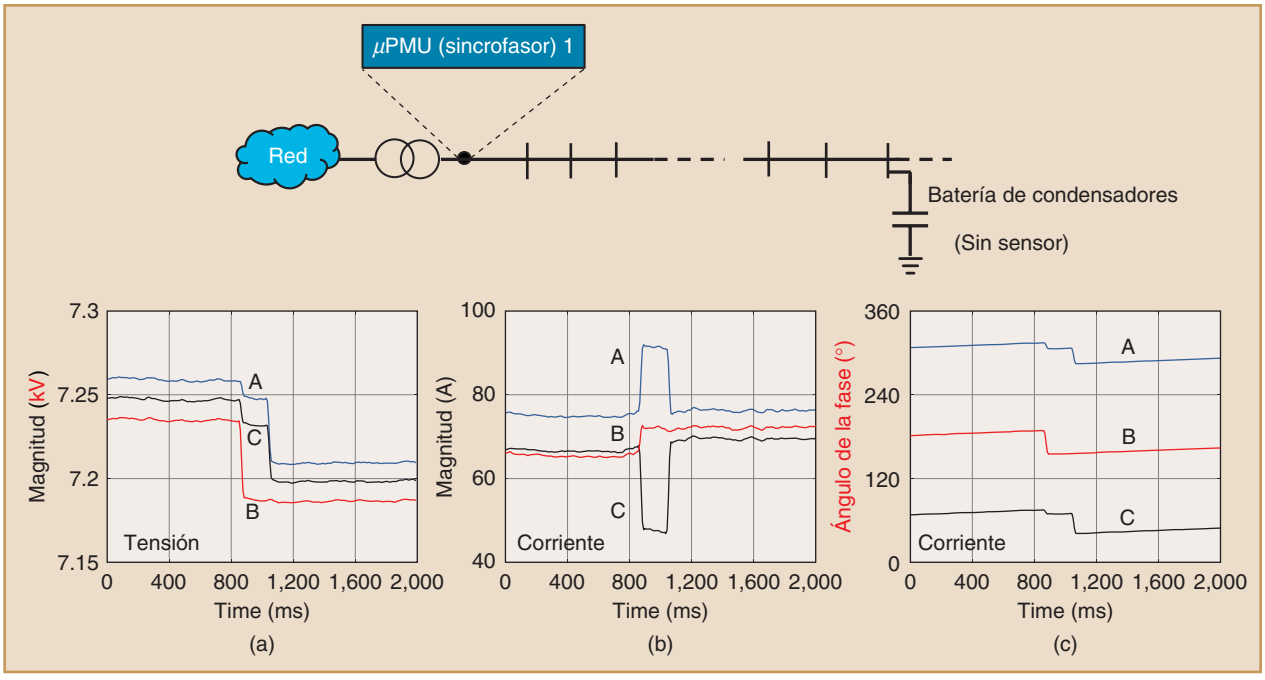


gráfico 4. Un evento de desconexión de una batería de condensadores conmutados en observación remota por una μPMU. (a) La desconexión del condensador provoca una caída permanente de tensión. (b) Se produce un sobreimpulso de corriente grave en la fase A y un subimpulso de corriente grave en la fase C durante el evento de desconexión de la batería de condensadores. (c) Por lo visto, la batería de condensadores no se desactiva inicialmente en las fases A y C en el momento de la conmutación, sino varios ciclos más tarde; según se observa con base en los cambios del ángulo de fase de corriente.

BSI

Bigwood Systems, Inc.
www.bigwood-systems.com
sales@bigwood-systems.com
t: +1.607.257.0915
f: +1.607.257.0237

World Leader in Developing Powerful and Field-Proven On-line and Off-line Tools for Power Grid On-line Monitoring, Assessment, Enhancement, and Optimization

Innovation prevails!
*BSI has invented and holds the rights to **18** patents in this area of expertise.*



On-line, Look-ahead, and Day-ahead Solutions

- **Real-time and Look-ahead Static and Dynamic Security Assessment** (patented screening, ranking, and detailed analysis)
- **Actionable Control Recommendation Engine** to eliminate violations and mitigate unstable contingencies
- **On-line System Operating Limit Engine**: on-line operating limit determination for voltage stability, transient stability, and small-signal stability
- **On-line Volt/VAR Assessment and Control**, including on-line reactive reserve management
- **Next-Generation State Estimation** for transmission and distribution networks with a low number of measurements (patent pending)
- **Global Optimal Power Flow** for over 250,000 control variables with AC/DC power flow and security constraints, including feasibility check
- **Advanced PMU-based Applications** software portfolio

"Bigwood Systems' Online Voltage Stability product is simply the best in the field."
- CAISO Project Leader

"BSI On-line Transient Stability Assessment is a superb product."
- TEPCO Manager

"The BSI VAR Management System is a best practice tool for all utilities."
- SERC Audit Staff

World-Wide Customer Base

BSI has provided solutions and services to over 35 electrical utilities world-wide, including long-standing customers such as **California ISO**, **PJM Interconnection (the largest system operator in the world)**, **Tokyo Electric Power Company (TEPCO)**, **Tennessee Valley Authority**, and **United Kingdom Power Networks (England)**, among others. BSI's advanced technology, innovation, and satisfied customers are key differentiators.

A NEW DAY OF ENERGY | IS ON THE HORIZON

NuScale is a pioneering force, advancing the energy industry. We're challenging what's possible in the field by developing a new nuclear power technology. Through innovative design and best practices, we're producing smarter, cleaner and safer energy to power all humankind. Together, we can usher in a new era of energy. nuscalepower.com



NUSCALE™

Power for all humankind

acciones correctivas oportunas. Por ejemplo, en el Ejemplo 5, se tomaron rápidamente las medidas para reducir la carga del transformador, sin mayor intervención por parte del operador o del equipo de campo, y se marcó el transformador para su reparación. Dichos enfoques proactivos ayudan a evitar las interrupciones al consumidor, permiten que los servicios públicos sean reparados en lugar de funcionar hasta fallar, y minimizan el tiempo de despacho del equipo de campo.

Referencia

[1] H. Mohsenian-Rad, E. Stewart y E. Cortez, "Distribution synchrophasors" (Sincrofasores de distribución), *IEEE Power Energy Mag.*, vol. 13, n.º 3, págs. 26–34, 2018.

—Hamed Mohsenian-Rad, Emma Stewart y Ed Cortez

Damir Novosel

más potencia para el futuro

tendencias en la industria de potencia y energía eléctrica

LA INDUSTRIA DE POTENCIA Y energía eléctrica es una piedra angular en una sociedad próspera, porque todas las funciones económicas y sociales fundamentales dependen del funcionamiento seguro y confiable de las infraestructuras de potencia y energía eléctrica. Las proyecciones muestran que el consumo total de energía a nivel mundial se duplicará para el año 2050, y la potencia y energía eléctrica representan una gran parte de dicho crecimiento. Aunque se ha logrado una reducción significativa en el uso de energía a través de programas y tecnologías de eficiencia energética, la necesidad de energía eléctrica seguirá en aumento (por ejemplo, transporte eléctrico, centros de datos y ciudades inteligentes con mayores necesidades de energía eléctrica), y esto irá acompañado de un crecimiento en la población.

La proliferación de recursos energéticos renovables, almacenamiento y vehículos eléctricos ha creado oportunidades excepcionales para un suministro de potencia confiable y rentable que, además, atienden las necesidades ambientales y ofrecen más opciones a los consumidores. A medida que se distribuyen más recursos energéticos, es importante establecer objetivos para que puedan ser utilizados y conectados de la forma más efectiva, garantizando que el costo, la confiabilidad y la seguridad no se vean afectados de forma negativa.

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2842338
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018

Esto incluye abordar los siguientes temas: flujo de potencia bidireccional, corrientes de falla bajas y operación de protección segura y confiable, gestión de la tensión, inercia baja del sistema que requiere una mejor regulación de la frecuencia, mejorar la confiabilidad y seguridad, congestión de la transmisión y gestión de activos obsoletos.

Puede que no tengamos una bola de cristal para predecir el futuro, pero a medida que el suministro de potencia eléctrica se va distribuyendo más, es necesaria una red de transmisión y distribución (T&D, por sus siglas en inglés) sólida, híbrida y modernizada que permita la conexión con los consumidores y los recursos de generación para la confiabilidad y el alcance del mercado, así como para aprovechar los recursos de generación renovables remotos, como los parques eólicos y solares y las plantas hidroeléctricas y centrales hidráulicas por bombeo.

Grupo de trabajo de apoyo técnico a la industria

Las autoridades reguladoras y las agencias del gobierno tienen un papel definido en cómo la industria aborda los objetivos y los temas antes mencionados. El IEEE está en una posición única para proporcionar conocimiento técnico independiente y objetivo a través de sus diversas membresías globales, conduciendo a la industria y a la sociedad hacia la modernización de la red. Para facilitar el proceso, el IEEE ha firmado varios acuerdos de memorando de entendimiento (MOU, por sus siglas en inglés) con el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE, por sus siglas en inglés), la Comisión Federal Reguladora de Energía de los Estados Unidos (FERC, por sus siglas en inglés), la Corporación de Confiabilidad Eléctrica Norteamericana (NERC, por sus siglas en inglés), el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, el Foro de Transmisión de Norteamérica (NATF, por sus siglas en inglés) y el Energy Systems Integration Group, Inc.

El IEEE ha creado el grupo de trabajo de Apoyo Técnico a la Industria (ITS, por sus siglas en inglés) con el objetivo de apoyar y cooperar mejor con los gobiernos, autoridades reguladoras y otras organizaciones de la industria a nivel mundial en cuestiones técnicas relacionadas a temas de potencia, energía y políticas. El grupo de trabajo de ITS, formado por líderes de la industria, tiene como objetivo llegar a los miembros del IEEE, partes interesadas y diversas organizaciones (por ejemplo, comités técnicos, Red Inteligente, Ciudades Inteligentes, Capítulos) para facilitar la elaboración de diversos documentos (por ejemplo, estándares, guías e informes), ofrecer tutoriales y talleres relevantes, ayudar a atender las necesidades educativas de estas organizaciones y participar en conferencias y eventos. El grupo de trabajo opera de forma estrecha con la Asociación de Estándares (SA, por sus siglas en inglés) del IEEE, IEEE-USA y otras sociedades del IEEE según sea necesario. El periodo de mandato de todos los

ADVERTISEMENT

IEEE 1584-2018 Arc Flash Incident Energy Calculation

New Standard, New Method, New Learning Curve

A NEW CHALLENGE IS AHEAD FOR THE electrical safety community. The revision process of IEEE Std. 1584 Guide to Performing Arc Flash Hazard Calculations is almost complete. Engineers everywhere will be challenged with understanding how to apply this new model. The Industry has awaited this update for almost two decades, and now that it is here, safety experts are getting ready to explain why the thermal incident energy calculations may be different!

The new arc flash model is the result of the NFPA and IEEE collaboration effort to improve the accuracy of the IEEE 1584-2002 incident energy calculations. Immediately after the first arc flash model was released, a few researchers published their findings about missing electrical conductor configurations known in the industry as vertical conductors in a box terminating in an insulating barrier (VCBB), horizontal conductors in a box (HCB) and in open-air (HOA). If present in actual equipment, these configurations yield higher energy outputs and may require higher PPE arc rating selections.

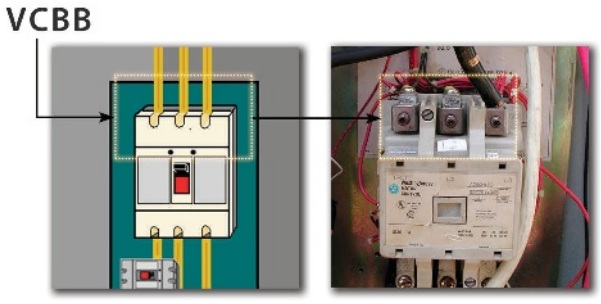


***Figure 1**. New Electrode Configurations as described in IEEE 1584-2018 D6*



Further laboratory testing performed by IEEE and NFPA led to the development of a new model to represent the physical behavior of arc current and incident energy.

The new model includes the effects of both horizontal (HCB, HOA) and vertical conductor orientations (VCB, VOA, VCBB), plus refined models for arc current variation and enclosure size effects on the incident energy.

Perhaps the most difficult question that safety experts may have to deal with is how to detect and classify equipment into one of the five electrode configurations.

In conclusion, the new IEEE 1584-2018 model poses a big implementation challenge. Fortunately, ETAP has actively participated in the development and validation of this model to ensure its correct application in power system analysis software.

For more information, watch the latest technical webinar, titled: '*New IEEE 1584-2018 Arc Flash Incident Energy Calculation Method using ETAP'* at **etap.com/arcflash**

Integrated Safety & Protection Software

- AC & DC Arc Flash
- IEEE 1584-2018 & NFPA 70E
- ArcFault™ - High Voltage Arc Flash - OSHA
- Star™ - Protective Device Coordination

etap
Powering Success

Request a live demo & pricing

etap.com/arcflash

miembros es de un año con posibilidad a ser reelegidos por periodos adicionales de un año, sin exceder los cinco años de servicio en total en este puesto. Para obtener mayor información, visite https://www.ieee-pes.org/ieee-cooperation-structure-on-policy-support. A continuación, se describen algunas de las iniciativas de cooperación.

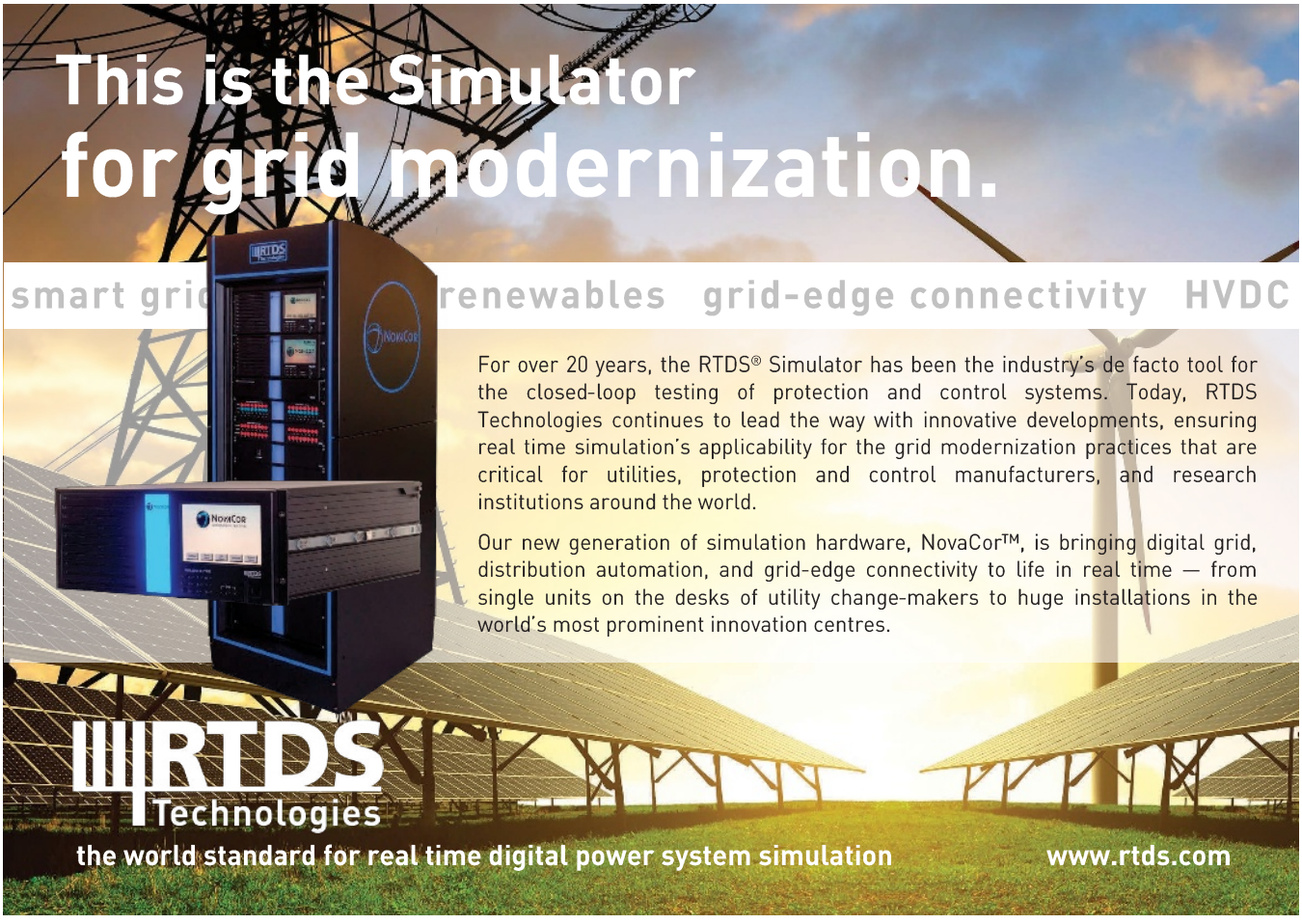
La SA del IEEE y la Power & Energy Society (PES) del IEEE han estado trabajando con NERC para identificar una lista de temas prioritarios y crear un plan para abordarlos. Uno de los temas prioritarios ha sido desarrollar una guía sobre el impacto de la generación basada en inversores de la dinámica del sistema de potencia a gran escala y el rendimiento de cortocircuito. Se formó un grupo de trabajo a partir de varios comités técnicos para desarrollar esta guía por vía rápida en septiembre de 2018. El objetivo es que NERC use la guía para sus estándares y para que el IEEE elabore documentos de seguimiento.

Las iniciativas realizadas con FERC incluyen un taller sobre el estándar 1547 del IEEE, el estándar de interconexión de fuentes de energía distribuida (FED), y un tutorial sobre almacenamiento de energía del Comité de Almacenamiento de Energía y Baterías Estacionarias. Ambos han proporcionado información técnica a la FERC para contribuir a una toma de decisiones reguladoras mejor informadas. Asimismo, el Grupo de Trabajo del IEEE para la Definición y Cuantificación de la Resistencia dio respuesta al expediente de resiliencia AD18-7-000 de la FERC en muy poco tiempo.

El DOE solicitó al IEEE que elaborara un informe técnico sobre el impacto del estándar 1547 del IEEE en los inversores inteligentes. El veloz grupo de trabajo para este tema entregó el documento en mayo de 2018 (en aproximadamente seis meses). Nuestros voluntarios también han brindado apoyo en otras iniciativas del DOE, como la plataforma del sistema de distribución de próxima generación y la digitalización de la red.

El IEEE ha apoyado la participación de autoridades reguladoras y otras organizaciones de la industria [por ejemplo, el DOE, el NERC, la FERC, el NATF, la Comisión de Servicios Públicos de California (CPUC, por sus siglas en inglés) y la Red Europea de Gestores de Sistemas de Transmisión de Electricidad] en las conferencias y talleres del IEEE, incluyendo las Tecnologías Innovadoras de la Red Inteligente de 2018 de la PES del IEEE (presidido por Michael Pesin, subsecretario adjunto del DOE) y el taller del Capítulo de San Francisco de la PES sobre la integración de FED en la CPUC. Representantes del IEEE han asistido a conferencias técnicas de la FERC, así como a conferencias realizadas por las autoridades reguladoras estatales.

Bajo el liderazgo de su grupo de trabajo, los comités técnicos de la PES





Are you measuring Power Factor with the latest technology?

CAPO 2.5

Portable – Accurate Power Factor Test Set

Raytech's CAPO 2.5 offers features that allow you to take advantage of the current and future testing methods being utilized for testing.

- Enhanced Insulation Analysis: Utilizing variable frequency from 10Hz to 400Hz
- Portability: Single unit weighing less than 50 lbs
- Line- or Battery- Operated: Convenient for use in any location
- Safe: External safety switch and safety ground for increased protection
- 5-Year Standard Warranty: Ensures lower operating costs and many years of care-free, continuous operation

For more information regarding the newest test methods and standards for Insulation Power Factor testing, email: Info@RaytechUSA.com

We'll send you a free copy of the whitepaper!

Raytech U.S.A. Inc.

Toll Free: 888 484 3779 | Phone 267 404 2676
118 South 2nd Street, Perkasie, PA 18944
www.RaytechUSA.com

contribuyeron a las declaraciones de posición de la iniciativa de política pública europea del IEEE sobre la electrificación del transporte, el almacenamiento de energía para la integración renovable en la Unión Europea y otros temas. Estos logros significativos no habrían sido posibles sin la valiosa contribución de los voluntarios del IEEE. ¡Quiero darles mi más sincero agradecimiento!

Otras iniciativas

Como parte de nuestros objetivos estratégicos para involucrar y aumentar la membresía de la industria a nivel mundial, nos hemos centrado en comunicar el valor de la membresía del IEEE a la administración de la compañía a fin de promover la participación de sus empleados. Bajo el liderazgo de la vicepresidente de Nuevas Iniciativas de la PES, Shay Bahramirad, creamos el Consejo Asesor Ejecutivo (EAC, por sus siglas en inglés) para Norteamérica, y estamos en el proceso de creación de EAC para otras regiones.

La PES también ha desarrollado paquetes de participación corporativa para alentar a las compañías miembro a que insten a sus empleados para que se unan y participen en diversas iniciativas del IEEE. A cambio, el IEEE ofrece capacitación, oportunidades de participación y más. Por ejemplo, bajo el liderazgo del actual presidente de la PES, Saifur Rahman, el IEEE ha firmado un MOU con State Grid of China Corporation. También estamos trabajando con otras organizaciones (por ejemplo, NextEra) para explorar oportunidades de membresía corporativa.

Puesto que tenemos una tradición de organizar conferencias y eventos de la industria de primer nivel, nuestros voluntarios han llevado a cabo algunas iniciativas muy interesantes para ampliar la participación industrial y global. Para aprovechar el éxito de la Exposición y Conferencia de Transmisión y Distribución (T&D), estamos organizando eventos similares en América Latina y Asia (por ejemplo, en septiembre de 2018, T&D en América Latina en Lima, Perú y, en 2019, GT&D en Asia en Bangkok, Tailandia) y los ampliaremos para incluir recursos de generación de energía. Bajo el liderazgo del presidente electo de la PES, Frank Lambert, nuestros voluntarios de los Capítulos han comenzado a organizar de manera proactiva talleres anuales/bianuales sobre la industria que se centran en sesiones y tutoriales ejecutivos y técnicos sobre la industria. Se realizó una serie de talleres en 2017, y la tendencia continúa.



For long distance bulk transmission corridor, NR provides series compensation solution which helps system operator boost the transmission capacity and reduce the number of lines needed for green energy transmission so as to limit the impact to the environment.

NR's Series Compensation solution features

- Turnkey service package including planning, design, supply, installation, commissioning, training and maintenance
- Independent and redundant control and protection system
- Electronic CT with improved anti-interference capability
- Seismic design of platform according to IEEE 693
- Reliable and field-proven primary equipment
- Remote online monitoring and supervision upon request
- Retrofit and upgrade of old series compensation project

NR

www.nrec.com/en

NR Electric Co., Ltd.

69 Suyuan Avenue, Nanjing 211102, China
Tel +86 25 8717 8888 Fax +86 25 8717 8999
NRservices@nrec.com / NRsales@nrec.com

SIEMENS

Ingenuity for life

Time to switch

Rugged communications for the digital substation



Digitalization ushers in a new day for substations, opening up new prospects in the highly volatile energy market – as long as communication networks can reliably handle evergrowing amounts of data and precision timing on a single network even under extreme environmental conditions. With the new RUGGEDCOM RST2228, an IEEE 1588 19" rack switch featuring high port density with 10 GBit/s uplinks as well as the compact, full Gigabit RSG907R and RSG909R IEEE 1588 switches with PRP/HSR functionality, you'll be ready. Time to switch.

siemens.com/digitalsubstation

PDPA-A10348-00-7600

A medida que nuestra industria se vuelve cada vez más interdisciplinaria, el IEEE tiene la oportunidad de sacar provecho a la experiencia de todas las Sociedades. El papel de la electrónica de potencia en la industria de servicios eléctricos está pasando de ser una tecnología que permite la generación renovable y la mejora de la eficiencia energética a ser una tecnología de apoyo para la modernización de la red. Los ingenieros en sistemas de potencia eléctrica deben tener una mejor comprensión de los beneficios y las oportunidades de los equipos electrónicos de potencia, y los ingenieros en electrónica de potencia deben tener una mejor comprensión de las necesidades y requerimientos de los sistemas de potencia. Para atender esta necesidad, la Sociedad de Electrónica de Potencia y la PES han organizado conjuntamente talleres de redes de potencia electrónica. El Tercer Taller de Redes Electrónicas del IEEE se realizará en noviembre de 2018 en Charleston, Carolina del Sur (www.ieee-egrid.org).

Con base en todas las iniciativas mencionadas, creemos que el IEEE es una organización fundamental para implementar redes inteligentes en todo el mundo y proporcionar beneficios inigualables a nuestros miembros y a la industria, al educar estudiantes y profesionales, publicar artículos destacados, desarrollar y aplicar los estándares y compartir las mejores prácticas globales.

Me gustaría agradecer a todos los voluntarios y al personal del IEEE, quienes han liderado y apoyado estas iniciativas. ¡Gracias a todos por su dedicación y sus asombrosas capacidades que nos convierten en un gran beneficio para nuestra industria!

Por qué soy voluntario

Contemplando los impresionantes logros de los voluntarios y el personal de la PES en los últimos años, he recordado la importancia de ser un miembro activo del IEEE. En mi primera reunión con el Comité de Retransmisión de Sistemas de Potencia de la PES del IEEE en mayo de 1992, me sorprendí al encontrarme con leyendas de la industria. Gracias al IEEE, algunas de estas leyendas se convirtieron en mis mentores y amigos. Participar en los grupos de trabajo me ayuda a aprender no solo sobre cuestiones técnicas, sino también sobre cómo trabajar en equipo. Posteriormente, presidir los grupos de



UTILITIES & ENERGY

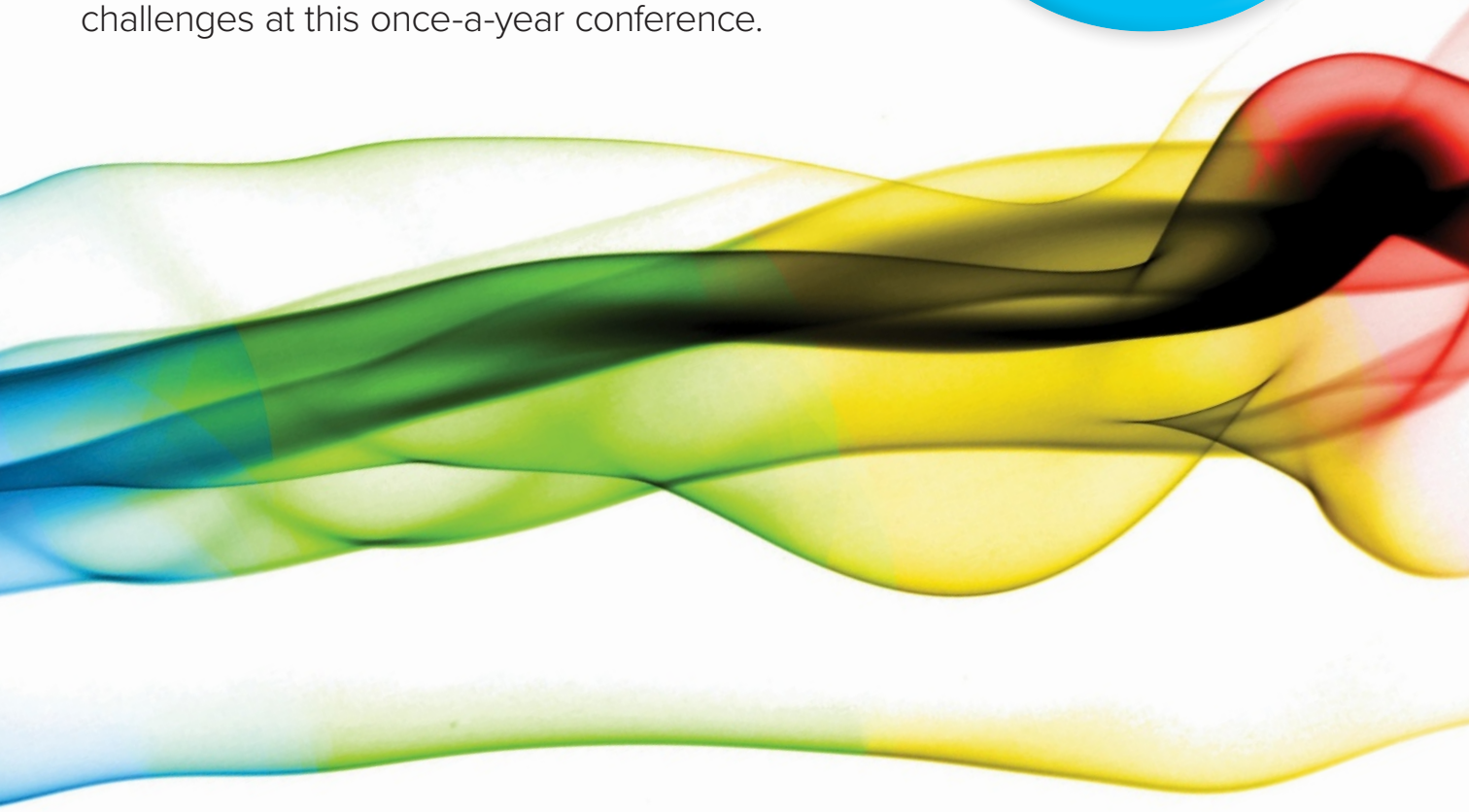
COMPLIANCE & ETHICS CONFERENCE

FEBRUARY 10-12, 2019 | HOUSTON, TX

GREAT EDUCATION AND NETWORKING

The utilities and energy industries are highly regulated, each with their own set of compliance issues. Find out about new regulations, dive deep into specific topics, and build connections with others facing similar challenges at this once-a-year conference.

SAVE
REGISTER BY DECEMBER 7



corporatecompliance.org/utilities

Questions? katie.burk@corporatecompliance.org

SCCE™
Society of Corporate Compliance and Ethics

trabajo fue una experiencia invaluable para el desarrollo de mis habilidades de gestión. Hay un dicho que dice: "Si uno puede gestionar voluntarios, uno puede gestionar cualquier grupo de personas". Mis colegas y yo hemos publicado artículos y participado en conferencias que me han ayudado a comunicar mejor lo que hemos logrado, lo que, a su vez, ha abierto puertas a nuevas colaboraciones y oportunidades de negocio.

Mientras trabajaba para un proveedor, me di cuenta de la importancia de los estándares, tanto para los usuarios como para los proveedores. Los proveedores necesitan requisitos estandarizados para desarrollar productos rentables y los usuarios necesitan proteger su inversión a lo largo del ciclo de vida eligiendo productos que cumplan con los estándares. Asimismo, es necesario que los usuarios participen en la elaboración de los estándares para garantizar que estos se ajusten a sus necesidades, y reciban capacitación sobre ellos. Estas son algunas de las razones por las que mi empresa, Quanta Technology, apoya la membresía del IEEE y la participación activa de todos los ingenieros.

He tenido el privilegio de trabajar con algunos de los mejores expertos de la industria y con jóvenes y futuros ingenieros que están en camino a convertirse en líderes de la industria. Esas interacciones moldearon mi carrera, y les agradezco a todos ustedes por ser una parte muy importante de mi vida profesional.

En pocas palabras, gracias a sus esfuerzos la PES continúa creciendo a un ritmo impresionante, 7.4% en 2017, que es un 40% del crecimiento total del IEEE. Con aproximadamente 40,000 miembros, la PES es actualmente la segunda Sociedad más grande del IEEE. Este crecimiento demuestra el valor que nuestra Sociedad proporciona a través de iniciativas líderes en la industria por parte de nuestra membresía diversa y global. La fortaleza del IEEE radica en el trabajo conjunto del mundo académico, las organizaciones de servicios públicos/estándares internacionales, los proveedores, las autoridades reguladoras, los investigadores y otros, y en que aprendan los unos de los otros en aras de la mejora de la Sociedad y de nuestra industria. p&e

Edvina Uzunovic

educación para la ingeniería

el futuro cambiante de la formación en potencia

MI HIJA FINALIZÓ EL SEGUNDO año de la escuela secundaria esta primavera y hemos empezado a pensar seriamente sobre su futuro: educación superior y, más allá de eso, las trayectorias profesionales. Aunque los orígenes de sus cromosomas son el producto de dos ingenieros, ella considera seriamente a la medicina como su futura profesión. Debido a mi firme creencia de que la ingeniería es el futuro (y el deseo un poco banal de que siga mis pasos), le sugerí que primero obtenga la licenciatura en ingeniería antes de seguir con medicina.

Después de todo, sostuve, la ingeniería no es sólo el futuro de la medicina: se utilizará en el futuro para obtener alimentos, agua potable y electricidad para el planeta. Por ejemplo, en el año 2017, el IEEE introdujo un nuevo tema técnico llamado *ingeniería de los alimentos*, para desempeñar un rol activo en "el desafío tecnológico y social en todo el mundo de preparar un futuro saludable y agradable para la humanidad en la Tierra (y en la exploración de nuevos planetas)". Los temas de ingeniería de los alimentos son multidisciplinarios y recogen conocimientos y prácticas de ingeniería para innovar con métodos eficientes y seguros de producción y entrega de alimentos que pueden impactar a miles de millones de personas.

Pero incluso si un adolescente altera el orden natural de las cosas y escucha a su madre, su viaje a través de la enseñanza y carreras de la ingeniería no se parecerá en nada a mi propia experiencia. Los ingenieros del mañana tendrán que colaborar de manera interdisciplinaria de formas nuevas para crear soluciones a problemas que aún no existen. Los sistemas de potencia del mundo no son la excepción. Las nuevas tecnologías de comunicación e información que no se empleaban con anterioridad en la industria de la energía han brindado a la red más resistencia, inteligencia y capacidad de auto-curación. A ello hay que agregar el crecimiento del interés en recursos de energía renovable y tenemos un obstáculo nunca antes visto para ingenieros de potencia en la actualidad.

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2843898
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018

Alteraciones en la educación sobre potencia

Los cambios en la propia industria de la energía crean un conjunto paralelo de desafíos para la educación sobre ingeniería eléctrica. Además de impartir cursos de sistema de potencia tradicionales, las facultades y universidades ahora necesitan no solo nuevos cursos en electrónica, tecnologías de información y comunicación, política, y economía, por mencionar algunos, todos en relación a la energía, sino también asegurar que los estudiantes se gradúen dentro del plazo tradicional de cuatro años.

A medida que sus planes de estudio se vuelcan más a la alta tecnología, muchas facultades y universidades también están adoptando la tecnología para brindar el programa de forma más accesible. Numerosos cursos que antes solo estaban disponibles en un entorno presencial ahora se ofrecen en línea, lo que permite una experiencia de aprendizaje más flexible y a ritmo individual. En los Estados Unidos, observamos un creciente interés en licenciaturas y másters en educación sobre ingeniería eléctrica. También existe una mayor demanda de educación continua en la mano de obra existente en el campo de potencia y energía, en forma de seminarios en línea y tutoriales relevantes a la red inteligente.

A lo largo de este número, aprenderá cómo los diferentes países aumentan sus esfuerzos para satisfacer estas necesidades académicas en la educación sobre energía. Por ejemplo, el sistema educativo italiano adoptó el "Plan Bolonia" o "3 + 2", en el que una licenciatura se otorga después de tres años, y el segundo título o maestría se otorga después de los dos años siguientes. Para obtener el título de tercer nivel o doctorado, son necesarios tres años más. Las universidades italianas están comprometidas a ofrecer una matrícula reducida según los ingresos de la familia del estudiante para así brindar educación asequible a todos, independientemente de la situación económica. Los modelos como este, si se utilizaran en todo el mundo, podrían mejorar considerablemente la diversidad de raza, género y clase en el mundo de la potencia eléctrica.

El rostro cambiante del IEEE

La mejora de la humanidad depende de la inclusión, de la ingeniería y de la

NTNU Norwegian University of Science and Technology

The Department of Electric Power Engineering at the **Faculty of Information Technology and Electrical Engineering**, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), **invites applications** for full-time tenured Professor/Associate Professor appointments in the following two areas:

- **Electrical Energy Informatics (EEI) –** Blockchain Technology and Artificial Intelligence for Electricity Markets and Power System Operation
- **Digital Power System Protection and Control (DPSPC)**

These are industry sponsored positions, created in collaboration with Statnett, the Transmission System Operator (TSO) of Norway. **www.statnett.no/en**

EEI: The Professor/Associate Professor will have responsibility for research and teaching within Electrical Energy Informatics. The focus is on the deployment of Blockchain Technology (BT), Artificial Intelligence (AI) and Big Data (BD) for Electricity Markets and Power System Operation. She/he will lead the research activities investigating transmission system operator- and distribution system operator related innovations by exploiting the complementarity between BT, AI and BD.

Applicants must hold a PhD in Computer Science or Information and Communication Technology, or Electrical Engineering, or similar, with sufficient specialization in energy informatics, BT, AI and BD. If not already possessing sufficient familiarity with electric power systems to understand the application domain, the candidate should demonstrate a strong willingness to strengthen her/his background in this regard.

DPSPC: The Professor/Associate Professor in DPSPC will have responsibility for teaching and research within digital protection and control in modern power systems. The focus is on relay protection and wide-area protection, including relay planning and testing, real-time simulation and the use of phasor measurement units in power system monitoring, protection and control. Applicants must hold a PhD relevant for the specified fields of research and teaching.

Further details about the positions can be obtained from Associate Professor Vijay Vadlamudi, **vijay.vadlamudi@ntnu.no**, or the Head of Department, Professor Ole-Morten Midtgård, **ole-morten.midtgard@ntnu.no**.

For more information, please refer to:
http://bit.ly/eei-iel
http://bit.ly/dpspc-iel

All applications must be submitted through **www.jobbnorge.no/en** ***View job IDs 153465 and 153462***. The deadline for submitting applications is **30 September 2018.**

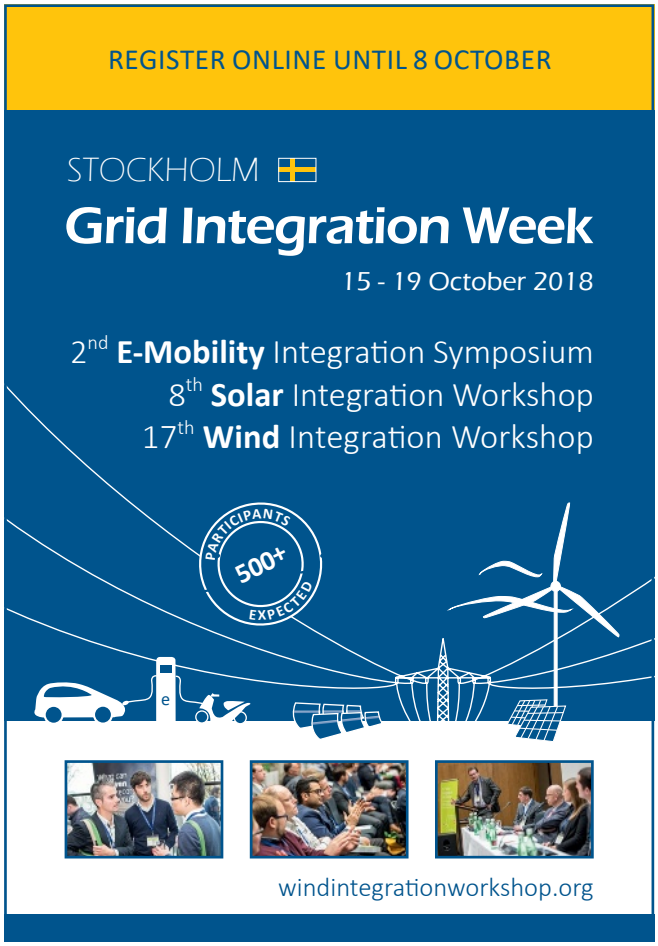
NTNU is committed to equality and diversity in recruitment. We endeavour to take actions aimed at eliminating barriers in the recruitment of women, and create policies and practices to advance diversity. We are seeking best qualified candidates, specifically women, for these positions, who would complement and invigorate the research, education and innovation activities at the Department.

ABOUT THE DEPARTMENT:

At the Department of Electric Power Engineering, the mission is to contribute to the fundamental and applied knowledge of electric power engineering, and to develop technology and systems for the planning, operation and maintenance of efficient, sustainable energy systems. We have five research groups that are responsible for research and education within their areas: Electricity Markets and Energy System Planning, Power System Operation and Analysis, Power Electronic Systems and Components, Electrical Machines and Electromagnetics, and High Voltage Technology. More information about the Department can be found at **https://www.ntnu.edu/iel**

ABOUT NTNU:

NTNU is the largest university in Norway with history dating back to 1910. NTNU's vision is to create knowledge for a better world. NTNU is also Norway's most international university in terms of student exchange. NTNU collaborates with more than 730 institutions in more than 100 countries. NTNU is ranked as number one in the world in collaboration with industry partners, according to the Times Higher Education (THE) World University Rankings in March 2017. NTNU has four strategic areas of research in 2014–2023: sustainability, energy, oceans, and health. NTNU is also either a host for or a partner in 35 large research centres.





educación (IEE, por sus siglas en inglés). ¿Les resulta familiar? Si es así, lo más probable es que sea un ingeniero que disfruta de la historia y recuerda los comienzos del IEEE.

A fines del siglo XIX, un grupo de individuos con inclinaciones técnicas se reunió en la ciudad de Nueva York y formó el Instituto Estadounidense de Ingenieros Eléctricos (AIEE, por sus siglas en inglés). La misión del grupo era utilizar la innovación para la mejora de la humanidad. La palabra "estadounidense" se retiró definitivamente del título en 1963, cuando el AIEE se fusionó con el Instituto de ingenieros de radio para formar el IEEE.

El IEEE ahora es la organización profesional técnica más grande del mundo con 417,429 miembros (según el informe del desarrollo de miembros del IEEE de diciembre de 2017) y la Power & Energy Society (PES) del IEEE cuenta con casi 40,000 miembros al 31 de diciembre de 2017, con una tasa de crecimiento anual superior al 5%. La figura 1 muestra este crecimiento y también la caída anual de miembros de la PES a mediados de febrero, que luego se recupera a medida que las personas renuevan las membresías en los primeros dos trimestres del año.

Como industria, continuamos reflexionando sobre cómo responder al fenómeno de los profesionales de potencia que se jubilan sin los reemplazos apropiados. Estoy feliz de compartir buenas noticias en este sentido: en 2017, la membresía estudiantil anual de la PES fue 34% mayor que en 2016. La Tabla 1 muestra membresías de la PES según el grado y la Región. En 2017, el número de Miembros Estudiantiles de la PES fue de 7,365, comparado con 5,587 en 2016. Esta tendencia indica que la PES tiende a convertirse nuevamente en una asociación joven y pujante. Muchas gracias a Juan Carlos Montero, el vicepresidente de Miembros e Imagen de la PES, por proporcionar las cifras de los miembros del IEEE y de la PES, incluidos el Gráfico 1 y la Tabla 1.

A medida que la PES se convierte en una organización con miembros más jóvenes, también se vuelve más diversa. Es por eso que elegí resaltar la IEE en este artículo. Aunque, al comienzo, la IEEE estaba principalmente asociada con hombres blancos, estamos cambiando con el resto de la

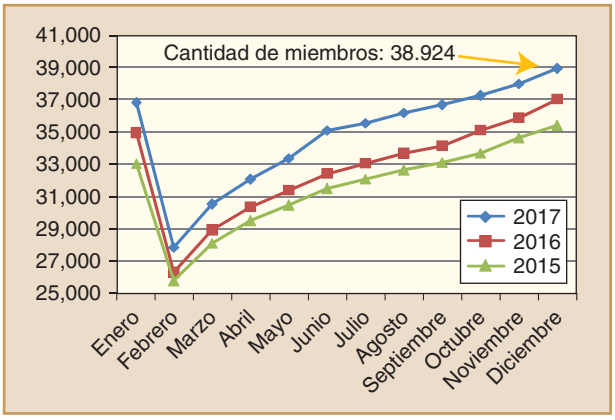


gráfico 1. Crecimiento total de los miembros de la PES en los tres años pasados.

sociedad para incluir a más minorías y mujeres de todos los orígenes étnicos. A diciembre de 2017, la membresía de Mujeres en la Ingeniería (WIE, por sus siglas en inglés) del IEEE era de 22,968 o el 5.5% del número total de miembros del IEEE. No todas las mujeres miembro del IEEE pertenecen a WIE, por lo que el porcentaje total de mujeres en la organización es un poco más alto. Sin embargo, ¿debemos estar satisfechos con estas cifras? Se lo debemos a la industria trabajar hacia una mayor inclusión para todos los profesionales calificados, independientemente del género, el origen étnico, la ubicación geográfica y la religión dentro del IEEE y de las sociedades profesionales en general.

PES: al día con una industria en evolución

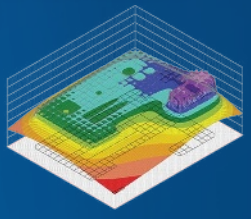
La PES participa activamente en la educación continua al ofrecer documentación técnica cuantiosa y oportuna, informes técnicos, seminarios en línea y tutoriales accesibles en línea a sus miembros mediante el Centro de Recursos de la PES (http://resourcecenter.ieee-pes.org /). Muchos de los seminarios y tutoriales en línea de la PES otorgan créditos educativos (unidades de educación continua u horas de desarrollo profesional) para aquellas personas que necesitan mantener requisitos de licencia profesional de ingeniería. Además, para un número creciente de profesionales que trabajan en la industria de la energía y la energía pero que no cuentan con experiencia en ingeniería de potencia, la PES organiza talleres de Charla Básica en los que los aspectos técnicos del sistema de potencia eléctrica se explican en términos fáciles de entender. Todas estas actividades se catalogan dentro de la comunidad de la PES como *Universidad de la PES*.

En 2016, la PES organizó un nuevo comité, Desarrollo de Nuevos Productos (NPD, por sus siglas en inglés), con el objetivo de administrar y supervisar las políticas, operaciones, desarrollo y comercialización de los productos de educación continua en línea y presenciales de la PES. Dos subcomités de NPD, Seminarios en línea y tutoriales y Charlas Básicas, son los responsables de la producción de los seminarios en línea, tutoriales y las charlas básicas, respectivamente, mientras que el tercer subcomité, denominado *Selección y control de calidad*, supervisa la calidad de todos los productos de educación continua con la marca de la Universidad de la PES. Es importante mencionar que el comité y los subcomités de NPD se componen de miembros de la industria y del ámbito académico de la PES. Los productos de educación continua de la PES están creados para los miembros de la PES que buscan mantener y mejorar sus habilidades de ingeniería en este vertiginoso entorno de redes inteligentes.

XGSLab - the Easy to Use, Full-Featured Grounding Solution

XGSLab is the full featured grounding solution that can take you from a basic single-soil-layer step and touch analysis to the most advanced multilayer/zone soil models. All this comes at a fraction of the base price and cost of ownership of comparable packages.

- Ground grid design and grounding system analysis
- Uniform, multilayer and multi-zone soil models
- Step and touch potential analysis
- Below and above ground systems
- Lightning effects and electro-magnetic interferences
- Fault current distribution
- Time and frequency domain





Global Solution

The only software in the market that takes into account International (IEC), European (EN) and USA (IEEE) standards

Explore more online and request a free demo copy at:

www.EasyPower.com/grounding

EasyPower®
Power made easy.

EasyPower is the exclusive representative of XGSLab software in the USA and Canada.

tabla 1. Cantidad de miembros de la PES del IEEE por grado y Región en 2017.

Región	Tipo de Miembro										Total de miembros
	FV	F	MSV	MS	MV	M	MAs	MEG	ME	MAf	
Región 1	58	19	187	243	218	1,414	29	96	114	46	**2,424**
Región 2	46	19	137	260	202	1,290	24	93	56	23	**2,150**
Región 3	59	32	225	523	270	2,285	32	192	139	47	**3,840**
Región 4	25	22	142	282	219	1,809	30	129	79	34	**2,771**
Región 5	31	27	174	364	207	2,284	46	163	94	45	**3,435**
Región 6	71	32	255	451	330	2,367	43	169	150	56	**3,924**
Regiones 1-6	**290**	**151**	**1,120**	**2,123**	**1,446**	**11,449**	**204**	**842**	**632**	**251**	**18,508**
Región 7	36	35	84	251	92	1158	22	137	72	29	**1,916**
Región 8	29	61	90	705	85	2871	72	677	1,308	71	**5,939**
Región 9	14	9	64	277	35	1204	43	236	1,682	26	**3,590**
Región 10	47	42	69	714	84	2998	69	1,151	3,671	96	**8,941**
Total	**416**	**298**	**1,427**	**4,070**	**1,742**	**19,680**	**410**	**3,043**	**7,365**	**473**	**38,924**

FV: Fellow Vitalicio; F: Fellow; MSV: Miembro Senior Vitalicio; MS: Miembro Senior; MV: Miembro Vitalicio; M: Miembro; MAs: Miembro Asociado; MEG: Miembro Estudiante Graduado; ME: Miembro Estudiante; MAf: Miembro Afiliado.

Además, existe el antiguo Comité de Educación de Potencia y Energía de la PES (PEEC, por sus siglas en inglés) con un alcance que incluye la mejora de las relaciones entre todos los segmentos de la industria de la energía y todos los elementos de la comunidad de educación en ingeniería. El PEEC también apoya "la investigación y los investigadores en las universidades y promueve el apoyo, la difusión y el uso de la investigación universitaria en la ingeniería de potencia". Se puede encontrar más información acerca del PEEC en el sitio web: http://sites.ieee.org/pes-peec/.



El subcomité del PEEC con el que los Estudiantes graduados y Miembros estudiantiles de la PES están más familiarizados es el subcomité de Actividades estudiantiles sobre potencia y energía. Este subcomité, con el apoyo de los comités de conferencia local, organiza programas para estudiantes nacionales e internacionales para las siguientes conferencias norteamericanas de la PES: La Conferencia y Exposición sobre Distribución y Transmisión (T&D, por sus siglas en inglés) de la PES del IEEE, la Reunión General (GM) y el Simposio de Potencia Norteamericano. En 2016, la PES financió el alojamiento y la inscripción de 260 estudiantes nacionales e internacionales en las Regiones 1–7 (Norteamérica) para la GM. Además, la PES financia actividades de conferencias estudiantiles y mantiene un presupuesto para ese propósito en las Regiones 8-10.

Este año, y por primera vez, la PES también organizó un concurso para

estudiantes de secundaria de la zona durante la Conferencia estadounidense T&D celebrada en Denver. Este concurso era un proyecto piloto que significaba un esfuerzo para aumentar el interés en la ciencia, la tecnología, la ingeniería y la matemática (STEM, por sus siglas en inglés) en estudiantes de secundaria y brindarles oportunidades para aprender nuevas habilidades, relacionarse e interactuar con profesionales de la industria energética. Los estudiantes de secundaria tuvieron una participación activa y equitativa en las actividades patrocinadas por estudiantes de la PES, incluida la Sesión y recepción de afiches estudiantiles, y a los miembros de un equipo de la escuela secundaria ganadora se le otorgaron becas de estudio a tiempo completo para STEM en la facultad o universidad acreditadas de dos o cuatro años de su elección. Estos estudiantes pueden usar la beca para matrícula, aranceles, libros o insumos. La PES también organizó una excursión supervisada a la sala de exposiciones de T&D para miembros estudiantiles de la PES y estudiantes de secundaria (Gráfico 2).

En 2011, la PES aportó el capital inicial para el primer programa de becas de la PES para estudiantes de grado de ingeniería de potencia eléctrica en las Regiones 1–6 (https://www.ee-scholarship.org/). La iniciativa Scholarship Plus de la PES otorga becas y experiencias en el mundo real a estudiantes interesados en las carreras de ingeniería de potencia y energía. El objetivo final de esta iniciativa es atraer a estudiantes de ingeniería altamente calificados hacia el campo, y ayudar a reemplazar con nuevos talentos a la mano de obra de potencia y energía que se jubila. El programa se ha mantenido gracias a los voluntarios de la PES y los fondos de la industria de potencia y energía de las Regiones 1–6. En 2015, se estableció una iniciativa similar de becas de la PES en India (http://ieee-pes-ipisa.org/). En 2016, el Capítulo de Italia de la PES instituyó el Fondo de concesión de becas en Italia de la PES del IEEE, con el objetivo de atraer a estudiantes brillantes y meritorios a la ingeniería de potencia. La PES del IEEE estableció, y actualmente mantiene, un presupuesto para las Regiones 8–10 de la PES para proporcionar capital inicial a iniciativas de becas autosustentables para estudiantes.

En esta edición

Esta edición de la *IEEE Power & Energy Magazine* está dedicada a la enseñanza sobre ingeniería de potencia en todo el mundo. La encuesta más reciente del PEEC, llevada a cabo durante el año académico 2015-2016, así como los hallazgos de 15 encuestas universitarias anteriores sobre recursos educativos de la ingeniería eléctrica desde el año académico 1969–1970, indica qué tan bien las universidades canadienses y estadounidenses respondieron

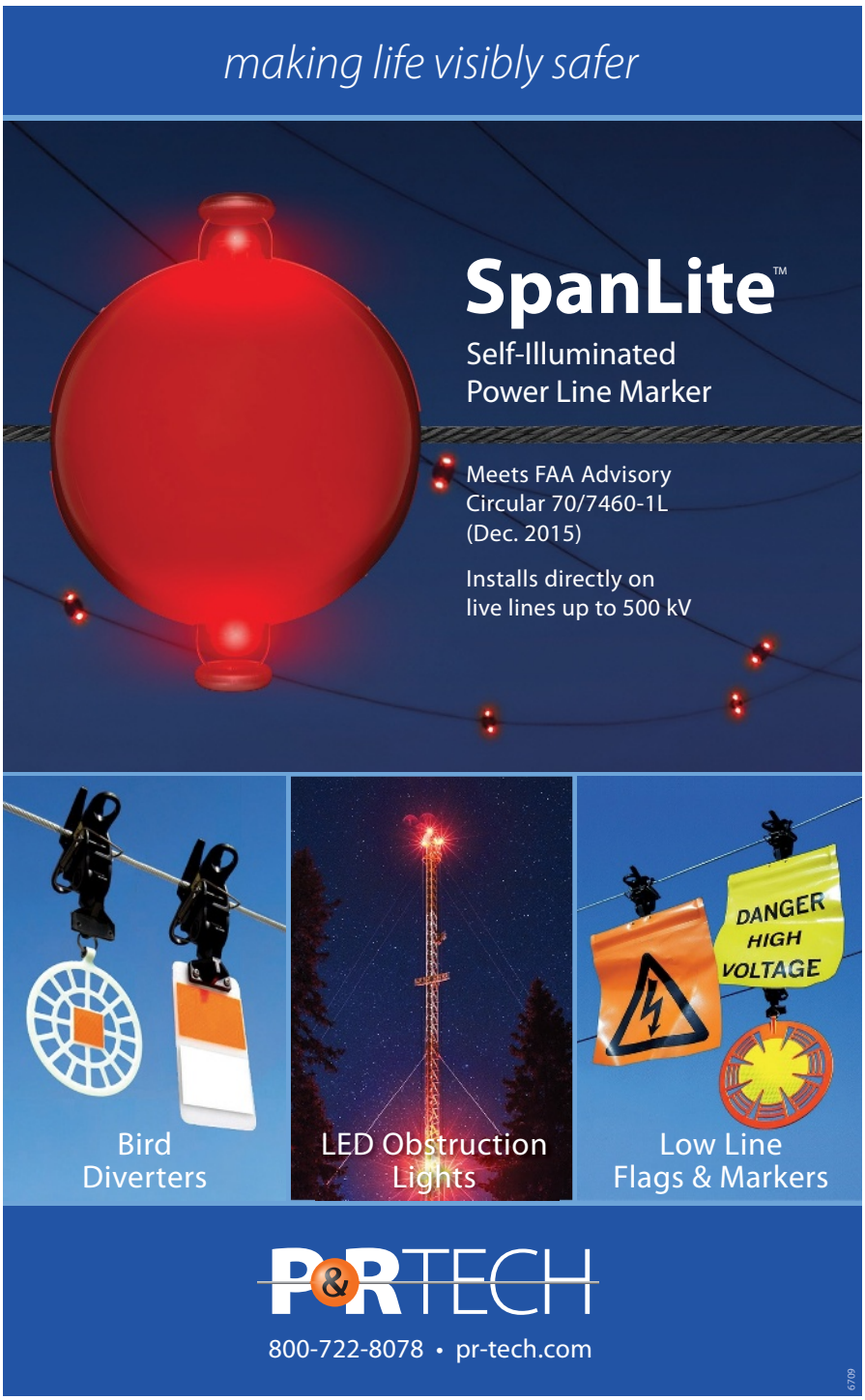
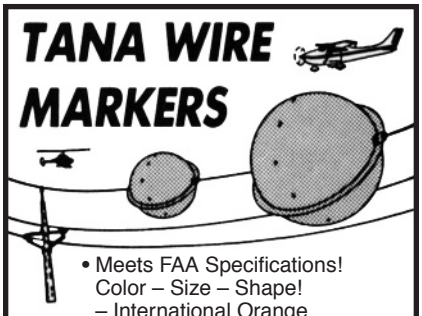




gráfico 2. Los estudiantes de la PES visitan la Conferencia y Exposición de T&D de 2018 en Denver.

a estos cambios. El objetivo de la encuesta era promover la educación y la investigación de potencia en estos dos países mediante la revisión de temas de investigación actuales, así como las fuentes de financiación. Por ejemplo, la encuesta más reciente muestra que los gobiernos de los Estados Unidos otorgaron casi el 70% de los gastos para investigación, mientras que el resto está dividido casi en partes iguales entre utilidades y otros fondos de la industria.

TANA WIRE MARKERS



- Meets FAA Specifications! Color – Size – Shape! – International Orange
- Tested and approved by major power companies!
- Thousands still in service after 40 years
- Universal attaching! Fits any wire .1" to 1"!
- Installs in 5 minutes!
- Withstands hail!
- No maintenance! Does not slip, oscillate, chafe, cause electrolysis or harmonic vibration.
- Ships in halves nested.

9, 12, 20, 24, 30, and 36" balls & special sizes available

Call now 573-796-3812 ext. 2001
Fax 573-796-3770
www.tanawiremarker.com
TANA WIRE MARKERS
P.O. Box 370, California, MO 65018

La encuesta revela una ampliación del plan de estudios de ingeniería eléctrica a temas no tradicionales que abordan los cambios en la industria de la energía y energía. Los resultados de la encuesta del PEEC se resumen en el artículo "Tendencias en la educación en ingeniería de potencia eléctrica".

En "Educación en ingeniería de potencia", obtenemos una breve revisión de la enseñanza de la ingeniería de potencia en la India y cómo, en solo 100 años desde 1917, cuando la primera universidad india ofreció cursos de ingeniería eléctrica, la educación sobre potencia y electricidad en la india, en general, ha crecido enormemente hasta alcanzar una capacidad total de admisión de 1,324,246 estudiantes de ingeniería durante el año académico 2010-2011. Como reza el proverbio, "se requiere de todo un pueblo para educar a un niño/niña", es la dedicación de todo un país y de cada ciudadano a la educación lo necesario para alcanzar tamaña tarea en la enseñanza de la ingeniería eléctrica. Este artículo presenta una larga lista de los cursos básicos y optativos en ingeniería eléctrica que se ofrecen en la India, que varía de cursos tradicionales de sistemas de potencia a ofertas interdisciplinarias y especializadas necesarias en los sistemas de potencia actuales. Su enfoque holístico y progresista ha llevado a un fuerte interés de los estudiantes y una demanda en todo el mundo de estudiantes y profesionales indios.

"Educación en ingeniería de potencia eléctrica" ofrece una descripción del tercer año universitario de ingeniería y del cuarto año de la maestría en ingeniería de los títulos en ingeniería eléctrica y electrónica (EEE, por sus siglas en inglés) en el Reino Unido. Para obtener el ingreso al título de grado en ingeniería en una universidad líder en EEE, se necesita una A (calificación superior al 90%) en cursos pertinentes del Certificado General en Educación, como matemática y física, y calificaciones altas en otros cursos pertinentes de la escuela secundaria. El gobierno británico ofrece financiamiento que cubre el precio de la matrícula y un estipendio para cubrir los gastos de vida a estudiantes de doctorado. El estipendio se ha ofrecido durante un periodo inicial de cinco años a ciudadanos británicos y de la Unión Europea con residencia en el Reino Unido durante al menos tres años. (Para obtener un resumen de la parte italiana del artículo, vea la sección "Alteraciones en la educación sobre potencia").

"Educación en ingeniería de potencia eléctrica en Australia y Nueva Zelanda" analiza la encuesta del PEEC y el estado de la educación sobre potencia en Nueva Zelanda y Australia. Fue interesante aprender que los comienzos de la electricidad en Australia coincidieron con sus comienzos en los Estados Unidos. En 1882, Brisbane fue una de las primeras ciudades australianas en comenzar a utilizar la electricidad de manera comercial, por lo que se la puede comparar con la Ciudad de Nueva York. En ambos países, se otorga una licenciatura en ingeniería después de cuatro años de estudio, en el que los dos primeros años se componen de cursos de ingeniería general y el tercero y cuarto se dedican a cursos con un sólido plan de estudios en sistemas de potencia. Dado que los sistemas educativos en los países de habla inglesa son más o menos similares al sistema educativo estadounidense y existía un gran interés entre los colegas de ingeniería de potencia en Australia y Nueva Zelanda, la PES planea extender una encuesta del PEEC ligeramente modificada a estos dos países en la primera etapa. Sobre la base del éxito de este

IEEE T&D PES Conference and Exposition
LATIN AMERICA
2018 2018

IEEE PES Power & Energy Society
IEEE

DESTINATION: LIMA

2018 IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition - Latin America
18-21 September, 2018 • Lima, Peru • ieee-tdla2018.org

Sustainable Electric Energy for the future of Latin America

Mark your calendars for the largest and most progressive conference and exhibition in the power industry. Hundreds of professionals from all over the Latin America and Caribbean Region will be in attendance, creating an unprecedented opportunity for networking, gaining new industry insights, showcasing your products and advancing your professional education. This is one show experience you do not want to miss!

Topics Include:

- Impact of asset management on electrical systems
- Cybersecurity and smart grids
- Integration of energy storage in renewable energy projects in LATAM
- Impact of electric vehicles in electrical systems
- New technologies in HVDC and AC
- Challenges of the regulation of electricity markets in LATAM



For more information, visit ieee-tdla2018.org or email info@ieee-tdla2018.org

ensayo, la encuesta se expandirá gradualmente a otras Regiones de la PES en etapas sucesivas.

Aunque las pasantías para estudiantes universitarios han existido durante décadas en los Estados Unidos, su popularidad está creciendo nuevamente como una forma de seleccionar y contratar empleados de ingeniería potenciales. Esta práctica beneficia a ambas partes de esta asociación: la industria tiene una forma de seleccionar posibles candidatos de empleo y desarrollar relaciones con universidades, mientras que los estudiantes tienen la oportunidad de participar en trabajos de ingeniería reales mientras ganan dinero para pagar sus estudios. Los autores de "El poder de las pasantías" brindan algunos consejos a los estudiantes que están planeando sus pasantías y aconsejan a la industria sobre cómo llevar a cabo un programa de pasantías exitoso.

Debido a las rápidas tasas de jubilación en la mano de obra de potencia y energía y a las políticas de contratación de la industria de servicios públicos de los EE. UU. durante las últimas décadas, la demanda de ingenieros de potencia ha crecido a tal punto que los posibles empleadores utilizan diferentes enfoques para encontrar y contratar personas con talento para la ingeniería. Este clima ha llevado a un rápido desarrollo de la educación en línea, con universidades estadounidenses que ofrecen cursos en línea de grado y posgrado en sistemas de potencia. El artículo "Educación sobre potencia en línea" explora las ventajas y desventajas del presente de la educación sobre potencia en línea en los Estados Unidos.

A comienzos del siglo XX, muchas universidades de los EE. UU. redujeron considerablemente o suprimieron los programas de ingeniería eléctrica debido a la baja demanda de nuevos ingenieros en la industria de potencia y de energía de los EE. UU. "Hacia una educación en energía del Siglo XXI" describe una recreación exitosa del programa de ingeniería de potencia en la Universidad de Utah después de muchos años de actividad baja o nula en este campo. La intención de este artículo no es comercial: los autores cuentan la historia con la esperanza de que su experiencia ayude a quienes están involucrados en el mismo proceso.

Esta edición concluye con la columna "En mi opinión", "Desafíos de la educación". El artículo resume las variaciones que la industria ha experimentado en la década pasada y las tecnologías emergentes y planes de estudios de la ingeniería eléctrica que reflejan las variaciones de la industria, no obstante con retraso. Una sección del artículo repasa el estado actual de la educación en energía en África y hace un llamamiento para fortalecer los vínculos entre las partes interesadas de la educación y la industria. Está claro que, en cada rincón del mundo presentado en esta edición, existe una necesidad continua de planes de estudios de ingeniería eléctrica para reflejar mejor y de forma más conveniente las variaciones en la industria.

Esta edición sobre la educación sobre potencia no sería posible sin el trabajo duro y la visión de los autores, quienes trabajaron de forma diligente en sus artículos y fueron muy pacientes y receptivos. Muchas gracias también al Jefe de Redacción, Mike Henderson, por su orientación y apoyo inquebrantable. Espero que los lectores disfruten, como yo, de esta revisión de la educación en ingeniería eléctrica en todo el mundo.

IEEE PES
RESOURCE CENTER



IEEE PES Power & Energy Society®

IEEE

Visit the IEEE PES Resource Center and explore the industry's most extensive library of content devoted exclusively to the field of power and energy.

The PES Resource Center is the gateway to exclusive content, developed by some of IEEE's most esteemed experts in the field of power & energy.

Access to this invaluable content is available to both IEEE PES members, and non-members, with special discounted rates for current members

Search the PES Resource Center and explore the vast array of content available!

PES MEMBER ACCESS
Log-in with your username and password to download content to assist in your research, presentations, or academic programs

NON-PES MEMBER ACCESS
Explore the site and search on your topics of interest. Prices are listed below each product and you can use the shopping cart to purchase.

IEEE PES – More Power to the Future!

Visit the IEEE PES Resource Center today **resourcecenter.ieee-pes.org**

Tendencias en la educación en ingeniería de potencia eléctrica

Por Dennis Ray, Nilanjan Ray Chaudhuri y Sukumar Brahma



IMÁGENES AUTORIZADAS POR INGRAM PUBLISHING

LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA EN INGENIERÍA eléctrica ha experimentado cambios significativos en los últimos diez años. Existe un mayor interés por parte de los estudiantes, y un mayor número de profesores de cuerpo docente y de personal están siendo contratados para satisfacer el creciente número de matrículas. Igualmente, el financiamiento de investigaciones ha aumentado y el plan de estudios ha evolucionado para atender las necesidades educativas de la próxima generación de ingenieros eléctricos.

En este artículo se proporcionan perspectivas sobre las tendencias en educación de ingeniería eléctrica basados en una encuesta realizada a universidades de Estados Unidos y Canadá para el año académico 2015-2016. La encuesta fue realizada por el Comité de Educación de la Power & Energy Society (PES) del IEEE, con la participación activa de un equipo voluntario de encuestas. El objetivo de la encuesta era

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2833264
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018

1540-7977/18©2018IEEE



Un análisis de los desafíos a futuro

ayudar a que las universidades, industrias, gobiernos y estudiantes comprendan mejor el estado actual de la educación en ingeniería eléctrica, lo que podría mejorar la enseñanza y proporcionar información que ayude a tomar decisiones mejor informadas sobre las formas de impulsar el crecimiento y la calidad de las oportunidades educativas en ingeniería eléctrica.

Este artículo se centra en los datos presentados por universidades que cuentan con programas de ingeniería acreditados de cuatro años que respondieron de forma voluntaria a una encuesta en línea entre julio y diciembre de 2016. Un miembro del cuerpo docente de cada una de las 137 universidades que respondieron (127 en los Estados Unidos y diez en Canadá) presentó información en relación con sus programas de ingeniería eléctrica eléctrica, incluyendo información sobre el cuerpo docente y personal de enseñanza, matrícula de estudiantes y títulos otorgados, oferta de cursos y matrículas y áreas de investigación y gastos. El análisis de datos realizado por el equipo de encuestas también incorpora los resultados de 15 encuestas universitarias realizadas anteriormente, desde el año académico 1969-1970, sobre los recursos educativos en ingeniería eléctrica. Las universidades canadienses fueron incluidas en el estudio desde la encuesta realizada en el periodo 1989-1990.

La encuesta abarcó temas de enseñanza e investigación centrados en ingeniería de potencia eléctrica y asociados con operaciones, planificación y mantenimiento de la red; la electrónica de potencia se incluyó como un tema independiente. Otras materias de ingeniería, como comunicación y tecnología de la información, han sido incluidas ya que abordaban desafíos para la ingeniería eléctrica y estaban dentro del plan de estudios de ingeniería eléctrica en las universidades que presentaron sus respuestas. Como disciplina, la profesión de la ingeniería eléctrica en la actualidad requiere un conjunto de habilidades más variado y un conocimiento más amplio en comparación con el pasado, y era de esperar que cursos y temas de investigación fuera de las áreas tradicionales de educación en ingeniería eléctrica estuvieran entre las respuestas de la encuesta.

La encuesta se centró en la educación en ingeniería eléctrica. Era de esperar que el cuerpo docente y personal registrado dedicara tiempo a dictar cursos como parte de sus responsabilidades universitarias. Los cursos reportados deberían haber sido aquellos que están dentro de un plan de estudios universitario que ayude a los estudiantes a prepararse para una carrera en ingeniería eléctrica.

Diversos problemas metodológicos y de análisis de datos surgen en cualquier encuesta, especialmente en encuestas voluntarias como esta. Estos problemas se desarrollan con mayor detalle en el informe del equipo de encuestas (véase la sección “Lecturas complementarias”). Para fines de este artículo, nos hemos centrado en los resultados que mejor hemos podido corroborar de los resultados recogidos de las universidades que respondieron a la encuesta.

Oferta académica

La oferta académica para los estudiantes interesados en las carreras de ingeniería eléctrica varía entre las 137 universidades que respondieron a la encuesta. Todas las universidades ofrecen licenciaturas en ingeniería eléctrica con cursos obligatorios o electivos disponibles en energía de potencia. Los estudiantes de pregrado que se enfocan en la ingeniería eléctrica reciben títulos en ingeniería eléctrica como los demás estudiantes, en vez de títulos en ingeniería eléctrica. Aproximadamente el 40% de universidades en Canadá y el 28% de universidades

en Estados Unidos ofrecen cursos específicos que permiten a los estudiantes identificar un área de especialización relacionado con la ingeniería eléctrica. Estas oportunidades eran 1) ingeniería eléctrica o sistemas (incluyendo redes inteligentes); 2) una especialización dentro de ingeniería eléctrica, como protección de sistemas de potencia, electrónica de potencia o accionamientos; o 3) áreas más amplias, como energía renovable o sostenible, financiamiento de la energía, política energética, ciberseguridad y gestión de la ingeniería.

Los programas de experiencia cooperativa para estudiantes de pregrado están diseñados para mejorar el conocimiento de los estudiantes sobre la industria. Todas las universidades de Canadá y el 70% de las universidades de Estados Unidos ofrecen oportunidades de experiencia cooperativa. Este programa es generalmente opcional cuando está disponible. Las pasantías eran sin duda promovidas, pero no se recogieron datos sobre estas en la encuesta.

El 88% de las universidades de Estados Unidos ofrece títulos de posgrado y el 75% ofrece doctorados; todas las universidades canadienses ofrecen ambos. Si bien la mayoría de los programas de posgrado se encuentran en el campus, los estudiantes también pueden acceder a algunos en línea. Este tipo de oportunidades se ofrecen en una universidad canadiense y en 35 universidades de Estados Unidos, mientras que los doctorados en línea están disponibles en 13 universidades de Estados Unidos.

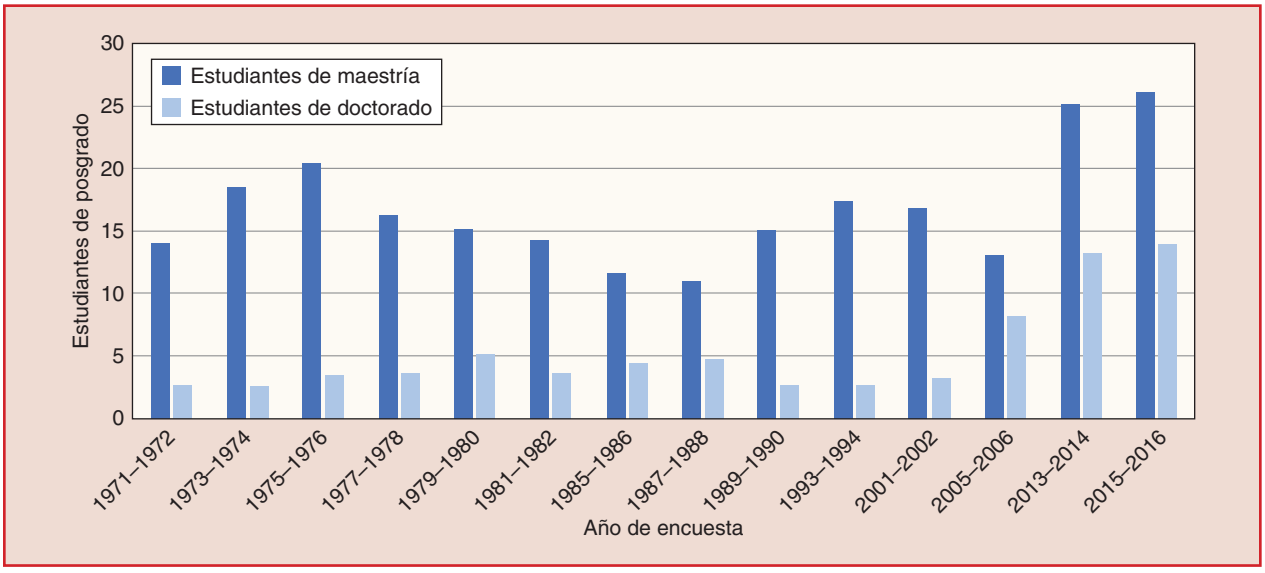


gráfico 1. Promedio de estudiantes de maestría y doctorado por universidad. Estos promedios se calcularon con datos de las universidades que informaron por lo menos un estudiante de posgrado.

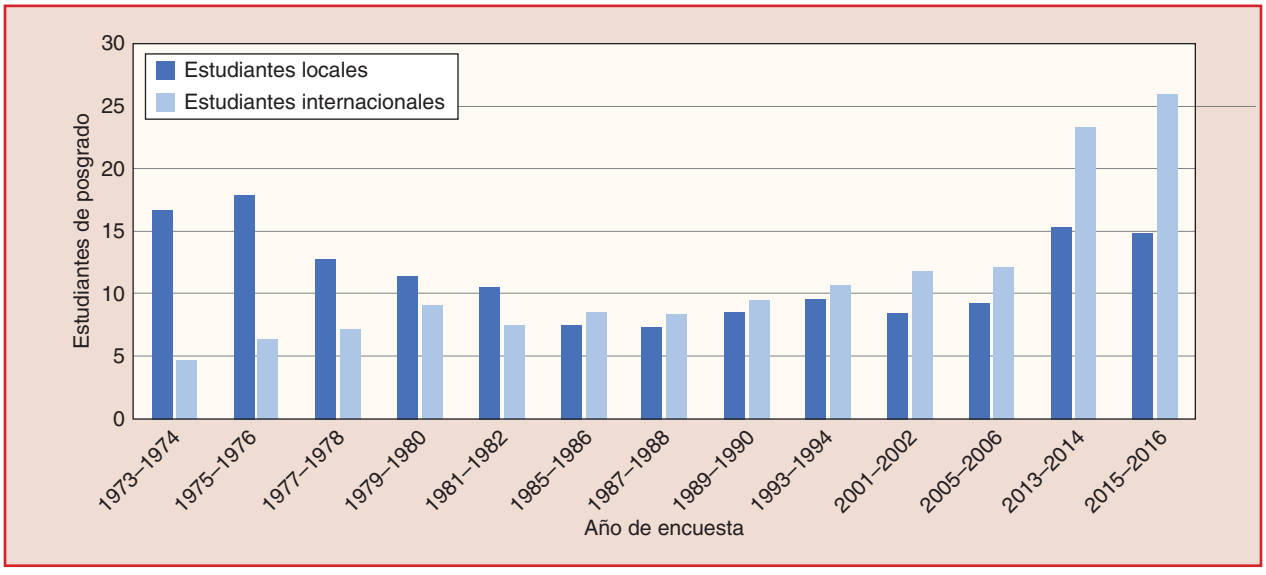


gráfico 2. Promedio de estudiantes de posgrado nacionales e internacionales por universidad.

Como disciplina, la profesión de la ingeniería de potencia en la actualidad requiere un conjunto de habilidades más variado y un conocimiento más amplio en comparación con el pasado.

Matrículas

El interés de los estudiantes en las carreras de ingeniería de potencia ha aumentado de forma significativa en la última década. Las matrículas de estudiantes de posgrado a lo largo del tiempo se muestran en los Gráficos 1 y 2, e indican que el número de estudiantes de posgrado casi se duplicó entre las encuestas de 2005-2006 y 2015-2016. El número total de matrículas de estudiantes de pregrado no está disponible.

El Gráfico 1 ilustra el promedio de estudiantes de posgrado por universidad, que se calcula a partir de lo reportado por universidades que registran una matrícula total de estudiantes de posgrado distinta a cero. El número de estudiantes de maestría disminuyó desde mediados de la década de 1970 hasta mediados de la década de 1980, y luego aumentó en la década de 1990. Después de sufrir una caída, que podemos apreciar en la encuesta de 2005-2006, el número promedio de estudiantes de maestría se duplicó pasando de 13.0 a 26.2 en la encuesta de 2015-2016. El número de estudiantes de doctorado matriculados ha aumentado desde la década de 1990, pasando de un mínimo de 2.7 estudiantes por universidad en 1993-1994 a un promedio de 14.0 en 2015-2016.

El Gráfico 2 muestra las tendencias en el número de estudiantes de posgrado a nivel nacional e internacional, que indican que el número promedio de estudiantes de posgrado nacionales ha disminuido desde inicios de la década de 1970 a un mínimo de 7.3 en la encuesta de 1987-1988. El promedio de estudiantes de posgrado internacionales no excedió el número de estudiantes nacionales hasta la encuesta de 1985-1986. El resurgimiento de los estudiantes de posgrado, que tuvo lugar entre las encuestas de 2005-2006 y 2015-2016, se debió principalmente al aumento en el número de estudiantes internacionales, pasando de 11.9 a 25.5 estudiantes por universidad (un aumento del 114%). El número promedio de estudiantes de posgrado nacionales creció de forma más moderada pasando de 9.2 a 14.7 (un crecimiento del 60%). El gráfico sugiere que el número de estudiantes de posgrado nacionales se ha estancado o ha disminuido en los últimos años, mientras que el número de estudiantes internacionales continúa en aumento.

A continuación, se hace un resumen de los porcentajes de matrículas internacionales y nacionales de estudiantes de posgrado y pregrado.

- ✔ De 2015 a 2016, los estudiantes internacionales representaron el porcentaje más alto de estudiantes de posgrado a tiempo completo, alcanzando un 78% y un 73% de los estudiantes de doctorado a tiempo completo en los Estados Unidos y Canadá, respectivamente.
- ✔ Los estudiantes nacionales representaron el porcentaje más alto de estudiantes de posgrado a tiempo parcial, alcanzando un 80% y un 91% de los estudiantes de maestría en los Estados Unidos y Canadá, respectivamente. Probablemente, muchos de los estudiantes a tiempo parcial buscaban obtener un título avanzado mientras trabajaban.
- ✔ Los estudiantes de pregrado eran principalmente estudiantes nacionales. Se estima que el 81% y el 83% de los estudiantes de pregrado en Canadá y Estados Unidos, respectivamente, eran nacionales.

Las tendencias en matrículas de estudiantes de pregrado son algo diferentes entre los estudiantes de tiempo completo y de tiempo parcial. Entre los periodos 2005-2006 y 2015-2016, el número promedio de estudiantes de posgrado a tiempo completo casi se duplicó pasando de 16.2 a 32.2 alumnos por universidad (en universidades que registran al menos un estudiante de posgrado). Gran parte de este crecimiento puede atribuirse a los estudiantes internacionales. Entre 2005-2006 y 2015-2016, el número promedio de estudiantes de tiempo parcial aumentó de 4.9 a 8 (un crecimiento

tabla 1. Número estimado de títulos otorgados a estudiantes en una carrera de ingeniería de potencia. El promedio para una categoría en particular incluye solo las universidades que otorgaron títulos para dicha categoría.

	2015–2016	
Categorías	**Canadá**	**Estados Unidos**
Número total de títulos otorgados reportados		
Licenciatura	410	2,669
Maestría	181	1,268
Doctorado	91	352
Promedio de títulos otorgados por universidad		
Licenciatura	41	21
Maestría	18.1	11.4
Doctorado	9.1	4.4
Número total ajustado de títulos otorgados		
Licenciatura	420	2,889
Maestría	184	1,362
Doctorado	91	365

Las investigaciones traen los conocimientos de vanguardia a las aulas y permite que los docentes universitarios hagan frente a nuevos desafíos producto del constante cambio tecnológico.

del 63%). Desde una perspectiva histórica, hasta mediados de la década de 1970 había, en efecto, más estudiantes de posgrado de tiempo parcial que de tiempo completo.

Se analizaron las tendencias a corto plazo de las matrículas de estudiantes, entre las encuestas de 2013-2014 y 2015-2016, utilizando los datos proporcionados por las universidades que respondieron a ambas encuestas.

- ✔ Con respecto a las matrículas, las universidades de Canadá y Estados Unidos registraron tasas de crecimiento de 24.8% y 4.6%, respectivamente, para estudiantes de posgrado internacionales.
- ✔ Las universidades de ambos países experimentaron una disminución en el número de matrículas de estudiantes de posgrado nacionales, con una disminución del 5.1% en las universidades de Canadá y del 4.5% en universidades de Estados Unidos. Esta disminución se debe, aparentemente, a un menor número de estudiantes de maestría matriculados, ya que el número de estudiantes de doctorado era casi el mismo.
- ✔ La matrícula de estudiantes de posgrado de tiempo parcial no varió considerablemente en las universidades de Canadá, pero bajó casi un 10% en las universidades de Estados Unidos. Parece que el interés en obtener títulos avanzados de ingeniería de potencia puede estar disminuyendo entre las personas que ya cuentan con un empleo. Esto podría ser resultado de una mejora en la seguridad laboral en la economía de los Estados Unidos.
- ✔ En general, el promedio de matrículas de estudiantes de posgrado aumentó un 8.5% en las universidades de Canadá y solo un 1.1% en las universidades de Estados Unidos.

Títulos otorgados

La tendencia en el tipo de títulos obtenidos indica claramente un creciente interés de los estudiantes en la educación en ingeniería de potencia. Se pidió a los encuestados que estimaran el número de títulos otorgados a estudiantes que probablemente optarían por puestos relacionados a la ingeniería de potencia eléctrica; los resultados se muestran en la Tabla 1. La media en cada categoría de estudiantes (por ejemplo, de pregrado) se calculó en base al número de universidades que registraron un número positivo de títulos otorgados dentro de dicha categoría. Por ejemplo, el promedio de doctorados otorgados no incluye a las universidades que no registran ningún título de doctorado. Todas las universidades de Canadá otorgaron al menos una maestría o doctorado. De las 127 universidades estadounidenses que respondieron a la encuesta, 111 otorgaron al menos un título de maestría y 81 al menos un doctorado.

Es interesante el número total estimado de títulos otorgados en las universidades de Canadá y Estados Unidos. El equipo de encuestas ajustó el número de títulos registrados para incluir datos de 15 universidades que respondieron a la encuesta de 2013-2014, pero no a la de 2015-2016. Los

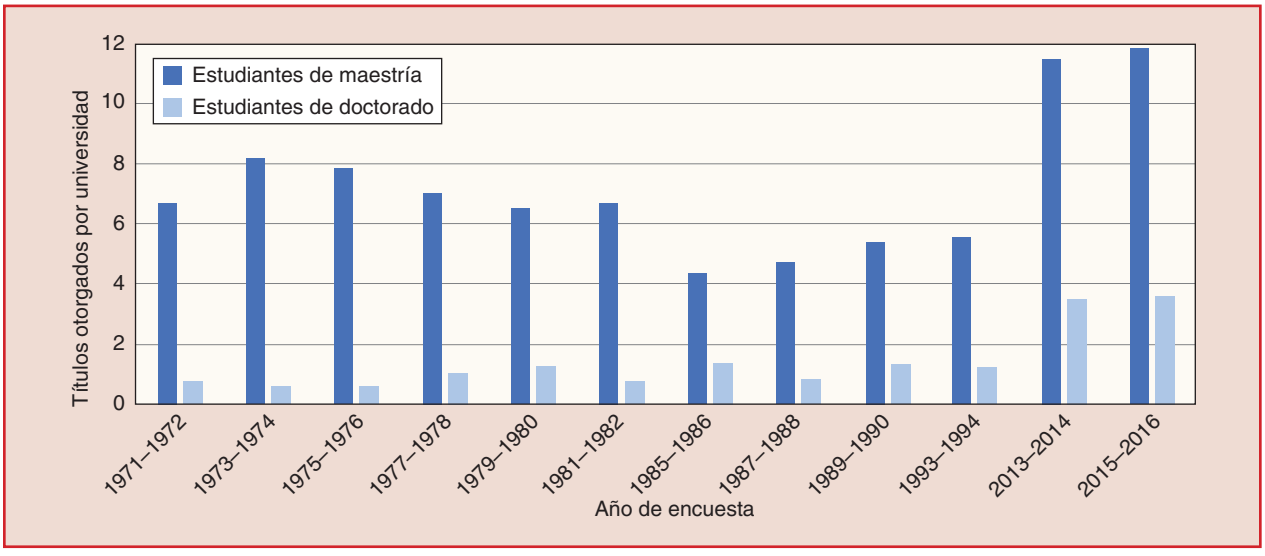


gráfico 3. Promedio de títulos otorgados en las universidades que reportaron estudiantes de posgrado. Estos promedios han sido calculados a partir de los datos obtenidos de las universidades que reportaron un total positivo de títulos de posgrado otorgados.

Se invitó a las universidades a presentar información sobre los cursos incluidos en sus planes de estudio que ayuden a que los estudiantes se preparen para una carrera en ingeniería de potencia, y se reportaron 749 cursos de pregrado y 809 cursos de posgrado.

resultados que se ilustran en la Tabla 1 son impresionantes. Se otorgaron aproximadamente 3,300 licenciaturas, 1,550 maestrías y 460 doctorados en el periodo 2015-2016. Con los porcentajes de estudiantes nacionales previamente registrados, se pueden ajustar los totales de pregrado para estimar el número de títulos otorgados a estudiantes nacionales. Por ejemplo, con un promedio de aproximadamente 83% de estudiantes de pregrado nacionales en los Estados Unidos, el número total estimado de estudiantes de pregrado nacionales que se graduaron en el periodo 2015-2016 en carreras de ingeniería sería de aproximadamente 2,400 (es decir, 83% de los 2,889 títulos otorgados).

Las universidades están registrando máximos históricos en el número de títulos conferidos. En el Gráfico 3 se hace un resumen del número promedio de títulos otorgados a estudiantes de posgrado; este se calculó a partir de las universidades que contaban con una cantidad positiva de títulos de maestría y doctorado. Entre los periodos de 1993-1994 y 2015-2016, la media pasó de 5.5 a 11.9 en el caso de las maestrías, y de 1.4 a 3.6 en el caso de los doctorados. El número de títulos otorgados varía considerablemente de una universidad a otra.

- ✔ Los valores promedio son aproximadamente 19, nueve y cuatro para estudiantes de pregrado, maestría y doctorado, respectivamente (sin incluir el cero como respuesta en una categoría).
- ✔ El dieciocho por ciento de las universidades que otorgan al menos un título de licenciatura, reportaron 40 o más títulos de licenciatura.
- ✔ El dieciocho por ciento de las universidades que otorgan al menos un título de maestría, reportaron 20 o más títulos de maestría.
- ✔ El veinte por ciento de las universidades que otorgan al menos un título de doctorado, reportaron siete o más títulos de doctorado.

Durante el periodo en el que la PES se asoció con la IEEE Foundation con el objetivo de aumentar el número de estudiantes de pregrado en las carreras de ingeniería de potencia, se produjo un aumento en el número de títulos de pregrado otorgados. En la primavera de 2011, la iniciativa Scholarship Plus de la PES comenzó a promover la ingeniería de potencia como carrera, así como sus becas de pregrado. La primera beca fue otorgada en el otoño de 2011. El objetivo del programa buscaba aumentar a 2,000 el número de títulos otorgados por año a estudiantes de pregrado nacionales de Estados Unidos. Como se indicó anteriormente, el número estimado de títulos de licenciatura nacionales de Estados Unidos otorgados a finales del año académico 2015-2016 había aumentado a aproximadamente 2,400. El número de títulos de licenciatura otorgados en Estados Unidos aumentó en aproximadamente un 9% entre los periodos de 2013-2014 y 2015-2016. Los esfuerzos de la PES sin duda contribuyeron a este crecimiento.

Cursos

Se invitó a las universidades a presentar información sobre los cursos incluidos en sus planes de estudio que ayuden a que los estudiantes se preparen para una carrera en ingeniería eléctrica, y se reportaron 749 cursos de pregrado y 809 cursos de posgrado. Casi todas las universidades que respondieron a la encuesta ofrecen cursos electivos de pregrado en ingeniería eléctrica; sin embargo, el número

tabla 2. Temas de los cursos basados en la ocurrencia de palabras clave seleccionadas en el nombre de 749 cursos de pregrado y 809 cursos de posgrado.

Palabras clave	Ocurrencias en el nombre del curso de pregrado	Ocurrencias en el nombre del curso de posgrado
Comunicación	2	7
Distribuidos	4	14
Económico	5	15
Electrónica (por ejemplo, electrónica de potencia)	130	102
Sistema de energía	56	39
Máquina	52	44
Política	1	1
Sistema de potencia	217	271
Renovable	23	22
Inteligente	21	36
Solar	6	7
Almacenamiento	3	5
Sostenible	14	14
Vehículo	9	6
Eólica	4	14

de cursos obligatorios de pregrado está disminuyendo. Aproximadamente el 70% de las universidades canadienses tienen cursos obligatorios, a diferencia del 46% de las universidades estadounidenses. En 1994, el porcentaje de universidades que ofrecían cursos obligatorios alcanzó un máximo histórico de aproximadamente 80% para las universidades canadienses y estadounidenses en conjunto.

El número de estudiantes de pregrado en cursos con la mayor cantidad de matrículas en cada universidad indica un interés en la ingeniería eléctrica, así como la exposición de los estudiantes de ingeniería a conceptos de ingeniería de potencia. Se reportó que casi 7,500 estudiantes participaron en dichas clases durante el año académico 2015-2016. El número promedio de estudiantes por clase era 56, mientras que una universidad reportó una clase con 334 estudiantes. Se identificaron catorce cursos en 13 universidades con un número de matrículas significativamente alto (más de 120 estudiantes), seis de los cuales eran electivos. A continuación se resume los temas tratados en estos cursos:

- ✔ ingeniería eléctrica común (potencia/circuitos eléctricos, electromecánica, máquinas, electrónica básica y potencia eléctrica)
- ✔ sistemas de energía eléctrica
- ✔ energía ecológica/sostenible, energía y sociedad
- ✔ ingeniería de potencia y sistemas de potencia

Los detalles sobre la materia de los cursos no están disponibles en la encuesta. Se puede obtener algunas impresiones sobre el enfoque de los cursos al examinar el conteo de palabras de las palabras clave seleccionadas y sus derivados en los nombres de los cursos (por ejemplo, la búsqueda de "comunicación" incluiría el conteo de "comunicaciones"). Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 2.

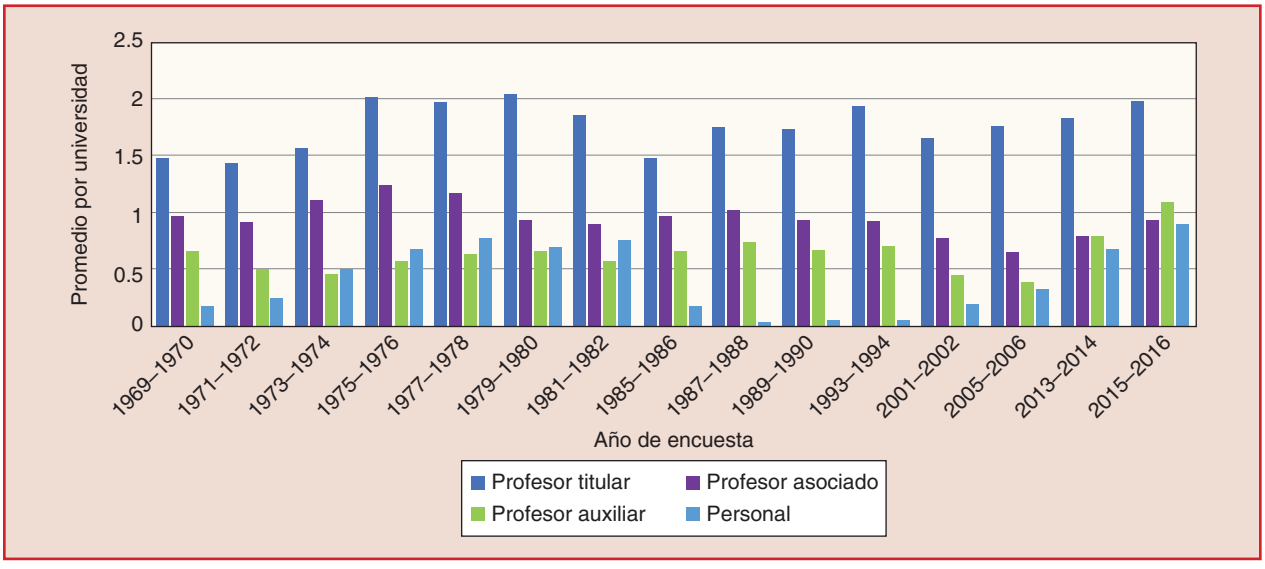


gráfico 4. Promedio de profesores del cuerpo docente y del personal para cada año de encuesta por universidad.

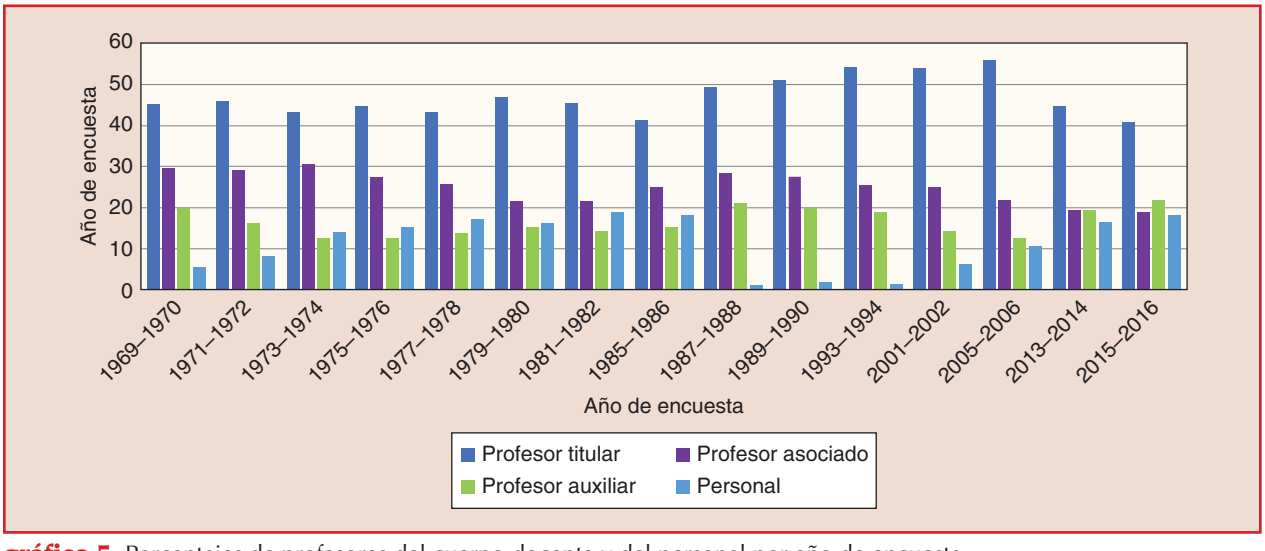


gráfico 5. Porcentajes de profesores del cuerpo docente y del personal por año de encuesta.

Entre las palabras clave seleccionadas, "sistema de potencia" era la más común. Las palabras asociadas con conceptos más amplios en la industria de la potencia eléctrica actual, como "política" o "inteligente" en "red inteligente", se observaron con mucha menos frecuencia. Sin embargo, es posible que dichos temas se enseñen como parte de los cursos básicos de ingeniería eléctrica.

La educación a distancia (es decir, el aprendizaje no presencial) ha incursionado en la impartición de cursos universitarios, especialmente a nivel de posgrado. Durante el periodo 2015-2016, el número de universidades con estudiantes de educación a distancia era del 18% a nivel de pregrado y 32% a nivel de posgrado. En cuestión de cursos, el 9% de los cursos de pregrado y el 28% de los cursos de posgrado contaban con estudiantes de educación a distancia. Algunos cursos contaban con un número elevado de estudiantes a distancia; aproximadamente 4% de los cursos de pregrado y 12% de los cursos de posgrado con diez o más estudiantes de educación a distancia.

Cuerpo docente y personal de ingeniería eléctrica

Con el reciente crecimiento del interés de los estudiantes en la educación de ingeniería eléctrica, también se ha podido observar un aumento en el número de profesores del cuerpo docente y de personal. El cuerpo docente incluía profesores titulares, asociados y asistentes (es decir, no titulares). En la presente encuesta, el personal incluye profesores adjuntos, profesores eméritos e instructores/conferencistas. Durante el año académico 2015-2016, se reportó 549 profesores en el cuerpo docente y 123 en el personal dedicándose a la enseñanza. La media por universidad era de 4.9, pero variaba desde un mínimo de uno hasta un máximo de 16. No es de extrañar que se necesitaran más profesores en el cuerpo docente y en el personal a medida que aumentaba el número de estudiantes que recibían títulos. Las universidades con entre uno y diez títulos otorgados tenían un promedio de 1.9 profesores en el cuerpo docente y personal, mientras que las universidades con más de 100 títulos otorgados tenían un promedio de 7.7 de profesores en cuerpo docente y personal.

Gran parte del cuerpo docente y del personal pertenecía a departamentos asociados con ingeniería eléctrica (comúnmente ingeniería eléctrica e informática), pero otra parte pertenecía a departamentos como informática, ingeniería industrial, economía y política, ingeniería mecánica, matemática, ciencia de los materiales, tecnología de ingeniería, bioingeniería, energía y recursos, minería, ingeniería civil, informática e informática y cibersistemas. La participación del cuerpo docente en departamentos ajenos a la ingeniería eléctrica refleja la creciente cooperación interdisciplinaria necesaria para abordar las investigaciones y la enseñanza en el campo actual de la potencia eléctrica. En la encuesta no se identificaron las distinciones disciplinarias dentro de los departamentos de ingeniería eléctrica e informática, por lo que, con toda probabilidad, la variedad disciplinaria identificada pudo ser mayor.

El Gráfico 4 muestra el número promedio de profesores del cuerpo docente y del personal por universidad que respondió por año de encuesta, comenzando en el periodo 1969-1970. El Gráfico 5 muestra los porcentajes del total de profesores del cuerpo docente y del personal. Los gráficos muestran que las universidades han ido incorporando docentes durante la última década, especialmente profesores asociados y asistentes. El número total de docentes reportados en las encuestas aumentó de 339 en 125 universidades, en el periodo 2005-2006, a 549 en 137 universidades en 2015-2016. Dado el aumento en el número de estudiantes y la posibilidad de jubilaciones en el cuerpo docente superior, esta representa una tendencia positiva que ayudará a respaldar la educación en ingeniería de potencia con el paso del

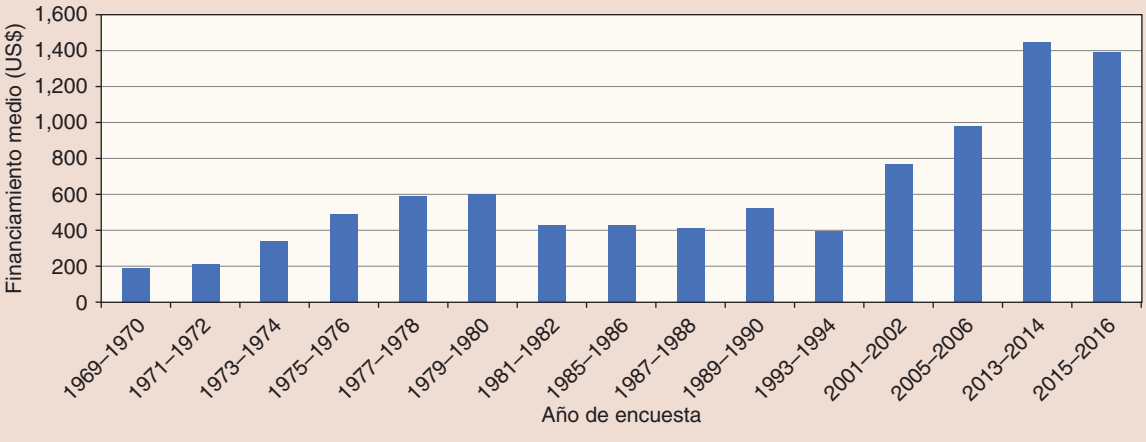


gráfico 6. Financiamiento para investigaciones promedio ajustado a la inflación y procedente del gobierno, servicios públicos y otras industrias. Estos promedios han sido calculados a partir de datos obtenidos de las universidades que reportaron un total positivo (es decir, distinto a cero) de gastos en investigación.

tiempo. Tal como se muestra en la sección "Investigaciones y financiamiento", la contratación de docentes más jóvenes se ha producido en un contexto de mayor financiamiento de investigaciones que puede respaldarlos.

Asimismo, el creciente número de estudiantes y la necesidad de un mayor alcance de contenidos en el plan de estudios a fin de preparar a los estudiantes para la industria de la energía actual, también parecen haber motivado un aumento en la contratación de personal, incluyendo profesores adjuntos, instructores y conferencistas. Si se incluye al cuerpo docente emérito (muchos de los cuales continúan enseñando después de su jubilación) dentro del personal, más del 18% de todo el personal de enseñanza pertenece al personal. Se produjo una disminución en la contratación de personal en la década de 1980, como se ilustra en los Gráficos 4 y 5. Esto fue probablemente resultado de una disminución en el número de estudiantes en ingeniería eléctrica específicamente, y en ingeniería en general durante dicho periodo. Por lo general, los miembros del personal no son titulares, por lo que es más probable que sus números cambien a medida que cambian los presupuestos y las necesidades educativas en comparación con los del cuerpo docente. Es probable que algunos profesores adjuntos, instructores y conferencistas vinieran de la industria de la ingeniería eléctrica a enseñar en el ámbito académico ya sea a tiempo completo o parcial.

Los datos de contratación y salida de todas las universidades que respondieron a la encuesta son indicativos del aumento en el número total de profesores del cuerpo docente y del personal. En promedio, las universidades informaron que contrataron a dos profesores de cuerpo docente y de personal por cada uno que salía. Como es de esperar, la contratación de profesores jóvenes en el cuerpo docente da como resultado un cuerpo docente con menor experiencia en el ámbito académico. Casi la mitad del cuerpo docente y del personal de los Estados Unidos (en comparación con aproximadamente una cuarta parte del cuerpo docente y del personal canadiense) contaban con diez o menos años de experiencia en el ámbito académico.

Las jubilaciones hasta el año 2026 podrían ser considerables. Se reportó que aproximadamente el 37% del cuerpo docente y del personal eran elegibles para jubilación en el periodo 2015-2016, o dentro de los próximos diez años. Tener conocimiento de la elegibilidad para jubilación es importante para poder planificar la contratación de cuerpo docente y personal, ya que puede tomar hasta seis años para que un profesor asistente se convierta en titular, un proceso que requiere la tutoría del cuerpo docente superior.

Investigaciones y financiamiento

La suficiencia de financiamiento para investigaciones es una medida importante de la sostenibilidad y la calidad del programa educativo de ingeniería eléctrica en una universidad y de las oportunidades de innovación en investigación. Las investigaciones traen los conocimientos de vanguardia a las aulas y permiten que los docentes universitarios hagan frente a nuevos desafíos producto del constante cambio tecnológico. También se requiere el financiamiento de investigaciones para apoyar a los profesores que buscan la titularidad y a todos los docentes que ofrecen pasantías de investigación de posgrado a los estudiantes. Sin un potencial adecuado para el financiamiento continuo de la investigación, los administradores universitarios serán reacios a contratar nuevos docentes.

En la encuesta, se pidió a las universidades que brinden información sobre los gastos de investigación por parte del cuerpo docente que imparte clases de ingeniería de potencia. Como se ilustra en el Gráfico 6, el financiamiento para las investigaciones provenía de tres fuentes: 1) gobierno, 2) servicios públicos e 3) industrias ajenas al servicio público. Los promedios en el Gráfico 6 pertenecen a universidades que reportaron gastos positivos en investigación y se basan en los gastos de investigación reportados y ajustados a la inflación para el periodo 2015-2016. Para los análisis históricos, no se realizó ninguna conversión de dólares

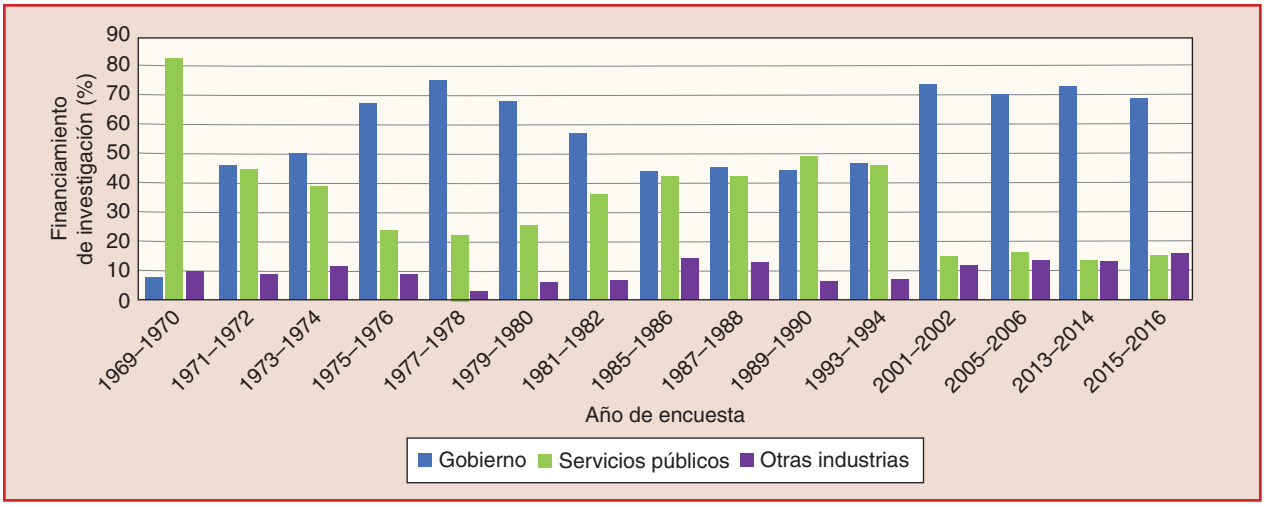


gráfico 7. Financiamiento procedente del gobierno, servicios públicos y otras industrias.

canadienses a dólares estadounidenses, pero los gastos se consideran en dólares estadounidenses para efectos de este artículo, ya que el financiamiento total para investigaciones de Estados Unidos es mucho mayor que el financiamiento total para investigaciones de Canadá. El financiamiento de investigaciones corregido por inflación ha aumentado de manera significativa en el siglo XXI, pasando de un promedio de US$776,000 por universidad en el periodo 2001-2002 a US$1,392,000 en el periodo 2015-2016; un incremento del 79% (en dólares de 2015-2016). Fue principalmente gracias al aumento de US$571,000 a US$963,000 en el financiamiento gubernamental promedio ajustado a la inflación, que se produjo un aumento en el apoyo total a las investigaciones. La ligera disminución en el gasto promedio de investigaciones entre las encuestas de 2013-2014 y 2015-2016 sugiere que, como mínimo, el fuerte crecimiento del financiamiento de investigaciones puede estarse debilitando. Esta posible tendencia deberá examinarse más a fondo en un futuro estudio.

El Gráfico 7 ilustra que la dependencia en las fuentes de financiamiento del gobierno frente a las de la industria ha variado con el tiempo. En la encuesta de 2015-2016, el financiamiento gubernamental para los gastos de investigación representó casi el 70% del total de contribuciones a la investigación procedentes del financiamiento por parte del gobierno, servicios públicos y otras industrias. El porcentaje de las contribuciones totales de investigación por parte de la industria superó al de las contribuciones del gobierno durante la década de 1980 y principios de la década de 1990. Sin embargo, en el siglo XXI, las contribuciones gubernamentales fueron mayores a las de la industria.

Curiosamente, desde el periodo 1993-1994, el promedio de financiamiento ajustado a la inflación procedente de otras industrias no relacionadas con los servicios públicos ha aumentado pasando de US$28,000 a US$221,000, mientras que el promedio de financiamiento procedente de los servicios públicos aumentó de US$182,000 a US$208,000. Por lo tanto, el financiamiento procedente de otras industrias aumentó de forma significativa. Esta tendencia refleja los cambios en la industria, por ejemplo, el creciente despliegue de tecnologías de redes inteligentes, que han traído nuevos negocios a la industria de la potencia eléctrica. A continuación, se incluyen observaciones adicionales sobre los datos de gasto en investigaciones (convertidos de dólares canadienses a dólares estadounidenses) para el periodo 2015-2016.

- ✔ En el caso de todas las universidades de Canadá y Estados Unidos que brindaron información, los gastos combinados de investigación sin equipo de aproximadamente US$143 millones superaron con creces los gastos de equipo de aproximadamente US$29 millones. Los gastos en investigación sin equipo son particularmente importantes porque se utilizan, en parte, para brindar apoyo a los estudiantes de posgrado.
- ✔ Tanto en las universidades de EE. UU. como en las de Canadá, el financiamiento del gobierno fue la fuente principal de gastos de investigación sin equipo, proporcionando aproximadamente dos tercios del financiamiento.
- ✔ Aproximadamente el 90% de los gastos de equipo en las universidades canadienses provenían del gobierno, mientras que en las universidades de Estados Unidos, el financiamiento por parte de la industria representaba aproximadamente el 29% de los gastos de equipo.
- ✔ Los gastos de la investigación varían considerablemente de una universidad a otra. Veintinueve por ciento de las universidades reportó gastos totales de investigación entre US$1 y US$250,000, mientras que el 18% reportó gastos que superaron los US$2 millones.

En general, las universidades que respondieron a la encuesta de 2015-2016 se mostraron optimistas en cuanto a sus perspectivas para el financiamiento de investigaciones. Aproximadamente el 39% y el 35% de las universidades tenían expectativas de aumentar el financiamiento de investigaciones en los próximos tres y diez años, respectivamente. Sólo el 15% de las universidades consideraba que el financiamiento disminuiría en los próximos tres años a partir del periodo 2015-2016, y el 10% creía que el financiamiento disminuiría en los próximos diez años. Estas eran las perspectivas al momento de presentar la encuesta y pueden diferir de las perspectivas actuales.

Un factor importante a tomar en cuenta es si el crecimiento en el financiamiento de las investigaciones ha sido lo suficientemente proporcional al creciente número de docentes como para proporcionar un respaldo adecuado a las investigaciones en el futuro. El financiamiento de la investigación por miembro del cuerpo docente es un indicador de la suficiencia del financiamiento, lo que ha mostrado un fuerte crecimiento en el siglo XXI, especialmente en las encuestas de 2013-2014 y 2015-2016. El análisis de la encuesta sugiere que este crecimiento ha podido llegar a su punto máximo y, de no haberlo hecho aún, empezar a disminuir. La tendencia a largo plazo tendrá que discernirse a partir de futuras encuestas.

Se pidió a los encuestados que identificaran las áreas de investigación de sus universidades. Las áreas de investigación de las cuales podían elegir seguían por lo general los nombres establecidos por el comité técnico de la PES del IEEE. Las áreas de investigación más comunes fueron las redes inteligentes y la generación renovable. Las menos comunes fueron las áreas más orientadas a hardware, como las relacionadas con transformadores, automatización de subestaciones, conmutadores y dispositivos de protección contra sobretensiones.

Observaciones finales

Este artículo brindó una visión general de las tendencias en educación de ingeniería de potencia en los Estados Unidos y Canadá, desde que se inició la recopilación de datos en el año académico 1969-1970. Se han podido observar cambios evidentes en la educación en ingeniería de potencia:

- ✔ el crecimiento sustancial en el número de matrículas de estudiantes y títulos otorgados, especialmente a estudiantes internacionales de programas de posgrado.
- ✔ el crecimiento en el número de profesores en el cuerpo docente de todos los niveles, pero, especialmente, en los profesores asistentes que buscan la titularidad
- ✔ una mayor presencia de profesores adjuntos y conferencistas/instructores, que probablemente fueron requeridos para poder satisfacer las nuevas necesidades de enseñanza producto del aumento en el número de estudiantes y de los cambios tecnológicos en el sector
- ✔ el aumento considerable del financiamiento de investigación por parte del gobierno, el financiamiento por parte del sector de servicios públicos que ha seguido el ritmo de la inflación, y la tendencia a largo plazo del creciente financiamiento por parte de industrias no relacionadas con los servicios públicos, que juegan un papel más importante en la diversificada industria de la ingeniería eléctrica actual
- ✔ el uso de educación a distancia, ampliando las formas en que se imparte la educación
- ✔ la diversificación del plan de estudios de ingeniería con temas no tradicionales, como la energía sostenible

Los resultados de la encuesta sugirieron que los tres desafíos clave en educación de ingeniería de potencia en las universidades son

- ✔ motivar a los estudiantes nacionales para que cursen estudios de posgrado con un enfoque en la ingeniería de potencia
- ✔ evolucionar los planes de estudio para abordar los cambios y desafíos que enfrenta la industria de la potencia eléctrica
- ✔ mantener un financiamiento de investigaciones suficiente para apoyar a la innovación, los avances tecnológicos en potencia eléctrica y energía, y apoyar a los miembros jóvenes del cuerpo docente, quienes eventualmente reemplazaran a los docentes que se jubilen.

Lecturas complementarias

"Electric power engineering educational resources, 1969–1970 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 1969-1970 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. 91, n.° 1, págs. 277–283, enero de 1972.

"Electric power engineering educational resources, 1971–1972 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 1971-1972 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. 93, n.° 2, págs. 529–534, marzo de 1974.

"Electric power engineering educational resources, 1973–1974 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 1973-1974 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. 95, n.° 4, págs. 1194–1201, julio de 1976.

"Electric power engineering educational resources, 1975–1976 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 1975-1976 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. 97, n.° 3, págs. 802–809, mayo de 1978.

"Electric power engineering educational resources, 1977–1978 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 1977-1978 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. 100, n.° 2, págs. 721–728, febrero de 1981.

"Electric power engineering educational resources, 1979–1980 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 1979-1980 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. 100, n.° 11, págs. 4456–4463, noviembre de 1981.

"Electric power engineering educational resources, 1981–1982 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 1981-1982 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. 103, n.° 5, págs. 921–932, mayo de 1984.

"Electric power engineering educational resources, 1985–1986 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 1985-1986 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. 3, n.° 3, págs. 1340–1353, agosto de 1988.

"Electric power engineering educational resources, 1987–1988 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 1987-1988 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 6, n.° 1, págs. 379–392, febrero de 1991.

"Electric power engineering educational resources, 1989–1990 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 1989-1990 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 7, n.° 4, págs. 1611–1622, noviembre de 1992.

"Electric power engineering educational resources, 1991–1992 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 1991-1992 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 9, n.° 3, págs. 1182–1193, agosto de 1994.

"Electric power engineering educational resources, 1993–1994 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 1993-1994) Informe del Comité de la Dociedad de

Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 11, n.° 3, págs. 1146–1158, agosto de 1996.

"Electric power engineering educational resources, 2001–2002 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 2001-2002 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 19, n.° 4, págs. 1703–1722, noviembre de 2004.

"Electric power engineering educational resources, 2005–2006 IEEE Power Engineering Society Committee report" (Recursos educativos de ingeniería de potencia eléctrica, 2005-2006 Informe del Comité de la Sociedad de Ingeniería de Potencia del IEEE), *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 23, n.° 1, págs. 1–24, febrero de 2008.

Comité de Educación en Potencia y Energía (noviembre de 2017). Electric power engineering education resources: 2015–16 US and Canadian university survey results (Recursos de educación en ingeniería de potencia eléctrica: resultados de encuestas de universidades estadounidenses y canadienses 2015-2016). Power & Energy Soc. del IEEE [En línea]. Disponible en: https://www.ieee-pes.org/professional-development/education/university-power-programs

Power & Energy Society del IEEE (2 de junio, de 2015). State of power engineering education in the U.S. and Canada: Overview of the results of the 2013–2014 PEEC survey (Situación de la educación en ingeniería de potencia en los EE. UU. y Canadá: visión general de los resultados de la encuesta de PEEC 2013-2014) [En línea]. Disponible en: http://resourcecenter.ieee-pes.org/pes/product/webinars/PESVID1267

Biografías

Dennis Ray pertenece a la Universidad de Wisconsin-Madison.

Nilanjan Ray Chaudhuri pertenece a la Universidad del Estado de Pensilvania, Universidad Estatal.

Sukumar Brahma pertenece a la Universidad Estatal de Nuevo México, Las Cruces.

Por C. Nagamani, M. Venkata Kirthiga y Mini Shaji Thomas



IMAGEN AUTORIZADA POR INGRAM PUBLISHING

Educación en ingeniería eléctrica

INDIA HA SURGIDO COMO UNA DE LAS ECONOmías de más rápido crecimiento en el mundo, y el sector industrial indio compite a nivel mundial mediante la fabricación de equipos de ingeniería, automóviles, productos químicos y software. La educación técnica en general y la enseñanza de la ingeniería eléctrica en particular tienen una importancia primordial en este contexto. La ingeniería de potencia eléctrica es un tema de elección para muchos aspirantes en la India que buscan la admisión a una licenciatura o posgrado en las facultades de ingeniería de primer nivel. Los graduados en ingeniería eléctrica son muy solicitados por sus habilidades analíticas superiores: son empleados en diversos sectores en India y en el extranjero. Este artículo describe el crecimiento de la enseñanza de la ingeniería en la India y los cambios en los programas y cursos que se ofrecen, y también brinda sugerencias para realizar mejoras.

La enseñanza de ingeniería en el mundo

La comunidad mundial enfrenta un sinfín de desafíos al atravesar varias fases del desarrollo económico y social.

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2843899
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018

1540-7977/18©2018IEEE

Una descripción de los desarrollos académicos actuales en la India

Los trastornos médicos agudos y crónicos, las crisis energéticas, la degradación del medio ambiente, la pobreza y la escasez de alimentos son algunos de los problemas que requieren soluciones sustentables. Las agencias del mundo, junto con gobiernos, han estado luchando para encontrar medidas rentables que sean duraderas para resolver estos problemas. Múltiples avances que estimulan la prosperidad de la sociedad se han producido en los ámbitos de la ciencia, ingeniería y tecnología, con las maravillas de la ingeniería eléctrica en el centro de muchos cambios revolucionarios.

En las etapas iniciales de investigación y planificación, numerosos descubrimientos e innovaciones se centraron en la generación y utilización de la potencia eléctrica. Sin embargo, el campo de la ingeniería eléctrica se ha extendido a diversas ramas nuevas, como la electrónica, las comunicaciones, el control y las computadoras. Kofi Annan, ex secretario general de las Naciones Unidas, dijo: "la educación es la premisa del progreso en cada sociedad y en cada familia". Una juventud instruida y calificada allana el camino para la prosperidad de un país. Cada gran avance de la ingeniería ha tenido un impacto notable en la vida de la gente común, como se muestra en la Tabla 1. India, como muchos otros países en desarrollo, ha evolucionado en su camino al adoptar desarrollos tecnológicos mundiales, incluso mientras creaba un nicho como una economía basada en el conocimiento.

La evolución de la enseñanza de ingeniería en la India

El impulso inicial para la creación de centros de formación técnica en el país vino de la mano de los británicos, antes de la independencia. En 1794, los comerciantes ingleses establecieron una escuela de agrimensura en Madras a fin de formar personal indio en agrimensura moderna para ayudar a los agrimensores británicos.

El legendario "padre de la industria de la India", Sir Jamshedji Tata, un empresario industrial y nacionalista devoto, estableció el Instituto Indio de Ciencia (IISc, por sus siglas en inglés) en Bangalore en 1909, que ofrecía un certificado y un curso de ingeniería eléctrica para asociados con nivel de grado. El gran educador y visionario Pandit Madan Mohan Malaviya tuvo influencia en la historia de la enseñanza en la India en 1917 mediante la creación de la Universidad Hindú de Benarés, la primera de su clase en el país, en la que se ofrecían cursos de grado en ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica e ingeniería metalúrgica. Posteriormente, la Facultad de Ingeniería de Bengala en Shibpur ofreció cursos en ingeniería mecánica y eléctrica en 1935-1936. También se introdujeron cursos en estas materias en Guindy y Pune en la misma época.

En 1936-1937, el gobierno, al revelar una gran reforma en la educación técnica, inició la creación de una institución modelo llamada Politécnica de Delhi, que más tarde se convirtió en la Facultad de Ingeniería de Delhi. Después de la Segunda Guerra Mundial, la necesidad de avances en la ciencia y tecnología aumentaron en todo el mundo, lo que produjo cambios importantes en la educación técnica que ayudaron a adaptarse a la rápida evolución del mundo. El Consejo de la India para la Educación Técnica (AICTE, por sus siglas en inglés) se creó en noviembre de 1945 como un organismo consultivo ápice a nivel nacional para inspeccionar las instalaciones disponibles para la educación técnica

tabla 1. Las fases de los principales avances en ingeniería.

1750-1850	Textil (primera ola)	Hierro, energía hidráulica, mecanización, textiles, comercio
1850-1900	Transmisión, riel, acero (segunda ola)	Potencia de vapor, ferrocarril, acero, algodón
1877-1925	Electricidad, productos químicos, motores de combustión interna (tercera ola)	Electricidad, productos químicos, motores de combustión interna
1900-1950	Petróleo, auto, producción en masa (cuarta ola)	Petroquímica, electrónica, aviación, espacio
1950	TI, biotecnología, materiales (quinta ola)	Redes digitales, biotecnología, software, TI
2005	Ingeniería ecológica sostenible (sexta ola)	Sustentabilidad, productividad radical de recursos, diseños de sistemas completos, biomimetismo, ecología industrial, energía renovable, química ecológica, nanotecnología

Nota: Informe de la UNESCO "Ingeniería: problemas, desafíos y oportunidades para el desarrollo", 2010.

y promover el desarrollo en el país en forma coordinada e integrada.

En 1947, la India, un país incipiente luego de su independencia, hizo frente a una aguda falta de técnicos y de ingenieros de grado y a una escasez de recursos materiales. En su visión para una India moderna, Pandit Jawahar Lal Nehru, el primer ministro de la India, estableció cinco Institutos Indios de Tecnología (IIT, por sus siglas en inglés) mediante una ley parlamentaria que los declaraba instituciones de importancia nacional.

En otro desarrollo significativo, en 1959 se tomó la decisión de crear Facultades Regionales de Ingeniería (REC, por sus siglas en inglés) en entornos rurales para producir en masa graduados de ingeniería de alta calidad. Los REC se convirtieron en instituciones de importancia nacional y se rebautizaron como Institutos Nacionales de Tecnologías (NIT, por sus siglas en inglés) en 2002. En la actualidad, existen 31 NIT en la India, uno en cada Estado. Los IIT y REC/NIT comenzaron a ofrecer codiciados programas de grado y posgrado en ingeniería eléctrica.

Muchas universidades de ingeniería nuevas se establecieron entre 1950 y 1960, ya que las principales instituciones del periodo anterior a 1947 experimentaron una gran extensión y consolidación para incorporar cursos relacionados con la informática y la tecnología de información (TI) en sus planes de estudios.

La India, que emergió como centro en el ámbito de la TI, generó numerosas oportunidades para la educación y formación en TI y áreas relacionadas. Para aprovechar el talento fuerte en la TI y satisfacer la demanda creciente de profesionales de TI, se permitió el establecimiento de un gran número de instituciones privadas en el país durante la década de 1990. De 36 instituciones con una inscripción anual de aproximadamente 2,500 estudiantes en 1947, el

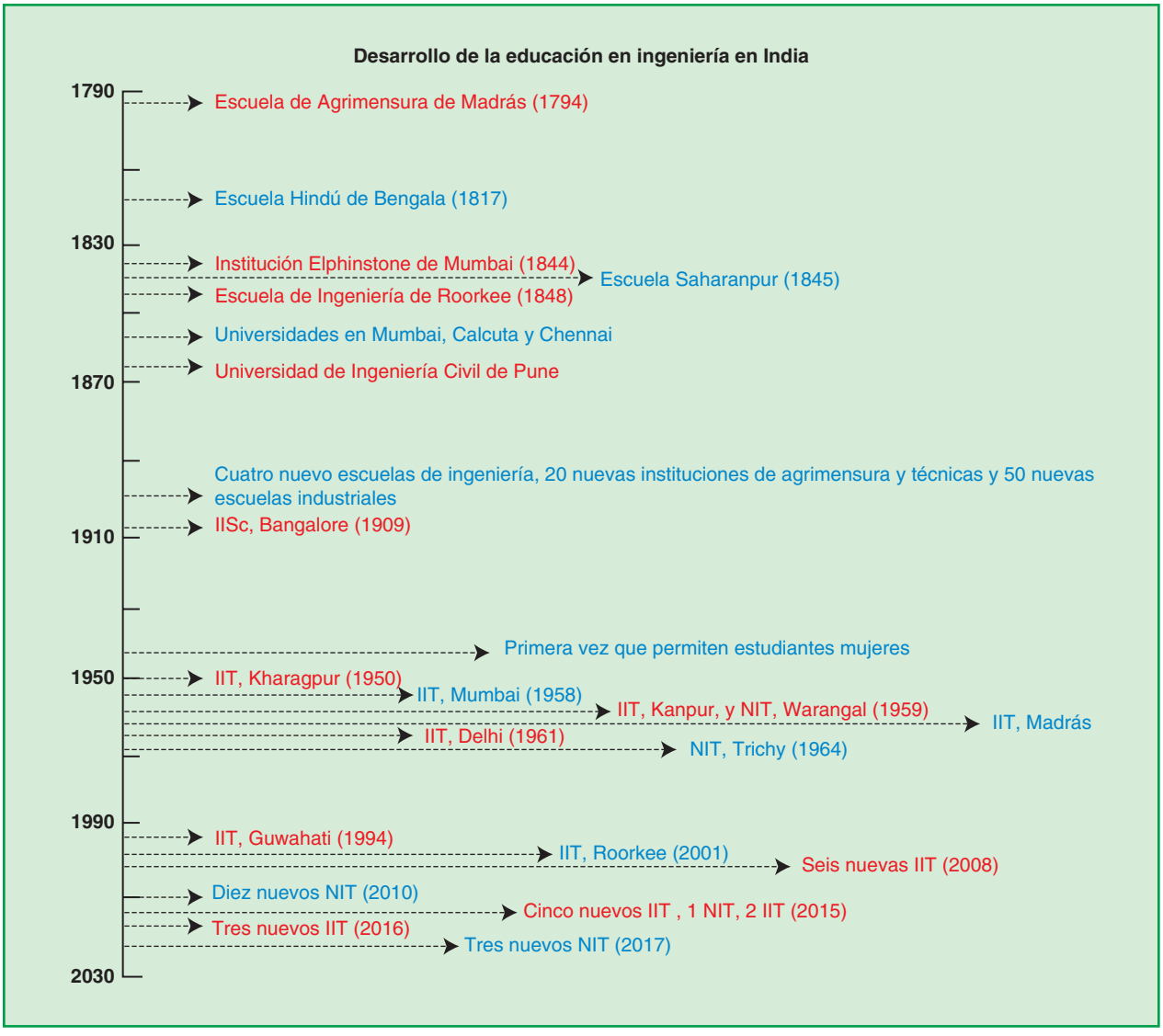


gráfico 1. Los avances en la enseñanza de ingeniería en la India.

La ingeniería eléctrica es un tema de elección para muchos aspirantes en la India que buscan la admisión a una licenciatura o posgrado en las facultades de ingeniería de primer nivel.

número de instituciones aumentó a 1,346 con un ingreso anual de aproximadamente 440,000 estudiantes en 2005 (https://www.aicte-india.org/). El Gráfico 1 muestra este florecimiento de la educación en ingeniería, luego de la independencia.

Como se muestra en una encuesta, existían 3,241 instituciones de ingeniería con una inscripción total de 1,324,246 estudiantes en el año académico 2010–2011. Desde 2012, se ha producido un aumento mínimo en el número de instituciones de ingeniería en la India, lo que incluye universidades públicas, ayudadas por el gobierno y privadas, e institutos acreditados como universidades. Actualmente, existen 3,325 instituciones de ingeniería aprobadas por el AICTE en India, con 1,662,518 estudiantes inscritos en el periodo 2017-2018. Este crecimiento es un indicador de la abrumadora preferencia por programas de ingeniería y de la demanda de ingenieros de diversas industrias. Esta tendencia positiva se muestra en los Gráficos 2 y 3, con el uso de los datos de AICTE: la contribución del gobierno con las instituciones académicas y, particularmente, la enseñanza de ingeniería, ha aumentado considerablemente, lo que encamina a la India en la dirección del progreso en desarrollos tecnológicos.

La estructura de los programas de título de pregrado en ingeniería eléctrica en la India

En general, el título de pregrado en ingeniería en la India requiere de cuatro años de estudio. Algunos institutos con financiación central, sobre todo los IIT, ofrecen un título de licenciatura de tecnología (B.Tech.) en ingeniería eléctrica como un curso general, con libertad para realizar una especialización en ingeniería de potencia (eléctrica y electrónica), electrónica y comunicación, sistemas de control e informática ofrecida por el mismo departamento. Sin embargo, la mayoría de las demás instituciones ofrecen estos programas de subcategorías en departamentos separados de ingeniería eléctrica y electrónica, electrónica y comunicación e informática. Una observación detallada de los planes de estudios en el programa de la carrera de grado de ingeniería eléctrica y electrónica revela que el primer año de estudio se compone de materias básicas como matemática, física, química, mecánica de la ingeniería, dibujo industrial, programación informática y comunicación profesional, así como otros programas extracurriculares, como cuerpos nacionales de

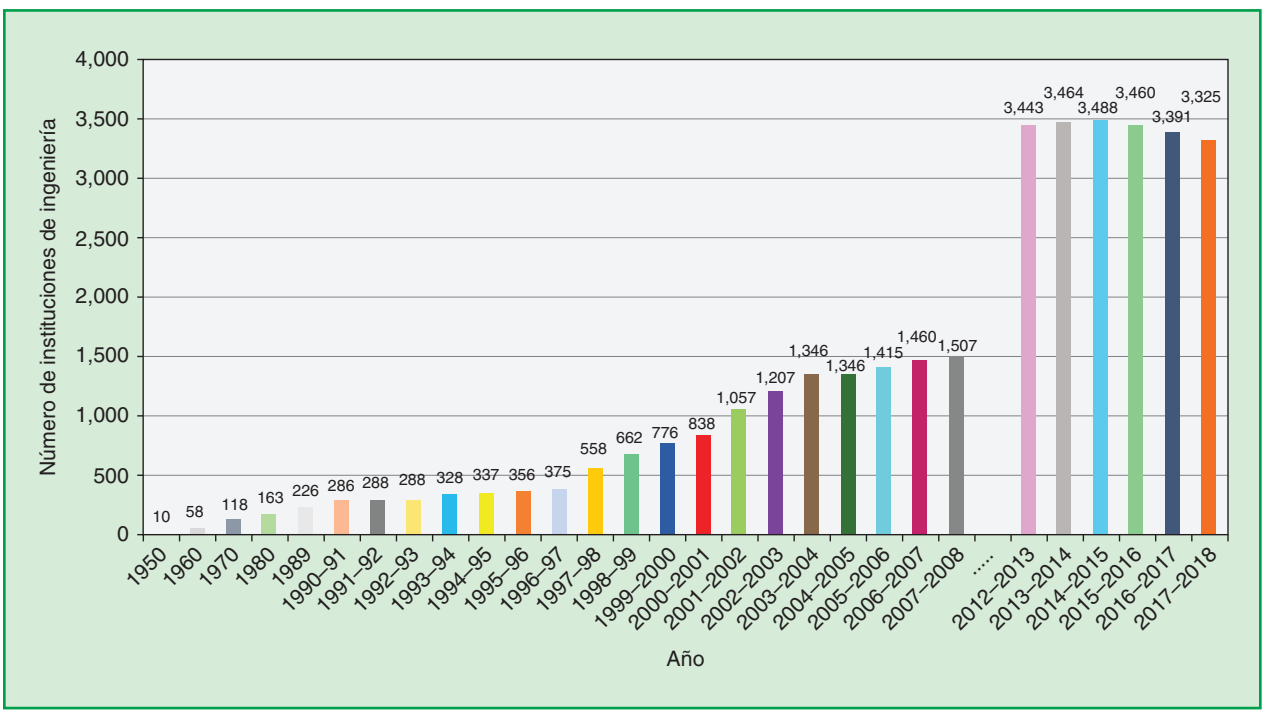


gráfico 2. El crecimiento de las facultades de ingeniería en la India.

cadetes, servicio social nacional y organización nacional de deportes, lo que asegura el desarrollo integral de la personalidad.

El segundo año de estudio ofrece una introducción a los diversos cursos específicos de cada rama; el tercero y el cuarto año suponen una capacitación intensiva en materias troncales, al tiempo que ofrecen algunas asignaturas optativas para enriquecer la elección de la especialización. Los cursos de segundo año, que actúan como puertas de entrada típicas a la ingeniería eléctrica, son sobre maquinarias eléctricas y la transmisión y distribución de la energía eléctrica. A los estudiantes de una carrera de pregrado también se les enseñan los conceptos básicos de la teoría del campo electromagnético, los circuitos análogos, los circuitos integrados lineales y la electrónica digital.

En el tercer año, se introducen las materias de electrónica de potencia, sistemas de control, medición e instrumentación. En el último año, se enseña análisis de sistemas de potencia, protección, y economía y control. El espectro de las materias optativas varía ampliamente, incluyendo temas sobre sistemas de potencia, electrónica de potencia, sistemas de control, microelectrónica,integración a muy gran escala (VLSI, por sus siglas en inglés) e ingeniería de comunicaciones, lo que le permite a los estudiantes enfocarse en los intereses de su carrera antes de la graduación. Las listas de materias troncales y optativas que se ofrecen en la rama

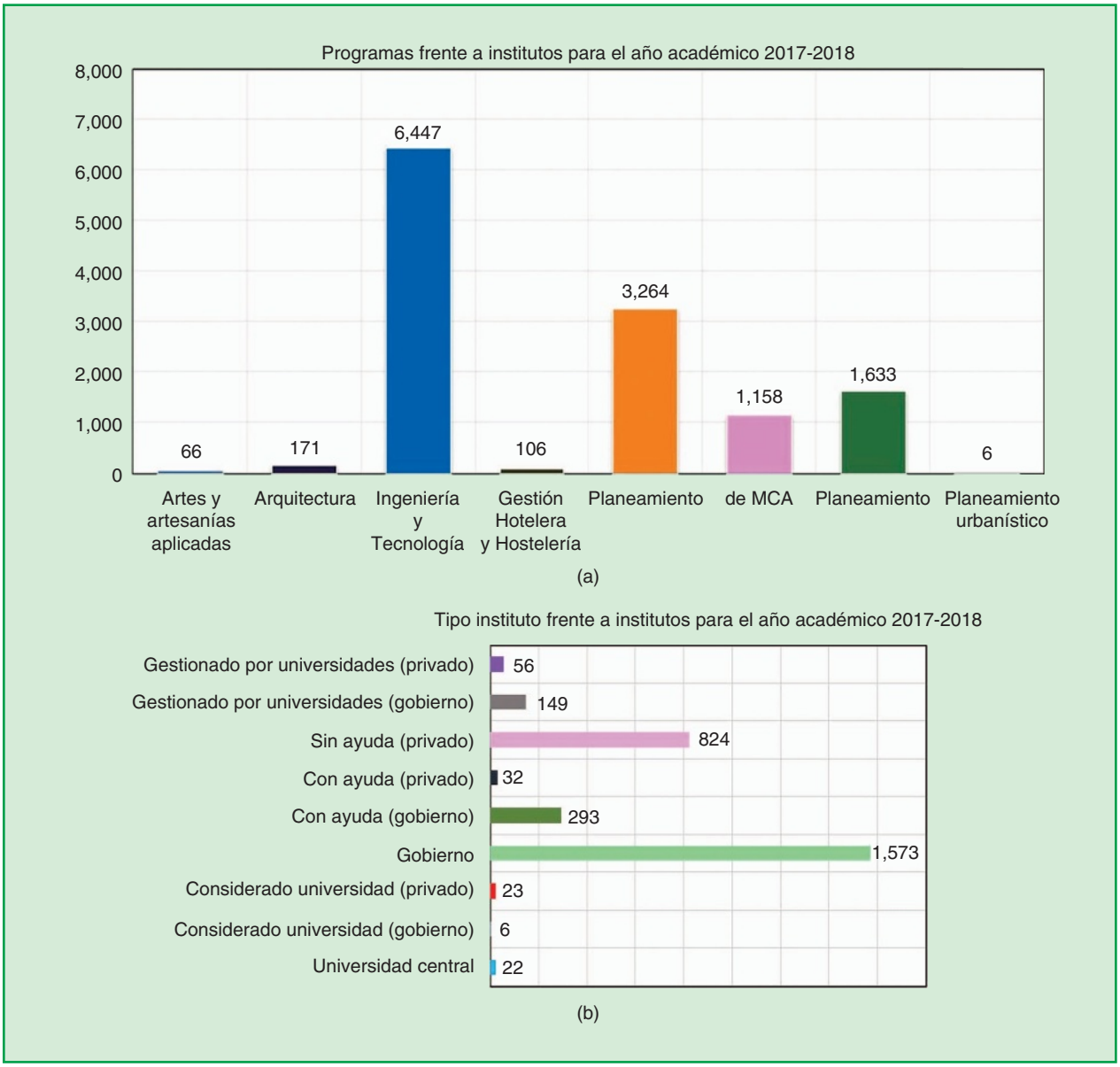


gráfico 3. (a) Enseñanza de la ingeniería que domina otros cursos profesionales en 2017-2018. (Imagen cortesía de https://www.facilities.aicte-india.org/dashboard/pages/angulardashboard.php#!/graphs.) (b) El tipo de institutos de educación profesional en la India en 2017-2018.

La mayoría de las instituciones privadas deben lograr un equilibrio entre atraer y retener a los graduados meritorios mediante paquetes salariales decentes y asumir las consecuencias financieras a largo plazo.

universitaria de ingeniería eléctrica en la mayoría de los institutos se muestran en las Tablas 2 y 3.

Mientras que algunos institutos sólidos ofrecen alternativas adicionales, como graduarse con honores en ingeniería eléctrica, existen también casos en los que se otorga un título adicional en una disciplina secundaria conforme al cumplimiento de criterios adicionales por parte del candidato. Además del título habitual de cuatro años, existen algunas otras variantes para satisfacer a los jóvenes aspirantes. En un programa de título doble de cinco años, se ofrece administración como título secundario, junto con un título principal en ingeniería. La maestría integrada en tecnología (M.Tech.) es otro programa de cinco años en el que se recibe un título de maestría en la especialidad seleccionada. Una larga lista de las posibles materias optativas indica la preferencia de los estudiantes y constituye un buen argumento para las perspectivas profesionales de los graduados en ingeniería de potencia.

tabla 2. Una lista de cursos troncales que se ofrecen comúnmente en programas de pregrado en ingeniería eléctrica.

Dispositivos de electrones
Teoría de circuitos
Máquinas y transformadores CC
Máquinas de CA
Teoría del campos electromagnéticos
Circuitos electrónicos analógicos
Electrónica digital
Transmisión y distribución de energía eléctrica
Circuitos integrados lineales
Sistemas lineales y redes
Sistemas de control
Electrónica de potencia
Microprocesadores y microcontroladores
Mediciones e instrumentación
Análisis de sistemas de potencia
Dispositivos de conmutación y protección de sistemas de potencia

La admisión a un programa universitario de todos los institutos públicos se realiza mediante el examen de ingreso conjunto (JEE, por sus siglas en inglés) principal, llevado a cabo por La Junta Central de Educación Secundaria de la India. El Gráfico 4 muestra el rango de cierre (RC) y de apertura (RA) del JEE principal para la admisión en los programas de licenciatura de tecnología (en ingeniería eléctrica y electrónica) en los NIT, lo que demuestra claramente la demanda que existe para esta disciplina. El primer rango en

tabla 3. Una lista de cursos optativos que se ofrecen comúnmente en programas de pregrado en ingeniería eléctrica.

Sistemas de generación de potencia
Sistemas eléctricos eólicos y solares
Automatización industrial
Ingeniería de alta tensión
Automatización de sistemas de distribución
Sistemas difuso y algoritmos genéticos
Programación orientada a objetos usando C++
Arquitectura de computadoras
Diseño digital de sistemas e idiomas de descripción del hardware
Diseño con controlador de interfaz periférico
Procesamiento de señales digitales
Redes neuronales artificiales
Transmisión de CC de muy alta tensión y alta tensión
Diseño de aparatos eléctricos
Utilización de la energía eléctrica
Reestructuración de sistemas de potencia
Técnicas de control y economía de sistemas de potencia
Dinámica de sistemas de potencia
Máquinas eléctricas especiales
Unidades de CA-CC de estado sólido
Técnicas de control y economía de sistemas de potencia
Sistemas vehiculares de energía eléctrica
Conceptos de sistemas operativos

Por lo general, un graduado experimentado en ingeniería eléctrica no solo dispone de múltiples posibilidades profesionales para elegir en el momento de la graduación, sino que también ninguna dificultad le impide cambiar de un puesto a otro.

JEE en el que se le asigna una rama a un estudiante es el RA, mientras que RC es el último rango. Para la admisión a los IIT, otro examen, el JEE avanzado, es llevado a cabo por los IIT para los candidatos mejor calificados del JEE principal.

Posgrado en ingeniería eléctrica en India

La creación de programas de posgrado en ingeniería eléctrica en los IIT ocurrió en la década de 1950, y se centraban principalmente en ingeniería eléctrica. Las materias optativas en electrónica de potencia se introdujeron en la década de 1970, superando obstáculos como la falta de materiales de recursos y libros de texto. En particular, el manual *Rectificadores Controlados de Silicio* de General Electric y el libro *Tiristores y sus Aplicaciones* del Dr. M. Ramamoorty eran los únicos recursos de enseñanza disponibles.

Antes del advenimiento y el desarrollo extendido de la tecnología de semiconductores de potencia (hasta principios de la década de 1980), los cursos sobre electrónica de potencia se ofrecían como asignaturas optativas y no como especializaciones de posgrado (hasta mediados de la década de 1980). Paulatinamente, los desarrollos tecnológicos en la electrónica de potencia y sistemas CC de alta tensión, junto con muchas más publicaciones en estos campos, han ayudado a superar las deficiencias. Más adelante, se introdujeron cursos y programas sobre motores eléctricos, que se hicieron muy populares. La automatización de la potencia, las tecnologías de sincrofasores y las redes inteligentes se introdujeron en la última década en los planes de estudio de grado y posgrado de los sistemas de potencia, siendo la India uno de los principales mercados de comercialización de potencia. Actualmente, la mayoría de las instituciones técnicas ofrecen varias especializaciones de posgrado además de sistemas de potencia y electrónica en ingeniería eléctrica, como se muestra en el Gráfico 5.

El programa de posgrado de dos años de la Maestría en Tecnología ofrece cursos teóricos y de laboratorio en el primer año. Generalmente, el segundo año está dedicado a la elaboración de proyectos, con énfasis en la experiencia práctica de diseñar, construir y probar sistemas de prototipo de laboratorio. Una pasantía de verano de dos meses ahora es obligatoria para los estudiantes de grado, aunque no es obligatoria para los estudiantes de posgrado. Sin embargo, existen oportunidades para llevar a cabo un proyecto de un año en una industria relevante. Los consejos de estudios de los institutos actualizan su respectivo plan de estudios todos los años o una vez cada dos años para mejorar las perspectivas profesionales de los estudiantes, y se basan en las sugerencias de expertos de la industria, del ámbito académico y del alumnado, además de las contribuciones de los estudiantes. Las Tablas 4 y 5 enumeran las materias troncales y optativas típicas que se ofrecen en varias corrientes de diversas instituciones para los programas de posgrado en ingeniería de potencia.

La admisión al máster de los programas de posgrado de ingeniería en instituciones públicas se basa en el puntaje obtenido en el Examen de Aptitud de Posgrado para Ingeniería (GATE, por sus siglas en inglés), un examen de ingreso a nivel nacional realizado conjuntamente por el Instituto de la Ciencia de la India y los siete IIT en representación del Gobierno de la India. Las admisiones a las instituciones participantes se llevan a cabo a través de un proceso de asesoramiento en línea centralizado. Después del éxito reciente del GATE, se han reclutado ingenieros con posgrado en varias entidades del sector público, también mediante el uso del puntaje del GATE como criterio de elegibilidad. El Gráfico 6

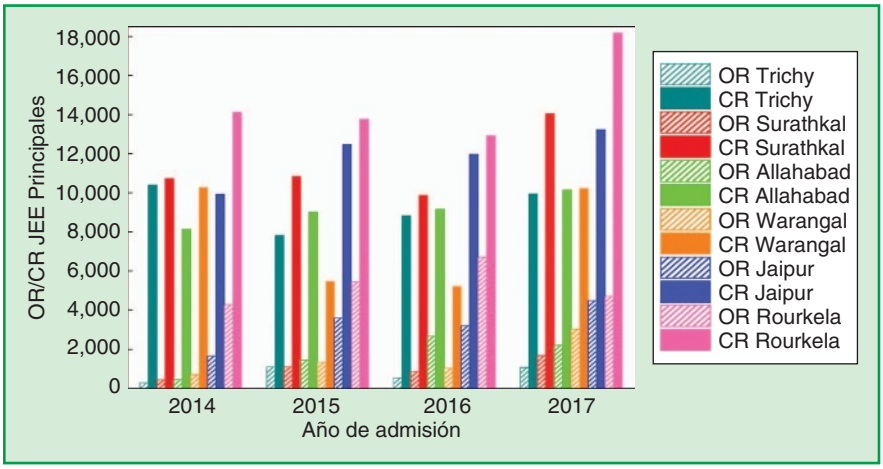


gráfico 4. El OR y CR en JEE principales para la admisión a una licenciatura de tecnología en ingeniería eléctrica y electrónica en los NIT, India.

muestra las preferencias de los graduados en ingeniería de potencia respecto a las instituciones para sus estudios de posgrado en los IIT, lo que demuestra que los cursos de ingeniería de potencia son buscados con regularidad por aquellos con puntajes altos en el GATE.

Programas de doctorado

La mayoría de las instituciones establecidas ofrecen programas doctorales de investigación que abarcan generalmente de cuatro a cinco años. Existe una fuerte competencia por el número limitado de lugares para ser admitidos a tiempo completo con apoyo financiero. Por lo general, la beca para investigación requiere de un mínimo trabajo de curso específico y de un informe de confirmación posterior. Más comúnmente, las instituciones estipulan publicaciones de investigación en revistas de renombre. Con un creciente interés por la posición académica o la clasificación nacional, muchas universidades prefieren a las personas que poseen un doctorado

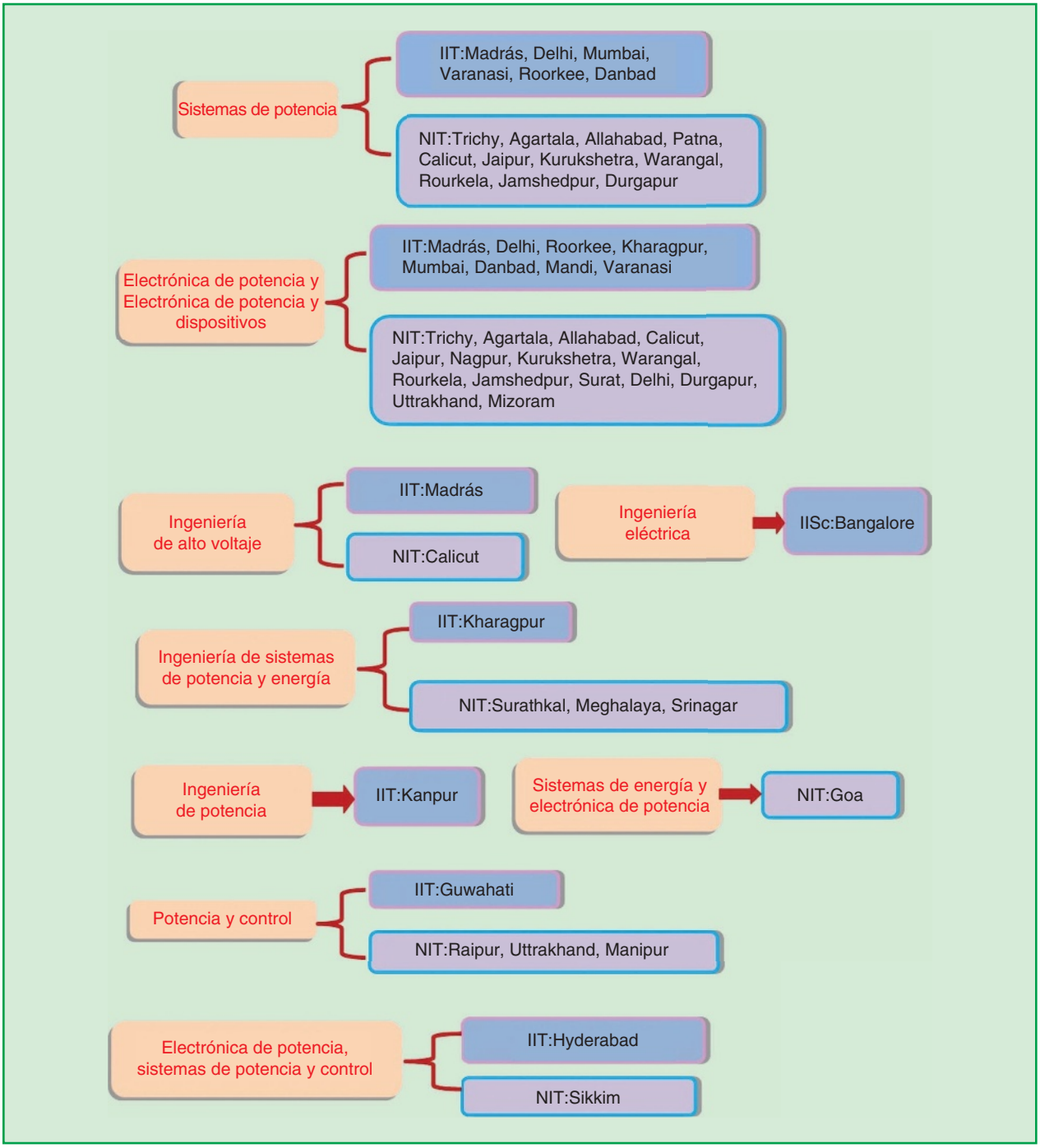


gráfico 5. Una lista de los programas de posgrado ofrecidos en instituciones técnicas con financiación central en la India.

tabla 4. Una lista de cursos troncales comúnmente ofrecidos en programas de posgrado relacionados con la ingeniería de potencia.

Análisis avanzado de sistemas de potencia
Técnicas de conversión de potencia
Control y operación de sistemas de potencia
Protección avanzada de sistemas de potencia
Estabilidad de sistemas de potencia
Transmisión de CC de alta tensión
Sistemas de transmisión de CA flexibles

tabla 5. Una lista de cursos optativos comúnmente ofrecidos en programas de posgrado relacionados con la ingeniería de potencia.

Sistemas lineales y no lineales
Motores de potencia electrónica
Electrónica de control industrial
Aplicaciones de microcontroladores en convertidores de potencia
Procesamiento avanzado de señales digitales
Diseño avanzado de sistemas digitales
Análisis y diseño de redes neuronales artificiales
Controladores digitales en aplicaciones de electrónica de potencia
Tecnologías de redes inteligentes
Generación distribuida y microrredes
Auditoría energética y gestión de vehículos eléctricos e híbridos
Principios de MODELADO DEL DISEÑO VLSI y análisis de máquinas eléctricas
Calidad de la potencia
Reestructuración y precios del sistema de potencia
Tecnologías de generación de potencia renovables

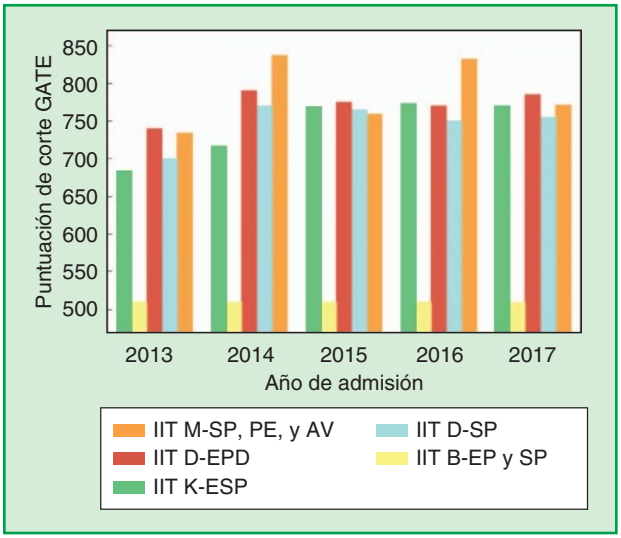


gráfico 6. La tendencia en puntajes GATE límite para cursos de posgrado relacionados con la ingeniería de potencia en IIT. SP-M: Sistemas de potencia de Madras; EP: electrónica de potencia; AT: alta tensión; MEP-D: Motores y electrónica de potencia de Delhi; IP-K: Ingeniería de potencia de Kanpur; SP-D: Sistemas de potencia de Delhi; EP-B: Electrónica de potencia de Bombay; SE: sistemas de energía.

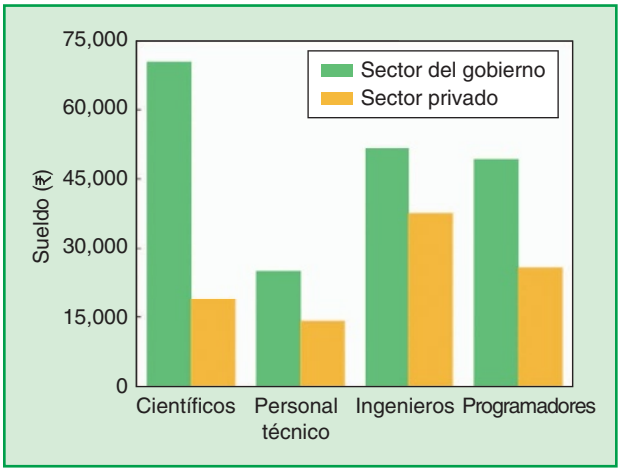


gráfico 7. Una comparación de salarios de puestos iniciales para ingenieros de potencia.

para las vacantes de ingreso. Las instituciones financiadas por el gobierno ofrecen paquetes salariales atractivos y un programa de carrera bien estructurado para graduados talentosos. Sin embargo, la mayoría de las instituciones privadas deben lograr un equilibrio entre atraer y retener a los graduados meritorios mediante paquetes salariales decentes y asumir las consecuencias financieras a largo plazo consiguientes.

Para atraer a jóvenes talentosos hacia la investigación de alta calidad, el gobierno de la India recientemente inició la Beca de Investigación del Primer Ministro, en la que el becario recibe una remuneración mensual que es casi tres veces superior a una remuneración habitual. Con la nueva iniciativa para la clasificación nacional anual de las facultades de ingeniería, como el Marco de Clasificación Institucional Nacional, los institutos privados y los de financiación pública compiten para atraer a doctores meritorios graduados.

Perspectivas para graduados en ingeniería eléctrica en la India

Existen innumerables oportunidades para graduados en ingeniería eléctrica en la India. En el sector central, son buscados por todo tipo de industrias manufactureras y empresas que se ocupan de electrodomésticos, ingeniería aeronáutica o

plantas de potencia atómica. Las empresas del sector público (como los ferrocarriles, la aeronáutica civil, las empresas de energía eléctrica del estado, la Oil and Natural Gas Corporation, Bharat Heavy Electricals Limited, Steel Authority of India Limited, Coal India Limited y Power Grid Corporation of India Limited) y empresas del sector privado (como Asea Brown Boveri, Bajaj, Crompton Greaves, Siemens, Reliance Power y Wipro Lighting) reclutan ingenieros eléctricos en grandes cantidades. Para aquellas personas que se enfocan en investigación y desarrollo, los laboratorios de investigación de renombre financiados por el gobierno de la India, como el Instituto Central de Investigación de Potencia (Central Power Research Institute) y el Instituto Central de Investigación de Ingeniería Electrónica (Central Electronics Engineering Research Institute), cuentan con vacantes. También existen carreras lucrativas en desarrollo de software para sistemas integrados, además del enorme grupo de empleos relacionados con la TI en los que se prefieren ingenieros eléctricos. Actualmente, la docencia también es gratificante, con universidades de ingeniería prestigiosas en la India que ofrecen atractivos paquetes remunerativos, especialmente después de la adopción de las recomendaciones de la séptima comisión de pago establecida por el gobierno indio. En el Gráfico 7 se muestra una comparación de los sueldos básicos para diversas categorías.

Con las tendencias constantes que apuntan a la amplia demanda de ingenieros de potencia competentes a lo largo de los años, el efecto dominó que se produce es que los futuros estudiantes de ingeniería a punto de seleccionar sus ramas de estudio están influenciados de forma positiva para seleccionar esta rama de la ingeniería versátil y siempre al alza. Por lo general, un graduado experimentado en ingeniería eléctrica no solo dispone de múltiples posibilidades profesionales para elegir en el momento de la graduación, sino que también ninguna dificultad le impide cambiar de un puesto a otro. Por ejemplo, un ingeniero contratado por una compañía de desarrollo de software puede optar por mudarse a una empresa central años después o viceversa.

Mercados eléctricos

Con la creciente concientización acerca de los bienes de consumo más recientes y el aumento de la asequibilidad del consumidor indio promedio, las industrias afrontan una enorme competición para lanzar productos nuevos que puedan tener un alto potencial de mercado en un periodo corto del tiempo. Esto se refleja ampliamente en las estrategias de reclutamiento de las compañías industriales que siguen con atención las tendencias del mercado. Los graduados en ingeniería eléctrica capacitados en el diseño de sistemas de potencia, sensores, electrónica, software integrado en electrónica y circuitos de control contribuyen de forma significativa en el desarrollo de la infraestructura y, por lo tanto, al crecimiento del producto interno bruto nacional.

Una vez más, la estructura de la enseñanza de ingeniería, que se considera como el recurso potencial de la mano de obra para las industrias, está influenciada por las tendencias en las estrategias de reclutamiento. Aquellas personas graduadas de instituciones constituyen las existencias recientes de recursos humanos de la nación con habilidades y conocimientos especializados. Se espera que compartan los objetivos nacionales de crecimiento mediante contribuciones a la economía y al desarrollo social a través de la competitividad. Las habilidades técnicas perfeccionadas, junto con capacidades blandas loables, son los distintivos de un ingeniero competente. Un plan de estudios actualizado con alcance en la investigación, la innovación y las habilidades de gestión ayuda a sacar el máximo potencial de los ingenieros incipientes.

Una necesidad de reformas educativas

El gobierno de la India, confrontado con la tarea de producir un grupo adecuado de graduados técnicos en el país, adoptó varias medidas para aumentar el número de instituciones técnicas, tanto públicas como privadas. Sin embargo, el espectro tecnológico que cambia rápidamente y se expande de forma exponencial exige graduados en ingeniería con capacidades de auto-aprendizaje y experiencia práctica para satisfacer las necesidades de la industria. En un esfuerzo por mantener la calidad de la educación técnica, el gobierno inició varias políticas, como la Política Nacional de Educación (1986), la Declaración Nacional de Política Tecnológica (1983), la Visión de Política Tecnológica para la India en 2020 (1996), la Iniciativa de Política Nacional para la Educación Técnica (1998), el Comité de Política de Tecnología de la Información sobre la Visión para India en 2020 (2000), e India como Superpotencia de Conocimiento y Estrategia para la Transformación (2001).

La Junta Nacional de Acreditación (NBA, por sus siglas en inglés) y el Consejo Nacional de Evaluación y Acreditación (NAAC, por sus siglas en inglés) son los dos principales organismos responsables de la acreditación de varios programas. Mientras la NBA acredita programas técnicos, el NAAC acredita universidades y colegios generales. La NBA es responsable de garantizar que se cumplan con las normas. Mediante un proceso riguroso de estudio en cuanto a los cursos, la NBA otorga calificaciones para la orientación de todas las partes interesadas que ayudan a mejorar la calidad de las universidades. Hoy en día, es obligatorio que todas las instituciones técnicas tengan todos sus cursos acreditados por la NBA. La NBA es miembro pleno del Acuerdo de Washington, mediante el cual las partes firmantes se comprometen con el desarrollo y el reconocimiento de buenas prácticas en la educación de ingeniería. Los programas de educación sobre ingeniería de potencia también están acreditados y sostenidos por la NBA, y sus paneles expertos garantizan su calidad.

De acuerdo con varios informes de AICTE, la flexibilidad de tanto la estructura como la organización de los cursos permite a los estudiantes una comprensión global del conocimiento, además de una disciplina troncal, como la

capacitación en gestión y la pasión profesional. Algunas de las otras recomendaciones son interacción industria-institución, métodos de enseñanza improvisada y capacitación práctica integrada. Un plan de estudios de ingeniería eléctrica bien diseñados debe ofrecer una combinación sensata de ciencias básicas; ciencias de la ingeniería de potencia; teoría profesional; diseño de ingeniería; experiencia de laboratorio; habilidades de taller; administración; humanidades y ciencias sociales; habilidades de comunicación oral, escrita y gráfica; técnicas de computación; y trabajo de proyecto.

Mejoras en los métodos de enseñanza

Un Comité de cinco miembros, ampliamente conocido como el Comité Kakodkar, presentó un informe al gobierno en 2004 con recomendaciones sobre reformas académicas. Las recomendaciones principales son las siguientes:

- ✔ Las instituciones deben utilizar modos de entrega de contenido y aprendizaje interactivos y centrados en el estudiante, lo que da como resultado mayores habilidades de resolución de problemas, enseñanza modo-proyecto y aprendizaje activo donde el diseño es una parte fundamental.
- ✔ Deben enfocarse en las pedagogías de aprendizaje colaborativa y cooperativa mientras se benefician del aprovechamiento de las tecnologías de información y comunicación al respecto.
- ✔ Los expertos de la industria pueden ser incorporados a juntas académicas para ayudar en el diseño y desarrollo de un plan de estudios actualizado.
- ✔ El contenido del curso debe ser modificado y actualizado en periodos regulares con datos del mercado y aplicaciones de la industria para proporcionar a los estudiantes aprendizaje para la vida real y facilitar el empleo remunerado. Los NIT también deben buscar apoyo de la industria para establecer centros de incubación, parques de investigación y células de desarrollo e iniciativa empresarial.
- ✔ El modo "directo al alumno" (direct-to-student) complementaría la enseñanza en los NIT, en lugar de omitirlos, y los NIT también necesitan desarrollar y brindar materiales de cursos virtuales mediante la utilización de diversas plataformas, como cursos masivos abiertos en línea.

El informe de este comité ha sido considerado con seriedad para las reformas académicas en la mayoría de las instituciones de renombre, en particular, las recomendaciones para el plan de estudios de ingeniería de potencia para los programas de grado y posgrado vigentes en la actualidad. Por lo tanto, el estudio académico ya no está restringido a las clases en aulas. Por el contrario, el docente se ha convertido en un facilitador del curso, y se utilizan diversos recursos y herramientas para una enseñanza y aprendizaje eficaces. Vale la pena mencionar algunos puntos en particular aquí:

- ✔ En instituciones líderes con financiación central como los IIT y NIT, los estudiantes pueden optar por estudiar una licenciatura de tecnología (honores) o doble titulación u otros cursos integrados. Por mencionar algunos, el IIT de Delhi ofrece licenciaturas de tecnología en ingeniería eléctrica-potencia y automatizaciones y programas de doble titulación, de licenciatura de tecnología (ingeniería eléctrica) y Máster en Tecnología (tecnología de información y comunicación), mientras que el IIT de Roorkee ofrece programas de doble titulación en licenciatura de tecnología (ingeniería eléctrica) y Máster en Tecnología (electrónica de potencia).
- ✔ Las principales instituciones académicas en la India ya han comenzado a personalizar su estructura de planes de estudio de acuerdo con los requisitos de la industria y las necesidades de investigación y desarrollo de la nación. La entrega de contenido se está modificando en dichas instituciones, por lo que se hace más hincapié en el diseño y los aspectos prácticos en varios cursos troncales para dar forma a los ingenieros de forma autosustentable.
- ✔ NIT, Tiruchirappalli (generalmente conocido como Trichy), ha incorporado un plan de estudios flexible para todos los cursos de ingeniería de potencia, con opciones para enfoques en especialidades y subespecialidades, así como en honores en electricidad. El sistema también ofrece a los miembros de la facultad flexibilidad en la entrega y evaluación de contenido para que los estudiantes puedan aprender a su propio ritmo con opciones de evaluación formativas y clases invertidas.

Interacción industria-instituto

Las pasantías en la industria durante seis a ocho semanas se han convertido actualmente en parte del plan de estudios de ingeniería eléctrica en la mayoría de las universidades en la India. La participación de la industria en el desarrollo del plan de estudios y la entrega de contenido es una tendencia creciente. La industria también ofrece amplias oportunidades para proyectos de estudiantes, complementadas con conferencias de expertos y asistencia en la creación de prototipos mientras brinda asistencia mediante tutorías de inicio. Se alienta a los estudiantes a visitar industrias y plantas de potencia para obtener experiencia de primera mano durante los primeros años de estudio.

Educación continua para ingenieros de potencia

Para satisfacer las necesidades de educación continua de los ingenieros de potencia, el gobierno estableció el Instituto Nacional de Capacitación en Potencia en 1965, que ofrece varios programas de capacitación a largo, mediano y corto plazo en las áreas como la térmica, hidroeléctrica, de transmisión y distribución, de gestión y asuntos regulatorios. Este instituto funciona como una organización nacional de capacitación en el campo de la operación y el mantenimiento de

centrales de potencia, así como de todos los demás aspectos de los sistemas de energía eléctrica, incluidas la transmisión, la subtransmisión y la distribución. También tiene como objetivo identificar toda área que requiera capacitación adicional para el personal que trabaja en los sectores de potencia en la India. Se espera que los ingenieros eléctricos adquieran los conocimientos necesarios sobre las tendencias recientes haciendo uso de estas instalaciones.

El Programa Nacional de Aprendizaje Mejorado en Tecnología es una iniciativa conjunta de IIT e IISc. Mediante esta iniciativa, se ofrecen cursos en línea y certificación en múltiples temas. Muchos cursos sobre ingeniería de potencia por parte de profesores de IIT se están incluyendo como parte del plan de estudios en varios institutos de educación superior en la India mediante la plataforma en línea Swayam.

Estudios interdisciplinarios

Como una iniciativa, AICTE ha propuesto una reducción en el mínimo de créditos requeridos para un título universitario, a 160 de los actuales 200, lo que ayudaría a los estudiantes a explorar sus temas favoritos y alcanzar sus metas profesionales mediante la automotivación. La nación puede tener la seguridad de un futuro brillante y seguro gracias a una juventud tan autorrealizada.

Una experiencia interdisciplinaria obtenida mediante materias optativas abiertas permite a los ingenieros eléctricos encajar fácilmente y trabajar en los últimos dominios, como los sistemas inteligentes, las técnicas de control avanzado y la inteligencia del sistema.

Además de las materias optativas abiertas, NIT, Tiruchirappalli, ha iniciado una provisión en programas de grado para la concesión de una subespecialidad en un campo de ingeniería que no sea la rama primaria. Se pueden promover temas interdisciplinarios para el último año de trabajo del proyecto. Tal impulso será útil en programas de Doctorado y Maestría (mediante investigación). En general, la educación en ingeniería eléctrica en la India está bien desarrollada, y está en proceso de reformas adicionales de acuerdo con los ambiciosos planes de la nación para su llegada al mundo desarrollado.

Agradecimientos

Reconocemos la valiosa contribución del Dr. M. Ramamoorty, reconocido autor y profesor en el campo de la electrónica de potencia. También agradecemos la asistencia de los investigadores S. Srividhya y S. Priyavarthini del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Instituto Nacional de Tecnología, Tiruchirappalli, Tamil Nadu, India.

Lecturas complementarias

R. Banerjee y V. P. Muley. (2008). Educación de ingeniería en la India. Dpto. de Ciencias de la Energía Ing. Inst. Indio Tecnol. Bombay Powai, Mumbai. [En línea]. Disponible en: https://www.gedcouncil.org/sites/default/files/Engineering+Education+in+India+Dec1608-1.pdf

L. Morell. (2008). Enseñanza de la ingeniería para el desarrollo económico. SEFI Bienal Rep., Univ. Puerto Rico en Mayagüez. [En línea]. Disponible en: https://luenymorell.files.wordpress.com/2010/12/morell-engineering-eng-edu-sefi1.pdf

M. Deen jamal. (2015). Contribución de la enseñanza de ingeniería al desarrollo económico. Univ. McMaster. Hamilton, Canadá. [En línea]. Disponible en: http://www.gedcouncil.org/sites/default/files/Engineering%20Educations%20Contribution%20to%20Economic%20Development%20-%20Jamal%20Deen.pdf

D. Mathur y R. Dhandhania. (2017). Encuesta de institutos de ingeniería vinculados a la industria. Consejo de la India para la Ed. Téc. Nueva Deli, India. [En línea]. Disponible en: https://www.slideshare.net/ConfederationOfIndianIndustry/aicte-cii-survey-of-industry-linked-technical-institutes-2017

A. Kakodkar, A. Jhunjhunwala, A. Sharma, S. S. Gokhale, S. Sancheti, y G. Thapar. (2014). Los NIT como impulsores de una educación técnica superior de calidad: el camino a seguir. Comité Kakodkar sobre los NIT. [En línea]. Disponible en: http://www.svnit.ac.in/Data/Kakodkar-committee-report-on-NITs-presentation.pdf

Biografías

C. Nagamani pertenece al Instituto Nacional de Tecnología, Tiruchirappalli, Tamil Nadu, India.

M. Venkata Kirthiga pertenece al Instituto Nacional de Tecnología, Tiruchirappalli, Tamil Nadu, India.

Mini Shaji Thomas pertenece al Instituto Nacional de Tecnología, Tiruchirappalli, Tamil Nadu, India.

Educación en ingeniería eléctrica

Por Gianfranco Chicco, Peter Crossley y Carlo Alberto Nucci



©ISTOCKPHOTO.COM/NICOELNINO

Cultivando el talento en el Reino Unido e Italia para construir una economía con bajas emisiones de carbono del futuro

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2841458
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018

LOS CAMBIOS EN EL PANORAMA industrial y de fabricación relacionados con la potencia en Europa, la reestructuración de servicios públicos y el avance hacia una economía con bajas emisiones de carbono, requieren que la formación de los ingenieros incluya una comprensión más amplia de la tecnología, el comportamiento social y la economía. Estos hombres y mujeres necesitan mayores conocimientos y capacidades

1540-7977/18©2018IEEE

En la era de las redes inteligentes, la sostenibilidad energética y las crecientes limitaciones medioambientales, se están generando muchas oportunidades para los futuros ingenieros.

de liderazgo, habilidades de comunicación humana, análisis de datos, gestión empresarial y economía, además de las habilidades típicas en ingeniería eléctrica como las matemáticas, análisis de circuitos, sistemas de potencia, conversión de energía, comunicación de datos y procesamiento de señales, aunque estos siguen siendo los pilares de su enseñanza.

La necesidad de esta serie de habilidades es también, en parte, consecuencia de la evolución del sistema de potencia, que pasó de ser una estructura tradicional basada en la generación y control centralizados, con clientes que eran suministrados a través de redes de transmisión de CA y alimentadores de distribución, a una nueva estructura -la red inteligente- en la cual gran parte de la generación renovable se encuentra a nivel de distribución y opera a través de convertidores CC/CA. Este cambio requiere el uso masivo y generalizado de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) para garantizar que una red inteligente potencialmente volátil permanezca estable.

Además de los graduados en ingeniería, que tienen una base de conocimientos más amplia y un impulso por lograr el éxito en un puesto de liderazgo, las empresas de servicios públicos en Europa también necesitan graduados especializados que comprendan la optimización de sistemas basados en computadoras, los atributos de diseño de los sistemas de energía resilientes y la aplicación de la tecnología digital al control de sistemas de potencia, por nombrar los conocimientos necesarios más importantes. Las técnicas y metodologías para transformar una red de potencia tradicional, basada en combustibles fósiles, en una red activa con bajas emisiones de carbono, también son de suma importancia. Los graduados deben reconocer plenamente el papel de los consumidores y prosumidores a la hora de mantener el suministro eléctrico a un costo económico y ambiental asequible para la sociedad.

La seguridad laboral tradicional en las empresas de servicios públicos relacionados con la potencia y la fabricación está disminuyendo. Lejos quedaron los días en que los ingenieros graduados dejaban las universidades para unirse a programas formales de formación de posgrado de dos o tres años, para luego ascender en la escala corporativa de segundo a primer a ingeniero principal y luego, tal vez después de diez a veinte años, pasar a un puesto de gerencia intermedia corporativa, técnica o comercial. Los graduados en ingeniería eléctrica a menudo se incorporan a empresas más pequeñas con programas de formación más cortos y menos formalizados, y pasan inmediatamente a desempeñar un papel de soporte técnico, seguido de una rápida progresión hacia una posición de liderazgo dentro de un pequeño equipo técnico. Este cambio de una organización piramidal jerárquica tradicional a una estructura plana de "progresión rápida inicial" tiende a desalentar la lealtad corporativa. Los ingenieros cambian regularmente de compañía o se trasladan del sector de servicios públicos de potencia a compañías consultoras que asesoran, diseñan y ayudan a construir nuestras futuras redes de potencia.

En la era de las redes inteligentes, la sostenibilidad energética y las crecientes limitaciones medioambientales, están surgiendo muchas oportunidades para los futuros ingenieros y, en particular, para los ingenieros eléctricos. En la "Energy Roadmap 2050" publicada por la Comisión Europea, una de las conclusiones del análisis de los diferentes escenarios de descarbonización es que se espera que la electricidad juegue un papel cada vez mayor en todos los contextos, aumentando significativamente su cuota en la demanda energética final (36-39%) con respecto a su valor actual (25%) para el año 2050. Con el propósito de contribuir directamente a los proyectos científicos y a los programas de investigación y demostración, la Unión Europea ha definido un Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (Plan EETE). Una de las acciones en marcha, denominada Universidades en el Plan EETE (UNI-SET, por sus siglas en inglés), es coordinada por la Asociación Europea de Universidades y se centra en la investigación, innovación y educación en el campo de la energía. En su informe más reciente, se ofrecen ejemplos enfocados en tres áreas del Plan EETE: 1) eficiencia energética, 2) redes inteligentes y sistemas de energía e 3) integración de energías renovables. En todas estas áreas, existe una estrecha interacción con las competencias de los ingenieros eléctricos.

Por lo general, los planes de estudios de ingeniería eléctrica tienen un gran contenido interdisciplinario, lo que garantiza que los ingenieros eléctricos sean los ingenieros más versátiles y que sus habilidades permitan una interacción eficaz con la amplia gama de personal que trabaja en los sectores industriales y de las TIC. Es por esto que el público a menudo se pregunta cuál es la diferencia entre ingenieros eléctricos y electrónicos, o entre ingenieros eléctricos y energéticos. De hecho, como se mencionó anteriormente, los ingenieros eléctricos reciben una formación en una serie de ejes temáticos que no se imparten en otros cursos de ingeniería. En efecto, los conceptos básicos de la ingeniería de potencia están ausentes en prácticamente todos los demás planes de estudio relacionados con la ingeniería industrial y ciencias de la información.

Educación en ingeniería eléctrica en el Reino Unido

Al elegir sus carreras, los estudiantes matriculados en programas de licenciatura (B.Eng., por su abreviatura en inglés) o maestría (M.Eng., por su abreviatura en inglés) en ingeniería eléctrica y electrónica (EEE, por sus siglas en inglés) en el Reino Unido, que duran tres y cuatro años, respectivamente, a menudo plantean preguntas sobre las oportunidades disponibles en ingeniería eléctrica y piden respuestas a todas o algunas de las siguientes preguntas.

- ✔ ¿Pueden las oportunidades profesionales del sector de potencia eléctrica competir con las de los sectores de microelectrónica, comunicaciones, diseño de software, análisis de datos y servicios financieros?
- ✔ ¿Es posible tener una carrera gratificante y desafiante en una compañía de servicios públicos de potencia?
- ✔ ¿Seguirá siendo el Reino Unido uno de los principales fabricantes de equipos y sistemas de potencia, y son estables los puestos de trabajo en el sector de fabricación?
- ✔ Se incentiva financieramente a las empresas de servicios públicos de redes del Reino Unido a realizar pruebas de redes inteligentes con bajas emisiones de carbono, pero ¿cuándo se aplicará la tecnología e ideas asociadas a dichas pruebas en el negocio usual?
- ✔ Si quiero ser ingeniero eléctrico, ¿debería unirme a una compañía consultora, una constructora, una compañía de generación, una compañía de fabricación o una empresa de servicios públicos?
- ✔ En cuanto a las oportunidades laborales en empresas de servicios públicos de redes, ¿cuáles son las ventajas y desventajas de unirse a una empresa de redes de distribución, al operador del sistema de transmisión de Gran Bretaña o al propietario de una red de transmisión?

La razón por la cual carecen de conocimiento en estas áreas y tienen la percepción de una industria tradicional que lucha por hacer frente al impacto de las nuevas tecnologías, guarda relación con la ineficacia de la industria energética, los medios de comunicación, las organizaciones profesionales y el sector educativo al momento de informar adecuadamente a la sociedad, y especialmente a las escuelas, sobre las interesantes oportunidades disponibles para los ingenieros de potencia profesionales. ¿Con qué frecuencia un canal de televisión convencional da detalles sobre la importancia de la electricidad con bajas emisiones de carbono para la sociedad, la complejidad de nuestras redes, los desafíos y oportunidades en la transición de combustibles fósiles a energías renovables, y la importancia de los ingenieros eléctricos para poder mantener el suministro eléctrico?

Los siguientes aspectos cobran cada vez más importancia a la hora de garantizar un número adecuado disponible de graduados en ingeniería eléctrica con una formación adecuada para incorporarse al sector de potencia y energía.



gráfico 1. Un estudiante en la sala de control está volando un dron demasiado cerca del generador de impulsos de alta tensión (Foto cortesía de la Universidad de Manchester).

Por lo general, los planes de estudio de ingeniería eléctrica tienen un gran contenido interdisciplinario, lo que garantiza que los ingenieros eléctricos sean los más versátiles de todos.

- ✔ Las universidades británicas deben ofrecer carreras académicas atractivas para los graduados de doctorado de alto nivel en disciplinas relacionadas con la potencia eléctrica.
- ✔ El éxito global de una universidad depende de su capacidad para atraer y retener a los mejores investigadores de Europa y del mundo.
- ✔ Los nuevos investigadores y académicos deben recibir mayor apoyo de la industria, servicios públicos, consejos gubernamentales de investigación, autoridades reguladoras de energía y universidades, con el objetivo de ayudar a desarrollar sus capacidades de investigación, enseñanza e innovación dentro del resiliente sector de la energía con bajas emisiones de carbono. Esto requiere que las organizaciones públicas y privadas adopten una visión a largo plazo sobre la importancia de las redes de potencia eléctrica, las tecnologías con bajas emisiones de carbono y las fuentes de energía renovables, y destinen mayor financiamiento a las investigaciones innovadoras y especulativas, así como a las actividades de divulgación.
- ✔ Los programas de pregrado y posgrado necesitan actualizarse para asegurar que los estudiantes reciban una formación y capacitación en las habilidades necesarias para un futuro energético dominado por la gestión de la demanda, energías renovables y almacenamiento.
- ✔ Muchos estudiantes no tienen acceso adecuado a laboratorios prácticos y, a menudo, dependen de simuladores informáticos sin conexión que no logran proporcionar una comprensión sobre la ingeniería eléctrica. Se requiere una mayor inversión en laboratorios de última generación (por ejemplo, véase el Gráfico 1) que permitan a los estudiantes utilizar simuladores digitales en tiempo real y equipos para pruebas de relés en bancos de pruebas experimentales, con el objetivo de evaluar los equipos de control de sistemas de potencia comerciales, sistemas electrónicos de potencia y otras tecnologías con bajas emisiones de carbono. Los estudiantes necesitan tener acceso a laboratorios experimentales prácticos y proyectos que les ayuden a entender cómo se diseñará y operará una red inteligente en el futuro.
- ✔ Se requiere una inversión significativa en muchos laboratorios de potencia eléctrica para garantizar que las actividades experimentales sean relevantes y puedan vincularse a los estudios de simulación. Estos laboratorios eran a menudo establecidos con financiamiento del gobierno del Reino Unido, pero la modernización generalmente implica la inversión de universidades individuales y empresas patrocinadoras. Las empresas que operan en el sector de potencia y las organizaciones profesionales que representan a los ingenieros de potencia deben hacer un mayor esfuerzo en explicar la importancia de las redes de potencia y el sector de la energía a los jóvenes y a los profesores, tutores y asesores que influyen en su futuro.
- ✔ Muchos profesores no reconocen la importancia de la potencia eléctrica y de los sistemas de energía con bajas emisiones de carbono, ni las razones por las que las carreras en este sector son gratificantes desde un punto de vista personal, social y financiero. Las universidades deben apoyar a los profesores de las escuelas secundarias (donde los estudiantes tienen entre 11 y 18 años) y asegurarse de que conozcan las oportunidades profesionales disponibles para los graduados en EEE. Normalmente, un típico graduado se puede unir a un curso de orientación de EEE en una universidad con tres excelentes calificaciones de nivel avanzado en matemáticas, física, electrónica, química, computación o matemáticas adicionales.
- ✔ Los estudiantes perciben que las carreras de TI y software brindan grandes oportunidades de empleo a futuro, pero no se dan cuenta de que las habilidades de aprendizaje en estas áreas son directamente aplicables a las profesiones en redes inteligentes y en el sector de energía con bajas emisiones de carbono.
- ✔ Los medios de comunicación deben reconocer los desafíos y las oportunidades que plantea la creación de un sistema de energía inteligente con bajas emisiones de carbono y explicar por qué se necesitan redes inteligentes, energía renovable e incentivos para reducir las emisiones de carbono a fin de lograr la sostenibilidad a largo plazo.
- ✔ La transformación de una economía energética basada en combustibles fósiles en una economía basada en energías renovables y fuentes con bajas emisiones de carbono es probablemente el mayor reto al que se ha enfrentado la sociedad moderna. El éxito dependerá de políticas gubernamentales coherentes y lógicas y de un mayor respaldo social. Una de las prioridades es asegurar que los mejores estudiantes estudien ingeniería y reciban una educación universitaria de alta calidad que los prepare para una carrera exitosa y gratificante en el sector de potencia y energía.

> Los fundamentos de la ingeniería de potencia están ausentes en prácticamente todos los demás planes de estudio relacionados con la ingeniería industrial y las ciencias de la información.

Los estudiantes a menudo no reconocen la importancia de los servicios públicos de potencia ni los desafíos de operar el más grande y complejo de todos los sistemas creados por el hombre, especialmente cuando estamos en la transición de cambiar los combustibles fósiles por energía renovable. Esta transformación requiere un mayor uso de tecnología de control avanzada, electrónica de potencia y almacenamiento.

Muchas universidades en el Reino Unido ofrecen un programa de pregrado en EEE de tres años para obtener el título de licenciado en ingeniería o cuatro años para obtener el título de maestría en ingeniería. Los requisitos de ingreso a un programa de licenciatura en ingeniería en una escuelas líder en EEE son, por lo general, una calificación de A en Certificado General de Educación avanzado en matemáticas y física, y una A o B en otro curso avanzado relevante. Las calificaciones de ingreso a una maestría en ingeniería son, por lo general, un poco más altas que las de licenciatura en ingeniería.

El primer año de un programa de EEE de pregrado de licenciatura en ingeniería implica una distribución de 50:50 entre el tiempo de contacto académico (conferencias, tutorías, clases para la resolución de problemas y laboratorios) y el estudio individual. Durante los años siguientes, las expectativas de estudio individual aumentan y, para el tercer año, la distribución habrá cambiado a 33:67. Este programa está diseñado para fomentar el aprendizaje individual y preparar al estudiante para las oportunidades laborales luego de graduarse o para realizar estudios posteriores de maestría o doctorado. Un primer año típico incluye cursos obligatorios de matemáticas, análisis de circuitos, sistemas digitales, microcontroladores, transporte y conversión de energía, electromagnetismo, circuitos electrónicos, programación, materiales electrónicos y mediciones. La mayoría de los cursos continúan ofreciendo un extenso plan de estudios de EEE durante el segundo año, y especialización relacionada a la potencia en el tercer año. La mayoría de las universidades también ofrecen un proyecto individual al tercer año; por lo general, se trata de un tema de interés para el estudiante y para el supervisor del proyecto.

Muchos estudiantes que se gradúan con un título de B.Eng. en EEE de tres años ampliarán sus conocimientos en potencia eléctrica estudiando un programa intensivo de maestría por un año. Un programa típico en ingeniería de sistemas de potencia eléctrica cubre los aspectos de operación y planta de un sistema convencional de potencia de servicios públicos, así como los cambios necesarios para suministrar una red inteligente utilizando la gestión de la demanda, el almacenamiento y las fuentes de energía renovables intermitentes. El énfasis principal es mantener las cosas en equilibrio: no solo el equilibrio entre la generación y la carga, o la producción y el consumo de potencia reactiva, sino también el equilibrio entre el costo de la energía y su impacto en el medio ambiente, y entre la confiabilidad del suministro y la inversión necesaria para desarrollar el sistema. El programa enseña a los estudiantes a cuantificar estas compensaciones y mejorar los balances utilizando avances tecnológicos y técnicas computacionales sofisticadas.

El primer semestre de un programa en particular consiste en cuatro unidades obligatorias con una duración de tres semanas de enseñanza intensiva, cada una de las cuales incluye laboratorio y trabajos de curso. Comienza con una unidad introductoria en EES diseñada para asegurar que todos los estudiantes tengan una comprensión razonable de los sistemas de energía. A esto le siguen las unidades de análisis de los sistemas de conversión de potencia eléctrica y energía; la planta del sistema de potencia, la gestión de activos y el monitoreo de condición; y la operación del sistema de potencia y economía.

Durante el segundo semestre, el programa explora, en mayor profundidad, los aspectos de operación y planta de los sistemas de potencia. Por ejemplo, los estudiantes aprenden cómo integrar la generación renovable a un sistema de potencia y cómo evaluar y resolver problemas en la calidad de potencia. Las unidades de este semestre incluyen la dinámica del sistema de potencia y la calidad del suministro, la protección del sistema de potencia, las redes inteligentes y los sistemas eléctricos sostenibles, así como una unidad genérica sobre técnicas para la investigación y las aplicaciones industriales.

Al finalizar las clases en junio, cada estudiante comienza un proyecto de disertación de tres meses diseñado para mejorar las habilidades de investigación e ingeniería y, por lo general, explorar en profundidad un tema discutido durante el curso.

El Centro de Formación Doctoral en Redes de Potencia del Consejo de Investigación de Ciencias Físicas e Ingeniería

En 2013, el Consejo de Investigación de Ciencias Físicas e Ingeniería del Reino Unido (EPSRC, por sus siglas en inglés) invitó a las universidades británicas a solicitar financiamiento para apoyar a los Centros de Formación Doctoral (CDT, por sus siglas en inglés) en una amplia gama de temas relacionados con la ciencia y la ingeniería. Se otorgaron

El sector de la ingeniería de potencia está experimentando una importante transformación en la creación de un futuro profesional apasionante para nuestros estudiantes.

fondos y se estableció un CDT multidisciplinario en Redes de Potencia en 2014 para 11 estudiantes de doctorado por año, por un periodo inicial de selección de cinco años, con una posible extensión a diez años. Cada uno de los estudiantes de doctorado del centro está inscrito en un programa de doctorado mejorado de cuatro años, que inicia con un programa de formación estructurado de nueve meses, denominado diplomado de posgrado, al que le sigue un proyecto de investigación a nivel de doctorado de 39 meses.

El centro está financiado por el gobierno británico y, por lo tanto, la mayoría de estudiantes inscritos en el programa deben ser ciudadanos británicos o ciudadanos de la UE con residencia en el Reino Unido. Sin embargo, es posible cierta flexibilidad para un número reducido de estudiantes. Por ejemplo, cada año se une un estudiante internacional y un estudiante de la UE que no cumple con el requisito de residencia. Durante sus estudios, cada estudiante recibe una beca que cubre sus gastos de matrícula y un estipendio de subsistencia mejorado. Los estudiantes, junto con sus supervisores de proyecto, pueden solicitar fondos para cubrir sus gastos de consumibles, presupuestos de viaje y el costo de conferencias y publicaciones.

La visión estratégica de los CDT del EPSRC en Redes de Potencia es

- ✔ brindar un programa de formación doctoral estimulante e interdisciplinario en redes de potencia que ponga énfasis en la confiabilidad, eficiencia y uso de fuentes de energía con bajas emisiones de carbono y que maximice las oportunidades sociales y económicas creadas por los prosumidores y la demanda flexible
- ✔ formar investigadores de gran empleabilidad, calificados y talentosos, preparados para resolver los desafíos multifacéticos a los que se enfrenta el sector energético y la economía británica en general
- ✔ desarrollar investigadores con la capacidad y el deseo de convertirse en la próxima generación de académicos en redes de potencia reconocidos internacionalmente
- ✔ ofrecer un programa desafiante y de amplio alcance que prepare plenamente a los estudiantes para proyectos de investigación de doctorado individuales, basándose en la experiencia en investigación interdisciplinaria de redes de potencia
- ✔ garantizar la alta calidad de los estándares de supervisión, gestión y tutoría de los estudiantes
- ✔ trabajar con colaboradores para asegurar que los estudiantes aprendan las habilidades genéricas y transferibles esenciales que se requieren para tener una carrera profesional exitosa en el diverso sector de las redes de potencia
- ✔ garantizar que todos los graduados de doctorado tengan la capacidad de ofrecer soluciones de investigación rentables y de alta calidad a los problemas en redes de potencia que plantea la necesidad de un futuro energético con bajas emisiones de carbono
- ✔ difundir abiertamente los resultados, ideas y conceptos de la investigación a las comunidades profesionales en redes de potencia y las sociedades, asegurando que todos los estudiantes de doctorado participen en actividades de divulgación y sean embajadores de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas
- ✔ crear un centro multidisciplinario que realice investigaciones líder a nivel mundial en el área de redes de potencia, con la participación de académicos y estudiantes de doctorado de las disciplinas de humanidades, ingeniería y ciencias físicas, así como industriales y responsables de formular políticas de la comunidad energética del Reino Unido.

Formación en Ingeniería Eléctrica en Italia

En 1999, el sistema educativo italiano se reformó adoptando el proceso de Bolonia, también conocido como 3+2. Los planes de estudio universitarios se dividieron en tres niveles: el primero (licenciatura) de tres años de duración; el segundo (maestría) de dos años; y el tercero (doctorado) de tres años. Esta estructura se introdujo para que los estudiantes que desearan incorporarse al mercado laboral sin concluir todo el periodo pudieran terminar antes su carrera universitaria (en comparación con los antiguos planes de estudio quinquenales). Los planes de estudio de ingeniería se reestructuraron de acuerdo a las disposiciones del proceso de Bolonia. La industria aprobó el objetivo de la reforma y la Asociación Profesional Italiana de Ingenieros creó la nueva categoría de ingeniero profesional junior colegiado para poder adaptarse a la nueva estructura. Durante la elaboración del plan de estudios y la actualización anual, las universidades deben consultar con los empleadores pertinentes sobre sus opiniones con respecto a la estructura y los contenidos del plan de estudios.

En el primer y segundo nivel, los planes de estudio universitarios se agrupan por clases. A diferencia de lo que ocurre en Estados Unidos, donde se suele utilizar el término *ingeniero de potencia*, en Italia no existe una definición estricta

de una clase de ingeniería de potencia. La clase que más se asemeja es la ingeniería eléctrica, cuyo nombre se introdujo oficialmente en la legislación italiana en el año 1989 para reemplazar la designación anterior de *ingeniería electrotécnica*, utilizada desde 1938. En el primer nivel, la ingeniería eléctrica forma parte de la clase de ingeniería industrial. En el segundo nivel, hay una clase dedicada a la ingeniería eléctrica. En el tercer nivel, hay cursos especializados que cubren temas específicos incluidos en la oferta de cursos de doctorado de las diferentes universidades.



gráfico 2. Lugares en Italia que contaron con estudios de maestría luego de la reestructuración del plan de estudios.

El Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos (ECTS, por sus siglas en inglés) establece una forma de representar el volumen de aprendizaje en base a resultados académicos específicos y la carga de trabajo asociada. Básicamente, un crédito ECTS equivale a 25-30 horas de actividad en un curso, incluyendo conferencias, trabajos en clase, laboratorio y estudio individual (las cifras varían según el país). El promedio de créditos ECTS en un año académico es de 60.

Desde 1990, cada miembro del personal universitario ha sido asignado a un sector nacional único. Estos sectores también son utilizados para definir las áreas características de cada clase de cursos universitarios. En el caso de la clase de ingeniería eléctrica, las áreas características incluyen cuatro sectores, es decir, electrotécnica; convertidores, máquinas eléctricas y accionamientos; sistemas de energía eléctrica (EES, por sus siglas en inglés); y mediciones eléctricas y electrónicas. El sector que más se asemeja en contenido a la ingeniería de potencia es, sin duda, el de los EES. Las materias principales de este sector se centran en las tecnologías y sistemas para la producción, transmisión, distribución y utilización de la electricidad. En términos más generales, las aplicaciones consideradas abarcan todos los sistemas con componentes interconectados que utilizan una cantidad significativa de electricidad. El sector aborda numerosos temas, entre los que se incluyen la automatización, diagnóstico y confiabilidad, funcionamiento y planificación, eficiencia energética, materiales para aplicaciones de sistemas de potencia e ingeniería de alta tensión, compatibilidad electromagnética y calidad del suministro, seguridad y protección, economía de los sistemas de potencia y mercados de la electricidad, transporte electrificado, centrales eléctricas para instalaciones fijas y móviles, redes inteligentes y experiencia en el campo de la potencia para las TIC y el análisis de datos.

Los cargos del personal universitario en Italia son profesor titular, profesor asociado e investigador. En los últimos diez años, el número total de personal universitario en el sector de los EES no ha mostrado prácticamente ningún cambio (118 en 2007 y 119 en 2017). Sin embargo, la composición ha cambiado. El número de profesores titulares

tabla 1. Temas de los cursos impartidos por el personal de los EES en los planes de estudio de licenciatura y maestría con contenido de ingeniería eléctrica en Italia.

Tema	Cantidad de cursos	
	Nivel de licenciatura	Nivel de maestría
Sistemas eléctricos (en algunos casos incluyendo conceptos básicos del sistema de potencia).	15	4
Conceptos básicos del sistema de potencia	0	14
Control del sistema de potencia	1	10
Sistemas de generación	1	7
Energía renovable	3	2
Sistemas de distribución	6	4
Redes inteligentes	0	4
Economía de los sistemas de potencia, sistemas de energía	2	5
Tecnologías eléctricas, ingeniería de alta tensión	1	5
Sistemas eléctricos industriales, diseño, seguridad	4	9
Automatización, sistemas inteligentes, rayos	2	9
Confiabilidad, calidad del suministro	2	4
Sistemas eléctricos para transporte	0	7
Total	**37**	**84**

ha disminuido un 29%, el número de profesores asociados ha aumentado un 29% y el número de investigadores se ha mantenido estable, aunque en 2007 el puesto de investigador era de tiempo completo, mientras que ahora el 47% de los investigadores son a tiempo parcial (algunos de ellos están matriculados en cursos de titularidad, con la posibilidad de convertirse en profesores asociados al cabo de tres años). El porcentaje de mujeres en personal es de 13%. Además, el número de asistentes de investigación con financiamiento mediante becas y doctorandos en el sector de los EES aumentó de 85 en 2007 a 100 en 2017.

Con respecto a las funciones académicas, los profesores titulares y asociados inscritos en la normativa vigente tienen que invertir un total de 120 horas por año en actividades de curso con los estudiantes (sin contar exámenes). En el caso de los investigadores, el objetivo es de 60 horas por año. Dado que el número de estudiantes en los cursos de ingeniería eléctrica no suele ser muy elevado (menos de 60 en la mayoría de los casos), los exámenes a menudo se realizan de forma oral, por lo que la comisión examinadora (normalmente compuesta por dos personas) les dedica una cantidad significativa de horas. Los periodos de examen se programan entre semestres cuando los estudiantes no asisten a ningún curso; por lo general, los estudiantes tienen la opción de asistir a por lo menos cuatro sesiones en un año, durante las cuales pueden decidir si toman el examen para el mismo curso. Si el estudiante no aprueba el examen, deberá incluir sus créditos ECTS en la lista de cursos del año siguiente.

La última reforma de estudios universitarios en Italia introdujo un proceso que incluye la autoevaluación, la evaluación periódica y la acreditación de los planes de estudio. Este proceso requiere la elaboración de documentos que señalen las actividades realizadas en los cursos académicos, siguiendo un formato proporcionado por la Agencia Nacional de Evaluación del Sistema Universitario y de la Investigación. Esto se basa en los siguientes elementos.

- ✔ *La descripción de los cursos académicos*: Esta se actualiza anualmente y contiene información sobre los objetivos y el plan, la organización de las actividades pedagógicas, el sílabo de cada curso y sus modalidades de enseñanza, las reglas para los exámenes, recursos humanos e infraestructura disponible, una descripción de los resultados del estudiante con respecto a los objetivos del curso y la organización y responsabilidades en cuanto a calidad del curso. La descripción también contiene indicaciones sobre los perfiles profesionales a desarrollarse y las interacciones con los representantes de los empleadores pertinentes.
- ✔ *Entrega de cuestionarios a los estudiantes*: Estos recogen información sobre la actividad docente y la logística y servicios ofrecidos. Los resultados de los cuestionarios son gestionados por la Comisión Mixta de Enseñanza, activa en cada universidad y compuesta por un número equitativo de profesores y estudiantes. Esta comisión se encarga de presentar un informe anual sobre las actividades de enseñanza.
- ✔ *La revisión anual de los cursos académicos*: Este es un proceso de autoevaluación que realizan los comités correspondientes activos en la universidad.
- ✔ *La revisión periódica de los cursos académicos*: Este paso se estructuró recientemente con un plan de tres años que será ejecutado por un comité externo de evaluadores. El objetivo de la revisión es acreditar los planes de estudio para el siguiente periodo.

Algunos planes de estudio también reciben acreditación por parte de organismos internacionales activos en el sector correspondiente.

Cursos de ingeniería eléctrica en Italia

Los planes de estudio de licenciatura y maestría en ingeniería eléctrica con contenidos relacionados con los EES están activos en 17 universidades italianas, con 121 cursos impartidos, para un total de 976 créditos ECTS. Entre ellos, a nivel de licenciatura (activo en 17 universidades), se incluyen 31 cursos obligatorios (257 créditos ECTS) y seis cursos electivos (34 créditos ECTS). A nivel de maestría (activo en 16 universidades, véase el Gráfico 2), hay 64 cursos obligatorios (550 créditos ECTS) y 20 cursos electivos (135 créditos ECTS). En la Tabla 1 se muestra la distribución del número total de cursos impartidos por el personal de los EES entre los diversos temas. El número de créditos ECTS para estos cursos oscila entre seis y doce. A nivel de licenciatura, los principales contenidos del área de ingeniería eléctrica se imparten en un curso general de sistemas eléctricos. A nivel de maestría, los contenidos relativos a la ingeniería eléctrica se extienden a más cursos, comenzando desde lo básico sobre sistemas de potencia, continuando con contenidos avanzados, especialmente sobre sistemas de generación, control de sistemas de potencia, redes inteligentes y sistemas eléctricos para transporte.

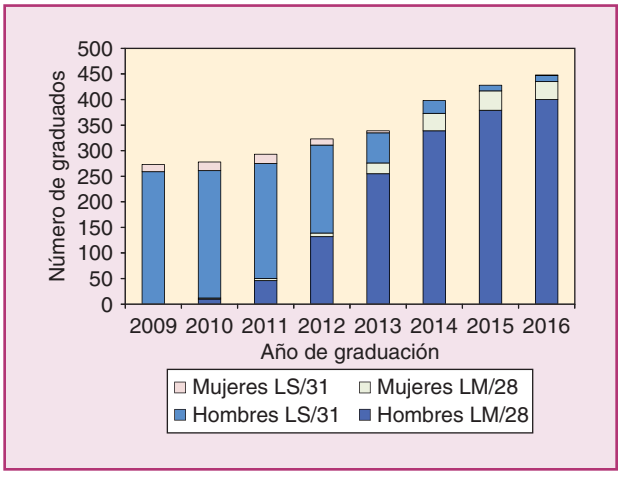


gráfico 3. Número de graduados en Italia en los cursos de maestría de ingeniería eléctrica antes de la reestructuración (LS/31) y después de las reestructuración (LM/28)

Se deben preservar las singularidades y peculiaridades de lo conocimientos y habilidades necesarios para convertirse en un ingeniero de potencia eléctrica con competencias específicas.

Estudiantes matriculados y graduados

Tras la introducción del proceso de Bolonia, los cursos universitarios en Italia fueron reestructurados en una ocasión, manteniendo el esquema 3 + 2. La nueva estructura se aplicó desde el año académico 2009-2010. En el caso de las maestrías de ingeniería eléctrica, la transición de los cursos anteriores (denominados LS/31) a los nuevos (denominados LM/28) trajo consigo un aumento en el número total de estudiantes y graduados, así como un aumento en el número de mujeres, aunque todavía se trata de una cifra muy baja. El Gráfico 3 -elaborado a partir de datos proporcionados por el Ministerio de Educación, Universidades e Investigación de Italia (MIUR, por sus siglas en italiano)- muestra la reciente evolución en el número de graduados en Italia. La diferencia entre los cursos anteriores y los nuevos muestra los efectos de la aplicación de la reforma.

Sin embargo, hay que considerar el aumento en el número de graduados teniendo en cuenta que el número total de estudiantes matriculados en universidades técnicas ha aumentado a lo largo de los años de forma no uniforme en los distintos sectores. Por ejemplo, desde el año académico 2011-2012 hasta 2016-2017, el número de estudiantes matriculados en cursos de ingeniería aumentó aproximadamente en un 27%. Durante el mismo periodo, el número de estudiantes en cursos de ingeniería eléctrica se incrementó en un 39%, mientras que, en los cursos de ingeniería electrónica y telecomunicaciones, este número permaneció prácticamente invariable. En el año académico 2016-2017, el número total de estudiantes matriculados en los cursos de maestría en ingeniería eléctrica fue de aproximadamente 660, con un número similar para ingeniería de telecomunicaciones, mientras que la ingeniería electrónica contó con aproximadamente 1,000 estudiantes de maestría matriculados. También se produjo un aumento de casi el 40% en las clases de ingeniería energética y nuclear, ingeniería mecánica, ingeniería de materiales e ingeniería aeroespacial. Sin embargo, en estas clases el contenido de ingeniería eléctrica era bastante limitado.

El desarrollo fue distinto en el caso de los cursos de licenciatura. La reforma 3 + 2 creó una única clase de ingeniería industrial, dejando a las universidades la posibilidad de abrir diferentes cursos dentro de dicha clase. Algunas restricciones impuestas a la cantidad de personal necesario para comenzar cada curso condujeron a la creación de cursos de ingeniería eléctrica o ingeniería de energía eléctrica (la traducción literal del italiano) sólo en unas pocas universidades (por lo general, las más grandes). En otras universidades, los temas característicos de la ingeniería eléctrica se incorporaron a los cursos de ingeniería energética o ingeniería industrial, perdiendo la denominación de *eléctrica*. En el año académico 2016-2017, unos 25,000 estudiantes se matricularon en 114 cursos de licenciatura.

Los estudiantes en Italia pagan tasas universitarias por su matrícula. El importe máximo de estas tasas lo define cada universidad y puede variar según el tipo de curso. Reducir estas tasas generalmente depende de los ingresos familiares del estudiante, y el pago se distribuye en dos o tres partes a lo largo del año. En el caso de los cursos de ingeniería para estudiantes de tiempo completo, las tasas anuales oscilan entre unos € 500 a más de € 3,000, más impuestos regionales. Las tasas anuales cubren una cantidad de créditos ECTS que el estudiante puede incluir en su plan de estudios anual, el cual varía según la universidad (por ejemplo, de 74 a 80 créditos ECTS). Una opción adicional es matricularse como estudiante de tiempo parcial, con tasas reducidas que corresponden a un menor número de créditos ECTS a ser incluidos. Además, podrá concederse un reembolso parcial de las tasas en base al número de exámenes aprobados y de las calificaciones correspondientes, de acuerdo con las regulaciones locales y la cantidad de fondos disponibles para este fin.

Amenazas a la denominación de ingeniero eléctrico

Una nueva ola de reformas está ocurriendo en las universidades italianas. La idea principal es crear estructuras (departamentos) más grandes y planes de estudio más amplios

tabla 2. Algunas comparaciones referentes a los graduados en estudios de maestría en Italia.

	Después de un año			Después de tres años			Después de cinco años		
	Todos	ENG	IE	Todos	ENG	IE	Todos	ENG	IE
Tasa de empleo	69.2%	85.7%	88.7%	81.5%	93.6%	95.3%	84.0%	94.3%	97.3%
Efectividad de la maestría	46.6%	58.9%	63.6%	50.7%	59.0%	66.1%	53.7%	59.1%	67.8%
Incremento salarial con respecto a la base	0 (base)	23.8%	29.5%	11.1%	36.4%	42.3%	22.6%	52.0%	53.3%

La PES del IEEE y las sociedades hermanas deberían potenciar la promoción del papel profesional del ingeniero de potencia eléctrica a través de los medios de comunicación y las redes sociales.

con respecto a los actuales, con el objetivo de simplificar la organización y reducir costos. En algunos casos, esto está provocando una caída en el estatus del ingeniero eléctrico. Por ejemplo, la palabra *eléctrica* se está perdiendo entre los nombres de los departamentos universitarios y en los nombres principales de los cursos y planes de estudio. A nivel de licenciatura, el término *eléctrica* (o *electrotécnica*) aparece en nueve títulos de cursos principales y en otros cinco subtítulos de plan de estudios, mientras que en otros tres casos, el título del curso es *Ingeniería Industrial*. A nivel de maestría, el término *eléctrica* (o *electrotécnica*) continúa apareciendo en el título de los cursos de las 16 universidades, en tres casos en la forma de *energía eléctrica,* y esto ha logrado atraer estudiantes a las instituciones correspondientes.

Otro ejemplo son los cursos de doctorado activos en las 16 universidades que ofrecen cursos de maestría con contenido de ingeniería eléctrica. El término *eléctrica* aparece en el título principal de nueve cursos y en el subtítulo que indica un plan de estudios específico en dos cursos más. En las otras cinco universidades, los títulos principales de los cursos de doctorado son variados y contienen términos que se refieren a energía, tecnologías de la información e ingeniería industrial.

Mantener una terminología comprensible y significativa es un desafío fundamental para la comunidad de la ingeniería eléctrica. A corto plazo, la pérdida de la denominación de ingeniero eléctrico podría interferir con la comprensión inmediata de las habilidades de los graduados y, ciertamente, no contribuiría a precisar las competencias específicas de los ingenieros eléctricos.

Oportunidades laborales para los ingenieros eléctricos

En esta sección se abordan algunas comparaciones basadas en las estadísticas que aparecen en la página web del consorcio interuniversitario Alma Laurea. Este consorcio está financiado por un gran número de universidades (que representan más del 90% de graduados) y por las contribuciones del MIUR y de las empresas y entidades que utilizan los servicios ofrecidos. Los datos estadísticos proceden de una encuesta masiva realizada cada año en Italia a estudiantes universitarios, justo antes de que terminen su licenciatura o maestría, y repitiéndose uno, tres y cinco años después de haber obtenido el título.

Las comparaciones se realizan tomando en cuenta los valores promedio nacionales de la totalidad de cursos (representados por “Todos”), los valores promedio de los cursos en las clases de ingeniería (representados por “ING”), y los valores de los cursos de la licenciatura en ingeniería industrial (clase L-9) y de los cursos de maestría en ingeniería eléctrica (representados por “IE”). Una de las preguntas de la encuesta tiene por objeto determinar el grado de satisfacción de los estudiantes justo antes de terminar su ciclo de estudios. En particular, esta medición de la satisfacción indica el porcentaje de estudiantes que volverían a tomar el mismo curso.

A nivel de licenciatura, el número de individuos que buscan empleo después de terminar su licenciatura en ingeniería eléctrica es relativamente bajo. En los últimos años, se produjo una reducción en el número de estudiantes que culminaban sus estudios de licenciatura debido al cierre de



gráfico 4. Ceremonia de graduación de la maestría en ingeniería eléctrica en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Bolonia, Italia, el 21 de diciembre de 2017 (Foto usada con permiso de Nucci C.A.).

muchos cursos a distancia que, durante muchos años, permitieron que quienes ya contaban con un empleo y estaban dispuestos a continuar con sus estudios puedan obtener su título. De los resultados de la encuesta realizada a 144,646 estudiantes que obtuvieron su título de licenciatura en 2016 (92.7% del total), los estudiantes que pretendían continuar sus estudios a nivel de maestría representaban un 57.8% para Todos, un 83.5% para ING y un 89.4% para L-9. Los buenos resultados obtenidos por la L-9 también se ven reforzados por el grado de satisfacción, que alcanza el 79.2% para Todos, el 84.0% para ING y el 86.1% para L-9.


SHUTTERSTOCK

gráfico 5. La conversión de la energía renovable y la integración de la red serán desafíos clave para los ingenieros de potencia.

A nivel de maestría, los cursos de ingeniería eléctrica se desarrollan bastante bien en el contexto nacional. En la Tabla 2 se presentan algunas estadísticas de 2015. Los datos fueron obtenidos de una encuesta masiva realizada a 62,710 graduados de los cursos de maestría un año después de graduarse (82.1% del número total de graduados de maestría en Italia), junto con 57,862 personas tres años después de graduarse (74.8% del total) y 46,461 cinco años después de graduarse (72.1% del total). Las comparaciones se realizan tomando en cuenta los valores promedio nacionales de la totalidad de cursos de maestría (representados por "Todos"), los valores promedio de los cursos de maestría en las clases de ingeniería (representados por "ING") y los valores de los cursos de maestría en ingeniería eléctrica (representados por "IE"). Los puntos estudiados fueron:

- ✔ la tasa de empleo, determinada por el porcentaje de graduados que contaban con un empleo al momento de la encuesta
- ✔ la efectividad de la maestría, evaluada señalando si la maestría en particular fue útil para las actividades que se desempeñaron en el o los trabajos obtenidos después de graduarse.
- ✔ el incremento salarial, con respecto al salario promedio de la categoría Todos después de un año de haberse graduado.

Para todos estos puntos, las cifras de IE siempre son superiores a los valores promedio de ING, que, a su vez, son muy superiores a la media nacional de la categoría Todos de las maestrías. Además, los valores promedio al cabo de un año tras terminar los estudios de maestría en ING (y, sobre todo, los valores de IE) son superiores a los alcanzados cinco años después de graduarse en la media nacional. En concreto, la tasa de empleo de los ingenieros eléctricos ya es significativa un año después de graduarse y casi se duplica después de cinco años.

La efectividad del título de maestría aumenta con el paso de los años, ya que los graduados deben enfrentarse a un mayor número de desafíos y esto hace que sean más conscientes de las habilidades aprendidas. El incremento salarial es un resultado tangible que sirve para motivar a los graduados a que continúen sus actividades en el campo de la IE. Con respecto a los salarios, los graduados empleados en el extranjero tienen un salario promedio mucho más alto en comparación con el salario promedio en Italia (por ejemplo, 50% más alto o incluso más). Esto también refleja una mayor efectividad percibida en las maestrías por parte de los graduados empleados en el extranjero (aproximadamente un 8% más que aquellos empleados en Italia).

Se realizó una encuesta adicional al 91.4% de los estudiantes (por ejemplo, véase el Gráfico 4) que estaban culminando sus estudios de maestría en 2016, siendo contactados antes de graduarse para determinar el grado de satisfacción. Al utilizar las mismas categorías analizadas anteriormente, los resultados mostraron un 83.9% de satisfacción en Todos, 88.5% en ING y 90.9% en IE. Esta es otra clara indicación de la efectividad de los estudios de maestría en IE en Italia.

A nivel de doctorado, el marco regulatorio en Italia fija de manera estricta una única fecha de inicio nacional para cada ciclo doctoral. Esto puede obstaculizar la retención de estudiantes destacados, los cuales podrían graduarse en distintos momentos del año. Esta estructura es muy poco competitiva frente a la gran flexibilidad en la fecha de inicio que ofrecen los doctorados en otros países. Esto da como resultado un número significativo de graduados que continúan sus estudios de doctorado en el extranjero. Asimismo, la beca que se otorga a los estudiantes de doctorado en Italia es bastante baja a diferencia de muchos otros países, y no hay una consideración práctica a quienes cuentan con el título de doctor en el mercado de trabajo italiano, en términos de puesto y salario ofrecido.

Iniciativas recientes, como el doctorado industrial que se ofrece desde 2013 y que se ha establecido en estrecha colaboración con la industria, están adquiriendo relevancia, ya

que buscan reducir la brecha entre las habilidades adquiridas durante el periodo de doctorado y las oportunidades disponibles después de concluir los estudios. De esta manera, el número de graduados de doctorado podría aumentar, así como su relevancia en áreas industriales y de servicios públicos, trascendiendo el concepto de que la formación de doctorado solo conduce a una carrera de investigación y enseñanza en una universidad.

Iniciativas para promover los cursos de ingeniería eléctrica

Una manera eficaz de renovar el interés de los estudiantes por la ingeniería eléctrica y atraer estudiantes de ingeniería altamente calificados al área eléctrica, son los incentivos y premios. El número de iniciativas activas en Italia ha aumentado recientemente. Por ejemplo, el Comité Electrotécnico Italiano -organización de estandarización italiana- tradicionalmente otorga tres premios a las mejores tesis de maestría sobre temas relacionados con los estándares de electrotécnica, electrónica y telecomunicaciones. En 2018, la Asociación Italiana de Ingenieros Eléctricos, Electrónicos y de Telecomunicaciones, una organización sin fines de lucro que ha promovido en Italia diversas actividades en estos campos desde 1897, ofreció la inscripción gratuita por el primer año a los nuevos miembros menores de 24 años. Asimismo, diversas asociaciones y algunas industrias privadas han introducido premios para tesis de maestría, seminarios gratuitos y cursos sobre temas relacionados con la ingeniería eléctrica, entre otros. La voz de la industria es especialmente importante para llegar al público en un periodo en el que los ingenieros eléctricos son fundamentales para el desarrollo de soluciones actuales y emergentes en el sector energético.

Se han puesto en marcha iniciativas similares desarrolladas por la Power & Energy Society (PES) del IEEE en Italia. La Iniciativa Scholarship Plus, lanzada por la PES del IEEE en el año académico 2011-2012, se implementó en Italia por primera vez en el año 2017. El 26 de septiembre de 2017, durante la Séptima Conferencia Internacional sobre Tecnologías Innovadoras en Redes Inteligentes del IEEE, celebrada en Turín, Italia, el Comité de Premios de la Sede de Italia de la PES del IEEE hizo entrega de cuatro premios Scholarship Plus Italia de la PES del IEEE 2017 a estudiantes de pregrado matriculados en cursos de ingeniería eléctrica. Se espera que otras iniciativas adicionales promuevan los cursos de ingeniería eléctrica, y los incentivos para aumentar el número de mujeres ingenieras de potencia serán muy bien recibidos.

Resumen

El sector de la ingeniería eléctrica está experimentando una importante transformación en la creación de un futuro profesional apasionante para nuestros estudiantes. Las universidades están participando activamente en estas transformaciones, asumiendo la responsabilidad de formar una nueva generación de expertos capaces de aplicar sus competencias en estrecha colaboración con expertos de otros campos. Los planes de estudio actualizados o nuevos requerirán un equilibrio entre cursos especializados para crear una fuerza de trabajo altamente calificada de especialistas en el campo de la ingeniería eléctrica y cursos más generales para estudiantes que requieran una amplia gama de contenido interdisciplinario. Se deben preservar las singularidades y peculiaridades de los conocimientos y habilidades necesarios para convertirse en un ingeniero eléctrico con competencias específicas. Se debe defender la denominación de ingeniero eléctrico o ingeniero de potencia, históricamente bien identificado por los empleadores, ante el riesgo de perderse por la inclusión de contenido de ingeniería de potencia en planes de estudio más amplios.

De hecho, mientras que, por un lado, observamos una electrificación sin precedentes en nuestras ciudades, comunidades y sociedad en general -por ejemplo, la integración de la energía renovable (por ejemplo, véase el Gráfico 5) y vehículos eléctricos-, también está claro que el número de estudiantes que se incorporan a los programas de ingeniería eléctrica no está aumentando lo suficiente. En consecuencia, las reuniones y conferencias internacionales organizadas por la PES del IEEE y las Sociedades hermanas deberían potenciar la promoción del papel profesional del ingeniero eléctrico a través de los medios de comunicación y las redes sociales.

Lecturas complementarias

Comisión Europea, "Energy roadmap 2050" (Hoja de ruta en materia de energía 2050), Comisión Europea, Bruselas, Bélgica, Rep. Tec. COM (2011) 885 final, 2011.

Asociación Europea de Universidades (Diciembre de 2017). Energy transition and the future of energy research, innovation and education: An action agenda for European universities (La transición energética y el futuro de la investigación, innovación y educación en materia de energía: Un plan de acción para las universidades europeas) [En línea]. Disponible en: http://www.eua.eu/Libraries/publications-homepage-list/energy-transition-25-01-2018

B. H. Chowdhury, "Power education at the crossroads" (La educación de ingeniería de potencia en una encrucijada) *IEEE Spectr.*, vol. 37, n.º 10, págs. 64-69, 2000.

Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos (2015). ECTS users' guide 2015 (Guía del usuario del ECTS 2015). [En línea]. Disponible en: http://ec.europa.eu/education/ects/users-guide/index_en.htm

Ministerio de Educación, Universidades e Investigación de Italia. Higher education in Italy (Educación superior en Italia) [En línea]. Disponible en: http://www.miur.it/guida/guide.htm (consultado en junio de 2018).

Alma Laurea. Condizione occupazionale dei Laureati (Condición laboral de los graduados) [En línea]. Disponible en: http://www.almalaurea.it/universita/occupazione/occupazione14

G. Betis, C. Cassandras y C.A. Nucci, Eds., *Proc. IEEE* (edición especial sobre ciudades inteligentes), vol. 106, n.º 4, abril de 2018.

Biografías

Gianfranco Chicco pertenece al Politecnico di Torino, Italia.

Peter Crossley pertenece a la Universidad de Manchester, Reino Unido.

Carlo Alberto Nucci pertenece a Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Italia.



IEEE Power and Energy Technology Systems Journal

CALL FOR AUTHORS!

Articles Wanted For IEEE PES New Open Access Journal

The launch of IEEE Power and Energy Technology Systems Journal has created an opportunity for professionals within the industry to submit articles for publication.

IEEE Power and Energy Technology Systems Journal will include practice-oriented articles focusing on the development, planning, design, construction, maintenance, installation and operation of equipment, structures, materials and power systems for the safe, sustainable, economic, and reliable conversion, generation, transmission, distribution, storage, and usage of electric energy, including its measurement and control.

IEEE continues to be the most cited publisher in U.S. and European new technology patents. The IEEE Open Access publishing format brings a heightened visibility, research activity, and industry credibility to the authors work – so you will reach a larger potential audience with a rapid, yet thorough, peer-review process.

To submit your article for publication, visit:
http://mc.manuscriptcentral.com/pes-ieee

Select Power and Energy Technology Systems Journal from the drop down menu.

EL 4 DE AGOSTO DE 1888, REEFTON SE CONVIRTIÓ en la primera ciudad de Nueva Zelanda en contar con su propio suministro de electricidad pública alimentado por generación hidroeléctrica. En Australia, el primer suministro de electricidad para el público en general se encontraba en dos pequeños pueblos rurales en Nueva Gales del Sur. Tamworth, con una población de 3,000 habitantes, encendió el alumbrado público por arco y con lámparas incandescentes el 9 de noviembre de 1888. En abril de 1889, el pueblo más pequeño de Young encendió su propio alumbrado público incandescente y poco después conectó tiendas, oficinas y viviendas dentro del alcance de sus líneas. Sin embargo, la historia del suministro de electricidad en Australia se remonta más al pasado, con Brisbane como una de las primeras ciudades en Australia en utilizar la electricidad de forma comercial, en 1882. Por lo tanto, la utilización de la electricidad en Australia coincidió con la historia de su surgimiento entre los países del hemisferio norte.

Educación en ingeniería eléctrica en Australia y Nueva Zelanda

Australia y Nueva Zelanda están agregando potencia a sus planes de estudios universitarios

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2844418
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018



Junto con el aumento de la utilización de la electricidad, la educación de técnicos, ingenieros y personal de apoyo para la ingeniería eléctrica no tardó en seguir la tendencia en las instituciones de Australia y Nueva Zelanda, al igual que en otros países. El apoyo de organismos gubernamentales y organizaciones industriales también fue muy evidente en los primeros días de crecimiento de la electricidad en ambos países. La Asociación de Ingenieros Eléctricos de Nueva Zelanda (EEA, por sus siglas en inglés) se estableció hace aproximadamente 91 años, mientras que la Sociedad de Energía Eléctrica de Australia (EESA, por sus siglas en inglés) se creó en 1924.

Actualmente, 22 universidades en Australia y cuatro en Nueva Zelanda ofrecen programas de ingeniería eléctrica, adecuados en términos de personal y recursos especializados (Tabla 1). Los programas de ingeniería eléctrica en Australia están acreditados por Engineers Australia, y en Nueva Zelanda por Engineering New Zealand, los cuales son partes firmantes del Acuerdo de Washington. Estos planes de estudio son licenciaturas de cuatro años en ingeniería con honores [Licenciatura en ingeniería (con honores)] necesarias para la ingeniería profesional. Este artículo no cubre los programas de tecnólogos en ingeniería de tres años o de técnicos en ingeniería de dos años. En Nueva Zelanda, la licenciatura de tres años en tecnología de ingeniería está acreditada en virtud del Acuerdo de Sídney, mientras que el título de dos años del programa de ingeniería lo está conforme al Acuerdo de Dublín.

Por Nirmal Nair, Daniel Martin, Tapan Saha, Syed Islam y Neville Watson

tabla 1. Las universidades de Australia y Nueva Zelanda ofrecen programas de ingeniería de potencia.

Institución	Estado de Australia / Ciudad de Nueva Zelanda	País
Universidad Central de Queensland	Queensland	Australia
Universidad Curtin	Australia Occidental	Australia
Universidad Deakin	Victoria	Australia
Universidad Griffith	Queensland	Australia
Universidad James Cook	Queensland	Australia
Universidad de Macquarie	Nueva Gales del Sur	Australia
Universidad de Monash	Victoria	Australia
Universidad de Murdoch	Australia Occidental	Australia
Universidad Tecnológica de Queensland	Queensland	Australia
Instituto Real de Tecnología de Melbourne	Victoria	Australia
Universidad de Adelaida	Australia Meridional	Australia
Universidad de Melbourne	Victoria	Australia
Universidad de Newcastle	Nueva Gales del Sur	Australia
Universidad de Nueva Gales del Sur	Nueva Gales del Sur	Australia
Universidad de Queensland	Queensland	Australia
Universidad de Queensland Meridional	Queensland	Australia
Universidad de Sídney	Nueva Gales del Sur	Australia
Universidad de Tasmania	Tasmania	Australia
Universidad Tecnológica de Sídney	Nueva Gales del Sur	Australia
Universidad de Australia Occidental	Australia Occidental	Australia
Universidad de Wollongong	Nueva Gales del Sur	Australia
Universidad de Victoria	Victoria	Australia
Universidad Tecnológica de Auckland	Auckland	Nueva Zelanda
Universidad de Auckland	Auckland	Nueva Zelanda
Universidad de Canterbury	Christchurch	Nueva Zelanda
Universidad Victoria de Wellington	Wellington	Nueva Zelanda

En las dos secciones siguientes, proporcionamos detalles de las prácticas y experiencias de las universidades de Australia y Nueva Zelanda activas en la enseñanza, la investigación y la participación en la industria de la ingeniería de potencia.

Ingeniería de potencia en las universidades de Australia

La mayoría de las universidades con programas de ingeniería de potencia cuentan con estudiantes de grado y posgrado que buscan realizar la carrera de ingeniería eléctrica como su especialización. El Instituto Australiano de Potencia (API, por sus siglas en inglés) se formó a fin de coordinar las actividades educativas entre estas universidades y la industria energética para asegurar una provisión sustentable de buenos graduados en ingeniería eléctrica. El instituto ha ayudado a establecer cargos catedráticos y docentes en universidades australianas. Por ejemplo, en el año 2013, el API, la empresa de transmisión de servicios públicos de Queensland Powerlink y la Universidad de Queensland establecieron en conjunto una cátedra en transmisión de electricidad a fin de respaldar las investigaciones y asociaciones industriales existentes.

El API también ha ayudado a colaborar en la creación de recursos para la enseñanza de ingeniería eléctrica con varios expertos de universidades australianas. Estos recursos se utilizan para equilibrar los contenidos teóricos con aprendizaje práctico, donde una cuarta parte del trabajo de curso es práctico y en el laboratorio. Los cursos se revisan y actualizan con regularidad con la industria de la energía y el API para identificar y enseñar las habilidades que serán necesarias en un futuro cercano. Los cursos de especialización se ofrecen en el tercer y cuarto año del título de grado de cuatro años, por ejemplo, Conversión y utilización de energía eléctrica, Análisis de sistemas de potencia, Protección del sistema de potencia, Gestión de activos y monitoreo de condiciones modernos en sistemas de potencia y Diseño avanzado de electrónica y electrónica de potencia.

Para los programas de posgrado en universidades australianas, algunos ejemplos de los cursos que se ofrecen son Planificación y confiabilidad de sistemas de potencia, Operación y seguridad en el mercado de la electricidad, Integración de energía renovable, Tecnologías para problemas técnicos y Diseño y operación tecnológica de transformadores. Además del personal académico para estos cursos, se invitan a oradores de la industria para debatir acerca de los últimos desafíos en el campo con los estudiantes, lo cual es beneficioso porque las charlas demuestran la importancia práctica del material que están aprendiendo. Algunos

El Instituto Australiano de Potencia se formó a fin de coordinar las actividades educativas entre estas universidades y la industria energética.

ejemplos de las entidades de las cuales provienen los oradores invitados para dar charlas en la Universidad de Queensland son Powerlink Queensland (una empresa de transmisión de servicios públicos), Energex (una empresa de distribución de Brisbane), OMICRON (un fabricante de equipos de prueba), EMClarity (consultores), AEMO (un operador del mercado nacional) y Alstom (un fabricante).

A lo largo de los años, varios laboratorios de vanguardia se han establecido para ayudar en la experiencia de aprendizaje del estudiante en varias universidades australianas activas en la enseñanza de la ingeniería de potencia. Estos incluyen laboratorios de alta tensión, laboratorios de máquinas donde se puede acceder a experimentos mediante Internet e instalaciones especializadas de energías renovables para satisfacer las necesidades de estudiantes de grado y posgrado. Junto con las actividades de investigación que se desarrollan allí, el estudiante trabaja en proyectos relacionados con nuevas tecnologías.

Existen también ejemplos de centros especializados financiados por la industria, como el Centro australiano-asiático de innovación en transformadores en la Universidad de Queensland y el Centro australiano de calidad y confiabilidad de la potencia en la Universidad de Wollongong. Estos centros ofrecen cursos de desarrollo profesional continuo (CPD, por sus siglas en inglés) a la mano de obra de ingeniería, llevan a cabo investigaciones guiadas por la industria para mejorar la gestión de activos y apoyan la educación de las universidades de los estudiantes de ingeniería. Por ejemplo, el personal del centro supervisa no solo a los estudiantes de grado y de maestría en sus proyectos de tesis durante todo el año, sino también al trabajo de los estudiantes de doctorado. Generalmente, dichos centros son financiados por empresas de servicios y la industria mediante la utilización de un modelo de suscripción basado en la membresía, con ingresos adicionales gracias a cuotas del curso y proyectos de investigación. El API y CIGRE han promovido de forma activa esta actividad a la industria, colaborando en aumentar la visibilidad de los centros y satisfacer las necesidades de la industria.

Un ejemplo de un curso de CPD es Gestión del ciclo de vida de transformadores de potencia y de casquillos de alta tensión en transformadores de potencia: diseño, mantenimiento y mitigación de riesgos. En la mayoría de estos cursos, el 80% del material lo brindan expertos de la industria, cuyo contenido se ha desarrollado como parte de las contribuciones en especie de los socios del centro. El otro 20% lo brindan los docentes de la universidad, que a su vez son expertos mundiales.

La parte de investigación en varias de las universidades es muy activa y está centrada en la industria, lo que aumenta la experiencia de los estudiantes ya que proporciona supervisión de su proyecto de tesis sobre cuestiones de potencia contemporáneas. En varias universidades australianas, los estudiantes en un programa de ingeniería eléctrica deben completar un proyecto de investigación de un año. En la actualidad, los desafíos de manejar la futura red en Australia incluyen la necesidad de integrar cada vez más cantidades de generación renovable y reducir los costos relacionados con la renovación y actualización de activos.

Los ingenieros que trabajan con las organizaciones asociadas son invitados con frecuencia a supervisar en conjunto temas de tesis relevantes a la industria para los estudiantes. Se alienta a los estudiantes a cooperar con estos ingenieros de la industria, que a su vez ayudan a los estudiantes a nutrir sus relaciones profesionales y mejorar sus capacidades blandas. Los estudiantes en estos programas de tesis a menudo mejoran sus calificaciones en otros cursos, un beneficio adicional. Se alienta tanto a los estudiantes de grado como a los de maestría a publicar sus trabajos en conferencias, por ejemplo: en la Conferencia anual de ingeniería de potencia de universidades de Australia y Asia, que rota entre las universidades locales, y en las Reuniones Generales de la Power & Energy Society (PES) del IEEE. Algunas universidades



gráfico 1. Ben Jarrett (izquierda) recibiendo un premio en 2016 de manos de Geoff Garrett, científico en jefe del gobierno estatal de Queensland, durante un evento local de la PES. (Fotografía cortesía de Tapan Saha, Universidad de Queensland, Brisbane, Australia).

Existen también ejemplos de centros especializados financiados por la industria, como el Centro australiano-asiático de innovación en transformadores en la Universidad de Queensland.

respaldan a los estudiantes que asisten a las conferencias al proporcionarles pequeñas becas.

Las universidades buscan obtener comentarios acerca de la experiencia estudiantil en general por parte de los graduados recientes, y utilizarlos para impartir el curso de una mejor manera. La mayoría de las observaciones han sido muy positivas y muestran que los estudiantes disfrutan de la cursada. El reconocimiento a los estudiantes de ingeniería de mayores logros por parte de personas importantes de la industria y del gobierno también es una característica habitual, como se muestra en el Gráfico 1, con el objetivo de aumentar la visibilidad de la ingeniería de potencia en el campus.

Enseñanza de la ingeniería eléctrica en las universidades de Nueva Zelanda

Resumen del título de grado en ingeniería (con honores)

El título otorgado a quienes estudian ingeniería eléctrica es un título de grado (con honores) en ingeniería eléctrica y electrónica. Es la culminación de un programa de cuatro años en universidades de Nueva Zelanda. Generalmente, el primer año se comparte con otras disciplinas de la ingeniería, seguido de tres años profesionales. Los programas del segundo año se suelen estructurar alrededor de la ingeniería eléctrica, mientras que los cursos del tercer y cuarto año tienen elementos claramente enfocados en sistemas de potencia, tema en el cual los estudiantes pueden elegir especializarse. El proyecto de honores del último año es obligatorio, y existen proyectos grupales, todos financiados por la industria.

El objetivo es proporcionar una enseñanza integral en ingeniería de potencia eléctrica, que se logra por la amplia gama de cursos, la mayoría obligatorios, en los tres primeros años del programa y la cobertura en profundidad en el último año de las asignaturas optativas especializadas. Los cursos típicos en las universidades de Nueva Zelanda incluyen máquinas eléctricas, electrónica de potencia, diseño de sistemas de energía renovable y análisis de sistemas de potencia. Los cursos especializados, tales como ingeniería de alto voltaje, protección de sistemas de potencia y mercados de la electricidad, también se brindan como asignaturas optativas para estudiantes de grado y se imparten en los programas de posgrado en los que existen. En las universidades de Nueva Zelanda, cada curso otorga 15 puntos (excepto el proyecto de honores obligatorio del último año, que otorga 30 puntos), y 120 puntos constituyen una carga de todo el año.

Además de los típicos componentes de diseño y construcción en los cursos de diseño, existen otros proyectos prácticos adicionales en los otros cursos. Junto con los laboratorios de enseñanza, se proporcionan un taller de mecánica y un taller de electrónica para alumnos, con el objetivo de ayudar con los proyectos en aquellas universidades que ofrecen cursos de los sistemas de potencia.

También se deben cumplir requisitos extracurriculares para obtener el título. Se trata de un curso taller (en el que se enseña metalistería básica), un curso de cableado eléctrico, un curso de primeros auxilios y 100 días de trabajo práctico (que se deberá completar en dos empresas diferentes, con informes escritos y calificados).

En resumen, los requisitos típicos que se deben cumplir para obtener un título de grado en ingeniería (con honores) son los siguientes:

- ✔ El requisito académico es adquirir 480 puntos (120 en cada uno de los cuatro niveles).
  - El enfoque en la ingeniería de potencia eléctrica se logra mediante las distintas combinaciones de materias optativas que se ofrecen, generalmente en el tercer y cuarto año. Por ejemplo, en la Universidad de Canterbury, para obtener una subespecialidad/acreditación en ingeniería eléctrica, se debe tomar la combinación correcta de cursos requeridos en el último año.
- ✔ Los requisitos extracurriculares típicos son
  - un curso de primeros auxilios.
  - un curso de taller mecánico
  - un curso de cableado eléctrico
  - completar los requisitos necesarios de trabajo práctico.
    - Se deben presentar y aprobar dos informes de trabajo práctico (se debe trabajar un mínimo de 40 días antes de que se pueda escribir un informe sobre la experiencia laboral).
    - Los estudiantes de grado suelen pasan los dos veranos entre el segundo, tercer y cuarto año para acumular las 800 h de práctica curricular necesarias.

Resultados del aprendizaje

El propósito de la educación no es abarrotar la cabeza de los estudiantes con conocimiento técnico que luego puedan repetir de forma mecánica. Si bien los estudiantes realmente necesitan aprender los detalles técnicos, el objetivo final es capacitarlos para que piensen como profesionales, con un conocimiento exhaustivo de los principios. Esto les ayu-

> Los ingenieros que trabajan con las organizaciones asociadas son invitados con frecuencia a supervisar en conjunto temas de tesis relevantes a la industria para los estudiantes.

dará a pensar detalladamente los problemas que enfrentan en sus vidas profesionales, que a menudo son diferentes de lo que se les ha enseñado. Deben ser capaces de asimilar nueva información, adaptarse y crecer como ingenieros. Es necesario educar a los estudiantes para toda la vida, no sólo para el aquí y ahora de aprobar exámenes. La industria también quiere graduados con habilidades técnicas así como las llamadas "capacidades blandas", la capacidad de trabajar bien en equipo, escribir y hablar con claridad, adaptarse rápidamente a los cambios tecnológicos y las condiciones comerciales e interactuar con colegas de diferentes países y culturas.

Aunque no se destaque específicamente a menudo, los cursos, la realización y la evaluación de éstos están estructurados para mejorar la comunicación, el pensamiento crítico, la resolución de problemas y las habilidades de escritura concisa. Los objetivos del programa incluyen

- ✔ el dominio de los principios fundamentales (más que simplemente aprender de memoria)
- ✔ la capacidad de pensar críticamente y ejercer el discernimiento
- ✔ la habilidad de realizar conexiones entre un problema y las técnicas apropiadas para resolverlo
- ✔ la formación de estudiantes auto-motivados que sean capaces de investigar problemas desconocidos e intuir las causas subyacentes (no se trata de aprender un procedimiento para resolver un tipo particular de problema, sino el aprendizaje de la idea detrás del procedimiento, de manera que pueda adaptarse a los problemas que difieran del procedimiento)
- ✔ la capacidad de considerar las consecuencias técnicas y sociales de las decisiones de ingeniería.

Desastres naturales

Una inesperada influencia en los programas de ingeniería eléctrica ha sido la de los riesgos naturales severos, especialmente los terremotos que han afectado a ciudades de Nueva Zelanda con universidades de ingeniería, como Christchurch y Wellington. Por ejemplo, un terremoto severo tuvo lugar el 4 de septiembre de 2010 (escala 7.1), y luego otro el 22 de febrero de 2011 (escala 6.3), cada uno seguido de numerosas réplicas. Esto causó alteraciones en el campus y fuera de este en la Universidad de Canterbury en Christchurch, lo que obligó al Departamento de ingeniería eléctrica e informática a operar desde una fábrica cerca del aeropuerto durante seis meses (primer semestre de 2011).

El resultado sorprendente fue que, a pesar de las irregularidades, el rendimiento de los estudiantes en los exámenes después de los terremotos fue significativamente mejor que en años anteriores, para lo cual puede haber una serie de razones. Los estudiantes vieron el impacto de los terremotos en la infraestructura eléctrica, experimentaron las consecuencias y aprendieron a adaptarse a la situación extremadamente bien. En diciembre de 2017, el personal del departamento pudo finalmente volver al edificio reacondicionado, lo que marcó el fin de los traslados de una ubicación temporaria a otra. Mantener un plan educativo durante estos desastres naturales fue un desafío, y se aprendieron muchas lecciones, sin mencionar el hecho de que los nuevos laboratorios e



gráfico 2. Estudiantes de ingeniería eléctrica de la Universidad de Canterbury en una excursión por la Isla Sur hacia la estación de potencia hidroeléctrica de Manapouri. (Fotografía cortesía de Neville Watson, Universidad de Canterbury, Christchurch, Nueva Zelanda).

> Se deben presentar y aprobar dos informes de trabajo práctico (se debe trabajar un mínimo de 40 días antes de que se pueda escribir un informe sobre la experiencia laboral).

instalaciones son excelentes y, probablemente, ¡no se habrían construido sin los terremotos!

Wellington suele experimentar terremotos, y el programa de ingeniería eléctrica relativamente nuevo en la Universidad de Victoria de la ciudad está acostumbrado a los retos de la naturaleza. Históricamente, estas ciudades han resistido estos desafíos, ya que los habitantes saben que viven en el Anillo de Fuego. La Universidad de Auckland y la Universidad Tecnológica de Auckland, ambas con sede en la ciudad más grande de Nueva Zelanda, conocida como la Ciudad de las Velas, han estado históricamente expuestas a actividad volcánica, y están acostumbradas a los caprichos del Océano Pacífico y del Mar de Tasmania.

La participación de la industria

Una de las características únicas de los programas de ingeniería eléctrica en las universidades de Nueva Zelanda es la participación de la industria eléctrica. Por ejemplo: en la década de 1990, el interés de los estudiantes en cursar ingeniería de potencia eléctrica se encontraba en disminución. Existía una preocupación respecto de la oferta de graduados adecuados para satisfacer las necesidades de la industria. En respuesta, las organizaciones comerciales se unieron para establecer el Fideicomiso de Enseñanza de Ingeniería de Potencia (PEET, por sus siglas en inglés) y el Centro de Ingeniería de Potencia Eléctrica (EPECentre) en 2002. El fideicomiso es la entidad de financiación el y EPECentre es el vehículo para implementar las iniciativas del fideicomiso en la Universidad de Canterbury. La misión del fideicomiso es promover y apoyar la educación de los ingenieros de potencia y el estudio de la ingeniería de potencia como un campo de excelencia. El PEET se financia con las cuotas anuales de la membresía, y existe una variedad de niveles. La Junta del PEET consiste en un representante de cada sector de la industria, es decir, de ingeniería profesional (EEA), generación, transmisión, distribución, consultoría, contratación y mundo académico.

El EPECentre actúa como un vínculo entre la industria eléctrica y la comunidad académica de la Universidad de Canterbury y, en sus primeros años, se enfocó en atraer a los estudiantes hacia la ingeniería de potencia y a respaldar la enseñanza. Como dijo un director ejecutivo: “atraer talento y apoyar a los estudiantes que cursan ingeniería de potencia eléctrica es fundamental para el futuro de nuestra industria”. El EPECentre cuenta actualmente con tres áreas principales de operación: educación, investigación e innovación, y colaboración entre la industria y el mundo académico.

Algunas de las actividades que organiza el EPECentre de la Universidad de Canterbury son

- ✔ actividades en el campus donde se reúnen los estudiantes de ingeniería eléctrica y los miembros de la industria (por ejemplo, una convención anual de carreras y una exposición de investigación y desarrollo)
- ✔ videos de sistemas eléctricos en línea para escuelas secundarias
- ✔ otorgamiento de becas
- ✔ excursiones acerca de sistemas de potencia de cuatro días alrededor de las Islas del Norte y del Sur de Nueva Zelanda
- ✔ conferencias de invitados.

En los años posteriores al establecimiento de PEET y el EPECentre, se llegó a triplicar el número de estudiantes que optaban por ingeniería de potencia como su elección profesional, lo que se atribuyó, en gran medida, a la eficacia del fideicomiso y del centro. Esto ha ayudado a compensar el reciente impacto de la reducción de inscritos debido a los terremotos.



gráfico 3. Estudiantes de sistemas de potencia de la Universidad de Auckland visitan la subestación GIS 220kV de Transpower en agosto de 2011. (Foto cortesía de Nirmal Nair, Universidad de Auckland, Nueva Zelanda).

Generalmente, Las universidades de Nueva Zelanda cuentan con laboratorios de ingeniería bien establecidos para máquinas eléctricas, electrónica de potencia, electrónica, automatización, diseño asistido por computadora, y otras. Los estudiantes de ingeniería de potencia en estas universidades también están expuestos a cursos de informática y software como parte de su programa de ingeniería general. Los laboratorios especializados, como el laboratorio de alta tensión de la Universidad de Canterbury y el laboratorio de carga de vehículos electrónicos de alta potencia de la Universidad de Auckland, también están disponibles para atraer el interés de los estudiantes y demostrar la practicidad de los programas de ingeniería eléctrica en dichas instituciones. Las visitas a las subestaciones, como se muestra en los Gráficos 2 y 3, son una característica habitual de los cursos de ingeniería eléctrica. La naturaleza amplia del programa de grado en electrónica (con honores) representa una fortaleza, dado que el sector de la ingeniería eléctrica está cambiando y adoptando nuevas tecnologías que dependen mucho de la detección y el monitoreo, la comunicación, el procesamiento de datos y el control.

La EEA, un organismo industrial, apoya firmemente los programas de ingeniería eléctrica en las universidades de Nueva Zelanda. Ofrece becas anuales para estudiantes universitarios que se especializan en disciplinas de ingeniería eléctrica en la Universidad Tecnológica de Auckland y la Universidad de Canterbury. Las becas se otorgan durante una cena anual de exhibición de comercio y conferencia de la EEA con buena concurrencia, que generalmente se lleva a cabo en la tercera semana de junio.

Actividades de colaboración y compromiso con el IEEE

Australia y Nueva Zelanda se encuentran dentro de la Región 10 del IEEE. Los ingenieros eléctricos de ambos países han estado ocupados en actividades de compromiso y normas internacionales desde la época de la Sociedad de Ingeniería de Potencia de AIEEE. Nueva Zelanda fue uno de los miembros fundadores del IEEE en 1968. La sección formal del IEEE de Nueva Gales del Sur en Australia se estableció en 1972. Con el transcurso de los años, se ha producido una estrecha participación de los profesionales, estudiantes e investigadores de ingeniería eléctrica con sus pares internacionales. Las actividades de normas también tienen fuertes sinergias con desarrollos en el IEEE y el IEC.

En la última década, varias conferencias patrocinadas por la PES, como Innovative Smart Grid Technologies, POWERCON y APPEC, han sido albergadas en ciudades de Australia y Nueva Zelanda y gestionadas por voluntarios de las universidades antes mencionadas. El compromiso más cercano de estas instituciones con los organismos industriales en dichos países y de otras sociedades internacionales de ingeniería de potencia, como CIGRE y la Institución de ingeniería y tecnología, han ayudado a establecer una mayor visibilidad para la investigación, el desarrollo y las actividades educativas en torno a la potencia y energía.

Desde 1991, los expertos en educación universitaria sobre ingeniería de potencia han sido, con regularidad, anfitriones de la Conferencia de Ingeniería de Potencia de las Universidades Australianas (AUPEC, por sus siglas en inglés), una reunión anual a la que asisten investigadores e ingenieros eléctricos practicantes del mundo académico y de la industria de toda la región de Australia y Asia, conectados a fin de compartir la investigación y las ideas para el avance de la ingeniería de potencia en beneficio de la industria de

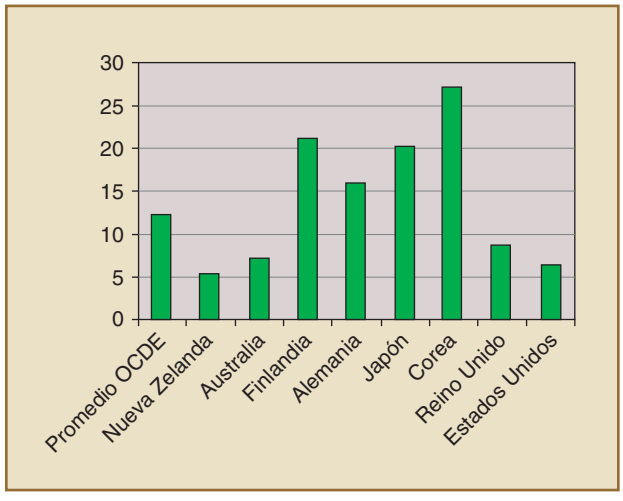


gráfico 4. La porción de graduados de ingeniería como porcentaje del total de graduados universitarios.

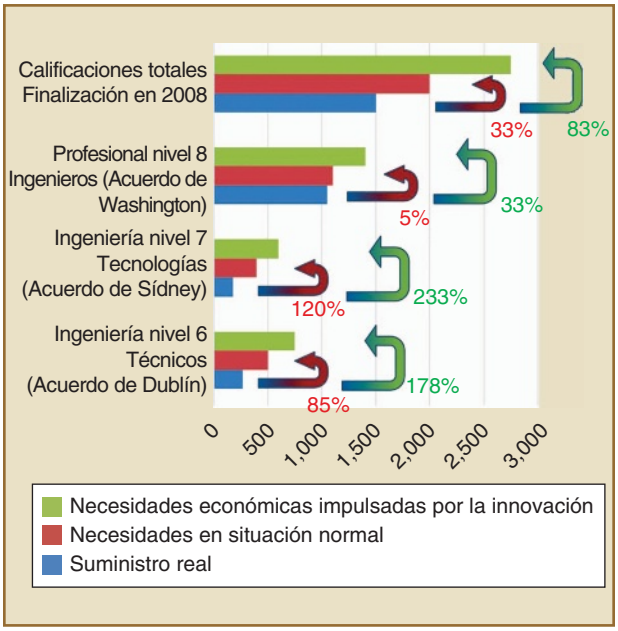


gráfico 5. Un estimado de los profesionales necesarios basados en ingeniería para una economía impulsada por la innovación en Nueva Zelanda. (Gráfico cortesía de la Universidad de Auckland, Nueva Zelanda).

> Una de las características únicas de los programas de ingeniería eléctrica en las universidades de Nueva Zelanda es la participación de la industria eléctrica.

potencia y los consumidores. El Comité de Australia y Asia de Académicos de la Ingeniería de Potencia (ACPE, por sus siglas en inglés) coordina esta conferencia, que es similar al Simposio Norteamericano de Potencia organizado desde 1969 por las universidades estadounidenses que ofrecen enseñanza de la ingeniería de potencia. Los artículos revisados por colegas de este simposio están archivados en IEEE *Xplore*.

Otra iniciativa inspirada por el ACPE es el API, que apunta a cultivar la capacidad profesional futura en ingeniería de potencia para las principales empresas australianas de potencia. Con el transcurso de los años, el API ha otorgado becas a estudiantes de ingeniería en las universidades australianas. También alberga el sitio web de carreras de la PES para los estudiantes de universidades australianas, diseñado en la misma plataforma utilizada por universidades norteamericanas. En Nueva Zelanda, la EEA ha estado proporcionando cinco becas anuales a estudiantes de ingeniería eléctrica de la Universidad de Auckland, la Universidad de Canterbury y la Universidad Tecnológica de Auckland.

El personal universitario y los estudiantes también participan de las conferencias anuales sobre la industria de la ingeniería de potencia. Por ejemplo, las universidades de Auckland y Canterbury asisten regularmente al simposio de junio de la EEA. Un ponente principal de la PES generalmente hace presentaciones en esta conferencia, junto con expertos de CIGRE e IET. En Australia, la conferencia anual de la EESA atrae a investigadores universitarios e ingenieros que informan sobre sus últimos proyectos de ingeniería de potencia aplicada.

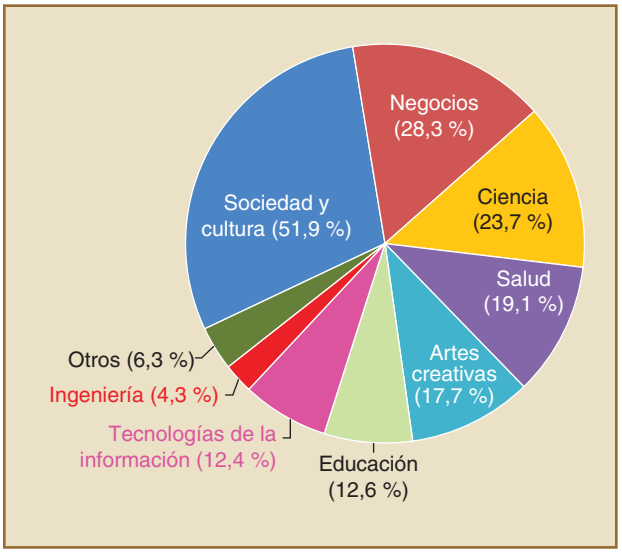


gráfico 6. Los campos de estudio de los estudiantes de grado de Nueva Zelanda en 2011.

Encuesta de la PES para universidades en Australia y Nueva Zelanda

Desde hace ya varios años, la encuesta del Comité de Educación de Potencia y Energía de la PES (PEEC, por sus siglas en inglés) ha proporcionado datos sobre los cursos, mundo académico y demás información relevante de ingeniería eléctrica en los Estados Unidos y Canadá. Los últimos resultados de la encuesta están disponibles en http://ieee-pes.org/professional-development/education/university-power-programs. Estos datos resultan útiles para posibles estudiantes que busquen unirse a programas de grado y posgrado en ingeniería de potencia en Norteamérica.

Durante la Reunión General de la PES del 2015, el subcomité sobre Educación Universitaria del PEEC debatió acerca de la internacionalización de la encuesta. El organismo

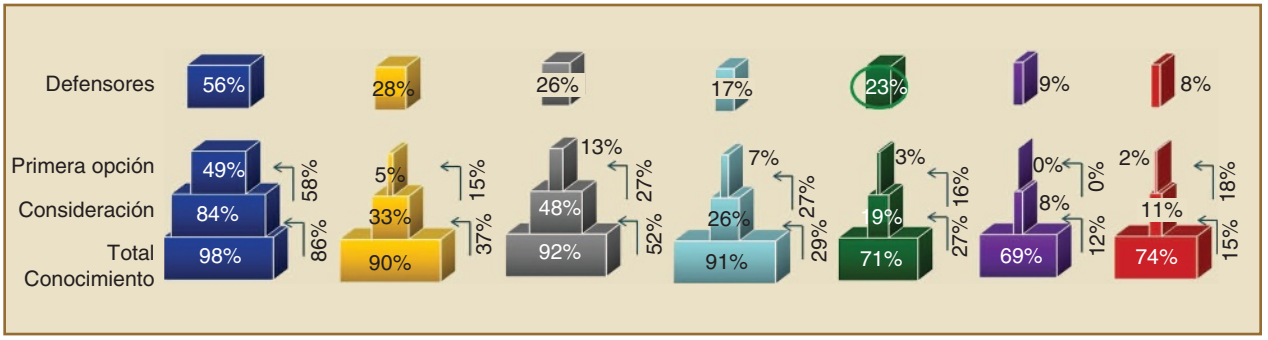


gráfico 7. Una pirámide de equidad de marca que refleja la elección universitaria por parte de los estudiantes secundarios de Nueva Zelanda.

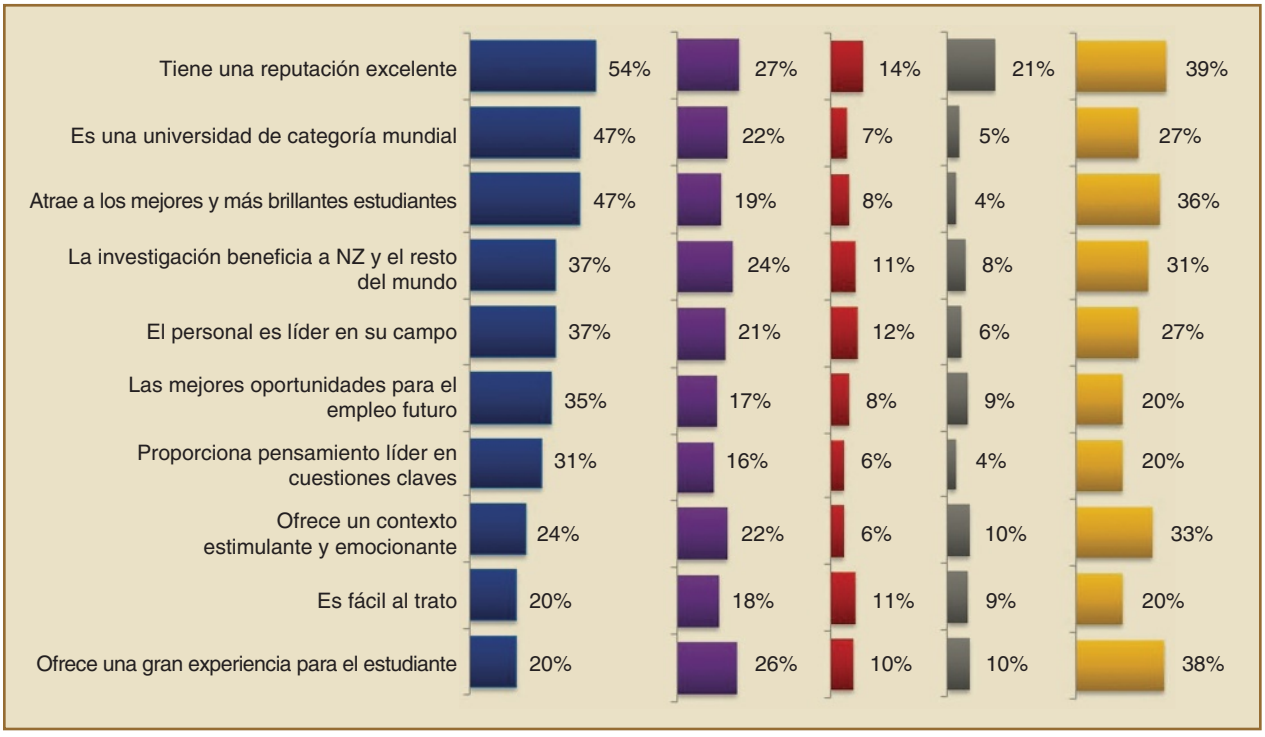


gráfico 8. Un gráfico de equidad de marca que muestra la elección por parte de los estudiantes de Nueva Zelanda de universidades que ofrecen estudios de ingeniería. NZ: Nueva Zelanda.

principal del PEEC brindó apoyo y solicitó a académicos de ingeniería eléctrica, sobre todo de los países angloparlantes del Reino Unido, Australia y Nueva Zelanda, que exploren aún más la posibilidad. Un profundo interés y entusiasmadas respuestas provinieron principalmente de Australia y Nueva Zelanda, que se volvieron a confirmar durante la Reunión General de la PES en Boston en 2016. Luego, los miembros del PEEC adoptaron una resolución para explorar la implementación de la encuesta de América del Norte en el plano internacional.

Dennis Ray, un colega autor de esta edición que coordinó y abogó por la encuesta en América del Norte, y Edvina Uzunovic, vicepresidenta de educación y editora invitada de la PES en esta edición, debatieron este tema extensamente en una teleconferencia con el Prof. Syed Islam, presidente del subcomité de Educación Universitaria. Se acordó que una encuesta internacional no debería simplemente reproducir el instrumento existente del PEEC, sino que debe ser relevante para las universidades australianas y neozelandesas y debe presentarse de forma adecuada. Dado que los sistemas de enseñanza de la ingeniería en las economías desarrolladas de los países angloparlantes son más o menos similares, y teniendo en cuenta el gran interés entre los colegas de ingeniería eléctrica en Australia y Nueva Zelanda, se decidió que la encuesta actual se ejecutara primero como prueba en la zona.

Las consultas con académicos superiores de ingeniería eléctrica en los dos países durante la AUPEC 2016 llevaron a acordar que Australia y Nueva Zelanda tenían parámetros similares a la encuesta norteamericana, y que una prueba podría iniciarse sin modificaciones significativas. Por lo tanto, la encuesta universitaria del PEEC para Australia y Nueva Zelanda se llevará a cabo como prueba en 2018-2019.

La evaluación del canal de ingreso de futuros estudiantes de ingeniería eléctrica en Nueva Zelanda

El desafío para las universidades ha sido atraer a los estudiantes para que ingresen al campo de la ingeniería después de la escuela secundaria y luego transferirlos a ingeniería eléctrica después del primer año de estudio. En 2010, Engineering New Zealand llevó a cabo una evaluación nacional, el Plan Nacional de Enseñanza de la Ingeniería (NEEP, por sus siglas en inglés), para determinar cuántos graduados de ingeniería se necesitarían para acelerar la innovación en el país. La oferta promedio de graduados en ingeniería (como porcentaje del número total de graduados universitarios) en países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) se muestra en el Gráfico 4.

Una estimación de los requisitos para una economía de exportación impulsada por la innovación sugirió la necesidad de contar con una mayor oferta de ingenieros del sistema universitario, como se puede ver en el Gráfico 5. Los patrones de inscripción de los estudiantes secundarios de Nueva Zelanda en universidades, como se muestra en el Gráfico 6, también indicaron que el número actual de 4.3% de estudiantes de ingeniería debe aumentarse considerablemente

para satisfacer las necesidades de una economía impulsada por la innovación. En el Gráfico 5, las barras azules muestran la oferta actual de profesionales/tecnólogos/ técnicos en ingeniería, mientras que la roja indica el número requerido para mantener las actividades estables, lo que ilustra, de este modo, una escasez actual de diferentes proporciones entre los tres grupos. Las barras verdes indican la probable oferta necesaria para una economía impulsada por la innovación. Por lo tanto, las flechas y los porcentajes muestran las variaciones en la oferta de estos especialistas en ingeniería necesarios para lograr la transición. Por ejemplo, hay una escasez del 5% de ingenieros profesionales de nivel 8 para mantener el status quo de las actividades, y Nueva Zelanda necesita un aumento del 33% para satisfacer el objetivo de ser una economía impulsada por la innovación.

Una encuesta fue realizada por una consultora profesional para evaluar cómo los estudiantes secundarios de Nueva Zelanda en 2012 eligieron una universidad particular en la cual inscribirse. Se muestran en el Gráfico 7 los resultados de la pirámide de marca extraídos de esa encuesta para las siete universidades estudiadas. Como se puede ver en el Gráfico 7, existen varios factores que afectaron la elección de una universidad por parte de los graduados de la escuela secundaria. Por ejemplo, las universidades mejor clasificadas gozaron de un alto nivel de preferencias de primera elección entre los estudiantes secundarios y fueron respaldadas por las consideraciones de ubicación de las instituciones y la estima que tenían los consejeros (defensores) de la escuela secundaria.

Para explicar el Gráfico 7, en la pirámide de color azul, el 98% de los estudiantes que conocían esta universidad se traduce en un 86% de este grupo que realmente la considera, aunque sólo el 58% de los que consideraban esta universidad finalmente la convirtió en su primera opción. Los defensores de una institución en particular juegan un papel importante en el proceso de toma de decisiones, pero no necesariamente siempre, como lo indica la pirámide verde. Ahí, aunque el 23% de los consejeros abogaron por esa institución, esto no aumentó significativamente las posibilidades de que se convirtiera en la primera opción.

El Gráfico 8 muestra los resultados del análisis de la encuesta sobre la elección del programa de ingeniería por parte de los estudiantes. Cinco de las siete universidades de Nueva Zelanda encuestadas tienen un programa de grado de ingeniería (con honores). Cuatro de ellos tienen un recorrido en ingeniería de potencia, ya sea como subespecialidad o mediante la elección de las materias optativas apropiadas en el tercer y cuarto año del programa.

Los diferentes colores denotan las cinco universidades que tienen programas de ingeniería, y los porcentajes indican las respuestas de los encuestados que indican sus percepciones de las instituciones. Es evidente que los estudiantes de secundaria y sus padres consideran varios factores antes de decidir inscribirse en una universidad en particular. La reputación de la institución y la clasificación mundial juegan un papel importante en la decisión final.

En resumen, según el debate anterior, los siguientes factores parecen ser dificultades para Nueva Zelanda.

- ✔ El número de graduados en ingeniería debe aumentar significativamente del promedio actual de 4.3% para lograr una futura economía impulsada por la innovación.
- ✔ La elección de universidad de un estudiante depende de factores tanto de ubicación como de reputación.
- ✔ Una vez que la oferta de estudiantes de la secundaria se incremente para los programas universitarios de ingeniería, el próximo desafío será entusiasmarlos para que se dediquen a una especialización en ingeniería eléctrica.

Resumen

La investigación, enseñanza, desarrollo y compromiso en relación a los sistemas de potencia eléctrica tienen una historia muy larga y rica en universidades australianas y neozelandesas, todas bien alineadas con las instituciones de aprendizaje y descubrimiento del hemisferio Norte. El compromiso práctico con las partes interesadas de la industria, las instituciones gubernamentales y los organismos reguladores tanto por parte de los académicos como de los estudiantes de estas instituciones es sólido. El trabajo con PES y CIGRE tiene una historia larga y apreciada, y ha continuado en los últimos años. A medida que el mundo avance hacia la Electrificación 2.0, las universidades de Australia y Nueva Zelanda seguirán comprometidas y liderarán algunas iniciativas en el esfuerzo mundial hacia un futuro con bajas emisiones de carbono.

Lecturas complementarias

S. Islam y N. Nair, "Global experiences in attracting quality undergraduates in university power engineering programs" (Experiencias globales en la atracción de estudiantes universitarios de calidad en planes de ingeniería de potencia), en *Proc. Panel de la Reunión General del IEEE 2014*, Washington, D.C.

Plan Nacional de Enseñanza de la Ingeniería, Institución de Ingenieros Profesionales (ahora Engineering New Zealand). (2010, oct.). [En línea]. Disponible en:https://engineeringe2e.org.nz/assets/e2e/oldwebsite-images/Documents/NEEP-Report.pdf

Instituto Australiano de Potencia. (2018). Acerca de API. [En línea]. Disponible en:api.edu.au

Asociación de Ingenieros Eléctricos. (2014). [En línea]. Disponible en:https://www.eea.co.nz

J. McCalley, L. Bohmann, K. Miuy N. Schulz, "Electric power engineering education resources 2005–2006 IEEE Power Engineering Society committee report. The Power Engineering Education Committee (PEEC) task force on educational resources" (Informe del comité de la Sociedad de ingenieros del IEEE 2005-2006 sobre recursos de educación de ingeniería de potencia eléctrica. El grupo de trabajo del Comité de Educación sobre Ingeniería de Poten-

cia (PEEC) sobre recursos educativos), *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 23, n.º 1, pág. 1-24, febrero de 2008.

Biografías

Nirmal Nair pertenece a la Universidad de Auckland, Nueva Zelanda.

Daniel Martin pertenece a la Universidad de Queensland, Brisbane, Australia.

Tapan Saha pertenece a la Universidad de Queensland, Brisbane, Australia.

Syed Islam pertenece a la Universidad de Curtin, Perth, Australia.

Neville Watson pertenece a la Universidad de Canterbury, Christchurch, Nueva Zelanda.





El poder de las pasantías

Por Laurel Hennebury y Christopher Root

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2841460
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018



IMAGEN AUTORIZADA POR INGRAM PUBLISHING

Asesoramiento para empresas y potenciales pasantes

LAS PASANTÍAS PARA ESTUDIANTES UNIVERsitarios existen hace décadas. El sector de potencia eléctrica ha utilizado durante mucho tiempo programas de pasantías para introducir a los alumnos a la industria, desarrollar relaciones con universidades y reclutar a empleados exitosos. Durante las décadas de 1950 y 1960, el consumo de electricidad creció a una tasa del 5% en muchas partes del mundo, y hubo un auge de la industria de la potencia eléctrica. En respuesta, las universidades comenzaron a exigir a los estudiantes de ingeniería eléctrica que tomaran algunos cursos de sistemas de potencia. Luego en la década de 1970, los embargos de petróleo aumentaron el costo de la electricidad significativamente en los Estados Unidos. Los programas de conservación de energía y una economía desacelerada redujeron el crecimiento de la demanda de electricidad y posteriormente una mayor necesidad de ingenieros en sistemas de potencia. Muchos programas de ingeniería energética redujeron sus cifras o cerraron, y los ingenieros eléctricos se centraron más en las telecomunicaciones, la electrónica y la ingeniería informática. La industria de la potencia aún requiere ingenieros para estas áreas, pero no escasean.

En la actualidad, la demanda de ingenieros eléctricos en sistemas de potencia y otros tipos de analistas se ha disparado nuevamente, con la rápida jubilación de la generación de los baby boomers y el gran interés de la sociedad en la energía renovable y distribuida. Sin embargo, en el contexto académico actual, muchas empresas deben competir por un grupo más reducido de ingenieros y analistas. Para satisfacer las demandas de dotación de personal actuales, muchos servicios públicos, por ejemplo, han contratado ingenieros eléctricos y luego les han brindado una capacitación adicional en sistemas de potencia. Algunos servicios públicos en los Estados Unidos aún están subsidiando cursos de ingeniería en sistemas de potencia en escuelas universitarias cuando estas escuelas no matriculan suficientes estudiantes para justificar el costo del programa.

Estos esfuerzos han conllevado un interés renovado de la industria en el uso de programas de pasantías para introducir a los alumnos en el campo mientras están todavía en la escuela y para mejorar las relaciones con las universidades que ofrecen o podrían ofrecer programas de sistemas de potencia. Algunas empresas de servicios públicos de energía que anteriormente habían disuelto sus programas de prácticas las han recomenzado, y la popularidad de los cursos de sistemas de potencia en las universidades está constantemente en aumento. La mayoría de las empresas en los Estados Unidos tiene programas activos de pasantías. Vermont Electric Power Company, por ejemplo, contrata a aproximadamente 12 pasantes cada verano.

El Departamento de Energía de los EE. UU. y la Sociedad de Potencia y Energía del IEEE (PES, por sus siglas en inglés) comenzaron a estudiar la demografía de la industria de servicios a mediados de la década de 2000 e identificaron el riesgo de la industria del comienzo de la jubilación de los empleados. Bajo la dirección de su Presidenta Wanda Reder, la PES comunicó ampliamente sobre este tema y puso en marcha un plan de acción que incluye la nueva beca PES de sistemas de potencia, Scholarship Plus. Entre 2011

Hoy en día, la demanda de ingenieros eléctricos en sistemas de potencia y otros tipos de analistas ha tenido un nuevo repunte.

y 2017, la PES distribuyó 1,382 becas a 835 personas que asisten a 191 universidades en los Estados Unidos, Canadá y Puerto Rico. De este total, el 22% (185) de los beneficiarios son mujeres. La PES también ha distribuido becas a cuatro estudiantes en Italia y ocho en la India.

Las tareas de pasantía no solo deben desafiar al estudiante, sino que deben agregar valor al negocio. En este artículo hemos esbozado algunos de los importantes beneficios que proporcionan los programas de pasantías a los estudiantes y la industria de los sistemas de potencia, junto con recomendaciones de cómo establecer y ejecutar programas de pasantías exitosas. Estas pasantías incluyen posiciones de ingeniería en sistemas de potencia, así como de análisis de datos, ciberseguridad, finanzas, planificación de sistemas y comunicación.

Valor a los estudiantes

Los estudiantes pueden cosechar numerosos beneficios a través de las pasantías. Lo primero y principal es que estos programas brindan a los estudiantes una oportunidad de entender cómo se aplican sus estudios en el contexto del mundo real. Las pasantías les dan una idea del tipo de trabajo que pueden esperar hacer una vez egresados y, en muchos casos, ayudar a informar a las áreas de concentración académica y selección de cursos. Existen muchos otros beneficios.

1) Las pasantías en servicios públicos son generalmente pasantías pagadas, mientras que otras industrias ofrecen posiciones no pagadas. Muchas empresas tienen una estructura de salario fijo basada en el nivel de experiencia (años lectivos y grado).
2) Los pasantes pueden añadir experiencia profesional a sus hojas de vida, que puede ser esencial en un mercado competitivo de contratación.
3) Los estudiantes pueden conocer profesionales en el campo de la potencia y observar de primera mano los tipos de oportunidades disponibles en esta industria.
4) Los estudiantes pueden empezar a construir una red profesional mientras todavía están estudiando, lo cual puede resultar favorable al buscar un mentor, conseguir referencias profesionales y conocer oportunidades de empleo.
5) Muchos pasantes tienen la ventaja de obtener un empleo de tiempo completo con las empresas en las que son pasantes.
6) Los pasantes a veces pueden probar diferentes tipos de empleo para poder determinar lo que les gustaría hacer cuando se gradúen. La percepción del estudiante de lo que es un trabajo a veces puede ser muy diferente de las obligaciones reales, por lo que tener la posibilidad de probar diferentes puestos puede ser muy ventajoso.
7) A veces, las pasantías puede dar a los estudiantes la oportunidad de probar trabajos que no harían cuando egresen, pero que podrían ser muy beneficiosos en el futuro. Podrían hacer una pasantía en el área de la construcción o fabricación, por ejemplo, las cuales podrían darle a un aspirante a ingeniero lo que sucede antes de las operaciones.
8) Algunas empresas cuentan el periodo de pasantías como un empleo de tiempo completo para el cálculo de créditos hacia las prestaciones laborales [como otorgar un 401(k) o una cuenta de ahorros de jubilación] para aquellos a quienes contratan a tiempo completo después de egresar.
9) Algunas universidades requieren que los estudiantes obtengan experiencia de pasantías y otorgan créditos de clase a los estudiantes que las completan.

Consejos para pasantes

Los estudiantes deben ser selectivos pero sensatos al elegir pasantías. Aquí le damos algunos consejos.

1) La industria de los servicios públicos tiene muchas oportunidades desafiantes que pueden no ser ampliamente conocidas, y los estudiantes deben estar abiertos a las nuevas oportunidades que brindan las pasantías. Muchas empresas listan sus programas de pasantías y puestos vacantes en su sitio web, el cual es uno de los primeros lugares que los estudiantes pueden explorar para conocer sus posibilidades de pasantía y evaluar las diferentes opciones. La mayoría de las empresas empiezan a pedir hojas de vida para estos puestos antes de finalizar el año.
2) Los estudiantes deben explorar pasantías acordes con su nivel educativo (es decir, los estudiantes de posgrado deben buscar en pasantías que ofrezcan oportunidades a nivel de egresados de programas de ingeniería). Los candidatos a Ph.D. pueden intentar trabajar en proyectos de investigación con grupos de expertos de alto nivel que tengan aplicaciones prácticas.
3) Los estudiantes deben decidir si buscar pasantías cerca de casa o intentar buscar otra, quizá mejor, en otros lugares, que pueden exigir pagar gastos de sustento. La oportunidad de trabajar en otro país puede ser gratificante si lo permiten las leyes de trabajo en ese país, y si pueden obtenerse visas adecuadas oportunamente.
4) Las sociedades profesionales y algunas empresas tienen oportunidades de becas ligadas a pasantías, como la beca PES Scholarship Plus. Se alienta a los estudiantes a investigar y solicitar estas becas. Tener una pasantía muestra un compromiso e interés en la

En el contexto académico actual, muchas empresas deben competir por un grupo más reducido de ingenieros y analistas.

industria, el cual puede aumentar las posibilidades de los estudiantes de recibir una beca, especialmente al momento de solicitar la beca durante la pasantía.

5) Al decidir regresar a una pasantía para un segundo año, los estudiantes deben considerar si sería beneficioso trabajar en la misma área como antes o si la búsqueda de otras oportunidades disponibles podría ampliar su experiencia. Mientras más experiencia tengan los estudiantes, más comercializables serán después del egreso. Esto es importante tanto para el empleo como para las escuelas de posgrado, ya que las escuelas consideran la experiencia en pasantías durante el proceso de solicitud.
6) Lidiar con rutinas regulares, no tener flexibilidad y sentirse abrumado forman parte de la experiencia de muchos pasantes y estudiantes que reconocen que estos temas del mundo laboral pueden ayudarlos a adaptarse más rápidamente a la experiencia profesional. Los que tienen experiencia en pasantías comprenderán mejor el contexto profesional y cómo ajustarse a un puesto de tiempo completo después de la graduación.
7) Los estudiantes deben reconocer que los empleadores están juzgando a los pasantes para determinar si pueden ser futuros empleados. Causar una buena impresión es importante, especialmente mostrando habilidades técnicas, pero también con cosas simples, tales ser puntual y cumplir con las normas de vestimenta de la empresa. Algunas universidades piden a empleadores que reseñen a sus estudiantes, y algunas empresas y gerentes locales son más capaces de dar referencias positivas a los pasantes que dejan una buena impresión en todos los aspectos. Obtener una carta de referencia antes de que termine la pasantía puede ser muy valioso para tener a mano cuando busque un puesto de tiempo completo en el futuro (Gráfico 1).

Valor para los empleadores

Si se hace bien, los beneficios para una empresa por la contratación de pasantes pueden superar con creces los costos de ejecutar el programa.

1) Acceder a estudiantes universitarios calificados interesados en la industria. Trabajar con un estudiante de un programa universitario establecido puede conducir a la contratación de otros que buscan entrar en la industria de la potencia eléctrica. La mayoría de las empresas pueden obtener ganancias si tienen una buena fuente de candidatos calificados.
2) Desarrollar relaciones con las universidades y establecer conexiones con sus estudiantes, con el objetivo de aumentar la visibilidad y reputación de la empresa en los campus. Muchas escuelas ofrecen a las empresas la posibilidad de hablar a los estudiantes en seminarios o a través de un Capítulo estudiantil de la PES. Llevar un profesional al campus para hablar sobre su trabajo y experiencias puede mejorar aún más el valor de la empresa a los ojos de los estudiantes.
3) Aprovechar la experiencia de la pasantía para evaluar a posibles futuros empleados, lo cual es muy común y no siempre tenido en cuenta por los pasantes. Los empleadores sienten más seguridad del futuro éxito de un empleado cuando el empleado ha sido pasante en la empresa. Algunas empresas incluso ofrecen empleo a los pasantes con más experiencia, incluso antes de que vuelvan a estudiar su último año.
4) Asignar trabajo a los estudiantes que de otra manera ocuparía los recursos de otras áreas prioritarias de negocios. Tener un pasante realizando tareas profesionales es como una solución de carga y costo a los problemas de carga máxima de trabajo. Cuando un pasante asiste a un ingeniero senior con trabajo esencial, pero que requiere mucho tiempo, el empleado senior puede pasar más tiempo en el trabajo de mayor prioridad.
5) Hacer uso de las grandes competencias de los estudiantes sobre los últimos conocimientos (como el uso de aplicaciones informáticas y otras tecnologías) para agregar



gráfico 1. Es importante tener una línea abierta de comunicación con su supervisor. (Foto usada con el permiso de Vermont Electric Power Company.)

valor a los bienes y servicios de la empresa. Los empleadores pueden buscar contratar pasantes expertos en el uso de varios tipos de hojas de cálculo, aplicaciones de ahorro de proceso y automatización de procesos internos.

6) Aprovechar el entusiasmo y perspectivas frescas de empleados jóvenes y diversificar la edad de la organización. Tener un grupo de pasantes en una empresa puede aportar energía y entusiasmo a empleados más establecidos al tiempo que observan a los pasantes experimentando nuevos conceptos e ideas.
7) Recibir observaciones sobre la cultura de la empresa y una apertura a nuevas ideas y personas. Los empleadores pueden recibir estas observaciones de los pasantes antes de que vuelvan a estudiar.
8) Aumentar la capacidad de alto nivel mediante la contratación de un pasante con una maestría o Ph.D. capaz de trabajar en algunos de los problemas más difíciles de la empresa e incluso ayudar con futuros proyectos de investigación.
9) Crear una potencial oportunidad de reclutamiento. Dar seguimiento a los pasantes después de que han regresado a estudiar e informarles sobre puestos de trabajo puede resultar en la contratación de empleados de tiempo completo con experiencia relevante.

Asesoramiento para empleadores

Si usted está considerando iniciar o renovar un programa de pasantías, sea estratégico. Ejecutar un programa de pasantías requiere mucho tiempo, esfuerzo y gastos, así que vea el programa como una inversión a largo plazo en su empresa. Las siguientes sugerencias ayudan a garantizar que su inversión sea beneficiosa para la empresa y los pasantes. Recuerde, no está creando un programa de pasantías, está generando una red para el talento.

Involucrar a los altos ejecutivos

El apoyo activo de los altos ejecutivos es esencial para un programa de pasantía exitoso. Esto significa más que el simple financiamiento monetario, el cual es esencial pero no suficiente para sostener un programa. Para obtener la aprobación de la gerencia, identifique las áreas del negocio donde serán necesarios nuevos talentos ahora y en los próximos cinco a diez años. Pregúntele a los altos ejecutivos qué necesidad estratégica tiene la empresa de empleados con habilidades y conocimientos altamente especializados.

Puede utilizar a los altos ejecutivos de muchas maneras. Hágalos partícipes en su proceso de planificación, trabaje con ellos para identificar y aprobar los puestos de pasantías, aproveche sus contactos universitarios para establecer relaciones con las principales universidades y cree oportunidades para que ellos conozcan e interactúen con los pasantes. La participación activa de los altos ejecutivos envía un mensaje a los empleados en todos los niveles de que el programa de pasantías es un programa de adquisición de talento importante y merece todo su apoyo.

Los pasantes también pueden beneficiarse enormemente del conocimiento adquirido a través de sus interacciones con los altos ejecutivos, y esto los ayudará a sentirse miembros valiosos de la empresa, una herramienta de reclutamiento muy poderosa. Una manera de hacer esto es pedirle a los altos ejecutivos que pasen durante la incorporación de los pasantes. Otra forma es que los estudiantes presenten lo aprendido durante sus pasantía al equipo de liderazgo.

Desarrollar procesos y políticas estructurados para guiar el programa

Establecer procesos, políticas y líneas de tiempo estructurados en todos los aspectos del programa de principio a fin. Ocupar el tiempo para aclarar de antemano las expectativas le ayudará a reducir problemas a largo plazo. Los siguientes son procesos recomendados.

- ✔ *Solicitudes de pasantías y aprobación*: Definir qué empleados tienen permiso para solicitar pasantes, los procesos de solicitud y aprobación, los tipos de trabajo elegibles para pasantías, los formularios que se completarán y los plazos para la presentación.
- ✔ *Reclutamiento*: Desarrollar una estrategia de reclutamiento que incluya identificar las facultades cuyos programas se alinean con sus necesidades de talento y los caminos para construir relaciones con estas facultades. Diseñar un plan de mercadeo que vaya desde la elaboración de folletos a la escritura de lineamientos sobre cómo utilizar las redes sociales con eficacia para atraer talento joven. Capacitar personal técnico para asistir a eventos de reclutamiento.
- ✔ *Entrevista y selección de pasantes*: Haga que el coordinador de pasantes o el personal de recursos humanos realice la selección inicial de los candidatos, lo cual es típico, ya sea por teléfono, a través de una conferencia web o en persona. Esta primera conversación generalmente se centra en confirmar la información en la hoja de vida y evaluar las competencias comunicativas, laborales e interpersonales. Los entrevistadores deben utilizar una serie estándar de preguntas para todos los candidatos para facilitar la comparación de las respuestas de los candidatos y ayudar a eliminar el sesgo. Los candidatos que pasen con éxito la primera entrevista deben entonces agendarse para reunirse con el director de reclutamiento y algunos o todos los miembros del equipo. Los gerentes reclutadores y miembros del equipo deberán ser capacitados sobre técnicas de entrevista y enfocar la entrevista en los aspectos técnicos de la posición, nuevamente usando una serie estándar de preguntas para todos los candidatos. El personal debe ser informado o capacitado en habilidades de entrevista y debe ser plenamente consciente de los aspectos legales en el proceso de entrevista.
- ✔ *Incorporación y capacitación*: Enviar las ofertas de pasantías a través de un único punto de contacto, generalmente el coordinador de pasantes o el personal

de recursos humanos. Las ofertas deberán ser enviadas por escrito utilizando una plantilla de carta de oferta estándar aprobada por los departamentos legal y de recursos humanos. Después de que un pasante acepta una oferta y antes de la fecha de inicio, comienza el proceso de incorporación, como ser la realización de verificaciones de antecedentes, detección de drogas y el llenado de formularios, como el W-2 e I-9.

- ✔ *Programa de orientación*: Una vez que el pasante esté ubicado, ofrezca un programa de orientación para ayudar a los estudiantes a aclimatarse rápidamente a la empresa y conocer a otros estudiantes y personal clave. Para grupos más grandes, esto normalmente es organizado de manera central por el coordinador de pasantes e incluye oportunidades para reunirse con el personal directivo, una descripción general de la industria y la empresa, información general sobre la pasantía y una revisión de las políticas y procedimientos relevantes. Cuando se contrata a un solo pasante, la responsabilidad de incorporación generalmente recae en el gerente de contratación o en el miembro del equipo designado. Proporcionar información similar a la que se da en una orientación más formal a los pasantes les ayuda a comprender mejor la organización y su función.
- ✔ *Proporcionar un entorno de apoyo*: Dé la bienvenida a los pasantes como nuevos miembros del personal corporativo y proporcióneles responsabilidades y trabajo significativo. Dé tiempo suficiente para la capacitación, proporcione las herramientas necesarias y permita la interacción con el personal de tiempo completo. Exponga a los estudiantes al mundo real a través de excursiones u otros medios para comprender más plenamente su papel en la industria (Gráficos 2 y 3).
- ✔ *Presentaciones de estudiantes al equipo de liderazgo sobre las experiencias de la pasantía*: Organice presentaciones de estudiantes al equipo de liderazgo para que los estudiantes puedan demostrar con lo que han contribuido a la organización y el personal directivo pueda evaluar el talento joven. Para ajustarse a los horarios generalmente ocupados del equipo de liderazgo y asegurar su participación, incorpore estas oportunidades en el programa con mucha anticipación. Proporcione oportunidades a los pasantes de practicar y desarrollar sus habilidades de presentación antes de reunirse con los altos directivos.
- ✔ *Evaluaciones (programa, estudiante y gerente del pasante)*: Al finalizar el programa, solicite a los pasantes y a sus gerentes que completen evaluaciones por separado. La comparación de los datos revelará diferentes perspectivas, identificará oportunidades para mejorar algunos aspectos del programa y ayudará a identificar a quienes rinden mejor para considerarlos para empleos de tiempo completo.
- ✔ *Ofertas de tiempo completo (para estudiantes que se gradúan dentro del próximo año)*: Establezca un



gráfico 2. Visita de pasantes a una planta nuclear. (Foto usada con permiso de ISO New England.)



gráfico 3. Visita de pasantes a una planta de ciclo combinado. (Foto usada con permiso de ISO New England.)

Si se hace bien, los beneficios para una empresa por la contratación de pasantes pueden superar con creces los costos de ejecutar el programa.

proceso formal para evaluar el desempeño de los pasantes, evaluar el interés en empleos de tiempo completo y facilitar las ofertas de trabajo eficaz y efectivamente. Por lo general, el coordinador de pasantías trabajará con recursos humanos y la gerencia para ayudar a identificar a posibles candidatos y coordinar el tiempo para una oferta de trabajo. Dependiendo de la necesidad y las circunstancias, una empresa puede hacer una oferta de empleo al finalizar una pasantía antes de la graduación del estudiante (que dependa de que el estudiante efectivamente se gradúe). Alternativamente, el coordinador de pasantías puede mantenerse en contacto con pasantes de alto potencial y alentarlos a solicitar puestos a medida que estén disponibles.

Las siguientes son las mejores prácticas recomendadas.

- ✔ Definir los requisitos de elegibilidad de los estudiantes para el llamado laboral, lo cual incluye el campo de estudio, nivel de escolaridad, la experiencia previa, visa de ciudadanía o de trabajo y disponibilidad durante todo el programa de pasantías y horas de trabajo definidas. Ofrecer rangos de salario competitivo, establecido por el nivel de educación de los pasantes. También ofrecer aumentos para los pasantes que regresan a la empresa.
- ✔ Comunicar qué se espera del código de vestimenta.
- ✔ Gestionar problemas y rendimiento para establecer las expectativas. La pasantía puede ser la primera experiencia profesional del estudiante, y algunos pueden requerir observaciones al comienzo de la experiencia.



gráfico 4. El voluntariado en una conferencia puede ser una buena manera de conocer a otros profesionales. (Foto usada con el permiso de Vermont Electric Power Company.)

- ✔ Llevar a cabo un programa formal de incorporación para todos los pasantes, como se describió anteriormente.
- ✔ Recibir observaciones de los pasantes antes de que vuelvan a la facultad. Preguntar qué podría haber mejorado su experiencia.
- ✔ Pedir a los pasantes de alto rendimiento que vuelvan otro año, en un rol similar o en una posición o departamento diferente, lo cual debe ser discutido.
- ✔ Pedir a los pasantes que se van que cuenten a los otros estudiantes del área acerca de su experiencia. Las referencias pueden ser la mejor fuente de futuros pasantes.

Proporcionar apoyo gerencial y organizativo

El coordinador de pasantías o personal de recursos humanos debe comunicarse con los gerentes reclutadores lo que se espera de ellos durante el proceso de pasantías. Los departamentos reclutadores deben planificar el trabajo de los pasantes y diseñar una experiencia interesante y gratificante. Los gerentes de pasantes, recursos humanos y los gerentes reclutadores, con aportes del equipo de liderazgo, pueden definir los roles y responsabilidades pertinentes. Garantizar que todos entiendan lo que se espera de ellos y el alcance de su autoridad para tomar decisiones respecto al trabajo de pasante es importante. Esto a menudo puede ser documentado como parte de un programa guía para los gerentes.

Determinar la cantidad óptima de pasantes que su empresa puede respaldar efectivamente.

- ✔ Los gerentes deben tener el tiempo para proporcionar la supervisión adicional necesaria para los estudiantes.
- ✔ Los pasantes deben tener suficiente trabajo significativo para seguir siendo productivos durante la duración de la pasantía.
- ✔ Se debe disponer de espacio en la oficina, computadoras y licencias de software para cada pasante.

Evaluar y adaptar el programa anualmente

Evaluar formalmente su programa cada año. Encuestar a los estudiantes y sus gerentes a través de conversaciones formales e informales a lo largo del programa. Además, analizar los datos demográficos de los estudiantes y buscar fortalezas y áreas de mejora (por ejemplo, de qué facultades tiende a contratar más pasantes, tiende a contratar con menos o más experiencia, contrata alumnos con diferentes contextos, cuántas mujeres son contratadas, cuántos estudiantes fueron contratados a tiempo completo). Utilizar las observaciones y los datos demográficos para analizar las fortalezas y áreas de mejora para su programa.



gráfico 5. Una reunión del IEEE discutiendo un nuevo estándar técnico propuesto para ingenieros locales de muchas empresas. (Foto usada con el permiso de Vermont Electric Power Company.)

Construir una red: Desarrollar relaciones con las universidades

Para construir un programa sólido, necesita una forma eficaz de reclutar talento. Al reclutar estudiantes, limite las escuelas de reclutamiento a aquellas que tienen estudiantes en las disciplinas que necesita y construya relaciones con su personal y los profesores. Las relaciones activas con universidades selectas pueden mejorar en gran medida la calidad de los solicitantes y reducir el tiempo y los gastos de reclutamiento.

- ✔ *Recibimiento*: Extienda una invitación a los presidentes y personal de la cátedra de sistemas de potencia e ingeniería eléctrica en las escuelas donde recluta o desea reclutar a pasantes, establezca una reunión para conocerlos en persona y proporcione materiales que describen su empresa y el programa.
- ✔ *Apoyar proyectos de estudiantes*: Investigue y evalúe cómo su empresa puede apoyar a los departamentos de sistemas de potencia e ingeniería eléctrica en estas escuelas. Muchos programas de ingeniería de la universidad, por ejemplo, requieren que los estudiantes participen en un proyecto y busquen empresas con las que asociarse. La empresa identifica un proyecto en el que los estudiantes trabajen y proporciona apoyo, desde el tiempo de expertos en la materia al financiamiento. Con frecuencia, se requiere que los estudiantes en el nivel de maestría completen un curso o proyecto final, brindando otra oportunidad para que su empresa se asocie con una escuela para apoyar sus programas y estudiantes. Los estudiantes se benefician al contar con un recurso dedicado a su proyecto y la empresa se beneficia al tener potencialmente un futuro pasante capacitado. Algunas empresas se involucrarán con estudiantes y personal de la cátedra de maestrías y Ph.D. cuya área de estudio se alinea con algunos de sus desafíos más complejos de negocios y proyectos de nivel avanzado. A través de estas asociaciones, las empresas y las universidades trabajan más estrechamente para mejorar y expandir los planes de estudio de los sistemas de potencia.
- ✔ *Ofrecer servicios de asesoramiento*: Tener a los expertos en una materia de la empresa en el consejo asesor de planes de estudio universitarios es otra forma de asociarse que beneficia tanto a las escuelas como a la empresa. Obtener información directa de expertos que trabajan en el campo ayuda a las escuelas a adaptar su plan de estudios para estar al día con las necesidades de la industria. En algunos casos, si la necesidad es lo suficientemente grande, las escuelas personalizarán sus planes de estudio para ayudar a garantizar que sus egresados tengan la habilidades y el conocimiento requeridos para solicitar pasantías y puestos de entrada.
- ✔ *Ofrecer oradores invitados*: Los profesores a menudo aprecian cuando las empresas ofrecen oradores invitados en eventos escolares o conferencistas invitados para abordar temas clave, como la tecnología de redes inteligentes, la energía de renovación y otros temas oportunos. Los viajes de campo a las instalaciones de la empresa son otra manera en que las empresas y universidades pueden trabajar juntas para enseñar a los estudiantes sobre las oportunidades en la industria de la potencia (Gráficos 4 y 5).
- ✔ *Becas de apoyo*: Las becas también pueden ayudar a reclutar a estudiantes para la industria y su programa. El IEEE y la Sociedad de Mujeres Ingenieras son dos organizaciones que solicitan donaciones para programas de becas para estudiantes. La mayoría de las universidades también tiene algunos programas de becas para apoyar a los estudiantes.

Todas estas opciones, ya sea en el nivel de pregrado o posgrado, proporcionan maneras valiosas para las empresas de construir fuertes asociaciones con escuelas al tiempo que se evalúan las habilidades y conocimientos de primera mano junto con el potencial de que los estudiantes hagan pasantías en la empresa.

Atractivo para los estudiantes

Una vez que ha diseñado su programa y sus contactos en la Universidad están generados, cree y mantenga buenas relaciones de trabajo con los pasantes. Comience estableciendo un tono profesional y atractivo durante su proceso de reclutamiento. Asegúrese de que sus reclutadores sean expertos

describiendo oportunidades en el área y los beneficios de unirse al programa de pasantías de la empresa. Escriba comunicaciones claras, oportunas, amigables y dirigidas a los estudiantes. Recuerde que los estudiantes son nuevos en el mundo de los negocios y pueden necesitar explicaciones más detalladas y el seguimiento de un profesional experimentado.

Contrate al estudiante correcto para el trabajo tomándose el tiempo primero de escribir los requisitos de trabajo específicos, lo que incluye las habilidades técnicas, empresariales e interpersonales necesarias para tener éxito. Ubicar al estudiante incorrecto en el trabajo incorrecto puede ser una experiencia no productiva, una pérdida de tiempo y una frustración para todos los involucrados. Invierta el tiempo por adelantado en hacerlo bien.

Durante el programa de pasantías, conozca a los estudiantes y sus intereses y proporcione apoyo adicional o consejos según sea el caso. Finalmente, realice un seguimiento y manténgase en contacto con sus pasantes exitosos. Ofrézcales trabajo de medio tiempo, de ser posible, durante el año académico y manténgase en contacto con ellos si usted está interesado en que regresen como pasantes o empleados de tiempo completo un segundo año.

Contratar pasantes estudiantes en puestos permanentes es la medida definitiva del retorno de su inversión. Un pasante con un buen desempeño y experiencia en la industria es un activo valioso para su empresa.

Lecturas complementarias

D. Sniderman (Ene. de 2011). Technical internships in renewable energy (Pasantías técnicas en energía renovable). ASME [En línea]. Disponible en: https://www.asme.org/career-education/articles/internships/technical-internships-in-renewable-energy

D. Bortz. 5 big benefits of doing an internship (5 grandes beneficios de hacer una pasantía). Monster [En línea]. Disponible en: https://www.monster.com/career-advice/article/students-benefits-internships

Chegg. 10 benefits of starting an intern program (10 beneficios de comenzar un programa de pasantía). Internships [En línea]. Disponible en: http://www.internships.com/employer/resources/setup/benefits

Sociedad de Mujeres Ingenieras. SWE career center [En línea]. Disponible en: https://careers.swe.org/jobseeker/search/results/?quick=function%7CInternship

Power & Energy Society del IEEE. Gain real world experience through engineering internship and co-ops (Obtener experiencia en el mundo real a través de pasantías y cooperativas de ingeniería). Careers in power & energy [En línea]. Disponible en: https://www.ee-scholarship.org/careers-in-power-energy/engineering-internships

Florida International University. What are the benefits of an internship? (¿Cuáles son los beneficios de una pasantía?) Faculty & staff [En línea]. Disponible en: http://internships.fiu.edu/faculty-staff/benefits-internships/index.html

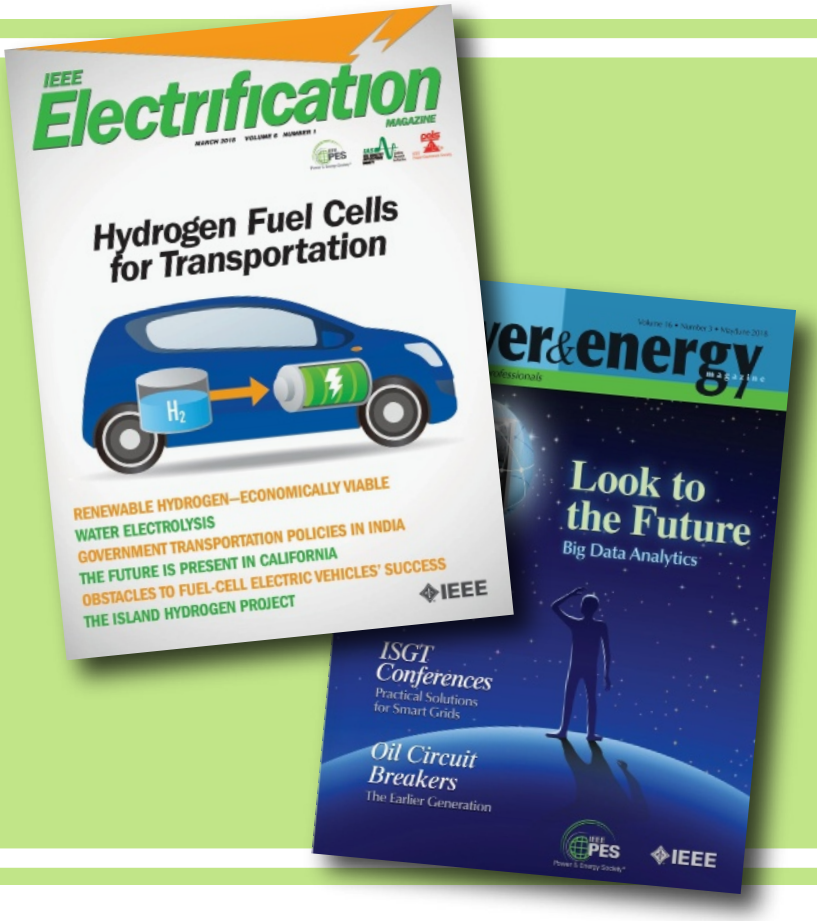
N. Kokemuller. Advantages & disadvantages of internships (Ventajas y desventajas de las pasantías). Chron [En línea]. Disponible en: http://work.chron.com/advantages-disadvantages-internships-9155.html

Biografías

Laurel Hennebury pertenece a ISO New England, Holyoke, Massachusetts.

Christopher Root pertenece a Vermont Electric Power Company, Rutland.

THE POWER OF INFORMATION



Over 30% of IEEE Power & Energy Society members join PES to gain access to mission-critical information that they cannot get elsewhere. And that information is provided directly to each member through the IEEE PES Publications.

Our award-winning editorial teams identify the most vital information concerning the electric power industry, and provide the detailed analysis that PES members need to continue to be the leaders in their field.

For more information, visit www.ieee-pes.org/publications

IEEE Power & Energy is the bimonthly magazine devoted to providing expert coverage on all matters of interest to professionals in the electric power industry.

IEEE Electrification is the only publication dedicated to disseminating information on all matters related to microgrids onboard electric vehicles, ships, trains, planes and off-grid applications.

IEEE Power and Energy Technology Systems Journal (PETS-J) is a peer-reviewed and open-access online technical journal written by practitioners for practitioners.

PES also produces **Transactions** – a series of 5 peer-reviewed technical journals focused in the areas of **Energy Conversion, Power Delivery, Power Systems, Smart Grid and Sustainable Energy.**

Join the IEEE Power & Energy Society, and you'll receive BOTH IEEE Power & Energy AND IEEE Electrification magazines as part of your membership. Experience the Power of information that is available exclusively to PES members.

Visit www.ieee-pes.org and Join Today!

Educación de potencia en línea



Por Michael F. Ahern

LA EDUCACIÓN EN LÍNEA ESTÁ EN AUMENTO EN LA mayoría de los campos y la potencia no es la excepción. En los Estados Unidos, son varios los factores que impulsan este crecimiento, como la demografía de la industria, la creciente complejidad de la red de potencia, los dispersos lugares de trabajo y los horarios de trabajo impredecibles que demandan opciones flexibles para la educación. Al tiempo que esto ha sido ventajoso para los profesionales de sistemas de potencia, la educación en línea desafía a las universidades, la industria y otras organizaciones educativas como la Sociedad de Potencia y Energía del IEEE (PES, por sus siglas en inglés) para estar al día tanto en contenido como en entrega.

Impulsando el crecimiento

Demografía de la industria

Desde finales del siglo XIX, la transmisión y distribución de la potencia eléctrica ha figurado en la educación de la ingeniería eléctrica. Al tiempo que el mundo se volvió cada vez más electrificado (Gráfico 1), la demanda de ingenieros de potencia también creció. Después de la invención del transistor a finales de la década de 1940, el crecimiento de los dispositivos electrónicos de estado sólido, como ser las computadoras, atrajo a más talento de la ingeniería eléctrica del mundo de la potencia y hacia la más reciente innovación, las tecnologías de la información. En consecuencia, el enfoque educativo se alejó de la potencia.

El embargo petrolero de 1973 y la crisis energética de 1979 repentinamente aplastaron el crecimiento de la demanda eléctrica en los Estados Unidos (Gráfico 2), lo que resultó en una importante reducción de la construcción y contratación en la infraestructura de los servicios públicos. Los programas de educación de potencia se redujeron drásticamente y muchos desaparecieron por completo. Hacia el año 2000, se reanudó la construcción de la industria de la potencia y la demografía de la fuerza de trabajo comenzó a impulsar las crecientes demandas de contratación. La atrofia de esta educación especializada

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2838601
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018



IMAGEN AUTORIZADA POR INGRAM PUBLISHING

Mantener el ritmo con la demanda de educación flexible y de alta calidad

en las universidades de Estados Unidos ya se había establecido, sin embargo, y existía un suministro insuficiente de nuevos graduados a mantenerse al día con la creciente demanda. Esta situación exigió un crecimiento en la educación de potencia para poder suministrar nuevos ingenieros y reemplazar a quienes se jubilaban.

Complejidad de la red de potencia

La red de potencia de los Estados Unidos está evolucionando ante nuestros ojos. La generación de energía renovable está suplantando a grandes centrales de potencia con energía eólica y solar, trayendo importantes desafíos a la integración y el diseño del sistema de suministro eléctrico. La naturaleza intermitente de estas fuentes de energía puede desestabilizar la tensión del sistema; grandes cantidades de generación solar pueden conducir cambios importantes en la demanda del sistema, conocido como la curva de pato, como se ilustra en el Gráfico 3. Además, las instalaciones distribuidas pueden desafiar a los sistemas de protección existentes diseñados para el flujo de potencia unidireccional y pueden funcionar incorrectamente debido a corrientes de falla o flujos de potencia inversa reducidos.

Los sensores adicionales, la comunicación y los sistemas de control de la red inteligente aumentan su complejidad. Con la inclusión de las preocupaciones de ciberseguridad, los ingenieros de hoy enfrentan muchos problemas intrincados que la industria nunca antes había visto. Debido a que las innovaciones están en constante evolución, es más importante que nunca para los ingenieros estar al día con los últimos avances en su campo.

Demanda de educación flexible

En mis más de 30 años en el sector, nunca he visto a un ingeniero trabajar una semana laboral estándar de 40 horas. Debido a la escasez de talento de la industria, los diseños cada vez más complejos y el enfoque "todos manos a la obra" durante restablecimientos tras tormentas, los ingenieros de potencia están ocupados, y no espero que eso cambie pronto. Los profesionales en nuestro campo necesitan programas educativos avanzados que brinden horarios flexibles, o fallarán antes de que comiencen.

Las universidades evolucionan con la industria

Respuesta global

Al tiempo que la red comenzó a evolucionar y no había suficientes egresados totalmente capacitados en ingeniería de potencia, la gente buscó opciones más flexibles de educación. La universidades estadounidenses respondieron de varias maneras:

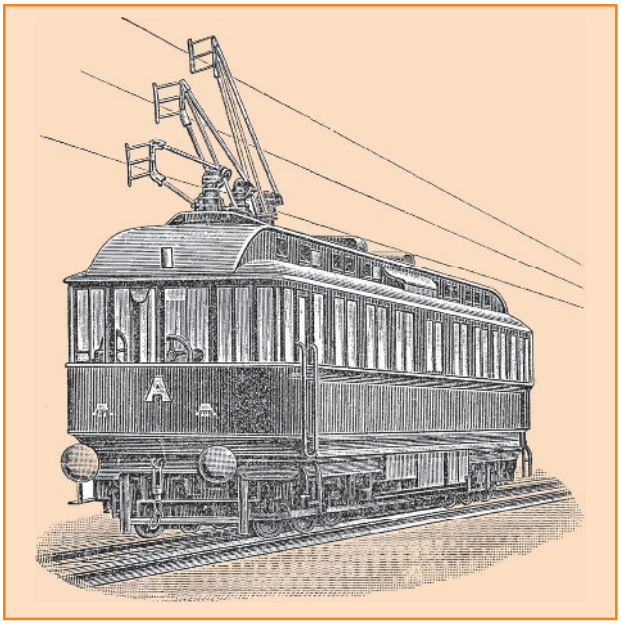


gráfico 1. Un tranvía eléctrico vintage, un ejemplo temprano de la electrificación (Imagen usada con el permiso del Instituto Politécnico Worcester).

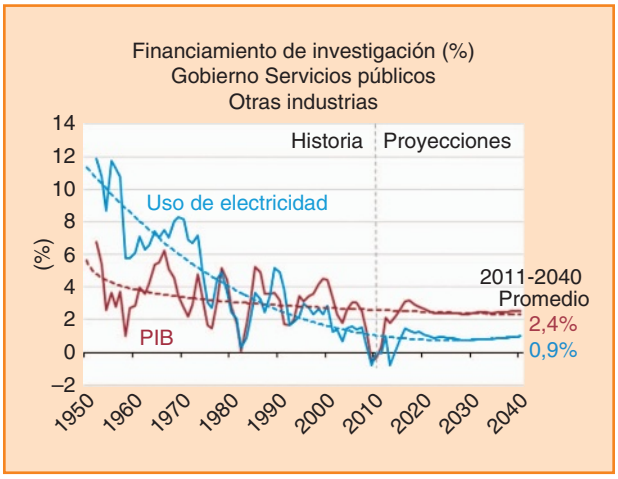


gráfico 2. La demanda de electricidad de los Estados Unidos desde 1950. Nótese que la pendiente cae en 1973 y 1979. PIB: producto interno bruto.

1) añadiendo cursos de pregrado sobre potencia
2) actualizando el plan de estudios en los cursos existentes
3) desarrollando cursos de desarrollo profesional de posgrado para abordar necesidades específicas (por ejemplo, tutoriales de la PES del IEEE)
4) ampliando los programas de posgrado en número y frecuencia de cursos dictados.
5) añadiendo cursos en línea.

Pregunta: ¿Cuáles de estas iniciativas necesitó la industria de la potencia?

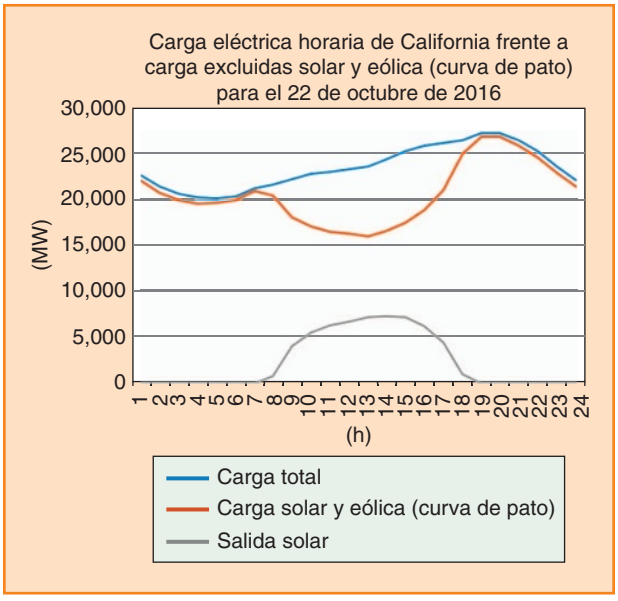


gráfico 3. Un ejemplo de curva de pato, con la salida solar causando tasas de potencia de rampa empinada.

Respuesta: "¡Todas las anteriores!" La red inteligente en evolución, renovable, significa que las universidades necesitan desarrollar nuevos programas de estudio y métodos de prestación de educación más flexibles para enseñar a estudiantes, graduados y profesionales en ejercicio.

Educación en línea

El uso y la aceptación de la prestación en línea de educación superior está creciendo. En los últimos cinco años, la matrícula en línea ha crecido mientras que ha disminuido la matrícula total. El porcentaje de educación superior dictada a distancia aumentó del 25.9% en 2012 al 31.6% en 2016. El estudio también señala algunas otras tendencias.

- ✔ Las instituciones públicas y privadas sin fines de lucro están impulsando un crecimiento en las matrículas a distancia, aún cuando las matrículas en instituciones privadas con fines de lucro caen sostenidamente.
- ✔ Los estudiantes que completan el 100% de sus cursos en línea representan la mitad de matriculados totales a distancia.
- ✔ Los estudiantes de posgrado tienen el doble de probabilidades que los estudiantes de pregrado de tomar todos los cursos en línea.

La industria de la potencia cumple con las expectativas

La industria de la potencia ha reconocido que los programas en línea pueden ofrecer una educación conveniente y flexible para una serie de necesidades de una manera oportuna y rentable. Los empleadores de la industria han creado sus propios programas educativos y han fortalecido sus vínculos con la academia para capacitar a su fuerza de trabajo en línea.

PES del IEEE

La PES aloja tutoriales de alta calidad en dictados en contextos de aula en sus Reuniones Generales, la Conferencia y Exposición de Transmisión y Distribución, y en las Conferencias sobre Tecnologías Innovadoras de Redes Inteligentes. En los últimos años, la PES ha grabado tutoriales selectos y ha puesto este contenido disponible en línea. Los estudiantes también pueden tomar un breve examen y obtener un certificado por sus horas de desarrollo profesional.

La PES organiza regularmente seminarios web de 1 hora de duración sobre temas de interés para nuestra industria; estos también están disponibles en línea. Todo este contenido puede encontrarse en el sitio web del Centro de Recursos del IEEE en http://resourcecenter.ieee-pes.org.

Coalición para la educación de proveedores de energía

La Coalición para la educación de proveedores de energía (EPCE, por sus siglas en inglés) es una importante iniciativa que cumple con las necesidades educativas con programas de calidad en línea. Desde el año 2000, la EPCE ha servido como una alianza nacional que brinda soluciones para involucrar y educar a los trabajadores de la industria energética a través de la educación de calidad en línea. Diseñado para la industria por la industria, las asociaciones educativas de la EPCE con escuelas y universidades acreditadas ofrecen cursos pertinentes y actualizados de energía en línea y programas que se expanden más allá de la capacitación estándar para el trabajo. Estos programas en línea satisfacen las nuevas necesidades de aprendizaje y desarrollo alineadas con las metas y objetivos de los empleadores en el sector energético. Comenzando con un socio educativo en 2001, la EPCE ahora está asociada con cuatro proveedores de educación. Estas asociaciones sirven como una plataforma educativa sólida para promover el desarrollo y capacitación de empleados específicos de empresas.

Como se ilustra en el Gráfico 4, la inscripción en cursos patrocinados por la EPCE ha crecido a lo largo de los años. Esta ampliación de oportunidades en la educación en línea



gráfico 4. Matrículas de la EPCE desde 2001. Una matrícula equivale a un estudiante que toma un curso (Imagen utilizada con permiso de la Coalición para la educación de proveedores de energía).

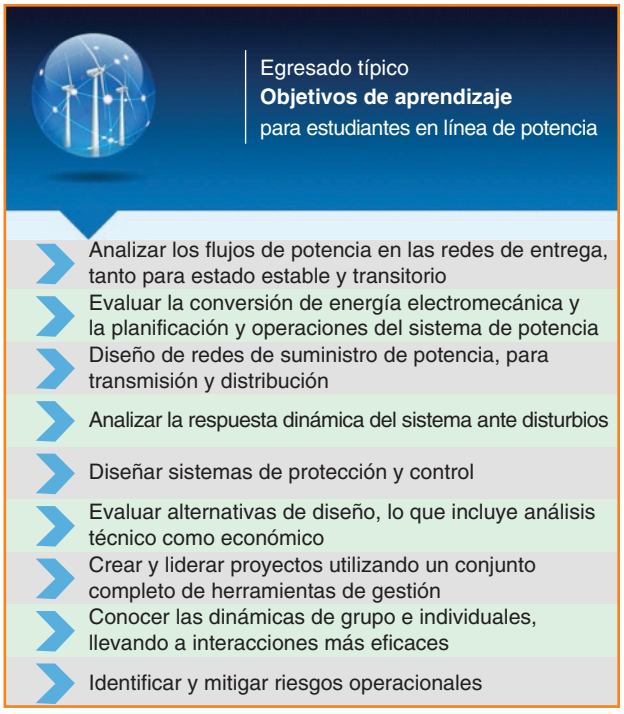


gráfico 5. Los objetivos de aprendizaje para ingenieros de potencia graduados (Imagen usada con el permiso del Instituto Politécnico Worcester).

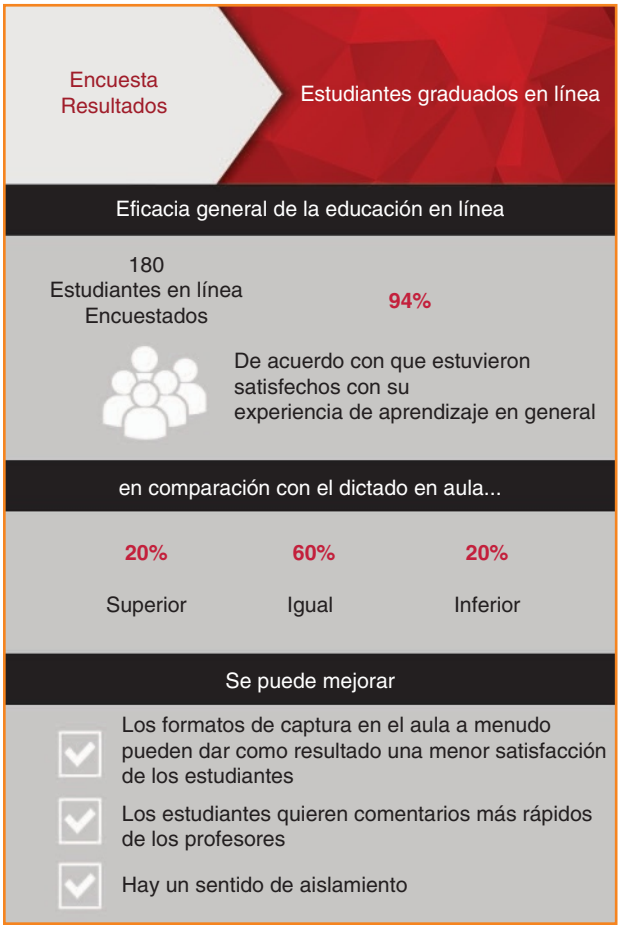


gráfico 6. Resultados de la encuesta que ilustran la satisfacción de los alumnos con el aprendizaje en línea (Imagen usada con el permiso del Instituto Politécnico Worcester).

ayuda a que la industria satisfaga sus crecientes necesidades de talento.

Objetivos de aprendizaje esenciales

Para el ingeniero en potencia graduado, las necesidades educativas a menudo son bastante especializadas (El Gráfico 5 detalla algunos objetivos de aprendizaje típicos). Si bien las capacidades empresariales, como la gestión de proyectos, abarcan muchas disciplinas, los objetivos técnicos, como ser el análisis de transitorios eléctricos, son nichos educativos especializados. Este enfoque tanto en habilidades técnicas como de liderazgo tiene un efecto en el éxito del ingeniero en la industria de la energía.

Situación actual

El nuevo crecimiento de la educación de potencia

Aparte de los programas de la PES del IEEE y la EPCE, decenas de universidades ahora ofrecen programas y cursos en línea para los actuales y futuros profesionales de la industria. Una búsqueda rápida en Google de "maestría en línea de ingeniería en potencia" identifica más de 30 programas de este tipo, muchos de ellos en universidades estadounidenses de alto rango. Los programas con ofertas de cursos más nuevos, como potencia renovable, demuestran cómo la academia está al día con los nuevos desarrollos en el campo. Con la aparición de la impartición de educación en línea, los ingenieros de potencia ahora pueden desarrollar sus conocimientos en un horario flexible sin restar tiempo a sus carreras y en la ubicación de su elección.

Creación de una comunidad: Soluciones para un problema en línea

Los resultados de las encuestas a los estudiantes del Instituto Politécnico de Worcester (WPI, por sus siglas en inglés) proporcionan varias ideas sobre sus experiencias con el aprendizaje en línea (Gráfico 6). El nivel de satisfacción general es alto y equiparable al de los programas de aula, aunque los estudiantes identificaron algunas oportunidades para una mayor satisfacción, por ejemplo, mitigar la sensación de aislamiento en línea. Como respuesta, WPI y otros han establecido foros sociales en línea, separados de los foros académicos, en los que los estudiantes pueden hablar sobre sus experiencias y entablar una relación en línea como estudiantes y profesionales que trabajan. También invitamos a los estudiantes a asistir a eventos en el campus y enviamos actualizaciones periódicas sobre los acontecimientos en su comunidad, junto con consejos y recursos útiles diseñados

para los estudiantes a distancia. El objetivo es reducir el aislamiento del estudiante mediante la creación de un tipo de comunidad similar a la que encontramos en las aulas.

Resumen

Dada la complejidad en constante evolución de nuestra red de potencia y la creciente demanda de profesionales altamente calificados, existe una necesidad de soluciones educativas innovadoras que se ajustan al horario de trabajo de nuestro personal y llenan sus vacíos de conocimiento. En la última década, el aprendizaje en línea ha demostrado su capacidad para satisfacer estas necesidades, ofreciendo una educación rentable y de vanguardia. Si bien hay algunas áreas en que la educación a distancia puede mejorar, ya estamos viendo resultados muy positivos de los estudiantes en línea. Las actualizaciones continuas al plan de estudios y las técnicas de dictado de cursos incluso prometen mejores resultados en el futuro.

Lecturas complementarias

Administración de Información Energética de los EE. UU. (22 de marzo de 2013). U.S. economy and electricity demand growth are linked, but relationship is changing (La economía estadounidense y el crecimiento de la demanda de electricidad están vinculadas, pero la relación está cambiando). Administración de Información Energética de los EE. UU., Washington, D.C. [En línea]. Disponible en: https://www.eia.gov

J. St. John (25 de julio de 2017). EIA data reveals California's real and growing duck curve (Los datos de la EIA revelan la verdadera y creciente curva de pato de California). GreenTech Media [En línea]. Disponible en: https://www.greentechmedia.com/articles/read/eia-charts-californias-real-and-growing-duck-curve#gs.OiYUNSo

J. E. Seaman, I. E. Allen y J. Seaman (2018). Grade increase tracking distance education in the United States (Crecimiento profesional: seguimiento de la educación a distancia en los Estados Unidos). Babson Survey Res. Group and Online Res. Consort. Oakland, California [En línea]. Disponible en: http://onlinelearningsurvey.com/reports/gradeincrease.pdf

Biografía

Michael F. Ahern pertenece al Instituto Politécnico de Worcester, Massachusetts.

Hacia una educación en potencia del siglo XXI

Por Masood Parvania y Hyde M. Merrill



©ISTOCKPHOTO.COM/MUSTAFAHACALAKI

Un futuro brillante espera a los estudiantes en Utah

LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA de potencia han resurgido en muchas universidades alrededor del mundo. Ahora, con el renovado interés y la ayuda de la industria, los programas de ingeniería de potencia se están reconstruyendo con un sólido plan de estudios interdisciplinario provocado por las necesidades de la industria. Se necesitan recursos, visión y una comunidad para construir una universidad, una escuela técnica de ingeniería y un programa de potencia, y un ingeniero en potencia.

En el año 2000, muchos programas de ingeniería de potencia fueron eliminados de las universidades de Estados Unidos, principalmente debido a la reducción de la demanda y el interés de nuevos ingenieros en la industria de la potencia, así como

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2843900
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018

1540-7977/18©2018IEEE

Hace una década, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Utah se decidió a crear un programa de ingeniería en potencia desde esencialmente nada.

el escaso financiamiento para investigación provisto por el gobierno federal al área. Sin embargo, la situación comenzó a cambiar en el año 2000, al tiempo que la industria de la potencia fue desafiada por la modernización de la red que necesitaba ingenieros con una formación adecuada para resolver los problemas emergentes en la red. En Utah, la situación no fue mejor que en otros lugares: ninguna de las universidades de Utah en ese momento ofrecía un programa en sistemas de potencia. Contactado por la industria de la potencia local que solicitó contratar ingenieros en potencia hace una década, el Departamento de Ingeniería Eléctrica e Informática de la Universidad de Utah decidió retomar su programa de ingeniería de potencia, el cual no existía en la década de 1960, cuando uno de sus autores estudiaba allí. Al parecer hubo algún desarrollo de potencia más adelante en el siglo XX, pero aparentemente, desapareció a principios de la década de 1990.

Este artículo describe la experiencia exitosa (en el punto medio) de la creación de un programa interdisciplinario de ingeniería de potencia en la Universidad de Utah, el cual cuenta con un moderno plan de estudios interdisciplinario y se centra en el emprendimiento e impulso de la innovación estudiantil. Sin embargo, antes de eso, queremos contar la historia de la creación de la Universidad de Utah y su Facultad de Ingeniería y luego continuaremos con la descripción y estructura del programa de ingeniería de potencia. En los tres procesos de creación, los visionarios fueron vitales en el avance e impulso del proyecto y la comunidad aportó los recursos y el apoyo necesarios.

La intención de este artículo no es comercial, no es un anuncio. Contamos la historia de una universidad en particular, su facultad de ingeniería y el programa de potencia resultante en el espíritu de documentarlo en beneficio de otros que participan en el mismo proceso. También presentamos ciertos principios, algunos en el espíritu de "lecciones aprendidas" y otros en el espíritu de "esto funcionó para nosotros".

La creación de una Universidad y una Facultad de Ingeniería

Es interesante conocer cómo se crearon y desarrollaron determinadas instituciones porque nos ayuda a comprender cómo y por qué hacen lo que hacen hoy e indica cómo puede repetirse o mejorarse el proceso. La Universidad de Utah, antes llamada Universidad de Deseret, fue creada por una ley del gobierno provisional del estado de Deseret el 28 de febrero de 1850, tres años después de que los pioneros ingresaran al valle de Salt Lake. Esto fue ratificado un año más tarde, cuando se organizó el territorio de Utah (Gehmlich, 2003).

Las universidades son propuestas muy costosas. En 1850, Utah no tenía dinero y contaba con pocas industrias. Su única infraestructura era lo que se había construido a mano en tres años. Durante sus primeros 40 años, la Universidad de Utah funcionó esencialmente como una escuela preparatoria en el centro de Salt Lake City. En la década de 1890, comenzó a adquirir tierras marcadas por el líder pionero Brigham Young en 1850, comenzó a construir su campus y se expandió a la enseñanza a nivel universitario (véase el Gráfico 1).

En su catálogo de 1895-1896, la Universidad de Utah ofreció, por primera vez, un "plan de estudios de cuatro años para obtener el título de Licenciado en Ciencias en Ingeniería de Minas" (Gehmlich, 2003). Richard R. Lyman organizó el primer Departamento de Ingeniería en 1896 y



gráfico 1. Un ejercicio de agrimensura que muestra los nuevos edificios de la Escuela Normal, Biblioteca y Artes Liberales y Ciencias Físicas, que, en 1901, formaban todo el campus (Colecciones especiales, Biblioteca J. Willard Marriott, Universidad de Utah, Archivo D Ingeniería Civil Fd 1 n.° 003, usado con permiso).

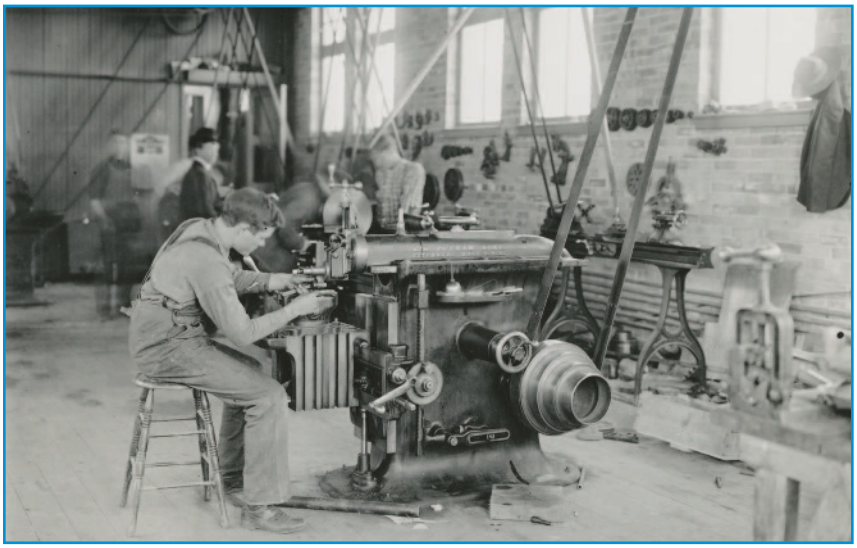


gráfico 2. Clase de taller, pre Primera Guerra Mundial. Los peligrosos cintos expuestos eran típicos de las fábricas a vapor y agua del siglo XIX (Usado con permiso de las Colecciones especiales, Biblioteca J. Willard Marriott, Universidad de Utah, Archivo D Ingeniería Mecánica Fd 02 n.° 02).

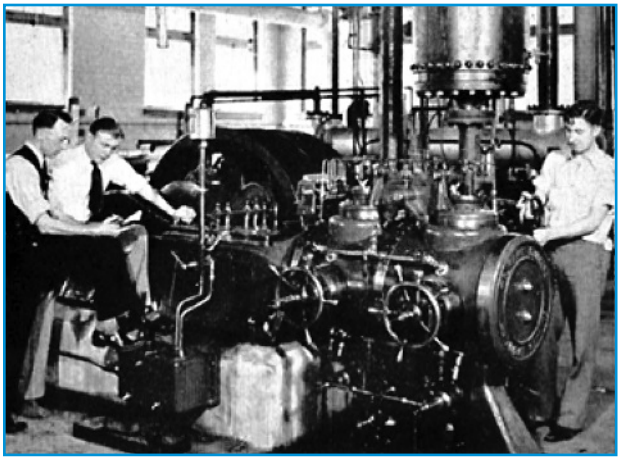


gráfico 3. Estudiantes en el trabajo a principios del siglo XX (Usado con el permiso de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Utah).

enseñó el plan de estudios de ingeniería técnica. Al parecer, enseñó gran parte de él. Sus cursos incluyeron mecánica, dibujo, topografía, cinemática, estructuras, mecánica de materiales, motores de vapor, hidráulica y diseño general de máquinas; de acuerdo con el libro escrito por Casey Paul Griffiths *Between the Devil and the Deep Blue Sea: The Life of Joseph F. Merrill, Scientist, Educator, Apostle,* había "nueve cursos de ingeniería, tres de topografía y cinco de dibujo".

En 1897, Joseph F. Merrill, el primer nativo de Utah en obtener un título de doctorado (de la Universidad Johns Hopkins, Baltimore, Maryland, en 1899), se convirtió en profesor de física y química física y el director de la escuela de minería. Esta luego fue renombrada como Escuela de Minas e Ingeniería y, más adelante, la Facultad de Ingeniería, llevando la minería a una escuela separada. El Dr. Merrill dirigió la escuela durante 26 años. De 1901 a 1911, los "títulos otorgados aumentaron de solo dos a cuarenta y siete, cinco de ellos siendo títulos de posgrado". Cincuenta años después, la Facultad de Ingeniería otorgó 171 títulos de licenciatura. Además, con respecto al dinero gastado, "para 1910-1911... los gastos de la Escuela de Minas [de US$4,050] representaron poco más del 50% de los gastos [totales] de todos los departamentos de la Universidad" (véase los Gráficos 2 y 3). El Dr. Merrill también convenció a la Universidad de contratar a su primer entrenador de fútbol americano (vio algunos de los primeros juegos de fútbol americano universitario como estudiante en la Universidad de Michigan) y "fue defensa en el equipo de fútbol de la facultad desde 1906 a 1912" (Griffiths).

¿Cómo construyó el Dr. Merrill la escuela de minería? Había estudiado en Chicago y Cornell además de Michigan y Johns Hopkins. Tenía una visión de cómo una facultad de ingeniería, bien hecha, podía contribuir a un estado primitivo que apenas salía de la frontera. No sería una copia burda de las universidades del este.

Obtener financiamiento era una alta prioridad. Los primeros líderes hicieron un esfuerzo considerable por generar regalos para ayudar a apoyar a los estudiantes y para otras necesidades escolares. Además, el Congreso de los Estados Unidos estaba otorgando concesiones de tierras a los estados para financiar a las escuelas de minería. Merrill redactó un proyecto de ley y lo llevó hasta la legislatura estatal, que designó a la Escuela de Minas de la universidad como el único destinatario de los fondos federales en Utah. El proyecto de ley definió el ámbito de la escuela muy ampliamente: "cursos de instrucción relacionados con la minería, metalúrgica, eléctrica y otras ramas de la ingeniería, en lo que refiere a la búsqueda y el desarrollo en todas sus ramas de la industria minera en Utah" (Griffiths). Recibió dinero y apoyo de la comunidad y se puso en una posición para enseñar básicamente todas las ramas de la ingeniería no militar. En este momento, la universidad tiene 32,760 estudiantes, y la Facultad de Ingeniería tiene 5,513.

Renacimiento de la ingeniería de potencia en una universidad

Hace una década, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Utah se decidió a crear un programa de ingeniería en potencia desde esencialmente nada. Presentamos su

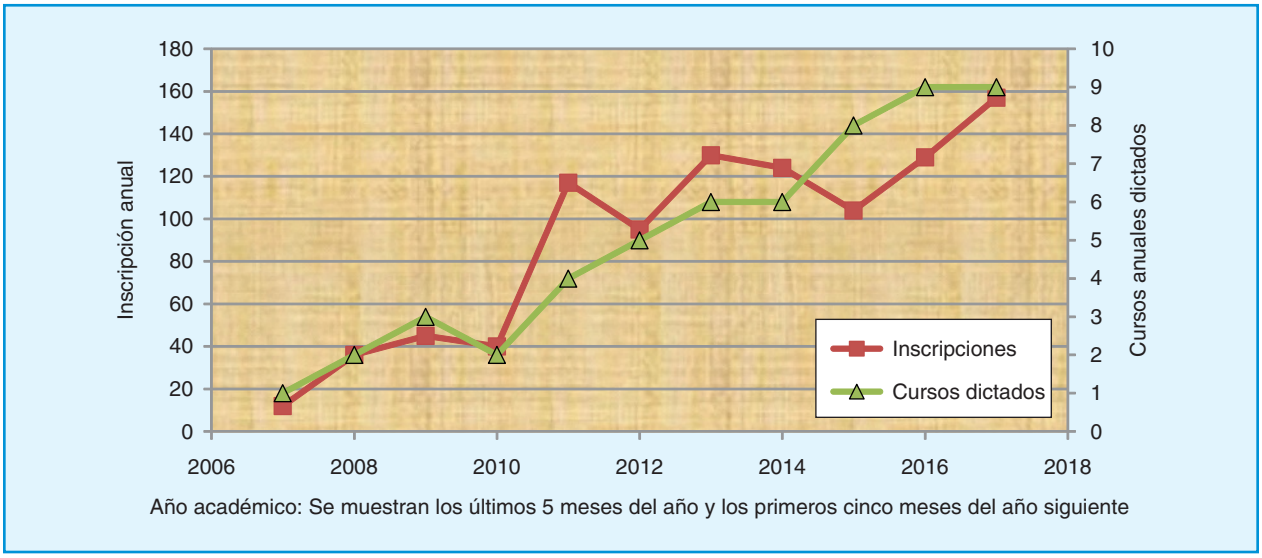


gráfico. 4. Inscripción y cantidad de cursos impartidos (Datos proporcionados por el Departamento de Ingeniería Eléctrica e Informática de la Universidad de Utah).

desarrollo hasta la fecha en lo que podría ser el punto medio de su eventual estado de madurez. Nuestro propósito es compartir información que puede resultarle útil a otros que se dedican a actividades similares.

Vale la pena señalar que el patrón de visión, la generación de recursos y el apoyo de la comunidad que creó la Universidad de Utah y la Facultad de Ingeniería también fueron vitales en el desarrollo del nuevo programa de potencia. La visión y el apoyo de la comunidad fueron provistos en parte por el liderazgo de la Facultad de Ingeniería y el Departamento de Ingeniería Eléctrica e Informática al elegir hacer esto. El ahora ex director del departamento, el Prof. Marc Bodson, fue un líder fundamental. Aunque no era principalmente un ingeniero en potencia, apoyó activamente la iniciativa. Continúa liderando el grupo de miembros del cuerpo docente que trabajan en potencia.

Un indicador clave del progreso es la creación de cursos que atraen a los estudiantes. El Gráfico 4 y la Tabla 1 muestran varias dimensiones de este proceso. Había existido un curso sobre control de motores eléctricos (para estudiantes de último año y de posgrado) por algunos años. El primer curso de potencia bajo la nueva iniciativa fue presentado en el año académico 2008-2009 (2008 en el gráfico) y fue titulado Introducción a la Ingeniería de Potencia (véase la Tabla 1). Hasta la fecha, se imparte en el primer semestre del tercer año, y es uno de varios cursos de introducción en diferentes especialidades que el departamento anima a los estudiantes de tercer año a elegir con dos fines. El primero es para ampliar sus horizontes. El segundo es como una base para aquellos que pueden elegir especializarse en un campo en particular. Este curso fue diseñado por un orador excepcionalmente hábil, no un profesor, que aprendió el material y lo ha impartido cada año desde 2008. La matrícula ha crecido a unos 44 por año en los últimos años. El orador ha enseñado esto a 316 estudiantes.

El número de cursos de potencia en un año ha crecido de la clase de control de motores antes de 2008 a nueve en 2017-2018. No todos los cursos en la Tabla 1 se imparten cada año. Algunos rotan cada dos años. Algunos se han transformado

tabla 1. Cursos dictados de ingeniería de potencia en la Universidad de Utah.

	Año	Título del curso
1	4/grad	Control de motores eléctricos
2	3	Introducción a la ingeniería eléctrica de potencia
3	4	Fundamentos de la electrónica de potencia
4	4	Sistemas de potencia
5	4	Análisis de los sistemas de potencia
6	4/grad	Economía de sistemas de potencia
7	4/grad	Análisis de seguridad de sistemas de potencia
8	4/grad	Generadores eléctricos
9	4/grad	Protección de sistemas de potencia
10	4/grad	Ingeniería eléctrica forense y análisis de fallas
11	4/grad	Diseño y planificación de sistemas de potencia
12	4/grad	Planificación de transmisión y apagones
13	4/grad	Planificación estratégica de la energía y energías renovables
14	4/grad	Transmisión de potencia moderna
15	Grado	Fuentes de energía sostenible
16	Grado	Aplicaciones en servicios públicos de la potencia

Datos utilizados con permiso del Departamento de Ingeniería Eléctrica e Informática de la Universidad de Utah.

en otros; algunos otros se han quedado por el camino. Algunos de los cursos listados en la Tabla 1 tienen que ver con tipos específicos de equipos, pero la mayoría son cursos de sistemas de potencia. La decisión de desarrollar cursos de sistemas de potencia fue gradual, reflejando en parte la cátedra que se unió al grupo de potencia. Otros programas muy buenos ponen un énfasis más fuerte en determinados tipos de equipos (por ejemplo, electrónica de potencia).

El Gráfico 4 muestra que la matrícula en potencia sigue aproximadamente al número de cursos impartidos. Si no se encuentran disponibles, los clientes no pueden comprarlo. Pero hay un límite en la cantidad de cursos que cada alumno puede incluir en su programa. Cuando se alcanza, puede ser más importante asegurarse de que los cursos impartidos sean los más útiles de la mayor cantidad de cursos que se podrían enseñar. Por supuesto, no es razonable esperar que cada estudiante necesite exactamente el mismo conjunto de cursos. Existe una compensación entre el costo de desarrollar nuevos cursos y los beneficios para los estudiantes de tener más opciones. La resolución de ese equilibrio depende de las circunstancias de cada universidad. Y tal vez un curso muy valioso para algunos estudiantes no es atractivo para las masas, lo cual crea un problema que requiere una decisión difícil para el departamento.

Otro indicador del crecimiento y el éxito de un programa de potencia es la capacidad de los graduados de obtener trabajos satisfactorios permanentes o dentro de la escuela. Esto reflejará el nivel de comunicación e interés de la cátedra y el mundo real, así como de la necesidad subyacente de la industria de contar con más ingenieros. Se realiza un seguimiento de esta información, más o menos correcto, por las oficinas de colocación de la universidad y vale la pena mirarlo.

Creación y maduración de un programa interdisciplinario de investigación y educación en sistemas de potencia

Después de haber descrito el proceso de creación de una universidad, una escuela de ingeniería y un programa de potencia, ahora pasamos a los objetivos específicos a los que se podría optar por satisfacer y cómo satisfacerlos. Hacemos hincapié en que estos deberían ser diferentes para una universidad en el tercer mundo y para una en un país desarrollado. Comparado con el este de los Estados Unidos, Utah en la mayor parte del siglo XIX estuvo en el tercer mundo. Además, las universidades en países desarrollados deberían ser sensibles a las necesidades reales de sus estudiantes que provienen de países en desarrollo.

En particular, los fundadores de la universidad en 1850 tuvieron la visión a largo plazo de donde querían ir, a pesar de que sus pasos durante los primeros 40 años, aunque útiles para el momento y lugar, no cumplían con su visión. Los fundadores de la Escuela de Minas/Facultad de Ingeniería se enfrentaron a necesidades y oportunidades inmediatas a las que respondieron inmediatamente y bien.

Aquellos que restablecieron el programa de potencia en la última década trabajaron desde una posición fuerte pero aún desafiante. Tanto la universidad como la facultad tuvieron inquietudes, pero faltaba algo, una necesidad no lo suficientemente espectacular como para ser notada por todos.

Solamente requirió una pequeña inversión para desarrollar el curso de Introducción a la ingeniería en potencia, el cual la cátedra de ingeniería eléctrica acordó apoyar al convertirlo en un requisito académico parcial. La cátedra también invirtió una cantidad relativamente pequeña para contratar a un joven profesor asistente que desarrolló cuatro cursos bastante diferentes, uno de los cuales todavía se enseña, y que tuvieron su rol en la presentación de un programa académico. Estas acciones fueron apoyadas por la comunidad, aunque ninguno de los profesores existentes dictó ninguno de los cursos y todos se hubieran beneficiado del dinero invertido. La industria local de la potencia aportó fondos significativos y ayudó de otras maneras.

Lo que los iniciadores notaron, al menos subliminalmente, pero quizás no resaltaron adecuadamente, fue que se necesitaba un programa diferente aparte de los programas de antaño. Ahora pasamos a esta diferencia, que, en parte, es reconocida en la nueva oferta de cursos e investigación.

Los sistemas de potencia del mundo están cambiando en muchos aspectos. La cartera de los recursos energéticos está cambiando por el creciente interés en los recursos energéticos renovables y la generación de gas natural, mientras que el retiro de las unidades de carbón continúa por todas partes. Esta tendencia está haciendo que los sistemas de potencia sean más interdependientes con la infraestructura del gas natural, lo que requiere que los ingenieros de potencia sepan más sobre el mercado del gas natural, las prácticas operativas y de planificación, y los procedimientos. Además, la digitalización y la automatización continúan arrastrando cada vez más equipos y procedimientos operativos en los sistemas de potencia, lo que aumenta la demanda de ingenieros de potencia con experiencia en sistemas modernos de comunicación y control, así como conocimiento sobre aprendizaje automático e inteligencia artificial para hacer uso de la big data generada por los dispositivos sensoriales, de protección y control de los sistemas de potencia. Sin embargo, la digitalización hace que los sistemas de potencia sean propensos a los ataques cibernéticos, lo cual requiere ingenieros con conocimientos de amenazas cibernéticas y la habilidad para desarrollar y utilizar herramientas para proteger la red contra ataques cibernéticos.

Los programas progresivos de ingeniería de potencia deberían combinar un programa de investigación y educación destinados a educar a la próxima generación de ingenieros de potencia para que sean capaces de abordar los problemas y desafíos emergentes a los que enfrenta la industria de la potencia. Los nuevos graduados de ingeniería de potencia deben tener un conocimiento interdisciplinario sobre ingeniería de potencia, ciencia de datos, economía y seguridad cibernética, así como deben ser capaces de entender la interdependencia de los sistemas de potencia con otra infraestructura fundamental (comunicación, gas, agua y transporte).

Los laboratorios de máquinas eléctricas y electrónica de potencia son parte indispensable de la enseñanza de la ingeniería de potencia.

Educación interdisciplinaria de la ingeniería de potencia

En los viejos tiempos, la ingeniería eléctrica se dividía a veces en corrientes pesadas y ligeras, incluyendo a la ingeniería de potencia en el primer grupo. Un programa moderno de ingeniería de potencia combina los dos y presenta un plan educativo con un plan de estudios interdisciplinario que incluye cursos clásicos de ingeniería de potencia, así como cursos interdisciplinarios avanzados sobre sistemas de potencia, ciencia de datos, sistemas interdependientes, etc. Las oportunidades para que los estudiantes tomen cursos de educación en emprendimiento y sostenibilidad también son importantes para que los estudiantes piensen de manera innovadora y se preparen para carreras alternativas después de su graduación.

Cursos básicos de ingeniería de potencia

El trabajo del curso debe incluir el desarrollo de una sólida base de conocimientos en cursos clásicos de ingeniería de potencia, que incluyen cursos introductorios en ingeniería de potencia y análisis de sistemas de potencia, fundamentos de electrónica de potencia, protección de sistemas de potencia y análisis de sistemas de distribución de potencia. Además, después de haber tomado cursos básicos de control lineal y sistemas de retroalimentación, los estudiantes pueden tomar cursos sobre el control de motores eléctricos y generadores eléctricos, que combina la enseñanza de los fundamentos de máquinas eléctricas con conceptos y métodos para su control.

Cursos avanzados de sistemas de potencia

Un plan de estudios de ingeniería de potencia también puede incluir cursos nuevos y avanzados, algunos generales y otros bastante especializados, sobre temas tales como economía, control y operaciones del sistema de potencia; análisis de seguridad del sistema de potencia; ingeniería eléctrica forense (análisis de fallas); planificación táctica y estratégica del sistema de potencia; y temas contemporáneos en temas multidimensionales como los recursos renovables y los sistemas modernos de transmisión. Algunas universidades se enfocan menos en estos cursos de sistemas de potencia y en su lugar proporcionan capacitación avanzada con mayor profundidad sobre diversos tipos de hardware, lo cual incluye equipos clásicos de generación y transmisión, así como equipos de monitoreo y control como dispositivos FACTS.

Ciencia de datos, optimización, y visualización

A los estudiantes de ingeniería de potencia de hoy en día que estén interesados en estar a la vanguardia de los grandes problemas actuales del sistema se les debe aconsejar tomar cursos de ciencias de datos y visualización que los preparen para trabajar con grandes flujos de datos que se generan en los sistemas de potencia modernos. Tales cursos pueden ofrecerse fuera del plan de estudio normal de ingeniería, en colaboración con los departamentos de matemáticas e informática y pueden incluir cursos sobre procesos estocásticos, procesamiento avanzado de señales, teoría de la estimación, análisis de big data, visualización para ciencia de datos, aprendizaje automático y otros. Además, los estudiantes deben ser alentados a considerar cursos sobre optimización matemática e investigación de operaciones que se ofrecen en los departamentos de matemáticas e ingeniería industrial. Todo esto va mucho más allá de la tradicional base de motores y rotores y conecta un enfoque de corrientes pesadas.

Infraestructura fundamental interdependiente

Para hacer frente a la necesidad de educar a los estudiantes de ingeniería de potencia sobre la creciente interdependencia con otras infraestructuras fundamentales, creemos que los programas de ingeniería de potencia deben colaborar con departamentos académicos tales como el de ingeniería civil y ambiental e ingeniería mecánica. Los estudiantes deben tener acceso a cursos que amplíen su comprensión de la infraestructura interdependiente. El material del curso puede incluir termodinámica, diseño de sistemas térmicos, ingeniería de energías sustentables, dinámica de fluidos computacionales e ingeniería térmica ambiental. Tomar cursos sobre sistemas de distribución de agua, hidroinformática y sistemas de transporte ayudaría a los estudiantes a comprender y resolver problemas en el nexo de los sistemas de potencia con los sistemas de agua y sistemas de transporte electrificados.

Cursos de sostenibilidad

Se deberá brindar opciones a los estudiantes de ingeniería de potencia de tomar cursos interdisciplinarios sobre sostenibilidad ambiental y económica, e interactuar y compartir sus conocimientos disciplinarios con estudiantes de otras disciplinas. Los cursos pueden incluir temas de relevancia para las políticas de energía renovable y el cambio climático, tales como políticas medioambientales y de sostenibilidad, desarrollo sostenible y ley de cambio climático, para nombrar algunos. Los programas interdisciplinarios brindarán a los estudiantes la oportunidad de aprobar un cierto número de cursos y obtener un certificado interdisciplinario en sostenibilidad, además de un título en ingeniería eléctrica.

La industria y el gobierno estatal pueden jugar un papel fundamental en el suministro de presupuesto y la dotación para contratar profesores para (re)comenzar programas de potencia.

Nos gustaría hacer hincapié en que tomar cursos de otros departamentos de ciencia e ingeniería a menudo requiere tomar cursos de requisito previo, lo cual podría evitarse o minimizarse con la colaboración y coordinación entre las facultades de los departamentos. Es imposible para cualquier estudiante tomar todos los cursos mencionados. El objetivo es capacitar un número suficiente de personas que sean multidimensionales de bastantes maneras diferentes para adaptarse a los problemas de hoy y de mañana y, por cierto, que cada uno disfrute de su maestría, mientras que tenga un respeto sano por los demás con conjuntos de herramientas diferentes.

Laboratorios de educación en potencia

Laboratorios de máquinas eléctricas y electrónica de potencia

Los laboratorios de máquinas eléctricas y electrónica de potencia son parte indispensable de la educación en ingeniería de potencia. Los laboratorios proporcionan conocimientos fundamentales de ingeniería y experiencia práctica sobre el funcionamiento y el control de varios tipos de generadores y motores eléctricos, así como el diseño y la operación de varios circuitos comunes de electrónica de potencia. Los laboratorios proporcionan experiencia trabajando con muchos componentes, como ser motores, baterías, dispositivos magnéticos, semiconductores de potencia y tableros de postes de electricidad e incluyen entender cómo funcionan las máquinas, sus modelos de espacio de estado y el uso de estos modelos para cálculos, simulaciones y diseño de sistemas de control, el que incluye métodos de circuito abierto y cerrado y la selección de parámetros del controlador. Como parte de estos laboratorios, los estudiantes también refinan su comprensión de las mediciones eléctricas y la potencia de CA trifásica. Además, los estudiantes cuentan con la oportunidad de desarrollar habilidades en el modelado y simulación de sistemas físicos utilizando software (por ejemplo, MATLAB/SIMULINK) y adquirir experiencia en el uso de herramientas de control y adquisición de datos en tiempo real (por ejemplo, hardware y el software dSPACE en combinación con MATLAB/SIMULINK).

El desarrollo del laboratorio puede facilitarse mediante el uso de equipos disponibles comercialmente para la educación. Por ejemplo, el equipo para los laboratorios de accionamiento de motores y electrónica de potencia se desarrolló bajo la dirección del Prof. Ned Mohan en la Universidad de Minnesota. Los materiales del curso y los enlaces a los proveedores se pueden encontrar en las páginas web del Consorcio de Universidades para la Potencia Sustentable (CUSP, 2018).

Bancos de ensayo de simulación en tiempo real y equipos reales

Las plataformas de simulación de sistemas de potencia en tiempo real tienen como objetivo reproducir con alta fidelidad el comportamiento de los sistemas de potencia y las variables físicas (tensiones, corrientes y fases) en un entorno virtual donde las nuevas tecnologías de equipo o estrategias de control pueden probarse antes de su implementación en sistemas de potencia real.

Los bancos de ensayo de simulación de equipos reales (hardware-in-the-loop, HIL) colocan piezas sueltas de equipos de potencia reales o controladores a prueba y evalúan su comportamiento en un ambiente de sistema de potencia simulada donde se simula el equipo costoso, de alta tensión y alta potencia en una plataforma de simulación en tiempo real. Los bancos de ensayo HIL proporcionan un ambiente de simulación de alta fidelidad que permite conducir una amplia gama de pruebas en el equipo real de potencia o control, sin perjudicar el funcionamiento real de los sistemas y equipos de potencia debido a un comportamiento inesperado de los equipos de métodos de control.

La disponibilidad de las plataformas de simulación en tiempo real y los bancos de ensayo HIL no solo permitiría enseñar prácticas de laboratorio sobre conceptos y tecnologías de sistemas de potencia emergentes (por ejemplo, la automatización de la distribución y microrred), sino que también permite a los estudiantes probar su investigación que implica nuevos métodos y/o hardware de control y comprender su comportamiento en sistemas reales en funcionamiento. Además, tales bancos de ensayo brindan una capacidad para que las instituciones y los programas de potencia sirvan como una instalación de prueba y verificación de menor costo para los socios de la industria.

Informática de alto rendimiento y sistemas de almacenamiento de datos

Muchas aplicaciones avanzadas de optimización, control, aprendizaje automático y estimación en el funcionamiento de sistemas de potencia requieren computadoras de alto rendimiento (HPC, por sus siglas en inglés) para manejar los cálculos y los grandes y rápidos sistemas de almacenamiento para almacenar y procesar big data generada en sistemas de potencia modernos. La disponibilidad de los sistemas de almacenamiento de alto rendimiento y HPC permitiría a los

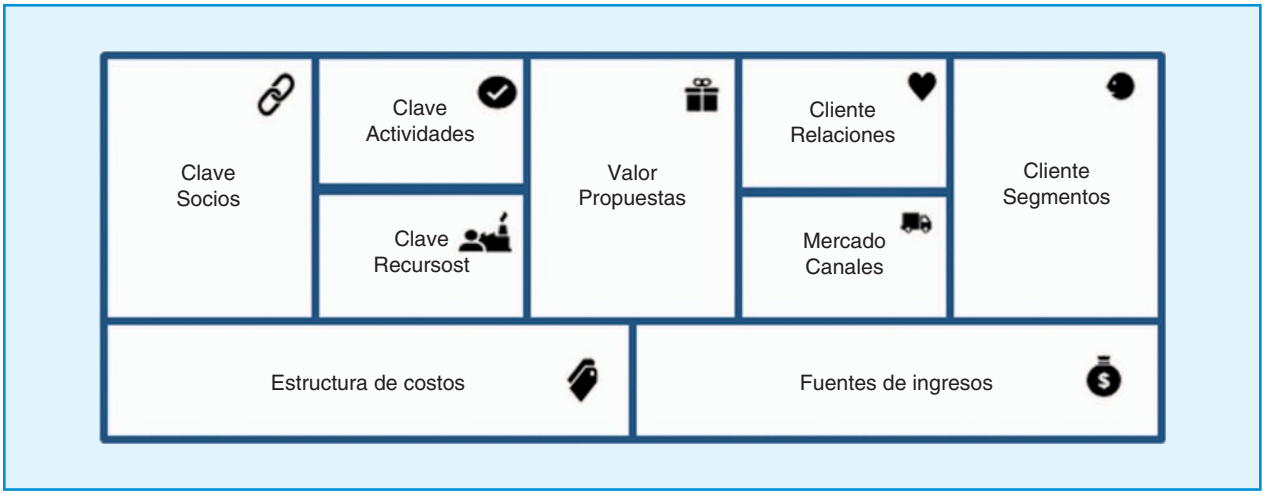


gráfico 5. El Lean Canvas para el desarrollo empresarial.

estudiantes de ingeniería de potencia simular y validar su investigación en sistemas a gran escala, tamaño y datos reales, y les brindará un conjunto de habilidades para trabajar con estos sistemas después de graduarse.

Educación en emprendimientos

Con el creciente número de programas de potencia en las universidades, muchas cátedras y estudiantes realizan investigaciones sobre el desarrollo de nuevos softwares y herramientas de hardware para resolver los desafíos emergentes de la industria de la potencia. En un entorno donde muchas nuevas innovaciones se desarrollan en las universidades, es de vital importancia proporcionar a los alumnos el conocimiento y la oportunidad de pensar en comercializar sus investigaciones como nuevas tecnologías.

Tomar cursos en emprendimiento preparará a los estudiantes de ingeniería de potencia para obtener experiencia práctica en innovación, así como una base sólida en los aspectos de negocios de las tecnologías de potencia. Los cursos, que podrían ser ofrecidos en colaboración con escuelas de negocios, proporcionan a los alumnos el conocimiento para iniciar sus propias empresas y comprender la complejidad del dinámico mundo empresarial. Los cursos de emprendimiento pueden incluir el negocio del emprendimiento, el lanzamiento de empresas de tecnología, propiedad intelectual y derecho comercial, así como cursos especiales sobre emprendimiento de ingeniería. En algunas instituciones, los estudiantes de pregrado y posgrado que aprueban el requisito obtienen un certificado en emprendimiento de ingeniería, además de su título de pregrado o posgrado en ingeniería eléctrica.

Además de tomar cursos de emprendimiento, los estudiantes pueden participar en cohortes Lean Canvas, junto con los consejeros de la cátedra, como primer paso en la comercialización de las tecnologías desarrolladas en sus investigaciones. Este enfoque está disponible en varias formas en una serie de universidades. El Lean Canvas puede ser organizado por o en colaboración con la oficina de transferencia tecnológica en las universidades. Por ejemplo, en la Universidad de Utah, la oficina de tecnología y comercialización de empresas trabaja con cátedras que desarrollan tecnologías prometedoras para organizar cohortes Lean Canvas. En una cohorte Lean Canvas, el equipo de investigación (estudiantes de pregrado y posgrado, becarios de posdoctorado y profesores de la cátedra) entrevistan a aproximadamente 100 potenciales clientes y socios y desarrollan una estrategia creativa que incorpora los desafíos y las necesidades de los clientes para determinar el potencial de mercado e impulsar la tecnología hacia la comercialización. En el Lean Canvas, un líder de emprendimiento y un mentor comercial se unirán al equipo de investigación y trabajarán juntos sobre un programa de siete semanas para evaluar adecuadamente las verdaderas oportunidades de las tecnologías y desarrollar una estrategia de negocios. El Gráfico 5 muestra la información recopilada a través de las entrevistas y los estudios en el Lean Canvas, el cual incluye la identificación de socios clave y segmentos de clientes y la creación de relaciones y canales de mercado para fines de comercialización en el futuro. El plan esbozaría una estructura de costos detallada y el flujo de ingresos de las tecnologías desarrolladas por el equipo de investigación.

Involucrar a la industria y el gobierno para apoyar la educación y la innovación estudiantil

Además de las instituciones federales y los organismos de financiamiento, la industria local y los organismos del gobierno estatal tienen un papel importante en el apoyo a programas educativos, como los de ingeniería de potencia, así como en el soporte e impulso de la innovación de estudiantes y profesores.

Dotación industrial y apoyo del gobierno estatal para contratar la cátedra de ingeniería de potencia

(Re)comenzar un programa de ingeniería de potencia en una universidad requiere miembros de la cátedra que puedan conducir, enseñar e investigar muchos temas relacionados

con la ingeniería de potencia. Contratar nuevos profesores, sin embargo, no es tarea fácil y requiere planificación y una línea en el presupuesto que puede no estar fácilmente disponible. La industria y el gobierno estatal pueden jugar un papel fundamental en el suministro de presupuesto y la dotación para contratar profesores para (re)comenzar programas de potencia.

Becas de estudio

La industria de la potencia podría desempeñar un papel importante en el otorgamiento de becas para atraer y apoyar a estudiantes talentosos en programas de ingeniería de potencia. Las becas se pueden proporcionar tanto a estudiantes de pregrado como de posgrado, con o sin condiciones. Algunos programas de becas están dirigidos a ayudar a los estudiantes a llevar a cabo un proyecto en áreas específicas de interés para el patrocinador de la industria. Por ejemplo, algunos programas conectan a los estudiantes con patrocinadores de la industria de la potencia para realizar proyectos finales de diseño para una experiencia cooperativa en el mundo real en laboratorios del campus bajo la supervisión de un consejero de la cátedra. En este escenario, los patrocinadores exploran un problema importante al tiempo que entablan relaciones con estudiantes de la Universidad y tienen la oportunidad de reclutar a los estudiantes después de su graduación.

Pasantías en la industria

Tanto las empresas de la industria de la potencia como los programas universitarios de ingeniería de potencia se benefician al contratar estudiantes como pasantes. Esto proporciona a los estudiantes la oportunidad de poner su educación universitaria en acción y experimentar la trayectoria en la industria.

Simposios y foros impulsados por la universidad

Los programas de ingeniería de potencia podrían organizar foros y simposios frecuentes en universidades dirigidos a reunir a los expertos de la industria de potencia y energía, organizaciones gubernamentales y reguladoras y la comunidad académica para facilitar las discusiones y compartir los últimos avances en la investigación de sistemas de potencia y redes eléctricas. Los foros podrían proporcionar una plataforma para que los asistentes hagan contactos, inicien asociaciones, avancen en el diálogo y la amplitud de conocimientos sobre potencia y energía, formulen búsquedas académicas y actividades en la comunidad local o más amplia y fomentar las oportunidades de educación y empleo para los estudiantes. Esto podría ser también coordinado y patrocinado por la oficina local de la Sociedad de Potencia y Energía (PES) del IEEE para involucrar a los miembros locales de la PES, la mayoría de los cuales proviene de la industria de la potencia local.

Oficina Estatal de Desarrollo Energético

La misión de una oficina estatal de desarrollo energético es fomentar el desarrollo de la energía en los estados a través de la asistencia industrial y el desarrollo de alianzas con actores del sector energético en todo el estado, la región y el país. Los programas de ingeniería de potencia podrían beneficiarse enormemente al establecer una relación con las oficinas y utilizarlas para interactuar con la industria de potencia local a fin de mejorar el programa. Las oficinas podrían ofrecer oportunidades para conectar los programas con los servicios públicos, el sector comercial y los servicios municipales.

Desarrollo laboral del estudiante

Los centros de desarrollo laboral y profesional de la universidad pueden tener ferias laborales que proporcionen a los estudiantes de ingeniería de potencia varias oportunidades: conocer a los reclutadores y personal de los empleadores que buscan contratar a ingenieros de potencia, demostrar sus habilidades y enfoque técnico, aprender acerca de oportunidades actuales de trabajo y explorar opciones laborales en la industria. Tales ferias tienen un formato personalizado de menor escala que una feria de empleo tradicional, en la cual los reclutadores interactúan con muchos estudiantes, comparten aspectos importantes de su empresa y discuten los próximos pasos con sus candidatos preferidos. Además de la feria, el programa puede tener almuerzos regulares entre industria y estudiante y sesiones de carteles que proporcionen a los alumnos la oportunidad de presentar su investigación e interactuar con la industria.

Antes de celebrar las ferias, los asesores laborales brindarán múltiples capacitaciones a los estudiantes en el aula o de grupo sobre los siguientes temas:

1) Investigación del empleador: enseña a los estudiantes a investigar a los empleadores que asistirán a la feria para identificar las oportunidades de empleo y obtener un entendimiento del modelo de negocios, cultura, prácticas de contratación y respuesta a las tendencias de la industria de la empresa.
2) Desarrollo de hojas de vida: enseña a los alumnos sobre los conceptos básicos de una hoja de vida sólida en la ingeniería y matemática de tecnologías científicas y a dar observaciones constructivas a quienes traen su hoja de vida para ser evaluada.
3) Capacitación para entrevistas: ayuda a los estudiantes a desarrollar un plan de comunicación conciso y convincente acerca de su experiencia y sus intereses técnicos, lo cual es fundamental para tener una conversación exitosa con los reclutadores y dejar una impresión duradera.
4) Capacitación en vestimenta y apariencia: ayuda a los estudiantes a entender que su apariencia personal cuenta y que es importante asistir a dichos eventos vestido profesionalmente.

Resumen

Este artículo comenzó contando la historia de la creación de una universidad y una facultad de ingeniería, comenzando

con nada y también la recreación de un programa de ingeniería de potencia en la universidad tras muchos años de poca o ninguna actividad en este campo. En todos los casos, existieron personas clave que tuvieron una visión de lo que era necesario y práctico. Tuvieron éxito en el desarrollo de la ayuda de los distintos actores involucrados y en la búsqueda y aplicación de los recursos disponibles, de una manera bien concebida. Todo esto con liderazgo informado, energético y astuto a la medida. Contamos esta historia para inspirar a aquellos que aspiran a hacer lo mismo y mostrar cómo se puede desarrollar el proceso para ellos.

El resto del artículo presentó los principios académicos que consideramos útiles para los creadores de un programa de ingeniería de potencia en la universidad en el siglo XXI . Los ingenieros de potencia del mañana merecen mucho más que aprender ecuaciones inventadas por los ingenieros de ayer para solucionar los problemas de hoy. Los apagones, el cambio climático en el que la gente puede no creer, las soluciones inteligentes que pueden tener efectos secundarios inesperados, las intimidantes vulnerabilidades a los ciberataques, cosas que vemos en la televisión e Internet y cosas que deberíamos ver pero no lo hacemos, todos requieren comprender el mundo de la energía eléctrica como está hoy y cómo llegó aquí. Pero también se necesitan enfoques realmente nuevos: interdisciplinarios, innovadores y emprendedores. Hemos presentado nuestra visión de cómo se puede crear una nueva generación de ingenieros de potencia a través de programas que encarnan estos atributos. ¡El mundo necesita éxito!

Lecturas complementarias

D. K. Gehmlich (Junio de 2003). A history of the College of Engineering, University of Utah (Una historia de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Utah) [En línea]. Disponible en: www.coe.utah.edu/history

CUSP (2018). Consortium of Universities for Sustainable Power (Consorcio de Universidades para la Potencia Sostenible) [En línea]. Disponible en: www.cusp.umn.edu

University of Utah Technology and Venture Commercialization Office (Oficina de Tecnología y comercialización de empresas de la Universidad de Utah) (2018) [En línea]. Disponible en: https://tvc.utah.edu/

S. Blank, “Why the lean start-up changes everything” (Por qué las lean start up lo cambian todo), *Harv. Bus. Rev.*, vol. 91, n.º 5, págs. 63–72, mayo de 2013.

B. Russell, "Educating the workforce for the modern electric powersystem university-industry collaboration" (Educar la mano de obra para la colaboración universidad-industria en los sistemas eléctricos de potencia modernos), *Bridge Electricity Grid*, vol. 40, n.º 1, págs. 35-41, abril de 2010.

N. N. Schulz y W. Reder, “The challenges and opportunities of workforce development in power engineering and how the IEEE PES is helping” (Los desafíos y las oportunidades del desarrollo de la fuerza de trabajo de la ingeniería de potencia y cómo ayuda la PES del IEEE), en *Proc. 2008 43rd Int. Universities Power Engineering Conf.*, Padova, Italia, 2008, págs. 1-4.

M. Kezunovic, V. Vittal, S. Meliopoulos yT. Mount, “The big picture” (La visión general), *IEEE Power Energy Mag.,* vol. 10, n.º 4, págs. 22–34, julio/agosto de 2012.

C. P. Griffiths, “Between the devil and the deep blue sea: The life of Joseph F. Merrill, scientist, educator, apostle" (Entre la espada y la pared: La vida de Joseph F. Merrill, científico, educador, apóstol), 2015, a ser publicado.

Biografías

Masood Parvania pertenece a la Universidad de Utah, Salt Lake City.

Hyde M. Merrill pertenece a la Universidad de Utah, Salt Lake City.

Robert D. Barnett

los alternadores del Niágara

alternativas y frecuencias competidoras

LOS ALTERNADORES DISEÑADOS para la primera estación generadora de corriente alterna polifásica del mundo, más tarde conocida como la Planta Adams Número 1, eran diez veces más grandes que cualquier otra cosa en existencia. En los cinco años transcurridos entre 1890 y 1895, nuestro moderno sistema de potencia de CA se desarrolló en las cataratas del Niágara, Nueva York.

La historia general de la estación ha sido bien documentada en otros lugares. Era una planta de foso de rueda profundo como resultado de las regulaciones gubernamentales tanto en los Estados Unidos como en Canadá que prohibían la construcción de instalaciones industriales a orillas del río Niágara cerca de las cataratas. Los alternadores estaban ubicados en la parte superior del foso, con las turbinas en el fondo. Inicialmente, hubo una discusión considerable sobre la ubicación de los generadores en el fondo del pozo con las turbinas, pero esto hubiera generado costos de excavación significativamente mayores.

El Gráfico 1 muestra una sección de la planta como se muestra en una de las primeras propuestas. Para 1905, se construyeron cuatro plantas similares en las Cataratas del Niágara: dos en el lado estadounidense del río y dos en el lado canadiense. Solamente las plantas canadienses existen. En el momento de escribir esto, su futuro es incierto.

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2841461
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018

En columnas anteriores de "Historia" en la revista *IEEE Power & Energy Magazine*, hemos cubierto una serie de aspectos interesantes de la energía eléctrica asociada con el área de las Cataratas del Niágara. Los artículos pasados incluyen:

- "Interconexión de la CA de Canadá-EE. UU.: Primera planta hidroeléctrica canadiense en las Cataratas del Niágara" por C.A. Woodworth (volumen 14, n.º 4, 2016)
- "El desastre de Schoellkopf: Consecuencias en el cañón del río Niágara" por C.A. Woodworth (volumen 10, n.º 6, 2012)
- "25 Hz en las Cataratas del Niágara: Fin de una era en la frontera del Niágara, Parte I y Parte II", por T.J. Blalock y C.A. Woodworth (volumen 6, n.º 1 y 2, 2008)
- "Triunfo de la CA: De Pearl Street a Niágara" por C. Sulzberger (volumen 1, n. ° 3, 2003).

En la contribución de este número sobre la historia de la energía y Niágara, presentamos las alternativas competitivas para los alternadores (y frecuencias) diseñadas y finalmente instaladas para la estación de generación de corriente alterna polifásica más grande de su tiempo.

Le damos nuevamente la bienvenida a Robert D. Barnett por segunda vez a estas páginas de "Historia". En 1982 formó la Niagara Society for Industrial History como un grupo de apoyo para un museo propuesto en una antigua planta de potencia en las cataratas del Niágara, y ha escrito muchísimo sobre la historia del tema. Barnett, quien es Miembro Senior del IEEE, se graduó de la Universidad de Waterloo, Ontario, Canadá, y de Niagara College, Ontario, Canadá.

John Paserba
Editor Asociado, Historia

La Comisión Internacional del Niágara

Se formó la Cataract Construction Company para desarrollar la potencia hidráulica en las Cataratas del Niágara y transmitirla a Buffalo, Nueva York. El 11 de mayo de 1890, Edward Dean Adams, presidente de la compañía, sugirió invitar a las empresas europeas y estadounidenses para determinar el mejor plan para la generación de potencia. La firma estableció la Comisión Internacional del Niágara (INC, por sus siglas en inglés) para este propósito. En aquel momento, no estaba claro si el sistema elegido sería la electricidad o quizá algún medio mecánico, como el aire comprimido. Se envió una solicitud

1540-7977/18©2018IEEE

de propuesta y se presentaron las respuestas en Nueva York y Londres. El 4 de febrero de 1891, la comisión anunció a los ganadores de la competencia. Se otorgaron premios, pero ninguna de las propuestas eléctricas fue considerada totalmente aceptable.

Después de mucha deliberación, en marzo de 1982, se concedió el contrato para el diseño de las primeras tres turbinas hidráulicas de 5,000 caballos de fuerza, 250 r/min. En los dos años que pasaron desde el pedido original de propuestas y del arrendamiento del contrato de la turbina, había habido un adelanto significativo en la tecnología de CA. La Cataract Construction Company miraba esto atento.

El Prof. George Forbes

Uno de los presentadores de la comisión fue el Prof. George Forbes, miembro de la Royal Society of London. Él propuso usar CA. La suya fue la única propuesta que lo hizo. Forbes nació en Edimburgo, Reino Unido, el 5 de abril de 1849. Graduado de Cambridge, Forbes era escocés de nacimiento e inglés por elección. Tal vez por eso es que no obtiene una mención en el libro de Arthur Herman *How the Scots Invented the Modern World*. En 1882, Forbes se trasladó a Londres y se unió a la British Electric Light Company como gerente. Durante la siguiente década, se estableció como consultor en ingeniería eléctrica especializado en generación y transmisión. Aunque tiene buena reputación, especialmente en Europa, parece no haber tenido ningún entrenamiento formal en ingeniería eléctrica. Dado que la tecnología eléctrica estaba en su etapa embrionaria en aquel momento, estaba abierta a los profesionales de diversos campos. Debido a que Forbes era ya un científico con una educación muy respetada, esto ciertamente lo habría calificado para entrar en el campo.

En la década de 1880, además de su trabajo en ingeniería, Forbes fue profesor de teoría eléctrica. Sus *conferencias Cantor* "The Distribution of Electricity" de 1885 fueron muy valoradas. Inventó la escobilla de carbón y un amperímetro de ca, así como presentó la idea de utilizar el almacenamiento por bombeo en lugar de utilizar acumuladores (baterías) para nivelar la carga en las estaciones de generación de CC. La quema de basura para producir vapor también fue una idea presentada por él. Era un hombre de ideas no entregado al trabajo detallado.

En la propuesta de Forbes para la INC, se generaría energía a 2,000 V, monofásico. Esta tensión se utilizaría localmente a una distancia de 3 millas para los consumidores de la industria y los consumidores generales en las Cataratas del Niágara. La tensión sería subida por transformadores a 10,000 V y transmitida a Buffalo. En Buffalo, dijo Forbes, "la corriente puede usarse para motores grandes con todo el potencial". Los transformadores bajarían el voltaje hasta 2,000 V para uso general

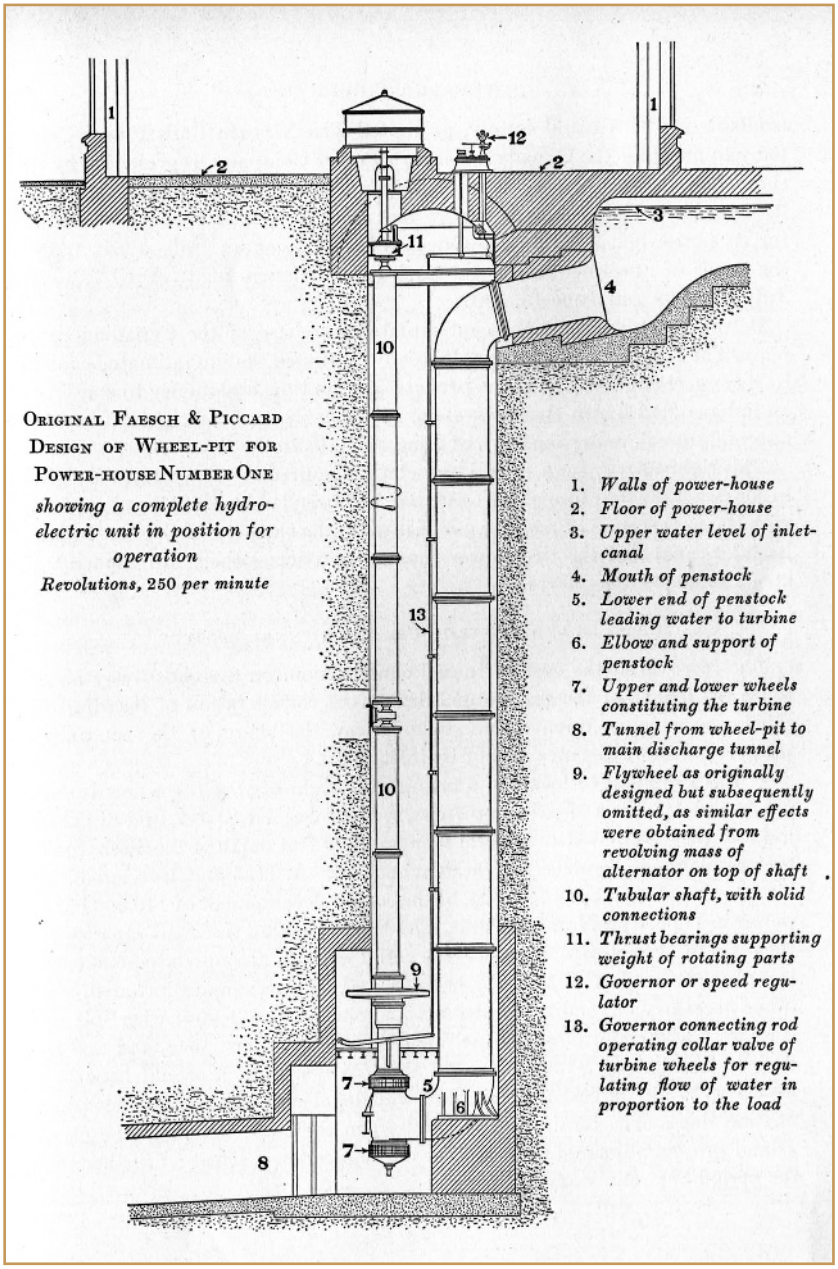


gráfico 1. Adams Station, una planta de foso profundo de rueda (De E.D. Adams, *Niagara Power*, volumen 2, Cataratas del Niágara, Nueva York: Niagara Falls Power Company, 1927).

y se convertirían a corriente continua (CC) por lo que él denominó *transformadores de dínamo*. No está claro qué entendía Forbes por esta frase. Los convertidores síncronos eran todavía un destello en el ojo de su creador cuando se presentó su propuesta. Es posible que se hubiera referido a conjuntos de motogeneradores (M-G). Los motores serían los motores síncronos o asíncronos de Tesla. Con respecto a los alternadores, dijo: "No se ha producido un diseño lo suficientemente satisfactorio de un alternador de gran potencia... todavía". Recomendó "máquinas de aproximadamente 500 caballos de fuerza". Una gran parte de su propuesta se dedicó a la densidad de corriente en los conductores y el uso eficiente de cobre. Aunque Forbes era un defensor de la CA, no mencionó un sistema polifásico en su propuesta.

En abril de 1892, INC premió a Forbes con £100 por su presentación.

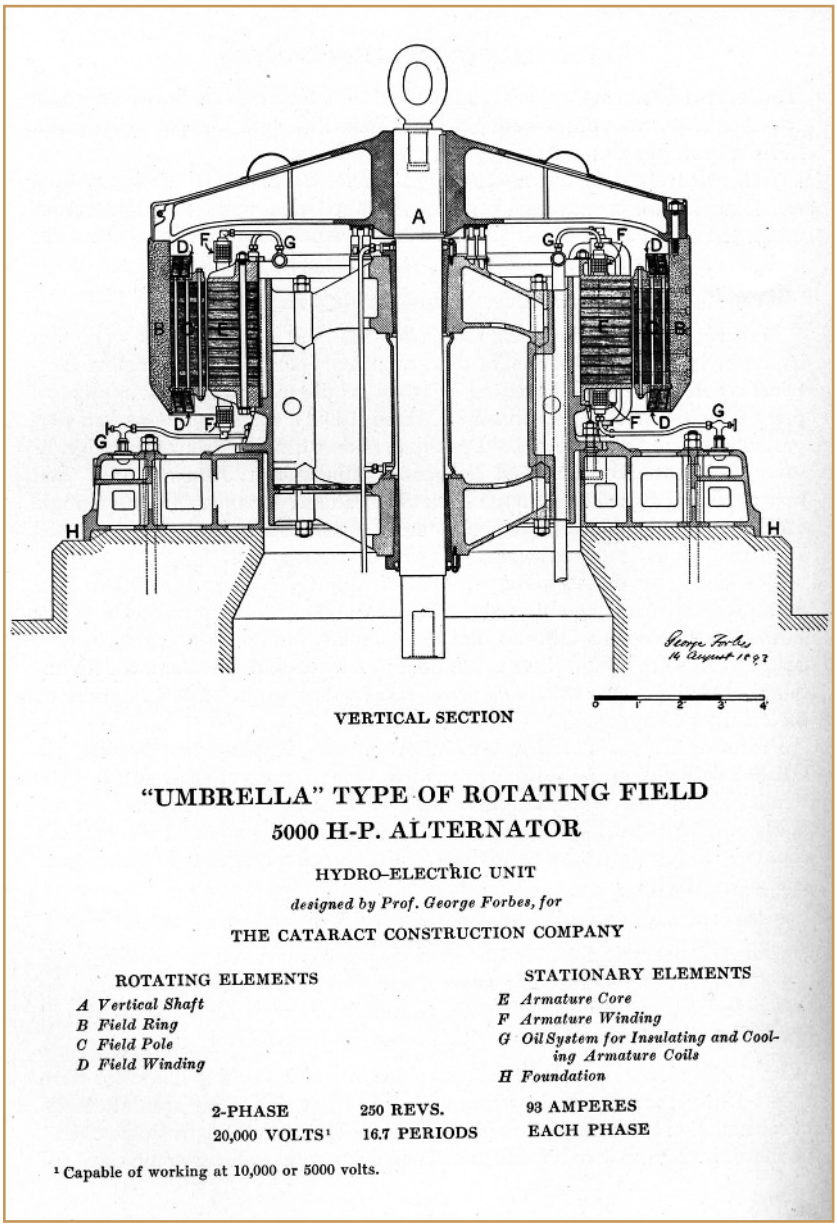


gráfico 2. Diseño del alternador de Forbes (De E.D. Adams, *Niagara Power*, volumen 2, Cataratas del Niágara, Nueva York: Niagara Falls Power Company, 1927).

Debido a su reputación como un experto en CA, se mantuvo como ingeniero consultor de la Cataract Construction Company. Como parte de su contrato, estaba obligado a pasar por lo menos seis meses del año en los Estados Unidos para dedicar su tiempo a los intereses de la empresa. En aquel momento, se tomó la decisión de proceder con la CA como la única opción.

Diseño del alternador

Por el lado de la mecánica civil, las cosas avanzaban rápidamente. El túnel de descarga, cuya excavación se inició en 1890, se completaría en diciembre de 1892. El pozo de rueda sería finalizado en enero de 1894. El diseño eléctrico tendría que finalizar pronto. Por razones comerciales demasiado complejas para tratar aquí, solo se consideraron fabricantes estadounidenses. Los mayores fabricantes estadounidenses de equipos eléctricos en ese momento eran Westinghouse y General Electric (GE). Fueron invitados a presentar propuestas para el diseño del sistema eléctrico.

Al tiempo que transcurría el periodo de propuestas, se observó que ambos diseños eran prácticamente idénticos, con la excepción de que Westinghouse utilizaba un sistema bifásico y GE proponía tres fases. Una investigación iniciada por los abogados de la Cataract Company descubrió que un empleado de la Westinghouse había estado vendiendo información del diseño a GE. El consiguiente escándalo, junto con el hecho de que los alternadores propuestos no se ajustaban al efecto volante requerido por los reguladores de las turbinas, hizo que la firma suspendiera el proceso de licitación. La Cataract Company decidió proporcionar su propio diseño, y el 11 de mayo de 1893, se informó a los postores que el diseñador del alternador sería Forbes. No contentos con esto, pero ansiosos por construir los primeros alternadores de un tamaño tan colosal, tanto Westinghouse como GE acordaron hacer una oferta por el diseño de Forbes.

Independientemente de su reputación y calificaciones, Forbes no era

un diseñador de alternadores. Puede que haya tenido alguna experiencia con máquinas en Inglaterra, pero el diseño del alternador del Niágara lo excedía. Para empeorar las cosas, la Cataract Construction Company tenía expectativas poco razonables para él. Cuando le solicitaron diseñar un alternador, él debería haber recomendado que tal nivel de detalle fuera ofrecido a una firma como Westinghouse. Este último tenía una gran cantidad de sistemas de iluminación de CA en servicio y había demostrado su tecnología de transmisión de potencia con los proyectos monofásicos en Telluride, Colorado, en 1891 y en Pomona, California, en 1892. La empresa estaba bien versada en el diseño de pequeñas máquinas de CA. Pero Forbes no sugirió tal enfoque.

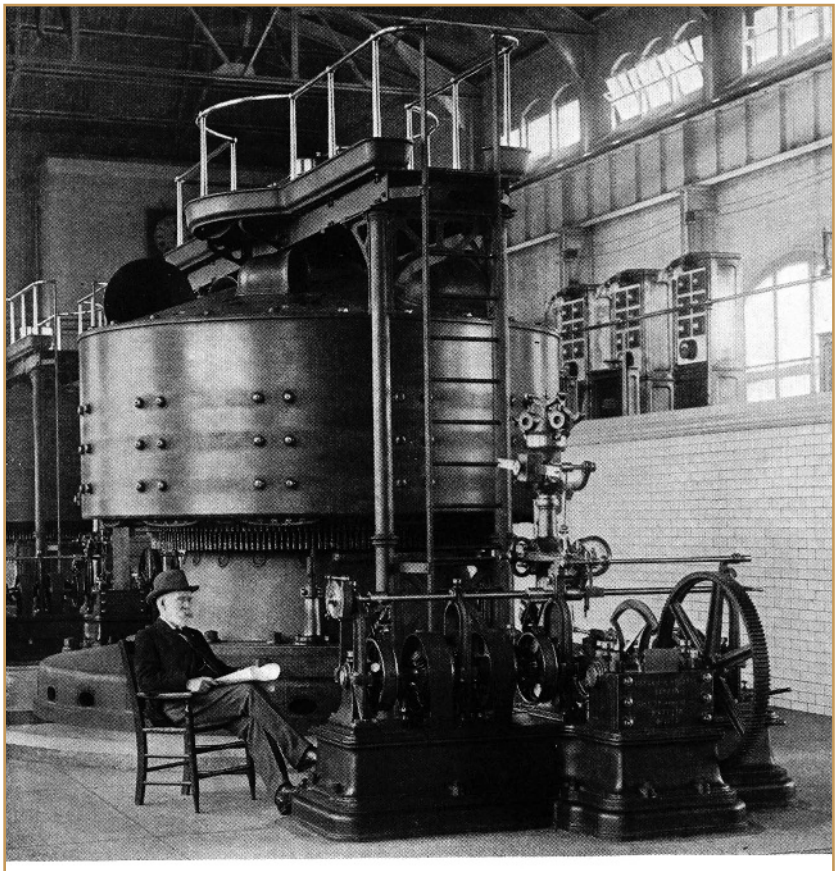
El alternador diseñado por Forbes era eléctricamente similar a una máquina de 500 caballos de fuerza, pero al construir otra diez veces mayor a escala, se involucró con riesgos desconocidos. Westinghouse, cuya especialidad era el diseño y construcción de máquinas eléctricas, apenas estaba empezando a comprender las pérdidas por histéresis y corrientes de Foucault. Lo mismo sucedía con la reactancia del inducido. Forbes no había tenido la oportunidad de tomar conciencia de estos problemas.

El diseño de Forbes

El Gráfico 2 muestra el alternador de Forbes. Representaba cierta desviación de los alternadores de la época. Sería una máquina bifásica, de 20,000 V, con un eje vertical y un campo externo, giratorio de tipo paraguas. Prácticamente todos los alternadores en aquel momento eran horizontales y tenían inducidos que giraban dentro de los polos del campo estacionario. La máquina Forbes tendría ocho polos, en los cuales la velocidad de la turbina de 250 rpm produciría una frecuencia de 16.67 Hz. La armadura también tenía un orificio de acceso en su centro para permitir la remoción del eje conductor del pozo de rueda. Esto generaba un inducido bastante pequeño, sin demasiada área para la disipación de calor. Había una bobina de inducido por polo, en ranuras abiertas. Los conductores de inducidos, aislados con una sustancia llamada *Woodite*, debían ser enfriados por aceite forzado.

La configuración de paraguas era posiblemente la característica física más inusual del alternador, pero no era completamente idea de Forbes. Coleman Sellers, el ingeniero mecánico jefe, explicó el razonamiento de la siguiente manera. Las turbinas se pidieron y su construcción se puso en marcha antes de que el sistema de CA fuera el elegido. A Sellers le preocupaba el peso en los cojinetes de la turbina producidos por el eje de 100 pies. En el diseño original, se incluyó un volante separado para ayudar al regulador a controlar la velocidad durante las fluctuaciones de carga. Este volante se hace evidente en los primeros planos de propuesta. Eliminar un volante separado reduciría significativamente el peso. Sellers pidió a los fabricantes eléctricos que construyeran el impulso adicional que el volante habría producido en sus máquinas.

Cuando lo lograron como Coleman lo deseaba, fue su idea usar el campo rotativo externo del alternador para producir el impulso requerido. Es lamentable que Sellers tomara esta decisión, dado el limitado espacio físico que dejó para el inducidor en el centro de la máquina. Sin embargo, estaba extremadamente preocupado por el correcto manejo de los reguladores



Dr. Coleman Sellers Watching the Operation of the Faesch and Piccard Governors Used on the First Three Turbo-generator Power Units in Power-house Number One

gráfico 3. Coleman Sellers observando el funcionamiento de los reguladores (De E.D. Adams, *Niagara Power*, volumen 2, Cataratas del Niágara, Nueva York: Niagara Falls Power Company, 1927).

(véase el Gráfico 3). Cuando se construyó Power House 2, cinco años más tarde, las primeras seis unidades fueron casi idénticas a las de Power House 1. Los cinco últimos, sin embargo, fueron construidos con campos de rotación internos, porque "las mejoras en los reguladores de rueda hidráulica han permitido el menor efecto de rueda volante" (Buck 1902).

El razonamiento de Forbes para usar una corriente bifásica fue que el sistema bifásico de cuatro hilos era como usar dos circuitos monofásicos independientes, con la ventaja añadida de que se podía producir un campo magnético rotativo (como sucedería con tres fases) para el uso de motores de inducción. Pero no había cargas polifásicas en 1893, ni bifásica ni trifásica. El motor de Tesla aún estaba en desarrollo. La iluminación era la única carga importante y era, por supuesto, monofásica por naturaleza y como tal era prácticamente imposible garantizar las cargas equilibradas de iluminación. Si los circuitos eran monofásicos independientes, el desequilibrio no sería el problema que hubiera sido en un sistema polifásico. El desequilibrio era otra área donde había poco conocimiento.

También estaba la cuestión de la regulación de la tensión. En general, la regulación del alternador era deficiente, donde el 20-30% era aceptable. Los alternadores se combinaban con frecuencia de manera similar a los generadores de corriente continua, utilizando conmutadores para colocar una parte de la ca del inducido rectificada en serie con el campo principal. Pasarían diez años antes de que se utilizaran reguladores automáticos confiables para resolver el problema de la caída de la tensión. Damos esto por sentado hoy, pero en 1895, la regulación de la tensión era una preocupación seria. El uso de un sistema de dos fases redujo la gravedad del problema porque los circuitos monofásicos se podían alimentar de forma independiente.

Forbes pidió 16.67 Hz para utilizar un motor de corriente continua modificado como motor síncrono. Estos hubieran sido bastante similares a los llamados motores universales, motores de corriente continua en corriente alterna. Este tipo de motor llegó a ser utilizado ampliamente en los sistemas monofásicos de tracción. Al leer sus artículos, se tiene la impresión de que, aunque Forbes fue un gran defensor de la CA, cuanto más cerca estaba la frecuencia a 0 Hz, más le gustaba.

Forbes cree que "una presión adicional alta" para la generación era el mejor enfoque. Aunque originalmente propuso un sistema de 2,000 V a INC, en su nuevo diseño de alternador, pidió 20,000 V. Esto habría eliminado la necesidad de transformadores. Incluso recomendó utilizar 20,000 V "para las fábricas dentro de una distancia de una milla" (*The Electrician* 1893, pág. 99). No menciona cómo habría alimentado un motor de inducción de 5 caballos de fuerza con 20,000 V. Tal vez hubiera utilizado un conjunto M-G en lugar de un transformador.

Con respecto al bobinado del inducido, Forbes dijo que su diseño limitaba el número de bobinas "con el fin de dar la mejor garantía de buen funcionamiento paralelo". No dijo nada sobre el hecho de que estaba usando un diseño de una ranura por polo, probablemente porque era el diseño estándar en ese momento. Para el aislamiento utilizó Woodite, que "no descompondría para asegurar un mayor aislamiento y preservar el material de aislamiento" (*The Electrician* 1893, pág. 121). Woodite se describe en un diario técnico de la época como un material de embalaje elástico de carácter fibroso, que consiste de una parte de goma de la India y está destinado a revestir los cascos de los buques de guerra para asegurar el taponamiento temporal de los agujeros hechos por disparos.

En una reunión de la Institución de Ingenieros Eléctricos en 1893 para discutir el artículo de Forbes, sus pares no

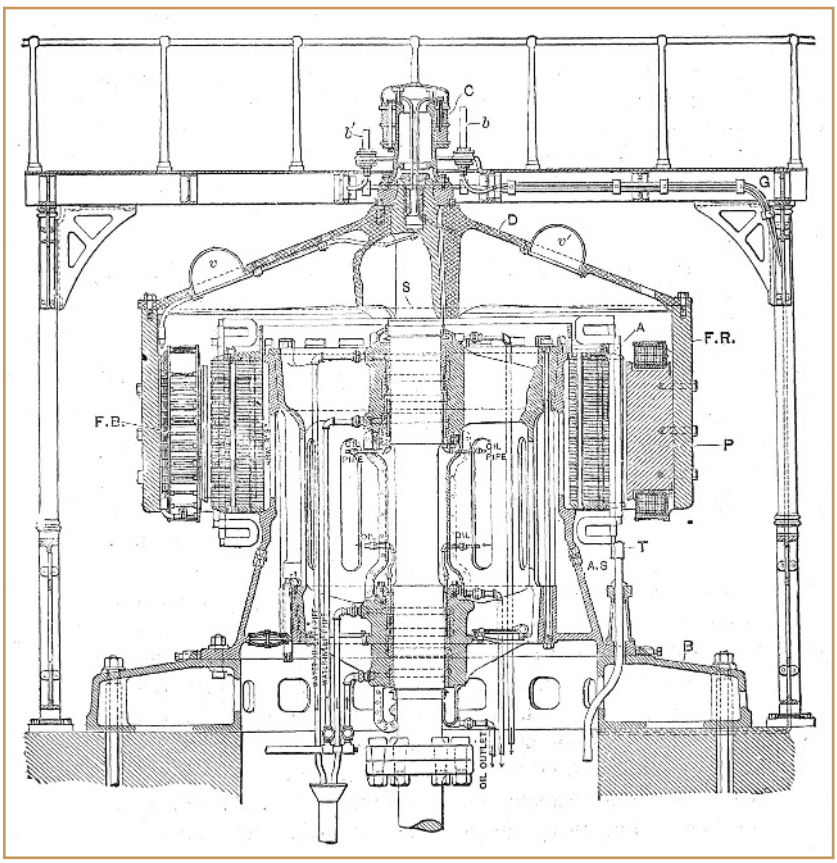


gráfico 4. Diseño del alternador de Lamme (De L.B. Stillwell, "The Electric Transmission of Power from Niagara Falls", *Transacciones del Instituto Estadounidense de Ingenieros Eléctricos*, enero de 1906).

apoyaban generalmente sus propuestas. Algunos fueron francamente hostiles. Varios de ellos eran prominentes ingenieros del siglo XIX: W.H. Mordey, Gisbert Kapp, Silvanus P. Thompson y Sebastian de Ferranti. Generalmente, ellos no estaban de acuerdo con el uso de una baja frecuencia y expresaron la opinión que los alternadores en paralelo ya no eran un problema grave. Algunos indicaron que tres fases eran mejores que dos fases, sobre todo porque la intención era transmitir energía por 20 millas a Buffalo. Cuando se trataba de los motores, se creía que el uso de motores de inducción era la mejor opción. En una carta, C.E.L. Brown, quien llegaría a formar Brown Boveri, declaró que, "respecto a los transformadores, una alta frecuencia era sin duda la mejor". En conclusión, dijo, "aparentemente, el peor diseño posible para los dínamos había sido seleccionado" por Forbes.

En gran parte, Forbes no se inmutó por ningún argumento en contra de su diseño. Expresó "nada más que tristeza por el hecho de que los diversos oradores no pudieron tomar una visión completa del tema". Terminó diciendo "que ahora no tenía ni una partícula menos de confianza en su diseño que antes de que tuviera lugar la discusión".

Realmente no sería problema cómo Forbes se sentía de todos modos; los ingenieros de Westinghouse se encontraban rediseñando el alternador de Forbes para el momento en que presentaba su trabajo.

Diseño de Lamme

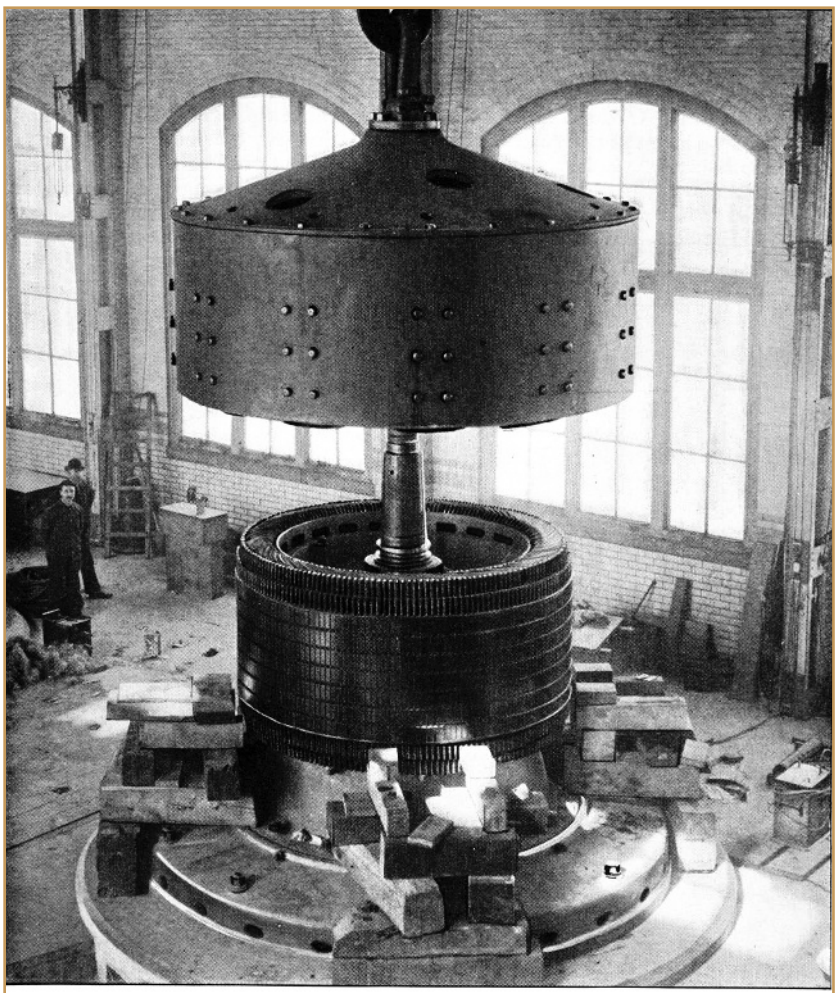
Nacido el 12 de enero de 1864 cerca de Springfield, Ohio, Benjamin G. Lamme se graduó de la Universidad Estatal de Ohio en 1888 con el título de ingeniero mecánico. Comenzó a trabajar para Westinghouse el 1.° de mayo de 1889 y fue ascendido a ingeniero asistente principal en 1900 y a ingeniero jefe en 1903. Mantuvo este puesto hasta 1924. Lamme fue miembro del Instituto Estadounidense de Ingenieros Eléctricos y recibió la Medalla Edison en 1919.

El diseño del alternador de Lamme se muestra en el Gráfico 4, y el Gráfico 5 muestra el campo giratorio externo levantado por encima del inducido estacionario central. El Gráfico 6 muestra el inducido siendo bobinado en el sitio.

A petición de Adams, el presidente de la Cataract Company, Lamme escribió una descripción de sus ideas para el diseño del alternador del Niágara, "Early Work on First 5000 Horsepower Alternators", publicado en la página 409 del volumen 2 de *Niagara Power.* Los siguientes detalles fueron tomados de dicho escrito.

Lamme comienza diciendo: "El diseño original del profesor Forbes es bastante interesante, desde el punto de vista actual, especialmente al indicar el grave error que se habría cometido si se hubiera adoptado tal como estaba. Incluía muchas características que entonces no tenían precedentes, y hoy se sabe que son completamente impracticables". Lamme luego realizó anotaciones sobre el diseño de Forbes al tiempo que Westinghouse trabajaba en una oferta. Él los usó como base para su artículo.

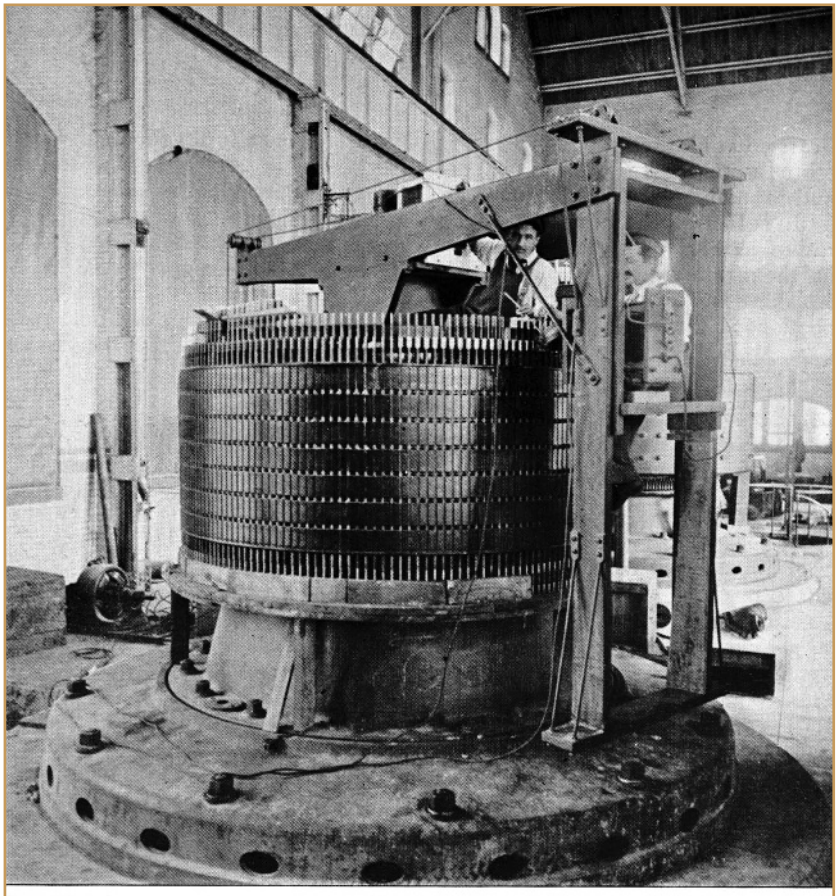
Según Lamme, la frecuencia de 16.67 Hz elegida por Forbes no era viable porque era demasiado baja para proporcionar un rango de velocidad razonable para los motores de inducción. En nuestro sistema actual de 60 Hz, el motor de inducción más común es una máquina de cuatro polos con una velocidad máxima (síncrona) de 1,800 rpm. Con 16.67 Hz, la velocidad síncrona



A FIELD RING READY TO BE LOWERED ON A GENERATOR SHAFT.

gráfico 5. El diseño de paraguas de campo descendido sobre el inducido (De *The Harnessing of Niagara,* Londres: Cassier Company, 1899).

de esta máquina de cuatro polos era de 500 rpm. Esta velocidad es demasiado baja para ser utilizada como motor de uso general. Westinghouse hubiera preferido una frecuencia de 30 Hz. Ya tenían diseños basados en 30 Hz. Pero la velocidad de 250 rpm de las turbinas no permitiría esta frecuencia. Tanto Forbes como Westinghouse fueron firmes en sus elecciones.



ELECTRICALLY SOLDERING THE CONNECTIONS OF AN ARMATURE WINDING.

gráfico 6. El inducido siendo bobinado en el sitio (De *The Harnessing of Niagara*, Londres: Cassier Company, 1899).

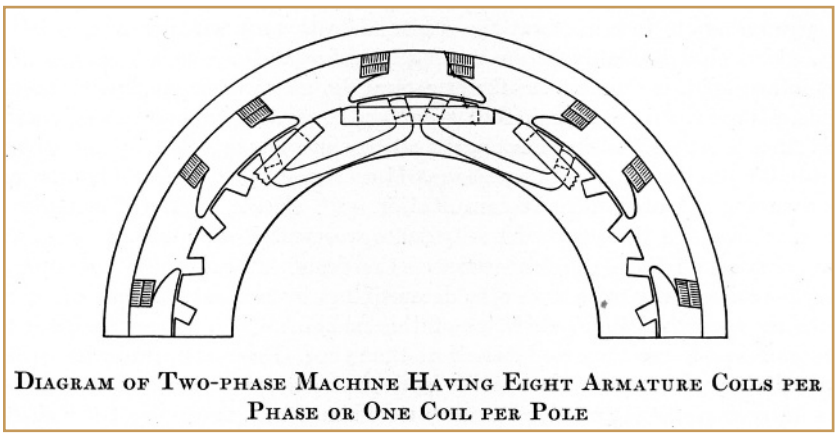


DIAGRAM OF TWO-PHASE MACHINE HAVING EIGHT ARMATURE COILS PER PHASE OR ONE COIL PER POLE

gráfico 7. Inducido de Forbes: una ranura por polo (De E.D. Adams, *Niagara Power*, volumen 2, Cataratas del Niágara, Nueva York: Niagara Falls Power Company, 1927).

Westinghouse presionaba por el diseño de 16 polos porque su frecuencia era muy similar a su estándar. En una reunión en la ciudad de Nueva York, donde el contingente de Westinghouse y Forbes recibieron un festín de alimentos y bebidas y las mejores habilidades de negociación de Adams, se llegó a un acuerdo para la máquina de 12 polos. La frecuencia sería de 25 Hz. Esta frecuencia se convirtió en el estándar en la mayoría de las ciudades industriales en el noroeste de los Estados Unidos y Canadá. Sin embargo, con los motores reemplazando a las máquinas de vapor casi por completo hacia la década de 1930, se observó que, a 25 Hz, un motor de cuatro polos a 750 rpm no era adecuado para cargas que requieren menos de 100 caballos de fuerza. Excepto por algunas bases de resistencia, como el sistema de ferrocarril eléctrico monofásico entre Nueva York, Washington, D.C. y Harrisburg, Pensilvania, esta frecuencia se extinguió casi por completo en la década de 1990.

La frecuencia de Forbes tampoco era apta para convertidores síncronos, que Westinghouse tenía en desarrollo en ese momento. Estas máquinas se usaron para convertir CA a CC en un aparato. Cientos de estas máquinas se utilizarían en las industrias electroquímicas y ferrocarriles de la calle, donde el uso de la CC era la única opción en el momento.

La tensión del alternador y la regulación de la tensión también fueron puntos de litigio. Citando a Lamme: "El tipo de bobinas de inducido propuestas, el número y la disposición de las bobinas, las enormes ranuras de inducidos necesarias, el método de disipación del calor de estas bobinas, los arreglos de aislamiento, etc., estuvieron sujetos a un ataque severo" por los ingenieros de Westinghouse . Lamme se refirió al inducido de 20,000 V propuesto por Forbes como "enormemente alto". Lamme usó 2,300 V, un valor similar al que Westinghouse había estado usando en sus alternadores monofásicos. Las enormes bobinas eran propensas a sobrecalentarse debido a



Join your colleagues at the 2018 IEEE International Forum on Smart Grids for Smart Cities (SG4SC) that will be held November 26 through November 28 this year at Thor Central, EnergyVille, **Genk, Belgium.**



Learn from experts in energy, telecommunications, and computing disciplines as we address some of challenges and opportunities that arise from convergence of data and energy infrastructures to enable a better life for the citizens in smart cities.

Panel topics will include:

- Solar and renewables in the city
- Multi-carrier energy systems and storage
- Machine learning for smart grids
- Electromobility
- Cybersecurity
- New roles in the grid, customer engagements
- Smart cities in developing countries
- Smart cities: living labs, training and education



Register before 15 October 2018 to receive early bird pricing

Support opportunities are still available
Visit **ieeesg4sc.org** for more information

IEEE SMARTGRID IEEE

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2844420

THE IEEE APP:
Your mobile gateway to IEEE.



Download now and get IEEE at your fingertips.

Download on the App Store
GET IT ON Google Play

IEEE

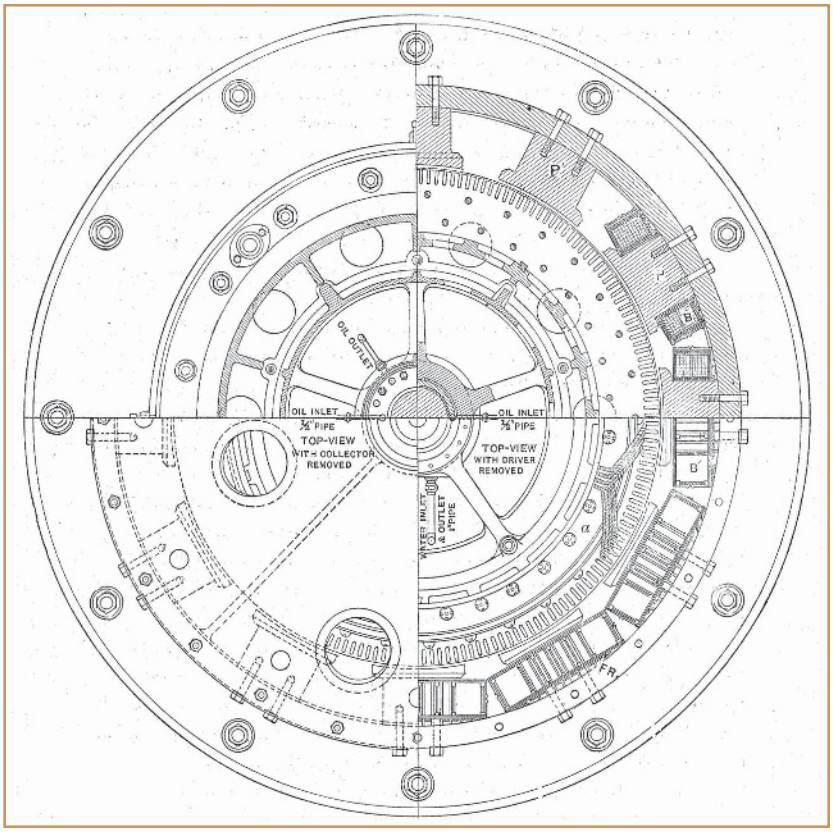


gráfico 8. El inducido de Lamme: 11.6825 ranuras por polo (De L.B. Stillwell, "The electric transmission of power from Niagara Falls", *Transacciones del Instituto Estadounidense de Ingenieros Eléctricos*, enero de 1906).

las corrientes de Foucault, un fenómeno que apenas comenzaba a entenderse al punto en que las pérdidas podían ser calculadas.

Lamme escribió que la reacción del inducido "no se entendía bien en ese momento. Todavía se sabía suficiente para indicar que la cantidad relativamente pequeña de bobinas de inducido... y la fuerza magnetomotriz de alta inducción daría como resultado... muy poca regulación". De acuerdo con el artículo mencionado anteriormente, el diseño de Lamme tenía 187 ranuras con dos conductores de cobre de 1-11/32 pulgadas × 7/16 pulgadas en cada ranura. Por lo tanto, para su máquina de 25 Hz y 16 polos, había 11,6825 ranuras por polo en lugar de una ranura por polo para el dínamo de Forbes.

Lamme continúa diciendo que "en las tres características fundamentales de calefacción, aislamiento y regulación" estas máquinas, de la forma en la que estaban construidas, fueron "muy diferentes del el diseño original". La prueba de la adecuación del diseño radica en el hecho de que, cuando Lamme escribió esto en 1920, "estas máquinas habían funcionado con éxito por unos veinticinco años".

El Gráfico 7 muestra el diseño de Forbes del inducido interno que utilizaría bobinados concentrados, una ranura por polo. Esto era típico de los alternadores usados en ese momento. El Gráfico 8 muestra el diseño de Lamme utilizando bobinados distribuidos, una técnica que se convertiría en el estándar en prácticamente todas las máquinas modernas.

Mecánicamente, había pocas diferencias en los dos diseños. Eléctricamente, eran mundos aparte. La principal diferencia fue el uso de bobinados distribuidos en el diseño del inducido. Aunque los alternadores diseñados por Westinghouse fueron un éxito, no

College of Engineering, Computing and Applied Science

Faculty Search for Warren H. Owen Distinguished Professor
in Electrical & Computer Engineering with a focus in Power Electronics and Drives

Applications and nominations are sought for the Warren H. Owen Distinguished Professor in Electrical and Computer Engineering at Clemson University (http://www.clemson.edu/ece/). The candidate's teaching and research should encompass a broad range of topics related to power electronics, including power electronic devices, converter topologies, control, electrical drive systems and energy storage systems. In addition, the ideal candidate should have a solid understanding of the cyber-infrastructure related areas of power electronic systems such as embedded controller systems, networking, and communication and sensing. The person filling the position will hold a senior faculty position in the Holcombe Department of Electrical and Computer Engineering and will be located on Clemson's main campus in Clemson, SC.

The Holcombe Department of Electrical and Computer Engineering is one of the largest and most active departments at Clemson, with over 35 primary faculty positions and 14 affiliated full-time faculty members, approximately 550 undergraduates and 190 graduate students. The main campus includes state-of-the-art real-time simulation facilities for research in intelligent control of the electric grid, a modern power-electronics laboratory, and a thriving undergraduate and graduate emphasis in power systems. There are also power system facilities at the Clemson University Restoration Institute (CURI) in N. Charleston SC, that are associated with the department. CURI houses a $98M power facility initiated in 2009 from a $45M Department of Energy grant. The facility includes the SCE&G Energy Innovation Center which contains the world's most-advanced wind-turbine drivetrain testing facility capable of full-scale highly accelerated mechanical and electrical testing of advanced drivetrain systems for wind turbines. The SCE&G Energy Innovation Center also houses the Duke Energy Electrical Grid Research Innovation and Development (eGRID) Center, a facility with real-time simulation and 20MVA hardware-in-the-loop capability.

Clemson University is the largest land-grant institution in South Carolina, enrolling 18,600 undergraduates and 4,800 graduate students. Seven colleges house strong programs in architecture, engineering, science, agriculture, business, social sciences, arts and education. A faculty of 1,500 and staff of 3,700 support 84 undergraduate degree offerings, 73 master's degree programs and 40 Ph.D. programs. An annual operating budget of approximately $1.1.5 billion and an endowment of $683 million fund programs and operations. The University has externally funded research expenditures of $109 million per year. Research and economic development activities are enhanced by public-private partnerships at 4 innovation campuses and 6 research and education centers located throughout South Carolina. Clemson University is ranked 23rd among national public universities by U.S. News & World Report.

Applicants must have an earned doctorate in Electrical Engineering or a closely related field. Application material should be submitted electronically at the following Web link:

http://apply.interfolio.com/52850

To ensure full consideration, applicants must apply by November 15, 2018; however, the search will remain open until the position is filled.

Clemson University is an AA/EEO employer and does not discriminate against any person or group on the basis of age, color, disability, gender, pregnancy, national origin, race, religion, sexual orientation, veteran status or genetic information. Clemson University is building a culturally diverse faculty committed to working in a multicultural environment and encourages applications from minorities and women.

se repitieron fuera de lo que se conoció como las Plantas Número 1 y 2 de Adams. En 1905, una tercera planta se encontraba en funcionamiento en el lado canadiense del río Niágara. Para entonces, los alternadores eran trifásicos y eléctricamente no se podían distinguir de las máquinas modernas. Las tres plantas estaban conectadas por una línea de unión que cruzaba el río en el puente Upper Arch. Para entonces, Charles Scott había inventado la conexión de Scott para permitir que los alternadores de dos fases se conectaran con las máquinas canadienses y la línea de transmisión trifásica a Buffalo (véase C.A. Woodworth, "Interconexión de la CA de Canadá-EE. UU.", *IEEE Power & Energy Magazine*, volumen 14, n.º 4, julio de 2016).

Lecturas complementarias

The Harnessing of Niagara (El cableado del Niágara). Londres: Cassier Company, 1899.

The Niagara Falls Electrical Handbook (El manual eléctrico de las Cataratas del Niágara). Cataratas del Niágara, Nueva York: AIEE, 1904.

E.D. Adams, *Niagara Power* (La potencia del Niágara), volúmenes 1 y 2. Cataratas del Niágara, Nueva York: Niagara Falls Power Company, 1927.

(Enero, 1892-1895) *The Electrical Engineer (El ingeniero eléctrico)* [En línea]. *XVII*. Disponible en: http://www.thaddeuslowe.name/Electrical_Engineer.pdf

C. Sellers (Junio de, 1898). Some of the mechanical features of the power development at Niagara Falls (Algunas de las características mecánicas del desarrollo de energía en las Cataratas del Niágara). *Trans. Am. Soc. Ing. Mec.* [En línea]. *XIX*, págs. 839-880. Disponible en: https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015023119491;view=1up;seq=877

L.B. Stillwell, "The electric transmission of power from Niagara Falls" (La transmisión eléctrica de potencia de las Cataratas del Niágara), *Trans. Am. Inst. Electr. Ing.*, vol. XVIII, págs. 444-544, enero de 1906.

H. C.Passer, *The Electrical Manufacturers (Los fabricantes eléctricos), 1875-1900.* Cambridge, Massachusetts: Harvard Univ. Press, 1953.

G. Forbes, "Harnessing Niagara" (El cableado del Niágara), *Blackwood's Mag.*, vol. CLVIII, pág. 430, sept. de 1895.

E.A. Le Sueur, "Professor Forbes on 'Harnessing Niagara'" (El profesor Forbes sobre "El aprovechameinto del Niágara"), *Popular Sci. Mensual*, vol. 48, págs. 198-204, dic. de 1895.

H. W. Buck, "The new generating plants of the Niagara Falls Power Company" (Las nuevas plantas generadoras de la Niagara Falls Power Company), *Trans. AIEE*, pág. 770, 1902.

The Electrician (El electricista), vol. 32. Londres: Bouverie House, 1893.

clave para la planificación

flujo de carga y herramientas óptimas de flujo de potencia

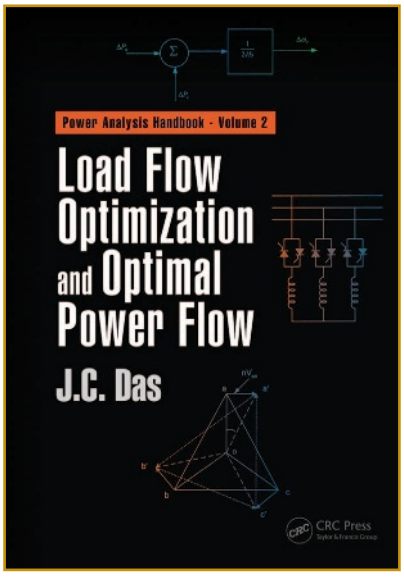
EL LIBRO RESEÑADO EN ESTA edición, *Optimización del flujo de carga y flujo de potencia óptimo*, de J.C. Das, aborda el modelado de sistemas y las diferentes técnicas de solución para el flujo de carga y flujo de potencia óptimo. El reseñador llama al texto "un gran libro para ingenieros en sistemas de potencia involucrados en flujos de potencia y los estudios de flujos de potencia óptimos".

Optimización del flujo de carga y flujo de potencia óptimo

Por J.C. Das

El sistema de transmisión actual está acentuado por el aumento en el uso y un mercado cambiante. Por ejemplo, los cambios están sucediendo debido a

- ✔ crecimiento de los recursos variables de energía, como la generación eólica, situados normalmente lejos de centros de carga
- ✔ trabajo de mantenimiento de sistemas comprimido en unos pocos meses para minimizar un impacto adverso al mercado, al tiempo que evita interrupciones durante periodos críticos de funcionamiento
- ✔ restricciones por la disminución en la capacidad y el reemplazo de la infraestructura antigua
- ✔ transferencias energéticas en rápido aumento, ya que la energía se compra y vende para cumplir con la carga, especialmente durante épocas de escasez de combustible o de diferencias importantes de precio entre los sistemas
- ✔ características fluctuantes de la demanda, y uso creciente de la respuesta a la demanda e instalaciones adicionales de recursos energéticos distribuidos
- ✔ el retiro de las antiguas instalaciones de generación ubicadas cerca de centros de carga.



Como resultado de estos cambios, la complejidad de los estudios del sistema de potencia está aumentando, y el número de estudios está creciendo exponencialmente. El flujo de carga y el flujo de potencia óptimo son dos de las herramientas más importantes utilizadas para los estudios de operación y planificación del sistema de potencia. Este libro es una lectura obligada para aquellos interesados en aprender integralmente todos los aspectos de estas herramientas vitales.

El texto cubre completamente el modelado del sistema y las diferentes técnicas de solución para el flujo de carga y el flujo de potencia óptimo, comenzando con las técnicas de pronóstico de carga, como el análisis de regresión y el ajuste de curvas. Luego, cubre los fundamentos del control de generación automática y los mecanismos de control de frecuencia de carga. El libro también discute los efectos de la frecuencia y el intercambio en caso de error de control de área.

Se presentan técnicas para el modelado en detalle de circuitos de transmisión de CA, CC de alto voltaje, transformadores, desfasadores, motores de CA, y dispositivos de sistema de transmisión de CA flexible. El texto abarca de forma exhaustiva los dispositivos de control de potencia reactiva y los medios para realizar estudios críticos del sistema para mantener perfiles de voltaje seguros.

Se presentan diferentes técnicas para resolver el flujo de carga, incluyendo métodos de Gauss, Gauss-Seidel, Newton-Raphson, formulación

(continúa en la pág. 127)

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2819039
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018

Holcombe Department of Electrical and Computer Engineering

Faculty Search for Assistant or Associate Professor in Power Systems or Power Electronics
Clemson University Charleston Innovation Campus, N. Charleston, SC

Applications and nominations are sought for an Assistant or Associate Professor of Electrical and Computer Engineering (http://www.clemson.edu/ece/) in electrical power engineering at the Zucker Family Graduate Education Center (ZGEC) of Clemson University's Charleston Innovation Campus in N. Charleston, SC (https://www.clemson.edu/cecas/departments/charleston/). Consideration will be given to candidates with teaching and research in topics related to power engineering with a focus on either 1) Intelligent Distribution Systems applications in power systems or 2) Power Electronic converters, devices and applications in power systems. In addition, the ideal candidate should have a solid understanding of the electrical drive systems and wide-bandgap power electronic devices and converters. In either case, a solid understanding of the cyber-infrastructure related areas of power systems such as embedded systems, cybersecurity, networking, and remote sensing will be beneficial.

The Holcombe Department of ECE is one of the largest and most active departments in the University, with 35 primary faculty positions and 14 affiliated full-time faculty members, approximately 550 undergraduates and 190 graduate students. Annual research expenditures exceed $8.6 million. Power engineering research facilities associated with the Department include those on the Clemson main campus and at the Charleston Innovation Campus. The Innovation Campus houses a $110M electric power research facility initiated in 2009 from a $45M Department of Energy grant. It includes the SCE&G Energy Innovation Center, which contains the world's most-advanced wind-turbine drivetrain testing facility capable of full-scale highly accelerated mechanical and electrical testing of advanced drivetrain systems for wind turbines. The SCE&G Energy Innovation Center also houses the Duke Energy Electrical Grid Research Innovation and Development (eGRID) Center, a facility with real-time simulation and 20MVA hardware-in-the-loop capability. The Clemson main campus includes state-of-the-art real-time simulation facilities for research in intelligent control of the electric grid, a modern power-electronics laboratory, and a thriving undergraduate and graduate emphasis in power systems.

Clemson University is the largest land-grant institution in South Carolina, enrolling 18,600 undergraduates and 4,800 graduate students. Seven colleges house strong programs in architecture, engineering, science, agriculture, business, social sciences, arts and education. A faculty of 1,500 and staff of 3,700 support 84 undergraduate degree offerings, 73 master's degree programs and 40 Ph.D. programs. An annual operating budget of approximately $1.15 billion and an endowment of $683 million fund programs and operations. The University has externally funded research expenditures of $109 million per year. Research and economic development activities are enhanced by public-private partnerships at 4 innovation campuses and 6 research and education centers located throughout South Carolina. Clemson University is ranked 23rd among national public universities by U.S. News & World Report.

Applicants must have an earned doctorate in Electrical Engineering or a closely related field. Application material should be submitted electronically at the following Web link:

apply.interfolio.com/39804

To ensure full consideration, applicants must apply by November 15, 2018; however, the search will remain open until the position is filled.

Clemson University is an AA/EEO employer and does not discriminate against any person or group on the basis of age, color, disability, gender, pregnancy, national origin, race, religion, sexual orientation, veteran status or genetic information. Clemson University is building a culturally diverse faculty committed to working in a multicultural environment and encourages applications from minorities and women.

Premios de la PES

felicitaciones a los ganadores de 2018

LA POWER & ENERGY SOCIETY del IEEE (PES, por sus siglas en inglés) está orgullosa de anunciar a los premiados al nivel de la Sociedad en 2018. Los ganadores son seleccionados mediante un proceso de nominación y evaluación integral. Únase a nosotros para felicitar a los premiados de este año por sus logros excepcionales.

Premio de la PES del IEEE a la Excelencia en Ingeniería de Distribución de Potencia

- ✔ Daniel Sabin, en reconocimiento a las contribuciones en el monitoreo de la calidad de la energía y los indicadores relacionados para la localización de fallas en los sistemas de distribución.

Premio Charles Concordia de Ingeniería de Sistemas de Potencia de la PES del IEEE

- ✔ Carson Taylor, por sus contribuciones a la ingeniería y el despliegue de sistemas de control y soluciones para mejorar la estabilidad de las redes de potencia.

Premio Yu-Hsiu Ku de Ingeniería Eléctrica de CSEE de la PES del IEEE

- ✔ Shirang Wei, por sus innovadoras contribuciones en generación de energía limpia y eficiente, la limpieza con bola de hule, la modernización de las unidades antiguas, la gasificación de carbón y el diseño y optimización de procesos de GICC.

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2844422
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018

Premio Cyril Veinott de Conversión de Energía Electromecánica de la PES del IEEE

- ✔ Steven Pekárek, por contribuciones al modelado y diseño de maquinaria eléctrica.

Premio Douglas M. Staszesky de Automatización de la Distribución de la PES del IEEE

- ✔ Michael Simms, por su liderazgo en el avance de la verificación de la medición de voltaje y voltaje reactivo para la operación y automatización de sistemas de distribución.

Premio al Servicio Meritorio de la PES del IEEE

- ✔ John Paserba, por sus constantes contribuciones técnicas y profesionales para la industria energética y la PES.

Premio Nari Hingorani FACTS de la PES del IEEE

- ✔ Bruce Fardanesh, por la investigación, diseño e implementación del compensador estático convertible.

Premio al Educador de Ingeniería de Potencia Destacado de la PES de la IEEE

- ✔ Antonio Conejo, por sus contribuciones en la educación para herramientas analíticas y métodos para mercados de electricidad.

Premio al Ingeniero Joven Destacado de la PES del IEEE

- ✔ Ali Mehrizi-Sani, por contribuciones al control y gestión de los recursos energéticos renovables.

Premio Prabha S. Kundur de Dinámica y Control de Sistemas de Potencia de la PES del IEEE

- ✔ Vijay Vittal, por su contribución a las técnicas analíticas para el análisis, mejora, resistencia y control del rendimiento dinámico del sistema de potencia.

Premio Ramakumar Family a la Excelencia de Energía Renovable de la PES del IEEE

- ✔ Nicholas Miller, por el modelado, análisis de rendimiento y desarrollos de control avanzado de generadores eólicos y la integración renovable a gran escala.

Premio Robert Noberini a Contribuciones Distinguidas al Profesionalismo en Ingeniería de Potencia de la PES del IEEE

- ✔ Elizabeth Johnston, por el avance en iniciativas profesionales, técnicas y humanitarias.

Premio Roy Billinton de Confiabilidad en Sistemas Energéticos de la PES del IEEE

- ✔ George Anders, por sus contribuciones en el desarrollo de

2018 APPEEC

Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference

EMBRACING CHALLENGES for Power Engineering Sustainability

The 10th IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference 2018 (APPEEC) will be held at Hilton, Kota Kinabalu, Sabah, MALAYSIA on 7-10 October 2018. The aim of the conference is to provide a premier platform for electrical engineers and researchers to present their works and to share experiences and ideas in power and energy engineering with experts and scholars from around the world. Started in Wuhan in 2009, APPEEC is now an annual power engineering conference organized in Asia-Pacific Region.

Plan to attend the premier conference for electrical engineers and researchers to present their works and to share experiences and ideas in power and energy engineering with experts and scholars from around the world.

Attendees will enjoy:

- International speakers
- Tutorial sessions
- Technical exhibition
- Professional networking
- Technical paper presentations



IEEE PES Power & Energy Society®

IEEE

For more information, visit **sites.ieee.org/appeec-2018** or email appeec2018@gmail.com

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2860358

modelos probabilísticos en la planificación de sistemas de potencia y la vida restante del equipo.

Premio Uno Lamm de Corriente Continua de Alta Tensión de la PES del IEEE

- ✔ Hong Rao, por sus innovadoras contribuciones a la tecnología de CC de tensión ultra alta y la optimización de soluciones de operación híbrida CA/CC.

Premio de Trabajo Premiado de la PES del IEEE

- ✔ Emilio Barocio, Bikash C. Pal, Nina F. Thornhill y Arturo Roman Messina, "Un marco de descomposición de modo dinámico para el análisis de la oscilación del sistema de potencia global".

Premio de Trabajo Premiado de la PES del IEEE

- ✔ Wilson Xu, Tianyu Ding, Xin Li y Hao Liang, "Condensadores de derivación libres de resonancia: configuraciones, métodos de diseño y análisis comparativo".

Premio de Reconocimiento al Grupo de Trabajo de la PES del IEEE—Estándar o Guía Excepcional

- ✔ Roger Whittaker, presidente del grupo de trabajo, y Adi Mulawarman, vicepresidente del grupo de trabajo, "IEEE C37.119-2016, Guía del IEEE para la Protección contra fallas del interruptor en disyuntores del circuito de potencia".

Premio de Reconocimiento al Grupo de Trabajo de la PES del IEEE—Informe Técnico

- ✔ Nikos Hatziargyriou, presidente del grupo de trabajo, "PES-TR22, por su contribución al control y estabilidad del sistema a gran escala mediante recursos energéticos distribuidos y conectados a la red de distribución".

reseñas de libros *(continuación de la pág. 123)*

rectangular, forma polar de formulación y desacoplados rápidos. También se discuten los detalles de la técnica de factorización triangular para descomponer la matriz jacobiana a fin de resolver problemas del sistema de potencia.

El libro cubre el modelado de sistemas de potencia equilibrados y no equilibrados. En un sistema no equilibrado, como un sistema de distribución, una representación de las tres fases individuales en un flujo de carga es fundamental para analizar el sistema. El texto aborda el modelado de transformadores, cargas, derivaciones y generadores trifásicos para el flujo de carga trifásico.

Se explica la teoría de optimización de flujo de potencia óptimo, y se incluyen demostraciones del teorema de Taylor. Se discute cómo modelar las restricciones en el problema de optimización general y también se presentan técnicas de búsqueda para encontrar la solución óptima. Se muestran y explican en detalle la programación lineal, cuadrática, dinámica y de números enteros, además de las técnicas de optimización heurísticas, tales como los algoritmos genéticos, la búsqueda tabú, optimización por colonia de hormigas y estrategia evolutiva.

Este libro presenta cómo aplicar las técnicas de optimización a un sistema de potencia y los medios para formular un flujo de potencia óptimo. Se presenta y desarrolla en su totalidad la función, restricciones y controles objetivos. Se discuten diferentes técnicas de solución para resolver problemas del flujo de potencia óptimo.

En general, este es un gran libro para ingenieros en sistemas de potencia involucrados en flujo de potencia y los estudios del flujo de potencia óptimo. Es un excelente libro de referencia para ingenieros en sistemas de potencia, así como para estudiantes de posgrado en el área de sistemas de potencia. El texto es fácil de leer y presenta principios de modelado y técnicas de solución fácilmente aplicables.

—Ramu Ramanathan





21-25 OCTOBER 2018

Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

Meet your professional colleagues, today's brightest students, and industry experts at the 2018 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe)

This year's conference will bring together researchers and industry experts from Europe and all over the world to provide an international forum to share and discuss issues and developments in the field of smart grid technologies and applications.

You won't want to miss the keynotes, plenary sessions, panels, industry exhibits, paper and poster presentation, and also tutorials by experts on smart grid applications and systems integration.

Support opportunities still available | Visit **sites.ieee.org/isgt-europe-2018** for more information

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2860360



IEEE PES
Power & Energy Society®

IEEE
Advancing Technology for Humanity

BIG SHIFT IN POWER & ENERGY

Conference
19th-23rd March 2019

Exposition
21st-23rd March 2019

Bangkok International Trade & Exhibition Centre (BITEC), Bangkok, Thailand

IEEE PES

GTD Grand International Conference and Exposition Asia 2019
Bangkok, Thailand

IEEE PES PG CONFERENCE & EXPOSITION BANGKOK 2019

2019 IEEE PES
Power Generation Conference and Exposition Asia (PG Asia)

IEEE PES T&D CONFERENCE & EXPOSITION BANGKOK 2019

2019 IEEE PES
Transmission and Distribution Conference and Exposition Asia (T&D Asia)

IEEE PES RE CONFERENCE & EXPOSITION BANGKOK 2019

2019 IEEE PES
Renewable Energy Conference and Exposition Asia (RE Asia)

10,000+ ATTENDEES | 400+ EXHIBITORS | 300+ INTERNATIONAL SPEAKERS | 24 CONFERENCE TRACKS | SUPER SESSIONS | PANEL SESSIONS | FORUM SESSIONS | POSTER SESSIONS | MULTIPLE NETWORKING OPPORTUNITIES

For More Information
Please Visit
www.ieeegt-d.org

CONTACTS

Office of Secretariat for GTD Asia 2019

Mr. Alex Ang
Meeting Matters International, Singapore
Tel. +65 6472 3108 Ext 111
Mobile +65 9189 0822

Mr. Akachai Ponsomboon
N.C.C. Management & Development Co., Ltd., Thailand
Tel. +66(02)229-3350 Fax. +66(02)229-3365
Mobile +66(0)93-195-1549

E-mail: gtdasia2019@gmail.com

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2860379

eventos de la PES

para obtener más información, visite www.ieee-pes.org

EL SITIO WEB DE LA POWER & Energy Society (PES) del IEEE (http://www.ieee-pes.org) presenta una sección de eventos, la cual incluye solicitudes de artículos e información adicional sobre cada uno de los eventos patrocinados por la PES.

Septiembre de 2018

Conferencia y Exposición sobre Distribución y Transmisión en América Latina de la PES del IEEE (T&D LA, por sus siglas en inglés, 2018), 18–21 de septiembre, Lima, Perú, contactar con Alex Arquinego Paz, alex.arquinego@ieee.org, http://ieee-tdla2018.org/

Octubre de 2018

Conferencia de Ingeniería Eléctrica y Energética en Asia-Pacífico de la PES del IEEE (APPEEC, por sus siglas en inglés, 2018), 7–10 de octubre, Sabah, Malasia, contactar con Zuhaina Zakaria, zuhaina@ieee.org, http://sites.ieee.org/appeec-2018/

2.ª Conferencia Internacional sobre Internet de la Energía (EI2, por sus siglas en inglés, 2018), 20–22 de octubre, Pekín, China, contactar con Xinwei Shen, shenxw@tsinghua.edu.cn

Tecnologías de Redes Inteligentes Innovadoras en Europa de la PES del IEEE (ISGT, por sus siglas en inglés, Europa 2018), 21–25 de octubre, Sarajevo, Bosnia y Herzegovina, contactar con Senad Huseinbegovic, shuseinbegovic@etf.unsa.ba, http://sites.ieee.org/isgt-europe-2018/

Noviembre de 2018

Red de Potencia Electrónica del IEEE (eGRID 2018), 12–14 de noviembre, Charleston, Carolina del sur, Estados Unidos, contactar con Johan Enslin, jenslin@clemson.edu, http://www.ieee-egrid.org/2018/

Foro Internacional sobre Redes Inteligentes para Ciudades Inteligentes del IEEE (SG4SC, por sus siglas en inglés, 2018), 26–28 de noviembre, Genk, Bélgica, contactar con Geert Deconinck, geert.deconinck@kuleuven.be, http://www.ieeesg4sc.org/

Diciembre de 2018

Conferencia de Redes Inteligentes en Arabia Saudita (SASG, por sus siglas en inglés, 2018), 11–13 de diciembre, Jeddah, Arabia Saudita, contactar con Bander Allaf, bander@ieee.org, http://saudi-sg.com/

Conferencia Internacional sobre Electrónica de Potencia, Accionamientos y Sistema de Energía del IEEE (PEDES, por sus siglas en inglés, 2018), 18–21 de diciembre, Chennai, India, contactar con Arun Karuppaswamy, akp@ee.iitm.ac.in, www.ee.iitm.ac.in/PEDES2018/

Enero de 2019

Evento del Comité Técnico Mixto de la PES del IEEE (JTCM, por sus siglas en inglés, 2019), 13–17 de enero, condado de Orange, California, Estados Unidos, contactar con Solveig Ward, sward@quanta-technology.com, www.pestechnical.org

Febrero de 2019

Tecnologías Innovadoras de la Red Inteligente de la PES del IEEE (ISGT, por sus siglas en inglés, 2019), 18–21 de febrero, Washington, DC, Estados Unidos, contacto 2019ISGT@ieee.org, http://ieee-isgt.org/

Marzo de 2019

Gran Conferencia y Exposición Internacional Asia 2019 GTD de la PES del IEEE (GTD Asia 2019), 20–23 de marzo, Bangkok, Tailandia, contactar con Nopbhorn Leeprechanon, nopbhorn@engr.tu.ac.th, http://www.ieeegt-d.org/

Mayo de 2019

Conferencia Internacional sobre Máquinas y Accionamientos Eléctricos del IEEE (IEMDC, por sus siglas en inglés, 2019), 11–15 de mayo, San Diego, California, Estados Unidos, contactar con Avoki Omekanda, avoki.omekanda@ieee.org

Tecnologías Innovadoras de la Red Inteligente en Asia de la PES del IEEE (ISGT, por sus siglas en inglés, Asia 2019), 21–24 de mayo, Chengdu, China, contactar con Qi Huang, hwong@uestc.edu.cn

Junio de 2019

14ª Conferencia Internacional sobre Construcción de Transmisión y Distribución, Funcionamiento y Mantenimiento Esencial (ESMO, por sus siglas en inglés, 2019), 24–27 de junio, Columbus, Ohio, Estados Unidos, contactar a Eriks Surmanis, e.surmanis@pdc-cables.com, http://ieee-esmo.com/

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2843738
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018



ESMO 2019 • June 24-27, 2019 l Columbus, OH
New Horizons, Boundless Possibilities

The 2019 IEEE PES 14th International Conference on Transmission & Distribution Construction, Operation & Live-Line Maintenance (ESMO 2019) will take place from June 24-27, 2019, at the Greater Columbus Convention Center in Columbus, OH and at host utility American Electric Power's nearby Outdoor Demonstration area.

ESMO is the premier event for electric utility professionals, contracting, construction and consulting companies who are interested in hands-on solutions for the safe engineering, construction, operation and maintenance of the world's power delivery systems.

EXHIBITORS: ESMO 2019 will feature two days of outdoor field demonstrations and exhibits and a two-day technical program combined with an indoor exhibit area. For more information, please visit ieee-esmo.com/exhibitors.

SAVE THE DATES: June 24-27, 2019! ESMO IS ON!

For Information and Program Updates visit ieee-esmo.com

IEEE prohibits discrimination, harassment and bullying. For more information, visit www.ieee.org/web/aboutus/whatis/policies/p9-26.html.

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2860361

PowerTech Milán del IEEE (PowerTech 2019), 23–27 de junio, Milán, Italia, contactar a Federica Foiadelli, federica.foiadelli@polimi.it, http://ieee-powertech.org/

Agosto de 2019

Reunión General de la PES del IEEE (GM, por sus siglas en inglés, 2019), 4–9 de agosto, Atlanta, Georgia, Estados Unidos, contactar a Matt Stryjewski, matthew.stryjewski@ieee.org

Simposio sobre Tecnologías Navales Eléctricas del IEEE (ESTS, por sus siglas en inglés, 2019), 6–9 de agosto, Washington D.C., Estados Unidos, contactar con Scott Sudhoff, sudhoff@purdue.edu

Septiembre de 2019

Tecnologías de Redes Inteligentes Innovadoras en Europa de la PES del IEEE (ISGT, por sus siglas en inglés, Europa 2019), 29 de septiembre al 2 de octubre, Bucarest, Rumania, contactar con George Cristian Lazaroiu, cristian.lazaroiu@upb.ro



ficativamente, gracias a las tecnologías de iluminación que tienden hacia los diodos emisores de luz y a la aparición de las cargas dinámicas, como los coches eléctricos, que pueden producir y consumir energía. Los operadores de cargas dinámicas se llaman *prosumidores*, un término que entró en el léxico de los sistemas de potencia hace algunos años. De manera más crucial, la introducción del coche eléctrico hará que las cargas domésticas, industriales y comerciales sean más dinámicas, con características espaciales y temporales mucho más pronunciadas que las que vemos hoy. Estamos siendo testigos de un firme compromiso con la descarbonización del transporte, estableciendo a los coches eléctricos como los ganadores. Prácticamente todos los fabricantes de autos líderes tienen programas dedicados al desarrollo de coches eléctricos. Estos cambios deben incorporarse en los nuevos planes de estudio de ingeniería en sistemas de potencia.

Las TIC

Dado que las TIC son vitales para el concepto de redes inteligentes, es fundamental que los ingenieros en sistemas de potencia las comprendan mejor. La mayoría de los dispositivos incorporarán algunas características programables a medida que la sociedad avanza hacia el Internet de las Cosas. Esto permitirá utilizar todo tipo de cargas como recursos potencialmente flexibles para ser desplegados en la optimización de la operación de sistemas para mejorar la seguridad del suministro energético dentro de las limitaciones impuestas por la generación renovable de salida variable.

Una profundización en el programa de estudios de ingeniería de potencia

Los cambios que estamos presenciando en el sector de potencia requieren una revisión fundamental de los programas de estudio de grado y posgrado de ingeniería de potencia actuales para mantener el ritmo. Hay una sensación de que ya podríamos estar detrás de la curva. Tal vez es hora de profundizar en los programas de estudio de los sistemas de potencia eléctrica para modernizar y prepararnos para los futuros sistemas de potencia.

Brecha de habilidades en ingeniería

Existe gran evidencia de que hay una brecha de habilidades en ingeniería. En el Reino Unido, por ejemplo, según una encuesta reciente que abarca los años 2017 a 2024, "se proyecta un crecimiento en la fuerza de trabajo de la ingeniería de potencia de un 6,1% durante el periodo hasta 2024, que creará 2.700 puestos de trabajo y, al mismo tiempo, se proyecta la jubilación del 23.7% de la fuerza laboral, lo cual creará 10.400 puestos laborales más". A la luz de estos acontecimientos esperados, es muy probable que esta brecha sea subestimada en el área de ingeniería en sistemas de potencia.

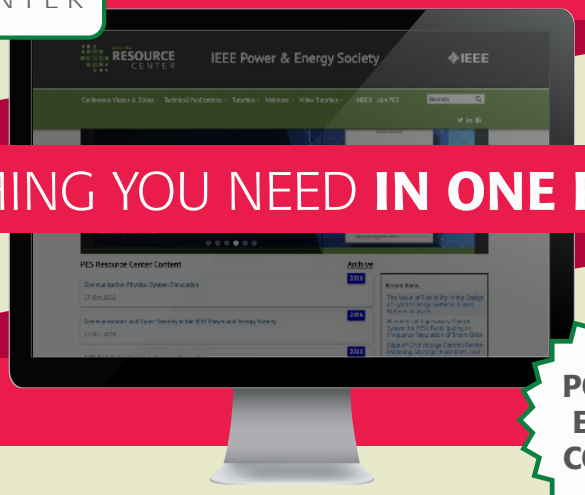
Para solucionar este problema, es hora de considerar cómo se pueden implementar plataformas de educación en línea para enseñar eficazmente la ingeniería de una manera creíble. En la actualidad, existen numerosos recursos en línea que cubren una amplia gama de temas de ingeniería. Sin embargo, todavía hay muchos problemas que deben resolverse si queremos proporcionar una enseñanza de la ingeniería utilizando plataformas en línea. Estos problemas incluyen la credibilidad de los programas, ya que los marcos de acreditación actuales podrían no ser los adecuados para esta forma de entrega y, más importante aún, para los exámenes. Para los programas de ingeniería, la cuestión de cómo tratar con los laboratorios sigue siendo un desafío.

El caso de África

La situación es aún más crítica para África. Según las "Previsiones demográficas mundiales: Revisión de 2015, hallazgos clave y tablas de avance" de las Naciones Unidas, se proyecta que la población de África se duplique a casi 2,500 millones en 2050. Sin innovar la entrega de educación, no será posible dar cuenta de esta población en aumento, cuyos jóvenes se proyecta que representarán el 37% de los jóvenes de todo el mundo para la misma fecha. Según la Directora General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Irina Bokova, "En Namibia, Zimbabwe y Tanzania, hay un ingeniero calificado para una población de 6.000 personas, comparado a un ingeniero por cada 200 personas en China", y "se estima que se necesitarán unos 2,5 millones de nuevos ingenieros y técnicos solamente para África subsahariana si queremos alcanzar los objetivos de desarrollo del milenio relativos al acceso al agua potable y saneamiento para África".

Bajo los modelos actuales de educación en ingeniería en la mayoría de los países africanos y en muchos países alrededor del mundo, los egresados de ingeniería están equipados con conocimiento, pero carecen de las habilidades necesarias para realizar adecuadamente su trabajo como ingenieros profesionales. Como resultado, los egresados deben someterse a un periodo de formación de posgrado de aproximadamente dos años. Esta formación pretende proporcionar los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para realizar su trabajo de manera competente. Desafortunadamente, este modelo de formación en ingeniería no está funcionando muy bien. A menudo, las empresas de ingeniería privadas son reacias a contratar a nuevos egresados, optando en cambio por ingenieros experimentados para cubrir puestos. Con la escasez de oportunidades de empleo, muchos de los egresados se quedan sin trabajo y sin oportunidad de una capacitación estructurada. Esto es un desperdicio, no sólo porque es muy caro educar ingenieros, sino también porque estos ingenieros altamente educados a menudo dejan la profesión por completo. No existen datos precisos para cuantificar el problema, pero la evidencia anecdótica sugiere que esto es un problema grave que debe abordarse.

IEEE PES
RESOURCE
CENTER



EVERYTHING YOU NEED **IN ONE PLACE**

POWER & ENERGY CONTENT

IEEE PES – More Power to the Future ™

The IEEE PES Resource Center is the most extensive library in the world devoted exclusively to the power and energy industry.

You don't have to be a PES member to access the Resource Center's vast array of content available to assist in your research, presentations, or academic programs, and benefit your professional development!

PES Member Access: Most materials in the PES Resource Center are free to members. Members log-in with your username and password to download content.

Non-PES Member Access: Discounted prices are listed for each product and non-members can use the shopping cart to purchase.

Time to update your license?
Continuing Education Credits

Need to train yourself in a specific area?
Video Tutorials and Webinars

Unable attend a PES conference?
Videos and Presentations

Want access to in-depth technical materials?
Complete Technical Reports

Visit the IEEE PES Resource Center:
resourcecenter.ieee-pes.org

IEEE PES Power & Energy Society®
IEEE

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2860399

Debido a que la mayoría de los planes de estudio de ingeniería no incluyen módulos sobre emprendimiento y el desarrollo de habilidades de empleabilidad, los egresados que no encuentran trabajo tienen escasas oportunidades de hacer la transición al estatus profesional. Este asunto no ha escapado a la atención de los principales actores, lo cual incluye a gobiernos nacionales, la Unión Africana y los socios de cooperación internacional para el desarrollo. Por ejemplo, la Unión Africana, bajo la convocatoria del llamado a la acción de la Agenda 2063, ha puesto énfasis en la educación en ciencia e ingeniería. Para cumplir el llamado a la acción de la Agenda 2063, será esencial fomentar la colaboración entre las facultades de ingeniería y las industrias.

El proyecto Asociaciones para la Educación en África (Education Partnerships in Africa, EPA) en Zambia es un ejemplo de tal colaboración. El proyecto de la EPA fue inicialmente financiado por el gobierno británico y estaba dirigido a fomentar la colaboración entre las instituciones de educación superior en Zambia y el Reino Unido, así como las industrias locales e internacionales para mejorar la calidad de la educación en ingeniería en Zambia. El proyecto ha sido sustentado por un memorando de entendimiento entre la Universidad de Manchester en el Reino Unido y la Universidad de Zambia. Se ha logrado mucho con este proyecto durante los nueve años de su funcionamiento. En particular, las empresas de electricidad en Zambia, por ejemplo, ZESCO, CEC y Lunsemfwa Hydro, han contribuido a la renovación de la infraestructura y la adquisición de equipo de laboratorio para la Universidad de Zambia y la Universidad de Copperbelt, así como la construcción de un subestación de demostración de 66 kV. En 2016, ABB y el gobierno alemán aportaron 1.2 millones de euros al proyecto de la EPA para mejorar la subestación, apoyar el desarrollo pedagógico y desarrollar un programa de pasantías internacionales de dos años para egresados de las dos universidades. El proyecto tendrá una duración de tres años, hasta finales de 2019.

A partir de la experiencia obtenida del proyecto de la EPA, aquí hay algunas recomendaciones que mejorarán la calidad y relevancia de la educación en ingeniería en África:

- ✔ Las facultades de ingeniería deben establecer vínculos con firmas de ingeniería locales e internacionales y partes interesadas en la educación de ingenieros.
- ✔ Las facultades de ingeniería deben establecer juntas activas de asesoramiento de la industria. Esto es importante para asegurar la retroalimentación oportuna de las industrias sobre la relevancia y la calidad de la enseñanza de la ingeniería. Esto también puede conducir al apoyo para financiar laboratorios y otras inversiones en infraestructura, así como proyectos de pasantías para estudiantes.
- ✔ Los planes de estudio de ingeniería deben ser revisados y mejorados para incluir elementos de iniciativa empresarial, así como aspectos de formación en ingeniería proporcionando oportunidades para el desarrollo de habilidades y actitudes, asegurando que los egresados adquieran las habilidades mínimas necesarias para ser empleables o trabajar por cuenta propia.
- ✔ Los robustos sistemas y procesos de aseguramiento de la calidad, que deben ser validados periódicamente a través de la acreditación de los programas de ingeniería por organismos de acreditación local, regional o internacional, deben estar asegurados. Debido al rápido crecimiento de la población, inevitablemente hay una gran demanda de educación. Debido a que los gobiernos son incapaces de satisfacer la demanda de escuelas, colegios y cupos universitarios, el sector privado llena el vacío. Aunque esto es un desarrollo bienvenido, es importante proporcionar estructuras claras de gobernanza, así como un marco normativo eficiente para evitar que las organizaciones del sector privado brinden una educación de mala calidad.
- ✔ Donde persistan los modelos tradicionales de educación en ingeniería, es indispensable establecer fuertes vínculos entre industrias y universidades locales para asegurar que todos los estudiantes tengan la oportunidad de adquirir al menos dos años de entrenamiento práctico en la industria después de graduación. Esto puede requerir el desarrollo de programas de incentivos para atraer a las empresas a tomar pasantes de ingeniería.
- ✔ Se debería desarrollar y apoyar a las instituciones profesionales de ingeniería. Las instituciones profesionales tienen un papel regulador importante que jugar, lo que incluye la acreditación de programas de grado de ingeniería. Las organizaciones profesionales internacionales son importantes aliados que apoyan el desarrollo y fortalecimiento de las instituciones profesionales locales. El IEEE, a través de su comité en África, apoya el desarrollo de mano de obra de ingeniería en África y pretende trabajar con instituciones profesionales locales para alcanzar esta meta.

Conclusiones

La industria de suministro eléctrico está experimentando cambios fundamentales, como la transición de sistemas de suministro de energía basada en combustibles fósiles a sistemas de potencia en gran parte renovables basados en energía. El concepto de la red inteligente se utiliza ampliamente para describir el tipo de sistemas de energía que están surgiendo. Este es el momento para llevar a cabo una revisión fundamental y actualizar los programas de estudio de ingeniería de potencia para asegurar que los futuros ingenie-



10 Years of ISGT!

Innovation for a Flexible and Resilient Grid

REGISTER NOW

2019 Innovative Smart Grid Technologies (ISGT 2019)
18-21 February 2019 | Grand Hyatt Washington, Washington DC

Join experts from around the world as we gather at the ISGT North America Conference to share experiences and lessons learned, and to raise awareness and understanding of the latest concepts, applications, and technologies.

ISGT 2019 provides a forum to discuss the latest issues, trends, and emerging and innovative technologies for grid modernization in the face of challenges of a rapidly changing environment resulting from the dramatic increase in deployments of renewable and Distributed Energy Resources (DERs) and the emergence of new business and operating concepts and services. The topics discovered include prosumers, microgrids, aggregators, distribution markets, and platforms for the generation, commercialization, and management of electricity.

The conference is organized along three tracks:

- Transmission and distribution systems planning and analysis
- Technology applications and supporting tools for transmission and distribution system operations
- Market and policy considerations in facilitating innovation and enabling a flexible and resilient grid

For more information visit: ieee-isgt.org

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2860402

ros contarán con los conocimientos, habilidades y actitudes para planificar, diseñar y operar las redes inteligentes del futuro. El papel de Internet será cada vez más importante a medida que nos esforzamos por ofrecer una enseñanza de la ingeniería económica y de alta calidad a una cohorte más amplia de estudiantes. Los problemas que tendrán que abordarse en el suministro en línea de educación sobre ingeniería son la acreditación, los sistemas fiables de examen y cómo proporcionar práctica de laboratorio de mejor manera. La incorporación de iniciativas empresariales y un enfoque en las habilidades de empleabilidad son reconocidos actualmente como esenciales en la provisión de enseñanza de la ingeniería. A través de uno de sus principales objetivos estratégicos para el desarrollo de la mano de obra de ingeniería, IEEE, con su comité en África, se dedica totalmente a apoyar escuelas de ingeniería en África para mejorar la calidad de la enseñanza de la ingeniería.

Lecturas complementarias

Sala de prensa global de Volvo Car Group. (5 de julio de 2017). Los coches Volvo serán completamente eléctricos. Volvo Cars. [En línea]. Disponible:https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/210058/volvo-cars-to-go-all-electric

Financial Times. (Febrero de 2018). Nissan ve 2025 como el punto de inflexión para los coches eléctricos. *Financial Times*. [En línea]. Disponible: https://www.ft.com/content/7bbd9a9a-1326-11e8-940e-08320fc2a277

Revista Moving On. (20 de febrero de 2018). Escacez de habilidades en Reino Unido 12 ingeniero eléctrico. *Revista Moving On*. [En línea]. Disponible: http://movingonmagazine.co.uk/uk-skills-shortage-occupation-12-electrical-engineer/

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población, "World population prospects: The 2015 revision, key findings and advance tables; ESA/P/WP.241" (Previsiones demográficas mundiales: Revisión de 2015, hallazgos clave y tablas de avances; ESA/P/WP.241), Naciones Unidas, 2015.

UNESCO. (20 de febrero de 2018). Semana de la ingeniería en África. UNESCO. [En línea]. Disponible: http://www.unesco.org/new/en/unesco/events/prizes-and-celebrations/celebrations/international-weeks/unesco-africa-engineering-week-2015/

J. Mutale. (20 de febrero de 2018). Vínculos más estrechos entre facultades de ingeniería y la industria: Clave para transformar la enseñanza de la ingeniería en África. Revisión de la política de África. [En línea]. Disponible: http://africapolicyreview.com/africa-policy-review-2017-18/

índice de anunciantes

El Índice de anunciantes incluido en esta edición ha sido compilado como un servicio para nuestros lectores y anunciantes: el editor no se responsabiliza por errores u omisiones, a pesar del esfuerzo por garantizar su exactitud. Asegúrese de informar a nuestros anunciantes que los encontró a través de la *IEEE Power & Energy Magazine*.

Empresa	n.º de página	URL	Teléfono
AFL Global	7	AFLglobal.com/IEEE	+1 800 235 3423
ASPEN, Inc.	CVR4	www.aspeninc.com	+1 650 347 3997
Bigwood Systems, Inc.	14	www.bigwood-systems.com	+1 607 257 0915
Clemson University – College of Engineering, Computing & Applied Sciences	122, 125	www.clemson.edu/ece	
CYME	CVR 2	www.cyme.com	+1 800 361 3627
DIgSILENT GmbH	3	www.digsilent.com	+49 7072 9168 0
EasyPower LLC	29	www.EasyPower.com/grounding	
Electrical Studies, Corp.	13	www.electrical-studies.com/hardware	
ETAP	18	etap.com/arcflash	+1 949 900 1000
Grid Integration Week by Energynautics	28	windintegrationworkshop.org	
Manitoba HVDC Research Centre	11	www.pscad.com	+1 204 989 1240
Megger	23	www.megger.com	+1 800 723-2861
NEPLAN AG	5	www.neplan.ch	+41 44 914 36 66
Norwegian University of Science & Technology	25	www.ntnu.edu/iel	
NR Electric Co., Ltd	21	www.nrec.com	+86 25 8717 8888
NuScale Power	15	nuscalepower.com	
P & R Technologies	31	www.pr-tech.com	+1 800 722 8078
Powertech Labs, Inc.	6	www.dsatools.com	
PowerWorld Corporation	12	www.powerworld.com	+1 217 384 6330
RAYTECH USA, Inc.	20	www.RaytechUSA.com	+1 888 484 3779
Reef Industries, Inc.	28	reefindustries.com	+1 800 231 6074
RTDS Technologies, Inc.	19	www.rtds.com	
SCCE 2019	24	cororatecompliance.org/utilities	
Siemens AG International	21	siemens.com/digitalsubstation	
Siemens Power Technologies International	CVR 3	usa.siemens.com/pss-integration	
SKM Systems Analysis, Inc.	9	www.skm.com	+1 800 500 4SKM
Tana Wire Markers	32	www.tanawiremarker.com	+1 573 796 3812
Worcester Polytechnic Institute	30	bit.ly/wpi-pwr-info	

445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08854

Representante de IEEE power & energy magazine

Erik Henson
Naylor Association Solutions
+1 352 333 3443, fax: +1 352 331 3525
ehenson@Naylor.com

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2017.2770703

Joseph Mutale

desafíos de la educación

problemas con la enseñanza de la ingeniería de potencia

EN TÉRMINOS GENERALES, LAS naciones que se han destacado en ciencia e ingeniería son las más exitosas económicamente. El éxito en ciencia e ingeniería se basa casi siempre en un sistema educativo robusto que satisface a la docencia y la investigación. Por lo tanto, podemos decir que una buena educación práctica de ingeniería es el factor más importante para el desarrollo sostenible y la prosperidad económica de una nación. Esto es particularmente vital hoy, ya que estamos viviendo tiempos de cambio social, económico y tecnológico sin precedentes. La inteligencia artificial y la robótica han emergido como la siguiente frontera de la evolución tecnológica.

La industria de la potencia eléctrica está experimentando cambios fundamentales provocados por la necesidad de producir nuestra energía eléctrica de una manera más sostenible, no solo en términos ambientales sino también en términos económicos. Si bien los principios básicos de la ciencia y la ingeniería no están cambiando, no hay duda de que los temas subyacentes que fueron fundamentales en los cursos de ingeniería en sistemas de potencia eléctrica requerirán redesarrollo y actualización. Este artículo pretende desenredar algunos de los impulsores clave del cambio en la forma en que se enseñan la ingeniería y la ingeniería en sistemas de potencia eléctrica en particular.

Identificador de Objeto Digital 10.1109/MPE.2018.2833266
Fecha de publicación: 17 de agosto de 2018

Tendencias en la enseñanza de la ingeniería en sistemas de potencia

Redes inteligentes

Durante la última década, los sistemas de potencia eléctrica en los países desarrollados se han mantenido en un estado de transición, desde los sistemas de energía tradicionales, dominados en gran parte por la generación por combustibles fósiles, hacia sistemas de energía más sostenibles que dependen cada vez más de energías renovables, principalmente la eólica y solar. Esta transición irreversible está motivada en gran parte por la necesidad de generar electricidad sostenible sin causar un impacto ambiental adverso, como el cambio climático. También se están produciendo cambios similares en los países en desarrollo, que, sin el peso de sistemas heredados, están bien posicionados para proporcionar los bancos de pruebas ideales para el diseño y operación de los nuevos sistemas de potencia.

El término *red inteligente* se utiliza para referirse a sistemas de energía del futuro, y, en su mayor parte, son fuentes de energía renovable con salida variable. Debido a la salida variable y las necesidades operacionales de los sistemas de potencia de CA típicos, como el equilibrio entre oferta y demanda en tiempo real, una parte esencial de la red inteligente es el almacenamiento, tanto a corto como a largo plazo. La participación de la demanda en el mercado energético es también un componente clave de las redes inteligentes. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son fundamentales para el diseño y operación de las redes inteligentes.

La naturaleza cambiante de la generación

La mayoría de los sistemas de potencia actuales son impulsados por generadores de CA de alta inercia. Los análisis del estado estable y estabilidad transitoria de los sistemas de potencia utilizan modelos y parámetros de generador para plantas de potencia hidroeléctricas y térmicas. La mayoría de los planes de estudio de grado y posgrado de ingeniería de potencia eléctrica se basan en estas premisas fundamentales. Estas premisas están comenzando a ser cuestionadas al tiempo que más sistemas de generación solar y eólica se conectan a los sistemas de potencia mediante convertidores. Esto tiene consecuencias para la inercia del sistema y, por lo tanto, para la estabilidad transitoria y la protección del sistema. Además, la generación eólica y solar tienen costos marginales nulos en comparación con la generación de combustibles fósiles. Por lo tanto, tendrán que desarrollarse nuevas metodologías, principios y técnicas para la planificación, diseño y operación de sistemas de potencia dominados por este tipo de generación e incorporarse en los programas de estudio estándar de ingeniería eléctrica.

La naturaleza cambiante de las cargas

La naturaleza de las cargas en los sistemas de potencia está por cambiar signi-

(continúa en la pág. 133)

IEEE PES
Power & Energy Society®

IEEE

Búsqueda de expertos en ventas de publicidad en Latinoamérica para la edición en español de la Revista IEEE Power & Energy (P&E)

¿Puede hacer que los anunciantes de habla hispana se contacten con los responsables de la toma de decisiones en el mercado de sistemas de potencia y energía?

IEEE Power & Energy Society (PES) es el proveedor líder de información científica y de ingeniería sobre sistemas de potencia eléctricos y energía para el mejoramiento de la sociedad y la fuente de desarrollo profesional preferida por nuestros miembros.

IEEE PES se encuentra en la búsqueda de una agencia de venta de publicidad en Latinoamérica para la venta de espacio publicitario en la edición en español de su galardonada ***Revista Power & Energy*** destinada a profesionales del sector de los sistemas de potencia eléctricos y energía. La revista está disponible para los 37 000 miembros de IEEE PES como un beneficio de su membresía.

La Revista P&E ofrece información sobre tecnologías y prácticas relacionadas con todos los aspectos de los sistemas de potencia y energía desde una perspectiva técnica y sobre áreas no técnicas, como negocios, medioambiente y aspectos sociales.

La Revista P&E es la fuente internacional de información para los profesionales del sector de los sistemas eléctricos de potencia y energía involucrados en la generación, transmisión, distribución, conversión, medición, control de energía de manera segura, confiable y económica.

La publicidad en la edición en español de ***la Revista P&E*** ofrece a los anunciantes una gran oportunidad de contactarse con profesionales de la ingeniería en Latinoamérica que están buscando soluciones para su negocio.



Si tiene experiencia en ayudar a las empresas a desarrollar sus marcas, generar tráfico hacia sus sitios web y crear oportunidades de calidad a través de la publicidad de alto impacto de la Revista P&E edición en español del IEEE, comuníquese con: Maria Proetto, IEEE a través de m.proetto@ieee.org o por teléfono al +1.732.562.3882.



SIEMENS
Ingenuity for life

Embrace the Challenges of Distributed Energy Resources (DER)

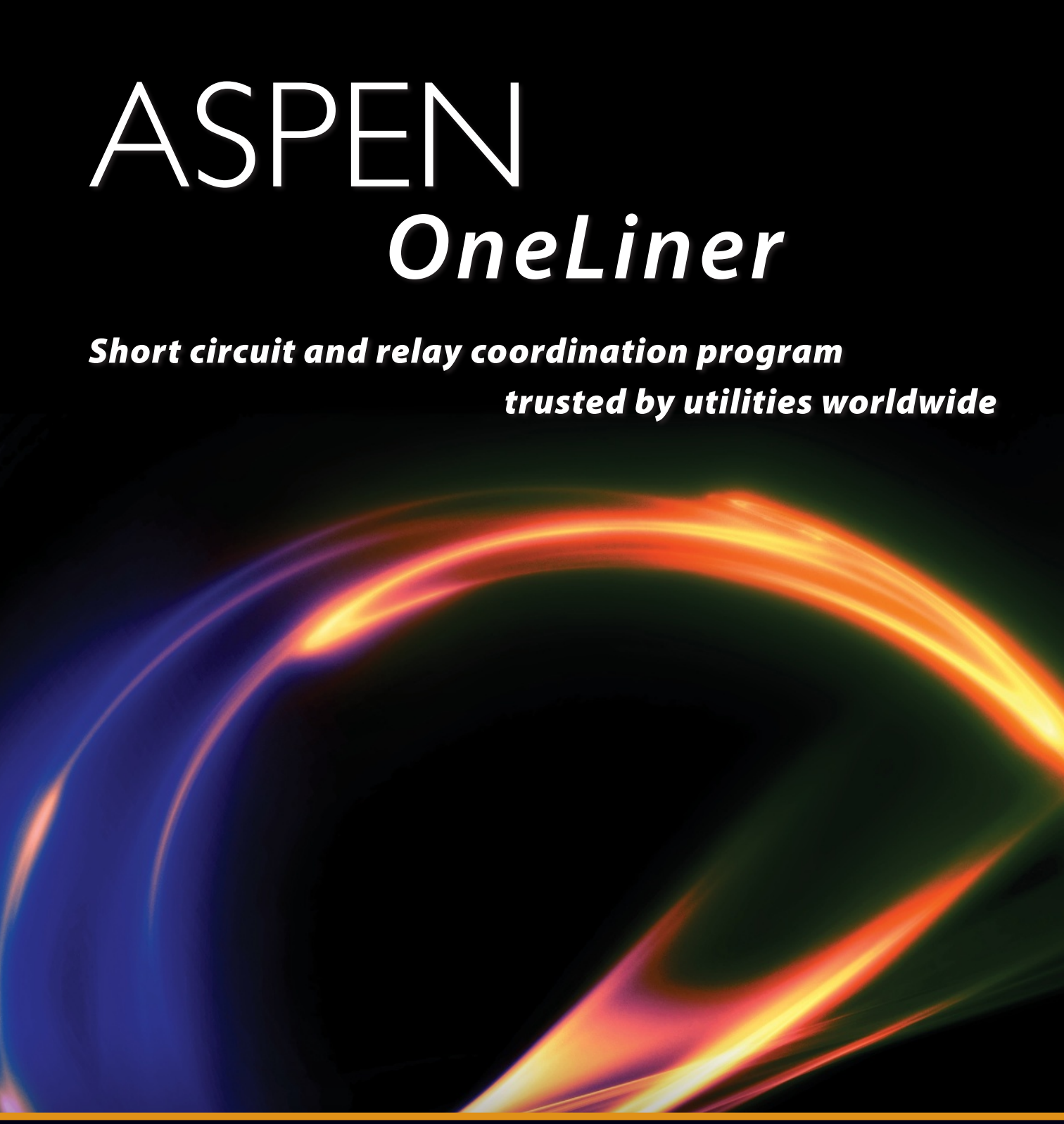
Seamless Integration with PSS®SINCAL

The growing penetration of Distributed Energy Resources (DER) has led to fundamental changes to power system operations and planning. With the PSS®SINCAL power system planning software, Siemens PTI offers an efficient solution to meet these new challenges. The tool facilitates DER integration capacity, connection requirement assessments, economic studies and integrated T&D planning capability. PSS®SINCAL is used internationally to address the challenges of DER and promote better investment decisions.

usa.siemens.com/pss-integration

ASPEN OneLiner

Short circuit and relay coordination program trusted by utilities worldwide



ASPEN OneLiner™

Powerful, fast, intuitive and easy to use

Applications

PRC compliance
Fault location
Circuit breaker rating
Relay setting and testing
System-wide coordination studies

Advanced features

Simulates breaker-failure conditions
Models wind and solar plants and VSC converters
Time-distance diagram
Vendor-specific distance relay models
Relay coordination checking with stepped events

ASPEN 49 N. San Mateo Dr., San Mateo, CA 94401 USA
650-347-3997 info@aspeninc.com www.aspeninc.com