

**RESPUESTA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA  
AL INFORME PREVIO DE LA AQU**

**Id. título:** 4317468

**Denominación inicial:** Máster Universitario en Ingeniería Eléctrica / Master in Electrical Engineering por la Universidad Politécnica de Catalunya

**Nueva propuesta denominación:** Máster Universitario en Sistemas y Accionamientos Eléctricos / Master in Electric Power Systems and Drives por la Universidad Politécnica de Catalunya

**Universidad/es:** Universitat Politècnica de Catalunya

**Centro/s:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona

**Rama:** Ingeniería y Arquitectura



---

**MODIFICACIONES OBLIGATORIAS**

---

**APARTADO 1. DESCRIPCIÓN DEL TÍTULO**

- Con respecto a la denominación, en la guía para la elaboración y la verificación de las propuestas de las titulaciones de grado y máster, en el apartado 3.1.1, se indica que la denominación de un máster puede coincidir con la de un grado si se asegura que el nivel competencial de entrada es el equivalente al de salida del grado con el que comparte denominación.

En este caso, el grado con el que comparte denominación es habilitante y el nombre del máster puede inducir a confusión ya que no es habilitante y no da las atribuciones de la profesión regulada.

Además, se debe aclarar si el nivel competencial de entrada es el equivalente al de salida del grado en Ingeniería Eléctrica.

**Respuesta UPC:**

Se propone cambiar el nombre del título a:

“MÁSTER UNIVERSITARIO EN SISTEMAS Y ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS / MASTER IN ELECTRIC POWER SYSTEMS AND DRIVES”.

Esta nueva denominación se ajusta al contenido de la propuesta de titulación presentada, y refleja las competencias, contenidos y resultados de aprendizaje del perfil formativo de la misma.

En consecuencia, se ha actualizado toda la memoria de verificación con el nuevo nombre propuesto.

Se aclara que el nivel competencial de entrada al máster no es el equivalente al de salida del grado en Ingeniería Eléctrica, dado que esta titulación de máster no se ha diseñado como un itinerario formativo integrado con dicho grado.

Los graduados en Ingeniería Eléctrica están dentro del perfil de ingreso recomendado de la titulación y tienen acceso directo, pero éste es amplio, y tal y como se ha definido en el apartado 4.1. y 4.2 de la memoria, se corresponde con estudios universitarios de carácter técnico y científico de distintos ámbitos de la ingeniería que proporcionen unos conocimientos de carácter multidisciplinar en campos como la teoría de circuitos, el electromagnetismo, la electrotecnia o las máquinas eléctricas.



---

**PROPUESTAS DE MEJORA**

---

**APARTADO 4. ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES**

- Con respecto a las titulaciones con acceso al máster, no aparecen las antiguas ingenierías técnicas. Se recomienda revisar este aspecto por si se trata de una omisión involuntaria.

**Respuesta UPC:**

Este punto no se trata de una omisión involuntaria. El título propuesto no está orientado al acceso de los titulados de las antiguas ingenierías técnicas.

**APARTADO 5. PLANIFICACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS**

- Se recomienda revisar las ponderaciones mínimas y máximas de los sistemas de evaluación. Así, por ejemplo, en la primera asignatura no se pueden alcanzar los máximos si se mantienen los mínimos establecidos. Algo similar ocurre en otras asignaturas.

**Respuesta UPC:**

Se han revisado y corregido las ponderaciones de todos los sistemas de evaluación de las distintas materias que conforman el plan de estudios, de acuerdo a la recomendación indicada por la Comisión de Evaluación.

Informar que como resultado de dicha revisión, se ha eliminado el sistema de evaluación *EV3-Asistencia y participación a las sesiones teóricas y prácticas* que figuraba inicialmente y se han reenumerado el resto de sistemas definidos.

**APARTADO 8. RESULTADOS PREVISTOS**

- Se propone una tasa de graduación del 70%; la Comisión considera que esta cifra se debería situar por encima del 75%. En todo caso la institución debe tomar medidas para mejorar la tasa de graduación propuesta.

**Respuesta UPC:**

Se ha revisado la tasa de graduación y se fija en el 75%.

En la versión inicial se había optado por una previsión más prudente indicando el valor mínimo, pero teniendo en cuenta la especificidad del máster y el perfil de los estudiantes previsto, se considera viable obtener una tasa de graduación del 75%.



## 2. JUSTIFICACIÓN

### Subapartados

2.1. Justificación del título propuesto, argumentado el interés académico, científico o profesional del mismo.

2.2. En el caso de los títulos de Máster: Referentes externos a la universidad proponente que avalen la adecuación de la propuesta a criterios nacionales o internacionales para títulos de similares características.

2.3. Descripción de los procedimientos de consulta internos y externos utilizados para la elaboración del plan de estudios. Éstos pueden haber sido con profesionales, estudiantes u otros colectivos.

### 2.1. Justificación del título propuesto, argumentado el interés académico, científico o profesional del mismo.

#### Interés del título, objetivos generales, finalidad, enfoque y orientación.

El título propuesto es de nueva implantación. Con este nuevo máster se busca ofrecer a los graduados en ingeniería en el ámbito industrial, especialmente a los de titulaciones como Tecnologías Industriales, Energía, Electricidad, Electrónica Industrial y Automática, una formación avanzada y especializada en el ámbito del desarrollo e innovación tecnológica de la ingeniería eléctrica y sus aplicaciones, con el objetivo de ofrecer los conocimientos académicos para que los estudiantes puedan incorporar las tecnologías más innovadoras a los sistemas existentes para mejorarlos e impulsando su uso en nuevas aplicaciones, como también para aquellos que deseen desarrollar posteriormente una labor investigadora para conseguir el título de Doctor/a.

La ingeniería eléctrica abarca la generación, transporte, distribución, control y utilización de la energía eléctrica y constituye una de las áreas fundamentales de la ingeniería. La ingeniería eléctrica ha sido siempre clave para el desarrollo de la sociedad actual. Su aplicación y aprovechamiento en procesos industriales en el siglo XIX permitió una segunda revolución industrial. La electrónica y la informática, fundamentos de la posterior tercera revolución industrial durante la segunda mitad del siglo XX, tienen su origen en esta rama de la ingeniería. Finalmente, en la cuarta revolución industrial, para la industria 4.0 que se está produciendo desde inicios de este siglo XXI, la ingeniería eléctrica tiene también un papel relevante, pues se fundamenta la digitalización e interconexión, tecnologías que dependen de la seguridad de suministro de energía eléctrica.

Además, se tiene que considerar el marco energético de la Unión Europea, que busca una Unión Energética<sup>1</sup> que presenta las siguientes 5 dimensiones interrelacionadas:

1. La seguridad energética, la solidaridad y la confianza.
2. Un mercado energético europeo plenamente integrado.
3. Eficiencia energética para moderar la demanda.
4. Descarbonización de la economía.
5. Investigación, innovación y competitividad.

<sup>1</sup> European Commission: "The European Union explained. Energy". July 2012. doi:10.2775/4819



En este contexto, la UE define su Strategic Energy Technology (SET) Plan, el Plan de Tecnología Energética Estratégica, el eje de la investigación y la innovación de la estrategia de la UE en materia energética y climática, que sirve de apoyo para estructurar programas de investigación europeos y nacionales, y, además, incentiva inversiones en las prioridades tecnológicas comunes para transformar el sistema energético europeo en un sistema con bajo contenido en carbono. La financiación de la UE para proyectos entre 2014 y 2020 en este contexto ha sido cercana a 6000 millones de €.

En esta línea, la ETIP (European Technology and Innovation Platform,) Smart Networks for Energy Transition (SNET) <sup>2</sup>, creada por la Comisión Europea para definir cómo deben ser las redes eléctricas del futuro, ha publicado las líneas de investigación e innovación que este sector tiene que afrontar en los próximos años para cumplir con los retos que se plantean en el *SET-Plan*:

- Modernización y actualización de la red, es decir, nuevas tecnologías, herramientas y metodologías que mejoren la operación de las infraestructuras existentes y desarrollen nuevas arquitecturas de red.
- Flexibilidad del sistema eléctrico, es decir, soluciones hardware y software vinculadas a almacenamiento, respuesta de la demanda, electrónica de potencia, etc., con el fin de gestionar la variabilidad de la generación distribuida basada en fuentes renovables y de la demanda, y optimizar el uso de la infraestructura.
- Fiabilidad del sistema eléctrico, incluyendo seguridad y estabilidad.
- Digitalización, es decir, ciberseguridad, estandarización, big data, IoT.
- Diseño de mercado, es decir, revisión de las reglas de mercado, modelos de negocio para incentivar servicios en la red a través de la generación distribuida basada en fuentes renovables y de la demanda.
- Marco regulatorio de la distribución, es decir, revisar la figura de los distribuidores para incorporar todos los recursos energéticos distribuidos de la manera más óptima para el sistema.

Así, los requerimientos de digitalización, descarbonización y descentralización del hasta ahora jerárquico y centralizado sistema energético eléctrico, presentan unos relevantes retos estrechamente relacionados con la producción, transporte, distribución, control y utilización de la energía eléctrica. A modo de ejemplo:

- Se está produciendo una profunda transformación de la estructura del sistema de generación eléctrica, donde la generación eléctrica renovable (que se realiza tanto en grandes plantas como en pequeñas instalaciones distribuidas) con una producción estocástica, está substituyendo a las grandes centrales que utilizan combustibles fósiles y nucleares, con una producción totalmente controlada.
- La estructura de la red de transporte y distribución está cambiando. La incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación están permitiendo el desarrollo de las redes inteligentes (Smart grids), y el uso de electrónica de potencia (FACTS y HVDC) permite flexibilizar la red.
- En el lado del consumo, hay una creciente electrificación de las cargas eléctricas (movilidad eléctrica en el transporte y creciente electrificación de la industria), a la vez que se está maximizando el esfuerzo en mejorar la eficiencia energética.

<sup>2</sup>ETIP-SNET: "Final 10-year ETIP SNET R&I roadmap covering 2017-26. Support to R&D strategy in the area of SET Plan activities in smart grids and energy storage". December 2016. [https://www.etip-snet.eu/wp-content/uploads/2017/03/Final\\_10\\_Year\\_ETIP-SNET\\_RI\\_Roadmap.pdf](https://www.etip-snet.eu/wp-content/uploads/2017/03/Final_10_Year_ETIP-SNET_RI_Roadmap.pdf)



A lo anterior, según el documento de las perspectivas de la Agencia Internacional de la Energía<sup>3</sup>, se une que en el 2040:

- La demanda de energía eléctrica crece más de un 2% anual.
- La electricidad puede representar hasta un 31% de la energía final consumida a nivel mundial, llegando a superar al petróleo.
- La electrificación del transporte y el acceso a la energía en países en vías de desarrollo son los principales motivos del crecimiento.
- El uso final de la electricidad crecerá por los motores eléctricos en la industria (un 30%), refrigeración de espacios (un 17%), vehículos eléctricos (un 10%), equipos grandes (un 10%), equipos pequeños (un 10%), acceso a la electricidad (un 2%).
- La generación eléctrica con fuentes renovables oscilará entre el 50% y el 75% de la producción, siendo la generación eólica y la solar fotovoltaica.
- La importante presencia de la generación de origen renovable requerirá de una flexibilidad de acción rápida para balancear el sistema eléctrico, como la respuesta de la demanda y el almacenamiento. Este último crecerá un 40% en capacidad.

Todos estos cambios requieren de profesionales capaces de afrontar los múltiples retos existentes y desarrollar soluciones tecnológicas que permitan profundizar en la transformación energética e incrementar el liderazgo industrial relacionado con las tecnologías eléctricas. Existen una gran cantidad de empresas en el entorno de la universidad que requieren ingenieros del ámbito eléctrico altamente especializados:

- Empresas que desarrollan tecnología eléctrica en España: Circutor, Ingeteam, GE, Siemens-Gamesa, Artech, Ormazabal, ABB,...
- Todas las empresas son consumidoras de energía eléctrica, interesadas en optimizar su consumo energético (eléctrico), a través de instalar generación renovable y/o mejorar la eficiencia energética.
- Operadores y gestores de generación y red eléctrica: Red Eléctrica de España, Enel-Endesa, Iberdrola, Naturgy, etc...
- Empresas del sector de la movilidad eléctrica: fabricantes de vehículos eléctricos, trenes, tranvías, etc...
- Empresas del sector de la economía de la energía eléctrica: comercializadores, empresas de servicios energéticos, etc.
- Nuevas empresas y start-ups que están modificando la estructura del sistema eléctrico a nivel de gestión.

Las salidas profesionales de la titulación serían:

- I+D+i de equipos para redes eléctricas.
- I+D+i de máquinas eléctricas.
- I+D+i de sistemas de movilidad eléctrica.
- Operador de centrales de generación eléctrica y de redes eléctricas.
- I+D+i en comercializadoras y empresas de servicios energéticos.
- I+D+i en start-ups y empresas que desarrollan nuevos modelos de negocio en el sector eléctrico, como la agregación, la flexibilidad.

<sup>3</sup> IEA (2019), World Energy Outlook 2019, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>



**2.2. En el caso de los títulos de Máster: Referentes externos a la universidad proponente que avalen la adecuación de la propuesta a criterios nacionales e internacionales para títulos de similares características**

La industria demanda una gran cantidad de profesionales en el ámbito eléctrico, que son necesarios para afrontar los numerosos retos que experimenta el sector. Los titulados orientados a investigación que puedan resolver y afrontar nuevas problemáticas están especialmente demandados. Las clásicas empresas del sector necesitan entender el nuevo sistema y demandan ingenieros orientados de esta forma.

A nivel nacional se encuentran los másteres recogidos en la tabla. Cabe decir que existen muchas más titulaciones donde se trata la energía eléctrica como la generación mediante renovables, la integración y vehículos. No obstante, estos másteres tienen un enfoque distinto al propuesto.

Titulación	Universidad	ECTS	Comentarios
<b>Máster universitario en Ingeniería Eléctrica</b>	Universidad Politécnica de Madrid	60	
<b>Máster universitario en Sistemas de Energía Eléctrica</b>	Universidad de Sevilla	60	
<b>Master in the Electric Power Industry</b>	Universidad Pontificia Comillas	60	En el consejo asesor se hallan empresas como Iberdrola, Red Eléctrica, Endesa, etc.
<b>Máster universitario en Conversión de Energía Eléctrica y Sistemas de Potencia</b>	Universidad de Oviedo	120	Se ofrecen dos ramas. En la rama científica: sistemas eléctricos de potencia y tracción eléctrica. En la rama profesional: gestión de compañías en el sector de la energía.

En Europa, universidades como el KTH (Suecia), la ETH (Suiza), NTNU (Noruega) o la Universidad de Strathclyde (UK), imparten estudios similares orientados a la investigación en el campo de la ingeniería eléctrica:

Titulación	Universidad	ECTS	Comentarios
<b>Master's programme in Electric Power Engineering</b> <a href="#">enlace</a>	KTH Suecia	120	Centrado en ingeniería eléctrica de potencia.
<b>Master's degree programme, Electric Power Engineering</b> <a href="#">enlace</a>	NTNU Trondheim Noruega	120	Centrado en ingeniería eléctrica de potencia.



<b>MSc Electrical Power &amp; Energy Systems</b>  <a href="#">enlace</a>	Strathclyde University Glasgow UK	60	Centrado en ingeniería eléctrica de potencia.
<b>Master of Science ETH in Electrical Engineering and Information Technology</b>  <a href="#">enlace</a>	ETH Zurich Suiza	120	Máster muy genérico. Especialidades: Comunicaciones, computadores y redes, electrónica y fotónica, energía y electrónica de potencia, sistemas de control, procesado de señal.

### 2.3. Descripción de los procedimientos de consulta internos y externos utilizados para la elaboración del plan de estudios. Éstos pueden haber sido con profesionales, estudiantes u otros colectivos

#### Procedimientos internos de consulta

Para la elaboración del plan de estudios se ha creado una Comisión ad hoc formada por diferentes profesores del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la UPC involucrados en diferentes grupos de investigación y diferentes áreas de investigación en el ámbito de la ingeniería eléctrica. En los trabajos de dicha comisión se ha tenido en cuenta la formación de los estudiantes de Grado de diferentes titulaciones que cursarían el Máster y las necesidades claves del sector que requieren investigación.

#### Procedimientos externos de consulta

A parte de la comisión de trabajo interna en la elaboración de la propuesta de plan de estudios, previamente se ha contado con la participación de ingenieros/as de la industria que trabajan en investigación aplicada al sector eléctrico. Para ello se han analizado las principales líneas de investigación existentes en España, en Europa y en el mundo, así como las tendencias y desarrollos de las principales empresas del sector.

Los profesores del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la UPC, implicados en diferentes grupos de investigación de la Universidad, están en permanente contacto con el sector industrial y con las empresas que operan las redes de distribución y transporte. Estos grupos participan en numerosos proyectos de investigación aplicada y esto les permite una interacción continua con los ingenieros de las empresas. Esto ha permitido analizar las necesidades del sector de la investigación e innovación en ingeniería eléctrica, para poder definir la estructura del presente Máster.

#### Aprobación del plan de estudios

El Consejo de Gobierno de la UPC ha aprobado, mediante acuerdo CG/2020/01/06, de 27 de febrero de 2020, la inclusión de esta titulación en la propuesta de estudios de la programación universitaria del curso 2021/2022.

