



RED ELÉCTRICA
DE ESPAÑA



RÓMULO
INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA
PENÍNSULA-BALEARES



La interconexión eléctrica entre la península Ibérica y las Islas Baleares es fundamental para asegurar y mejorar la fiabilidad del suministro eléctrico, y favorecer la competencia en la generación de energía eléctrica.

Red Eléctrica de España es la empresa responsable de la realización de esta interconexión eléctrica submarina que se terminó en el 2011, con la puesta en servicio de esta instalación y de las estaciones convertoras de Morvedre (400 kV), en Sagunto (Valencia), y de Santa Ponsa (220 kV), en Calviá (Mallorca). Se trata de la primera interconexión eléctrica submarina de transporte en corriente continua HVDC (*high-voltage, direct current*) que existe en España y la segunda del mundo en la que los cables discurren a una profundidad máxima de 1.485 metros. En la actualidad esta distancia solo la supera el enlace entre Cerdeña y la Italia peninsular que alcanza los 1.600 metros de profundidad.

Entre las ventajas que presenta el enlace eléctrico con la Península destaca el incremento de la calidad y fiabilidad del suministro eléctrico en el sistema balear. Además, la integración con el sistema peninsular permite la conexión al «Mercado eléctrico ibérico», algo que resultaba imposible, dada la singularidad de los sistemas insulares que no permiten establecer un mercado de generación competitivo en las islas. El enlace eléctrico es una opción complementaria a la construcción de centrales de generación en las islas y



tiene efectos favorables sobre el medioambiente balear frente a otras alternativas. Desde el punto de vista económico, la puesta en servicio de esta infraestructura supone un ahorro de costes para el sistema eléctrico nacional.

Todas las infraestructuras necesarias para esta interconexión eléctrica aparecen contempladas en la «Planificación de los sectores de electricidad y gas 2008-2016. Desarrollo de las redes de transporte», aprobada en mayo del 2008, que incorporó la interconexión eléctrica entre el sistema eléctrico peninsular y las Islas Baleares. El objetivo de estos informes es dar respuesta a la previsión de cobertura de la demanda y a las necesidades mínimas de desarrollo de las conexiones e infraestructuras eléctricas, con el fin de garantizar la demanda en condiciones adecuadas de seguridad y calidad durante los próximos diez años.

En Baleares la evolución de la demanda está influenciada por el desarrollo del sector servicios que cuenta con un importante potencial de desarrollo futuro. En este sentido, el sistema eléctrico balear tiene que estar preparado para todos los escenarios posibles y evolucionar, también, hacia un modelo eficiente y sostenible que garantice el ahorro de costes para el conjunto del sistema eléctrico y la calidad y garantía de suministro, además de la reducción de emisiones de CO₂.



Plataforma de almacenamiento de cable submarino, en una sola pieza.

Demanda real del sistema eléctrico balear. Años 2004-2011

Año	Total (MWh)	Máx. horario (MWh)	Incremento anual (%)
2004	5437.317	1.085	4,73
2005	5.709.845	1.095	5,01
2006	5.828.529	1.201	2,08
2007	5.963.142	1.145	2,30
2008	6.091.947	1.225	2,17
2009	6.028.152	1.207	-1,50
2010	5.887.000	1.157	-1,70
2011	5.716.000	1.164	-2,90

Cable submarino de transporte de energía en la cubierta del *Giulio Verne*.





Proyecto Rómulo

El sistema eléctrico de las Islas Baleares estaba constituido por dos subsistemas independientes: Mallorca-Menorca e Ibiza-Formentera, no conectados al sistema peninsular español. Con el objetivo de dar cobertura al incremento de la demanda en las islas y mejorar la calidad y fiabilidad del suministro, Red Eléctrica inició a finales del 2004 el análisis y definición de la interconexión eléctrica, mediante detallados estudios tecnológicos, eléctricos, ambientales y económicos. La solución técnica finalmente elegida consiste en la unificación del sistema eléctrico balear mediante la interconexión eléctrica de los dos subsistemas y la interconexión del sistema eléctrico balear con el peninsular.

El proyecto Rómulo «Enlace eléctrico Península-Baleares» representa la mayor inversión realizada por Red Eléctrica en un único proyecto.

Red Eléctrica adjudica en mayo del 2007 los contratos para la construcción del enlace eléctrico submarino entre la Península y Baleares a la empresa Siemens, como responsable de la estación de conversión en Sagunto (Valencia) y de la de Calviá (Mallorca), y al consorcio formado por la empresa italiana Prysmian y la noruega Nexans, encargado del diseño, fabricación y tendido de los cables submarinos de la interconexión. De esta forma se aprovechan las capacidades productivas de dos de las empresas más expertas en esta especialidad, reduciendo el tiempo global de ejecución del proyecto.

El importe global adjudicado en estos dos contratos asciende a 375 millones de euros y se ha dividido en dos grandes áreas debido a la especialización de los trabajos.

La unificación del sistema eléctrico balear y su conexión con el sistema peninsular permite optimizar la entrada de nueva generación en las islas, así como proporcionar una mayor fiabilidad y seguridad del suministro al conjunto del sistema balear.

Red Eléctrica ha sido la empresa responsable, en nuestro país, del enlace eléctrico submarino entre España y Marruecos, conocido como proyecto Remo «Refuerzo Eléctrico Mediterráneo Occidental» que finalizó en el 2006. Ahora la compañía encargada de la interconexión eléctrica submarina entre la Península y las Islas Baleares ha querido hacer un guiño a la historia y ha denominado a este segundo enlace, proyecto Rómulo.



Barcos empleados para tender cable submarino.



Interior de la estación convertora de Santa Ponsa.

Enlace Península-Mallorca

Para el enlace con la Península se elige la subestación de Morvedre, de 400 kV, como punto de conexión a la red peninsular por la menor distancia, profundidad y características del trazado submarino. En el extremo de Mallorca la conexión se realiza en la subestación de 220 kV en Santa Ponsa a la que llegan los cables subterráneos.

Se trata de una conexión submarina de alta tensión ± 250 kV realizada mediante un enlace bipolar de 400 MW, que debe hacerse con tecnología de corriente continua (HVDC), dadas las distancias y las potencias necesarias de este enlace. La longitud aproximada del cable submarino es de 237 km y la profundidad máxima de 1.485 metros.

Los enlaces bipolares o doble enlace se consideran imprescindibles para conseguir una adecuada fiabilidad y seguridad de suministro ya que permiten su funcionamiento en buenas condiciones, incluso con alguno de sus elementos en revisión o mantenimiento. Como se trata del único enlace con el sistema peninsular, esta elevada disponibilidad se considera como uno de los factores más importantes.

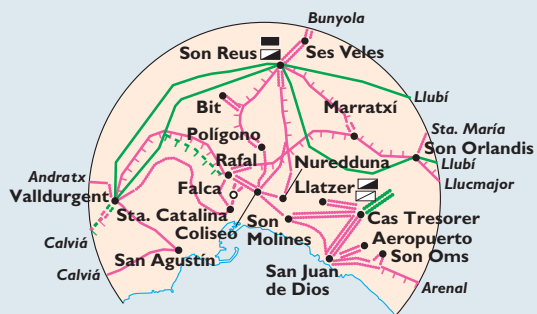
El proyecto incluye, además, la construcción de dos estaciones de conversión en los extremos que garantizan su operación para la unión de los dos sistemas eléctricos. La singularidad de este proyecto hace necesaria la construcción de estaciones de conversión para transformar la corriente alterna que circula por la red de transporte en corriente continua, para que fluya en las condiciones más óptimas por el cable submarino, reduciendo las pérdidas en el transporte, dada la gran longitud del cable. Además, se construyen tramos subterráneos de algo más de 3 km de longitud en cada extremo, para conectar con las estaciones de conversión.

Actuaciones ambientales

















En el diseño del proyecto, Red Eléctrica ha asumido todo un conjunto de medidas preventivas y correctoras encaminadas a minimizar las afecciones sobre los componentes del entorno natural y social en el que se ubica esta nueva instalación.

Antes de llegar al trazado definitivo se evalúan distintas alternativas de conexión entre diferentes nudos de la red de la costa mediterránea peninsular y de la balear. Para cada una de las opciones se tienen en cuenta las





Situación I de enero del 2012

Líneas	Circuitos		Tensiones	
	previstos	instalados		
En servicio	1 2 2	1 1 2		220 kV
En construcción	1	1		132 kV
Cable submarino / subterráneo				66 kV
Prevista transformación a tensión superior				< 66 kV
				En servicio
				En construcción y programadas
Subestaciones				En servicio
				En construcción y programadas
Centrales	Hidráulica			
	Térmica clásica			
	Ciclo Combinado			
	Eólica			

restricciones que presenta el territorio por la presencia de condicionantes ambientales, como espacios protegidos, con la intención de identificar y clasificar las posibles soluciones de interconexión.

En primer lugar se descartan las subestaciones de La Eliana, Benejama y La Plana, debido al gran impacto ambiental de los trazados terrestres. En una segunda fase se consideran otras soluciones en Sagunto, Torreblanca y Vandellós. Estas dos últimas han sido descartadas por la existencia de lugares protegidos por la red «Natura 2000» y la presencia de áreas inestables en el fondo marino.

Finalmente, la solución que resulta más viable y de menor impacto es la interconexión que une las subestaciones de Morvedre y Santa Ponsa.

La propuesta del trazado de los cables submarinos ha sido elaborada mediante un estudio de detalle del fondo marino, determinando la batimetría y características físicas del subsuelo en un pasillo de 2 km de ancho a lo largo del trazado estudiado.

El trazado elegido evita en los tramos subterráneo y costero, los yacimientos arqueológicos, las granjas de piscicultura y las praderas de fanerógamas submarinas que hay en Sagunto. Las medidas ambientales de carácter preventivo adoptadas minimizan la afección sobre el sector turístico y pesquero, así como sobre los cetáceos y la nacra (especie de almeja que habita en las praderas de posidonia, una variante de alga marina) en el tramo marino, y la tortuga mora en el tramo terrestre de Santa Ponsa.

Uno de los elementos de mayor valor ambiental analizados son las praderas de posidonia oceánica, especie endémica del Mediterráneo que está protegida a nivel europeo. Con la adopción de medidas preventivas, correctoras y compensatorias se ha minimizado la afección sobre las praderas de esta fanerógama submarina presente en la cala de Santa Ponsa.

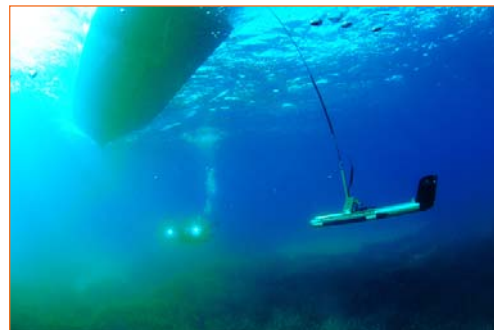
Fabricación y método de tendido del cable submarino

Las empresas encargadas del diseño y tendido de los cables, la noruega Nexans y la italiana Prysmian, fabrican cada una, uno de los cables submarinos

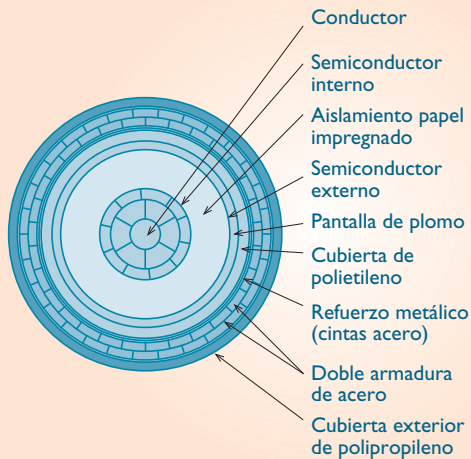


Pradera de posidonia, hábitat protegido, con presencia de nacra.

Rastreo de la bahía de Santa Ponsa mediante un sónar para detectar la localización de praderas de posidonia.



Cable HVDC submarino



HVDC (237 km) y la mitad del cable submarino de retorno (118,5 km), un total 711 km de cable. Después de la fabricación y ensayos en fábrica de los cables, estos pasan a grandes plataformas giratorias en sus respectivas instalaciones y desde allí se cargan directamente en los dos únicos barcos del mundo, el *Skagerrak* y el *Giulio Verne*, capaces de acometer un tendido de este tipo.

Estos barcos están equipados con sistemas de posicionamiento dinámicos (DGPS) para seguir exactamente las trayectorias establecidas y mantenerse fijos cuando las condiciones del mar requieran suspender durante unas horas los trabajos. Este tipo de barcos controla y ajusta su posición con una alta precisión, mediante el uso de DGPS que determinan en todo momento sus coordenadas y el control automático de cinco propulsores regulables.

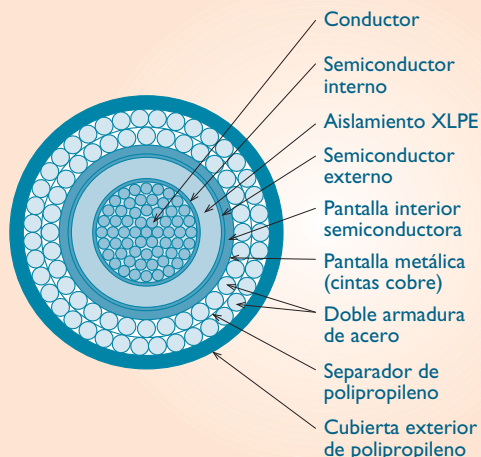
El barco se sitúa a 500 metros de la costa y desde allí recorre el trazado prefijado para el cable tendiéndolo sobre el fondo marino. Cuando llega a la costa opuesta se detiene y suelta el cable restante para que por medio de flotadores, barcas auxiliares y submarinistas se sitúe en el fondo hasta la costa. Los cables submarinos están protegidos por debajo del lecho marino en una zanja de un metro para profundidades inferiores a 800 metros.

Cada barco tiene una capacidad de transporte de 7.000 toneladas de cable, capacidad indispensable para tender cada uno de los cables de energía, ya que estos tienen un peso total estimado de 6.700 toneladas. De esta manera, cada cable submarino se tiende en una longitud única, sin necesidad de realizar empalmes durante los trabajos de tendido.

El barco cablero *Giulio Verne*, de Prysmian y el *Skagerrak*, de Nexans se encargan del tendido de cada uno de los cables HVDC. Una vez finalizada la instalación de los cables submarinos de corriente continua se tiende el cable de fibra óptica necesario para garantizar las comunicaciones entre ambos extremos del enlace.

Durante el tendido se realiza una monitorización para seguir la colocación del cable sobre el lecho marino, mediante un vehículo de control remoto (ROV), para realizar pequeños ajustes de trazado y evitar algunas irregularidades del fondo.

Cable submarino de retorno



Planificación general del proyecto

Tramitación del proyecto

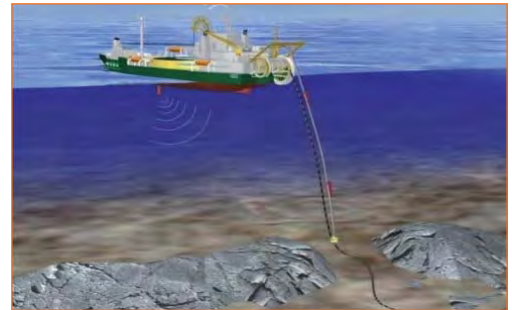
- **Julio 2005-marzo 2006**
Memoria resumen del Ministerio de Medio Ambiente.
- **Julio 2005-octubre 2007**
Elaboración del estudio de impacto ambiental y proyectos de ejecución.
- **Febrero 2008-julio 2009**
Tramitación del estudio de impacto ambiental y proyectos de ejecución.

Ingeniería y construcción del enlace

- **Noviembre 2004-abril 2006**
Estudios de viabilidad.
- **Abril 2005-abril 2006**
Estudio del fondo marino del trazado.
- **Mayo 2007**
Adjudicación de contratos.
- **Junio 2007-mayo 2008**
Ingeniería de detalle.
- **2008-2010**
Fabricación de cables y equipos.
- **Abril 2009-diciembre 2010**
Construcción de las estaciones de conversión.
- **2010-2011**
Tendido de los cables y montaje.
- **2011-2012**
Pruebas y puesta en servicio.
- **Agosto 2012**
Inicio del funcionamiento comercial.



Simulación del proceso de enterramiento de los cables en el fondo marino.



Vehículo de control remoto para el posicionamiento correcto del cable en el fondo marino.



Equipo que prepara la zanja para el cable en zonas poco profundas.



Skagerrak, barco noruego de la empresa Nexans que se dedica al tendido del cable submarino.

En el tendido del cable submarino se utilizan balizas y lanchas para mantenerlo a flote y dirigirlo hacia la playa para enlazar con el cable subterráneo.

Características generales del proyecto Península-Mallorca

Sistema corriente	Continua
Tensión nominal	± 250 kV
Capacidad térmica de transporte	400 MW (2 x 200 MW)
Número de circuitos	Enlace bipolar con retorno metálico por cable
Número de cables eléctricos	2 cables de potencia, un cable de retorno
Número de cables de fibra óptica	1 de 24 fibras
Longitud total	244 km
Tramo subterráneo Morvedre	4 km
Tramo submarino	237 km
Tramo subterráneo Santa Ponsa	3 km





RED ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

P.º del Conde de los Gaitanes, 177
28109 Alcobendas · Madrid
www.ree.es