

CURSO

ENERXÍA LIMPA

Retos tecnolóxicos na
produción e almacenamento
de enerxías renovables

Coordinado polo Dr. Juan M. Lema Rodicio,
Presidente da Real Academia Galega de Ciencias

27 de xuño → **Santiago**
Pazo de San Roque

28 de xuño → **Santiago**
Pazo de San Roque

29 de xuño → **Ferrol**
Salón de actos
do Campus de Ferrol (UDC)

30 de xuño → **A Coruña**
Salón de actos da Autoridade Portuaria da Coruña

2

Retos tecnolóxicos na
produción e almacenamento
de enerxías renovables

CURSO

ENERXÍA LIMPA

Luns **27**

xuño

Pazo de San Roque
Santiago de Compostela

Estratexias enerxéticas

17:00 h

Presentación

Valentín González Formoso

Presidente da Deputación da Coruña

Juan Lema Rodicio

Presidente da RAGC

17:15 h

A estratexia española de enerxías renovables

Miriam Bueno

Subdirectora General de Prospectiva,
Estrategia y Normativa en Materia de
Energía. Secretaría de Estado de Energía

18:00 h

A senda enerxética de Galicia

Paula Uría

Secretaría xeral de Industria
da Xunta de Galicia

18:45 **Pausa café**

19:15 h

O estado actual das enerxías renovables en Galicia

Juan I. Rodríguez

Director do Departamento de Enerxía
do Inega

20:00-20:30 h **Debate**

Martes **28**

xuño

Pazo de San Roque
Santiago de Compostela

Enerxía solar fotovoltaica. Enerxía da biomasa. Almacenamento enerxético

17:00 h

Presentación

Juan Lema Rodicio

Presidente da RAGC

17:15 h

Retos tecnolóxicos na produción de enerxía solar fotovoltaica

Antonio García Loureiro

Catedrático do Departamento de
Electrónica e Computación da USC

18:00h

Enerxía da biomasa

Mauro Coucheiro

Director de operacións de Greenalia Forest

18:45 **Pausa café**

19:15 h

Alternativas para o almacenamento da enerxía

Juan Andrés Marín

Enxeñeiro de Minas. Responsable do Dpto.
I+D+i da Ciudad de la Energía (CIUDEN)

20:00-20:30 h **Debate**

cicloAVANCES
EN CIENCIA E TECNOLOXÍA

CURSO
ENERXÍA
LIMPA

Retos tecnolóxicos na
produción e almacenamento
de enerxías renovables

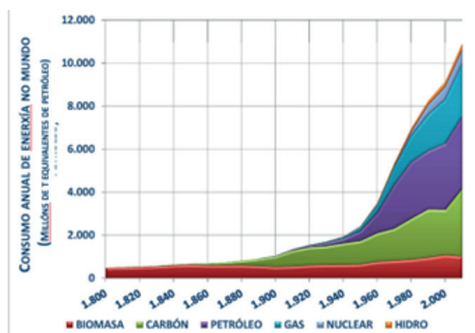
UNHA REVOLUCIÓN NO SÉCULO XXI

Juan M Lema Rodicio

Presidente da Real Academia Galega de Ciencias

Estamos a asistir en directo a transformación profunda dun dos sectores máis importantes que facilitan e condicionan o desenvolvemento da sociedade. A produción e utilización da enerxía foi un factor decisivo dende a orixe da propia especie humana. Durante moitos séculos a biomasa lignocelulósica foi a fonte esencial de enerxía calorífica e ó longo da historia fóronse aplicando sistemas de combustión que permitiron mellorar o seu aproveitamento. Aínda así os sistemas incluso máis avanzados presentaban unha baixa eficacia, permitindo un aproveitamento limitado dos recursos. Porén, o uso masivo da madeira como combustible supuxo en moitas áreas unha deforestación moi importante que modificou a paisaxe, o uso de recursos e mesmo o clima.

A revolución industrial, no século XVIII, supuxo a maior transformación económica, tecnolóxica e social da humanidade dende o Neolítico, incrementándose exponencialmente as necesidades enerxéticas que necesitaban do uso masivo de novas fontes cun maior contido enerxético.



Evolución do consumo enerxético do mundo

Desenvólvense neste período os sistemas de extracción de carbón e a máquina de vapor, elementos esenciais que posibilitan a expansión de industrias de todo tipo. É tamén neste período cando comeza a utilización máis tecnificada de fontes de enerxía mecánica como a eólica e sobre todo a hidráulica que ata ese momento aportaban unha contribución moi baixa ó abastecemento enerxético. Muíños de auga e de vento utilizados sobre todo para a moenda do grao e, en moi menores proporcións para produción de enerxía mecánica para pequenas instalacións industriais.

Dende entón, o carbón pasou a ser a fonte principal de enerxía, tanto térmica como mecánica trala súa transformación en instalacións baseadas na máquina de vapor, ata que o incremento das necesidades enerxéticas sen precedentes durante o século XX, especialmente a partir do 1950, propiciou un desenvolvemento exponencial do uso dos hidrocarburos, ben derivados do petróleo ou máis recentemente o gas natural. É tamén nesta época onde se desenvolven as centrais eléctricas baseadas en combustibles radioactivos.

A finais do século XX comézanse a evidenciar con máis forza os efectos negativos das emisións provocadas polo uso masivo dos combustibles fósiles sobre o contido de dióxido de carbono na atmosfera e a súa importancia sobre a acentuación do efecto invernadoiro polo que dende comunidades científicas comezan a lanzarse ideas sobre desenvolvemento a nivel exploratorio de fontes de enerxía limpa. Teñen lugar plans experimentais como o propiciado pola, naquel momento, Comunidade Económica Europea (CEU) como o programa AWEC-60 que permitiu a instalación en 1990 de tres aeroxeneradores de grande envergadura, entre eles un de de 1,2 MW en cabo Vilano, o maior de Europa naqueles intres. Nesa época xa había en España un parque de máis de 15.000 muíños cunha potencia unitaria moi baixa, da orde de 100 kW sen viabilidade económica. Tras sete anos de funcionamento, con moitas limitacións técnicas, o AWEC-80, “pai dos aeroxeneradores” foi desmantelado, sendo as observacións durante o seu

tempo activo vitais para a concepción dos equipos modernos que agora producen eficazmente electricidade en todo o mundo.

A enerxía solar foi sempre unha opción contemplada con moita esperanza. As placas experimentais a mediados do século XX eran absolutamente inviables, producindo electricidade a un custo 200 veces superior ós procesos convencionais. Dende entón a eficiencia e o custo das placas modificouse radicalmente ata atinxir uns CAPEX e OPEX completamente competitivos nun mercado aberto.

As iniciativas e o compromiso de administracións públicas como a proposta 20-20-20 da Unión Europea no 2008 que propiciaba que ó menos o 20% da enerxía consumida en Europa fora de orixe renovable, impulsou a investigación, a innovación e os proxectos empresariais dun xeito extraordinario. O último grande programa é a transición enerxética cara a produción de enerxía sustentable e sen emisións indesexables. É neste contexto onde cabe enmarcar a promoción do hidróxeno como vehículo enerxético.

Hoxe en día as “enerxías limpas” son moito máis cunha promesa. Son moito máis que un desexo dunha parte da sociedade máis concienciada pola protección do medio ambiente. Son unha necesidade e unha realidade tecnolóxica e económica en fase de expansión, aínda máis acelerada trala crise enerxética producida como consecuencia da invasión de Ucraína por Rusia. As novas propostas tecnolóxicas e económicas abren un camiño, posiblemente irreversible cara a consecución dunha sociedade máis segura e respectuosa co medio ambiente.

Conscientes do interese do grande público por este tema tan crucial, a Real Academia Galega de Ciencias (RAGC), baixo o patrocinio da Deputación da Coruña e a colaboración do Campus Industrial da Universidade da Coruña, o Instituto Enerxético de Galicia (INEGA) e a Autoridade Portuaria da Coruña, organizaron un moi ambicioso curso desenvolvido en A Coruña, Ferrol e Santiago de Compostela onde foron tratados monograficamente e por expertos recoñecidos os aspectos chave deste tan importante campo.

Estas notas recollen as conclusións básicas obtidas ó longo das catro sesións. A primeira delas analizando a planificación dos aspectos normativos e as seguintes orientadas á Enerxía fotovoltaica, Biomasa, Hidróxeno e Biometano e as Enerxías do Mar, considerando asemade o Almacenamento enerxético.



A ESTRATEXIA ESPAÑOLA DE ENERXÍAS RENOVABLES

Miriam Bueno Lorenzo.

Subdirectora General de Prospectiva, Estrategia y Normativa en Materia de Energía. Secretaría de Estado de Energía. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Resumo

A Lei de Cambio Climático e Transición Enerxética, ten por obxecto asegurar o cumprimento dos obxectivos do Acordo de París de 2015 e facilitar a descarbonización da economía española e a súa transición a un modelo circular que garante o uso racional e solidario dos recursos, así como promover a adaptación aos impactos do cambio climático e a implantación dun modelo de desenvolvemento sostible que xere emprego decente e contribúa á redución das desigualdades. Para a súa redacción tamén se tivo en conta o informe especial do ano 2018 do Grupo Intergubernamental de expertos sobre o cambio climático (IPCC).

A lei recolle como instrumentos de planificación para abordar a transición enerxética o Plan Nacional Integrado de Enerxía e Clima (PNIEC) e a Estratexia de Descarbonización a 2050 da Economía Española. O primeiro debe recoller os obxectivos sectoriais e as políticas e medidas para alcanzalos dos sectores que participan en réxime de comercio de dereitos de emisión, as grandes industrias e o sector eléctrico e os sectores difusos (agrario, forestal, transporte, residencial, institucional, comercial e de gases fluorados).

A Estratexia de Almacenamento Enerxético e a de Transición Xusta, derivadas do PNIEC, fixan os obxectivos nacionais de eficiencia enerxética, enerxías renovables e redución de emisións, así coma outros obxectivos sectoriais e as principais cifras ener-

xéticas para acadar a descarbonización da economía, no marco internacional no que se inscribe.

Tamén, o PNIEC determina as necesidades de renovables para cumprir cos obxectivos climáticos de descarbonización e de redución das emisións de gases de efecto invernadoiro para o ano 2030, e prevé as políticas e medidas a abordar ata 2030 para alcanzar a neutralidade climática en 2050. Para alcanzar estes obxectivos calcúlase que se necesitan uns novos 60 xigavattios de enerxías renovables.

Para alcanzar esa potencia instalada é necesario dispor de sistemas de almacenamento enerxético que aporten flexibilidade. Dentro de esa estratexia, é necesario coñecer ben as necesidades do sector enerxético, que abórdanse en liñas de acción relacionadas coa regulación, os novos modelos de negocio ou o papel que teñen que xogar a cidadanía e as zonas de transición xusta.

A SENDA ENERXÉTICA DE GALICIA 2030

Paula Uría Traba

Secretaria xeral de Industria da Xunta de Galicia.

Resumo

Galicia diríxese cara a neutralidade climática no ano 2050, apostando pola descarbonización, mediante a electrificación da economía, o fomento dos biocombustibles e gases renovables, co vector do hidróxeno verde, o impulso das enerxías renovables e a acumulación enerxética, a maior implicación dos consumidores, a economía circular e a innovación tecnolóxica.

A Axenda Galega de Transición Enerxética 2030, establece unha folia de ruta para a consecución dos obxectivos intermedios en 2030 que permitan alcanzar a neutralidade climática en 2050, con novas oportunidades, non só para o sector enerxético galego, senón para o resto de sectores estratéxicos en Galicia.

A Axenda enmárcase dentro do Plan Estratéxico de Galicia (PEG) 22-30: Eixe 2, Medio Ambiente e Adaptación ao Cambio Climático.

O principal obxectivo da promoción das enerxías renovables é a redución do emprego dos combustibles fósiles coas vantaxes medioambientais que implica, principalmente: a mitigación do cambio climático e a redución da dependencia enerxética de Galicia.

En termos cuantitativos, os obxectivos da Axenda son:

- 55% de redución nas emisións de gases de efecto invernadoiro totais respecto ás do ano 1990.
- 58% de enerxías renovables no consumo final.
- 84,8% de enerxías renovables da xeración de enerxía eléctrica.

.- 48,8% de mellora da eficiencia enerxética no consumo de enerxía primaria.

.- 40,8% de mellora da eficiencia enerxética no consumo de enerxía final.

.- Reducir ao 39,3% a dependencia enerxética do exterior, debido a que os recursos autóctonos non cobren a demanda enerxética de Galicia.

Para acadar ditos obxectivos, a Axenda establece unha serie de medidas e liñas de actuación englobadas en sete eixos que dan resposta ás necesidades e oportunidades detectadas:

- 1.- Desenvolvemento de enerxías renovables
- 2.- Economía circular
- 3.- Mobilidade sostible
- 4.- Descarbonización dos sectores económicos
- 5.- Desenvolvemento tecnolóxico e innovación
- 6.- Transición xusta
- 7.- Pancas de financiamento

O ESTADO ACTUAL DAS ENERXÍAS RENOVABLES EN GALICIA

Juan Ignacio Rodríguez

*Fernandez-Arroyo. Director do Departamento de Enerxía do Instituto
Enerxético de Galicia (INEGA).*

Resumo

Para poder facer un óptimo aproveitamento das medidas a tomar e das oportunidades futuras, é necesario partir dun adecuado diagnóstico e dunha análise do contexto actual da situación das enerxías renovables en Galicia.

O contexto actual é complexo e ven marcado polo obxectivo de neutralidade climática 2050, recollido no Pacto Verde Europeo a través da Lei Europea do Clima, e pola Lei de Cambio Climático e Transición Enerxética Nacional.

Para cumprir os obxectivos recollidos neste contexto normativo, se require cumprir obxectivos a medio prazo, xa de seu ambiciosos, con revisións periódicas, cun chanzo intermedio no ano 2030.

Galicia define a súa axenda de transición enerxética visión 2030 con cinco obxectivos estratéxicos principais e co desenvolvemento de liñas de acción englobadas en sete eixos de actuación para avanzar na transición ecolóxica.

Segundo os datos do balance de fluxos enerxéticos de Galicia que publica anualmente o INEGA, Galicia transformou no ano 2020 máis de 10.223 ktep de enerxía primaria, o que representa o 9,3% da enerxía primaria total que se transformou no Estado. Da enerxía primaria transformada de orixe galego, (o 24,9% do total), o 98% foi de orixe renovable. Queda aínda un camiño por

recorrer, a pesar da boa posición inicial de partida, en canto á dependencia enerxética de Galicia do exterior.

Das principais fontes de enerxía renovables en Galicia, o 34,7% é de orixe eólico, o 30,5% procedente da biomasa e biogás, e o 28,1% de orixe hidráulico.

Da enerxía primaria importada, procedente de fontes non renovables, o 51,8% é cru de petróleo, o 27,1% gas natural, e o 13,9% de produtos petrolíferos para diferentes usos. Os biocarburantes empregados na automoción son os únicos produtos enerxéticos primarios importados e representan o 2,4% dos produtos enerxéticos importados.

A evolución da dependencia enerxética de Galicia do exterior é favorable, pasando dunha dependencia media anual do 75,2% no período 2008-2018, a un 71,5% no ano 2019, e un 61% no ano 2020.

O perfil do consumo de enerxía final en Galicia, mostra que o 33% da enerxía se consume en combustibles para o transporte, o 26% en enerxía eléctrica, o 24,7% en combustibles convencionais para uso térmico e o 12% en renovables para uso térmico.

A xeración bruta de enerxía eléctrica en Galicia foi no último ano analizado (2020) de 25.608 GWh, e a análise da súa estrutura mostra que o 75,7% procede de enerxías renovables, cunha fracción de renovables con tendencia crecente a desprazar as de orixe fósil, o que indica que a xeración bruta de enerxía eléctrica en Galicia está na senda de alcanzar un mix de produción de enerxía eléctrica que procede maioritariamente de fontes renovables.

Así mesmo, a evolución da potencia térmica renovable instalada en Galicia mostra un crecemento continuo en todas as tecnoloxías, sendo as principais as de biomasa con caldeiras de biomasa sólida (85%) e as de bombas de calor renovables (11%), que da lugar a unha potencia total de enerxía renovable instalada para usos térmicos de 2.963 MW.

As conclusións máis salientables que se poden obter desta análise son:

- A dependencia enerxética de Galicia diminuíu no ano 2020 un 14,6%, pasando do 71,5 % no ano 2019 ao 61,0 % no ano 2020. O obxectivo do Plan Nacional Integrado de Enerxía e Clima (PNIEC) 2021-2030 é que non supere o 61% no ano 2030.

- As enerxías renovables seguen a manter un papel fundamental no escenario enerxético galego, a súa participación no consumo de enerxía final bruto (calculado segundo indica a Directiva Europea 2009/28/CE) foi do 46,2 % no ano 2020, superando o obxectivo do PNIEC do 42% para o ano 2030.

- No ano 2020, a contribución renovable á xeración eléctrica en Galicia foi do 75,7%, superando o obxectivo do PNIEC do 74% para o ano 2030.

- No ano 2020, a capacidade de produción e distribución de enerxías renovables para usos térmicos foi de 615 ktep, o 31,9 % da enerxía utilizada con usos térmicos.

RETOS TECNOLÓXICOS NA PRODUCCIÓN DE ENERXÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Antonio García Loureiro

Catedrático do Departamento de Electrónica e Computación da Universidade de Santiago de Compostela (USC).

A enerxía que nos proporciona o Sol é catro ordes de magnitude superior á demanda mundial de enerxía actual. O aproveitamento desta fonte de enerxía empregando módulos fotovoltaicos, que converten a enerxía solar en electricidade directamente, é unha das mellores alternativas para dar resposta á crecente demanda. Entre as grandes vantaxes está a súa modularidade, escalabilidade e capacidade de xeración distribuída. A tecnoloxía aplicada na instalación dunha vivenda individual é a mesma á dun grande parque fotovoltaico con capacidade de produción de varios xigavatios. A parte fundamental desta fonte de enerxía é a célula solar. Actualmente, a tecnoloxía dominante é o silicio monocristalino, seguido polo silicio multicristalino, tecnoloxías de primeira xeración con fabricantes principalmente en China, en contraposición ás de segunda xeración, basicamente formados por CIGS (Cu, In, Ga, Se) e CdTe, con fabricantes en USA e Xapón. Todas estas tecnoloxías están preto do seu límite teórico de eficiencia, polo que é preciso buscar alternativas que permitan manter ou superar este límite, coa capacidade de producir módulos fotovoltaicos da orde de xigavatios ao menor custo de fabricación posible. Entre estas tecnoloxías, as baseadas en perovskitas, son unha das máis prometedoras tendo en conta a abundancia dos elementos que as forman e os baixos custos de produción. Aínda que na actualidade non están a ser comercializadas, cabe destacar a evolución da eficiencia récord pasando do 3.8% no 2009 (Universidade de Tokio), ao 25.7% en 2021 (Ulsan National Institute of Science and Technology). Ademais é posible crecer unha célula de perovskita enri-

ba dunha de silicio, tecnoloxía multiunión, o que permite acadar eficiencias aínda mais elevadas. O resultado máis relevante é o da spin-off Oxford Photovoltaics, fundada no 2010, que ten previsto producir na súa planta piloto en Alemaña módulos comerciais de perovskitas sobre silicio cun tamaño de 15.6 x 15.6 cm² a finais de 2022.

BIOMASA, ENERXÍA VERDE DESDE OS NOSOS MONTES

Mauro Coucheiro

Director de operacións de Greenalia Forest.

Resumo

Segundo os últimos datos publicados,, en 2021 se aproveitaron en Galicia cerca de 10 millóns de metros cúbicos de madeira, o que supón máis da metade de todo o país, un volume que, ademais xera máis de 2 millóns de toneladas anuais de restos de tala.

Isto converte a Galicia na primeira rexión española polo seu potencial en residuos forestais. As súas características climáticas, distribución da poboación e a súa grande tradición e importancia en explotacións madeireiras, reflicten o potencial de Galicia para producir enerxía limpa procedente da biomasa.

A directiva da UE 2018/2001 RED II garante que a biomasa para a produción de electricidade e calor se produza de xeito sustentable. Ademais, a Lei de Montes de Galicia permite e regula o aproveitamento da biomasa forestal residual.

Neste marco, Greenalia puxo en marcha en 2020 a planta de biomasa forestal máis grande do sur de Europa, de 50 MW. Está situada no polígono de Curtis-Teixeiro (A Coruña). Unha instalación que conta con capacidade para procesar anualmente máis de 500.000 toneladas de biomasa forestal procedente de talas que permiten verter á rede eléctrica en arredor dos 324 GWh anuais.

Para o subministro de materia prima, Greenalia conta cun total de 30 empacadoras que coas que trabállan nun radio máximo de 100 kilómetros da planta de Curtis. Con elas realízanse os labores de recollida no monte coas que se limpian e valorizan anualmente arredor de 10.000 hectáreas de monte galego.

O tratamento e valorización da biomasa leva aparelado múltiples beneficios ambientais entre os que destaca minimizar a propagación de incendios e mellorar a súa extinción; facilitar a asimilación da fracción vexetal fina polos solos; reducir o risco de pragas e enfermidades forestais e incrementar a presenza humana e vixilancia no monte.

A principal vantaxe do aproveitamento da biomasa para xerar electricidade é que é xestionable, é dicir, pódese decidir cando se produce esta enerxía eléctrica.

En Galicia, a loxística dos produtos forestais desde o monte á industria é complexa e se caracteriza polo seu orixe disperso, debido ao atomismo da propiedade forestal e destino variable, diversidade de produtos e industrias transformadoras, gran variedade de provedores e formas de subministro.

ALTERNATIVAS PARA O ALMACENAMENTO DE ENERXÍA.

Juan Andrés Marín

Enxeñeiro de Minas. Responsable do Departamento de I+D+i da Ciudad de la Energía (CIUDEN).

Resumo

CIUDEN está concibida como unha ferramenta para a implantación de proxectos piloto de validación e demostración encamiñados a dar consecución aos obxectivos do Plan Nacional Integrado de Enerxía e Clima (PNIEC), actuando como plataforma para o desenvolvemento de tecnoloxías de almacenamento de enerxía e hidróxeno verde, totalmente aliñada coas medidas da Folla de Ruta do Hidróxeno e a Estratexia de Almacenamento Enerxético. O campo de actuación das súas instalacións parte dun TRL 4-5, podendo alcanzar en determinados casos TRL 7-8.

CIUDEN desenvolve proxectos de carácter I+D+i tecnolóxico-industrial en colaboración con entidades públicas e privadas, e dispón dunha posibilidade única para a hibridación de distintas tecnoloxías nunha mesma localización. O desenvolvemento dos proxectos de almacenamento e hidróxeno verde susténtase en sistemas multidireccionais, intelixentes e flexibles, adaptando a infraestrutura a cada caso e necesidades particulares.

O almacenamento de enerxía procedente de fontes renovables é unha ferramenta necesaria e fundamental para a Transición Enerxética e a descarbonización do sistema de xeración eléctrica. Ademais, permite a distribución de enerxía renovable en momentos de moita demanda. Por isto, CIUDEN, dentro do seu obxectivo específico de impulsar nas zonas de Transición Xusta proxectos de almacenamento de enerxía e eficiencia enerxética, trata de po-

ñer en valor as súas instalacións e equipos para a súa adaptación como futuro ICTP (Infraestrutura Científica e Técnica Singular) para a validación de tecnoloxías de produción de hidróxeno verde e almacenamento enerxético. Para elo, está a analizar as distintas tecnoloxías segundo o seu grado de madurez e levar a cabo a creación dunha instalación híbrida de varios sistemas de almacenamento, colaborando no desenvolvemento dos mesmos e demostrando así a súa viabilidade industrial e comercial.

Das distintas tecnoloxías de almacenamento de enerxía (mecánica, electroquímica, eléctrica, química e térmica), salientan pola súa madurez dentro das mecánicas, as de bombeo, puro e mixto, aire comprimido e aire comprimido adiabático; dentro das electroquímicas, as baterías de ión-litio e as baterías de fluxo, e dentro das térmicas, por calor sensible, calor sensible das sales fundidas e calor latente.

As baterías de ión-litio teñen as vantaxes da súa modularidade, alta densidade de enerxía e alta eficiencia de carga e descarga, pero teñen unha vida útil moi curta. A súa capacidade mundial de fabricación tense triplicado nos últimos cinco anos, agora é de 302 GWh e espérase que se vexa incrementada con outros 603,8 GWh nos vindeiros cinco anos. As baterías de fluxo están en fase de expansión debido a que poden fabricarse con materias primas (V, Zn, Fe, ZnBr) de maior dispoñibilidade.

EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE AEROXERADORES E A SÚA INTEGRACIÓN NA REDE ELÉCTRICA

Camilo Carrillo

Profesor Titular no Departamento de Enxeñaría Eléctrica da Universidade de Vigo (UVigo). Membro do grupo de Investigación en Enxeñaría Eficiente e Dixital.

Resumo

A enerxía eólica ten experimentado un ritmo de crecemento de dobre dígito durante os últimos 10 anos, que tense visto reforzado pola crecente instalación de parques eólicos offshore. Sirva como exemplo que no ano 2021, a eólica offshore supuxo un 22.5% da potencia eólica instalada no mundo.

Este crecemento leva asociada unha importante evolución tecnolóxica onde os equipos máis avanzados se deseñan para as instalacións mariñas. Así, os aeroxeradores mariños punteiros sitúanse en potencias arredor dos 15 MW, con diámetros de rotor por riba dos 230 m e unha loxística asociada a súa instalación que unicamente é posible no mar.

Entre outros avances, isto ten sido posible grazas á evolución do tren de potencia destas máquinas, onde se pasou dos clásicos xeradores con multiplicadora e de velocidade de xiro constante con rotor paso de pa fixa, ata as máquinas de hoxe en día, onde predomina o paso de pa variable e os xeradores de velocidade variable. A tendencia nestes é eliminar a multiplicadora ao introducir xeradores de imáns permanentes de baixa velocidade de xiro. Con este tipo de configuracións conséguese, ademais dun mellor aproveitamento da enerxía do vento, aliviar as solicitacións mecánicas asociadas ao comportamento variable do vento, permitindo isto último facer aeroxeradores de maior tamaño.

Dende o punto de vista de evacuación da enerxía, aparecen novos retos xa que é habitual encontrar proxectos situados a máis de 100 km da costa, e con potencias por riba dos 1000 MW. Nestes casos, a evacuación de enerxía en corrente continua (HVDC) é unha alternativa economicamente viable. Esta permite transportar a enerxía a tensións moi elevadas (incluso por riba dos 500 kV) coa conseguinte redución de perdas. Ademais, a electrónica de potencia empregada permite mellorar o control do fluxo de potencia entre o parque e as instalacións de terra, ademais de aumentar a inmunidade do parque diante de perturbacións eléctricas.

Unha tendencia en auge é a hibridación de instalacións. Isto é, unha vez instalado o parque offshore e a súa infraestrutura eléctrica, utilizar esta última para evacuar a enerxía de outras renovables compatibles co emprazamento. Ademais do aforro de custo, se podería buscar complementar a incerteza asociada á eólica con outras fontes máis predicibles, coma pode ser a de correntes de marea ou a fotovoltaica.

Outro aspecto a ter en conta, e que afecta de forma máis xeral ao obxectivo dunha maior introdución de enerxías renovables no “mix enerxético”, é a necesidade de que estas fontes de enerxía participen nos servizos de mantemento do sistema eléctrico do mesmo modo que o fan as centrais de xeración convencionais. Só deste modo poderán desprazar a estas.

INTRODUCCIÓN Á EÓLICA MARIÑA FLOTANTE E O SEU MARCO NORMATIVO EN ESPAÑA

Manuel Fernández García del Campo e Pablo Alberte González

Director de proxecto e Director de enxeñaría de Ocean Winds.

Resumo

España conta cun importante recurso eólico no mar. Pero debido ás condicións de profundidade que se alcanzan a escasa distancia da costa, o noso país tense quedado fóra do grande desenvolvemento da eólica mariña que se ten producido no norte de Europa nos últimos anos. A madurez que está a alcanzar a tecnoloxía eólica flotante fai que nos encontremos diante dunha oportunidade única para que España poida incorporarse e alcanzar unha posición de liderado nesta tecnoloxía.

A eólica flotante ten unha serie de aspectos técnicos singulares en comparación coa eólica terrestre, ou coa propia eólica mariña sobre cimentación fixa. O aspecto máis evidente é o sistema de sustentación e fixación do aerogenerador por medio de plataformas flotantes. Na actualidade existen basicamente catro tipoloxías de plataformas e dentro delas numerosos modelos con diferentes grados de madurez tecnolóxica. Experiencias pre-comerciais teñen demostrado que a tecnoloxía está dispoñible e preparada para o salto cara a desenvolvementos comerciais a maior escala. Así o están entendendo numerosos países. Francia, Reino Unido, Portugal, Noruega, Italia, Grecia, Irlanda, Estados Unidos, Corea do Sur ou Xapón, ademais de España, encóntranse en pleno desenvolvemento de proxectos de eólica mariña flotante e da súa cadea industrial asociada, así como da normativa que debe acompañar todo este proceso.

Unha nova tecnoloxía vai acompañada de novos retos técnicos e as súas correspondentes oportunidades. Aos mencionados desenvolvementos tecnolóxicos no campo das plataformas flotantes iránelles sumando outros retos, fundamentalmente en relación cos procesos de fabricación, a loxística, os sistemas de ancoraxe, os cables dinámicos de interconexión entre aerogeneradores, as subestacións mariñas flotantes e os cables de interconexión a terra.

España encóntrase en pleno proceso de elaboración da normativa necesaria para o desenvolvemento da eólica mariña no noso país. Este desenvolvemento tense que realizar de maneira ordenada, respectuosa co medio ambiente e cos outros usos do mar, por medio de procesos de concorrencia competitiva de proxectos en áreas dispostas para iso nos Plans de Ordenación do Espazo Marítimo e por capacidades acordes aos obxectivos e as disponibilidades dos nodos de evacuación eléctrica.

Todos estes aspectos permiten anticipar que a eólica mariña flotante será unha realidade en España no curto prazo e que poderase alcanzar o obxectivo de ter no ano 2030 entre 1 y 3 GW de eólica mariña flotante, tal como tense establecido na Folla de Ruta para o seu desenvolvemento en España.

AS ENERXÍAS DO MAR

Alejandro Romero Filgueira

Xestor de Proxectos da Plataforma Océánica de Canarias (PLOCAN).

Resumo

Por espazo, os mares e océanos cobren máis do 70% da Terra. Toda esa extensión abarca unha cantidade inxente de enerxía. A eólica mariña con base fixa ten alcanzado xa madurez tecnolóxica suficiente e se prevé que a eólica flotante o faga nesta década. Pero máis alá do vento, os océanos posúen máis de 1 millón de km³ de auga, e esa masa móvese debido principalmente ao movemento da Terra, ás accións gravitatorias do sol e a lúa e ao gradiente térmico.

O desenvolvemento tecnolóxico da eólica mariña se ten beneficiado dos anos de maduración dos sistemas de captación da enerxía do vento en terra. Sen embargo, as enerxías oceánicas se encontran nun estado de desenvolvemento aínda cedo. Sabemos que enerxía temos que captar: o movemento das ondas, enerxía das mareas, as correntes mariñas ou o gradiente térmico. Pero aínda investigamos o mellor método para transformar esa enerxía en electricidade.

No futuro, o noso sistema enerxético terá cambiado a combustión dos fósiles por un mix de enerxías cun denominador común, a sustentabilidade. PLOCAN traballa para acelerar ese cambio, dando a posibilidade de que os desenvolvedores validen as súas tecnoloxías nun medio mariño real, xerando coñecemento e actividade económica relacionados cos mares e océanos, e asegurándose que os seus recursos son explotados desde a sustentabilidade e o máximo respecto polo entorno natural.

PROXECTO INDUSTRIAL SAINT BRIEUC DE EÓLICA MARIÑA

Ángel Fernández Rodríguez

Director comercial Green Energies en Navantia.

Resumo

O contrato para a construción de 62 jackets (cimentacións fixas que sustentan os aeroxeradores mariños) por parte da Joint Venture Navantia-Windar é o maior encargo de eólica mariña recibido ata a data polo consorcio formado por ambas as dúas empresas. O operador do parque (de case 500 MW de potencia) será Ailes Marines, filial francesa de Iberdrola.

O parque eólico, situado no Mar do Norte, na Bretaña francesa, está formado por sesenta e dous aeroxeradores de 8 MW de potencia cada un, cunha superficie mariña ocupada de 75 km², para subministraren enerxía eléctrica a 835.000 habitantes no ano 2023.

O alcance do proxecto supón 1.250 empregos directos entre Fene e Avilés. Como consecuencia deste contrato, Navantia-Windar abriu unha planta en Brest, na Bretaña francesa, onde téñense fabricado compoñentes para 34 das 62 jackets do parque, en total 35.000 toneladas de aceiro, xerando 250 empregos directos durante 2 anos, coincidente coa duración do proxecto.

As cimentacións do proxecto Saint-Brieuc son de tres patas, e cada unha delas mide 75 metros de alto, 25 de ancho e pesa 1.150 toneladas. Para a fixación desta jacket ao fondo mariño, Iberdrola utilizou, por primeira vez, un innovador dispositivo hidráulico denominado pile grippers que aporta unha fixación adicional e proporciona estabilidade durante a fase de instalación, que se espera comece nos vindeiros meses, dado que Iberdrola ten iniciado xa a

mediados de xuño o traslado das 4 primeiras unidades desde o estaleiro de Navantia Seanergies, en Fene (A Coruña), ao seu parque eólico mariño de Saint Briec, na Bretaña francesa.

Para levar a bo fin este proxecto industrial, Navantía tivo que investir miles de horas en formación de persoal, e montar un taller robotizado de soldadura dos nodos da celosía metálica para aumentar a produtividade da construción metálica.

RETOS TECNOLÓXICOS NA PRODUCCIÓN DE HIDRÓXENO VERDE

Emilio Nieto

Director do Centro Español del Hidrógeno (CNH2).

Resumo

O hidróxeno constitúe unha das solucións tecnolóxicas clave para a descarbonización e electrificación, pero non é a única. Existen opcións eléctricas que a bo seguro se desenvolverán nos vindeiros anos e que permitirán definir o mix de xeración enerxética futuro para chegar a cero emisións no ano 2050. Certo é que para algunhas aplicacións é a mellor solución e, ata o momento, a única que pode permitir descarbonizala, como é o transporte pesado ou o sector ferroviario, por exemplo.

A estratexia europea para o desenvolvemento e despregadura da economía do hidróxeno, contempla obter no período 2020-2030 unha potencia instalada de 40 GW de H2 renovable obtido por electrólise, e acadar tal madurez tecnolóxica no período 2030-2050 que permita o súa despregadura masiva e a grande escala nos sectores económicos que son intensivos en emisións.

O Plan Nacional Integrado de Enerxía e Clima (PNIEC) ten, entre outros obxectivos para o ano 2030, descarbonizar un grande volume do hidróxeno que consúmese hoxe, e introducir totalmente o hidróxeno na mobilidade sostible.

España é un país clave neste desenvolvemento do hidróxeno renovable pola súa gran capacidade renovable e integración, ademais da súa situación xeográfica privilexiada.

Son numerosas as aplicacións reais do uso do hidróxeno renovable en diversos sectores industriais, o que mostra a ampla potencialidade que o hidróxeno ten e aporta ao tecido industrial

a prol da descarbonización, tanto como vector enerxético como materia prima industrial.

Os principais proxectos en desenvolvemento, e a desenvolver, tanto europeos como nacionais, cobren toda a cadea de valor do hidróxeno, desde a produción a partir de fontes renovables e o seu almacenamento, ata a transformación do mesmo en enerxía de novo a partir das pilas de combustible, ou a súa aplicación final. Ata o 2030 están anunciados 176 proxectos na UE 27 con máis de 5.600 M€ en inversións só en España.

A estratexia europea para chegar a cumprir o obxectivo dunha completa descarbonización que permita alcanzar cero emisións netas no ano 2050, prevé chegar a obter unha produción total de 528 Mt de hidróxeno e combustibles derivados, dos cales máis do 60% tería que proceder da súa produción por electrólise e da que, aproximadamente, un 20% serían para obter electricidade e un 40% para utilizar no transporte.

Palabras clave: Hidróxeno, hidróxeno verde, enerxías renovables, descarbonización, cero emisións, electrólise, pilas de combustible, aplicacións, estratexia, folla de ruta, Europa, España, retos.

RETOS PARA A PRODUCCIÓN DE BIOMETANO

Marta Carballa Arcos

*CRETUS. Profesora titular do Departamento de Enxeñaría Química.
Universidade de Santiago de Compostela (USC).*

Resumo

O biometano, un gas renovable combustible cunha elevada concentración de metano (>95%) que se obtén a partir do biogás, resulta de grande interese porque ten as mesmas propiedades e vantaxes que o gas natural pero é neutro en emisións de CO₂ e ten menos emisións de óxidos de nitróxeno (NO_x) e partículas. O biogás, unha mestura gasosa combustible formada por metano (50-70%), dióxido de carbono (30-40%) e outros compostos traza (H₂O, H₂S, O₂, N₂, NH₃, siloxanos e partículas) que se forma a partir da descomposición biolóxica da materia orgánica en ausencia de osíxeno mediante a acción de certos microorganismos a través do proceso de dixestión anaerobia, debe ser depurado (limpeza e enriquecemento ou upgrading) para obter o biometano. O proceso de limpeza do biogás consiste na separación dos compostos traza (H₂O, H₂S, siloxanos, etc.), mentres que no proceso de enriquecemento ou upgrading, sepárase o CO₂, incrementándose así a proporción de metano.

A produción de biometano afronta tres retos importantes: i) incrementar a produtividade; ii) mellorar a calidade do biogás e producir biometano; e, iii) mellorar a calidade e o uso do produto residual da fabricación ou dixestato. O proceso de codixestión anaerobia (tratamento conxunto de varios residuos orgánicos) é chave para aumentar a produción enerxética, ademais de permitir un uso máis eficiente da instalación. Para iso, é fundamental facer unha correcta selección dos residuos a tratar e configurar a mestura óptima dos mesmos que permita maximizar tanto o

rendemento como a produtividade do proceso. O grupo de Biotecnoloxía Ambiental (Biogroup) da USC desenvolveu e validou unha metodoloxía (OPTIBLENDER®), a cal non só permite definir mesturas óptimas de residuos, senón tamén identificar aquelas condicións de operación que conduzan a unha operación óptima (máxima produción de metano sen comprometer a calidade do dixestato) e estable (aplicando unha estratexia de control adecuada). A maiores, hai que minimizar e controlar as posibles inhibicións, como por exemplo, mediante o uso de stripping en liña para limitar a inhibición por amonio libre, e vixiar a calidade do dixestato (niveis de nutrientes) para non comprometer a súa posible aplicación agrícola.

XERACIÓN E USOS DOS GASES RENOVABLES DE ORIXE BIOLÓXICA

Ángela Rodríguez Abalde

Responsable da Área de Bioenerxía de Energylab (Vigo).

Resumo

O termo gas renovable fai referencia a calquera gas combustible que proceda de materias primas ou fontes de enerxía renovables. Inclúe gases como o biogás, o biometano, o gas de síntese syngas e o hidróxeno renovable. O biogás obtense da degradación da materia orgánica en condicións anaerobias sendo o biometano o resultado do seu proceso de limpeza e purificación. O syngas procede da gasificación de materiais orgánicos principalmente lignocelulósicos e o hidróxeno renovable, pode ser obtido a partir da electrólise da auga usando enerxías renovables ou mediante o proceso de fermentación escura.

Dentro do sector enerxético, cabe destacar o biogás como o gas renovable cuxa tecnoloxía está máis desenvolvida e que conta cun maior grado de implantación a curto prazo. Na actualidade, en Europa hai aproximadamente mil plantas de produción de biometano, aínda que en España, a pesar do elevado potencial de produción de biogás e o crecente interese no biometano, tan só existen seis instalacións operativas.

Para contribuír o desenvolvemento dos gases renovables, EnergyLab leva desde o ano 2014 investigando en métodos de optimización da dixestión anaerobia para maximizar a produción de biogás e principalmente en procesos de obtención e usos do biometano, syngas e hidróxeno renovable (tanto o obtido a partir da electrólise como a partir da fermentación escura). Todo isto ten sido grazas ao proxecto de Unidade Mixta de gas renovable,

proxecto conxunto de Naturgy, EnergyLab e EDAR Bens, que se estende ata o ano 2023 e que conta co financiamento da Unión Europea no marco do Programa Operativo FEDER Galicia 2014-2020 a través de GAIN.

Deste proxecto cabe salientar o desenvolvemento realizado nunha das tecnoloxías máis prometedoras para obter biometano e ao mesmo tempo capturar CO₂, a metanación biolóxica, onde arqueas hidroxenotróficas conseguen xerar CH₄ a partir de CO₂ e H₂. En EnergyLab, utilizando un reactor ex-situ de leito percolado e partindo dun inóculo mixto se ten conseguido obter unha produción continua de biometano con purezas do 90-95%.

PROXECTO INDUSTRIAL “A CORUÑA GREEN PORT” UN PORTO AO SERVICIO ECONÓMICO DE GALICIA

Martín Fernández Prado

Presidente da Autoridade Portuaria da Coruña.

Resumo

O Porto Exterior da Coruña está esencialmente vinculado aos tráxicos enerxéticos como os do petróleo cru e os produtos derivados vinculados á refinería de petróleo de Repsol.

Ten unha superficie terrestre de 190 Ha, 264 Ha de auga abrigada e 1500 m de lonxitude de peirao cunha única aliñación e cun calado que pode chegar ata os 22 m.

A estratexia do porto exterior da Coruña, se encontra plenamente aliñada cos obxectivos de desenvolvemento sustentable das Nacións Unidas.

O proxecto “A Coruña Green Port”, xira en base ás seguintes liñas estratéxicas:

- Cadea de valor do hidróxeno verde
- Dixitación e modernización das empresas situadas no porto
- Desenvolvemento de enerxías renovables eólicas mariñas, almacenamento de enerxía e electrificación do porto
- Transformación industrial e produción de biocombustibles

A estratexia da cadea de valor do hidróxeno verde é un dos grandes eixos de actuación do porto, o principal, para producir, esencialmente, NH₃ verde, como materia prima para a obtención de fertilizantes. Trátase de converter o Porto da Coruña nun grande Hub de amoníaco verde a partires do ano 2023. Dentro desta liña estratéxica están en marcha, con distinto grado de desenvolvemento, tres grandes proxectos industriais.

Na estratexia de desenvolvemento de enerxías renovables, existe un proxecto liderado por Inditex para instalar tres aerogeneradores de enerxía eléctrica para as súas instalacións de Sabón e para autoconsumo no porto da enerxía non consumida pola empresa. É un compromiso socio-económico co porto e o seu entorno.

Ademais, Enerfin (Elecnor) ten previsto a produción e distribución de hidróxeno verde para a mobilidade.

Estas estratexias terán un grande impacto na xeración de emprego, na transición ecolóxica das industrias da súa contorna e contribuirán á redución de emisións de CO₂ a lo menos de 800.000 Tn ao ano .

En resumo, o Porto Exterior da Coruña aspira a converterse nun grande hub de descarbonización, industrial e loxístico.

Mércores **29** xuño

Salón de actos
Campus de Ferrol

Energía eólica. Energías do mar

17:00 h

Presentación

Juan Lema Rodicio
Presidente da RAGC

17:15 h

Evolución tecnolóxica de aeroxeradores e a súa integración na rede eléctrica

Camilo Carrillo
Profesor Titular de Enxeñaría Eléctrica
da Universidade de Vigo

18:00 h

Introdución á eólica mariña flotante e o seu marco normativo en España

Manuel Fernández e Pablo Alberte
Director de proxecto e director de
enxeñaría de Ocean Winds

18:45 **Pausa café**

19:15 h

As enerxías do mar

Alejandro Romero Filgueira
Xestor de Proxectos da Plataforma
Oceánica de Canarias

20:00 h

Proxecto industrial “Saint-Brieuc”

Ángel Fernández
Responsable comercial de
Navantia Enerxías Verdes

20:15-20:30 h **Debate**

Xoves **30** xuño

Salón de actos
Autoridade Portuaria da Coruña

Hidróxeno verde e biometano

17:00 h

Presentación

Juan Lema Rodicio
Presidente da RAGC

17:15 h

Retos tecnolóxicos na produción de hidróxeno verde

Emilio Nieto
Director do Centro Español do Hidróxeno

18:00 h

Retos para a produción de biometano

Marta Carballa
Profesora Titular de Enxeñaría Química da
Universidade de Santiago de Compostela

18:45 **Pausa café**

19:15 h

Xeración e usos dos gases renovables de orixe biolóxica

Ángela Rodríguez Abalde
Responsable da Área de Bioenerxía
de EnergyLab (Vigo)

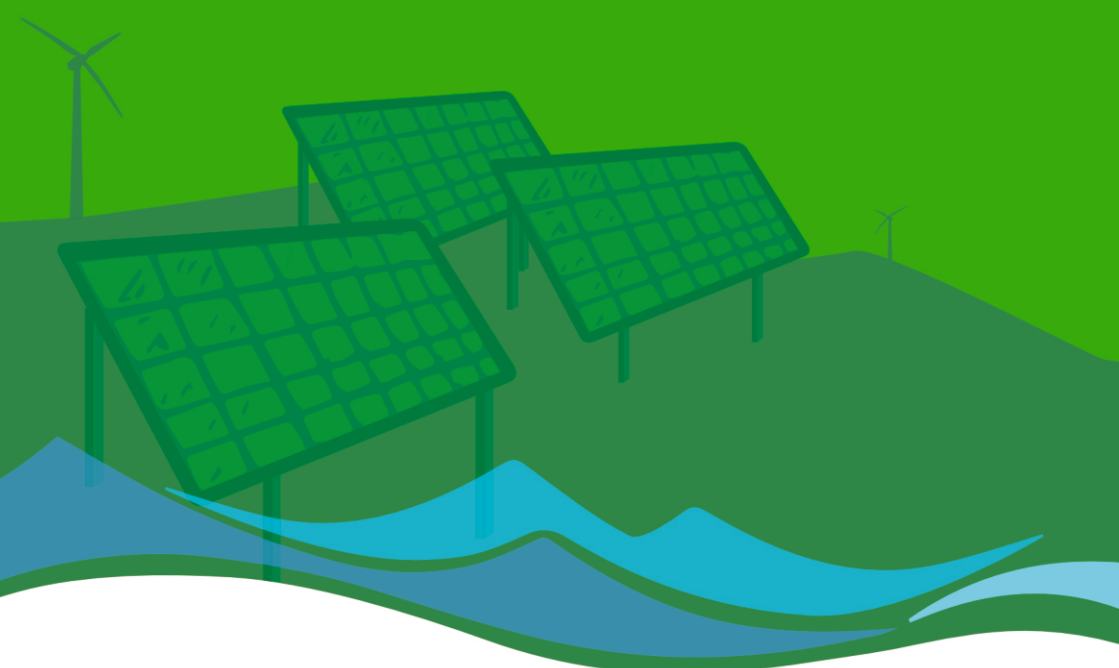
20:00 h

Proxecto industrial “A Coruña, Green Port”

Martín Fernández Prado
Presidente da Autoridade Portuaria
da Coruña

20:15-20:30 h **Debate**





Organiza



RAGC/
REAL ACADEMIA
GALEGA DE CIENCIAS

Patrocina



**Deputación
DA CORUÑA**

Colaboran


CAMPUSINDUSTRIAL

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Porto da Coruña
Autoridade Portuaria da Coruña



**XUNTA
DE GALICIA**