

windEXT

**Advanced maintenance, lifetime extension and repowering of wind farms
supported by advanced digital tools**

Newsletter 6ª Edición, Diciembre 2022



Introducción al Proyecto WINDEXT

Wind**EXT** es un proyecto de 3 años financiado por el programa ERASMUS+ de la Unión Europea. El objetivo del proyecto es desarrollar y estandarizar la formación especializada integrando herramientas digitales como la Realidad Virtual o los tours virtuales 360° para completar los métodos teóricos clásicos. En consorcio del proyecto lo forman entidades con diferentes perfiles y experiencia para facilitar el intercambio de conocimiento entre Universidades, Centros de Formación Profesional y empresas privadas, en un modelo seguido actualmente en diferentes países para facilitar la empleabilidad de los estudiantes.



El objetivo de este enfoque es reducir el LCOE de los parques eólicos en funcionamiento, ya sean existentes o nuevos, aumentando la calidad de los servicios de O&M y extendiendo la vida útil de los activos y las condiciones laborales del personal de mantenimiento.

Resultados del Proyecto

El resultado principal de WINDEXT es un curso de formación estándar basado en una plataforma MOODLE donde se integran todos los contenidos, así como las diferentes herramientas digitales que se presentan a continuación. El objetivo del consorcio es promover el uso del curso en su conjunto o de algunos módulos o herramientas independientes, sirviendo siempre como base práctica de la enseñanza teórica.

El curso proporciona los contenidos de formación de la tecnología de los aerogeneradores eólicos, incluyendo las descripciones de los diferentes componentes de un parque eólico y su función. También se centra en el mantenimiento de los Parques Eólicos, así como de las tareas principales

tanto para la extensión de vida de los diferentes componentes como para la repotenciación de los parques.

La estructura del proyecto **WindEXT** se basa en cuatro secciones, cada una de ellas con diferentes módulos. Las secciones son las siguientes:

1. Introducción a la tecnología de los aerogeneradores
2. Mantenimiento
3. Extensión de vida y Repotenciación
4. Herramientas Digitales

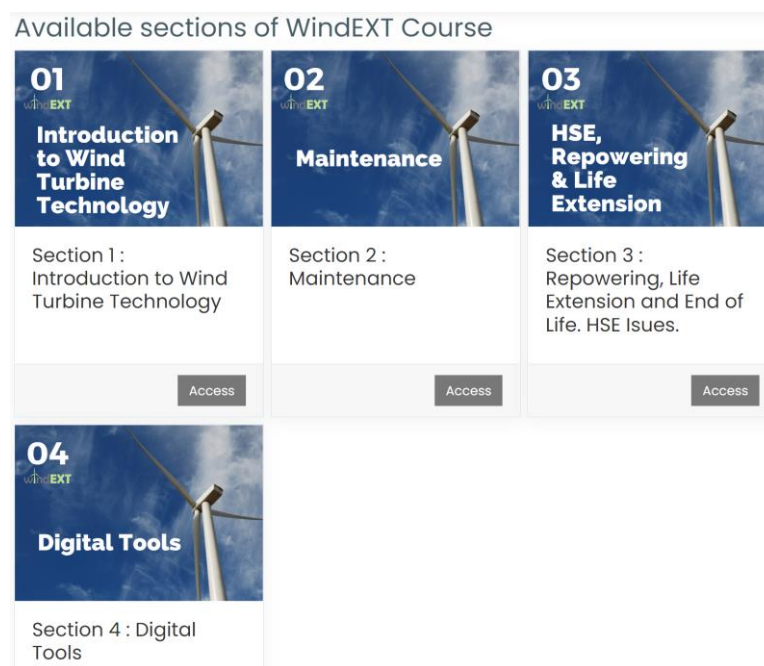


Imagen 1 Estructura del WINDEXT MOODLE

A través de **WindEXT** se han desarrollado las siguientes herramientas digitales:

A través de la herramienta **WExSiM**, se han desarrollado varias experiencias de mantenimiento utilizando softwares de simulación 3D, como son las gafas virtuales Oculus Quest 2.

WExLaB es una herramienta digital que muestra los conceptos básicos para el diseño de aerogeneradores eólicos utilizando los programas MATLAB y Simulink®.

WExViR se basa en la explicación de los diferentes tipos de mantenimiento (preventivo, predictivo y correctivo) de los parques eólicos utilizando la herramienta digital H5P.

Finalmente, la herramienta digital **CaDWEx**, a través de una función matemática, toma como entrada un conjunto de datos que permiten obtener la evolución en el tiempo del daño de diferentes componentes de los aerogeneradores.

En este proyecto también se ha completado una nueva versión de SIMULWIND, desarrollada en un proyecto ERASMUS anterior.

Además, se han desarrollado diferentes videos interactivos que amplían el uso de las herramientas digitales para brindar una descripción completa de temas relacionados con la repotenciación, la

extensión de la vida útil y el reciclaje. Todo el contenido del proyecto **WindEXT** estará en la plataforma MOODLE, desde el contenido teórico hasta las herramientas digitales, a excepción de **WExSiM**, a la que se accederá de forma externa.

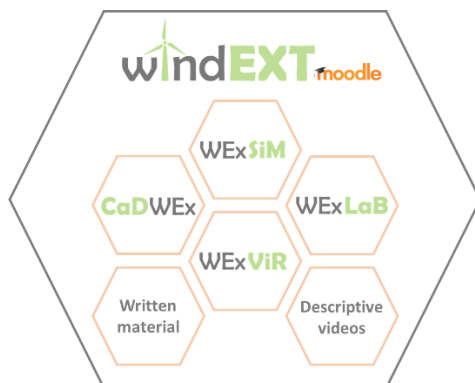


Imagen 2: Estructura del curso WINDEX

WindEXT . Herramienta Digital: WExSiM

La herramienta digital **WExSiM** se ha desarrollado para las gafas de realidad virtual Oculus Quest 2. Se han desarrollado 5 procedimientos de mantenimiento, que se pueden ver en la página web del proyecto www.windext.com y en el canal de YouTube® WindEXT.

WindEXT . Herramienta Digital: Nueva versión de SimulWind

WindEXT ha desarrollado una nueva versión de SimulWind que permite utilizar el software en hasta cuatro Googles VR (Vive PRO, Vive Pro-2, Oculus Rift y Oculus Quest 2). Eso hace posible que actualmente 13 centros de formación profesional en España estén utilizando SimulWind como herramienta de formación. La nueva versión de SimulWind se puede descargar desde la página web www.simulwind.com.

WindEXT. Sección 1: Introducción a la tecnología de los aerogeneradores.

Herramienta Digital: WExLaB

La sección 1 de MOODLE, "Introducción a la tecnología de aerogeneradores", se divide en siete módulos:

- Introducción a los Componentes de Aerogeneradores
- Diseño del rotor del aerogenerador
- Análisis de carga de un aerogenerador
- Operación y Control de un aerogenerador
- Disposición de los componentes de los parques eólicos y criterios de diseño
- Árbol de Fallos del aerogenerador
- Modelos Contractuales

El propósito de estas secciones es familiarizar a los participantes del curso con diferentes aspectos tecnológicos y desafíos relacionados con aerogeneradores. El curso pretende dar respuesta a las principales cuestiones a las que se van a enfrentar las personas que se inician en el campo de la operación y mantenimiento de parques eólicos.

La herramienta digital asociada a esta sección es **WExLoB**. Este software integra el código fuente de OpenFAST con una aplicación MATLAB independiente como interfaz gráfica de usuario. Se han desarrollado 4 partes de software, cuya descripción se encuentra en los boletines cuatro y cinco:

- Análisis a nivel del sistema
- Análisis modal
- Análisis de carga
- Operación y control del aerogenerador

WindEXT. Herramienta Digital: CaDWEx

CaDWEx (Cascading Damage Explorer) es un software que permite a los estudiantes explorar las cadenas de daño de un componente específico en el área del análisis del árbol de fallas. Cada cadena de daños es una lista ordenada en el tiempo de los daños que afectan a un componente, ya que un daño evoluciona con el tiempo y puede crear diferentes daños. Dentro del proyecto **WindEXT**, **CaDWEx** se centró en el análisis de los daños de la multiplicadora, ya que este componente es uno de los más críticos en la industria eólica.

Todos los posibles fallos de la multiplicadora se analizaron y enumeraron con la ayuda de expertos. Los peritos también indicaron las faltas previas y posteriores de cada falta individual, es decir, los daños pasados que pueden causar el daño presente y los daños futuros que puede causar el daño presente.

El software toma esta información y construye las cadenas de degradación a partir de una falla específica (daño). Para hacer esto, **CaDWEx** convierte la información en números y construye los números en cadenas por comparación (ver Imagen 3), para que el estudiante pueda crear un árbol completo de fallas en cascada.

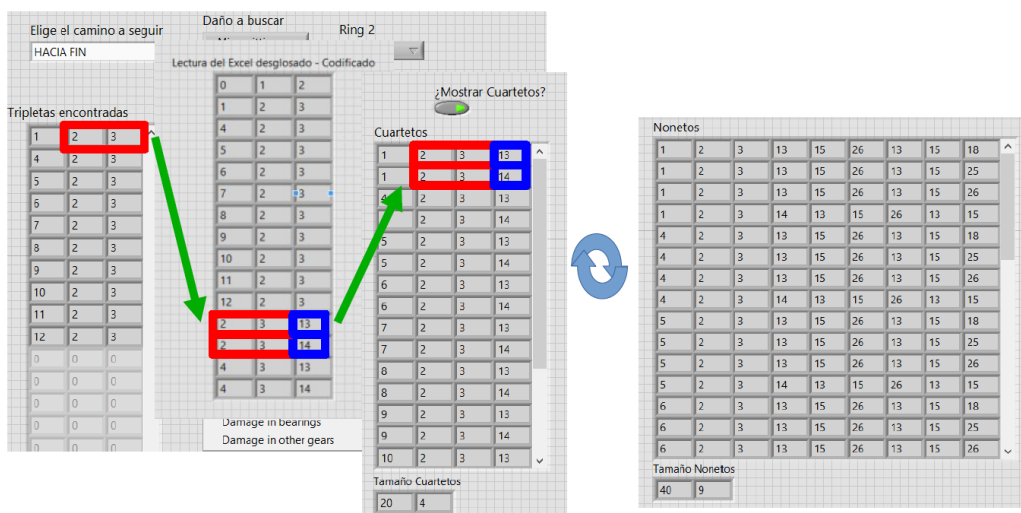


Imagen 3: Análisis del Árbol de fallos de la multiplicadora

A través de esta herramienta digital, los estudiantes pueden aprender sobre cómo se producen los fallos de la multiplicadora a lo largo del tiempo. El programa también muestra al alumno cuándo y cómo reaccionar correctamente.

Este software podría adaptarse fácilmente, y con pocas modificaciones, a otros componentes del aerogenerador.

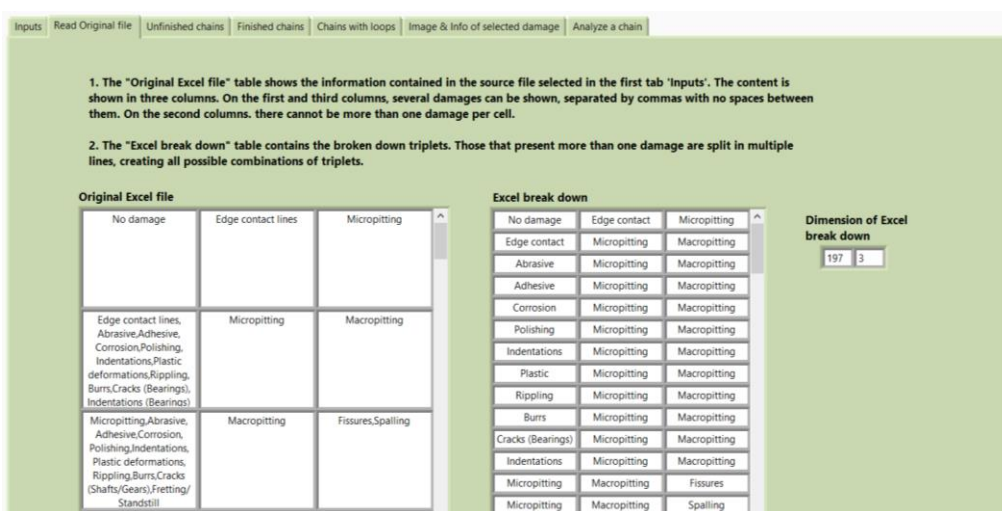


Imagen 4: Diseño de la herramienta digital CaDWEx

WindEXT. Sección 2: Mantenimiento: Herramienta Digital: Realidad Virtual WExViR

En la segunda sección del curso, se presentan los diferentes enfoques de las estrategias de mantenimiento. Esto incluye mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo. El material didáctico teórico de cada apartado está disponible en la plataforma Moodle.

A través de la herramienta digital WExViR se pueden asimilar mejor los conceptos teóricos de este apartado utilizando contenidos interactivos que permiten un acercamiento más amigable que el tradicional material escrito, desarrollado en H5P como Herramienta Guiada. Además, se han desarrollado recorridos virtuales a través de un aerogenerador con imágenes de 360° utilizando

también la herramienta H5P, en este caso como Move-around Tool que permite un uso más independiente, para que los alumnos tengan una visión completa de los diferentes procedimientos de mantenimiento.



Imagen 5: Herramienta digital WEXVIR

WindEXT. Sección 3: Extensión de vida y repotenciación: videos interactivos.

Esta sección cómo se puede extender vida útil de los componentes de los parques eólicos; aborda el coste de la repotenciación y presenta el reacondicionamiento de aerogeneradores como alternativa.

El contenido se presenta a través de diferentes vídeos formativos interactivos. El desarrollo se ha realizado con la colaboración de diferentes educadores y profesores.

4.1 Reusing, recycling

Energy recovery from blade incineration

Incineration consumes polymer but leaves glass fiber behind.

Cement co-processing

- Consumes polymer and E-glass
- Substitute 1000kg blade waste= 600 kg coal

Source: University of Cork © Your Company 22

- Waste
- Blades
- Composites
- Recycling
- Mechanical
- Thermal
- Chemical
- Reusing
- 2nd Market
- Energy rec.

Imagen 6: Videos interactivos

Pilot tests

Después de completar la plataforma MOODLE, así como las diferentes herramientas digitales, se llevaron a cabo diferentes Pilot Tests para analizar las opiniones del proyecto por parte de los usuarios. Los Pilot test que se definieron en un principio tendrían lugar en Pamplona (España), TUDELFT (Holanda), Alemania y Portugal. Además de estos Pilot Test, se realizaron varios eventos más combinando los Info days del proyecto con actividades de los Pilot Test:

- La Universidad de Castilla la Mancha, concretamente la Facultad de Ingenieros Industriales de Albacete, realizaron un InfoDay/Pilot Test con los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica. Durante esta jornada, los alumnos accedieron a todos los contenidos de la plataforma MOODLE y realizaron las diferentes experiencias del simulador WEXSIM. La opinión general de los estudiantes es que las herramientas digitales son muy útiles y complementan la formación teórica. Ambas son necesarias y complementarias.
- **TESICNOR**, tal y como estaba definido en la memoria del proyecto, realizó un Pilot Test en Pamplona, concretamente con 24 estudiantes del centro de formación de referencia nacional en energías renovables, CENIFER. Los contenidos analizados en este Pilot Teste se centró en el análisis exhaustivo de **WExSiM** puesto que TESICNOR desarrolló técnicamente esta parte.

A través de las encuestas realizadas a los alumnos, el simulador **WExSiM** se valoró muy positivamente. Los alumnos mostraron gran interés por las experiencias realizadas y la metodología se adaptó muy bien a sus necesidades. Ilusión y proactividad serían los adjetivos que mejor captan la esencia de la Prueba Piloto.

- **AEE**, la Asociación Empresarial Eólica, también realizó diversos Infodays/Pilot test en los que se presentó el proyecto **WindEXT** así como las diferentes herramientas digitales. Estas jornadas tuvieron lugar en Bilbao (congreso anual WindEurope) y WindTalent (Madrid, evento organizado por AEE y la Escuela de Organización Industrial (EOI). Los asistentes a estos eventos tenían diferentes formaciones y perfiles: trabajadores de empresas del sector, estudiantes universitarios, profesionales de formación de ciclos medios y superiores. Muchos de ellos nunca habían estado dentro de un aerogenerador, por lo que la experiencia llevada a cabo a través de WExSiM les sorprendió muy gratamente. Los comentarios más repetidos eran sobre lo importante que es poder poner en práctica lo aprendido teóricamente durante las clases. Los profesores también indicaron que era una herramienta perfecta para complementar sus clases.

AEE también presentó el Proyecto WINDEXT a estudiantes marroquíes dentro del proyecto MOVE Green dirigidos a ampliar el conocimiento sobre energías renovables para fomentar

la creación de PYMEs relacionadas con el sector de la gestión de activos en Marruecos, con juntamente con empresas españolas.

- **INESTEC** (Portugal) llevó a cabo un Pilot Test con la participación de AEE para su organización y realización. Un total de 15 alumnos tuvieron la oportunidad de probar las diferentes herramientas desarrolladas en el proyecto WindEXT.
- En **TUDELFT** (Holanda) también se realizó una Prueba Piloto en las con un esquema similar: un total de 20 alumnos participaron en dicha prueba piloto con la implicación también del personal de la AEE.
- En **RSC (Alemania)** también tuvo lugar un Pilot Test con una estructura similar a la realizada en TUDELFT
- **Dp2i** (Francia) realizó 4 pruebas piloto para probar las herramientas digitales SIMULWIND/ WExSiM y CaDWEx. La opinión general de los profesores está dirigida a la gran utilidad de estas herramientas que hacen que los cursos sean de mejor calidad y que los estudiantes están más motivados, al realizar situaciones próximas a las que realizarán en futuros trabajos.



Imagen 7: Pilot Test y WINDEXT InfoDays

Reunions del Proyecto

5ª Reunión Transnacional, 13 y 14 de octubre de 2022, Hamburgo

Esta reunión tuvo lugar los días 13 y 14 de octubre en Hamburgo. Todos los socios del proyecto asistieron a la reunión de manera presencial. A dos meses del final del proyecto, todos los módulos del MOODLE de WINDEXT están prácticamente finalizados. En la reunión se trataron temas sobre cómo y de qué manera se harán públicos los resultados del proyecto. Además, se discutieron los resultados de las primeras pruebas piloto y los socios responsables de los mismos explicaron cómo se están integrando los comentarios recibidos en el desarrollo del proyecto.

Al finalizar el primer día de reunión, todos los socios tuvieron la oportunidad de hacer un breve recorrido por la ciudad de Hamburgo antes de cenar en una cervecería local.

El segundo día, se realizó una salida de campo a un parque eólico para que todos los participantes del proyecto tuvieran la oportunidad de ver un aerogenerador en la vida real. Algunos participantes del proyecto (con un certificado válido de "trabajo en altura") pudieron acceder al interior del aerogenerador y realizar el ejercicio 2 desarrollado para WExSiM "Bajada de emergencia de un ascensor", esta vez en un ascensor real.

Finalmente, se visitó el parque eólico West Coast en el municipio de Kaiser-Wilhelm-Koog en Schleswig-Holstein. Fue el primer parque eólico en Alemania que entró en funcionamiento en 1987 y, por lo tanto, marca el comienzo de la expansión del uso moderno actual de la energía eólica por medio de aerogeneradores en parques eólicos alemanes.



Imagen 8: Socios del Proyecto en Hamburgo

Evento Final del Proyecto en Madrid, 15 de diciembre de 2022

El 15 de diciembre de 2022 tuvo lugar en Madrid la conferencia final del proyecto WindEXT. Este evento tenía como objetivo publicar y difundir los resultados del proyecto. AEE organizó este evento en el Instituto Español para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). El evento tuvo una gran acogida, con a más de 40 participantes. Tras una breve bienvenida por parte de Juan Ramon Ayuso, director del departamento de energía eólica del IDAE, y Tomas Romagosa, director técnico

de AEE, el proyecto WindEXT fue presentado por varios participantes del consorcio (Alberto Cena (AEE), Elena Tylko (SGS), Victoria Campos (AEE) y Estefania Artigao (UCLM)). Los asistentes participaron activamente en la posterior discusión y evaluación de nuestro proyecto, ya que los resultados despertaron un gran interés. Además de los participantes del proyecto mencionados anteriormente, los miembros del consorcio de los Países Bajos, Francia y Alemania también estuvieron representados en la conferencia final.

Conclusiones y recomendaciones estratégicas

La experiencia en el desarrollo del Proyecto ha permitido extraer varias conclusiones:

- La importancia e interés de crear vínculos entre las universidades y los centros de formación profesional, no siempre sencillos. Los primeros tienen dificultades para bajar el nivel de los contenidos y para los segundos no es fácil entender el trasfondo teórico para explicar las fallas y causas profundas.
- Las dificultades de coordinar equipos con diferentes enfoques profesionales y diferentes formas de abordar las tareas previstas del proyecto.
- Sin embargo, trabajar con entidades tan diversas ha sido realmente motivador y ha permitido un aprendizaje mutuo entre los participantes. De hecho, la pandemia del COVID ha influido positivamente porque ha permitido tener un contacto más continuo a través de las reuniones telemáticas.
- La importancia de las herramientas digitales para abordar la red de mantenimiento eólico, compleja por la multitud de tecnologías involucradas y la necesidad de hacerlo en condiciones físicas tan exigentes: trabajo en altura y espacio reducido.
- Las experiencias piloto y las primeras simulaciones han sido bien acogidas por los centros de formación profesional y animan a seguir por este camino en el futuro.

En este sentido y en la línea señalada anteriormente, se baraja la posibilidad de dar continuidad al trabajo realizado, tanto con medios propios de los socios como con algún posible apoyo público.

En este sentido, el planteamiento estratégico de futuro se basa en los siguientes puntos:

- Seguimiento del impacto del uso de las herramientas WindEXT en los centros vocacionales a nivel mundial.
- Posible ampliación con nuevos procedimientos de mantenimiento.
- Evaluación de la posible actualización de las herramientas para seguir los avances de hardware y software en VR.
- Integración de nuevas áreas, teniendo en cuenta la experiencia de otros proyectos nacionales y ERASMUS+, como por ejemplo mantenimiento eólico marino y fotovoltaico.

Difusión de los resultados obtenidos

Todos los resultados se publican en la web del proyecto www.windext.com y están disponibles para los próximos 5 años. Para cualquier duda o para obtener más información, puede contactarnos en

info@windext.com. Además, por supuesto, también puede ponerse en contacto directamente con los miembros individuales del consorcio.

Consortio del proyecto

Un consorcio de actores clave europeos en la Industria Eólica (asociaciones empresariales y empresas de mantenimiento), Universidades, centros de formación profesional y empresas consultoras del sector eólico se unen para crear el curso de formación de referencia WindEXT. La presencia de UTEC/CEFOMER de Uruguay se considera fundamental para adaptar los contenidos a otro escenario sociológico/jurídico como el de los países de LATAM.

Projekt Leader:
Asociación Empresarial Eólica (AEE)



Projektpartner



Web: www.windext.com | E-Mail: info@windext.com | Twitter: @Wind_EXT