

FarmWise:
*innovando para impulsar la
eólica marina*



Índice

01

Introducción

02

Exploración

03

Esquema

04

*Modelos de
optimización*

05

Funcionalidades

06

Validación

1 Introducción

El diseño de parques eólicos marinos requiere de una compleja optimización.

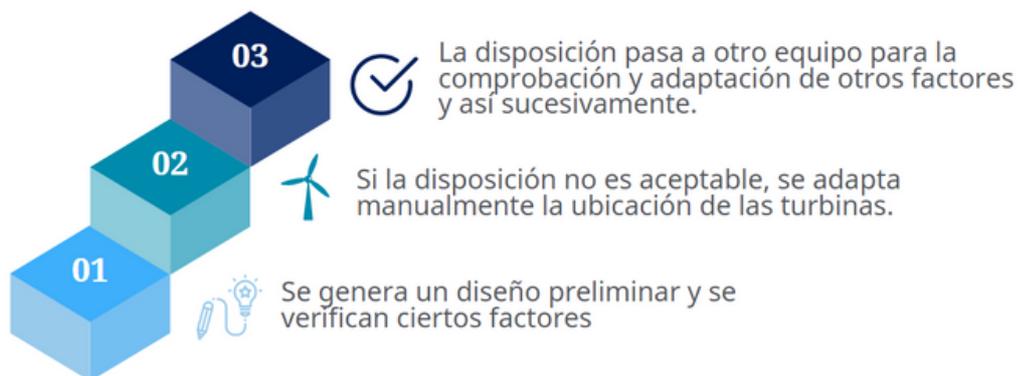
El problema

Esta ha de tener en cuenta numerosos factores como:

- la dirección del viento
- la profundidad
- batimetría del fondo
- zonas de exclusión
- costos de las líneas de fondeo
- obstáculos físicos
- tipos de cables
- pérdidas eléctricas
- pérdidas por estelas

Muchos de estos parámetros **son específicos** del **entorno marino** y no son tenidos en cuenta en su globalidad por las herramientas software comerciales.

El proceso actual de diseño de parques eólicos es engorroso y puede durar semanas.



El proceso global involucra a muchas personas, consume mucho tiempo, y los resultados no son óptimos.



La propuesta - Farmwise



La herramienta

de optimización multivariable de implantaciones de parques eólicos marinos.



Desarrollo del producto

Nuestro producto destaca excepcionalmente en el mercado actual gracias a nuestro profundo entendimiento de las funcionalidades esenciales, desarrolladas inhouse por un equipo experto. Nuestro enfoque adaptable asegura una respuesta ágil y efectiva a las demandas cambiantes del mercado.



Software

para el layout automático de aerogeneradores, subestaciones y el tendido de cables, basado en diseño generativo.



Descubrimientos iterativos

partiendo de nuestra visión inicial y mediante iteraciones cuidadosas, hemos desvelado y satisfecho necesidades del mercado que, hasta ahora, eran desconocidas. Este proceso nos ha permitido afinar nuestro enfoque de manera única, proporcionando soluciones a medida que superan las expectativas del cliente.



Beneficios

- Reduce tus costos: Optimiza el gasto de tu parque eólico.
- Aumenta la producción: Potencia la generación de energía de manera efectiva.
- Ahorra millones de euros: Alcanza ganancias totales significativas.
- Rentabilidad máxima: Maximiza tus ingresos con soluciones eficientes.



2

Exploración del mercado

Creemos que las grandes utilities tienen pequeñas herramientas desarrolladas pero quizás no multivariable. Vemos sentido a Farmwise incluso en fases muy iniciales de proyecto

”

Como tal no existe una herramienta integradora de optimización multivariable que analice un gran número de posibles implantaciones, que tenga en cuenta toda la información que conlleva una optimización de este tipo y que tenga en cuenta la interacción entre parques

”

Vuestra herramienta debe tenerse en el portfolio de soluciones

”

Encuentro muy útil FarmWise en fases tempranas para evaluar gran cantidad de emplazamientos que tengan la misma precisión en la información

”

El diseño de los fondos puede ser un punto importante para la optimización de los diseños, y FarmWise puede ser útil para esto

”

La optimización de LCOE es algo que va preocupando cada vez más, la optimización multicriterio se interioriza cada vez más. Consideramos que la energía offshore va a explotar y que estas herramientas serán muy necesarias

”

A priori FarmWise tiene muchas ventajas, sorprende que no haya sido desarrollado ya antes, ¿hay algún motivo que se nos escape?”

”

Es importante incluir todos los factores a la hora del diseño: cable de exportación, distancia a puerto, condiciones del suelo marino...

”

Tenemos herramientas desarrolladas internamente para evaluar cada uno de los elementos de un parque por separado. El tener varias herramientas nos crea un problema de integración entre ellas, lo que nos hace perder más tiempo en "traducir" resultados más que en llegar a ellos

”

El salto en computación es muy importante desde PV a eólica marina. Hemos intentado con anterioridad hacer algo similar en cuanto a automatización de ciertos procesos de diseño pero no hemos llegado a nada realmente útil

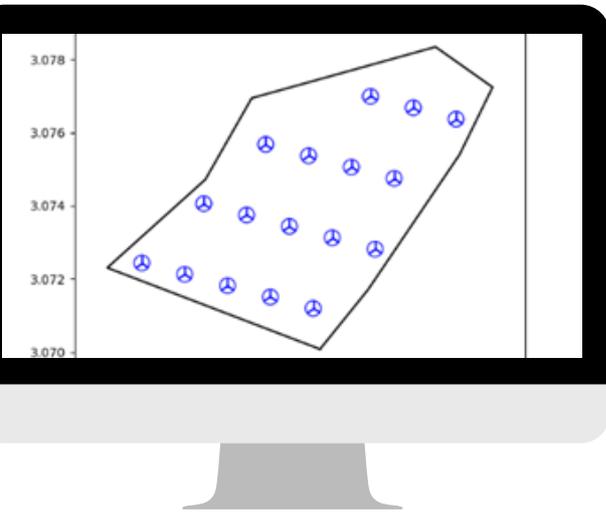
”

La optimización fina puede adquirir cada vez más relevancia según los parques eólicos vayan perdiendo primas y entrando en precio de pool, o como en UK se comience a cobrar cuota anual por "alquiler" de la parcela al Estado. Todo esto puede alejar el ROI en el tiempo, impulsando el interés de este tipo de optimizaciones

”



3 Esquema FarmWise



Parámetros: inputs

Parámetros climáticos

- Densidad del aire.
- Altura de referencia.
- Distribución Weibull de la velocidad del viento en función de la dirección del viento.
- Modelo de turbulencia.
- Modelo de recurso eólico heterogéneo.
- Rosa de vientos.
- Rosa de direcciones de viento.

Configuración de parque

- Número de aerogeneradores.
- Tipos de cables.
- Puntos de evacuación de potencia.
- Posición conocida o inicial de los aerogeneradores.

Parámetros de aerogenerador

- Potencia.
- Diámetro de rotor.
- Altura del buje.
- Curva de potencia.
- Curva de empuje.
- Velocidad inicial mínima (V_{in}).
- Velocidad nominal (V_r).
- Velocidad de corte (V_{out}).



Modelos

Modelos de optimización

- Aerogeneradores dispuestos sobre malla regular.
- Aerogeneradores dispuestos sobre contorno parque y malla regular en el interior.
- Aerogeneradores dispuestos partiendo de malla regular a optimización en malla irregular.

Estelas

Cables

Estela-cables



Restricciones

- Contornos del parque.
- Otros limitantes geométricos (zonas de exclusión, fondo marino, etc.)
- Los cables de interconexión no se deben cruzar.
- Distancia mínima entre cables de evacuación.
- Distancia mínima entre aerogeneradores.
- Nodo de conexión posible en cada aerogenerador. Número de cables posible en cada entrada y salida del nodo.
- Número máximo de puntos de evacuación en la optimización.
- Número máximo de cables en la optimización.



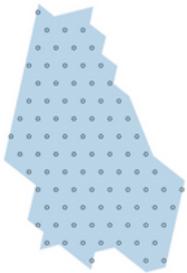
Resultados

- Distribución óptima del parque.
- Resultado de AEP (GWh/año) para la distribución óptima.
- Resultado de la pérdida por estelas (%) para la distribución óptima.
- Resultado de las pérdidas eléctricas (%) para la distribución óptima.
- Resultado de las pérdidas por estelas (%) para cualquier distribución prefijada.
- Resultado de las pérdidas eléctricas (%) para cualquier distribución prefijada.
- Distribución de AEP en función de la dirección del viento.
- Modelo de pérdidas por estela utilizado.
- Trazado de interconexión óptimo.
- Resultado de pérdidas eléctricas.
- Resultado de LCOE



4 Modelo de optimización

Modelo de estelas

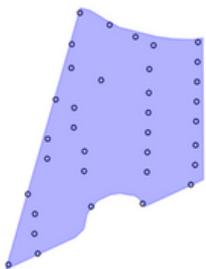
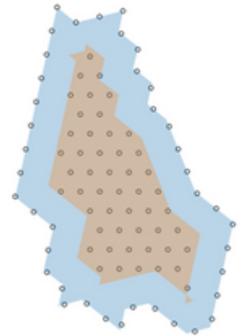


Disposición de aerogeneradores

Las turbinas se organizan de manera eficiente en filas y columnas mediante la optimización de parámetros clave. Estos incluyen la distancia entre filas, la separación entre columnas, el desfase estratégico entre filas adyacentes y la precisa orientación de la malla. Con esta meticulosa disposición, **buscamos maximizar la eficacia del parque, asegurando una generación de energía renovable óptima y sostenible.**

Contorno parque y malla regular en el interior

Estratégicamente se distribuyen algunas turbinas a lo largo del contorno exterior del parque, mientras que las demás se disponen en un contorno interior más reducido, siguiendo una malla regular. Esta estrategia de diseño, respaldada por recomendaciones en diversas publicaciones especializadas, **se ha demostrado como una elección eficiente para optimizar la generación de energía en parques eólicos.**

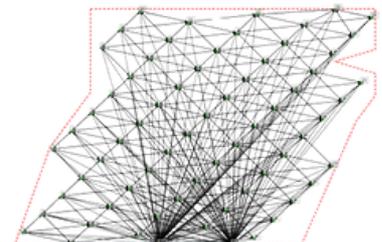


Optimización en malla irregular

A través de un avanzado algoritmo de optimización, sin restricciones en cuanto a la distribución de los aerogeneradores dentro del área del parque, **busca maximizar la eficiencia y rendimiento de cada componente, garantizando así una disposición óptima que impulse al máximo la generación de energía renovable.**

Modelo de cables

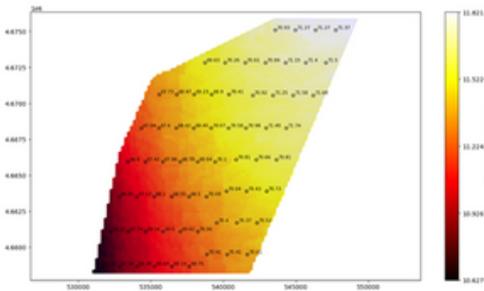
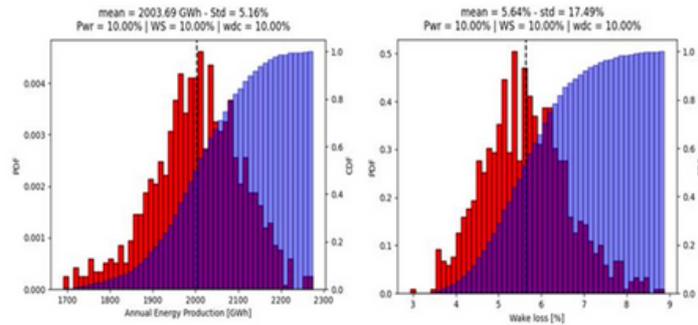
- Permite seleccionar **cables de catálogo.**
- Permite seleccionar **diferentes puntos de evacuación de potencia en el parque.**



5 Funcionalidades

Estudio de sensibilidad a parámetros de pérdidas

Análisis de la sensibilidad del AEP y Wake Loss usando el método de Monte Carlo. Este método ha sido incluido en el módulo de cálculo del AEP de FarmWise.

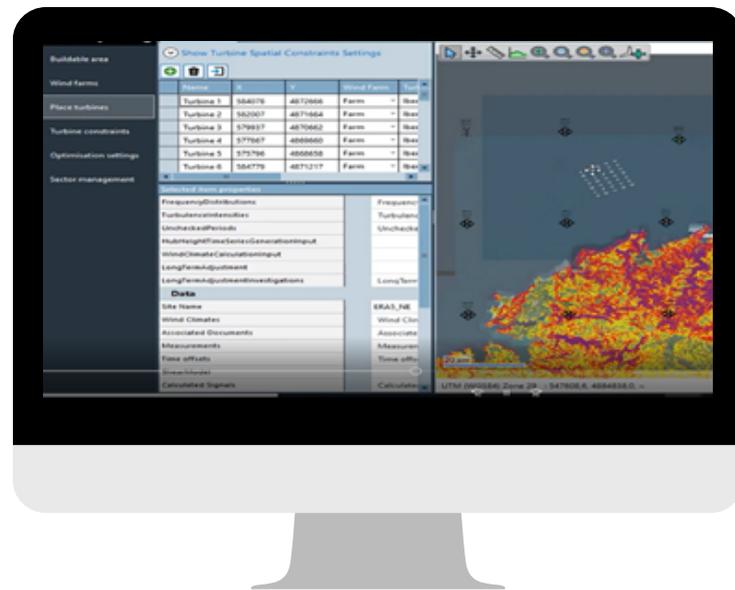


Lector de clima heterogéneo

Lectura de ficheros WRG, creados con WASP con distribuciones Weibull en distintos puntos del mapa.

Compatible con WindFarmer

El usuario puede elegir el método de cálculo de pérdida por estelas: Floris (NREL), PyWake (DTU), WindFarmer (DNV)



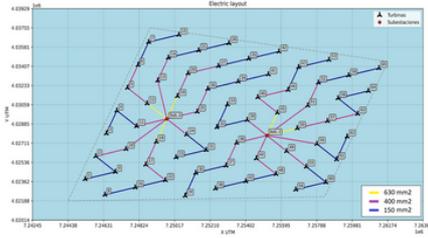
Optimización siguiendo distintas estrategias y restricciones

El usuario puede elegir la tipología de planta a optimizar y la función objetivo (AEP o LCOE). Se pueden incluir restricciones en la optimización, como distancia mínima entre turbinas, distancia mínima al contorno, zonas de exclusión, puntos de evacuación, etc

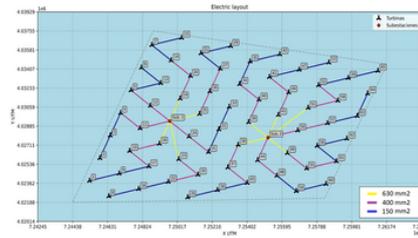
Mínimo de turbinas por array

Se han desarrollado nuevas funcionalidades para el [módulo optimizador de cables de FarmWise](#).

- La primera es una [restricción de la solución](#): posibilidad de imponer un mínimo de turbinas para cada array del parque



Mínimo de 3 turbinas por array
Longitud total de cables = 135.3 km



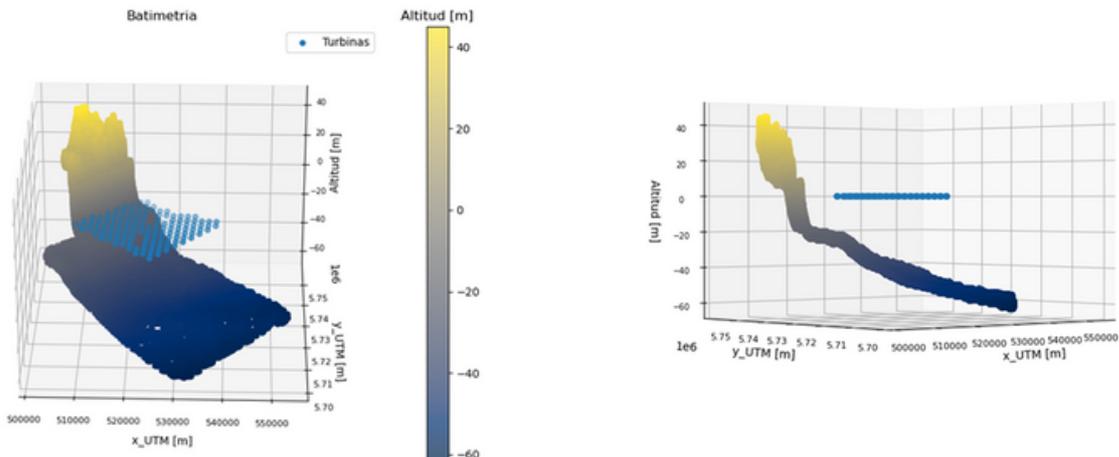
Mínimo de 4 turbinas por array
Longitud total de cables = 137.1 km

Longitud real de cables

FarmWise, considera la longitud real del cable en función del tipo de tecnología:

- 1. Solución fija:** Tiene en cuenta la batimetría del fondo marino. La longitud de cable tiene en cuenta la profundidad de cada turbina
- 2. Solución flotante:** Tiene en cuenta la batimetría y formula el *lazy wave* en cada caso. Se distingue entre cable estático y cable dinámico (*lazy wave*) para tenerlo en cuenta a nivel de costes

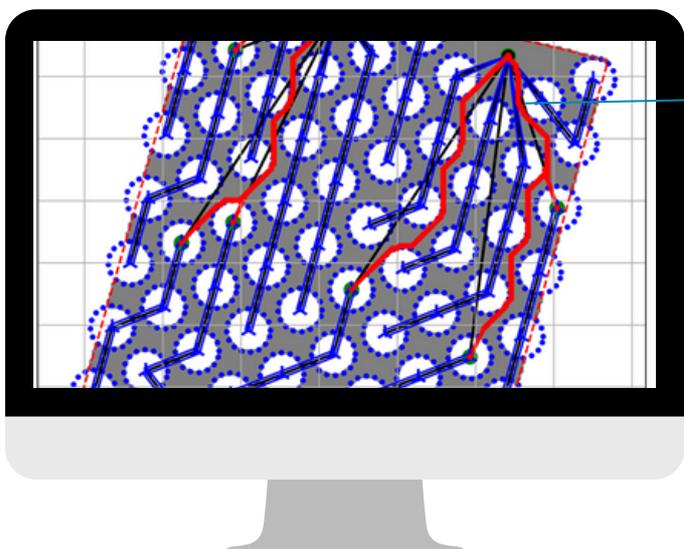
FarmWise considera la batimetría del emplazamiento



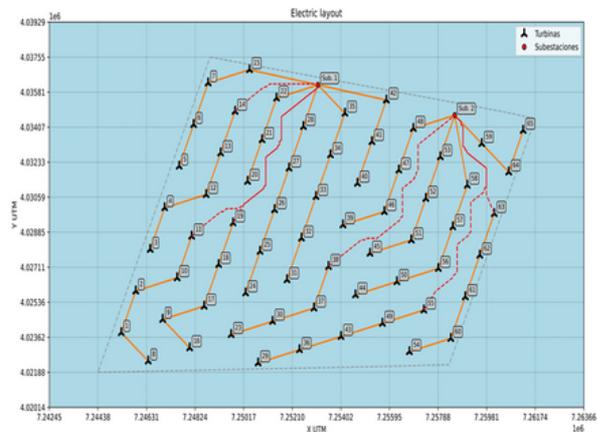
Detección y resolución de intersecciones

1.Detección: Se consideran como intersecciones tanto los cables que cortan con otros cables, como los que cortan con los radios de exclusión alrededor de las turbinas por las líneas de fondeo.

2.Resolución: Se obtiene el **rutado más económico** mediante un algoritmo de alta eficiencia.



Rutado de cable en zonas de exclusión de los aerogeneradores



En la imagen superior se dispone de la subestaciones en el norte del parque y se definen como zonas de exclusión:

- un radio de 60 m alrededor de cada aerogenerador
- una distancia de 10 m a los cables

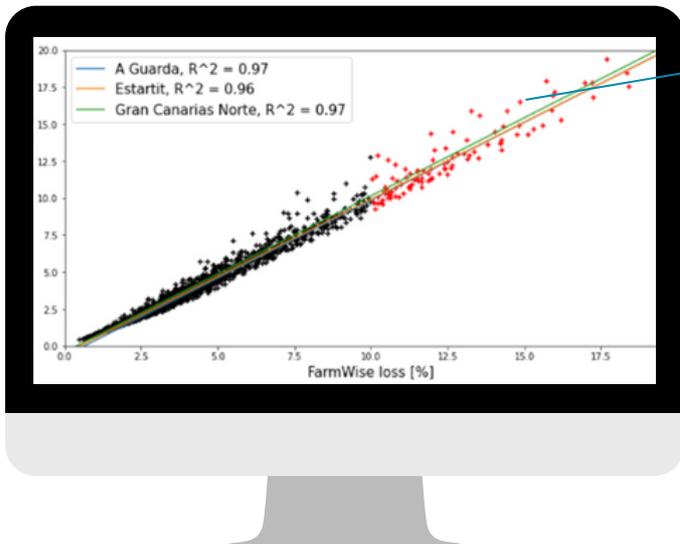


6 Validación

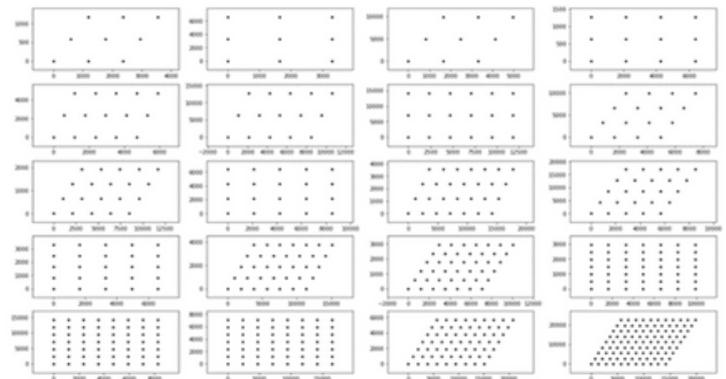
- 1620 casos simulados en FarmWise y WindFarmer, con 3 climas diferentes para cada parque:
- FarmWise calcula valores de AEP neto muy en línea con WindFarmer (desviación media de 0.66%).
- Existen 2 fuentes de diferencia: cálculo de AEP bruto (desviación media de 0.86%) y cálculo de pérdidas (desviación media de 0.50%).
- A menor distancia entre turbinas, mayores son las pérdidas por estela y mayor es la desviación en el cálculo de pérdidas entre WindFarmer y FarmWise.

Diferencia media en el cálculo de pérdidas:

- A Guarda: 0.51%
- Costa Brava: 0.42%
- Gran Canaria: 0.57%



Parques simulados en 3 diferentes climas



Para cada una de los 1620 parques y 3 climas, se calcula la producción neta con FarmWise y WindFarmer, resultando resultados muy similares.



Envíanos tu lay-out de parque para que podamos analizarlo y proponerte optimizaciones

Contacto: offshoreWind@sener.es



sener

