





MEMORIA DEL PROYECTO

CONVOCATORIA DE AYUDAS 2021 DESTINADAS A PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y OTRAS TECNOLOGÍAS DIGITALES Y SU INTEGRACIÓN EN LAS CADENAS DE VALOR

C005/21-ED

Razón social:	EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L.U.		
NIF:	B82846817		
Título de proyecto:	RESISTO "Nuevas aplicaciones basadas en digitalización, automatización e inteligencia de datos para aumentar la resiliencia de la red de distribución eléctrica a eventos climáticos extremos"		







ÍNDICE

1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	2
2.	TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	24
3.	CAPACIDAD DE GESTIÓN DEL EQUIPO Y COLABORACIÓN.	33
4.	PLAN DE PROYECTO	41
4	4.1. VISIÓN GLOBAL	41
4	4.2. ESTRUCTURA DESAGREGADA DEL TRABAJO	43
5.	VIABILIDAD ECONÓMICA	54
6.	ESTRATEGIA, MERCADO Y EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS	55
7.	IMPACTO SOCIOECONÓMICO E IGUALDAD DE GÉNERO	67







1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

1.1. Descripción de la empresa.

ENDESA es la empresa líder del sector eléctrico español y el segundo operador del mercado eléctrico portugués. Nuestro negocio principal es la generación, distribución y venta de energía eléctrica. También somos un operador importante en el sector del gas natural y brindamos otros servicios relacionados con la energía.

e-Distribución Redes Digitales (en adelante 'e-Distribución') es una línea de negocio de ENDESA, una empresa con una actividad regulada y nuestro principal objetivo es llevar la electricidad a tu hogar o negocio. Somos responsables de dar servicio a la red de suministro, leer los contadores eléctricos y garantizar la calidad del servicio.

e-Distribución suministra energía eléctrica en 27 provincias de 10 comunidades autónomas - Cataluña, Andalucía, Baleares, Canarias, Aragón, Extremadura, Castilla y León, Navarra, Valencia y Galicia -, alcanzando una población total cercana a los 22 millones. Distribuye energía eléctrica en más de 317.000 km de red y a más de 12,5 millones clientes. En 2020 nuestras redes distribuyeron 124.658 GWh.

En relación con el cliente, hemos incorporado dos millones de nuevos contadores inteligentes a lo largo de 2017 como parte del proyecto de telegestión. Al cierre de 2017, teníamos 11,2 millones de nuevos medidores; 93% del total de equipos de medida para suministros con potencia contratada de hasta 15 kW. En relación a los hubs, al cierre de 2017 teníamos 134.000 instalados, por lo que el 95% de nuestras Subestaciones Transformadoras ya cuentan con capacidad para acceder a los contadores eléctricos instalados dentro de las viviendas de los usuarios de forma remota y en tiempo real.

1.2. Tipo de proyecto.

Tipo de proyecto seleccionado (obligatorio):

Investigación industrial con amplia difusión de resultados

1.3. Clasificación del producto o solución según tecnología.

En caso de que pueda aplicar más de una tecnología, seleccione del listado de tecnologías¹ aquella que se considere más relevante. Adicionalmente, podrá señalar hasta 2 tecnologías relevantes adicionales. Deberá asegurar la coherencia con lo indicado en el formulario de solicitud.

Tecnología más relevante (obligatorio):	Robótica.
Segunda tecnología relevante del producto o solución (opcional):	Inteligencia artificial: machine learning; deep learning; neural networks.

¹ a. Inteligencia artificial: machine learning; deep learning; neural networks. b. Internet de las Cosas (IoT). c. Tecnologías de procesamiento masivo de datos e información (Open/ Linked/Big Data). d. Computación de alto rendimiento (high performance computing). e. Computación en la nube. f. Procesamiento de lenguaje natural. g. Ciberseguridad; biometría e identidad digital. h. Blockchain (Cadena de Bloques). i. Robótica. j. Realidad virtual y aumentada, efectos especiales y simulación. k. Impresión 3D y fabricación aditiva.







Tercera tecnología relevante del producto o solución (opcional):

Internet de las cosas (IoT).

1.4. Resumen ejecutivo.

La red de distribución eléctrica es una infraestructura que está en proceso de disrupción gracias a la digitalización. Muchos pequeños pilotos y pruebas de concepto se han ido desarrollando de tecnologías de manera individual; pero muy pocas con una visión holística del proceso.

El proyecto **RESISTO** tiene como **objetivo principal aumentar la resiliencia** de la red eléctrica para poder **minimizar el impacto** de los **eventos** climáticos **extremos**, y otros riesgos relacionados, en el servicio al ciudadano; aprovechando y maximizando la inteligencia y flexibilidad en las redes de distribución de manera integrada.

Dichos eventos, tal y como presenta el último informe (6th Assessment Report²) del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC de sus siglas en inglés), van a ser cada vez más habituales, por lo que debemos estar preparados para dar respuesta y para resistirlos.

El proyecto pivota sobre el concepto de Resiliencia en la red de distribución considerando no solo eventos climáticos (agua, viento, fuego), sino también físicos (humanos, animales, terrorismo). En esta línea, **RESISTO presenta innovaciones y nuevos desarrollos** en **todas las fases conceptuales de la resiliencia** (Planificación, Respuesta, Recuperación y Adaptación).

Para poder dar respuesta a dicho reto, en RESISTO se han definido los siguientes **5 objetivos**:

- **01:** Desarrollar una herramienta de **evaluación de riesgos y vulnerabilidades** de la red eléctrica de distribución con diversos horizontes temporales,
- **02:** Desarrollar y aplicar toda la tecnología necesaria para **aumentar la capacidad de monitorización, control** de la red eléctrica de distribución y zona de influencia.
- **O3:** Optimizar el uso de la infraestructura, mejorando su aprovechamiento, eficiencia y seguridad.
- **04:** Aplicación de los **avances** en el campo de digitalización mediante **IoT**, **drones inteligentes y autónomos**, plataformas cloud, **Inteligencia Artificial (IA)** y sistemas de **visualización 3D**.
- **O5: Demostrar** los desarrollos mediante la **implementación** y **validación** de **prototipos** en un área piloto real

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados anteriormente se han definido 7 paquetes de trabajo.

- PT1: Gestión.
- PT2: Arquitectura; Casos de Uso.
- PT3: Riesgos y vulnerabilidades; Plataforma Cloud.
- **PT4:** Identificación y localización de eventos: Aplicación de IA y Robots aéreos.
- **PT5:** Mitigación y recuperación para aumento de la capacidad de red: DLTR, Smart-Substations, Selfhealing (inteligencia distribuida).
- **PT6:** Demostración en campo.
- PT7: Diseminación.

Respectivamente, **PT1**, **PT6**, y **PT7** están orientados a la **maximización de los recursos** a través de la más cuidadosa gestión del proyecto, el testeo y **demostración** de toda la **innovación generada** a lo

-

² https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/







largo del proyecto mediante prueba piloto en el demostrador, y la **diseminación** de todos los resultados generados a través de una gama de medios de comunicación cuidadosamente seleccionada.

Por otro lado, **PT2**, será un paso **clave** donde se definirán cuidadosamente todas las **especificaciones y las arquitecturas** necesarias con el fin de simplificar la **integración** global de todas las **tecnologías** que abarca este proyecto, y asegurar en la medida de lo posible el éxito del proyecto.

Los demás paquetes de trabajo se han confeccionado exclusivamente para abarcar las diferentes fases de la resiliencia mencionadas anteriormente y así asegurar su consideración en detalle. De esta forma, PT3 coincidirá con la fase de planificación (desarrollando la plataforma de análisis de riesgos y vulnerabilidades), PT4 con la fase de Detección (que se dedicará a introducir todo lo respectivo a la parte de sensórica y monitorización desarrollada, así como el desarrollo de algoritmos y aplicación de IA), y PT5 con la fase de recuperación/mitigación (Donde se integrarán y se desarrollarán soluciones combinadas para responder de la forma más automatizada posible a las potenciales interrupciones que puedan ocurrir).

Adicionalmente, RESISTO quiere convertirse en un proyecto FARO y referencia en el campo de la resiliencia de la red eléctrica, potencialmente aplicable a otras infraestructuras críticas. Por ello, el proyecto tiene un plan de difusión y comunicación relevante, con el fin de asegurar que los desarrollos lleguen al máximo publico posible, incluyendo industria, investigadores y público en general.

1.5. Descripción del proyecto.

A. Descripción del proyecto subvencionable.

A.1 Objetivos Generales del proyecto

El proyecto RESISTO tiene como objetivo principal aumentar la resiliencia de la red eléctrica para poder minimizar el impacto de los eventos climáticos extremos, y otros riesgos relacionados, en el servicio al ciudadano; aprovechando y maximizando la inteligencia y flexibilidad en las redes de distribución.

Dichos eventos, tal y como presenta el último informe (6th Assessment Report³) del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC de sus siglas en inglés), van a ser cada vez más habituales, por lo que debemos estar preparados para dar respuesta y estar preparados para resistirlos.

El proyecto pivota sobre el concepto de Resiliencia en la red de distribución considerando no solo eventos climáticos (agua, viento, fuego), sino también físicos (humanos, animales, terrorismo).

En esta línea, RESISTO presenta innovaciones y nuevos desarrollos en todas las fases conceptuales de la resiliencia (Planificación, Respuesta, Recuperación y Adaptación). Dichas actividades se presentan a continuación.

- **Planificación:** a través de predicción y prevención (usando una herramienta ya desarrollada) para detectar las zonas con mayor riesgo ante ciertas condiciones climáticas; y aprovechando las herramientas de predicción climática. Análisis de potenciales riesgos por acciones físicas (animales,

³ IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.







humanos, otros). Se contempla aquí el empleo de robots aéreos para la generación de datos e imágenes que puedan emplearse en los modelos que se utilizan en planificación.

- **Respuesta:** La fase de responder incluye en sí misma la Detección. Para la detección, se plantea una opción en diferentes fases; detección aproximada a través de la disrupción en la red eléctrica y la sensórica cercana (IoT); esta detección, informará a drones para que vayan a observar y determinar con exactitud el lugar de ocurrencia. Se contempla el empleo de robots aéreos para minimizar el tiempo para la detección de posibles causas de fallos en las líneas eléctricas, para comprobar avisos obtenidos con otros métodos, o incluso para detectar condiciones en las líneas que puedan dar origen a fallos. Además, se aplicarán métodos avanzados de sistemas 3D para la creación de mesas virtuales de decisión sobre las actuaciones de respuesta y mitigación a realizar.
- **Recuperación:** La parte de recuperación/mitigación, puede incluir varias líneas de trabajo entre ellas el uso del DTLR (Dynamic Thermal Line Rating) en la optimización de los flujos de potencia empleados en los algoritmos de reconfiguración automática de la red eléctrica ya desarrollados, para asegurar el suministro, aislando la falla de manera automática. Además, el uso de las renovables (para poder contribuir a la estabilidad y seguridad de red; no solo a través de flexibilidad sino también a través de nuevas funcionalidades como el "Black-Start" o "Grid-Forming".
- **Adaptación**: Finalmente, todos estos eventos conllevan aprendizajes que ayudan a mejorar la resiliencia; haciendo de la red un sistema más seguro cada vez. Se contempla el uso de robots aéreos para generar datos e imágenes que puedan emplearse en los métodos de aprendizaje automático. En esta acción también se incluye el análisis en la planificación y adaptación de los equipamientos, a través del gemelo digital en 3D de la red eléctrica, que permita facilitar la visualización y entendimiento del impacto de las decisiones y actuaciones.

Para poder alcanzar el reto definido en el objetivo, se han especificado algunos objetivos técnicos principales que están vinculados entre sí:

- El <u>primer objetivo</u> consiste en desarrollar una herramienta de evaluación de riesgos con diversos horizontes temporales, necesaria para la identificar los potenciales riesgos en la red eléctrica a corto plazo (días), permitiendo implementar sistemas de detección y alerta temprana, o largo plazo (años), con el fin de poder tomar medidas preventivas con el fin de reducir la probabilidad de ocurrencia y/u ofrecer herramientas de mitigación.
- El segundo objetivo consiste en desarrollar y aplicar toda la tecnología necesaria para aumentar la capacidad de monitorización y control de la red eléctrica de distribución (sus diversos elementos) y sus alrededores, de manera que cumpla la función de estructura básica de suministro energético, pero también de suministro de datos y de interacción, como vector de información; con el fin de hacer de ésta una herramienta más de información de riesgos ambientales y ser un "first responder".
- El <u>tercer objetivo</u> pretende **optimizar la capacidad de la infraestructura existente y reducir al máximo las inversiones en nueva infraestructura de red,** a través de desarrollos en sistemas de control y gestión avanzados a desarrollar en el proyecto.
- El <u>cuarto objetivo</u> se focaliza en la digitalización y uso de nuevos sensores basados en el Internet de las Cosas (IoT) para medición de variables ambientales, y de la aplicación de robots aéreos, o drones inteligentes, para validación y comprobación de ciertos avisos recibidos, para minimizar el riesgo personal y reducir el tiempo de respuesta, el desarrollo de algoritmos potenciados con IA para llevar a cabo una gestión de los riesgos más eficiente, y sistemas de visualización 3D para facilitar a los responsables de control la tarea de identificación.
- El <u>quinto objetivo</u> consiste en **demostrar los desarrollos mediante la implementación y validación de prototipos en diversas áreas piloto** que presenten una diversidad de casos de uso y aplicaciones.







Cabe resaltar que un objetivo no técnico, general del proyecto, es el **desarrollo** de tecnologías y sistemas **escalables y replicables**, porque se considera que los resultados del proyecto RESISTO impactan a todas las redes de distribución no sólo a nivel nacional sino internacional.

A.2 Objetivos Específicos del proyecto

Con el fin de cumplir dichos objetivos generales del proyecto se han definido unos objetivos específicos (OE). Los objetivos específicos se centran en desarrollar la tecnología, soportada en hardware (HW) y software (SW), requerida para dar respuesta a los objetivos generales presentados anteriormente.

La prioridad del proyecto RESISTO va orientada a que los resultados sean tangibles y medibles, por lo que se han definido algunos indicadores que permiten cuantificar su impacto (KPIs). A continuación, se describen los **objetivos científicos y tecnológicos**.

- Aumentar observabilidad de la red.

RESISTO creará un nuevo paradigma en el diseño y monitorización de la red eléctrica, aumentando su observabilidad mediante la instalación de sensores clave en la predicción y detección de fallos en la red, así como el desarrollo de metodologías y herramientas de software enfocadas al soporte a la decisión de los centros de control de la red.

KPIs:

- o Integración sensores DTLR >40
- Desarrollo de plataformas de visualización: >1

- Incrementar el conocimiento situacional.

Se creará una infraestructura donde además de integrar toda la información necesaria existente sobre la zona de estudio, se implementará una red de sensores, robots aéreos autónomos y dispositivos tales como cámaras térmicas y de televigilancia que permitirán dar cobertura IoT total a la zona, dando posibilidad a su completa monitorización e incremento del conocimiento acerca de su estado.

KPIs:

- o Ampliación de la cobertura IoT de la zona = de 50% a 100%
- o Robots aéreos: integración de una flota de seis unidades: tres de tipo multi-rotor para inspecciones detalladas y tres de tipo convertible en ala fija para operar a larga distancia
- o Integración de información satelital a través de Sentinel/ECMWF/Copernicus, EFFIS.
- o Integración de cámaras térmicas >5
- o Integración cámaras de televigilancia>15

- Aumento de la resiliencia.

Otro principal objetivo de RESISTO es el aumento de la resiliencia de la red eléctrica, a través de la detección de vulnerabilidades y riesgos de la red mediante el análisis de eventos extremos que puedan ocurrir a largo plazo, y la aplicación de medidas correctoras frente a vulnerabilidades y riesgos detectados (e.g. Fuegos, vientos extremos e inundaciones). También se realizará una constante monitorización y predicción de los riesgos a corto plazo a través de la sensórica integrada y cámaras y del software desarrollado, que permitirá a los centros de control eléctricos anticiparse a potenciales







eventos disruptores y activar los protocolos de actuación pertinentes para abordar los potenciales problemas con la mayor prontitud y rapidez posible.

KPIs:

- o Reducción de métricas FLEP4: > 15%
- Facilitar las tareas de Operación y Mantenimiento (0&M) de la red eléctrica, reduciendo así la probabilidad de fallo de la red, especialmente ante situaciones de emergencia.

Mediante la instalación de sensórica, cámaras térmicas y de televigilancia, se permitirá el desarrollo de algoritmos de detección temprana de fallos en la red que facilitarán las tareas de 0&M gracias a la detección temprana de anomalías en subestaciones y centros de distribución basadas en detección termográfica y lectura de frecuencias de la red. Gracias a estas lecturas se facilitará el mantenimiento preventivo de elementos clave como son los transformadores, evitando riesgos de sobrecalentamiento y mal funcionamiento de los mismos. Igualmente permitirán optimizar la operación de la red ante situaciones de emergencia.

KPIs:

- o Aumento de precisión en localización de fallos en transformadores y faltas de la línea: > 20%.
- $\circ~$ Disminución de faltas provocadas por anomalías en transformadores: Disminuirá en más de 10%
- Adopción de tecnologías comunitarias estandarizadas.

Se adoptarán las TIC desarrolladas por la Unión Europea, las cuales se están potenciando para su uso comunitario, para impulsar la cadena de valor europea existente.

KPIs:

- o Integración de datos de plataformas y tecnologías estandarizadas por la UE: ECMWF/Copernicus, EFFIS, Galileo/EGNOS
- Potenciar la conversión del entramado de sensores de la red eléctrica en un elemento clave en la detección de riesgos y "first responder".

Dado el gran potencial de la infraestructura a implementar en RESISTO, esta no sólo se podrá utilizar para prever y monitorizar los riesgos de la red, sino que se potenciará su uso como 'first responder' ante las autoridades competentes de la zona, aportando información valiosa para detectar otros riesgos que puedan afectar a la naturaleza o a la sociedad.

KPIs:

Una REST API a disposición de usuarios adheridos al plan.

⁴







- Incrementar la capacidad operacional disminuyendo las áreas afectadas, dando soporte a la toma de decisiones.

Gracias al entramado del proyecto y toda la tecnología puesta en marcha, se pondrá a disposición de los responsables y gestores de la red, una serie de recursos que marcarán un antes y un después en la detección de eventos disruptores de la red eléctrica. Esto hará que, mediante el incremento en la rapidez de actuación ante potenciales eventos, se disminuyan las áreas afectadas, necesitando una menor cantidad de recursos para mitigar los impactos y por tanto aumentando la capacidad operacional de los organismos competentes.

KPIs:

- o TIEPI total (fuerza mayor incluida) *: Reducción > 13%
- NIEPI: Reducción > 10%
- Incremento de la capacidad de respuesta mediante la reducción de tiempos de detección de riesgos y peligros inminentes.

Gracias a la anticipación frente a los eventos disruptores, se disminuirán los tiempos de respuesta frente a las potenciales consecuencias, al tener preparados los protocolos de actuación para actuar en el momento óptimo. Además, se ganará tiempo gracias a la monitorización y detección automática de fuentes de riesgo mediante sensores IoT, algoritmos predictivos y robots aéreos inteligentes, al adelantarse siempre al primer aviso humano que pueda haber en un evento disruptor.

KPIs:

- o Reducción de tiempo de acción medio en 50%.
- Incremento del impacto del proyecto mediante la apertura de información detallada de la zona a las autoridades competentes.

El desarrollo de este proyecto impactará no solo a nivel de la red eléctrica, sino de todos aquellos elementos que presentan interconexión con la misma (infraestructuras críticas a las que la red provee de energía), y en el ámbito territorial con el área que esta ocupa (al actuar como un "first responder" frente a eventos extremos, o facilitarse conexiones abiertas con entidades responsables de seguridad y protección). Además, parte de la infraestructura IoT integrada en el parque, podrá ser utilizada por los organismos competentes del parque a la hora de instalar sensores IoT mediante LoRaWAN.

KPIs:

- o Interconexión con EFFIS
- o Apertura de datos a través de API para consumo de las entidades de protección competentes.
- Puesta a disposición de los organismos competentes los gateways LoRaWAN instalados en el área de estudio.

A.3 Actuaciones para el desarrollo del proyecto

Se han definido las siguientes actuaciones, para maximizar y asegurar el cumplimiento de los objetivos definidos previamente.







- Adopción de plataforma de análisis de riesgos OS (GridWatch) y adaptación a los requerimientos del proyecto. Arquitectura de plataforma base.

Definición de arquitectura necesaria para el intercambio de datos e interacción entre todas las tecnologías incluidas. Modificaciones en la herramienta, tales como definición de bases de datos, acoplamiento de nuevos módulos de monitorización, información satelital y de predicción del riesgo (nuevos riesgos a incluir) e implementación de API REST para facilitar interacción entre tecnologías.

- Integración de información satelital.

Creación de módulos enfocados a la conexión, solicitud y descarga de información de las plataformas satelitales seleccionadas, así como su integración en el sistema base desarrollado.

- Definición de conjunto de sensores útiles para la monitorización de riesgos de la red de distribución eléctrica, y optimización de ubicación.

Se han de definir y seleccionar los sensores óptimos para la monitorización y forecast de los riesgos medibles en la red eléctrica (líneas, CDs, subestaciones), así como la determinación de su ubicación clave dentro de la red, distribución y espaciado.

- Definición de selección, posicionamiento, e integración de estaciones meteorológicas para aumentar la precisión de los algoritmos basados en datos climáticos, y optimizar la planificación de los vuelos de la flota de robots aéreos.

Se han de seleccionar las estaciones meteorológicas a integrar en la zona de estudio, así como definir su posicionamiento en la zona de estudio para dar la mayor cobertura y fiabilidad posible a los algoritmos dependientes. Las estaciones climáticas darán también cobertura a la información requerida por los robots aéreos sobre la velocidad y dirección del viento para la planificación de los vuelos y la optimización de la flota.

- Integración de Gateways LoRaWAN para establecer la red IoT. Configuración y optimización de la ubicación.

Para la recogida de datos IoT se implementarán a lo largo de la zona piloto una serie de Gateways basados en tecnología LoRaWAN que posteriormente se conectarán con la base de datos principal y harán un volcado de datos.

- Propagación de sensores IoT LoRaWAN a lo largo del piloto.

Para la monitorización de la red, se utilizarán sensores con comunicaciones LoRaWAN que trasmitirán en tiempo real los datos recogidos a los gateways previamente colocados.

Se estudiará la conexión LoRaWAN de las diferentes estaciones meteorológicas y sensores de la red, los cuales apoyarán las predicciones realizadas por la herramienta de riesgo (mediante la retroalimentación de la Inteligencia Artificial de la plataforma).

- Integración de Cámaras de vigilancia climática.

Se ubicarán una serie de cámaras provistas de un sistema de rotación 360º que actuarán de sistema de vigilancia de riesgos. Estas cámaras podrán contribuir a la detección instantánea de incendios, validación de eventos climáticos extremos como inundaciones o los efectos causados por vientos extremos.







- Desarrollo de módulo de integración de datos IoT para monitorización.

Se han de estructurar los datos recopilados por todas las fuentes de datos accesorias para su posterior procesado y guardado temporal.

- Implantación de cámaras térmicas para la detección de anomalías en subestaciones y centros de distribución.

Definición de localización de cámaras térmicas, integración en el sistema, y conexión con la plataforma base para la detección temprana de anomalías y malfuncionamiento de los trasformadores eléctricos y el establecimiento de alarmas que faciliten la Operación y Mantenimiento de los mismos.

- Desarrollo de módulo de detección de fuegos en la plataforma central.

Este módulo se desarrollará para adherirse a la plataforma principal de riesgos. Esta actuación considera:

- o Conexión con EFFIS⁵ para primera identificación de riesgo.
- EFFIS también puede aportar mapas de identificación de combustible, y otros recursos, índices convenientes/necesarios para la aproximación de lugares de mayor riesgo.
- La información suministrada por los sensores IoT puede corroborar la información provista por EFFIS.
- o Integración de cámaras térmicas para detección de anomalías (sobrecalentamientos y mal funcionamiento) en los equipos de subestaciones y centros de distribución.
- La detección de fuegos por el propio sistema desarrollado en RESISTO presenta potencialidad de comunicación bidireccional con el sistema EFFIS para volcar la información generada a la plataforma (detección de incendio, estado, área afectada, etc.).
- o Comunicación con drones para verificación del evento y monitorización de área.

- Investigación, diseño e integración de los robots aéreos.

Se investigará y desarrollará una arquitectura para la flota de robots aéreos heterogéneos (multirotores y convertibles) que integrará algoritmos novedosos para la generación automática de planes de vuelo que minimicen el tiempo de localización precisa de los fallos en la red a partir de las estimaciones de los sensores IoT. Asimismo, se implementarán en los robots aéreos algoritmos, basados en técnicas de inteligencia artificial, para que sean capaces de seguir automáticamente las líneas eléctricas y aterrizar en bases de recarga a partir de la información local de los sensores a bordo (cámaras y LIDAR).

- Implementación de módulo de recomendaciones de reconfiguración de líneas acoplado con optimización DTLR.

Se aplicará un sistema de recomendación de reconfiguración de línea (Self-healing) basado en un flujo de potencia de las líneas disponibles en caso de fallo de alguna de las líneas. Éste estará potenciado con un cálculo dinámico DTLR para la optimización total de la capacidad de carga de la red, y así una mejor distribución del flujo energético en función de la capacidad real de la línea.

-

⁵ https://effis.irc.ec.europa.eu/







- Implementación de monitorización de fallos e interrupciones y aplicación de "machinelearning" para detección precisa de la ubicación del fallo en la línea.

Enfocado a monitorización de la red, se aplicará un algoritmo capaz de detectar, en caso de interrupción de línea, el punto aproximado donde se produjo la falta, para ahorrar así tiempo de revisión, y poder actuar más eficientemente.

Incorporación de tecnología de visualización 3D en la toma de decisiones

Con el fin de dar soporte avanzado y visualizar el impacto de las recomendaciones para las operaciones de mitigación de los eventos, se creará una mesa de emergencia con visualización 3D de los eventos y de sus potenciales soluciones (en base a la información de la plataforma y los sensores). Además, dicho gemelo digital se usará para el análisis y planificación de actuaciones en un tiempo largo.

- Fase de testeo operacional

Se aplicarán todas las innovaciones en un piloto demostrador de la red de distribución eléctrica en el Parque Nacional de Doñana, con el fin de validar en un caso real y de aplicación las innovaciones desarrolladas durante el proyecto.

- Integración de módulos validados en las plataformas de gestión propias de E-distribución.

Una vez completada la fase de testeo, tras haber validado el correcto funcionamiento de los diferentes módulos, se adoptarán aquellos que presenten total funcionalidad, e integrarán dentro de las plataformas de gestión y monitorización (SCADA, etc.) propias de e-Distribución.

A.4 Justificación de encaje y tipología de proyecto

El proyecto RESISTO, como presentado anteriormente, responde a los requisitos y temáticas indicados en la convocatoria, puesto que sus actuaciones se hacen uso principal de varias de las tecnologías digitales propuestas tales como Robótica (uso de robots aéreos o drones inteligentes para monitoreo y observación de las líneas eléctricas y su entorno, y autodetección de eventos con cámaras especializadas), Internet de las Cosas (IoT) (adquisición de datos a través de nuevos sensores basados en IoT para condiciones climáticas, y su comunicación a través de LORAWAN), Inteligencia Artificial (uso de técnicas basadas en Machine Learning para predecir el comportamiento de la red eléctrica basado en las medidas y datos adquiridos, y técnicas de IA para tratamiento e identificación de imágenes), y de otros de una manera más transversal tales como Computación en la nube, Tecnologías de procesamiento masivo de datos e información (Desarrollo de plataformas en la nube para el tratamiento y aprovechamiento de toda la información adquirida por todos los sistemas de monitorización aplicados; ayudando a la toma de decisiones) y Ciberseguridad (sistemas de seguridad y protección de los datos y la información).

RESISTO presenta innovaciones y actuaciones directamente dando respuestas a los retos que de la sociedad, como son la **mitigación** de los efectos de los **eventos extremos climáticos** debidos al cambio climático y la **seguridad del servicio** a los ciudadanos; a través del desarrollo de nuevas plataformas online y en la nube para la **detección de riesgos**, identificación de eventos y anomalías y **corrección** de estos gracias a los avances en el campo de la digitalización del sistema, permitiendo **automatizar y simplificar** dichos procesos.

Adicionalmente, el proyecto se encaja en la tipología de "investigación industrial", puesto es un proyecto donde se van a adquirir y aplicar nuevos conocimientos a través del diseño y creación de







nuevos componentes para la digitalización de la **monitorización** y **control** de seguridad de la **red eléctrica** en entornos naturales críticos. Dentro del proyecto se van a desarrollar nuevas aplicaciones de los **robots aéreos** para poder hacer seguimiento de las líneas eléctricas, se van a obtener nuevos modelos matemáticos y aplicar métodos de **inteligencia artificial** para identificar el comportamiento normal del sistema pudiendo ayudar a detectar cuando algún evento puede ocurrir; además de a través del desarrollo de nuevas pasarelas ("**Gateway**") que permita la centralización de los datos provenientes de los **sensores IoT** de la zona usando **LoRaWAN**, como medio de comunicación inalámbrico, que permite facilitar la integración de toda dicha información y datos. Finalmente, dichas **innovaciones** y **prototipos** de hardware y software se van a **validar** en un **piloto** – demostrador en líneas aéreas de la red de distribución eléctrica de e-Distribución.

B. Descripción del producto o solución tecnológica.

B.1 Descripción de la innovación del proyecto (Solución tecnológica)

B1.1. Innovación 1 - Flota de robots aéreos inteligentes para validación automática de avisos reduciendo riesgos para los operarios y minimizando el tiempo de respuesta

B1.1.1 Estado del arte

Dentro del ámbito de las líneas eléctricas de transmisión en el sector energético se ha identificado un interés creciente en investigar el potencial uso de robots para automatizar diversas tareas al objeto de ejecutarlas de manera más eficiente y reduciendo los riesgos para los operarios.

En este contexto, en el estado del arte, se han identificado trabajos de investigación relativos a tareas de inspección y mantenimiento de las líneas eléctricas empleando diversos robots que se desplazan por las propias líneas. Se pueden encontrar diversas revisiones del estado del arte en técnicas para la inspección de líneas eléctricas mediante este tipo de robots en [1], [2]. En [3] se presenta el diseño de un robot para la sustitución de aisladores, separadores, amortiguadores y otros elementos junto con la planificación de movimientos correspondiente a esas operaciones. Solamente se ha desarrollado a nivel de prototipo y se ha probado con una línea operando a 220 V. Asimismo, en [4] se describe el diseño mecánico de un robot trepador para la inspección de líneas de transmisión de alto voltaje basado en un mecanismo auto-balanceado de brazo dual. Otro desarrollo de un robot teleoperado diseñado para el mantenimiento preventivo de líneas de alta tensión se presenta en [5]. Se trata del robot denominado Expliner, que se construyó a nivel de prototipo con la movilidad necesaria para desplazarse por las líneas eléctricas sorteando diversos dispositivos como separadores y amortiguadores para labores de inspección. También con el objetivo de automatizar la inspección de líneas se desarrolló el sistema MoboLab [6] diseñado para navegar entre dos torres de tensión evitando aisladores, esferas de aviso, amortiguadores y separadores. Los autores implementaron el modelo a escala del sistema que estaba compuesto por tres brazos robóticos. Asimismo, el robot LineScout [7] también se diseñó para navegar por la línea evitando los dispositivos instalados en esta. Tenía la capacidad de moverse a lo largo de diferentes ejes y de ajustar su forma en tiempo real a distintas configuraciones de línea. Su geometría estaba diseñada para evitar obstáculos mediante seis secuencias posibles de maniobras como mínimo y podía operar con la línea en tensión desde una distancia de 5 kilómetros. También en el ámbito de la inspección, en [8] se presenta un método basado en técnicas de visión artificial para la detección de roturas en separadores usando cámaras. Se emplean tres pasos: se detecta el separador en la región de interés, se hace un análisis morfológico para extraer características de la imagen y se hace un análisis







de conectividad para detectar posibles roturas. En [9] también se analiza el uso de cámaras para su aplicación en la inspección de líneas eléctricas. En particular se examina la posibilidad de efectuar detección remota de dispositivos defectuosos en líneas de transmisión eléctrica mediante cámaras visuales, infrarrojas y ultravioleta, indicándose la posibilidad de detectar defectos en aisladores con estas últimas.

Por otro lado, en los últimos años se han empezado a aplicar aeronaves no tripuladas, popularmente conocidas como drones, a la inspección de líneas eléctricas. Por ejemplo, en [10] se emplea una aeronave no tripulada tipo multirotor para la inspección de líneas concluyéndose que la precisión de movimientos de este tipo de aeronave es adecuada para hacer una inspección visual eficiente. También se han empleado otras tipologías de aeronaves no tripuladas para la inspección: un vehículo que cuelga de la línea [11], ala fija [12], VTOL [13], y aeronaves con capacidad de aterrizar sobre las líneas [14]. Asimismo, en [15] se evalúa la posibilidad de hacer el seguimiento de líneas aéreas desde aeronaves no tripuladas usando visión artificial. Incluso hay una publicación muy reciente que describe los avances en el proyecto de investigación europeo AERIAL-CORE [16] en el que se pretende abordar la instalación de diversos dispositivos en las líneas mediante robots aéreos.

Sin embargo, en el estado del arte no se ha encontrado ningún sistema compuesto por múltiples robots aéreos para la inspección de líneas eléctricas o para la localización precisa de fallos en la red en tiempo mínimo desde que se produce dicho fallo. En el mercado hay un amplio abanico de estaciones de mando y control en tierra disponibles; sin embargo, suelen estar pensadas para conectarse a un único robot aéreo, y la gran mayoría no liberan su código fuente para poder realizar modificaciones, lo cual imposibilita o dificulta enormemente la gestión de operaciones que involucren múltiples robots aéreos. En el mundo militar, y debido a la gran diversidad actual de plataformas y fabricantes, la OTAN creó el STANAG 4586, una interfaz estándar para las estaciones de control de aeronaves no tripuladas, con el objetivo de facilitar su interoperabilidad. Por el contrario, en el mundo civil no existe una iniciativa similar. Además, otro factor clave para el desarrollo de este tipo de operaciones es facilitar la automatización de los procesos en cuanto a la planificación de los vuelos, pero además de tener en cuenta factores de optimización tales como el tiempo y el espacio, también hay que considerar el riesgo de las operaciones. Para permitir la integración segura de las aeronaves no tripuladas en el espacio aéreo civil, la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) ha elaborado un nuevo marco normativo centrado en las operaciones y basado en el riesgo, en el que las autorizaciones se obtienen en función de una metodología de evaluación de riesgos llamada SORA. Dicha metodología se debe combinar con la planificación de las rutas para disponer de un espacio aéreo eficiente y seguro.

Por tanto, no se han encontrado soluciones basadas en múltiples robots aéreos para la inspección de líneas eléctricas en paralelo ni para localizar fallos en la red en el menor tiempo posible aprovechando las capacidades del equipo de robots. Esto se debe principalmente al gran reto tecnológico que supone implementar un sistema automático que lleve a cabo una tarea realizada hasta ahora de forma totalmente manual en la que las condiciones operativas y ambientales son muy variables.

Referencias

- [1] L. Yang, J. Fan, Y. Liu, E. Li, J. Peng, and Z. Liang, "A Review on State-of-the-Art Power Line Inspection Techniques," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 69, no. 12, pp. 9350–9365, Dec. 2020, doi: 10.1109/TIM.2020.3031194.
- [2] J. Katrašnik, F. Pernuš, and B. Likar, "A survey of mobile robots for distribution power line inspection," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 25, no. 1, pp. 485–493, Jan. 2010, doi: 10.1109/TPWRD.2009.2035427.







- [3] W. Jiang, G. C. Ye, D. H. Zou, and Y. Yan, "Mechanism Configuration and Innovation Control System Design for Power Cable Line Mobile Maintenance Robot," Robotica, vol. 39, no. 7, pp. 1251–1263, 2021, doi: 10.1017/S0263574720001083.
- [4] S. Dian, X. Wen, H. Dong, and T. Weng, "Development of a self-balance dual-arm robot for inspection of high-voltage power transmission lines," in 2012 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2012, 2012, pp. 2482–2487. doi: 10.1109/ICMA.2012.6285736.
- [5] P. Debenest et al., "Expliner Robot for inspection of transmission lines," in Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2008, pp. 3978–3984. doi: 10.1109/ROBOT.2008.4543822.
- [6] M. Nayyerloo, S. M. M. Yeganehparast, A. Barati, and M. S. Foumani, "Mechanical implementation and simulation of MoboLab, a mobile robot for inspection of power transmission lines," International Journal of Advanced Robotic Systems, vol. 4, no. 3, pp. 381–386, 2007, doi: 10.5772/5676.
- [7] S. Montambault and N. Pouliot, "LineScout technology: Development of an inspection robot capable of clearing obstacles while operating on a live line," 2006. doi: 10.1109/TDCLLM.2006.340744.
- [8] Y. Song et al., "A vision-based method for the broken spacer detection," in 2015 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control and Intelligent Systems, IEEE-CYBER 2015, 2015, pp. 715–719. doi: 10.1109/CYBER.2015.7288029.
- [9] Z. Li and Y. Ruan, "Fault diagnosis system for the inspection robot in power transmission lines maintenance," in Proceedings of SPIE The International Society for Optical Engineering, 2009, vol. 7513. doi: 10.1117/12.837984.
- [10] T. He, Y. Zeng, and Z. Hu, "Research of multi-rotor uavs detailed autonomous inspection technology of transmission lines based on route planning," IEEE Access, vol. 7, pp. 114955–114965, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2935551.
- [11] H. Lee et al., "Vision-based automatic real time inspection of power transmission line," 2013. doi: 10.1109/ISR.2013.6695677.
- [12] G. Dong et al., "Inspecting transmission lines with an unmanned fixed-wings aircraft," in 2012 2nd International Conference on Applied Robotics for the Power Industry, CARPI 2012, 2012, vol. 2012-January, pp. 173–174. doi: 10.1109/CARPI.2012.6473355.
- [13] W. D. B. Vidal Filho and A. M. de Almeida Pinto, "VTOL aerial robot for inspection of transmission line," Feb. 2015. doi: 10.1109/CARPI.2014.7030055.
- [14] P. Hamelin et al., "Discrete-time control of LineDrone: An assisted tracking and landing UAV for live power line inspection and maintenance," in 2019 International Conference on Unmanned Aircraft Systems, ICUAS 2019, Jun. 2019, pp. 292–298. doi: 10.1109/ICUAS.2019.8798137.
- [15] O. A. Menendez, M. Perez, and F. A. A. Cheein, "Vision based inspection of transmission lines using unmanned aerial vehicles," in IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, Jul. 2016, vol. 0, pp. 412–417. doi: 10.1109/MFI.2016.7849523.
- [16] J. Cacace et al., "Safe local aerial manipulation for the installation of devices on power lines: Aerial-core first year results and designs," Applied Sciences (Switzerland), vol. 11, no. 13, Jul. 2021, doi: 10.3390/app11136220.

B1.1.2 Avance del proyecto

A la vista del estado del arte analizado, el sistema robótico de este proyecto presenta un gran nivel de incertidumbre y un riesgo elevado al tratarse de una tecnología pionera y sin precedentes en la fase de localización de fallos en las líneas aéreas eléctricas. Se trata de la automatización, por primera vez, de una tarea que se ha realizado siempre por parte de operarios mediante vehículos terrestres. Ello requiere de un sistema de percepción inteligente en base a los sensores de la plataforma robótica y de un motor de inteligencia artificial para la toma automática de decisiones de cara a minimizar el tiempo que tarda la flota de robots aéreos en localizar un fallo en la red en base a la información proporcionada por la plataforma de detección de riesgos climáticos, vulnerabilidades, optimización de carga y recomendaciones/reconfiguración. Lograr esto mediante una flota de robots aéreos en exteriores en el entorno de las líneas eléctricas bajo distintas condiciones meteorológicas y de iluminación supone un reto tecnológico muy superior a los que se encuentran en sistemas robóticos que se desplazan sobre las líneas eléctricas o en sistemas de inspección de líneas aéreas que emplean una sola aeronave.

Así, el sistema robótico que e-Distribución pretende investigar y desarrollar con el presente proyecto proporciona una solución novedosa y eficiente en este campo, y permite abordar las limitaciones que se enumeran a continuación:







- Este sistema robótico sustituye un enfoque basado en vehículos terrestres conducidos por operarios que se lleva a cabo en unas condiciones complicadas empleando a menudo rutas en mal estado bajo condiciones meteorológicas adversas, por lo que se hace de forma lenta y poco eficaz.
- Dificultad para aplicar la tecnología existente de inspección para la búsqueda y localización óptima de fallos en la red. Existen robots aéreos para el proceso de inspección, pero ninguno de estos sistemas, debido a sus características y a la tecnología que emplean, es adaptable a una configuración en equipo con capacidades de percepción y toma de decisiones inteligente.
- Problemas en caso de condiciones meteorológicas desfavorables. Este sistema robótico automatizado reemplaza la tarea de los operarios, la cual actualmente tiene una fuerte dependencia con las condiciones climáticas y del terreno, pudiendo poner en riesgo la vida de los operarios y/o retrasando el tiempo de detección de los fallos. El sistema a desarrollar será robusto frente a esas condiciones que se pueden modelar como perturbaciones. Además, las estaciones meteorológicas instaladas en la red proporcionan información acerca de la fuerza y dirección del viento en diversas localizaciones que será utilizada por el sistema de toma de decisiones inteligente de la flota de robots aéreos para planificar la misión de forma óptima en cuanto al consumo de energía y al tiempo de localización del fallo.

En base al estudio del estado del arte, se han identificado una serie de avances tecnológicos que se derivan del presente proyecto y que se enumeran a continuación:

- Se introduce en el sector una solución tecnológica novedosa sin precedentes en el estado del arte de la fase de respuesta en la cadena de resiliencia, incrementando la eficiencia del proceso mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial para la gestión automática de una flota de robots aéreos.
- Dicha solución permite la correcta ejecución de las tareas de detección en lugares de difícil acceso que hacen actualmente los operarios, por lo que se elimina los riesgos para el personal cuando las condiciones meteorológicas son adversas.
- Las técnicas de visión artificial y los algoritmos de optimización propuestos en el proyecto suponen un avance notable en la flexibilidad del sistema para adaptarse a distintas configuraciones y condiciones de operación.

B1.1.3 Aplicación e Impacto

La flota de robots aéreos cuyo concepto se ilustra en la figura 1 permite dar soporte a tres fases de la resiliencia. En las fases de planificación adaptación permite recopilar información valiosa en labores de inspección rutinarias para la predicción y prevención de riesgos y vulnerabilidades, así como para el aprendizaje automático basado en técnica de inteligencia artificial. Y en la fase de respuesta, ofrece un soporte esencial en la localización precisa del fallo en la red en tiempo mínimo con el claro beneficio que ello conlleva para los usuarios de la red eléctrica.

La aplicación de esta flota de robots aéreos servirá para aumentar la resiliencia de la red eléctrica mediante la optimización de la continuidad del servicio, lo que tiene un impacto positivo sobre los consumidores de la red y las infraestructuras críticas. Además, permitirá la minimización del riesgo para los operarios tanto en la inspección rutinaria de las líneas aéreas como en la localización de fallos.







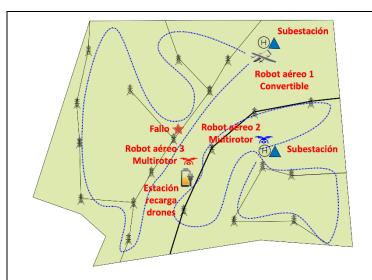




Figura 1. Flota de robots aéreos heterogéneos (multirotores y convertibles VTOL-ala fija) calculan los planes de vuelo óptimos para localizar un fallo cuya localización se ha estimado sobre el área verde (Izq.); Visualización de las imágenes captadas por dos robots aéreos equipados con cámaras visuales y termográficas durante la búsqueda automática de un fallo (Dcha.)

B1.2. Innovación 2 - Plataforma de detección de riesgos climáticos, vulnerabilidades, optimización de carga y recomendaciones/reconfiguración para decisiones apoyadas con "Machine Learning".

B1.2.1 Estado del arte

El cambio climático está incrementando la intensidad y la frecuencia de los eventos climáticos extremos, los cuales impactan gravemente sobre infraestructuras clave como es la red de distribución eléctrica. Es por esto por lo que, desde el gobierno europeo, se está fomentando el desarrollo de técnicas, metodologías, protocolos y plataformas que permitan la mejora de los sistemas de alerta temprana, monitorización y análisis de riesgos y vulnerabilidades enfocados a infraestructuras críticas, para evitar así consecuencias mayores provocadas por eventos disruptivos.

Desde el proyecto RESISTO se quiere dar cobertura a estos desarrollos, siempre enfocados a aumentar la resiliencia de la red eléctrica desde varios puntos clave y a diferentes horizontes temporales, a largo y a corto plazo.

El análisis de eventos a largo plazo se enfoca hacia la fase de planificación, donde mediante modelos, creando escenarios donde se evalúa el comportamiento de la red frente a eventos extremos, es posible la detección de vulnerabilidades y riesgos de la misma, dando lugar a los gestores de la red y equipos de mantenimiento y operación diseñar y adoptar las medidas necesarias para minimizar los efectos negativos de los eventos estudiados.

Por el contrario, el análisis a corto plazo se centra en la monitorización constante de la red en tiempo real, considerando información proveniente de sensores, y la adquisición de datos de previsiones climáticas a corto plazo, lo cual permite determinar, dado el estado de la red, su comportamiento frente a los eventos climáticos previstos. Gracias a ello, se pueden establecer una serie de alarmas para configurar sistemas de alerta temprana, y tomar acciones determinadas, o establecer acciones automatizadas y/o protocolos de actuación.







Para ello se propone el empleo de herramientas ya existentes como GRIDWATCH⁶, mejorando los algoritmos empleados para aumentar la precisión en la detección de puntos críticos de la red, más expuestos a los eventos climáticos, y el potencial desarrollo de efectos cascada en la misma red donde multitud de usuarios pueden quedar temporalmente desconectados.

GRIDWATCH es una herramienta modular que se apoya en las fuentes de datos meteorológicas satelitales (ECMWF⁷, SENTINEL⁸) para la detección geoespacial de eventos climáticos que puedan suponer un riesgo para la red, identificando sus puntos críticos para cada uno de los eventos estudiados, y activar una alerta temprana a los centros de control correspondientes a la zona de riesgo identificada, y poder tomar así decisiones preventivas y/o mitigadoras, reduciendo e incluso evitando las potenciales consecuencias causadas por el evento disruptor.

B1.2.2 Avance del proyecto

- Integración de datos IoT recopilados por los dispositivos de medición en los módulos de monitorización y predicción.

Esta plataforma pretende recopilar e integrar todos los datos recopilados por los sensores y cámaras instalados en la red para ser usados su monitorización, volcado de datos al módulo de machine learning.

- Módulo de reconfiguración de red optimizado con DTLR.

Implementación de módulo recomendaciones de reconfiguración de red minimizando las zonas afectadas, contribuyendo a facilitar la toma de decisiones por el gestor de zona.

"Dynamic Thermal Line Rating" (DTLR⁹), o cálculo dinámico de la carga térmica de la línea, figura 2, es un concepto muy estudiado en los últimos años que presenta una serie de ventajas en su aplicación en los algoritmos de optimización de carga de las líneas eléctricas. La aplicación del DTLR permite la

optimización de la carga de la línea eléctrica según las condiciones previas medidas y las condiciones ambientales, permitiendo un mayor o menor flujo de potencia según dichas condiciones. Esto, en el caso de una reconfiguración de emergencia de la red eléctrica, permite saber qué líneas estarían disponibles, y su margen de carga disponible, usándolas para derivar el flujo eléctrico correspondiente a puntos críticos (alto riesgo o de falla eléctrica), a través de líneas no afectadas por el evento disruptor.

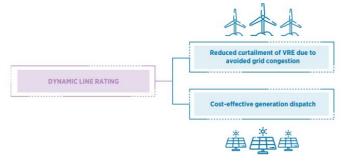


Figura 2. Contribución clave del DTLR a la distribución eléctrica

/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/IRENA Dynamic line rating 2020.pdf?la=en&hash=A8129 CE4C516895E7749FD495C32C8B818112D7C

⁶ https://www.youtube.com/watch?v=bvWEwnPQaCo

⁷ https://www.ecmwf.int/

⁸ https://sentinel-weather.com/

⁹ https://www.irena.org/-







Además, el cálculo del DTLR en la red eléctrica, ofrece optimizar la capacidad de la red, lo cual reduce la necesidad de una mayor infraestructura eléctrica en caso de requerirse una mayor capacidad en la línea.

- Integración de Inteligencia Artificial mediante aprendizaje automático para mejorar las predicciones y recomendaciones que la herramienta ofrece, así como la implementación de un módulo de localización del punto de fallo.

Se pretende la aplicación de técnicas de Machine Learning (ML) a la plataforma desarrollada para el desarrollo y mejora de múltiples aspectos en la monitorización del sistema y predicción de eventos a corto plazo, como se ilustra en la figura 3, y con las siguientes características:

- o Incremento de la precisión en la predicción de riesgos de la red mediante el aprendizaje automático a través de eventos pasados.
- Detección de la localización de faltas ocurridas en la línea, mostrando una predicción de la localización del fallo basada en lecturas medidas desde el punto de alimentación. Con las medidas de los sensores se estima donde se ha producido la falta, se traslada a coordenadas, realizándose la coordinación con los drones autónomos. El margen de error de la estimación realizada depende del tipo de faltas (<5%, punto y tipo de falta).</p>
- o Integración de la información aportada por las cámaras térmicas que permitirá monitorizar y crear alertas frente a anomalías y malfuncionamientos en transformadores permitiendo informar en tiempo real sobre su estado de salud.
- Integración de las cámaras climáticas que permitirá monitorizar las áreas críticas y crear alertas sobre eventos extremos que sobrepasen límites establecidos, informando en tiempo real del estado del evento detectado.



Figura 3. Plataforma de visualización de riesgos (Izq.); Visualización 3D de las líneas eléctricas (Dcha.)

B1.2.3 Aplicación e Impacto

Una plataforma de detección y gestión de riesgos climáticos, que permita abordar y/o dar soporte a las 4 fases conceptuales de la resiliencia, desde la planificación (Predicción y prevención de riesgos y vulnerabilidades), ayudando en la respuesta (Detección de fallos), en la recuperación (ofreciendo recomendaciones de reconfiguración de emergencia óptima de la red con las líneas disponibles), y adaptación del sistema a las nuevas condiciones (mediante la introducción del aprendizaje automático y la inteligencia artificial).







Se pretende que la aplicación de esta plataforma sirva para aumentar la resiliencia de la red eléctrica mediante la minimización del riesgo y la optimización de la continuidad del servicio, lo que tiene un impacto directo sobre los consumidores de la red, doméstico, industrial, o infraestructuras críticas dependientes, como es la infraestructura hidráulica, transporte, hospitales, etc.

B1.3 Innovación 3 - Red de monitorización basada en IoT (Gateways, sensores, estaciones meteorológicas, cámaras térmicas y climáticas), e integración de datos en plataforma de riesgos.

B1.3.1 Estado del arte

La digitalización de la red eléctrica y su conversión en "SmartGrid", depende en gran manera de la adaptación e implementación de las nuevas tecnologías emergentes. A día de hoy la red eléctrica presenta un gran potencial de monitorización, gracias al desarrollo de los sensores IoT, y las nuevas tecnologías y protocolos de comunicación de bajo consumo y largo alcance LPWAN (Low-Power, Wide-Area Network), como son LoRa y LoRaWAN, respectivamente. La implementación de estas tecnologías en la red eléctrica tiene el potencial de aumentar la cantidad de sensores para su monitorización debido a la ventaja de no necesitar cables para la transmisión de datos, su bajo consumo (pequeñas baterías pueden durar entre 10 y 20 años dependiendo de frecuencias de envío y modos configurados) y su fácil integración en las diferentes plataformas IoT, gracias al desarrollo que las comunidades "Open Source" están llevando a cabo.

Así mismo, además de las facilidades de conectividad, el protocolo LoRaWAN presenta ventajas como la alta resistencia a interferencias, incluso en largas distancias (hasta 20km entre dispositivos en zonas rurales sin obstáculos), y un avanzado diseño en la seguridad del intercambio de los datos, (AES 128 bits).

Gracias a estas principales ventajas, LoRaWAN está revolucionando la monitorización en todos los sectores, desarrollando sensores aplicados a todos los campos tecnológicos, y sistemas de concentración de datos (Gateways) cada vez más potentes.

La tecnología LoRaWAN permite la implementación de redes de comunicación en cualquier espacio, ya sea rural o urbano, pero es en lugares remotos sin otros tipos de cobertura donde presenta una mayor ventaja, ya que permite la recopilación de datos mediante una red propia, que agrupa y procesa localmente los datos de los sensores de la zona en un dispositivo concentrador, que posteriormente actúa como Gateway, y se envían a la base de datos principal.

B1.3.2 Avance del proyecto (breve)

El proyecto RESISTO plantea los siguientes desarrollos en el ámbito de la monitorización, sensórica e IoT:

- Desarrollo de una infraestructura de red LoRaWAN que permita una comunicación independiente y segura de los dispositivos integrados en el parque, y el intercambio de datos generado.
- Detección temprana de riesgos climáticos apoyando a la monitorización y a los algoritmos empleados en B1.2., mediante sensores, cámaras climáticas y estaciones meteorológicas.
- Detección de anomalías de funcionamiento, sobrecalentamientos y anticipación en tareas de O&M mediante la implantación de cámaras térmicas como monitorización de elementos clave de la red, como son los transformadores.







- Integración de sensores y cámaras térmicas para la detección de anomalías colocados en la red eléctrica de distribución.

B1.3.3 Aplicación e Impacto

Una innovadora infraestructura de red inalámbrica distribuida que aborde la falta de cobertura de red móvil en el bosque compatible con la red táctica para el intercambio de información en tiempo real.

Los gateways LoRa podrán formar parte de "TheThingsNetwork community", quedando disponibles para su uso por las autoridades compententes del parque para implantar otros sensores sin necesidad de poner más gateways.

Un conjunto completo de dispositivos IoT para la recopilación de datos y la detección de anomalías y riesgos climáticos y de la red, capaz de mejorar la precisión de la predicción del riesgo, reducir el tiempo de reacción y aumentar las posibilidades de controlar sus consecuencias. Todo lo anterior se ilustra en la figura 4 para mejor compresión.

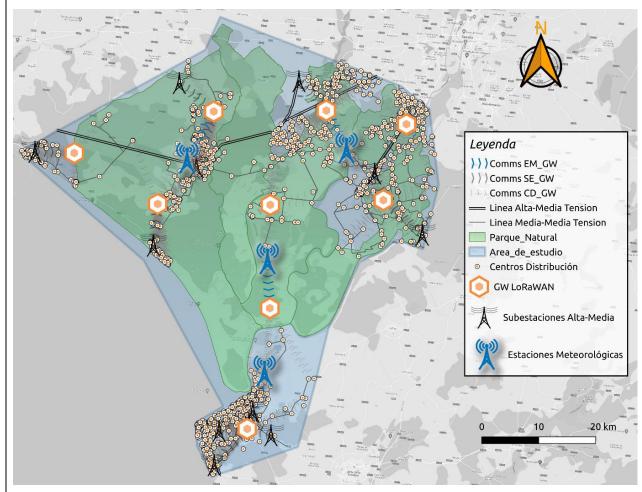


Figura 4. Esquema general de la zona de actuación y caso de estudio, infraestructura de comunicaciones e interrelación de tecnologías.

B.2 Resumen de las innovaciones del proyecto (Solución tecnológica)







Para dar respuesta a los objetivos planteados en la sección A.2, el proyecto RESISTO ofrece una solución que acoge e integra las tecnologías y soluciones más innovadoras, pero también robustas gracias a que han sido previamente testadas.

Se pretende la integración de los últimos avances en monitorización de la red eléctrica y territorial, mediante redes IoT basados en LoRaWAN, cámaras térmicas, cámaras climáticas, y estaciones meteorológicas, plataformas de observación por satélite, y robots aéreos autónomos. Todos los dispositivos estarán interconectados, como se observa en la figura 5, por una misma red de comunicaciones que integre todos los datos generados en un clúster, permitiendo un análisis integrado de todo el ecosistema, en tiempo real, e incrementando así observabilidad de la red y el conocimiento situacional de la misma, mientras que además se facilitará su gestión.

Los datos integrados en una infraestructura acorde a las necesidades del proyecto, permitirán su correcto análisis mediante diferentes módulos desarrollados a través de Inteligencia Artificial a lo largo del proyecto, enfocados a la predicción de eventos disruptores de la red (Análisis de riesgos climáticos como son fuegos, inundaciones o derribos causados por vientos), facilitar las tareas de Operación y Mantenimiento (a través de la detección temprana de anomalías en transformadores) o la detección geo-localizada de fallos en la línea (a través de lecturas en los alimentadores de la red).

Esta serie de análisis, coordinados con una flota de robots aéreos inteligente dotada de diversos sensores (cámaras visuales, termográficas, LIDAR, etc.) y algoritmos para la gestión óptima de sus planes de vuelo, permitirán que, tareas de verificación de fallos y localización precisa de éstos, reduzcan los tiempos de actuación y respuesta en las medidas tomadas en consecuencia de las alertas generadas. También permitirán que, mediante los algoritmos desarrollados, se automaticen tareas de reestructuración de líneas optimizado a su máximo mediante algoritmos de cálculo de DTLR, optimizando las cargas de las líneas y balanceándolas en su mayor punto de equilibrio.

Toda esta infraestructura aumentará en gran medida la resiliencia de la red gracias también al aumento de la capacidad de respuesta por parte de los centros de control, y también de los organismos competentes, dado que estos tendrán la posibilidad de conectarse como usuarios finales a la serie de incidencias generadas por el sistema a través de una API REST, actuando en este caso la red eléctrica como un intermediario y "first responder".







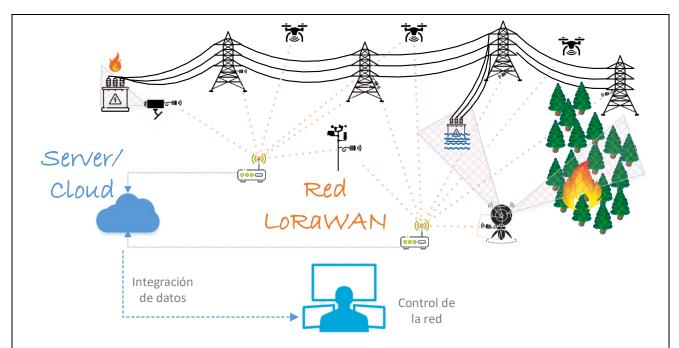


Figura 5. Esquema general de la infraestructura de comunicaciones e interrelación de tecnologías.

C. Difusión de resultados (en el caso de haber seleccionado la opción de tipo de proyecto con amplia difusión de resultados).

Dar a conocer los resultados, nuevos conocimientos e innovaciones obtenidos dentro del proyecto es de gran relevancia para RESISTO. Con dicho objetivo, se ha incluido un Paquete de Trabajo específico para dichas actuaciones y compromisos de su seguimiento y consecución a través de entregables.

Con el fin de maximizar el impacto de los resultados y desarrollos, realizados dentro del proyecto RESISTO, se ha planteado un plan detallado de difusión separado en 3 acciones principales.

C1. Acciones de Comunicación

Las acciones de comunicación del proyecto se llevarán a cabo durante toda la vida del proyecto. Las actividades de comunicación del proyecto tendrán como pilar principal los medios (redes y mecanismos internos) existentes en e-Distribución.

En dicha línea, para la comunicación de los objetivos, avances y resultados del proyecto, se emplearán los siguientes canales de comunicación:

- Páginas web de e-Distribución, newsletters.
- RRSS propias de e-Distribución (twitter + linkedin),
- Noticias en la prensa, informando del inicio, y resultados del proyecto
- Desarrollo de videos informativos
- Eventos abiertos al público general (seminarios, Webinars, entre otros).

Adicionalmente, se desarrollará una imagen corporativa propia del proyecto para facilitar su reconocimiento en los diferentes eventos (incluyendo Logo, plantillas de documentos, entre otros)

C2. Acciones de Diseminación







Con foco en las actuaciones de diseminación, estas se centrarán en desarrollo de diseminación científica e industrial. Por ello se realizarán:

- Artículos para revistas científicas de prestigio internacional (por ejemplo, IEEE Transactions on SmartGrids, Applied Energy, Energies, Journal of Field Robotics, IEEE Transactions on Robotics, International Journal of Robotics Research, entre otras).
- Participación en congresos y conferencias científicas nacionales como internacionales (por ejemplo, IEEE International Conference on Robotics and Automation, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, etc.)
- Participación en Ferias

Adicionalmente, se hará diseminación en asociaciones relevantes tanto a nivel nacional (e.g. FUTURED, APEIBAL, ...) como internacional (EERA SmartGrid, EDSO, IEA, euRobotics) lo que asegura un impacto y capacidad de atraer interés muy grande.

C3. Open Data

RESISTO planea maximizar la difusión y el impacto de los resultados para el avance colectivo en el sector, siguiendo las recomendaciones europeas siguiendo el proceso de FAIR data (Findable, Accessible, Interoperable, ReUsable).

Por eso el proyecto, hará disponibles ciertos datos y resultados obtenidos durante los ensayos (incluyendo datos climáticos, y de impactos, imágenes georreferenciadas visuales e infrarrojas obtenidas por los robots aéreos, etc), a través de una página propia en el servicio europeo ZENODO.

Del mismo modo, los desarrollos software se realizarán siguiendo los principios de Software de código abierto; por lo que ciertas partes de los desarrollos se harán disponibles y accesibles para su uso. El modelo de licencia será el de Código abierto, siguiendo el esquema definido por la *European Union Public License* (EUPL v.1.2). Esta licencia permite la convivencia entre software de código abierto y de códigos propietarios. Finalmente, la plataforma ZENODO mencionada anteriormente también permite publicar el código abierto desarrollado.







2. TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

2.1 Grado de innovación.

2.1 Innovación de la solución completa

La red de distribución es una infraestructura que está en proceso de disrupción gracias a la digitalización. Muchos pequeños pilotos y pruebas de concepto se han ido desarrollando a base de tecnologías de manera individual; pero muy pocas con una visión holística del proceso.

Además, cabe indicar que la gran mayoría de las innovaciones, en el campo de la red de distribución, se han focalizado en la monitorización para optimizar la gestión eficiente de la red, pero muy poco trabajo se ha realizado en el campo de mejora de la seguridad y resiliencia de dicha infraestructura crítica.

La solución propuesta en RESISTO presenta una visión holística del concepto de Resiliencia de la red de distribución al desarrollar un sistema integrado que da respuesta a las fases principales de esta como son Planificación, detección, respuesta, recuperación y aprendizaje. Las innovaciones de la solución propuesta en cada fase se presentan a continuación

- Planificación: a través de predicción y prevención (usando una herramienta ya desarrollada) para detectar las zonas con mayor riesgo ante ciertas condiciones climáticas; y aprovechando las herramientas de predicción climática. Análisis de potenciales riesgos por acciones físicas (animales, humanos, otros). Se contempla aquí el empleo de robots aéreos para la generación de datos e imágenes que puedan emplearse en los modelos que se utilizan en planificación.
- **Respuesta:** La fase de responder incluye en sí misma la Detección. Para la detección, se plantea una opción en diferentes fases; detección aproximada a través de la disrupción en la red eléctrica y la sensórica cercana (IoT); esta detección, informará a una flota de robots aéreos para que vayan a observar y determinar con exactitud el lugar de ocurrencia. Esta flota estará dotada de algoritmos para la generación automática de planes de vuelo para minimizar el tiempo para la detección de posibles causas de fallos en las líneas eléctricas, para comprobar avisos obtenidos con otros métodos, o incluso para detectar condiciones en las líneas que puedan dar origen a fallos.
- **Recuperación:** La parte de mitigación, puede incluir varias líneas de trabajo entre ellas el uso del DTLR (Dynamic Thermal Line Rating) en la optimización de los flujos de potencia empleados en los algoritmos de reconfiguración automática de la red eléctrica ya desarrollados, para asegurar el suministro, aislando la falla de manera automática. Además, el uso de las renovables (para poder contribuir a la estabilidad y seguridad de red; no solo a través de flexibilidad sino también a través de nuevas funcionalidades como el "Black-Start" o "Grid-Forming".
- Adaptación: Finalmente, todos estos eventos conllevan aprendizajes que ayudan a mejorar la resiliencia; haciendo de la red un sistema más seguro cada vez. Se contempla el uso de robots aéreos para generar datos e imágenes que puedan emplearse en los métodos de aprendizaje automático y de nuevo en la fase de planificación para la corrección de los diseños y planes estratégicos, cerrando así el ciclo.







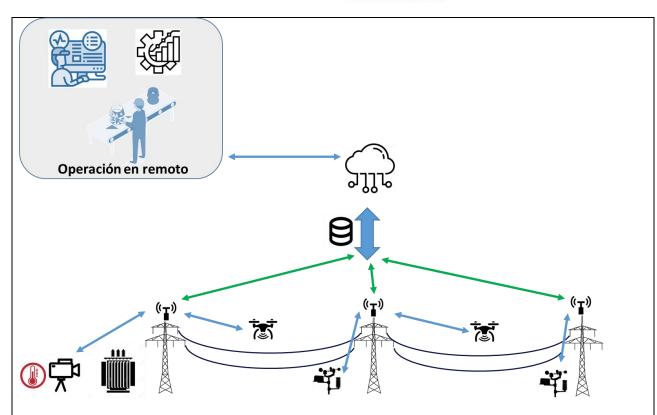


Figura 6: Interacciones entre las diferentes tecnologías.

En la figura 6 se puede observar que la adquisición de información viene gracias a sensores, robots aéreos con cámaras, cámaras térmicas, sistema *cloud*, representaciones 3D de la infraestructura de la red y sistemas de AR y VR, entre otros. Además, toda esta información se usará para generar una plataforma online con doble aplicación en tiempo real de respuesta (para respuestas directas a eventos con el fin de minimizar el impacto de estos) y en periodos largos (para realizar una planificación eficiente que permita maximizar la seguridad a través de detectar riesgos y anticiparse a estos para así ponerles solución).

Todas las innovaciones se integrarán en un sistema único que permita una gestión de los riesgos eficiente y óptima, tomando ventaja de los avances de la tecnología y digitalización.

2.2 Avances de las innovaciones desde la I+D+i

Tal y como se ha presentado en la sección B1, el proyecto presenta diversas innovaciones todas ellas con una componente muy fuerte de la Investigación y la innovación; que además se integran en una plataforma común permitiendo una interacción y coordinación entre los diferentes activos asegurando una eficiencia y optimización en todo su uso. En este proyecto se aplica el dicho "Las fuerzas que se asocian para el bien no se suman, se multiplican". Es decir, el beneficio individual de cada innovación es claro pero su integración y coordinación tiene un efecto multiplicador. Las innovaciones del proyecto incluyen:

I1: Flota de robots aéreos inteligentes para validación automática de avisos reduciendo riesgos para los operarios y minimizando el tiempo de respuesta







- I2: Plataforma de detección de riesgos climáticos, vulnerabilidades, optimización de carga y recomendaciones/reconfiguración apoyadas con "Machine Learning"
- I3: Red de monitorización basada en IoT (Gateways, sensores, estaciones meteorológicas, cámaras térmicas y climáticas), e integración de datos en plataforma de riesgos.

Todas ellas van más allá del estado del arte actual a nivel individual (tal y como se ha presentado anteriormente en la Sección B1), sino que al integrarse van mucho más lejos a nivel de reto de investigación e innovación, puesto que incrementa exponencialmente la complejidad, convirtiendo el problema individual en un problema global, con un gran reto a nivel de escalabilidad.

Además, todas las innovaciones incluyen investigaciones en la línea de Inteligencia artificial para el tratamiento de imágenes (robots aéreos), aprendizaje y detección de patrones (detección y localización de faltas), predicción, entre otros. También, alguna innovación (I1) incluye un foco muy fuerte en la programación y aplicación de robots aéreos para misiones autónomas de detección y adquisición de información (aumentando el reto existente al ser misiones para dichos robots que no serán supervisadas en eventos de alto riesgo y gran incertidumbre). Adicionalmente, hay una aplicación muy fuerte en los usos de sensores y comunicaciones de IoT (I3) basados en tecnología LoRaWAN para compartición de información a largas distancias. Uno de los grandes retos a nivel de innovación, es ser capaz de optimizar el uso del ancho de banda (muy limitado en LoRa) para asegurar la compartición de los datos e información suficiente. Además, se realizarán algoritmos de optimización para reconfigurar la red eléctrica para aislar los eventos y minimizar su impacto, ofreciendo inteligencia automática a decisiones y actuaciones que actualmente se realizar de manera manual (I2), incluyendo información que actualmente no se usa perdiendo eficiencia como la capacidad real de los cables eléctricos al aplicar "Dynamic Thermal Line Rating" y el estado de carga de los transformadores a través de la medida de su temperatura.

Todas estas se integran en una plataforma común, permitiendo tomar decisiones en tiempo real, la creación de una mesa de emergencia virtual con elementos 3D y las recomendaciones de los sistemas de optimización, y finalmente, mejorar las actuaciones de planificación y adaptación de la red con los aprendizajes obtenidos tras dichos eventos.

Como puede verse, el proyecto RESISTO es un proyecto de ciclo completo que cubre todas las necesidades y retos de la red eléctrica de distribución ante eventos extremos.

2.2 Calidad y metodología de la propuestos (máximo 10 puntos).

2.2.1 Metodología

La metodología aplicada al concepto del proyecto RESISTO se basa en las fases definidas por el ciclo de la resiliencia los cuales incluyen fases como Planificación, Detección, Respuesta, Recuperación y aprendizaje, como se indica en la figura 7. Esto se refleja en la definición a nivel técnico del proyecto el cual tiene 5 Paquetes de Trabajo, los cuales: el PT2, sirve para definir las especificaciones y las arquitecturas con el fin de simplificar la integración global. El PT6 es el focalizado en la realización de la prueba piloto en el demostrador. Y los paquetes PT3-PT4 coinciden con cada fase de resiliencia (Planificación (PT3), Detección (PT4) y Mitigación (PT5)) tal y como se indica en la figura siguiente.









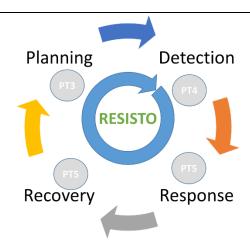


Figura 7 :ciclo de resiliencia del proyecto RESISTO.

Adicionalmente, el proyecto se apoya en todos los beneficios que la digitalización puede aportar a la red eléctrica y en especial en minimizar los impactos de los eventos extremos gracias a mayor información y control. En esta línea, el proyecto hace uso y aplica diferentes técnicas de inteligencia artificial en diferentes líneas tales como planificación gracias a los sistemas de predicción y para la mejora de la optimización y para detección de errores y fallos. Adicionalmente estas herramientas se usan con el fin de permitir ahorrar costes, a través de completar información por el uso de tecnologías menos costosas. También se aplican drones para supervisión de líneas y equipos, reduciendo el riesgo de personal de mantenimiento y el uso de sistemas en la nube e IoT para poder obtener más datos e integrar todo.

2.2.2 Planificación proyecto

El proyecto tiene prevista una duración de 20 meses y se estructura en 7 paquetes de trabajo (5 PT técnicos, un de diseminación y otro de gestión). Adicionalmente el proyecto ha identificado 20 entregables y 12 hitos a seguir para su correcto seguimiento y cumplimiento.

El proyecto sigue la planificación definida en el Gantt, a continuación, en la figura 8.







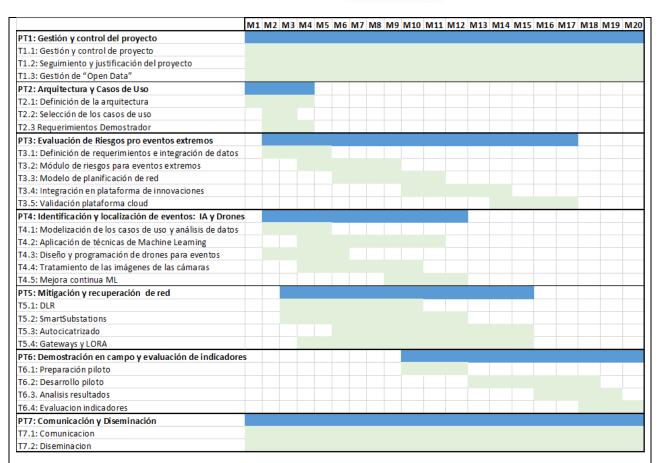


Figura 8: Diagrama Gantt del proyecto.

2.2.3 Gestión y seguimiento

Se realizará al menos una reunión de seguimiento y evaluación del proyecto cada mes de manera telemática o presencial cuando así se requiera, donde se llevará a cabo un seguimiento y control de los avances en cada una de las actividades y tareas del proyecto, junto con la valoración de los riesgos que conlleva el proyecto (identificados más abajo). Se detectará cualquier desviación respecto a la planificación inicial y se propondrán medidas correctoras. Si la desviación respecto a la planificación inicial del proyecto aumenta en exceso, entonces será necesario realizar cambios en la planificación del mismo haciendo uso, si así hiciera falta, del plan de contingencias definido en esta memoria. En resumen, en estas reuniones de seguimiento y evaluación del progreso del proyecto se tratarán los siguientes aspectos:

- Resumen de los trabajos llevados a cabo hasta el momento.
- Situación real de las actividades de proyecto de acuerdo con la planificación inicial.
- Objetivos tecnológicos alcanzados
- Objetivos tecnológicos no alcanzados, especificando los motivos y establecer un plan de acción alternativo.
- Informe de incidencias, donde se recogerán todos aquellos aspectos de interés que han surgido durante la realización de las tareas y no han sido previstos con anterioridad.
- Aprobación del acta de reunión por todos los miembros del equipo de trabajo.

Además, se hará uso de las herramientas online para no sólo compartir documentos, sino para trabajar de manera colaborativa (e.g. sistema con control de versiones y subversiones), que son de especial importancia en los proyectos en los que se desarrolla código de programación.







Adicionalmente, dentro de esta zona común de trabajo se incluirá el Gantt del proyecto y un calendario donde se definen los hitos y los entregables con sus respectivas fechas límite. La herramienta de trabajo inicial a usar será TEAMS.

A continuación, se presentan los riesgos potenciales tecnológicos, tabla 1, y no tecnológicos, tabla 2 identificados que pueden impactar al desarrollo del proyecto.

Riesgos no-tecnológicos	Probabilidad	Plan de contingencia
Mala comunicación entre los equipos de trabajo	Baja	Reuniones de seguimiento mensuales (telcos y presenciales) y comunicación continua por teléfono y correo electrónico.
Uno de los trabajadores no responde o cumple con los compromisos	Baja	El responsable de la tarea, deberá informar al responsable del Paquete de Trabajo y/o coordinador del proyecto.
Un trabajador deja la empresa	Media	Los equipos de trabajo tienen conocimientos suficientes para cubrir varias actividades durante un tiempo, dando tiempo a contratar a una nueva persona minimizando el impacto en el proyecto
Nueva Pandemia	Media	Revisión y adaptación de las tareas en laboratorios y demostradores; intentando maximizar las actividades remotas.
Autorización vuelo de drones en Parque Nacional	Baja	Tramitación de solicitudes de vuelos con AESA (Agencia estatal de seguridad aérea).
Grabación de imágenes con cámaras de vigilancia climática	Media	Detección de eventos climáticos con imágenes satelitales.
Limitación compartición de datos sensibles	Media	Análisis de sensibilidad de los datos.

Tabla 1: Riesgos no tecnológicos, probabilidad de ocurrencia y planes de contingencia.

Riesgos tecnológicos	Probabilidad	Plan de contingencia
Drones no listos a tiempo	Baja	Se realizará un seguimiento muy cercano al desarrollo de los equipos. En caso de problemas, se pasará al uso de equipos comerciales con una programación especial para el caso de uso.
Datos insuficientes para el desarrollo de modelos de Machine Learning para Transformadores y detección de eventos	Baja-Media	Desde muy pronto al proyecto se solicitarán a la unidad de operación de red, los datos necesarios para su desarrollo, si no llegaran a estar a tiempo. Se usarán datos creados sintéticamente con modelos de simulación aproximados.
Problemas con la resolución de datos climáticos en abierto	Medio	Se usarán bases de datos conocidas y relevantes, pero en caso de baja resolución y/o un periodo de predicción corto se buscarán bases de datos ofrecidas por empresas privadas como NNERGIX. Se usarán bases de datos conocidas y relevantes, pero en caso de baja resolución y/o un periodo de predicción corto se buscarán







		bases de datos ofrecidas por empresas privadas como NNERGIX.
Diferentes sensores no compatibles y módulos no integrables	Media	El proyecto define una arquitectura común para minimizar dichos eventos. En caso de incompatibilidades en protocolos de comunicación se buscará incrementar el Gateway, y si los módulos no se pueden integrar directamente con las plataformas se realizarán accesos a través de APIs REST.
Zona de demostrador no disponible	Baja	Se reservarán los activos y la zona para evitar que hubiera otras actuaciones al mismo tiempo que fueran incompatibles.

Tabla 2: Riesgos tecnológicos, probabilidad de ocurrencia y planes de contingencia.

2.3 Gestión de la propiedad industrial e intelectual (máximo 5 puntos).

2.3.1 Plan de Gestión de la Propiedad Intelectual

El plan de gestión de la propiedad intelectual (IPR), se orientará para facilitar la madurez de los prototipos surgidos de RESISTO, en Technology Readiness Levels (TRL) TRL5, hacia soluciones susceptibles de su posterior comercialización (TRL 5-9). Debido a este claro compromiso de posterior desarrollo y comercialización conjunta, se tendrá especial cuidado con respecto a los derechos de propiedad intelectual (IPR), los requisitos de confidencialidad y otros intereses legítimos de e-Distribución y las OPIS. Por lo tanto, quienes promuevan cualquier acción de difusión o explotación evaluarán con antelación si la integridad de uno o más de estos aspectos puede ponerse en peligro. Durante el desarrollo del proyecto se realizará un proceso continuado de vigilancia tecnológica (VT) que comprenderá, entre otras actividades, el estudio de las patentes existentes hasta el momento en cada una de las temáticas propuestas. El objetivo es identificarlas y observar su evolución, de manera que se pueda hacer una previsión más exacta sobre la solicitud de nuevas patentes y/o registros de modelos de utilidad, en definitiva, de qué manera proteger las invenciones del proyecto. En RESISTO se diseñará un sistema de vigilancia de patentes particularizado para las necesidades del proyecto contando con las herramientas y conocimiento ya existente tanto en e-Distribución como en las OPIs. La vigilancia tecnológica será un mecanismo para apoyar el proceso de identificación y redacción de patentes. E-Distribución y las OPIs tendrán, entre sus objetivos, aportar y soportar la generación de patentes como sistema de protección de activos tecnológicos de valor. Asimismo, a continuación, se establece el modelo de relación con las OPIS acerca de cómo gestionar la propiedad de los resultados.

En relación con los resultados, ya sean parciales o finales, del proyecto de investigación, en la medida en que sean patentables o susceptibles de generar algún tipo de derecho de propiedad industrial, e-Distribución tendrá preferencia para registrar o solicitar el registro de las correspondientes patentes, apareciendo como inventores aquellas personas de OPIS que hayan llevado a cabo las investigaciones. No obstante, e-Distribución deberá informar previamente a las OPIS de cualquier decisión respecto de los referidos resultados en el plazo máximo de seis (6) meses siguientes a la obtención de los mismos por e-Distribución. Caso de que e-Distribución no esté interesada en patentarlos, o de cualquier otra forma protegerlos, a su nombre o a nombre de otras sociedades de su Grupo, las OPIS podrán decidir explotar los referidos resultados, pero solamente con el previo consentimiento escrito de e-Distribución.







Las patentes obtenidas por cualquiera de las Partes deberán mencionar los nombres de los inventores.

Las OPIS y e-Distribución se comprometen a que sus investigadores citados como inventores satisfagan las formalidades necesarias para el depósito, el mantenimiento y la defensa de dichas patentes.

Cuando una de las Partes desee utilizar los resultados parciales o finales, en parte o en su totalidad, para su publicación como artículo, conferencia, etc., deberá solicitar la conformidad de la otra parte por escrito dirigido al Director del Proyecto de la otra parte.

La otra parte, deberá responder en un plazo máximo de treinta días naturales, comunicando su autorización, sus reservas o su disconformidad, que deberá ser motivada, sobre la información contenida en el artículo o conferencia. Transcurrido dicho plazo sin obtener respuesta, se entenderá que el silencio es la tácita autorización para su difusión en los términos indicados en la solicitud.

Cuando los resultados sean susceptibles de aplicación industrial o comercial, su publicación podrá ser diferida a petición razonada de e-Distribución, teniendo en cuenta las restricciones de reserva a que se ve sometida en razón de su vocación industrial.

Nuevo conocimiento y prototipos generados:

El desarrollo de nuevos equipos, conjuntos de programas informáticos, protocolos o metodologías puede requerir conocimientos previos, módulos de programas informáticos o recursos ya existentes (antecedentes). Estos activos seguirán siendo propiedad del propietario durante y después de la ejecución del proyecto. Cuando los nuevos conocimientos y prototipos sean susceptibles de aplicación industrial o comercial posterior al proyecto, se protegerán de manera adecuada y eficaz de conformidad con las disposiciones jurídicas pertinentes, teniendo debidamente en cuenta los intereses legítimos de todos los participantes, en particular sus intereses comerciales.

En esta línea, e-Distribución definirá claramente la propiedad de cada innovación desarrollada internamente y en colaboración con las OPIS. Esta gestión de la propiedad intelectual se regirá por las cláusulas definidas en los acuerdos de subcontratación.

2.3.2 Software de código abierto

Para facilitar la colaboración posterior entre los socios, y facilitar la maduración de los prototipos hacia productos comerciales, se consideran los principios de Software de código abierto. Además de este modo se facilita y aumenta la potencial replicabilidad e impacto a otras entidades. En esta linia se plantea la aplicación de una plataforma en el cloud con acceso a microservicios (i.e. Docker) para el desarrollo de los diferentes módulos. Estos se basarán en software o sistemas de código abierto, y los nuevos desarrollos se basarán en su modelo de licencia que se encuentra en el esquema definido por la European Union Public License (EUPL v.1.2). Esta licencia permite la convivencia entre software de código abierto y de códigos propietarios.

2.3.3 Publicaciones







RESISTO tiene un objetivo de maximizar su impacto y difusión. Por ello, se hace un esfuerzo relevante por parte de e-Distribución y los colaboradores, principalmente OPIS en este caso, en publicar y diseminar los resultados y las innovaciones del proyecto.

El proyecto fomentará la publicación en revistas de acceso abierto (via modelo verde, o dorado u otro) con un alto factor de impacto de relevancia para el sector, tales como IEEE Transactions on SmartGrids, Applied Energy, Energies, Journal of Field Robotics, IEEE Transactions on Robotics, International Journal of Robotics Research, entre otras. Del mismo modo los artículos de conferencia y en congresos también se intentarán asegurar su publicación en acceso abierto a través de plataformas de publicaciones propias de las OPIS.

Cada participante se asegurará de que los propios desarrollos se difundan lo más rápidamente posible e informará a e-Distribución. Sin embargo, cualquier difusión deberá asegurar una protección efectiva y adecuada del conocimiento susceptible de aplicabilidad industrial o comercial y ser retrasada hasta que se haya tomado una decisión sobre su posible protección (mediante IPR).

Al inicio del proyecto, se definirán procedimientos adecuados de oposición y consentimiento explícito para asegurar que ningún participante tenga derecho a publicar o permitir la publicación de datos que constituyan un desarrollo, antecedente o información confidencial de otro socio. Los informes sobre los resultados tecnológicos que forman parte de los productos públicos del proyecto estarán disponibles en plataformas abiertas como ZENODO.







3. CAPACIDAD DE GESTIÓN DEL EQUIPO Y COLABORACIÓN.

3.1 Capacidad de gestión de la empresa en relación con el proyecto.

En primer lugar, se describen los activos de e-Distribución sobre los que se llevará a cabo el proyecto. La zona elegida, es el **Parque Nacional de Doñana**, que abarca distintas provincias del Sur de España. Se muestra a continuación en la figura 9 el mapa de la infraestructura desplegada por e-Distribución en dicha zona.

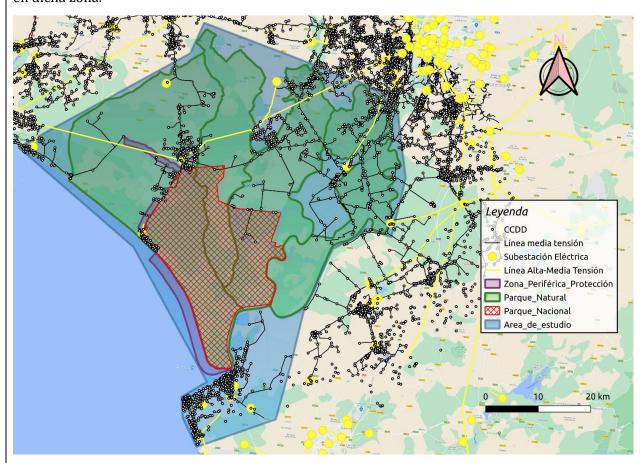


Figura 9. Parque Nacional de Doñana. Área de estudio elegida e infraestructura disponible en la zona.

E-Distribución tiene un plan de inversión de mejora de la calidad de servicio en dicha zona para 2020-2023, por un importe aproximado de 2,5 M€, consistente en realizar actuaciones sobre 30 km de línea MT en total, desglosándose como sigue: actuación de reforma de 1 línea (79.443,53€), cierre de 4 líneas (1.297 475.92€), sustitución de 6 líneas (700.395.80€), cambio de conductores en 2 líneas (61876.85€), soterramiento de 1 línea y actuación de reforma en centro de distribución (20.611,80€).

Igualmente se empleará el siguiente equipamiento en el proyecto:

- 2 drones DJI M210 RTK V2 y 2 DeltaQuadPRO Versión Inspect
- 1 cámara DJI Zenmuse XT2 (Dual IR/Visible) para el DJI, Módem de largo alcance y cámara FLIR DUO PRO R para el DeltaQuad, 2 Baterías 4S 23000mAH y 2 Outdoor pads completos de la empresa Skycharge (base de recarga+unidad de control+cableado).
- 50 sensores eléctricos
- 9 gateways Lora







- 11 cámaras de vigilancia
- 20 cámaras térmográficas Xi80
- 4 estaciones metereológicas

Igualmente se pondrá a disposición del proyecto, el siguiente equipamiento que pertenece a e-Distribución:

- 1 dron DJI M210 RTK V2 con cámara DJI Zenmuse XT2 (Dual IR/Visible)
- 1 dron VTOL DeltaQuadPRO (Versión Inspect) con Módem de largo alcance
- Cámara FLIR DUO PRO R
- 2 baterías 4S 23000mAH
- 2 Outdoor pads completos de la empresa Skycharge (base de recarga+unidad de control+cableado)

En relación con la organización del proyecto RESISTO, la dirección de este será responsabilidad del coordinador e-Distribución, pero la organización del trabajo se estructurará en base a las Actividades y a las Tareas que se incluyen, definiendo los siguientes roles dentro del proyecto: Director/Coordinador, responsable Técnico, responsable de comunicación, responsable Económico, O&M (operación y mantenimiento), HSEQ (Health, Safety, Environment and Quality).

Existirá un **Comité de Dirección** que mantendrá reuniones semestrales. El Comité de Dirección estará constituido por el **Coordinador, responsable Técnico, responsable Económico** y **responsable de Comunicación**.

Además, se establece una metodología de monitorización y control del proyecto, con reuniones bimensuales que serán dirigidas por el Coordinador. En estas reuniones se revisará el estado de las tareas pendientes, la planificación de próximas tareas y se analizarán los posibles riesgos del proyecto para poder adoptar medidas correctoras.

El Coordinador, procederá a la elaboración de un calendario de actuaciones semestrales de cara a la adecuada ejecución del proyecto: actividades, plazos, distribución de tareas, documentos entregables, coordinación de reuniones de seguimiento de socios etc., con la finalidad de conseguir que el proyecto se ejecute en los términos previstos y se justifique cada semestre de forma adecuada y en forma y plazo para obtener la ayuda concedida, controlando las actividades del proyecto, identificando riesgos, desviaciones, oportunidades y necesidades de replanificación.

Asimismo, se generará un repositorio interno propia para poder compartir los datos, información y desarrollos de manera segura, por ejemplo, TEAMS o Google Drive).

La estructura organizativa del Proyecto puede encontrarse en la figura 10 y se describe a continuación:

Dirección/Coordinación: Se designa a e-Distribución como Coordinador del Proyecto. Con carácter general, sus responsabilidades y obligaciones son la gestión interna y organizativa de todas las actividades del proyecto, así como la organización de los Comités de Dirección.

Responsable Técnico: preparará los informes de seguimiento de las actividades técnicas, asegurando el flujo de información técnica entre los diferentes WP y supervisará y controlará el progreso técnico general por WP para garantizar que se cumplen los objetivos, asimismo planteará soluciones técnicas a los problemas o desviaciones que se pudieran producir.







Responsable económico: se encarga del seguimiento económico del proyecto, así como la preparación de todos los documentos relacionados con el Budget del proyecto

Responsable de comunicación: Seguimiento y evaluación de las acciones de difusión y comunicación, revisión de los resultados y avances, y encargado de las publicaciones y de la planificación de conferencias y reuniones.

O&M: Asegurará la explotación de la red, gestionando subcontratistas y coordinando todas las actividades que se realicen en campo (subestaciones y líneas eléctricas) y garantizará la aplicación de los procedimientos e instrucciones de funcionamiento sobre el mantenimiento de la red, definiendo también los contenidos de la formación.

HSEQ: Garantizará la aplicación de las directrices, políticas y procedimientos de Infraestructuras y Redes Globales en materia de Salud y Seguridad, Medio Ambiente y Calidad, apoyará a las Unidades Operativas en cuestiones medioambientales, supervisando el rendimiento en el campo e identificando los planes de acción correctivos necesarios, llevando a cabo controles periódicos con el fin de identificar, probar y promover las oportunidades de mejora de los procesos.

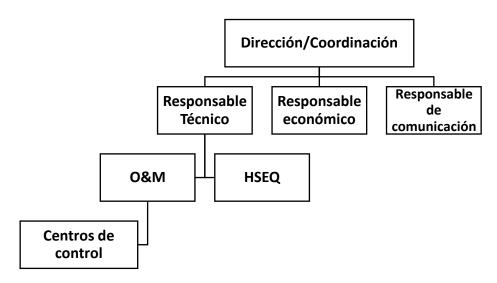


Figura 10. Organigrama de empresa.

Las personas designadas para las funciones anteriores son las siguientes:

- Directora: Marta Cózar Guevara.
- Responsable técnica: Inmaculada Prieto Borrero.
- Responsable de comunicación: Jacob Rodríguez Rivero.
- Responsable económico: Luis Monereo Pérez-Carasa.
- Responsable Operación y Mantenimiento Zona Sur: José Luis Pérez Mañas.

Igualmente, participarán otras personas de e-Distribución en el proyecto:

- Miguel Pardo Pardo
- Daniel Daví Arderius
- Julio Horcas Gómez

A continuación, se incluyen los CVs de los recursos,







Marta Cózar Guevara es Ingeniera Superior de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad de Granada. Trabaja en Endesa desde el año 2016, donde ha desarrollado distintas funciones en como Responsable de Optimización valor de red y análisis transversales. Actualmente es Responsable de la unidad de Network Business Opportunities Development en e-Distribución.

Inmaculada Prieto Borrero es Ingeniera Superior de Telecomunicación por la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. Trabaja en Endesa desde el año 2004, donde ha desarrollado distintas funciones en Unidades relacionadas con los Sistemas de Telecontrol de la red de Distribución, desarrollo de negocio y movilidad eléctrica. En la actualidad trabaja en e-Distribución como Técnico Superior de Distribución para la Unidad de Proyectos financiados y Nuevas oportunidades de negocio, en Network Development, donde realiza funciones de Project Management en diferentes proyectos de Innovación a nivel nacional e internacional, vinculados con Smartgrids: Smart5grid, Smartcity Málaga Living Lab, Flexiciency, MONICA, etc.

Luis Monereo Pérez-Carasa es Licenciado en Económicas por la Universidad complutense de Madrid y máster en mercados financieros por la Universidad Camilo Jose Cela de Madrid. Ha trabajado más de cinco años en la gestión financiera del proyecto de despliegue de Smart meters en España así también como controller económico para diferentes proyectos de Innovación Europeos (Flexiciency, GrowSmarter) y españoles (Monica, Graciosa). Actualmente trabaja en Endesa Distribución Redes Digitales como Técnico Gestor de Administración vinculado a proyectos internacionales y nacionales como Smart5grid, Pastora, Resccue, Smart City Malaga, SmartNet, Coordinet.

Jacob Rodriguez Rivero es Ingeniero Superior de Telecomunicación por la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla y Executive Master in Business Administration (EMBA) por el I.I. San Telmo (IESE). Trabaja en Endesa desde el año 2004, donde ha desarrollado distintas funciones en Unidades relacionadas con Centros de Control, desarrollo de negocio y movilidad eléctrica. Actualmente es Responsable de la Unidad de Proyectos Financiados dentro de Nuevas oportunidades de Negocio en Network Development en e-Distribución. Está vinculado con diferentes proyectos de Innovación a nivel nacional e internacional como Smart City Malaga, Smart City Barcelona, Smart City Buzios (Brasil), Smart City Santiago (Chile), Smart City Bogotá (Colombia), Growsmarter (H2020), Graciosa, Pastora y Aerial Core.

José Luis Pérez Mañas es Ingeniero Superior Industrial eléctrico por la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla y máster en Economía y Dirección de empresas. Trabaja en e-distribución desde 1990 y en la actualidad es Director de Andalucía Extremadura y administrador Mancomunad. Es Profesor Asociado al Departamento de Ingeniería Civil, Área de Ingeniería Eléctrica, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en la Universidad de Granada. Consejero de la empresa participada Sociedad Suministradora Eléctrica de Cádiz, S.A.

Daniel Daví Arderius es Ingeniero Eléctrico por la Universidad Politécnica de Cataluña y Licenciado en Economía por la Universidad de Barcelona con mención honorífica. Recientemente, ha obtenido un doctorado en Economía e investigador asociado en el Institut d'Economia de Barcelona y en la Copenhagen School of Energy Infrastructure (CSEI). Desde 2000, trabaja en el mayor DSO español y en 2021 ha sido seleccionado por ACER para unirse al "grupo de expertos de ACER en flexibilidad por el lado de la demanda". Está involucrado en diferentes proyectos de I + D + i nacionales e internacionales como Smart City Barcelona, SmartNet y Coordinet (H2020). Daniel también tiene una activa actividad académica, escribe artículos y tiene una amplia experiencia como conferencista en







universidades internacionales, congresos y talleres. Revisa artículos sobre economía energética en las principales revistas académicas (primer trimestre).

Julio Horcas Gómez es Licenciado en Ciencias Políticas y Sociología por la Universidad Complutense de Madrid con Curso Superior de Gestión del Negocio Energético en Enerclub. Lleva 20 años en Endesa, de los cuales 16 en e-distribución, actualmente es Head of New Network Business Opportunities dentro de Network Development en e-distribución. Inició su Carrera en Endesa dentro de Endesa Network Factory, en el proyecto Power Line Communications. Desde 2005 trabaja en distribución habiendo desarrollado proyectos en las áreas de Calidad de Atención al Cliente, Business Intelligence, Calidad de suministro y desde 2015 a 2021 ha participado en la adecuación de la actividad de Operación y Mantenimiento a los nuevos requerimientos regulatorios.

Miguel Pardo es Ingeniero Eléctrico y Máster en Diseño Industrial (Universidad Politécnica de Cataluña), Máster en Gestión de Proyectos (Universidad de Barcelona). Más de 10 años de experiencia profesional en Endesa trabajando en los Mercados de Energía, colaborando en proyectos desde el nivel renovable y distribución hasta el de investigación e innovación. Ha participado en diferentes proyectos de I + D + i a nivel nacional e internacional. Todos ellos relacionados con la electromovilidad y las redes inteligentes como Green eMotion (7FP), SmartNet (H2020), Surtidor (Avanza i + d), Charge & Ride (Nuclis i + d) y Smart City Barcelona en cooperación con numerosas investigaciones internacionales. centros tecnológicos. Anteriormente, fue director de proyectos de proyectos de energía solar fotovoltaica dentro de Endesa, que van desde sistemas conectados a la red a pequeña escala hasta plantas de energía de varios megavatios. En la actualidad trabaja como Técnico Superior de Distribución para la Unidad de Proyectos financiados y Nuevas oportunidades de negocio, en Network Development.

3.2 Colaboración con terceros.

3.2.1 Colaboración con otras empresas:

e-Distribución, como empresa contratista, concierta con terceros la realización parcial de obras o prestación del servicio de ejecución de mantenimiento de la red de distribución eléctrica, en alta, media y baja tensión.

Las subcontrataciones están sujetas a procesos estrictos de licitación dentro del grupo Enel y la duración de los contratos suele ser determinada, nunca por un período superior a cuatro años. Las empresas subcontratistas, que se registran como proveedores del grupo Enel, quedan habilitados para poder ofrecer sus servicios a cualquier empresa del mismo, por lo que la escalabilidad de los resultados del proyecto es muy elevada.

Actualmente, las empresas subcontratadas para ofrecer servicios variados relacionados con la operación y mantenimiento de la red de distribución eléctrica, en la zona de desarrollo del proyecto, son:

Líneas AT: AMETEL.

Fecha inicio contrato: 28/07/2021Fecha fin contrato: 14/07/2024

Líneas MT/BT y CD: ELECNOR.

Fecha inicio contrato: 29/11/2019Fecha fin contrato: 31/01/2022

Subestaciones: SEMI.

o Fecha inicio contrato: 28/07/2021







o Fecha fin contrato: 14/07/2024

En este proceso, la empresa contratista tiene los siguientes objetivos:

- Minimizar los riesgos en materia legal y económica derivada de las autorizaciones de subcontratación parcial;
- Asignación clara de roles y responsabilidades derivadas de este proceso; Identificación de todos los actores implicados en el proceso y optimización de las tareas que deben hacer en tiempo y forma;
- Definición de la información requerida y los responsables de facilitarla, actualizarla y revisarla

Por tanto, se regulan los criterios o controles previos que se han de tener en consideración y que se han de aplicar en el momento de la autorización de la subcontratación y durante su ejecución, así como la necesaria actividad de examen del cumplimiento de las obligaciones legales de las empresas subcontratistas en esta materia.

La empresa subcontratada puede realizar una parte de la obra, servicio o proveer, por cuenta y riesgo propio y con trabajadores bajo su dependencia, y asume las responsabilidades que el Contrato suscrito con el Contratista le impone.

3.2.2 Colaboración con OPIS:

E-Distribución colabora con diferentes Organismos y Centros de Investigación que dan soporte a los proyectos de innovación. Estas colaboraciones se articulan mediante la realización de un contrato que ha sido previamente licitado.

Existe un contrato vigente desde noviembre 2019, con una duración de tres años, fecha fin noviembre 2022, con las siguientes entidades:

- AICIA: Asociación de investigación y cooperación industrial de Andalucía. Centro Tecnológico vinculado a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla.
- IREC: Instituto de Recerca en Energía de Catalunya

El objeto de dicho contrato es la realización de las siguientes actividades,

- Información regulatoria y de mercado
- Especificaciones y desarrollo tecnológico
- Desarrollo de HW y SW
- Soporte a la gestión y ejecución de proyectos

Para el desarrollo del proyecto se propone colaborar por tanto con las entidades mencionadas anteriormente, cuya experiencia y actividades se describen a continuación.

Institut de Recerca en Energía de Catalunya (IREC):

El Institut de Recerca en Energía de Catalunya (IREC) fue creado en julio de 2008 e inició sus actividades en enero de 2009. Está compuesto por más de 150 empleados. Su misión es convertirse en un centro de excelencia y una organización de referencia internacional en el sector energético, a través de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación. El objetivo último de su actividad investigadora es contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad y una mayor competitividad empresarial. Teniendo en cuenta los principios que motivaron la creación del Instituto, el IREC ha







establecido un marco de referencia basado en las ciencias de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación.

El Instituto ha organizado este conocimiento en un área de investigación de Sistemas, Comunidades y Edificios y Materiales Avanzados. La orientación del Instituto se distingue por su capacidad para encontrar el equilibrio adecuado entre las dos actividades y en transferir los resultados de la investigación desarrollada a la industria.

El Grupo Power System (PS) del IREC ha estado trabajando en varias líneas de investigación relacionadas con el control, diseño e integración a la red de centrales renovables en los últimos años. Además, el grupo tiene una gran experiencia en ciberseguridad y resiliencia de las redes de distribución. Además, el IREC tiene experiencia en la resiliencia de los sistemas eléctricos, incluyendo técnicas de clusterización, la autocicatrización de la red de distribución, las comunicaciones y el control de las redes de distribución y energías renovables distribuidas. Nuestra actividad de investigación se centra en la ingeniería eléctrica renovable y los aspectos de integración de la red, incluida la validación experimental en nuestras infraestructuras de investigación, IREC Energy SmartLab. IREC presenta ya varios antecedentes de proyectos en colaboración con e-Distribución en las líneas de trabajo de RESISTO, incluyendo proyectos como el europeo RESCCUE, y colaboraciones directas como ResilGrid y DNRA.

Las actividades que realizará IREC dentro de RESISTO incluyen el desarrollo y aplicación de la herramienta de IREC GridWatch, para identificar riesgos en la red eléctrica por culpa de eventos climáticos extremos, el desarrollo de técnicas de mitigación de los efectos de dichos eventos en la red, sistemas de predicción basados en inteligencia artificial y la aplicación de sistemas de comunicación inalámbrica para sensórica IoT basada en LORAWAN.

AICIA (US): Asociación de investigación y cooperación industrial de Andalucía:

AICIA, y en particular los Grupos e Investigación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería, tienen un largo historial de colaboraciones con ENDESA, anterior incluso a la integración de la Compañía Sevillana de Electricidad en el grupo Endesa. Desde finales de 2007 funciona la Cátedra ENDESA (http://catedraendesa.us.es/index.php/es/) que realiza, entre otras, actividades de transferencia de tecnología en campos como la calidad de servicio, eficiencia energética y respeto al medio ambiente, la utilización de nuevas tecnologías para el desarrollo de redes inteligentes y el fomento de sistemas energéticos sostenibles.

Como antecedente directo de las actividades que se desarrollarán en RESISTO cabe señalar la colaboración, en los años 2020 y 2021,

sobre la aplicación de robots aéreos en la inspección de redes eléctricas. En este marco se han desarrollado estudios sobre la aplicación tanto de multi-rotores como de vehículos híbridos de ala fija y rotatoria capaces de realizar un despegue y aterrizaje vertical (Vertical Take-Off and Landing o VTOL), así como de volar como una aeronave de ala fija, de forma más eficiente y alcanzando mayores distancias, como se requiere en la inspección de líneas eléctricas. En noviembre y diciembre de 2020 se realizaron los primeros experimentos en líneas de Media y Alta Tensión de ENDESA en el espacio aéreo del campo de vuelos experimentales ATLAS (Villacarrillo, Jaén) para lo cual se realizaron también acuerdos con la Fundación Andaluza para el Desarrollo Aeroespacial (FADA) propietaria de ATLAS.

Posteriormente, se desarrollaron también estudios sobre el empleo de plataformas de recarga automática de baterías de multi-rotores, aeronaves que permiten una inspección más detallada,







volando con cámaras apropiadas, en las proximidades de las torres y las líneas, con lo cual es posible obtener resoluciones de uno o dos milímetros por pixel.

Se desarrollaron también métodos y tecnologías para el aterrizaje automático en las plataformas de recarga, así como métodos para el empleo de varios multi-rotores en las inspecciones de diversas líneas con despegue y aterrizaje automático en las estaciones de recarga para realizar una inspección continua alternando periodos de recarga con los vuelos de inspección. Estos métodos se demostraron en mayo de 2021 en las mencionadas líneas del espacio aéreo de ATLAS.

El proyecto RESISTO permitirá capitalizar todos los métodos y tecnologías mencionadas para diseñar un sistema con TRL-5 que posteriormente podrá evolucionar para llegar a generar productos como se indica en el apartado 6 de esta Memoria.







4. PLAN DE PROYECTO

Esta sección aportará información relevante para completar la valoración de los diferentes criterios de valoración.

4.1. VISIÓN GLOBAL

Visión global.

Identificación de Fases del proyecto

El proyecto RESISTO se encuentra divido en tres fases: Investigación, Validación y Evaluación. Todas ellas son necesarias en un orden lógico secuencial con el fin de poder y consiguiendo los avances necesarios de una manera segura y alcanzar su validación, figura 11.

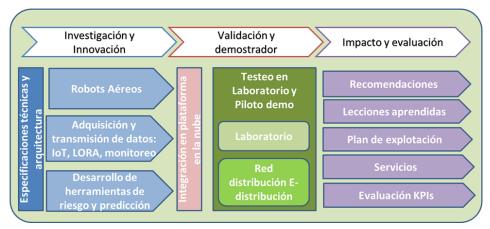


Figura 11. Fases y estructura metodológica a desarrollar en el proyecto.

Además, a nivel conceptual, el proyecto se encuentra dando respuesta a las fases principales del concepto de resiliencia. Esto se refleja en que el proyecto a nivel técnico tiene 5 Paquetes de Trabajo, los cuales: el PT2, sirve para definir las especificaciones y las arquitecturas con el fin de simplificar la integración global. El PT6 es el focalizado en la realización de la prueba piloto en el demostrador. Y los paquetes PT3-PT4 coinciden con cada fase de resiliencia (Planificación (PT3), Detección (PT4) y Mitigación (PT5)).

Diagrama de Gantt

A continuación, se presenta el diagrama de Gantt (Figura 12) para la planificación de los paquetes de trabajo y las tareas que incluye cada actividad. Además, en este diagrama se han integrado los hitos y se ha dibujado el camino crítico del proyecto desde dos vertientes (diferenciadas en dos colores); el demostrador (en rojo) e innovaciones (en lila).







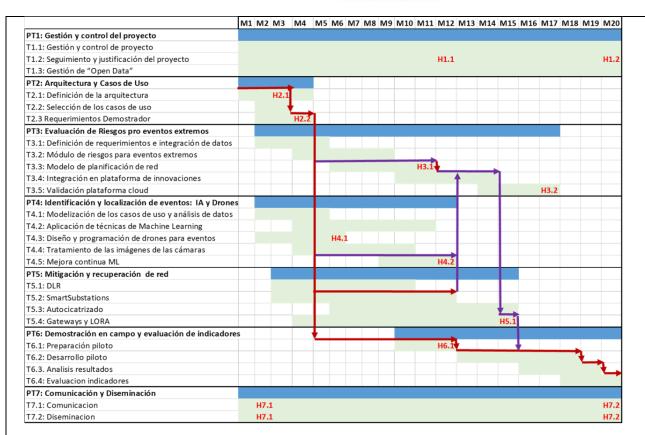


Figura 12. Diagrama Gantt de proyecto, describiendo hitos y camino crítico (En rojo el camino crítico correspondiente a demonstrador, y en lila a las innovaciones).

Hitos y Entregables

Hitos:

- H1.1: Justificación intermedia del proyecto [M12]
- H1.2: Justificación final del proyecto[M20]
- H2.1: Arquitectura definida [M3]
- H2.2: Plan de demostrador completo [M4]
- H3.1: Módulo planificación desarrollado [M11]
- H3.2: Validación Plataforma realizada [M17]
- H4.1: Técnicas de ML y drones definidos [M6]
- H4.2: Sistema integrado desarrollado [M12]
- H5.1: Algoritmos y Gateways desarrollados [M15]
- H6.1: Piloto listo para ser implementado [M12]
- H7.1: Plan de comunicación [M2]
- H7.2: Evaluación final de plan de comunicación [M20]

Entregables:

- E1.1: Plan de Open Data de proyecto [M3]
- E1.2: Preparación de plataforma común de compartición de datos [M2]
- E1.3: Reporte inicial de seguimiento y justificación del proyecto [M12]
- E1.4: Reporte final de actuaciones realizadas y justificación [M20]







- E2.1 Arquitetura de sistemas para RESISTO [M4]
- E2.2 Casos de uso y definición de actuaciones de demostrador [M4]
- E3.1: Definición de estructura de la plataforma y aplicaciones a integrar [M5]
- E3.2: Modulo de evaluación de riesgos en la
- E3.3: Validación de la plataforma de riesgos [M17]
- E4.1: Modelos redes eléctricas [M5]
- E4.2: Modelos basados en ML desarrollados [M11]
- E4.3: Drones y tratamiento de imágenes [M10]
- E5.1: Técnicas avanzadas de monitorización y estado de carga de la red eléctrica: DTLR y Smart-Substation [M12]
- E5.2: Técnica de optimización de los caminos del flujo de potencia aislando la fallada [M15]
- E5.3: Especificación y desarrollo de los sistemas basados en LORA [M15]
- E6.1: Presentación de los resultados y datos del demostrador [M19]
- E6.2: Evaluación de los indicadores globales del proyecto [M20]
- E7.1: Plan de comunicación y diseminación del proyecto [M2]
- E7.2: Evaluación y actualización del plan [M12]
- E7.3: Evaluación final de las actuaciones de diseminación y comunicación [M20]

4.2. ESTRUCTURA DESAGREGADA DEL TRABAJO¹⁰

Paquete de trabajo 1

Título:

Gestión y control del proyecto

Objetivo principal:

Este paquete de trabajo es el responsable de asegurar y controlar el correcto funcionamiento del proyecto y el cumplimiento de las actividades y objetivos definidos a través de diferentes medidas de gestión de proyectos, justificación y reporte de este, además de definir las necesidades y el marco regulatorio para la "open data".

Descripción:

Duración Paquete de Trabajo: 20 meses. Mes inicial: 1 Mes Final: 20

Perfiles implicados:

- **e-Distribución:** 1413h. Perfiles: Ingenieros senior, Ingeniero junior, Técnicos superiores Administración.
- Otras entidades: Investigadores de las entidades colaboradoras.

Requerimientos Materiales y Condiciones de arranque: No hay requerimientos.

¹⁰ Utilizar la tabla tantas veces como paquetes de trabajo se definan.







Actividades a desarrollar en el PT:

Tarea 1.1: Gestión y control de proyecto [M1-M20]

Esta tarea será la responsable de realizar el seguimiento de los objetivos establecidos por el proyecto y se monitorizaran el estado de los trabajos. Esta tarea servirá para una correcta supervisión y coordinación de la empresa principal del proyecto (e-Distribución) y las entidades colaboradoras.

Tarea 1.2: Seguimiento y justificación del proyecto [M1-M20]

En dicha tarea, se irá realizando un seguimiento continuo y comunicación fluida con el ente financiador, con el fin de asegurar una correcta justificación de las actividades, tanto técnicamente como financieramente.

Tarea 1.3: Gestión de "Open Data" [M1-M20]

Esta tarea será la responsable de asegurar una correcta aplicación durante todo el proyecto del concepto de OpenData, tanto para los entregables, datos y publicaciones especificados en el PT7.

Esta tarea es la responsable de crear el plan de gestión de los datos del proyecto, el cual se irá actualizando recursivamente.

Entregables:

- E1.1: Plan de Open Data de proyecto [M3]
- E1.2: Preparación de plataforma común de compartición de datos [M2]
- E1.3: Reporte inicial de seguimiento y justificación del proyecto [M12]
- E1.4: Reporte final de actuaciones realizadas y justificación [M20]

Hitos:

- H1.1: Justificación intermedia del proyecto [M12]
- H1.2: Justificación final del proyecto[M20]

Paquete de trabajo 2

Título:

Arquitectura y Casos de uso

Objetivo principal:

RESISTO es un proyecto que pretende integrar muchas y variadas tecnologías; por ello es necesario crear y definir un marco común de actuación para poder asegurar que todos los desarrollos son capaces de interactuar e integrarse para poder finalmente ser aplicados en el demostrador final del proyecto. El objetivo principal de esta tarea es principalmente crear y definir este marco (arquitectura) para generar una base de creación para los siguientes paquetes de trabajo.

Descripción:

Duración Paquete de Trabajo: 4 meses. Mes inicial: 1 Mes Final: 4

Perfiles implicados:







- **e-Distribución:** 848 horas. Perfiles: Ingeniero senior, Ingeniero junior.
- Otras entidades: Investigadores de las OPIs colaboradoras.

Requerimientos Materiales y Condiciones de arranque: No hay requerimientos

Actividades a desarrollar en el PT:

Tarea 2.1: Definición de la arquitectura [M1-M3]

Esta tarea será la responsable de definir los requerimientos funcionales y operacionales de las plataformas y equipos a integrar. Incluirán una definición clara de los datos de entrada y salida requeridos y los protocolos a utilizar para asegurar al máximo interoperabilidad basándose en el estándar SGAM.

Tarea 2.2: Selección de los casos de uso a validar [M2-M3]

El objetivo principal de la tarea T2.2. es la selección de los casos de uso, escenarios y tests a realizar en el demostrador y en simulación para testeo inicial de los sistemas a desarrollar. Los escenarios incluirán diferentes eventos en diferentes localizaciones, considerando diferentes niveles de carga de la red eléctrica.

Tarea 2.3: Dimensionamiento y requerimientos para el demostrador [M2-M4]

Esta tarea será la responsable de dimensionar los equipos a instalar y preparar una lista de actuaciones necesarias para poder iniciar los pilotos de manera adecuada, incluyendo una planificación de las actuaciones necesarias (e.g. descargos, instalaciones, etc).

Entregables:

E2.1 Arquitectura de sistemas para RESISTO [M4]

E2.2 Casos de uso y definición de actuaciones de demostrador [M4]

Hitos:

H2.1: Arquitectura definida [M3]

H2.2: Plan de demostrador completo [M4]

Paquete de trabajo 3

Título:

Evaluación de Riesgos por eventos extremos: Plataforma Cloud

Objetivo principal:

Tal y como se ha presentado anteriormente, el PT3 es el responsable de dar respuesta a la parte de Planificación y adaptación dentro de ciclo de resiliencia. Con dicho objetivo, dentro de este paquete de trabajo se pretenden realizar una plataforma online donde se integrarán todos los desarrollos que proveen información de los otros paquetes de trabajo, como bases de datos online, con el fin de poder tomar decisiones con suficiente información. Dicha plataforma incluirá un módulo de análisis de riesgos debido a eventos extremos, que permitirá planificar operaciones y actuaciones para minimizar los impactos y se integrara con la información del sistema de visualización 3D.

Descripción:







Duración Paquete de Trabajo: 16 meses. Mes inicial: 2 Mes Final: M17

Perfiles implicados:

- e-Distribución: 2544 horas. Perfiles: Ingeniero senior, Ingeniero junior.
- Otras entidades: Responsables de las entidades colaboradoras

Requerimientos Materiales y Condiciones de arranque: No hay requerimientos

Actividades a desarrollar en el PT:

Tarea 3.1: Definición de requerimientos e integración de datos [M2-M5]

Esta tarea es la responsable de definir e identificar las diversas bases de datos existentes y que se podrán integrar en la plataforma de análisis de riesgos. Estas incluyen plataforma propia e-distribución para datos de red eléctrica, bases de datos de predicción de clima, sensores en tiempo real, entre otros.

Tarea 3.2: Desarrollo de módulo de riesgos para eventos extremos [M4-M9]

Un módulo para poder realizar estimaciones sobre los riesgos que pueden ocurrir en la red eléctrica debido a eventos extremos se va a realizar en esta tarea. Esta se realizará como una ampliación y adaptación de la herramienta ya existente GridWatch. Adicionalmente, se mejorarán las estimaciones realizadas por las Curvas de fragilidad, a través del análisis de datos históricos.

Tarea 3.3: Desarrollo de modelo de planificación de red [M6-M11]

Una vez se identifican los riesgos y su ubicación, se realizará un módulo adicional que provea recomendaciones sobre actuaciones a realizar, para minimizar el potencial impacto de dichos riesgos. Además, se integrará dicha plataforma y su información con el sistema de visualización 3D para los planes de planificación y mejora en la consideración del entorno a tomar las decisiones.

Tarea 3.4: Integración en plataforma de innovaciones [M10-M14]

Esta plataforma también servirá como concentrador de información y datos provistos por las innovaciones desarrolladas en los paquetes de trabajo PT4 y PT5; por lo que se realizaran las adaptaciones necesarias para poder asegurar el correcto uso y visualización de la información que estos proveen.

Tarea3.5: Validación plataforma cloud [M14-M17]

Antes de integrar y demostrar la plataforma en el demostrador, se realizarán unas primeras pruebas con datos históricos con el fin de validar su funcionalidad y determinar su potencial incertidumbre.

Entregables:

- E3.1: Definición de estructura de la plataforma y aplicaciones a integrar [M5]
- E3.2: Modulo de evaluación de riesgos en la
- E3.3: Validación de la plataforma de riesgos [M17]

Hitos:

- H3.1: Módulo planificación desarrollado [M11]
- H3.2: Validación Plataforma realizada [M17]







Paquete de trabajo 4

Título:

Identificación y localización de eventos: Aplicación de IA y Robots aéreos

Objetivo principal:

El PT4 es el responsable de cubrir las necesidades de la fase DETECCION del concepto de resiliencia. En esta línea, el objetivo principal de este paquete de trabajo es proveer de herramientas eficaces y eficientes al operador de red para poder detectar, identificar y localizar el tipo de evento que ha ocurrido y el impacto local que este ha tenido. Para ello se aplican técnicas de machine learning con el fin de identificar firmas en las señales eléctricas, que permitan conocer y localizar el evento y después el uso una flota de robots aéreos para confirmar la estimación reduciendo incertidumbre, tiempo y riesgo a los trabajadores.

Descripción:

Duración Paquete de Trabajo: 11 meses. Mes inicial: 2 Mes Final: 12

Perfiles implicados:

- **e-Distribución:** 2261 horas. Perfiles: Ingeniero Senior, Ingeniero Junior.
- **Otras entidades:** Investigadores de OPIS colaboradoras y empresas externas (proveedores, etc).

Requerimientos Materiales y Condiciones de arranque:

- 2 drones DJI M210 RTK V2 y 2 DeltaQuadPRO Versión Inspect
- 1 cámara DJI Zenmuse XT2 (Dual IR/Visible) para el DJI, Módem de largo alcance y cámara FLIR DUO PRO R para el DeltaQuad, 2 Baterías 4S 23000mAH y 2 Outdoor pads completos de la empresa Skycharge (base de recarga+unidad de control+cableado).
- 1 dron DJI M210 RTK V2
- 1 cámara DJI Zenmuse XT2 (Dual IR/Visible)
- 1 dron VTOL DeltaQuadPRO (Versión Inspect) con Módem de largo alcance
- Cámara FLIR DUO PRO R
- 2 baterías 4S 23000mAH
- 2 Outdoor pads completos de la empresa Skycharge (base de recarga+unidad de control+cableado)
- 50 sensores eléctricos
- 9 gateways Lora
- 11 cámaras de vigilancia
- 20 cámaras termográficas Xi80
- 4 estaciones meteorológicas

Actividades a desarrollar en el PT:

Tarea 4.1: Modelización de los casos de uso y análisis de datos [M2-M5]







Se desarrollarán los modelos de las redes eléctricas en software especializado para los casos de uso, con el objetivo de poder aumentar la cantidad de datos existente para poder entrenar de manera correcta los modelos de inteligencia artificial. Adicionalmente, se analizará y tratará la información ya existente en las bases de datos.

Tarea 4.2: Aplicación de técnicas de Machine Learning para identificación y localización de faltas [M4-M11].

Se aplicarán técnicas de "Caja Gris", para el desarrollo de los sistemas de identificación y localización de las faltas ocurriendo en la red eléctrica. Se tratarán de identificar las "firmas" de cada una de ellas y conocer donde ha ocurrido a través de su distancia de los puntos de medida.

Tarea 4.3: Diseño y programación de drones para eventos [M2-M6]

Se investigará y desarrollará una arquitectura para la flota de robots aéreos heterogéneos (multirotores y convertibles) que integrará algoritmos novedosos para la generación automática de planes de vuelo que minimicen el tiempo de localización precisa de los fallos en la red a partir de las estimaciones de los sensores IoT. Asimismo, se implementarán en los robots aéreos algoritmos basados en técnicas de inteligencia artificial para que sean capaces de seguir automáticamente las líneas eléctricas y aterrizar en bases de recarga a partir de la información local de los sensores a bordo (cámaras y LIDAR).

Tarea 4.4: Tratamiento de las imágenes de las cámaras [M4-M10]

Una vez la flota de robots aéreos adquiere la información es necesario realizar un pre-procesado de esta información a bordo, la cual se realizará de manera local, para evitar saturar los canales de comunicación. Para ello se utilizarán técnicas de procesamiento automático de imágenes y fusión sensorial con otros equipos embarcados como el LIDAR.

Tarea 4.5: Integración de la información obtenida para la mejora continua del modelo de Machine Learning [M9-M12]

Finalmente, se traducirá la información obtenida por la flota de robots aéreos, tal como si la localización era correcta o no, o el tipo de falla, para mejorar de manera continua el modelo, actualizando la base de datos; lo que hace necesario el desarrollo de un método integrado y automático de traducción de dicha información.

Entregables:

- E4.1: Modelos redes eléctricas [M5]
- E4.2: Modelos basados en ML desarrollados [M11]
- E4.3: Drones y tratamiento de imágenes [M10]

Hitos:

- H4.1: Modelos de los casos de uso y drones definidos [M6]
- H4.2: Sistema integrado desarrollado [M12]

Paquete de trabajo 5

Título:

Mitigación y recuperación para aumento de la capacidad de red

Objetivo principal:







Este paquete de trabajo se centra en proveer innovaciones para mejorar y aplicar la tercera fase del concepto de resiliencia: Mitigación y recuperación. El objetivo principal del paquete de trabajo se centra en poder minimizar el impacto de los eventos extremos considerados a los ciudadanos a través de la aplicación de técnicas avanzadas, para poder reconfigurar la red aislando el evento, basadas en inteligencia artificial, inteligencia distribuida, entre otros.

Descripción:

Duración Paquete de Trabajo: 12 meses. Mes inicial: 3 Mes Final: 15

Perfiles implicados:

- **e-Distribución:** 2403 horas. Perfiles: Ingeniero Senior, Ingeniero Junior.
- **Otras entidades:** Investigadores de las OPIS colaboradoras y empresas externas (instaladores, proveedores, etc).

Requerimientos Materiales y Condiciones de arranque:

- 2 drones DJI M210 RTK V2 y 2 DeltaQuadPRO Versión Inspect
- 1 cámara DJI Zenmuse XT2 (Dual IR/Visible) para el DJI, Módem de largo alcance y cámara FLIR DUO PRO R para el DeltaQuad, 2 Baterías 4S 23000mAH y 2 Outdoor pads completos de la empresa Skycharge (base de recarga+unidad de control+cableado).
- 1 dron DJI M210 RTK V2
- 1 cámara DJI Zenmuse XT2 (Dual IR/Visible)
- 1 dron VTOL DeltaQuadPRO (Versión Inspect) con Módem de largo alcance
- Cámara FLIR DUO PRO R
- 2 baterías 4S 23000mAH
- 2 Outdoor pads completos de la empresa Skycharge (base de recarga+unidad de control+cableado)
- 50 sensores eléctricos
- 9 gateways Lora
- 11 cámaras de vigilancia
- 20 cámaras termográficas Xi80
- 4 estaciones meteorológicas

Actividades a desarrollar en el PT:

Tarea 5.1: Dynamic Thermal Line Rating; integrando en tiempo real modelos físicos con datos cloud e lot [M3-M10]

Esta tarea es la responsable del desarrollo de los algoritmos para la evaluación del "Dynamic Thermal Line Rating". Esta técnica toma información del estado de la red eléctrica, el estado mecánico y las condiciones ambientales para poder estimar cual es el límite real térmico de la línea eléctrica, permitiendo identificar si en ciertas líneas se pueden sobrecargar más o no respecto su límite de diseño. Está tarea incluirá no solo el desarrollo de los algoritmos sino también su integración con las bases de datos de clima e integración con sensores IoT.

Tarea 5.2: Smart-Substations: estimación de estado con cámaras térmicas[M3-M12]

Esta tarea tiene como objetivo realizar estimaciones de las variables eléctricas de los transformadores a través de la aplicación de sensores no invasiones y de bajo coste (Cámaras térmicas de baja







resolución) con sistemas de inteligencia artificial para cubrir las deficiencias de las cámaras. Adicionalmente, se incluirán las variables ambientales de la subestación con el fin de determinar si existe o no capacidad extra para transferir potencia.

Tarea 5.3: Técnicas de auto-cicatrizado e inteligencia distribuida [M6-M15]

Con el objetivo de reducir el tiempo de impacto de los fallos en la red, esta tarea proveerá un algoritmo automático de reconfiguración de la red eléctrica, basado en dos etapas. La primera incluirá recomendaciones de acciones a tomar (propuesta de camino optimo a realizar), considerando las condiciones provistas por las innovaciones de la tarea 5.1 y 5.2. Dichas técnicas y recomendaciones se integrarán en un sistema de visualización 3D permitiendo la creación de una mesa de emergencias. La segunda, implican sistemas automáticos de respuesta en ciertos puntos de la red (críticos) permitiendo a los equipos responder de manera individualmente considerando que se han superado ciertos niveles de riesgo.

Tarea 5.4: Desarrollo de Gateways e integración de sensores LORA [M4-M15]

Esta tarea proveerá la tecnología necesaria para integrar todos los sensores requeridos y asegurar la correcta comunicación entre ellos. Este dispositivo se realizará en una placa de control de bajo coste y con alta capacidad de integración. Este dispositivo además será el receptor de todas las señales LORA de su zona de acción; que puede llegar a varios kilómetros, lo que lo hace una tecnología de gran utilidad para esta aplicación.

Entregables:

- E5.1: Técnicas avanzadas de monitorización y estado de carga de la red eléctrica: DTLR y Smart-Substation [M12]
- E5.2: Técnica de optimización de los caminos del flujo de potencia aislando la fallada [M15]
- E5.3: Especificación y desarrollo de los sistemas basados en LORA [M15]

Hitos:

H5.1: Algoritmos y Gateways desarrollados [M15]

Paquete de trabajo 6

Título:

Demostración en campo y evaluación de los indicadores

Objetivo principal:

El objetivo principal de este paquete de trabajo es la implementación y desarrollo del piloto demostrador en campo, donde se van a probar y validar los desarrollos realizados en los paquetes de trabajo anteriores incluyendo su operación coordinada e integración.

Adicionalmente, este paquete de trabajo será el responsable de validar los indicadores del proyecto con el fin de valorar los avances conseguidos.

Descripción:

Duración Paquete de Trabajo: 11 meses. Mes inicial: 10 Mes Final: 20

Perfiles implicados:

• e-Distribución: 3251 Horas. Perfiles: Ingeniero Senior, Ingeniero Junior.







 Otras entidades: Empresas externas (instaladores, proveedores, etc) e investigadores de OPIS colaboradoras, ofreciendo soporte y seguimiento a los desarrollos.

Requerimientos Materiales y Condiciones de arranque: Definición casos de uso PT1 y disponibilidad de los equipos y materiales definidos

- 2 drones DJI M210 RTK V2 y 2 DeltaQuadPRO Versión Inspect
- 1 cámara DJI Zenmuse XT2 (Dual IR/Visible) para el DJI, Módem de largo alcance y cámara FLIR DUO PRO R para el DeltaQuad, 2 Baterías 4S 23000mAH y 2 Outdoor pads completos de la empresa Skycharge (base de recarga+unidad de control+cableado).
- 1 dron DJI M210 RTK V2
- 1 cámara DJI Zenmuse XT2 (Dual IR/Visible)
- 1 dron VTOL DeltaQuadPRO (Versión Inspect) con Módem de largo alcance
- Cámara FLIR DUO PRO R
- 2 baterías 4S 23000mAH
- 2 Outdoor pads completos de la empresa Skycharge (base de recarga+unidad de control+cableado)
- 50 sensores eléctricos
- 9 gateways Lora
- 11 cámaras de vigilancia
- 20 cámaras termográficas Xi80
- 4 estaciones meteorológicas

Actividades a desarrollar en el PT:

Tarea 6.1: Preparación de los pilotos para su implementación [M10-M12]

Esta tarea será la responsable de preparar el demostrador en la red de distribución. Estas actuaciones incluyen instalación de equipamiento, operación de descargo, entre otros.

Tarea 6.2: Desarrollo del piloto y de las innovaciones [M13-M18]

Esta tarea se encarga de todo el proceso de seguimiento y funcionamiento del demostrador implementado. Además, gracias a la monitorización continua se realizarán las correcciones necesarias para asegurar su correcto funcionamiento.

Tarea 6.3: Análisis de los resultados y datos obtenidos en el piloto [M16-M19]

En dicha tarea se recogerán todos los datos y resultados obtenidos durante el desarrollo del demostrador de manera continua, con el objetivo de evaluarlos; y proveer un estudio de detalle de los beneficios y resultados de las innovaciones.

Tarea 6.4: Evaluación de los indicadores del proyecto [M18-M20]

La evaluación general de los indicadores globales del proyecto se realizará en esta tarea. Estos indicadores globales se encuentran basados tanto en los resultados obtenidos durante el demostrador como en los desarrollos y tecnologías aplicadas durante su diseño y desarrollo en los paquetes de trabajo anteriores.

Entregables:







E6.1: Presentación de los resultados y datos del demostrador [M19]

E6.2: Evaluación de los indicadores globales del proyecto [M20]

Hitos:

H6.1: Piloto listo para ser implementado [M12]

Paquete de trabajo 7

Título:

Comunicación y Diseminación

Objetivo principal:

El objetivo de este paquete de trabajo es asegurar una correcta comunicación y diseminación de las actividades del proyecto con el fin de maximizar su impacto y alcanzar al mayor publico posible. En particular, el paquete de trabajo será el responsable de generar las noticias, asegurar la participación de eventos y desarrollo de otras actividades que permitan dar visibilidad de las innovaciones.

Descripción:

Duración Paquete de Trabajo: 20 meses. Mes inicial: 1 Mes Final: 20

Perfiles implicados:

- **e-Distribución:** 1413 horas. Perfiles: Ingeniero senior, Ingeniero junior, Técnico Superior de Administración.
- Otras entidades: Investigadores de las OPIS colaboradoras.

Requerimientos Materiales y Condiciones de arranque: No hay condicionantes para su realización

Actividades a desarrollar en el PT:

Tarea 7.1: Comunicación

Esta tarea será la responsable de difundir el proyecto. Esta tarea realizará diversas acciones tales como:

- gestión de noticias sobre el proyecto a través de las redes sociales y página web de e-Distribución.
- Desarrollo de noticias para prensa generalista
- Preparación de eventos de difusión del proyecto a los ciudadanos
- Desarrollo de videos comerciales del proyecto

Tarea 7.2: Diseminación

En esta tarea se centrarán las acciones de diseminación de los resultados del proyecto. Estas incluyen las siguientes actividades:

- Artículos científicos en revistas internacionales
- Presentación y asistencia en conferencias internacionales
- Asistencia a eventos, ferias y exhibiciones
- Preparación para workshops
- Accesibilidad de datos y software en abierto.







Entregables:

- E7.1: Plan de comunicación y diseminación del proyecto [M2]
- E7.2: Evaluación y actualización del plan [M12]
- E7.3: Evaluación final de las actuaciones de diseminación y comunicación [M20]

Hitos:

- H7.1: Plan de comunicación [M2]
- H7.2: Evaluación final de plan de comunicación [M20]







5. VIABILIDAD ECONÓMICA

5.1. Coherencia de la estructura de costes del proyecto y capacidad de la entidad.

EDistribución Redes Digitales (e-Distribución) es la mayor empresa distribuidora de energía nacional con más de 12,5 millones de clientes, más de 317.000 km de red y distribuyendo más de 124.00 GWh.

Las principales magnitudes económicas para el año 2020 y recogidas en sus cuentas anuales son: un volumen de negocio de 2.368.355.000 €, siendo el resultado de explotación de 1.292.696.000 € y un resultado de ejercicio (después de impuestos) de 936.619.000€.

El proyecto RESISTO tiene un presupuesto total de: **1.955.482,89** € desglosado en las siguientes partidas:

Personal propio: 550.000,00 €

- **Equipamiento:** 586.000 €

- **Subcontratación:** 731.982,89 €

- **Costes indirectos (15%):** 82.500 €

Respecto a recursos humanos, la compañía tuvo una **media** de 2.740 empleados en 2020, estructurados según la tabla 3.

Número	de	Emi	oleados

	2020		Total	2019		Total
	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Directivos	38	3	41	37	3	40
Mandos Intermedios	368	90	458	364	89	453
Personal de Administración y Gestión y Operarios	1.959	282	2.241	1.960	280	2.240
TOTAL EMPLEADOS	2.365	375	2.740	2.361	372	2.733

Tabla 3: número de empleados de media, mujeres y hombres en 2019 y 2020 para distintos tipos de mandos.

A 31 de diciembre de 2020 la compañía contaba con 2.762 empleados estructurados según la tabla 4.

Número	do	Emn	leades
Nullielo	ue		icauos

	31 de Diciembre de 2020		Total	31 de Diciembre de 2019		Total
	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Directivos	38	4	42	37	3	40
Mandos Intermedios	371	91	462	368	92	460
Personal de Administración y Gestión y Operarios	1.970	288	2.258	1.985	287	2.272
TOTAL EMPLEADOS	2.379	383	2.762	2.390	382	2.772

Tabla 4: número de empleados, mujeres y hombres a cierre de año 2019 y 2020 para distintos tipos de mando.

Según los datos anteriores, la empresa dispone de capacidad económica y de recursos para llevar a cabo el proyecto.







6. ESTRATEGIA, MERCADO Y EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS

6.1 Necesidad del mercado y mercado potencial (máximo 10 puntos).

El cambio climático está generando fenómenos asociados como el incremento de la ocurrencia e **intensidad de fenómenos meteorológicos adversos** (inundaciones, tormentas, tornados, etc.).

En el periodo 2030-2050 se prevé que las olas de calor se den de forma más frecuente y que sean más importantes en el área meridional. Las precipitaciones extremas aumentarán en intensidad, pero disminuirá la frecuencia de ocurrencia, mientras que las nevadas extremas se mantendrán en las mismas áreas geográficas actuales, pero podría disminuir de forma importante su intensidad y la frecuencia con la que se dan los eventos. Por lo que respecta al riesgo de incendio, se estima un aumento del número de días con riesgo extremo respecto a la media histórica.

Por otro lado, una mayor incidencia de catástrofes ambientales provocadas por la propia naturaleza (tsunamis, terremotos, etc.), o por el hombre (vertidos industriales, contaminación atmosférica y/o radiactiva, etc.) tiene un impacto considerable sobre la actividad empresarial.

ENDESA dispone de una **Política General de Control y Gestión de Riesgos**, aprobada por el Consejo de Administración. Dicha Política establece los principios básicos y el marco general de control y gestión de los riesgos de toda naturaleza que pudieran afectar a la consecución de los objetivos, asegurando que **son identificados**, **analizados**, **evaluados**, **gestionados** y controlados de forma sistemática y dentro de los niveles de riesgo fijados. La Política General de Control y Gestión de Riesgos identifica los distintos tipos de riesgo, financieros y no financieros (entre otros los operativos, tecnológicos, legales, sociales, medioambientales incluyendo los relacionados con el cambio climático, políticos y reputacionales), a los que se enfrenta la Sociedad.

Específicamente para cambio climático, los riesgos se evalúan en base a unos niveles de tolerancia de riesgo establecidos, considerando: **exposición** (impactos climáticos que pueden afectar a las instalaciones), **sensibilidad** (efectos potenciales y sus consecuencias para los negocios o instalaciones), y **vulnerabilidad** (capacidad de adaptación para superar los impactos del cambio climático considerando los requisitos financieros, tecnológicos y de conocimiento).

El cambio climático y la transición energética tendrá **efecto sobre las actividades de ENDESA**. Tal y como recomienda el "*Task Force on Climate-related Financial Disclosures*" **(TCFD)** (instrucción operativa de Endesa) para identificar las diferentes tipologías de riesgos y oportunidades y sus impactos sobre los diferentes negocios de la compañía, ENDESA ha definido un marco de referencia. **Los riesgos se clasifican en físicos y de transición**. Los riesgos físicos se clasifican a su vez **en agudos (eventos extremos) y crónicos**. Los primeros se presentan como consecuencia de **condiciones climatológicas de extrema intensidad**, y los segundos están relacionados con **cambios graduales y estructurales de las condiciones climáticas**. Los eventos extremos exponen a ENDESA y en concreto a e-Distribución a potenciales indisponibilidades, de duración variable, en instalaciones e infraestructuras, costes de reparación, afección a los clientes, etc. Además, el cambio crónico de las condiciones climáticas expone a la compañía a **otros riesgos y oportunidades** como, por ejemplo, cambios en el régimen de producción de las diferentes tecnologías, así como cambios en la demanda eléctrica.

En referencia al proceso de **transición energética** hacia un modelo más sostenible, caracterizado por una progresiva reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO2), se identifican riesgos y oportunidades ligados tanto al contexto regulatorio y normativo, como a la evolución del desarrollo tecnológico, electrificación y consecuentes desarrollos de mercado. En consonancia con lo previsto en los escenarios climáticos y de transición adoptados para la definición de los riesgos y las







oportunidades, se empiezan a detectar cambios de comportamiento en los clientes, estrategias industriales en los diferentes sectores económicos, y cambios regulatorios.

ENDESA quiere jugar un rol activo en la transición, y por ello define en **su Plan Estratégico actuaciones facilitadoras,** con el objetivo de aprovechar al máximo las oportunidades que se presenten, identificadas gracias a los análisis realizados en base a escenarios. Todo ello hace que el 94% de las inversiones previstas en el Plan Estratégico están destinadas a acciones climáticas.

En concreto y relacionado con los efectos, que todo lo anterior puede tener sobre la red eléctrica, existen <u>diferentes riesgos</u> que se pretenden mitigar con este proyecto RESISTO. Donde destacan los **eventos climáticos extremos por su intensidad**. Los eventos extremos pueden causar impacto en términos de daño a las instalaciones y reducción de la disponibilidad. O bien riesgo/oportunidad, **aumento o disminución de la producción y de la demanda eléctrica**, ya que la demanda eléctrica está influenciada por la temperatura, cuyas variaciones pueden tener impacto en los resultados.

ENDESA minimiza la exposición a los riesgos a través de la progresiva descarbonización de su parque de producción. Las acciones estratégicas de ENDESA permiten mitigar los potenciales riesgos y aprovechar las oportunidades asociadas a la transición energética.

La **intensidad y la frecuencia de los fenómenos físicos** agudos, eventos extremos, pueden provocar daños importantes e inesperados en las instalaciones, y potenciales consecuencias derivadas de la interrupción del servicio. Los fenómenos físicos agudos (vendavales, inundaciones, olas de calor, olas de frío, etc.) se caracterizan por una elevada intensidad y una frecuencia de ocurrencia moderada en el corto plazo, pero con tendencia al alza en los escenarios climáticos de largo plazo.

En la figura 13 se recoge la **vulnerabilidad frente a los diferentes eventos extremos** de las diferentes tipologías de instalación presentes en el portfolio de e-Distribución.

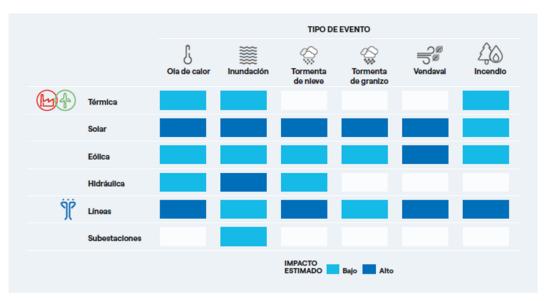


Figura 13. Vulnerabilidad de los diferentes tipos de infraestructura de e-Distribución a los distintos tipos de eventos extremos climáticos detectados.

Estos eventos extremos tienen un **impacto potencial en las infraestructuras** de e-Distribución. Como refleja la figura anterior, las líneas de distribución junto con las infraestructuras solares constituyen las instalaciones más **vulnerables** de la compañía, ya que se encuentran expuestas a un impacto estimado alto. Destacan incidencias **en redes de distribución** y centrales de generación motivadas por la ocurrencia de fenómenos meteorológicos adversos. Además, indirectamente







podemos añadir, sanciones ambientales derivadas de la potencial provocación de catástrofes ambientales en la operación de las centrales eléctricas o la red de distribución, como por ejemplo incendios, provocados por caídas de las líneas de alta tensión.

Como se ha comentado, que la **red de distribución sea resiliente** es una de las formas de mitigar los efectos adversos del cambio climático. Para la gestión de los eventos climáticos extremos, ENDESA ha adoptado un enfoque «4R» que define las medidas a adoptar tanto en fase de preparación frente a una emergencia, como en fase posterior de puesta en servicio tras haber sufrido daños las instalaciones por un evento extremo. Esta gestión se articula a través de la política 486 (4R Innovative Resilience Strategy for power distribution networks) y se define a través de cuatro fases de actuación consistentes en ser capaces de Prevenir el riesgo, (Risk prevention) incluye las acciones que permiten reducir la probabilidad de perder elementos de red como consecuencia de un evento, y/o de minimizar su impacto, e incluye actuaciones con el objetivo de aumentar la robustez de las infraestructuras, así como actuaciones de mantenimiento. Estar preparado (Readiness), incluye todas las actuaciones que tienen como objetivo mejorar la inmediatez con la que se identifica un evento potencialmente crítico, y asegurar la coordinación con Protección Civil y administración local, así como a organizar los recursos una vez se ha producido el fallo en el servicio. Respuesta (Response), incluye la fase de evaluación de la capacidad operativa de afrontar una emergencia una vez se produce el evento extremo, considerando tanto la capacidad de movilizar recursos operativos sobre el terreno, como la posibilidad de realizar maniobras telecomandadas de realimentación a través de conexiones en backup. Recuperación (Recovery), es la última fase, que tiene como objetivo la vuelta al servicio de la red lo antes posible, en condiciones de funcionamiento habitual, en aquellos casos en los que el evento extremo haya provocado interrupciones del servicio a pesar de todas las medidas adoptadas de forma preventiva.

Todo lo anterior ha motivado el proyecto RESISTO, que vendrá de la mano de una serie de instrumentos y herramientas que harán que la red eléctrica avance hacia una mayor digitalización, que la haga capaz de ser más resiliente ante condiciones climatológicas extremas.

La **sensorización** integra, a través de la combinación de Hardware y Software, funciones de gestión y monitorización de la red. Estos equipos permiten obtener en tiempo real el estado de cada Centro de Distribución y diferentes puntos de la red, detectar incidencias, gestionar consumos y pérdidas, etc. El objetivo de estos desarrollos es dotar al Sistema de una mayor capacidad de operación y control a través de monitorización, análisis de datos e inteligencia.

Gracias a este despliegue **de sensores y cámaras, tanto de vigilancia como térmicas**, en la red seremos capaces de conocer su estado de salud, además de, en caso de fallo o incendio, localizar y cercar su posición para realizar las acciones correctivas de manera más eficiente. Estos datos se procesarán en la **plataforma** del **proyecto RESISTO** al igual que en los **sistemas SCADA** (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) que opera las redes de la zona y da avisos y reportes de situaciones anómalas a los Centros de Control con el propósito de tener la información más real posible de las condiciones en que se encuentra la red funcionando en cada momento. De esta manera estamos cubriendo las dos R's de *Readiness* y *Risk prevention* descritas anteriormente y avanzamos en el camino hacia una mayor digitalización de la red, llevando a cumplir los objetivos del grupo Enel, hacia un enriquecimiento de las bases de datos e históricos y al aumento de la calidad de los servicios.

Asimismo, la solución habrá de servirse de cualquier otra fuente de información disponible en el ámbito, como es **la información satelital** que permite el acceso a diferentes plataformas satelitales de información; de **las estaciones meteorológicas**, las cuales además contribuirán a aumentar la precisión de los algoritmos integradores. Esta información será procesada por algoritmos de inteligencia artificial para la detección precisa de los fallos.







Por otra parte, como se ha comentado, la incorporación **de robots aéreos** que reducirá la actuación de personal en campo, aumentando así la seguridad de los trabajadores y reduciendo el tiempo que estos se encuentran **expuestos a las situaciones críticas** que hayan desencadenado ese fallo. Facilitando las labores en **zonas de difícil acceso** ya sea consecuencia de los cambios climatológicos o a la topografía de la zona. Como apoyo a la mitigación de efectos se implementará el módulo de recomendaciones de reconfiguración de líneas acoplado con optimización **DTLR**, así como la tecnología de **visualización 3D** para facilitar la toma de decisiones, logrando cubrir las dos R's restantes *Response* y *Recovery*.

Finalmente, la integración de todo el conjunto hará posible el vuelo de drones optimizado ya que se conocerá de antemano la situación del fallo, así como la localización, sus causas y el tipo de falla, de modo que las acciones correctivas serán más eficaces, rápidas, económicas y seguras.

Por otro lado, poniendo atención a las soluciones que podemos encontrar en uso, una de las grandes compañías de distribución eléctrica ha publicado en su último **informe sobre innovación (2016-2018)** las actividades que realiza con drones, entre ellas, seguimiento de inspecciones infrarrojos de helicópteros, evaluación de nidos de pájaros, inspecciones de instalaciones solares, inspecciones de aerogeneradores, etc. Otra importante distribuidora, ha incorporado drones a la supervisión de sus instalaciones eléctricas de manera complementaria a los vuelos con helicópteros que la compañía realiza con el fin de capturar información aérea y que tiene como objetivo reducir los trabajos técnicos en altura. Tal y como se encuentra en la web de otra distribuidora, los drones se utilizan para diversas tareas, desde la inspección de líneas hasta la vigilancia de otros activos del sector eléctrico, como los propios centros de producción (presas, parques eólicos y solares, centrales eléctricas, etc.).

E-Distribución, se encuentra en una fase avanzada en cuanto al desarrollo de este tipo de actividades de inspección y apoyo a equipos de tierra. En el proyecto europeo **AERIAL-CORE** se consigue autonomía de drones para inspección, así como actuaciones de estos robots en tareas específicas y rutinarias de mantenimiento. En este sentido, existe una clara diferencia entre ambos proyectos, AERIAL-CORE surge de la necesidad de automatizar unas actividades programadas, mientras que RESISTO surge de la necesidad de dar una respuesta inmediata a situaciones puntuales e inciertas, en diferentes localizaciones, bajo condiciones también inciertas. De este modo estamos planteando una solución a un problema no antes planteado en el sector que tendrá un gran impacto en toda la red de e-distribución y deja un claro **mercado potencial** de replicabilidad y escalabilidad. Este mercado potencial incluye, en primer lugar, a todas las empresas del grupo Enel, las cuales están situadas en más de treinta países en el mundo y cuyos beneficios pueden ser explotados no solo en las redes de distribución sino en otros campos como pueden ser las plantas de aerogeneradores, las plantas de generación fotovoltaica, subestaciones, centros de transformación, etc. donde pueden inferir también con graves consecuencias los efectos de fenómenos meteorológicos adversos y convertirse en necesaria la actuación en momentos clave para la integridad de las infraestructuras.

Del mismo modo, podemos extrapolar este mercado a otras distribuidoras de energía, tanto para sus redes de distribución como para otros usos como se ha comentado. La disponibilidad de predicciones e información meteorológica pueden ser llamativas también para otras organizaciones fuera del sector energético, como entidades públicas, compañías con grandes inversiones en infraestructuras que sean susceptibles a los efectos de fenómenos extremos o que tengan necesidad de una herramienta de evaluación de riesgos relacionados con el estado de las infraestructuras y las posibles consecuencias climatológicas. En definitiva, el proyecto RESISTO sin duda constituye un valor añadido no solo a la compañía si no al sector de distribución eléctrica y a la sociedad.







6.2 Posicionamiento tecnológico y estrategia comercial.

La energía total distribuida por las redes de e-Distribución ha alcanzado los 110.063 GWh en 2020, medida en barras de central, lo que representa el 44 por ciento de la demanda total en España. Esta última se ha situado en 249,7 TWh, según el operador del sistema eléctrico español (Informe REE: «El sistema eléctrico español. Previsión de cierre 2020»). La longitud de las líneas de la red de distribución de ENDESA en España se situó en 315.365 kilómetros, de los que el 40,5% corresponde a líneas subterráneas. El número de subestaciones al cierre del ejercicio es de 1.314.

Para asegurar el **correcto suministro** de energía a sus clientes, las infraestructuras de la red de distribución de ENDESA son planificadas y operadas de manera que se adecúen continuamente a la capacidad demandada por los clientes existentes, a las ampliaciones de red solicitadas por nuevos clientes, y a la correcta atención a las actuaciones reglamentarias, legales y sujetas a convenios.

La continuidad del suministro en España se mide a través de los indicadores TIEPI (Tiempo de interrupción equivalente de la potencia instalada) y NIEPI (Número de interrupciones equivalentes de la potencia instalada), cuyo procedimiento de cálculo está regulado por el Real Decreto 1955/2000. Los niveles de TIEPI y NIEPI son auditados anualmente por una empresa externa independiente.

Durante 2020, el TIEPI propio en los mercados abastecidos por e-Distribución se situó en 46,9 minutos, con lo que la fiabilidad del servicio ha sido del 99,99% de las horas del año. El NIEPI propio se situó en 2020 en 1,22. La evolución del TIEPI propio a lo largo de 2020 ha sido más favorable que en el año anterior, debido principalmente a un **mejor comportamiento resiliente** de la red, así como un menor impacto climatológico, con la única excepción del episodio denominado «Gloria» que tuvo lugar en enero de 2020.

El cuadro recoge los indicadores de continuidad del suministro de las principales comunidades autónomas en las que e-Distribución presta servicio.

TIEPI Proplo	2018	2019	2020	Varlación 2020-2019
Andalucía	73	66	56	-15%
Aragón	70	55	53	-4%
Baleares	54	49	35	-29%
Canarias	40	43	39	-9%
Cataluña	53	55	39	-29%
Extremadura	80	76	58	-24%
ENDESA	61	59	47	-20%

Tabla 5: tiempo de interrupción equivalente de la potencia instalada (TIEPI) propio de Endesa en minutos.

Por otra parte, la **digitalización de las redes de distribución** presenta notables beneficios para todos los usuarios y para garantizar la continuidad del suministro. La digitalización de la distribución eléctrica está fuertemente relacionada con el concepto de **red inteligente** (en inglés, Smartgrid). La Smartgrid se puede definir como la aplicación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) a la red eléctrica (y, por tanto, el despliegue de **elementos de medición y actuación**), de modo que se puedan detectar a distancia y en tiempo real cambios en la red (consumo, fallos, saturación de líneas, etc.), procesarlos y responder ante ellos. De esta forma, la red se puede operar de manera más eficiente y los usuarios tienen la posibilidad de ser participantes activos en ella. No obstante, la







digitalización también abarca el nivel corporativo de la empresa distribuidora en la **optimización de procesos, la planificación y la cultura digital de los empleados**.

Es necesario resaltar que no existe un punto final del proceso de transformación digital; las **tecnologías están en constante evolución** y siempre habrá margen para la actualización y optimización. De hecho, suele hablarse de que el objetivo no es alcanzar la red inteligente, **sino una red cada vez más inteligente**.

En este contexto, el proyecto RESISTO va más allá, en el sentido que no se plantean unas actividades ya programas y recurrentes cada cierto tiempo, si no que se trata de actividades en algunos casos **predichas** y que tienen **consecuencias inciertas**, de manera que cada actuación es diferente a las anteriores. Esto hace que se genere una **amplia base de datos que se enriquece** en cada operación y va en la línea de crear una red cada vez más inteligente.

ENDESA tiene un excelente posicionamiento tecnológico en las actividades que se desarrollarán en el proyecto RESISTO. Así, participa en el proyecto H2020 AERIAL-CORE (https://aerial-core.eu), liderado por AICIA, en cuyo consorcio se integran otras 13 entidades líderes europeos en robótica aérea. El objetivo general de este proyecto es la aplicación de técnicas de inteligencia artificial para hacer más seguros y eficientes los robots aéreos, contemplándose como escenario de validación la inspección y el mantenimiento de líneas eléctricas de ENDESA.

Uno de los integrantes del consorcio AERIAL-CORE es la spin-off "Vertical Engineering Solutions" (VES) que se fundó para explotar los resultados del proyecto AEROARMS (https://aeroarms-project.eu), liderado también por AICIA, en el cual se desarrollaron innovaciones a nivel mundial en robótica aérea de manipulación, y sus aplicaciones a la inspección, que se validaron en la inspección de tuberías y tanques de refinerías. Los resultados de AEROAMS recibieron el "Global Innovation Radar Award" de la Comisión Europea en noviembre de 2017. En la actualidad, la empresa VES explota con éxito las tecnologías desarrolladas en AEROARMS en la inspección de tanques en refinerías y otras instalaciones industriales.

Se estima que el proyecto RESISTO podrá generar una nueva spin-off para validar las tecnologías desarrolladas en la inspección de las líneas eléctricas.

Aunque existen numerosas tecnologías de digitalización, se puede considerar que, técnicamente, la digitalización se sostiene sobre tres pilares directamente relacionados entre sí: los **sensores y actuadores, la conectividad y el tratamiento de datos.** Estos tres elementos clave muestran un gran nivel de interdependencia; un desarrollo significativo en uno de ellos suele requerir ir acompañado de un desarrollo equivalente en alguno de los otros dos, retroalimentándose, y aumentando el número de casos de uso y aplicaciones de la digitalización. Por ejemplo, a medida que conseguimos sensores capaces de medir más parámetros de la red, se hace necesario un tratamiento de datos y algoritmos, en definitiva, una IA más avanzada.

Por otro lado, el **nivel de madurez de una tecnología** en el sector de la distribución eléctrica, podría clasificarse en tres tipos: comercial, piloto y prueba de concepto. Una tecnología de **madurez comercial** es una tecnología apta para su despliegue en distintos entornos y se tiene la suficiente experiencia con ella como para que constituya un servicio consolidado. El paso previo a la madurez comercial es la fase piloto. Una tecnología en **fase piloto** significa que su operación se encuentra monitorizada de manera especial y está limitada a un entorno de pruebas con vistas a, si todo sale bien, convertirse en una tecnología apta para un despliegue más intensivo. Por último, una **tecnología en prueba de concepto** es una tecnología que se encuentra en pruebas de laboratorio para estudiar







sus futuras aplicaciones o, en todo caso, en un entorno real de pruebas muy reducido, monitorizado y controlado.

Las innovaciones desarrolladas en el proyecto RESISTO parten de un TRL 3-4 alcanzando un TRL5-6. Las tecnologías aplicadas abarcan tanto la fase de madurez comercial como la tecnología en prueba piloto. En el caso de los sensores que van a realizar el seguimiento de la red, estos ya se encuentran implementados en otros proyectos y son fuente de datos para la compañía. Aunque todos estos elementos nunca se han aplicado específicamente para análisis de riesgos, detecciones de impactos de eventos climáticos como es este caso, se estima que el TRL de inicio es inferior pudiendo llegar al TRL4-5 de inicio y un TRL6 final. Del mismo modo, los robots aéreos que se pretenden utilizar están empleándose en otros proyectos en TRL7 de manera individual. No obstante, la tecnología de coordinación automática de la flota de robots aéreos que se plantea en RESISTO parte de un TRL 3-4 con el objetivo de alcanzar un TRL5 al final. Por otro lado, encontramos la plataforma meteorológica de recogida y predicción de datos que constituiría una tecnología con TRL 5. Sin embargo, y teniendo en cuenta que este proyecto es pionero en la integración de estas tecnologías debe considerarse como tecnología en fase piloto, con TRL 5, ya que como se ha comentado hará falta desarrollar la inteligencia artificial que haga que toda la tecnología se integre y se comunique dando como resultado la solución propuesta.

Por parte de e-Distribución, la monitorización en tiempo real del estado de la red de distribución y el aumento de resiliencia es una componente central del futuro de la compañía en un marco de transformación continua de la sociedad y el medio ambiente. La **estrategia de e-Distribución** recoge esta necesidad, enfocándose en la innovación y la transformación de los servicios que ofrece a la sociedad.

Considerando estas tendencias, e-Distribución basará sus **estrategias comerciales** en el **desarrollo y operación de redes más eficientes y resilientes**, en el compromiso con la innovación y la eficiencia, identificándose las siguientes **iniciativas para preparar la red eléctrica** de cara al futuro. Por un lado, digitalización de la red que con la implementación del proyecto RESISTO hará posible un mayor conocimiento de los parámetros que definen el estado, la automatización de acciones que optimiza las actuaciones ante fenómenos climatológicos adversos y la mejora de la eficiencia de la calidad de servicio y la reducción de pérdidas. Por otro lado, la modernización y el desarrollo de proyectos de I+D y las herramientas clave disponibles en aspectos tales como plataformas tecnológicas o robots aéreos de soporte técnico.

Con todo lo anterior, no cabe duda de que las empresas de distribución han de jugar un papel central para el despliegue de las tecnologías y soluciones necesarias para llevar a cabo la digitalización de la red y todos los beneficios que esto conlleva. En este sentido, no se debe olvidar que las empresas de distribución son monopolios regulados cuyos ingresos y tarifas son fijados y/o aprobados por el regulador sectorial, responsabilidad que en el caso español recae sobre la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC).

Por lo tanto, al contrario de lo que puede ocurrir en otros sectores, donde la digitalización es una necesidad de las empresas para mantener su competitividad, el éxito de la digitalización de las redes de distribución dependerá directamente de las reglas que marque la regulación. La entidad reguladora realiza el cálculo donde fija los ingresos permitidos de las empresas distribuidoras cada varios años, típicamente cada 4 o 5 años, en un proceso conocido **como revisión regulatoria.**







Los planes de inversión requeridos por el regulador están muy centrados en determinar las inversiones de red convencionales, como líneas o transformadores, necesarias para atender crecimientos de demanda, reducir las pérdidas de energía o asegurar la calidad de suministro. Por tanto, los formatos y procesos de evaluación y aprobación de estos planes no suelen considerar adecuadamente las inversiones en digitalización de la red.

En el caso de RESISTO se pretende que, además del valor que el proyecto da directamente a la compañía, se vea reflejado en estos planes de inversión proporcionados al regulador.

La **retribución de las inversiones** se basa en las inversiones realmente incurridas, situándose el foco del escrutinio regulatorio en la fijación de la tasa financiera de retribución de estas inversiones y los costes unitarios de inversión. Los **gastos de operación** son, en gran medida, proporcionales al volumen de activos en operación, principalmente líneas y subestaciones, lo cual no es necesariamente cierto en una red altamente digitalizada.

La **regulación incentiva** en mayor medida a la reducción de los costes de operación frente a la reducción del volumen de inversión. Los **análisis de costes**, y por tanto las decisiones regulatorias, pese al uso de proyecciones a futuro, están fuertemente basadas en información histórica, implícitamente asumiendo que el futuro será parecido al pasado reciente.

Las empresas de distribución han de seguir asegurándose que los usuarios de la red puedan hacer uso de ella con un nivel de calidad del suministro adecuado y con unas bajas pérdidas de energía. No obstante, cada vez más, se pide a las redes de distribución que cumplan funciones adicionales y, por tanto, el desempeño de estas se ha de medir con un abanico más amplio de métricas. Estos indicadores no son necesariamente novedosos en sí mismos, pero sí la relevancia que se les da en el marco regulatorio. Algunas de estas métricas podrían ser:

- Impacto ambiental de las redes: pérdidas, huella de carbono.
- **Gestión de nuevas solicitudes de conexión a red** especialmente para la nueva generación renovable y los nuevos usos de movilidad y climatización eléctricas: transparencia en la determinación de la capacidad de red disponible y los costes de conexión, rapidez y coste.
- **Frecuencia y duración de las interrupciones** de suministro.
- **Cumplimiento de obligaciones sociales**: transparencia y rendimiento de cuentas, seguridad de empleados y subcontratas, gestión de pobreza energética, etc.

El proyecto RESISTO supone una apuesta por la digitalización del sector eléctrico, que será indispensable para la incorporación de las energías renovables dentro del sistema eléctrico. Es por ello, que supone una inversión clave para el **cumplimiento de los objetivos climáticos marcados** y con el fin de contribuir a una **mejora de la calidad de suministro al consumidor** al menor coste posible, conforme a lo establecido en la política energética nacional. Esto va en línea con los indicadores del marco regulatorio de reducción del impacto ambiental, de forma que se cumple la compensación del impacto con la inclusión de las renovables. Al mismo tiempo, poder conocer mejor el estado de la red hace que se pueda ofrecer al usuario esa transparencia que se pide dentro de los marcos retributivos.

Por otro lado, y de manera más concreta, el objetivo principal del proyecto RESISTO, que es la resiliencia de la red eléctrica, contribuirá enormemente a la calidad del servicio, reduciendo TIEPI y NIEPI de manera que se espera que estas **mejoras se vean reflejadas en la retribución final** que obtiene la compañía.







Para cualquier monopolio regulado, la existencia de un marco retributivo estable y que retribuya adecuadamente los costes eficientemente incurridos es sin duda aconsejable en cualquier circunstancia. No obstante, esto se vuelve aún más relevante cuando esta actividad está inmersa en un proceso de cambio tecnológico como el que están experimentando las redes de distribución.

6.3 Plan de explotación e internacionalización (máximo 10 puntos).

La localización donde se desarrollará el proyecto RESISTO, se encuentra en el Parque Nacional de Doñana, un espacio natural protegido español situado en las provincias de Huelva, Sevilla y Cádiz, declarado como parque nacional en 1969 y ampliados sus límites como preparque o parque natural en 1997. Cuenta con una superficie de 122487 hectáreas, 54251 hectáreas de parque nacional y 68236 ha de parque natural. Su gran extensión de marismas acoge durante el invierno a numerosas especies de aves acuáticas, que suelen alcanzar cada año los 200.000 individuos. Debido a su privilegiada situación geográfica entre dos continentes y su proximidad al lugar de encuentro del Atlántico y el Mediterráneo, el estrecho de Gibraltar, en Doñana se pueden observar más de trescientas especies diferentes de aves a lo largo del año, al ser lugar de paso, cría e invernada para miles de ellas (acuáticas y terrestres) europeas y africanas. Aquí reposan aves acuáticas de toda Europa Occidental, localizándose infinidad de especies en las marismas y alrededores, procedentes de África y Europa. Con diferentes instituciones científicas en su interior que velan por un desarrollo adecuado de las comarcas limítrofes y la conservación de algunas especies muy delicadas que habitan en él, se considera la mayor reserva ecológica de Europa, que fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la Unesco en 1994.

En España hay actualmente dieciséis parques nacionales por los cuales transcurre la red de distribución eléctrica. Es un objetivo primordial garantizar la seguridad y preservar el ecosistema de estos parques y hacer posible la integración de las redes de distribución en el entorno. En esta línea, un equipo de la Estación Biológica de Doñana (EBD), del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), ha llevado a cabo un experimento para determinar si las bases de las torres de las líneas de transporte de energía eléctrica podrían transformarse en reservas de biodiversidad para pequeños animales. Sin embargo, los tendidos eléctricos en ocasiones pueden ocasionar incendios de estas zonas protegidas. Por lo tanto, desde e-Distribución se quiere dar solución a este problema y avanzar hacia una mejor integración de las redes de distribución en estos escenarios de manera que no solo se evite que se produzcan incendios u otras catástrofes debido a la presencia de las líneas sino que se aporte información de primera mano, gracias a sensores, cámaras térmicas, evaluación de riesgos para que, aun no siendo un fallo de la red eléctrica, derivado de la climatología o no, se pueda proveer de información útil a los responsables de estos parques españoles. Por otro lado, el uso de drones en espacios naturales se ha demostrado muy positivo si se siguen las normas de EASA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea), hasta el momento utilizados para controlar malezas y plagas, fotografiar zonas específicas, realizar actividades de búsqueda y rescate en reservas naturales y parque nacionales, así como el monitoreo de erosión de las playas.

Además de en Doñana, **e-Distribución** tiene presencia en los parques nacionales de Ordesa y monte perdido en Huesca, Aiguas Tortas y Lago de San Mauricio en Lérida, en el Archipiélago de Cabrera en las Islas Baleares, Sierra Nevada en Granada y Almería, Sierra de las Nieves en Málaga y los pertenecientes a las Islas Canarias, Teide en Tenerife, Caldera de Taburiente en la isla de La Palma, Timanfaya en Lanzarote y Garajonay en la Gomera. La escalabilidad y replicabilidad del proyecto RESISTO contribuirá a la seguridad de estos espacios protegidos a través de las redes de distribución







de e-Distribución y se presentará como solución a problemas reales a otras distribuidoras para su implantación en el resto de los parques nacionales.

Por tanto, los resultados obtenidos, tanto nuevos productos como metodología y conocimiento generado en el proyecto, serán de alta aplicación en el sector energético. De manera directa, la **explotación de los resultados estará orientada a diferentes entidades.**

En primer lugar, **empresas de generación y distribución de energía**, donde la implantación de estos nuevos sistemas de monitoreo, predicción y actuación en infraestructuras tendrá una repercusión muy importante en las empresas energéticas ya que dispondrán de una herramienta para supervisar el estado de la red, no solo en zonas protegidas sino en cualquier entorno, de manera que aumentar el conocimiento de la infraestructura y reducir los tiempos de respuesta a incidencias con todas las ventajas que se han comentado.

Empresas de servicios energéticos (ESCOs): Tanto la metodología como los productos derivados del proyecto tendrán una aplicación directa por parte de las empresas de servicios energéticos para el mismo caso de uso.

De igual modo, la solución propuesta puede extrapolarse a otro tipo de compañías con necesidades de actuación ante cambios en parámetros significativos, susceptibles a fenómenos meteorológicos adversos o interesadas en una plataforma de evaluación de riesgos capaz de monitorear, predecir y localizar fallas y tipo de fallas.

Centros tecnológicos y de investigación: El desarrollo científico-tecnológico del proyecto supondrá un importante avance en las líneas de investigación que en la actualidad están siendo parcialmente desarrolladas por centros de la comunidad científica internacional. En el caso de RESISTO se pretende contar con dos organizaciones que forman parte de esta categoría con el fin de apoyar y explotar los resultados de sus investigaciones. En concreto AICIA e IREC, además de participar en distintos proyectos de investigación europeos, seguirán su apuesta en la I+D disruptiva explorando nuevas actividades alineadas con la estrategia de innovación. RESISTO, generará nuevas oportunidades para seguir avanzando en los niveles de TRL más avanzados para participar en potenciales consorcios internacionales en cualquiera de los roles que en los últimos años e-Distribución ha adoptado en materia de innovación, y que van desde liderar en proyectos piloto, liderar paquetes de trabajo e incluso ser promotores de proyectos y coordinadores como es el caso.

Dichas oportunidades para la continuación de las actividades de I+D y desarrollo de nuevas, incluyendo el avance de los TRLs para alcanzar mercado, se alcanzarán a través de diversos programas de cooperación internacional tales como el programa "Horizon Europe" (principalmente el clúster 5), redes ERA-NET, programa EUREKA, entre otros.

Organismos públicos (ayuntamientos, gobiernos, etc.): Las administraciones se verán beneficiadas debido al mayor control y monitorización que tendrán sobre la red eléctrica con la extensión de la infraestructura del proyecto. El proyecto supone una solución atractiva para estas organizaciones a las cuales la información sobre la predicción meteorológica puede ser de gran ayuda ya no solo en cuento a la resiliencia de la red eléctrica sino para el resto de su infraestructura de manera que puedan actuar en otros campos de manera proactiva para evitar daños y sobrecostes derivados de una gestión tardía de las consecuencias de fenómenos climatológicos adversos. En la misma línea esta solución o información derivada de esta, puede ser también compartida tanto con cuerpos de seguridad como







con parques de bomberos, a los cuales facilitará la respuesta ante estas situaciones que considera el proyecto RESISTO.

De igual manera que el plan de explotación puede estar dirigido directamente a estas organizaciones, puede también ofrecer a Endesa la posibilidad de crear acuerdos y alianzas con estos organismos, de manera que pongan a su disposición la información recabada por la tecnología del proyecto ayudando a estos, sobre todo públicos o de investigación, de manera que se creen lazos de transferencia de conocimientos que beneficien a todas las partes y vayan en la dirección de mejorar la sociedad.

E-Distribución es una empresa del **grupo Enel**. Enel es una de las Utilities más grandes del sector con presencia en 30 países y 4 continentes. A nivel global, por medio de sus filiales, cubre las actividades de producción, distribución, venta de energía eléctrica y gas, generación de energía eléctrica, energías renovables y gas. Como se muestra en la figura 14 tiene presencia en la mayor parte del mundo realizando, en concreto, **actividades de distribución** en la Península Ibérica, en América Latina y Marruecos, por medio de las filiales Endesa, de Enel Iberoamérica y Enersis (Enel Chile), y en Rusia por medio de la filial Enel Rusia. Dispone de un total de **2.2 millones de kilómetros de red de distribución de energía eléctrica** por todo el mundo.



Figura 14. Diferentes países donde e-Distribución presenta alguna actividad empresarial.

Con esta estructura global, el Grupo dispone de unidades especializadas en el **desarrollo tecnológico de nuevas soluciones, productos y servicios en el ámbito de la red de distribución**. El proyecto RESISTO está supervisado bajo esta óptica y por tanto se asegura que los resultados obtenidos puedan replicarse y estandarizarse dentro de las buenas prácticas del Grupo Enel, en todos los mercados en los que opera y explota redes de distribución.

A su vez, existe un **área de Desarrollo de Negocio Internacional**, que analiza proyectos como RESISTO con el objetivo de incorporar el conocimiento, la experiencia y su viabilidad al "porfolio" de soluciones que se comercializarán **fuera del ámbito del Grupo Enel**, en otros países y con otros gobiernos y Utilities.

Por tanto, la presencia de e-Distribución y del Grupo del que forma parte, **asegura canales de venta internos y externos** de los resultados del proyecto. Como se muestra en la siguiente figura 15, el Grupo se encuentra entre las primeras compañías de generación y distribución entre los países donde se encuentra. Podemos observar también una gran presencia en Países de Latino América los cuales se caracterizan por tener recurrentes fenómenos extremos. **Por ejemplo, en Chile** cada invierno son







cientos de miles los usuarios que se ven afectados por estos cortes y junto a ellos sistemas de tránsito, servicios de emergencia y distribuidores de servicios básicos que ven sus servicios dificultados por los cortes de energía. Además, Chile es un país sísmico y volcánico por lo que **la resiliencia ante eventuales desastres en la red eléctrica es de extrema importancia.**

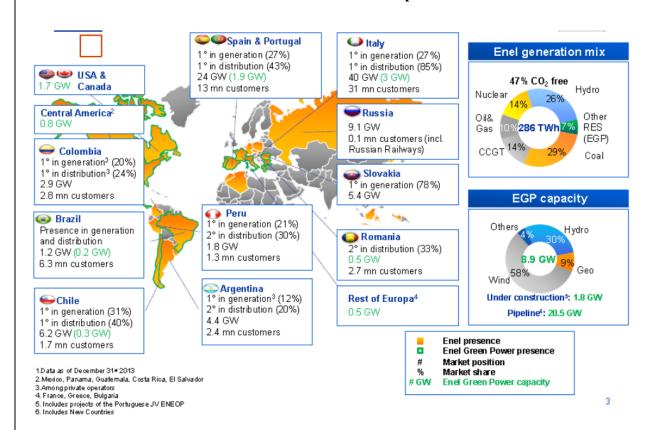


Figura 15. Presencia y capacidad de Endesa Distribución y del Grupo Enel en el mundo.

Además, la experiencia y los conocimientos adquiridos por parte de e-Distribución en el proyecto RESISTO, serán incorporados a los sistemas, los procedimientos y a la dinámica de trabajo de la empresa, de manera que las mejores prácticas puedan ser extrapoladas al resto de empresas de distribución del Grupo, tanto en Europa como Latinoamérica, además de los nuevos mercados en desarrollo, incluyendo la adquisición de empresas de distribución en América Latina, Oriente Medio y Asia. Por tanto, la capacidad de penetrar en mercados internacionales, después de la realización del proyecto RESISTO, será rápida y sólida debida a la alta presencia actual que Endesa tiene en este mercado.







7. IMPACTO SOCIOECONÓMICO E IGUALDAD DE GÉNERO

7.1 Impacto socioeconómico (5 puntos).

El proyecto RESISTO contribuirá durante su desarrollo a la creación de nuevos puestos de trabajo, ya que el propio desarrollo del proyecto implica disponer de un equipo de trabajo con capacidades técnicas específicas, ya sea por incorporación directa o a través de subcontratación, además de empleo resultante del proyecto debido a las innovaciones.

Para Endesa, Grupo ENEL, empresa que tiene actividades de distribución y comercialización en países como España, Italia, Chile, Perú, Brasil, Argentina, Rumanía y Colombia, la optimización del uso de los activos actuales y la mejora en la gestión de todos los nuevos usuarios de la red (generadores, almacenamiento, prosumers, auto-consumidores, etc.) es un objetivo fundamental que cumplir para obtener el modelo energético del futuro, más rentable, sostenible, eficiente y seguro.

El proyecto garantiza una mayor facilidad de integración de los sistemas de energías renovables y de los sistemas que son propiedad del consumidor, minimizar costes, en las operaciones y en los gastos del consumidor final, así como, ayuda a reducir picos de demanda y restablecer mucho más rápido y eficazmente las interrupciones. Con lo que se consigue ahorrar en costes, seguridad y eficacia de la transmisión de electricidad y mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, asegurando la fiabilidad y la calidad del servicio a todos los usuarios de la energía y el mejor aprovechamiento de la infraestructura eléctrica actual.

Recordando que Huelva, donde se encuentra el Parque Nacional de Doñana, es la provincia con mayor superficie forestal de España, con un 77,4% de su territorio; también es la segunda provincia con mayor superficie de espacios protegidos de Andalucía, un 44% de su territorio total. El proyecto RESISTO también contribuye a la protección de la fauna y la flora, teniendo en cuenta el marco normativo europeo de protección de la fauna y la flora, ya que este tipo de protección de los espacios naturales facilita una mejor vertebración del territorio y beneficios sociales y económicos a través de la generación de riqueza, la creación de empleo y la fijación de la población en el territorio.

La escasa presencia de las mujeres en los proyectos no es un hecho aislado, sino más bien una realidad preocupante. La presencia de mujeres en la investigación científica y tecnológica en nuestra sociedad, especialmente en una disciplina como la Ingeniería en el Sector Eléctrico, está aún muy lejos respecto a la de otras Ingenierías como la Biomédica o la Alimentaria, por poner algunos ejemplos.

Este debate, que está de plena actualidad, ha puesto el foco en la necesidad de orientar y mostrar las aplicaciones de estos estudios a las necesidades sociales actuales, para poder atraer y captar a más ingenieras.

El proyecto procura no utilizar ni considerar estereotipos de género negativos. Lo que significa la participación de mujeres de la empresa en el desarrollo del proyecto como Medidas de igualdad de género.

Por último, la interoperabilidad con los servicios de terceros y la colaboración con otras iniciativas están en el centro del plan de trabajo, así como el intercambio de conocimientos, la creación de valores, los datos, la puesta en común de la infraestructura y la generación de servicios.

El proyecto tiene en cuenta todas las cuestiones sociales y económicas relevantes y cómo pueden llevarse a cabo de forma que se reduzcan los daños y se produzcan mejoras. Utiliza una metodología







de evaluación de impacto para garantizar que estas cuestiones se planteen en una fase temprana del proyecto y se tengan en cuenta a lo largo de todo su ciclo de vida.

7.2 Medidas de Igualdad de Género (5 puntos).

ENDESA cree en la diversidad entre sus empleados como un elemento enriquecedor para la Empresa. El progresivo aumento de mujeres en plantilla, la incorporación de personas de otras nacionalidades, la incorporación de personas más jóvenes para rejuvenecer la plantilla, el reconocimiento de las personas más veteranas, así como la integración de personas con discapacidad son muestra del respeto de las distintas dimensiones que conforman su Política de Diversidad e Inclusión (edad, género, cultura y discapacidad)

ENDESA, en el marco de su **Política de Diversidad e Inclusión** y de la **Política de Derechos Humanos** de la Compañía, rechaza toda forma de discriminación y se compromete a garantizar y promover la diversidad, la inclusión y la igualdad de oportunidades.

ENDESA promueve la **igualdad de género** en todos los ámbitos de la Empresa, prestando especial atención a los objetivos tanto internos como externos en materia de género, que están incluidos en el Plan Estratégico de Sostenibilidad (2021-2023):

	Objetivos 2021-2023				
		2020	2021	2022	2023
Incrementar la presencia de la mujer en las posiciones de responsabilidad (% mujeres)	Posiciones de Dirección ¹	18,5	20,0	20,0	20,5
	Posiciones intermedias ¹	32,8	33,0	33,3	33,5
Promoción de la diversidad de género en los procesos de selección (% mujeres)		36	50	50	50
Promoción de la diversidad de género en la contratación de personal (% altas globales de mujeres)		38	39	39	40
Orientación profesional en áreas STEM para mujeres		>2.500 mujeres involucradas en el periodo 2020-2023			

Tabla 6: Diversidad e inclusión en porcentajes (%). Objetivos para 2021-2023

ENDESA cuenta con un **Plan de Igualdad** que configura un marco de actuación para promover la igualdad efectiva, la equidad, el desarrollo, la conciliación de la vida laboral y personal y la corresponsabilidad entre todos los profesionales, y que forma parte del V Convenio Marco. Además, ENDESA ha definido un **Plan de Acción de Diversidad de Género**, alineado con la Política de Diversidad e Inclusión, orientado a tres grandes objetivos: **aumentar la presencia de mujeres en la compañía, aumentar la presencia de mujeres en puestos de responsabilidad y garantizar la igualdad en materia salarial**. Para alcanzar estas metas se desarrollan diversas iniciativas estructuradas en torno a tres pilares: Atracción de talento, Sensibilización e Impulso del liderazgo femenino. Además, se realizan acciones complementarias de comunicación, se establecen compromisos externos y se monitoriza la evolución de las acciones y su impacto.

En el marco de los compromisos voluntarios que ENDESA ha adquirido con el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, caben destacar los siguientes: > Distintivo de Igualdad en la Empresa. > Iniciativa «Más mujeres, mejores empresas». > Iniciativa «Por una sociedad libre de violencia de género». Existen además compromisos con otras entidades y reportes públicos de los objetivos: > Plan de Igualdad del V Convenio Marco. > CEOs por la Diversidad (desde 2019). > Objetivo de Desarrollo Sostenible: ODS5: Igualdad de género.







El **Plan de Igualdad** de ENDESA, contiene Políticas de Recursos Humanos que promueven la puesta en marcha de las actuaciones necesarias para facilitar la incorporación de las mujeres a puestos de decisión y con mayores cuotas de responsabilidad.

El Plan garantiza la aplicación efectiva del principio de igual remuneración por un trabajo de igual valor y, en concreto, la no existencia de diferencias retributivas por razón de género. Asimismo, el Plan recoge la posibilidad de adaptar la jornada de trabajo a través de la flexibilidad horaria, el cambio temporal de régimen horario, las reducciones de jornada y las excedencias por cuidado de familiares. Igualmente, cuenta con medidas específicas para la protección del embarazo y la maternidad, y medidas especiales para la protección a las víctimas de violencia de género. Como herramienta de ayuda en el cuidado de los niños, tanto para madres como para padres, el Plan prevé el establecimiento de acuerdos con guarderías, y la sensibilización en materia de igualdad a través de la información y la comunicación.

En el marco del proyecto RESISTO, se promueve la igualdad entre hombres y mujeres, y así se demuestra en el equipo de trabajo que lo conforma.

La dirección y coordinación del proyecto, así como la responsabilidad técnica del mismo, serán realizadas por mujeres.

- Dirección y coordinación general del proyecto: Marta Cózar Guevara, Ingeniera Superior de Caminos, Canales y Puertos.
- Responsable técnica del proyecto: Inmaculada Prieto Borrero, Ingeniera Superior de Telecomunicación.

En el proyecto participarán otros recursos humanos de e-Distribución.

Los datos actuales de participación de hombres y mujeres en los equipos de trabajo de la empresa, con fecha agosto 2021, son los siguientes,

	Número de empleados				
	Hombres Mujeres Total				
Manager	29	5	34		
Middle Manager	364	93	457		
White Collar	1866	315	2181		
Total general	2259	413	2672		

Tabla 7: número de empleados desglosado en mujeres y hombres para diferentes categorías con fecha agosto 2021.

Por tanto, el proyecto RESISTO contribuirá a fomentar la igualdad en la asignación de tareas de alta responsabilidad y complejidad a mujeres, contribuyendo a disminuir la brecha salarial de las mismas con los hombres.